

اللَّهُمَّ صَلِّ وَسَلِّمْ
وَبَارِكْ عَلَى سَيِّدِنَا مُحَمَّدٍ
وَعَلَىٰ آلِهِ الطَّيِّبِينَ
الطَّاهِرِينَ



18th May 2023, Amol, Iran

۲۸ اردیبهشت ماه ۱۴۰۲

3rd International Conference on Modern Technologies in Sciences

سومین کنفرانس بین المللی فناوری های نوین در علوم

Conference Topics

Modern Technologies in:

- ✓ Medicine & Health
- ✓ Biological Sciences & Genetics
- ✓ Processing of Medicinal Plants
- ✓ Nanotechnologies in Sciences
- ✓ Environmental Challenges
- ✓ New & Renewable Energies
- ✓ Knowledge-based Economy & Occupation
- ✓ Sustainable Agriculture & Food Safety
- ✓ Artificial Intelligence & Cyber Electronics
- ✓ Computer Networks & Data Processing
- ✓ Basic Sciences (Physics, Mathematics, Chemistry & ...)
- ✓ Veterinary Sciences (Basic, Pathobiology & Clinical)
- ✓ Electrical Engineering, Mechanical Engineering, Chemical Engineering & ...

محورهای کنفرانس

فناوری های نوین در:

- ✓ پزشکی و سلامت
- ✓ علوم زیستی و ژنتیک
- ✓ فرآوری گیاهان دارویی
- ✓ فناوری های نانو در علوم
- ✓ چالش های محیط زیست
- ✓ انرژی های نو و تجدیدپذیر
- ✓ اقتصاد دانش بنیان و اشتغال
- ✓ کشاورزی پایدار و امنیت غذایی
- ✓ سیستم های هوش مصنوعی و سایبری
- ✓ شبکه های کامپیوتری و پردازش داده ها
- ✓ علوم پایه (شیمی، ریاضیات، فیزیک و ...)
- ✓ علوم دامپزشکی (علوم پایه، پاتوبیولوژی و بالینی)
- ✓ علوم مهندسی (برق، مکانیک، شیمی و ...)



آدرس دبیرخانه: مازندران، آمل، میدان قائم، ابادر ۳۵، دانشگاه تخصصی فناوری های نوین آمل

Address: AUSMT, Abazar 35 Alley, Taleghani Blvd, Amol, Mazandaran, Iran

Deadline for submission: 22 December 2022

آخرین مهلت ارسال مقالات: ۱۴۰۱/۱۰/۲۲

شماره تماس: ۰۱۱۴۴۱۵۰۹۸۲

www.mtsconf.com

پست الکترونیک: mtsconf@ausmt.ac.ir

سومین کنفرانس بین المللی فناوری های نوین در علوم

کمیته علمی کنفرانس:



دکتر فرید صمصامی خداداد

دبیر علمی کنفرانس

دانشگاه تخصصی فناوری های نوین آمل



دکتر اکبر حاجی زاده مقدم

رئیس کنفرانس

دانشگاه تخصصی فناوری های نوین آمل



دکتر سید ماسد شجاع الساداتی
دانشگاه تربیت مدرس



دکتر زهرا محمدی
دانشگاه تهران



دکتر مهدی رهنایی
دانشگاه تهران



دکتر سید مهدی جعفری
دانشگاه گرگان



دکتر محمد جواد دهقانی
سورسنت پارک استادی
علوم جهان اسلام



دکتر مجتبی شمس پور
دانشگاه رازی



دکتر مجتبی محمدی
دانشگاه مازندران



دکتر مریم هاشمی
یونیسف سیو فناوری، کمپوز ایران



دکتر فرامرز خدائیان
دانشگاه تهران



دکتر محمد جواد عمادی
دانشگاه صنعتی امیر کبیر



دکتر حسین جعفری
دانشگاه مازندران



دکتر حامد فوری
دانشگاه رازی



دکتر محسن شیخ الساداتی
دانشگاه نوشیروانی بابل



دکتر مصطفی هاشمی
دانشگاه علم و فناوری مازندران



دکتر محمد هاشمی
دانشگاه مازندران



دکتر حجت اله شکاری
دانشگاه تخصصی فناوری های نوین آمل



دکتر مصطفی هاشمی زاده
دانشگاه تیشاورز



دکتر محمد جواد عسگری
دانشگاه تربیت مدرس



دکتر سید علی راهوی
دانشگاه تخصصی فناوری های نوین آمل



دکتر مجتبی رحیمی
دانشگاه تخصصی فناوری های نوین آمل



دکتر فخرالدین نگر
دانشگاه تخصصی فناوری های نوین آمل



دکتر مجید اسحق نبهوری
دانشگاه تخصصی فناوری های نوین آمل



دکتر علی نیک پی
دانشگاه تخصصی فناوری های نوین آمل



دکتر عاطفه عراقی
دانشگاه تخصصی فناوری های نوین آمل

سومین کنفرانس بین المللی فناوری های نوین در علوم



انجمن علمی بین المللی

کمیته اجرایی کنفرانس:



دکتر مهتین رنجبر
رئیس کمیته سیاست گذاری



دکتر هاجر رجایی
رئیس کمیته انتشارات



دکتر حسین اسفندیان
رئیس کمیته ارتباط با صنعت



دکتر سمیه رهایی
دبیر اجرایی کنفرانس



دکتر هادی رضازاده
رئیس کمیته فرهنگ



دکتر محدثه ابوحسینی
رئیس کمیته بین الملل



دکتر حکیمه گاوزن
رئیس کمیته کارگاه ها



دکتر محمد میرزایی
رئیس کمیته فناوری اطلاعات



احمد افرازه
مسئول کمیته روابط عمومی



دکتر سید مهدی حسینی
رئیس کمیته نمایشگاهها



دکتر محمدعلی حسینزاده
مسئول بخش مجلات و روابط بین الملل



سیدقاسم حسینی
کارشناس فناوری اطلاعات

پیام رئیس



در سال‌های اخیر رشد علم و تکنولوژی و ضرورت همگرایی صنایع، شرکت‌های دانش‌بنیان، پژوهش‌گده و دانشگاه‌ها جهت بهره‌گیری از منابع به روز و کارآمد، باعث شد تا با استعانت از ایزد منان، برگزاری سومین همایش بین‌المللی فناوری‌های نوین در علوم توسط دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل و با همکاری دانشگاه‌ها و مراکز علمی مطرح ایران و جهان در تاریخ ۲۸ اردیبهشت ماه ۱۴۰۲ در محل پردیس دانشگاه برنامه‌ریزی گردد. طی این همایش نشست‌های علمی موازی، نشست‌های ارائه مقالات پژوهشی، نمایشگاه‌های تخصصی و کارگاه‌های آموزشی تخصصی ضمن سخنرانی‌های کلیدی با حضور اساتید برجسته داخلی و خارجی برای پژوهشگران، دانش‌گامیان و صنعتگران در حوزه‌های فنی و مهندسی، پزشکی و سلامت، علوم زیستی، علوم دامپزشکی، فناوری گیاهان دارویی، کشاورزی و سایر رشته‌های مرتبط برگزار می‌شود. هدف از برگزاری این همایش آن است که ضمن ارائه آخرین مقالات علمی و دستاورد‌های پژوهشی، محققان و صنعتگران با ایراد و بیان مشکلات و چالش‌های موجود و طرح سوالات مرتبط با موضوع به صورت مقالات کوتاه و ارسال آن به دبیرخانه انجمن، از هم‌اندیشی و پیشنهاد‌های اساتید و محققین بهره‌مند شوند. همچنین این فضا می‌تواند نیاز صنعت به نیروی انسانی متخصص، معرفی دانشجویان و فارغ‌التحصیلان توانمند دانشگاهی و تعامل سازنده دانشگاه و صنعت را برآورده نماید. امید است این کنفرانس بتواند گامی موثر و استوار در عرصه احقاق اهداف چرخه تولیدات و پژوهش کشور با وحدت جامعه دانشگاهی بردارد و رشد و ترقی دانشگاه و صنعت میهن عزیزمان ایران را در پی داشته باشد. پیشاپیش از زحمات بی‌شائبه همراهان گرامی در حیطه‌های گوناگون نظیر گردآوری مقالات و طرح‌ها، برگزاری کارگاه‌های آموزشی، برپایی نمایشگاه محصولات، حامیان محترم همایش، مسئولین اجرایی، روابط عمومی و تبلیغات تشکر نموده و از درگاه باری تعالی برای همگان سلامتی، بهروزی و توفیق روزافزون را مسئلت می‌نمایم.

دکتر اکبر حاجی زاده مقدم

پیام دبیر علمی



سومین همایش بین المللی فناوری‌های نوین در علوم ۲۸ اردیبهشت ۱۴۰۲ در دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل با پشتوانه‌ی برگزاری دو همایش قبلی در طول بازه سالیان گذشته، برگزار خواهد شد. هدف این است که شرکت کنندگان در این همایش تجربیات علمی، آموزشی، پژوهشی و فنی خود و موسساتی که به آن وابسته اند، را به اشتراک بگذارند. بنابراین یکی از دستاوردهای مهم این پژوهش، شناخت نقاط قوت و ضعف این افراد و موسسات و لذا برقراری پیوند بین آنها جهت یاری رساندن به یکدیگر است. برقراری این پیوند وقتی اهمیت پیدا می کند که دانش آموختگان رشته‌های حوزه پزشکی و سلامت، فنی و مهندسی، دامپزشکی و همچنین زیست فناوری و گیاهان دارویی در این همایش با همکاران بالقوه‌ی خود در سرتاسر جهان آشنا شده و در آینده ای نه چندان دور منجر به همکاری‌های گسترده‌ای خواهد شد. اعضای کمیته‌ی علمی همایش از دانشگاه‌ها و موسساتی دعوت شده اند که به نحوی در حوزه‌های تخصصی خود جزو بهترین‌ها بوده و در میان این عزیزان از دانشمندان مطرح داخل و خارج بهره برده شده است. سومین همایش بین المللی فناوری‌های نوین در علوم، این همایش را میعادگاه کنشگران مرزهای علم و فناوری، اساتید محترم دانشگاه، علاقمندان به مباحث پزشکی و سلامت، علوم زیستی و ژنتیک، فرآوری گیاهان دارویی، هوش مصنوعی و سایبری، شبکه‌های کامپیوتری و پردازش داده‌ها و همچنین علوم پایه می‌داند و همگان را دعوت می کند که در آن فعالانه شرکت نمایند.

دکتر فرید صمصامی خداداد

پیام دبیر اجرایی



با توجه به پیشرفت سریع علم در سال‌های اخیر و ضرورت به کارگیری منابع به روز و کارآمد در حوزه‌های مختلف علوم؛ یکی از بهترین عرصه‌هایی که می‌تواند منجر به همگرایی اثر بخش علم و عمل شود، شرکت در همایش و کنفرانس‌های بین‌المللی و معتبر دانشگاهی است، که با ایجاد فضای تعامل و هم‌اندیشی میان دانش پژوهان، اساتید و صنعتگران می‌تواند با ارائه دستاوردها و یافته‌های علمی- پژوهشی نوین همراه باشد. در این راستا با استعانت از خداوند متعال، بعد از گذشت پنج سال از برگزاری نخستین همایش بین‌المللی فناوری‌های نوین، مفتخریم که بار دیگر می‌توانیم برای به روز رسانی آموزه‌های علمی و تخصصی در زمینه‌های متنوع گرد هم آییم. امیدواریم میزبان خوبی برای شما همکاران و شرکت‌کنندگان محترم باشیم. به عنوان تیم اجرایی سومین همایش بین‌المللی فناوری‌های نوین در علوم که در **۱۲۸ اردیبهشت ماه ۱۴۰۲ در دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل** برگزار خواهد شد، تمام تلاشمان را به کار گرفته‌ایم تا بستر مناسبی برای ارائه سخنرانی‌های اساتید گرامی و برگزاری کارگاه‌های آموزشی و نشست‌های علمی فراهم آوریم. این کنفرانس بر آن است تا با بهره‌گیری از قدرت علم، به افزایش سطح علمی و به روز رسانی دانسته‌ها در زمینه‌های مختلفی مانند علوم دامپزشکی، پزشکی و سلامت، علوم زیستی و ژنتیک، فرآوری گیاهان دارویی، حوزه‌های فنی و مهندسی و همچنین علوم پایه و ... پردازد تا در سایه گسترش مرزهای علم و دانش به بهبود فضای کسب و کار و رونق تولید در کشور کمک کند. بدینوسیله از کلیه پژوهشگران، محققان، اساتید، دانشجویان، صنعتگران، کارآفرینان و صاحب‌نظران فرهیخته که نسبت به ارسال جدیدترین دستاوردها و نوآوری‌های علمی- پژوهشی و فناورانه خود در قالب نگارش مقالات تخصصی و ارزنده و نیز طرح‌ها و ایده‌های کارآمد اقدام نموده و ما را در برگزاری بهتر این همایش همراهی کردند، تشکر می‌نمایم.

دکتر سمیه رهایی

حامیان کنفرانس



دانشگاه علم و فن تهران



دانشگاه الزهراء



پژوهشگاه ملی مهندسی و تکنولوژی همدان



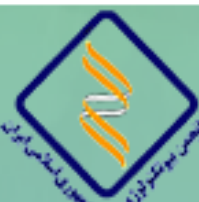
پژوهشگاه رویان



پژوهشگاه کشاورزی جهاد



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)



انجمن همکاران دانشجو
موسسه علمی و فناوری اسلامشهر



دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل



دانشگاه علوم پزشکی و خدمات
بهداشتی ارومهری مازندران



دانشگاه شمال



سازمان تخصصی فناوری
دانشگاه علم و فن تهران



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



دانشگاه مازندران



دانشگاه شهید بهشتی گرگان



دانشگاه علوم و فناوری مازندران



دانشگاه صنعتی قزوین



دانشگاه صنعتی قزوین



دانشگاه علوم کشاورزی
و منابع طبیعی ساری



دانشگاه شهید بهشتی اراک



دانشگاه علم و فن تهران



دانشگاه کبک کانادا

حامیان مالی



01220-85785



شرکت فراورده‌های گوشتی کاله آمل



شرکت لبنیات کاله آمل



شرکت فراورده‌های لبنی دوشه آمل (هراز)



شرکت صنایع دیرگداز آمل



شرکت صنایع دیرگداز آمل

دانشگاه شهید چمران اهواز



دانشگاه شهید چمران اهواز

محورهای کنفرانس



- پزشکی و سلامت
- علوم زیستی و ژنتیک
- فرآوری گیاهان دارویی
- فناوری های نانو در علوم
- چالش های محیط زیست
- انرژی های نو و تجدیدپذیر
- اقتصاد دانش بنیان و اشتغال
- کشاورزی پایدار و امنیت غذایی
- سیستم های هوش مصنوعی و سایبری
- شبکه های کامپیوتری و پردازش داده ها
- علوم پایه (شیمی، ریاضیات، فیزیک و ...)
- علوم دامپزشکی (علوم پایه، پاتوبیولوژی و بالینی)
- علوم مهندسی (برق، مکانیک، شیمی و ..)

مقالات کامل

18th May 2023, Amol, Iran

۲۸ اردیبهشت ماه ۱۴۰۲

3rd

International Conference on

سومین کنفرانس بین المللی فناوری های نوین در علوم



دانشگاه تخصصی فناوری های نوین آمل

SID

سازمان اسناد و کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران



CIVILICA



01220-85785



جمهوری اسلامی ایران
علوم، فنون و صنایع نوین

AMTS
2023

ذخیره سازی انرژی هوای مایع با استفاده از انرژی تجدیدپذیر باد

نازنین شیخ‌غفاری^{۱*}، بهرام قربانی^۲، آرمین ابراهیمی^۳

۱- دانشجوی گروه فناوری‌های انرژی نو، دانشکده مهندسی فناوری‌های نوین، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل

۲- دانشیار گروه فناوری‌های انرژی نو، دانشکده مهندسی فناوری‌های نوین، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل

۳- دکتری مهندسی مکانیک، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: nazanin.ghafari96@gmail.com

Liquid air energy storage using wind renewable energy

Nazanin Sheikhghaffari^{1*}, Bahram Ghorbani², Armin Ebrahimi³

1- Amol University of special modern technologies, nazanin.ghafari96@gmail.com

2- Amol University of special modern technologies, b.ghorbani@ausmt.ac.ir

3-K. N. Toosi University of Technology, aebrahimi@mail.kntu.ac.ir

Corresponding author: Nazanin.ghafari96@gmail.com

ABSTRACT

Considering the rising trend of energy needs in the world and also considering the peak and valley nature of load demand, the development of different energy storage devices in order to improve their efficiency is inevitable. Improving the discontinuous nature, stability, reliability and power quality of the renewable energy system is necessary to match electricity consumption and production through energy storage systems. Also, the capacity of the power grid to satisfy the peak demand should be designed more than the average capacity required. The ESSs to prevent this increase in capacity, which directly imposes a huge financial burden are developed. So that by storing energy in off-peak periods and releasing it in on-peak periods, the required increased power in on-peak times is supplied. To increase the flexibility of the energy storage system, the use of wind turbines as renewable energy was investigated to provide the needed electrical power during off-peak times. The governing equations for wind turbine simulation are described. The hourly data of the wind speed and direction of the studied stations in 2021 were studied with the Weibull distribution function and related graphs. Wind speed, power curve and finally wind energy density for a special area using Windographer software are estimated. The results of the present study showed that it is possible to supply the required power of the system in off-peak time through wind turbines as renewable energy.

Key words Wind renewable energy, Wind turbines, Energy storage systems

چکیده

با توجه به روند افزایشی تقاضای انرژی در جهان و همچنین در نظر گرفتن ماهیت تناوبی تقاضای بار الکتریکی، توسعه ذخیره‌سازهای مختلف انرژی به منظور بهبود راندمان آنها امری اجتناب‌ناپذیر است. بهبود ماهیت ناپیوسته، پایداری، قابلیت اطمینان و کیفیت توان سیستم انرژی‌های تجدیدپذیر برای ایجاد تطابق بین مصرف برق و تولید از طریق سیستم‌های ذخیره انرژی ضروری است. همچنین ظرفیت شبکه برق برای برآوردن پیک

تقاضا باید بیشتر از ظرفیت متوسط مورد نیاز طراحی شود. سیستم‌های ذخیره انرژی برای جلوگیری از این افزایش ظرفیت که مستقیماً بار مالی زیادی را تحمیل می‌کند توسعه یافته‌اند. به طوری که با ذخیره انرژی در دوره های غیرپیک و آزادسازی آن در دوره‌های اوج مصرف، افزایش توان مورد نیاز در زمان‌های پیک تامین می‌شود. برای افزایش انعطاف‌پذیری سیستم ذخیره‌سازی انرژی، استفاده از توربین‌های بادی به‌عنوان انرژی تجدیدپذیر برای تامین توان الکتریکی مورد نیاز در زمان‌های غیرپیک مورد بررسی قرار گرفت. معادلات حاکم برای شبیه‌سازی توربین بادی توضیح داده شده‌است. داده‌های ساعتی سرعت و جهت باد ایستگاه های مورد مطالعه در سال ۲۰۲۱ با تابع توزیع ویبول و نمودارهای مربوطه مورد مطالعه قرار گرفت. سرعت باد، منحنی توان و در نهایت چگالی انرژی باد برای یک منطقه خاص با استفاده از نرم افزار Windographer برآورد شده است. نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد می‌توان توان مورد نیاز سیستم در زمان غیرپیک را از طریق توربین‌های بادی به عنوان انرژی تجدیدپذیر تامین کرد.

واژه‌های کلیدی: انرژی تجدیدپذیر باد، توربین باد، سیستم‌های ذخیره انرژی

۱- مقدمه

نرخ مصرف انرژی به دلیل رشد جمعیت، بهبود کیفیت زندگی انسان و توسعه صنایع مختلف در حال افزایش است. در سال ۲۰۴۰ سهم مصرف برق ۲۴٪ از کل مصرف انرژی خواهد بود. کل انرژی تولید شده از منابع تجدیدپذیر سالانه ۲۹٪ افزایش می‌یابد و ۲۹٪ از برق تولید شده در سراسر جهان به تولید برق از طریق منابع انرژی تجدیدپذیر اختصاص می‌یابد (۱). با توجه به رشد جمعیت، سوخت‌های فسیلی نمی‌توانند انرژی کافی را تامین کنند، بنابراین استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر باید افزایش یابد. بهبود ماهیت ناپیوسته، پایداری، قابلیت اطمینان و کیفیت توان سیستم انرژی‌های تجدیدپذیر برای ایجاد تطابق بین مصرف برق و تولید از طریق سیستم‌های ذخیره انرژی (ESS) ضروری است. همچنین ظرفیت شبکه برق برای برآوردن پیک تقاضا باید بیشتر از ظرفیت متوسط مورد نیاز طراحی شود. سیستم‌های ذخیره انرژی برای جلوگیری از این افزایش ظرفیت که مستقیماً بار مالی زیادی را تحمیل می‌کند توسعه یافته‌اند. به طوری که با ذخیره انرژی در دوره های غیرپیک و آزادسازی آن در دوره‌های اوج مصرف، افزایش توان مورد نیاز در زمان‌های پیک تامین می‌شود (۲). توان مورد نیاز در زمان غیرپیک توسط توربین های بادی به عنوان انرژی تجدیدپذیر (علاوه بر قابلیت ذخیره نیروی مازاد شبکه) تامین می‌شود تا عدم قطعیت در این روش تولید توان نیز برطرف شود. مزایای تولید توان از منابع انرژی تجدیدپذیر (RE¹) و به ویژه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به خوبی شناخته شده‌است (۳). انرژی باد یکی از اصلی ترین انواع انرژی های تجدیدپذیر است که از دیرباز توجه بشر را به خود جلب کرده‌است. بازار تامین انرژی، بازار رقابتی است که در آن تولید برق از نیروگاه‌های بادی در مقایسه با نیروگاه های سوخت فسیلی، مزیت های جدیدی را پیش روی کارگران بخش انرژی قرار داده‌است. همچنین فعالیت گسترده تعدادی از کشورهای جهان برای تولید توان از انرژی باد نمونه ای برای سایر کشورهایی است که در این زمینه راه درازی در پیش دارند. در میان فناوری‌های RE، انرژی باد امروزه به بلوغ قابل توجهی رسیده و نفوذ گسترده‌ای دارد (۴). چنگ^۲ و همکاران، مروری جامع بر وضعیت فناوری‌ها و سیستم‌های تبدیل انرژی باد با تأکید بر ژنراتورها و کنترل توان بادی داشتند. سیستم‌های تبدیل انرژی باد با توجه به مشخصه‌شان طبقه‌بندی شده و بر اساس حجم، وزن، هزینه، بازده و قابلیت اطمینان مقایسه شدند. کنترل حداکثر توان ردیابی که هدف آن ایجاد سرعت با یک مقدار بهینه برای حداکثر بازدهی انرژی بررسی شد (۵). نجفی و همکاران، از وضعیت، توسعه و چشم انرژی بادی در ایران گزارش دادند. ایران پتانسیل انرژی باد بالایی دارد. به همین دلیل سرمایه‌گذاران در این کشور به سرمایه‌گذاری در این نوع انرژی علاقمند شدند. ایران در سال ۲۰۰۶ با تولید ۴۷ مگاوات برق بادی در رده سی‌ام جهان از لحاظ تولید برق از انرژی باد قرار گرفت

¹ Renewable Energy

² Cheng

که نسبت به سال ۲۰۰۵، ۴۰٪ افزایش داشت. نیروگاه‌های بادی منجیل در استان گیلان و نیروگاه بادی بینالود در استان خراسان رضوی در سال ۲۰۰۸ در مجموع ۱۲۸ مگاوات برق تولید نمودند (۶). در این مطالعه از پتانسیل باد با شرایط جغرافیایی شمال ایران برای تامین برق سیستم در زمان غیرپیک استفاده می‌شود تا بتواند انرژی مورد نیاز این سیستم را، مستقل از توان شبکه تامین کند. همچنین عدم قطعیت انرژی باد مصرفی از طریق ذخیره‌سازی و تامین مداوم انرژی به حداقل برسد.

۲- آنالیز و شبیه‌سازی

۲-۱- آنالیز توربین باد

معادلات حاکم برای شبیه‌سازی توربین بادی در این بخش توضیح داده شده‌است. داده‌های ساعتی سرعت و جهت باد ایستگاه های مورد مطالعه در سال ۲۰۲۱ با تابع توزیع ویبول و نمودارهای مربوطه مورد مطالعه قرار گرفت. سرعت باد، منحنی توان و در نهایت چگالی انرژی باد برای یک منطقه خاص با استفاده از نرم افزار Windographer برآورد شده است. تابع توزیع احتمال باد که به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد تابع توزیع ویبول است که در زیر آورده شده است (۷):

$$f(v) = \frac{k}{c} \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right), (k > 0, v > 0, c > 1) \quad (1)$$

که در آن شاخص های v و k به ترتیب به سرعت و شکل بی بعد اشاره دارند و شاخص c نشان دهنده مقیاس ویبول است. این شاخص ها را می توان با استفاده از رویکرد حداکثر درست‌نمایی محاسبه کرد (۸، ۹):

$$k = \left(\frac{\delta}{v}\right)^{-1.086} (1 \leq k \leq 10) \quad (2)$$

$$c = \frac{\bar{v}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)} \quad (3)$$

سرعت باد متوسط به صورت زیر محاسبه می‌شود (۷، ۱۰):

$$\bar{v} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i \quad (4)$$

۲-۱-۱- محاسبه پتانسیل انرژی باد

نیروی باد به مکعب سرعت باد وابسته است (۷):

$$p(v) = \frac{1}{2} \rho v^3 \quad (5)$$

که در آن ρ چگالی استاندارد هوا در سطح دریا و فشار یک است. چگالی هوای اصلاح شده ماهانه به صورت زیر به دست می‌آید (۷، ۱۰):

$$\rho = \frac{\bar{p}}{R_d \bar{T}} \quad (6)$$

که در آن \bar{p} فشار هوای متوسط ماهانه است. \bar{T} به دمای معتدل ماهانه بر حسب کلونین اشاره دارد و R_d نشان دهنده ثابت گاز بر اساس هوای خشک است. نیروی باد انرژی محاسبه شده در ارتفاع ۱۰ متری از رابطه زیر است (۷، ۱۰):

$$p_{10} = \frac{1}{2} \rho v^3 (W/m^2) \quad (7)$$

از معادله (۸) برای محاسبه سرعت در ارتفاع بالاتر استفاده شده است (۷):

$$\frac{v_z}{v_{z_0}} = \left(\frac{z}{z_0}\right)^a \quad (8)$$

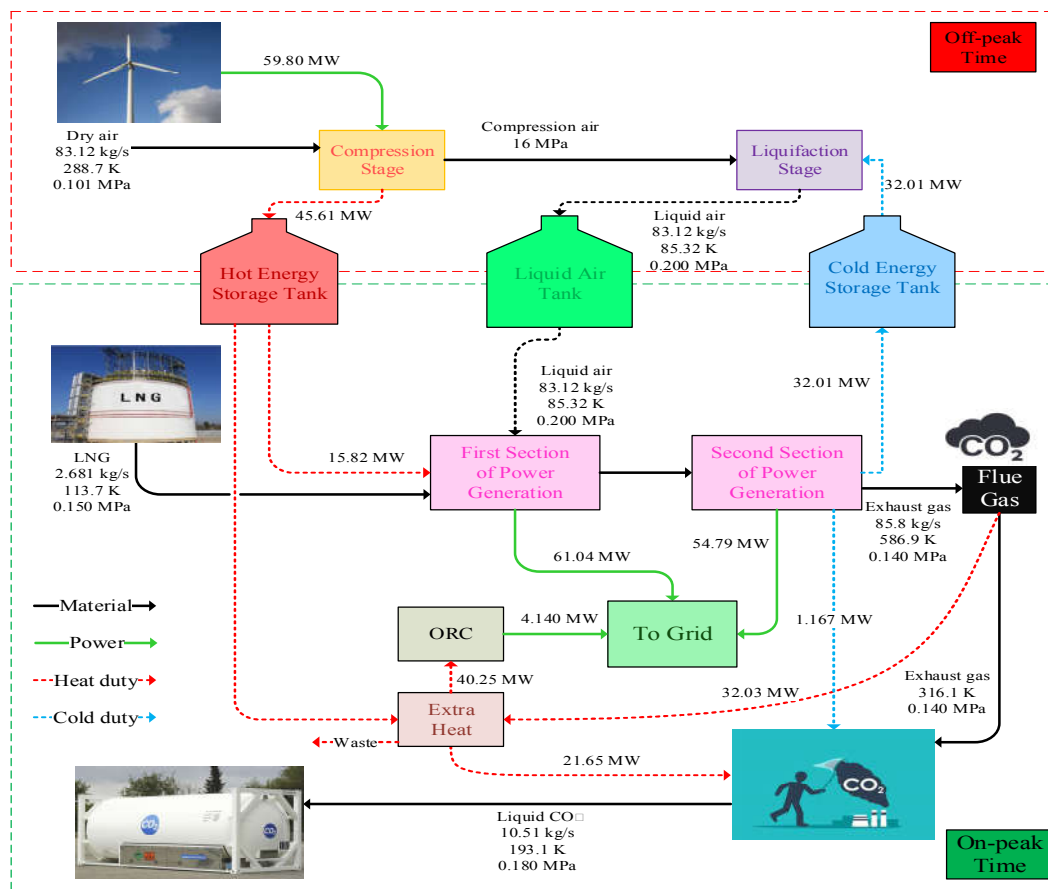
که در آن v_z مخفف سرعت باد در ارتفاع Z و v_{z_0} نشان دهنده سرعت واقعی باد در ارتفاع (۱۰ متر) است. مقدار به صورت زیر محاسبه می‌شود (۷):

$$a = \frac{[0.37 - 0.088 \ln v_{10}]}{[1 - 0.088 \ln(z_{10}/10)]} \quad (9)$$

۲-۲- شبیه سازی

همانطور که در شکل (۱) نشان داده شده است در زمان غیرپیک، الکتریسیته اضافی به صورت هوای مایع ذخیره می‌شود و گرمای اضافی تولید شده نیز برای استفاده در زمان اوج مصرف ذخیره می‌شود. لازم به ذکر است توان مورد نیاز این بخش توسط توربین های بادی به عنوان انرژی تجدیدپذیر تامین می‌شود. در طول زمان اوج مصرف، هوای مایع و LNG^۱ توسط پمپ فشرده می‌شوند و سپس مجدداً گاز می‌شوند تا برای ورود به چرخه تولید توان آماده شوند، در حالی که گرمای ذخیره شده در زمان خارج از پیک نیز استفاده می‌شود. خنک کننده تولید شده در زمان اوج بار در مخزن ذخیره، ذخیره می‌شود و برای تسهیل مایع سازی هوا در زمان خارج از پیک استفاده می‌شود.

¹ Liquefied natural gas

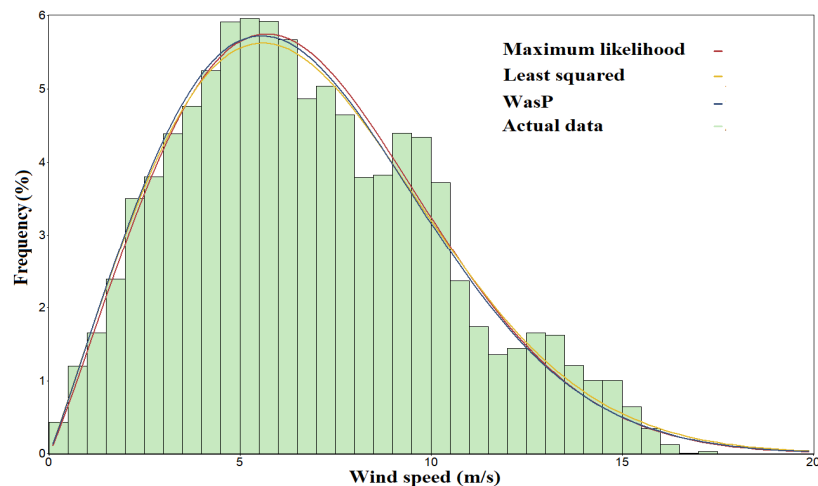


شکل ۱: دیاگرام بلوکی ساختار یکپارچه فرآیند هیبریدی بر اساس توربین‌های بادی

۳- بحث و نتایج

در این بخش، نتایج شبیه‌سازی سیستم ذخیره انرژی برودتی تحقیق حاضر و نتایج آنالیز به تفصیل مورد بحث قرار گرفته است. توان اضافی شبکه به میزان ۵۹/۸۰ مگاوات به هوای مایع تبدیل شده و در زمان خارج از پیک ذخیره می‌شود. سرعت جریان جرمی هوای مایع ۸۳/۱۲ کیلوگرم بر ثانیه است. از طرفی هوای مایع همراه با ۲/۶۸۱ کیلوگرم بر ثانیه LNG برای تامین توان مورد نیاز شبکه در زمان پیک استفاده می‌شود.

در سیستم یکپارچه حاضر، توان مورد نیاز سیستم در زمان غیرپیک از طریق توربین‌های بادی به عنوان انرژی تجدیدپذیر تامین می‌شود (البته می‌توان آن را از نیروی مازاد شبکه تامین کرد). با این کار، عدم قطعیت در استفاده از توربین بادی عملاً برطرف شده و انرژی باد به صورت هوای مایع ذخیره می‌شود تا در مواقع لزوم از آن استفاده شود. شکل (۲) توزیع چگالی نیروی باد با کمک Weibull محاسبه شده است.

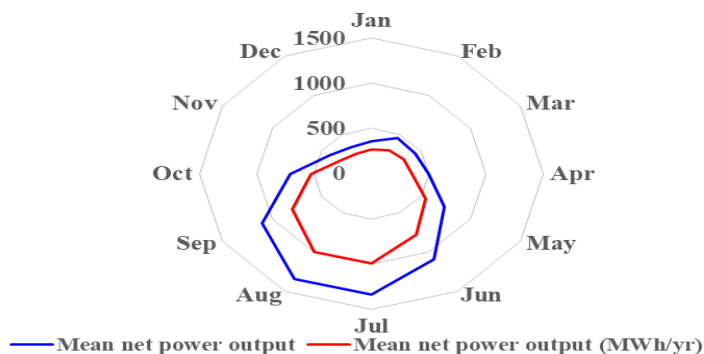


شکل ۲: الگوریتم‌های مختلف برای بررسی فرکانس سرعت باد

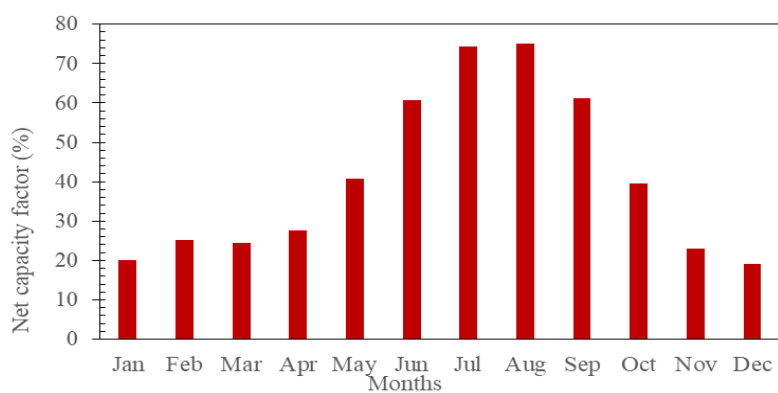
بر این اساس، توان خروجی توربین بادی شبیه‌سازی شده بر اساس سرعت‌های مختلف باد، میانگین ضریب ظرفیت خالص و میانگین توان خالص خروجی در ماه‌های مختلف در شکل (۳) نشان داده شده است. در شکل (۳) قسمت (a)، براساس میانگین توان خالص خروجی نمایش داده شده که همانطور که مشخص است در ماه‌های July و August دارای بیشترین مقدار است. شکل (۳) قسمت (b)، ضریب ظرفیت خالص در ماه‌های July و August دارای بیشترین مقدار است. همچنین در شکل (۳) قسمت (c)، با افزایش سرعت باد تا ۲۵ متربرثانیه توان خروجی افزایش و ضریب توان کاهش یافته است. پارامترهای اصلی ورودی و خروجی برای طراحی توربین بادی در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که ضرایب ظرفیت خالص قبل و بعد از تلفات در Vestas V180-1.8 مگاوات به ترتیب ۴۹/۹٪ و ۴۱/۱٪ به دست آمده است.

۴- نتیجه‌گیری

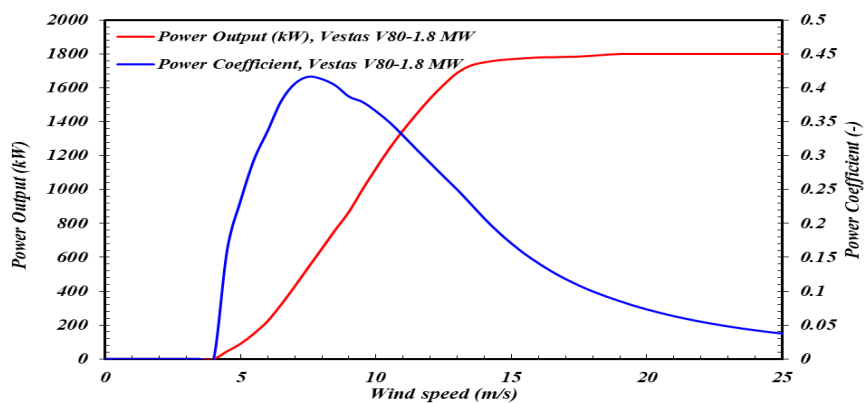
تلاش برای توسعه پیکربندی‌های مختلف ذخیره‌سازی انرژی بر اساس منابع انرژی تجدیدپذیر غیرقابل انکار است. در مطالعه حاضر دیاگرام بلوکی ساختار یکپارچه فرآیند هیبریدی بر اساس توربین‌های بادی طراحی شده است. سیستم یکپارچه فعلی ۸۳/۱۲ کیلوگرم بر ثانیه هوای مایع و ۶۰/۸۷ مگاوات وظیفه گرمایی با درجه پایین در زمان غیرپیک تولید می‌کند. در مقابل، توان مازاد سیستم را مصرف می‌کند. در دوره اوج مصرف، هوای مایع همراه با ۲/۶۸۱ کیلوگرم بر ثانیه LNG برای رساندن ۱۱۹ مگاوات توان خالص به شبکه استفاده می‌شود. برای افزایش انعطاف‌پذیری سیستم ذخیره‌سازی انرژی فعلی، استفاده از توربین‌های بادی به‌عنوان انرژی تجدیدپذیر برای تامین توان الکتریکی مورد نیاز برای سازه در زمان‌های غیرپیک مورد بررسی قرار گرفت. به این ترتیب می‌توان عدم قطعیت در ماهیت انرژی باد و همچنین امکان عدم تامین توان مورد نیاز از طریق شبکه را از بین برد.



(a)



(b)



(c)

شکل ۳: ضریب توان، میانگین ضریب ظرفیت خالص و توان خروجی از توربین بادی طراحی شده.

جدول ۱: پارامترهای اصلی ورودی و خروجی برای طراحی توربین بادی

Parameters	Units	Value
------------	-------	-------

Turbine type (Vestas V180-1.8 MW)		
Before losses		
Hub height	M	100
Mean net power output	kW	898.6
Mean net energy output	MWh/yr	7871
Net capacity factor	%	49.9
After losses		
Mean net power output	kW	739.5
Mean net energy output	MWh/yr	6478
Net capacity factor	%	41.1
Data set properties		
Latitude	°	N 32.50
Longitude	°	E 60.62
Wind power class	-	6 (Outstanding)
Power density at 50 m	W/m ²	649

مراجع

1. Kim J, Noh Y, Chang D. Storage system for distributed-energy generation using liquid air combined with liquefied natural gas. *Applied energy*. 2018;212:1417-32.
2. Sant'Ana WC, Lambert-Torres G, Bonaldi EL, Gama BR, Zacarias TG, Areias IAdS, et al. Online Frequency Response Analysis of Electric Machinery through an Active Coupling System Based on Power Electronics. *Sensors*. 2021;21(23):8057.
3. Breidenich C, Magraw D, Rowley A, Rubin JW. The Kyoto protocol to the United Nations framework convention on climate change. *American Journal of International Law*. 1998;92(2):315-31.
4. Serri L, Lembo E, Airoidi D, Gelli C, Beccarello M. Wind energy plants repowering potential in Italy: technical-economic assessment. *Renewable energy*. 2018;115:382-90.
5. Cheng M, Zhu Y. The state of the art of wind energy conversion systems and technologies: A review. *Energy conversion and management*. 2014;88:332-47.
6. Najafi G, Ghobadian B. LLK1694-wind energy resources and development in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2011;15(6):2719-28.
7. Fazelpour F, Markarian E, Soltani N. Wind energy potential and economic assessment of four locations in Sistan and Baluchestan province in Iran. *Renewable Energy*. 2017;109:646-67.
8. Afrouzy ZA, Taghavi M. Thermo-economic analysis of a novel integrated structure for liquefied natural gas production using photovoltaic panels. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2021;145(3):1509-36.
9. Gugliani G, Sarkar A, Ley C, Mandal S. New methods to assess wind resources in terms of wind speed, load, power and direction. *Renewable Energy*. 2018;129:168-82.
10. Celik AN. A statistical analysis of wind power density based on the Weibull and Rayleigh models at the southern region of Turkey. *Renewable energy*. 2004;29(4):593-604.

ارزیابی و تحلیل انرژی و اگزرژی سیستم ترکیبی توان و حرارت آمونیاک بر پایه آب

رحیم زاهدی^۱، سیاوش گیتی فر^۲، حسین یوسفی^{۳*}، روح الله احمدی^۴

۱- دانشجوی مقطع دکتری مهندسی سیستم های انرژی، گروه انرژی های نو و محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲- دانشجوی دکترای مهندسی مکانیک، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران.

۳- دانشیار، گروه انرژی های تجدید پذیر، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۴- دانشیار، گروه مهندسی سیستم های انرژی، دانشکده فناوری های نوین، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران.

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: hosseinyousefi@ut.ac.ir

Evaluation and analysis of energy and exergy of the combined heat and power system of ammonia based on water

Rahim Zahedi¹, Siavash Gitifar², Hossein Yousefi^{3*}, Rouhollah Ahmadi⁴

1- PhD Candidate, Energy Systems Engineering, Department of New Energies and Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

2- PhD Candidate, Department of Mechanical Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

3- Associate professor, Energy Systems Engineering, Department of New Energies and Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

4- Associate professor, Department of Energy Systems Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

*Corresponding author: hosseinyousefi@ut.ac.ir

ABSTRACT

The aim of this paper is to investigate a cogeneration system including a superheated Kalina cycle and a compression heat pump cycle for simultaneous generation of hot power and hot air for users. In the system, large amounts of energy remained in the ammonia-poor liquid exhausted from the separator of Kalina cycle is recovered by the compression heat pump cycle. In order to demonstrate the viability of the proposed combined heat and power (CHP) system, the advantages of superheated Kalina cycle to basic Kalina cycle are first discussed. The CHP system is then modeled mathematically for simulation and analysis. The maximum amount of exergy destructions of the equipment is consisted of two major parts based on their proportions in the vapor generator and heat supplier during the preliminary design operation condition. The final part of the research described here is a thermodynamic parameter analysis that reveals that a high-pressure optimal level of the system is optimal for maximizing the system's energy efficiency. Within certain ranges, lower middle pressure of system and separation temperature, higher low pressure of system and ammonia mass fraction of basic solution, would reach higher system exergy efficiencies.

Keywords: Ammonia-water, Combined heating and power (CHP) system, Kalina cycle, Exergy loss analysis, Thermodynamic parameter analysis.

چکیده

هدف از این مقاله بررسی یک سیستم تولید همزمان شامل یک چرخه کالینا فوق گرم و یک چرخه پمپ حرارتی تراکمی برای تولید همزمان توان و هوای گرم برای کاربران است. در این سیستم، مقدار زیادی حرارت باقی‌مانده در محلول رقیق آمونیاک خارج شده از جداکننده چرخه کالینا توسط چرخه پمپ حرارتی تراکمی بازیابی می‌شود. در ابتدا برتری چرخه کالینا فوق گرم به منظور معرفی سیستم پیشنهادی نشان داده شده است. سپس مدل‌های ریاضی سیستم تولید همزمان برای شبیه‌سازی و تحلیل اتخاذ می‌گردد. تحلیل تلفات انرژی برای سیستم اولیه تحت شرایط عملیاتی نشان می‌دهد که بیشترین تخریب انرژی تجهیزات در دو بخش ژنراتور بخار و منبع حرارت رخ می‌دهد. در نهایت پس از انجام تحلیل پارامترهای ترمودینامیکی سیستم، نتایج نشان داد که در یک فشار بالا بهینه سیستم دارای بازدهی انرژی بیشینه است. در محدوده خاصی، فشار میانی پایین‌تر سیستم و دما جداسازی پایین‌تر، فشار پایین بالاتر سیستم و نسبت جرمی آمونیاک بالاتر محلول اصلی منجر به افزایش راندمان انرژی سیستم می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آمونیاک-آب، سیستم تولید همزمان توان و حرارت، چرخه کالینا، تحلیل تلفات انرژی، تحلیل پارامترهای ترمودینامیکی.

۱- مقدمه

تأثیر در پی مصرف سوخت فسیلی در جهان، مردم به دنبال منابع جایگزین انرژی برای زندگی و توسعه هستند. توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و بازیابی حرارت پسماندهای صنعتی دو راه بالقوه برای ارائه انرژی در دسترس است. در میان چرخه‌های ترمودینامیکی با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر یا حرارت اتلافی، چرخه کالینا یکی از موثرترین چرخه‌ها برای تولید توان از درجه حرارت پایین است.

چرخه کالینا ابتدا توسط دکتر الکساندر کالینا در سال ۱۹۸۴ [۱] پیشنهاد شد و برای بازیابی گاز خروجی از توربین گاز به‌منظور تولید توان استفاده شد. امروزه چرخه کالینا در واقع یک اصطلاح کلی از مجموعه‌ای از چرخه‌های توانی حرارتی است که از آمونیاک-آب به عنوان سیال عامل استفاده می‌کند. آمونیاک نوعی مخلوط غیرآیزنتروپیک (non-azeotropic) است که در طول فرآیند تبخیر، به دلیل نقطه جوش پایین‌تر نسبت به آب در محلول آمونیاک-آب قبل از آب تبخیر می‌شود، به طوری که غلظت آمونیاک محلول به تدریج کاهش یافته و در نتیجه نقطه جوش محلول به تدریج افزایش می‌یابد.

از زمانی که مفهوم چرخه کالینا مطرح شد، تحقیقات مختلفی در رابطه با چرخه کالینا به طور بی پایان در سراسر جهان انجام شد. در سال‌های اخیر، به جز تجزیه و تحلیل و بهینه‌سازی انرژی، انرژی یا انرژی-اقتصادی در چرخه کالینا، یکی از مهم‌ترین گرایش‌های تحقیقاتی برای چرخه کالینا، اصلاح تنظیمات چرخه پایه به برخی از سیستم‌های جدید چند نسلی جدید است که می‌توانند نه تنها نیرو تولید کنند، بلکه سرمایش، گرمایش یا سایر محصولات را نیز تامین کنند. بنابراین راندمان تبدیل انرژی چرخه کالینا را به طور قابل توجهی بهبود می‌بخشد.

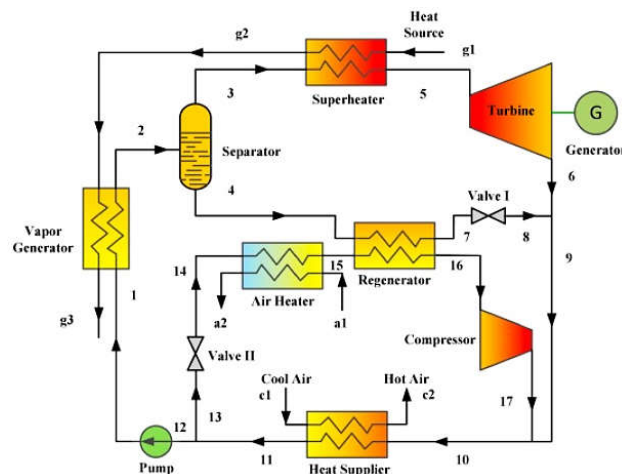
برخی از محققان به طور مستقیم پیکربندی چرخه کالینا را با افزودن یا حذف برخی اجزا و تغییر ساختار لوله‌کشی آن تغییر دادند تا سیستم‌های تولید همزمان بروود و توان جدیدی را تولید کنند. رشیدی و یو [۲، ۳] به منظور تولید ظرفیت بروودی از جریانی از محلول قوی آمونیاک-آب خروجی کندانسور چرخه کالینا استفاده کردند و یک سیستم تولید همزمان

جدید توان-برودت کالینا را طراحی کردند. سپس آن‌ها [۴، ۵] یک اجکتور را قبل از تبخیرکننده چرخه تولید توان-برودت کالینا برای افزایش بروود خروجی معرفی کردند و عملکرد چرخه توان-برودت کالینا و سیستم جدید با یک اجکتور را مقایسه کردند. ژانگ و همکاران [۶] یک ستون یکسوکننده را به زیرچرخه تبرید به‌منظور تولید آمونیاک-آب با غلظت بالا برای تولید ظرفیت بروودی بیشتر معرفی کرد. غائبی و همکاران [۷] استفاده از یک جداکننده ثانویه برای جداسازی آمونیاک-آب غلیظ‌تر از مایع رقیق خروجی از اولین جداکننده چرخه کالینا به منظور تولید ظرفیت بروودی و علاوه‌برآن استفاده از گاز مایع برای متراکم سازی آمونیاک-آب با غلظت بالا با هدف بهینه‌سازی عملکرد بروودی را ارائه دادند.

به سیکل تبرید جذبی مبتنی بر آمونیاک-آب و سیکل تبرید اجکتوری از آمونیاک-آب به عنوان سیال عامل استفاده می‌کند و علاوه بر این از چندین جزء مشابه با چرخه کالینا استفاده می‌کند که امکان ترکیب شدن چرخه کالینا با سیکل تبرید جذبی/اجکتوری آمونیاک-آب را فراهم می‌کند تا یک سیستم تولید همزمان را فراهم کند. برخی از محققان تحقیقات بسیار گسترده‌ای در این زمینه انجام داده‌اند. شانکار و سرینیواس [۸] چرخه کالینا و چرخه تبرید جذب آمونیاک-آب را با به اشتراک گذاشتن برخی تجهیزات مشترک به هم پیوند زدند و یک سیستم تولید همزمان فشرده را به وجود آوردند. محمودی و کردلار [۹] یک سیستم تولبد همزمان بروود و توان را ارائه، تجزیه و تحلیل و بهینه‌سازی کردند که یک سیکل کالینا اصلاح‌شده و یک چرخه تبرید جذبی را با استفاده از کندانسور مشترک ترکیب می‌کند. کومار و همکاران [۱۰] یک تحقیق آزمایشگاهی بر روی یک سیستم تولید همزمان توان و بروود شامل چرخه تبرید جذبی آمونیاک-آب و چرخه کالینا انجام دادند و عملکرد سیستم را در حالت بروود محض و حالت ترکیبی توان-برودت ارزیابی کردند. یو و همکاران [۱۱] یک چرخه کالینا اصلاح شده و یک سیکل تبرید جذبی آمونیاک-آب با استفاده از مخلوط‌کننده‌ها، جداکننده‌ها، جذب‌کننده‌ها و مبدل‌های حرارتی به منظور ایجاد یک سیستم تولید همزمان توان و بروود استفاده کردند که می‌تواند نسبت‌های بروودی و توان خود را از حالت عملکرد جداگانه به حالت عملکرد ترکیبی تنظیم کند. جینگ و ژنگ [۱۲] اثر پیکربندی جفت کوپل‌شدن دو چرخه را بر استفاده از آبشار انرژی برای یک سیستم تولید همزمان توان و بروود جدید که ترکیبی از چرخه کالینا و چرخه تبرید جذبی دو اثره آمونیاک-آب است، مطالعه کردند. شوکتی و همکاران [۱۳] یک تجزیه و تحلیل مقایسه جامع برای سه سیستم تولید همزمان توان و بروود ذکر شده در مراجع [۱۲]، [۱۴] و [۱۵] انجام دادند که همگی با چرخه کالینا و چرخه تبرید جذبی تک/دو اثره ترکیب شده‌اند. قائبی و همکاران [۱۶] از یک زیرسیستم تولید همزمان توان و بروود ترکیب شده توسط چرخه کالینا و سیکل تبرید جذبی در یک سیستم چندتایی برای تولید توان و بروود استفاده کردند. هان و همکاران [۱۷] یک سیستم ترکیبی تولید همزمان توان، حرارت و بروود با یکپارچه‌سازی چرخه کالینا و سیکل تبرید جذبی پیشنهاد کردند که قادر به تغییر حالت‌های عملکرد را به طور انعطاف‌پذیر با توجه به منابع حرارت و نیاز مشتری است.

۲-ارائه و طراحی سیستم

در این تحقیق، یک سیستم تولید همزمان ترکیبی حرارت و توان مبتنی بر آمونیاک-آب مناسب برای یک منبع حرارتی با دما پایین پیشنهاد شده است که نمودار کلی آن در شکل نشان داده شده است. این سیستم جدید چرخه کالینا فوق گرم را با سیکل پمپ حرارتی تراکمی آمونیاک-آب توسط چندین مبدل حرارتی برای تولید توان و هوای گرم به طور همزمان یکپارچه کرده است. در چرخه کالینا (چرخه بالایی شکل)، محلول پایه آمونیاک-آب که وارد دیگ بخار می‌شود، گرما را از منبع حرارت جذب می‌کند و مخلوط‌های دو فاز را تشکیل می‌دهد. مخلوط دو فاز به بخار غنی آمونیاک اشباع و مایع اشباع رقیق آمونیاک جدا می‌شوند. بخار اشباع شده به جذب حرارت از منبع حرارت در فوق گرم کننده ادامه می‌دهد تا به بخار فوق گرم تبدیل شود و سپس بخار از طریق توربین منبسط می‌شود تا ژنراتور کار تولید کند. مایع اشباع شده رقیق آمونیاک به عنوان یک منبع حرارت برای تامین حرارت به چرخه پمپ حرارتی تراکمی آمونیاک-آب عمل می‌کند. در چرخه پمپ حرارتی (چرخه پایینی شکل)، محلول پایه مایع آمونیاک-آب از شیر-۲ عبور می‌کند تا فشار و دما کاهش یابد، که دمای آن کمتر از دمای محیط است. سپس آب آمونیاک کم‌فشار و دما پایین ابتدا توسط هوا محیطی در بخاری هوا گرم می‌شود، و بعد حرارت اتلافی مایع رقیق آمونیاک چرخه کالینا در بازیاب^۱ را بازیابی می‌شود و در انتها در خروجی بازیاب به بخار اشباع آمونیاک-آب تبدیل می‌شود. پس از آن، بخار توسط یک کمپرسور متراکم می‌شود تا فشار و دما افزایش یابد. مایع رقیق آمونیاک چرخه کالینا که حرارت را آزاد می‌کند، از طریق شیر-۱ کاهش فشار داده می‌شود و سپس با خروجی توربین و خروجی کمپرسور مخلوط می‌شود تا یک مخلوط آمونیاک-آب دو فاز ایجاد شود. در انتها، آب آمونیاک دو فاز، هوای تامین‌کننده حرارت^۲ را گرم می‌کند و همزمان، مخلوط آمونیاک-آب تا رسیدن به مایع اشباع خنک می‌شود. پس از آن، آب آمونیاک به دو جریان جدا می‌شود و دوباره وارد چرخه بالا و پایین می‌شود تا عملکرد کلی سیستم ادامه یابد.



شکل ۱: سیستم حرارت و توان ترکیبی مبتنی بر آمونیاک-آب

در سیستم تولید همزمان پیشنهادی، چرخه پایینی شکل (چرخه پمپ حرارتی تراکمی)، مقادیر زیادی حرارت اتلافی محلول مایع رقیق آمونیاک را که در چرخه بالایی (چرخه کالینا فوق گرم) بازیابی می‌کند و به استفاده آبشاری^۳ از منبع انرژی

¹ regenerator
² heat supplier
³ cascade utilization

پی می‌برد. از سوی دیگر هیچ چگالنده‌ای در سیستم وجود ندارد و حرارت هدررفته ناشی از خروجی توربین که باید به محیط زیست تخلیه می‌شد نیز برای تامین حرارت استفاده می‌شود که منجر بهبود بازده تبدیل انرژی سیستم مورد نظر را می‌شود.

۳- مدل‌سازی ریاضی

در این مقاله، مدل ریاضیاتی سیستم مورد نظر به منظور تجزیه و تحلیل انرژی و بر اساس قانون بقا انرژی و جرم طراحی شده‌است. به منظور ساده‌سازی مدل نظری، باید فرضیاتی را برای سیستم به شرح زیر در نظر گرفت.

- (۱) جریان سیال عامل در سیستم به حالت پایا می‌رسد.
 - (۲) هیچ انتقال حرارتی بین اجزا و محیط وجود ندارد، به عبارتی هیچ اتلاف حرارتی برای قطعات وجود ندارد.
 - (۳) افت فشار در مبدل‌های حرارتی، جداکننده و لوله‌های اتصال نادیده گرفته می‌شود.
 - (۴) جداکننده می‌تواند مخلوط دو فاز آمونیاک-آب را به بخار اشباع غنی از آمونیاک و مایع اشباع رقیق آمونیاک بطور کامل جدا کند.
 - (۵) سیال هنگام عبور از یک شیر، یک فرآیند کاهش فشار آنتالپی ثابت را تجربه می‌کند.
 - (۶) آمونیاک-آب در خارج از تامین‌کننده حرارت مایع اشباع است. محلول پایه آمونیاک-آب چرخه پایینی در خروجی بازیاب به منظور تبدیل به بخار اشباع گرم می‌شود.
 - (۷) بازده آیزنتروپیک توربین و پمپ آورده شده‌است.
- همانطور که شکل در نشان داده شده‌است، سیستم مورد نظر از پنج مبدل حرارتی، یک جداکننده، یک توربین، یک کمپرسور، یک پمپ و دو شیر تشکیل شده است. براساس مفروضات ذکر شده می‌توان معادلات ریاضی هر جزء را به صورت روابط موجود بدست آورد که در اینجا بطور خلاصه به بررسی رابطه حاکم بر کمپرسور و توربین پرداخته می‌شود. در توربین، یک فرآیند انبساط غیر آیزنتروپیک رخ می‌دهد که این موضوع می‌تواند توسط بازده آیزنتروپیک مطابق رابطه ۱ توصیف شود.

$$\eta_{tb} = \frac{h_5 - h_6}{h_5 - h_{6,s}} \quad (1)$$

و توان خروجی از توربین بصورت رابطه ۲ بیان می‌شود.

$$W_{tb} = m_{tch}(h_5 - h_6) \quad (2)$$

در کمپرسور، یک فرآیند فشرده‌سازی غیر آیزنتروپیک رخ می‌دهد و بازدهی آیزنتروپیک بصورت رابطه ۳ و رابطه ۴ تعریف می‌شود.

$$\eta_{cmp} = \frac{h_{17,s} - h_{16}}{h_{17} - h_{16}} \quad (3)$$

$$W_{cmp} = m_{hp}(h_{17} - h_{16}) \quad (4)$$

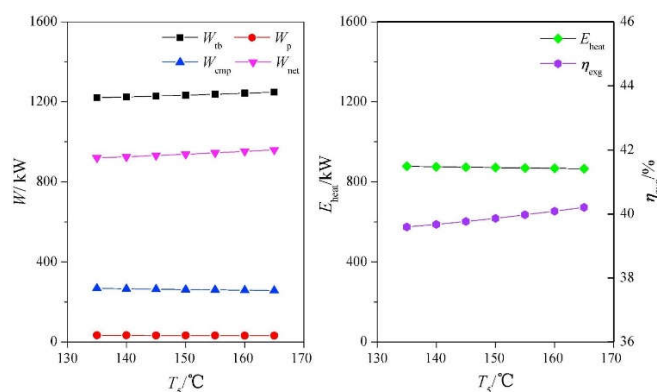
اگرزری به عنوان انرژی در نظر گرفته می‌شود که می‌تواند بطور بی‌نهایت به هر شکل دیگری از انرژی تبدیل شود. از نظر تئوری زمانی که یک سیستم به یک حالت تعادل یافته با شرایط محیطی از هر حالتی بصورت برگشت‌پذیر تبدیل می‌شود، به عبارت دیگر اگرزری حداکثر انرژی است که می‌تواند به کار مفید تبدیل شود. تحلیل اگرزری که بر مبنا مفهوم اگرزری است، ترکیبی از قانون اول و دوم ترمودینامیک است و می‌تواند شرایط استفاده، مصرف و هدر رفت اگرزری در اجزا سیستم را ارائه دهد و موثرترین راه بهینه‌سازی بازدهی بکارگیری و تبدیل انرژی را مشخص کند.

۴- نتایج تحقیق

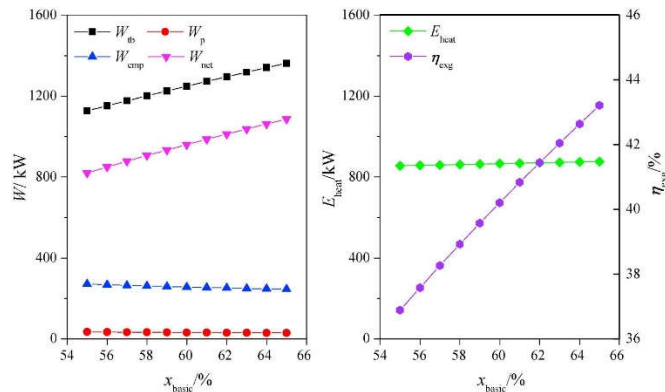
در این بخش، نتایج شبیه‌سازی سیستم تولید همزمان بحث شده تحت شرایط عملیاتی طراحی اولیه برای درک بهتر تحلیل زیر ارائه می‌شود. شبیه‌سازی‌های عددی بر روی نرم افزار متلب انجام شده و خواص ترموفیزیکی سیالات درگیر در این سیستم توسط نرم‌افزار REFPROP 9.1 محاسبه شده‌است.

شکل تاثیر دما ورودی توربین را بر عملکرد سیستم نشان می‌دهد. با افزایش دما ورودی توربین، حرارت آزاد شده منبع حرارت در فوق گرم‌کننده افزایش می‌یابد که موجب افت دما منبع حرارت هنگام ورود حرارت به دیگ بخار می‌شود. بنابراین دبی جرمی محلول پایه آمونیاک-آب که وارد دیگ بخار می‌شود کاهش می‌یابد. دبی جرمی بخار غنی آمونیاک و مایع رقیق آمونیاک تولیدشده در جداکننده نیز کاهش می‌یابد. افزایش دما ورودی توربین منجر به افزایش افت آنتالپی دو سر توربین می‌شود که به رغم کاهش دبی جرمی بخار غنی آمونیاک موجب افزایش توان خروجی توربین می‌شود. کاهش دبی جرمی محلول پایه منجر به کاهش مصرف توان پمپ می‌شود. کاهش نرخ جریان جرمی مایع رقیق آمونیاک تاثیر منفی بر دبی جرمی آمونیاک-آب در سیکل پایینی دارد، بنابراین مصرف توان کمپرسور نیز کاهش می‌یابد.

شکل اثر کسر جرمی آمونیاک محلول پایه را بر عملکرد سیستم نشان می‌دهد. با افزایش کسر جرمی آمونیاک محلول پایه، دما نقطه حباب آمونیاک-آب در دیگ بخار کاهش می‌یابد، بنابراین اختلاف دما نقطه پینچ ثابت موجب افزایش انتقال حرارت در بخش تبخیر دیگ بخار می‌شود. به این معنی که جذب حرارت واحد جریان جرمی آمونیاک-آب در بخش تبخیر دیگ بخار افزایش می‌یابد که منجر به کاهش دبی جرمی آمونیاک-آب گذرنده از دیگ بخار می‌شود. در جداکننده، مقادیر بالاتر کسر جرمی آمونیاک محلول آمونیاک-آب پایه قادر به جداسازی بخار غنی آمونیاک بیشتری می‌باشد. اگرچه دبی جرمی محلول پایه کاهش می‌یابد، دبی جرمی بخار غنی آمونیاک همچنان افزایش می‌یابد. بدیهی است که سرعت جریان جرمی مایع رقیق از آمونیاک کاهش می‌یابد. بدین ترتیب، تحت تاثیر دبی جرمی سیال عامل جریان یافته در اجزاء، توان خروجی توربین افزایش و توان مصرفی پمپ کاهش می‌یابد. کاهش دبی جرمی مایع رقیق آمونیاک منجر به کاهش دبی جرمی آمونیاک-آب در سیکل پایینی می‌شود، بنابراین مصرف توان کمپرسور کاهش می‌یابد. همچنین بر اساس محاسبات ریاضی می‌توان دریافت که با افزایش کسر جرمی آمونیاک محلول پایه، توان خالص خروجی سیستم تولید همزمان مورد بحث افزایش می‌یابد.

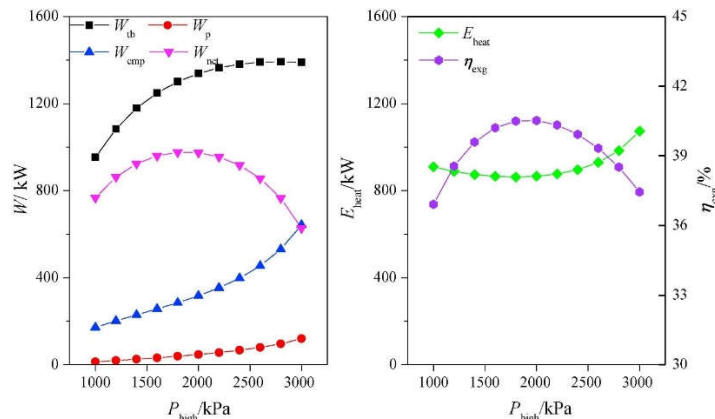


شکل ۲: تاثیر دمای ورودی توربین بر عملکرد سیستم.



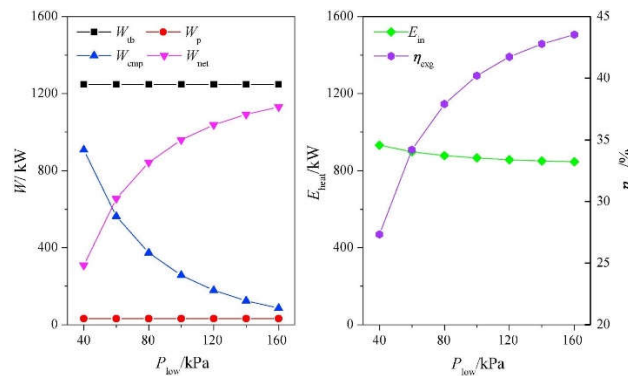
شکل ۳: اثر کسر جرمی آمونیاک محلول پایه بر عملکرد سیستم.

شکل تأثیر فشار بالا سیستم را بر عملکرد آن نشان می‌دهد. با افزایش فشار آب آمونیاک در دیگ بخار، سرعت دبی جرمی محلول پایه در چرخه بالایی افزایش می‌یابد، اما افزایش فشار جداسازی در جداکننده باعث می‌شود سرعت جریان جرمی بخار غنی آمونیاک تولید شده و در نتیجه آن افزایش نرخ دبی جرمی مایع تولید شده فاقد آمونیاک پدید می‌آید. همچنین لازم به ذکر است که افت آنتالپی از طریق توربین با افزایش فشار ورودی توربین افزایش می‌یابد. در اثر تغییرات نرخ دبی جرمی بخار غنی آمونیاک و افت آنتالپی در اثر گذر از توربین، توان خروجی توربین تغییراتی را نشان می‌دهد که ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. همچنین مصرف توان پمپ به دلیل افزایش دبی جرمی محلول پایه و افزایش اختلاف فشار از طریق پمپ افزایش می‌یابد. افزایش دبی جرمی مایع رقیق آمونیاک در سیکل بالا منجر به افزایش دبی جرمی آمونیاک-آب ورودی به چرخه پایین می‌شود که موجب افزایش مصرف توان کمپرسور می‌شود.



شکل ۴: اثر فشار بالای سیستم بر عملکرد آن

شکل تأثیر فشار پایین سیستم را بر عملکرد سیستم نشان می‌دهد. از آنجایی که فشار کم سیستم تأثیر کمی بر چرخه بالایی دارد، توان خروجی توربین و توان مصرفی پمپ ثابت می‌ماند. در بازیاب، دما بخار اشباع آمونیاک-آب با افزایش فشار پایین سیستم افزایش می‌یابد و در نتیجه جذب حرارت از واحد دبی جرمی آمونیاک-آب افزایش می‌یابد.



شکل ۵: اثر فشار کم سیستم بر عملکرد سیستم.

۵- نتیجه‌گیری

چرخه کالینا فوق گرم می‌تواند توان بیشتری نسبت به چرخه پایه کالینا تولید کند و علاوه بر این می‌تواند انرژی بیشتری را از تامین‌کننده حرارت جذب کند و مقداری انرژی اضافی را در مایع رقیق آمونیاک خارج شده از جداکننده ذخیره کند. بنابراین امکانات زیادی برای ترکیب شدن با چرخه‌های دیگر به منظور تشکیل سیستم‌های تولید همزمان فراهم می‌کند. می‌توان با تجزیه و تحلیل تلفات انرژی دریافت که به دلیل اختلاف دما زیاد مربوط به انتقال حرارت در مبدل‌های حرارتی، بیشترین تخریب انرژی در دیگ بخار و تامین‌کننده حرارت رخ می‌دهد. یک فشار بالا بهینه برای سیستم وجود دارد که حداکثر بازدهی انرژی سیستم بر اساس آن قابل دستیابی است. در محدوده معینی، فشار میانی و دما جداسازی پایین‌تر، فشار پایین بالاتر و کسر جرمی بالاتر محلول آمونیاک-آب پایه منجر به رسیدن به بازدهی انرژی بالاتری در سیستم مورد نظر می‌شود. همچنین لازم به ذکر است که دمای ورودی توربین تاثیر کمی بر بازده انرژی سیستم دارد.

مراجع

- [1] Kalina AI. Combined-cycle system with novel bottoming cycle. 1984.
- [2] Rashidi J, Ifaei P, Esfahani IJ, Ataei A, Yoo CK. Thermodynamic and economic studies of two new high efficient power-cooling cogeneration systems based on Kalina and absorption refrigeration cycles. Energy Conversion and Management. 2016;127:170-86.
- [3] Rashidi J, Yoo CK. Exergetic and exergoeconomic studies of two highly efficient power-cooling cogeneration systems based on the Kalina and absorption refrigeration cycles. Applied Thermal Engineering. 2017;124:1023-37.
- [4] Rashidi J, Yoo C. A novel Kalina power-cooling cycle with an ejector absorption refrigeration cycle: Thermodynamic modelling and pinch analysis. Energy Conversion and Management. 2018;162:225-38.
- [5] Rashidi J, Yoo C. Exergy, exergo-economic, and exergy-pinch analyses (EXPA) of the kalina power-cooling cycle with an ejector. Energy. 2018;155:504-20.
- [6] Zhang S, Chen Y, Wu J, Zhu Z. Thermodynamic analysis on a modified Kalina cycle with parallel cogeneration of power and refrigeration. Energy Conversion and Management. 2018;163:1-12.
- [7] Ghaebi H, Parikhani T, Rostamzadeh H. Energy, exergy and thermoeconomic analysis of a novel combined cooling and power system using low-temperature heat source and LNG cold energy recovery. Energy conversion and management. 2017;150:678-92.
- [8] Shankar R, Srinivas T. Coupled cycle with Kalina cycle system and vapor absorption refrigeration. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy. 2014;228(8):953-64.

- [9] Mahmoudi S, Kordlar MA. A new flexible geothermal based cogeneration system producing power and refrigeration. *Renewable Energy*. 2018;123:499-512.
- [10] Kumar GP, Saravanan R, Coronas A. Experimental studies on combined cooling and power system driven by low-grade heat sources. *Energy*. 2017;128:801-12.
- [11] Yu Z, Han J, Liu H, Zhao H. Theoretical study on a novel ammonia–water cogeneration system with adjustable cooling to power ratios. *Applied energy*. 2014;122:53-61.
- [12] Jing X, Zheng D. Effect of cycle coupling-configuration on energy cascade utilization for a new power and cooling cogeneration cycle. *Energy conversion and management*. 2014;78:58-64.
- [13] Shokati N, Ranjbar F, Yari M. A comprehensive exergoeconomic analysis of absorption power and cooling cogeneration cycles based on Kalina, part 1: Simulation. *Energy Conversion and Management*. 2018;158:437-59.
- [14] Liu M, Zhang N. Proposal and analysis of a novel ammonia–water cycle for power and refrigeration cogeneration. *Energy*. 2007;32(6):961-70.
- [15] Zheng D, Chen B, Qi Y, Jin H. Thermodynamic analysis of a novel absorption power/cooling combined-cycle. *Applied Energy*. 2006;83(4):311-23.
- [16] Ghaebi H, Namin AS, Rostamzadeh H. Performance assessment and optimization of a novel multi-generation system from thermodynamic and thermoeconomic viewpoints. *Energy conversion and management*. 2018;165:419-39.
- [17] Han B-C, Cheng W-L, Li Y-Y, Nian Y-L. Thermodynamic analysis of heat driven Combined Cooling Heating and Power system (CCHP) with energy storage for long distance transmission. *Energy conversion and management*. 2017;154:102-1

بکارگیری مهاربند هم محور جهت بهبود سطح عملکرد سازه های فولادی تحت زلزله گسل نزدیک

مهدی پورعلی گنجی^{*۱}

۱- مربی، گروه مهندسی عمران، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: Mpouraliganji@gmail.com

Using the coaxial bracing to improve the performance level of steel structures under near-fault earthquakes

Mehdi pouraliganji^{1*}

1- Instructor, Department of Civil Engineering, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran

*Corresponding author: Mpouraliganji@gmail.com

ABSTRACT

The ground vibrations in the areas near the fault cause extensive damage to the structures that have even complied with the issues related to the earthquake regulations. For this reason, investigating the nature of ground vibrations near the seismic spring has been proposed as a necessity, and many studies have been conducted in this field using modern methods. In this article, by using the methods of displacement coefficients and capacity spectrum, it is discussed to determine the performance level of steel structures with coaxial bracing based on the guidelines for seismic improvement of existing buildings. The accuracy of the results of the aforementioned methods, which are based on nonlinear static analysis, in estimating the performance level of these structures, has been compared with the help of the relative displacement criterion of the floors obtained from the nonlinear dynamic analysis of the time history under three accelerations of the nearby fault earthquake mapping.

Key words: Displacement Coefficients, Capacity Spectrum, Acceleration Mapping, Nonlinear Dynamic Analysis

چکیده

ارتعاشات زمین در مناطق نزدیک گسل باعث ایجاد خرابی‌های گسترده ای در سازه‌هایی که حتی مسائل مربوط به آیین‌نامه زلزله را رعایت کرده‌اند، می‌گردد. به همین دلیل امروزه بررسی ماهیت ارتعاشات زمین در نزدیکی چشمه لرزه‌زا به عنوان یک ضرورت مطرح شده است و مطالعات متعددی نیز در این زمینه با استفاده از روش‌های نوین صورت گرفته است. در این مقاله با بکارگیری روش‌های ضرایب تغییرمکان و طیف ظرفیت به تعیین سطح عملکرد سازه های فولادی با مهاربند هم محور براساس دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود پرداخته می شود. و صحت نتایج روش های مذکور که مبتنی بر تحلیل استاتیکی غیرخطی می باشند، در برآورد سطح عملکرد این سازه ها، با کمک معیار تغییرمکان نسبی طبقات بدست آمده از تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی تحت سه شتاب نگاشت زلزله گسل نزدیک مورد مقایسه قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: ضرایب تغییرمکان، طیف ظرفیت، شتاب نگاشت، تحلیل دینامیکی غیرخطی

۱- مقدمه

طراحی براساس عملکرد به روشی اطلاق می‌شود که در آن معیار طراحی سازه به صورت دستیابی به یک رفتار و عملکرد هدف تشریح می‌شود. این روش تقابلی است با معیار طراحی سازه ای عرف و مرسوم که در آن معیار طراحی سازه تنها با محدود کردن نیروهای اعضاء که ناشی از اعمال مقادیر مشخصی از بارهای طراحی می‌باشند تعریف می‌گردد. ظرفیت کلی یک سازه به مقاومت (ظرفیت نیرویی) و ظرفیت تغییر مکانی هر یک از اعضاء آن وابسته است. برای دستیابی به ظرفیت سازه در آن سوی محدوده الاستیک، تحلیل های غیرخطی نظیر روش تحلیل بارافزون مورد نیاز است. در این تحلیل نیروهای جانبی بصورت گام به گام افزایش می‌یابند تا اعضاء سازه ای بتدریج وارد حالت جاری شدن شوند. این عمل آن قدر ادامه می‌یابد تا زمانی که سازه ناپایدار شود یا یکی از حالات حدی رفتاری رخ دهد [۱].

به این ترتیب نمودار ظرفیت سازه بصورت نمودار برش پایه ساختمان در مقابل تغییر مکان جانبی بام بدست می‌آید. اما حرکات زلزله در طول مدت زمان تحریک، اشکال جابجایی پیچیده ای را در سازه ایجاد می‌نمایند که با گذشت زمان پیوسته تغییر می‌کند [۲]. آنچه تاکنون در تحلیل و طراحی سازه مرسوم بوده عبارت است از اعمال یک سری نیروهای جانبی معادل و تحلیل و طراحی در محدوده الاستیک آن. اما در روش نوین به کمک تحلیل های غیرخطی بارگذاری مرحله ای تا رسیدن به حد مکانیزم یا رسیدن به معیار تغییر مکانی که توسط کاربر مشخص شده ادامه می‌یابد.

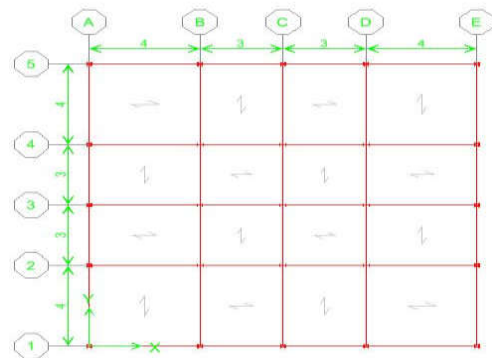
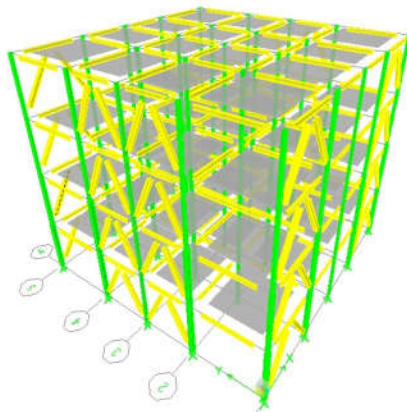
بررسی عملکردی براساس نقطه عملکرد بر روی منحنی ظرفیت، تحقیق می‌نماید که آیا اعضاء سازه ای و غیرسازه ای در آن سوی محدوده مجاز و قابل قبول سطوح عملکردی تحت اثر نیروها و تغییر مکان های ایجاد شده ناشی از تغییر مکان های تقاضا آسیب خواهند دید یا خیر. در برآورد لرزه ای ساختمان ها توجه عمده به این مطلب است که با توجه به میزان خدمت دهی و اهمیتی که از آنها پس از وقوع زلزله های شدید مورد نظر است، تا چه میزان تاب مقاومت در برابر نیروهای وارده را دارا می‌باشند و در صورت لزوم به چه اندازه نیازمند بهبود طراحی یا تقویت و مرمت سازه می‌باشند.

اخیرا مطالعات زیادی بر روی رفتار سازه‌های ساختمانی و پل‌ها در اثر اعمال زمین لرزه‌های نزدیک گسل و مقایسه آن با اثر زمین لرزه های دور از گسل انجام شده است. حوزه نزدیک به نقاطی از زمین اطلاق می‌شود که فاصله آنها از مرکز سطحی زلزله کمتر از یک حد معین است. محققین این فاصله را از ۱۵ تا ۵۰ کیلومتر در نظر می‌گیرند [۳].

مشخصات زلزله‌های نزدیک گسل به دلیل خواص امواج برشی و تجمع آثار این امواج در جلوی مسیر گسیختگی تفاوت هایی با مشخصات زلزله‌های دور از گسل دارند. وجود حرکت پالس گونه با پیوند بلند در ابتدای رکوردها، بزرگتر بودن مولفه عمود بر جهت گسل نسبت به مولفه موازی گسل، تجمع انرژی و انتقال آن در مدت زمان کوتاه، اعمال نیروی ضربه‌گونه بر سازه‌های موجود در مسیر پیشروی گسیختگی، نسبت بیشینه سرعت به بیشینه شتاب بالا و وجود بیشینه شتاب و سرعت و جابجایی بالاتر، از تفاوت‌های حائز اهمیت رکوردهای زلزله‌های نزدیک گسل می‌باشد [۴]. نمودی از این اثرات به شکل ایجاد تغییر مکان‌های نوسانی بزرگ است که در رکورد تغییر مکان زمین نیز دیده می‌شود. وجود این مقادیر بزرگ در پارامترهای حرکات زمین در نزدیک گسل، مشخصه بارز رکورد زلزله‌های حوزه نزدیک گسل نظیر زلزله نورتریج، زلزله کوبه، زلزله چی چی تابوان و بوم می‌باشند [۵].

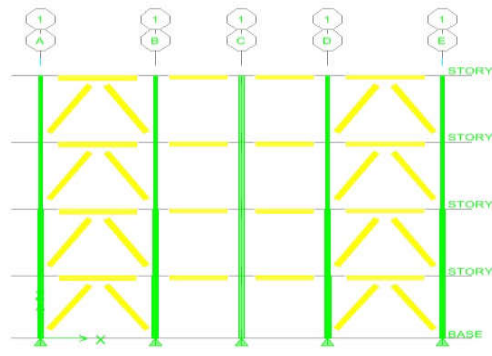
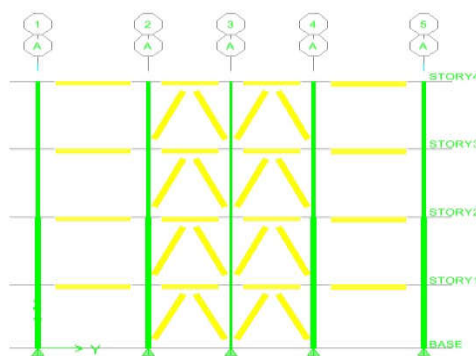
۲- معرفی مدل های مورد مطالعه

به منظور مقایسه نتایج طراحی ساختمان های فولادی با مهاربند هم محور بر مبنای ضوابط "استاندارد ۲۸۰۰ ایران امرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۳" [۶]، و ارزیابی همان ساختمان ها بر مبنای ضوابط "دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود [پژوهشگاه زلزله، ۱۳۸۵]" [۷]، و همچنین مقایسه بین نتایج حاصل از ارزیابی مدل ها به روش استاتیکی غیر خطی و دینامیکی غیرخطی بعنوان روش مینا، اقدام به تهیه ۳ مدل متقارن و منظم ۴، ۸، ۱۲ طبقه فولادی دارای سیستم مهاربند هشتی می‌گردد. شکل های ۱ تا ۴ مشخصات هندسی و نحوه قرارگیری بادبندها را نشان می‌دهد.



شکل ۲: نمای سه بعدی ساختمان ۴ طبقه

شکل ۱: پلان مدل‌های طراحی شده



شکل ۴: نحوه قرار گرفتن بادبند در دهانه A, E

شکل ۳: نحوه قرار گرفتن بادبند در دهانه او

مقادیر بارگذاری مرده و زنده در ساختمان‌های فوق، مطابق با بارهای ثقیلی "مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، بارهای وارد بر ساختمان [وزارت راه و شهرسازی، ۱۳۹۸] [۸]، در نظر گرفته شد. همچنین برای لحاظ نمودن اثرات بارگذاری زلزله، مطابق با "استاندارد ۲۸۰۰ ایران [مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۳] [۶]، از روش بارگذاری استاتیکی معادل استفاده شده است. به منظور مدل‌سازی، تحلیل و طراحی مدل‌های مفروض از نرم افزار کامپیوتری ETABS استفاده شده است [۹]. پس از تعیین نیروهای ثقیلی، بارهای لرزه‌ای و همچنین تهیه مدل‌های سازه‌ای، این مدل‌ها مورد تحلیل و آنالیز نیرویی قرار می‌گیرند. نکته قابل توجه آنکه آنالیز $P-\Delta$ ، برای کلیه مدل‌ها به صورت پیش فرض انجام شده است.

به منظور طراحی اعضا از آیین‌نامه AISC-ASD که برنامه مورد نظر نیز از آن پشتیبانی می‌کند استفاده شده است [۱۰]. جهت دستیابی به طراحی اقتصادی و بهینه (Optimom)، از خصوصیت انتخاب مقطع به صورت خودکار (Automatic Section Selection) استفاده گردیده است.

پروفیل‌های انتخاب شده برای تیرها از نوع IPB، ستون‌ها از نوع TUBEBOX و مهاربندها از نوع ناودانی UNP می‌باشد.

۳- معرفی و اختصاص مفاصل پلاستیک

رفتار غیرخطی سازه با تعریف مفاصل پلاستیک در مدل اعمال می‌شود. لازمه انجام هرگونه تحلیل غیرخطی معرفی مشخصات مفاصل غیرخطی می‌باشد. این مفاصل در نقاطی از اجزای سازه که احتمال تجاوز نیروهای داخلی عضو از نیروهای

حد تسلیم وجود دارد تعریف می شوند. خرابی یک تیر در یک قاب خمشی در اثر بالا رفتن مقادیر لنگر و برش در دو سر تیر و در نتیجه بروز مفصل های پلاستیک خمش و برش در دو انتها می باشد. لذا می بایست مفصل های برشی V_2 و خمشی M_3 را به دو انتهای تیر نسبت داد. در ستون ها مفصل های محوری P و مفصل های PMM می توانند تشکیل شوند لذا این مفصل را به دو انتهای ستون اختصاص می دهیم. خواص مفصل فولادی براساس ضوابط FEME356 در مدل ها لحاظ شد [۱۱].

۴- تعیین تغییرمکان هدف به روش ضرایب تغییرمکان و طیف ظرفیت

نیروی داخلی و تغییر شکل اجزای سازه باید برای حالتی که تغییر مکان نقطه کنترل برابر تغییر مکان هدف می شود محاسبه گردد. دو روش عمده برای محاسبه تغییر مکان هدف وجود دارد نخست روش ضرایب تغییرمکان (Displacement Coefficient Method)، که در این روش تغییرمکان هدف برای سازه با دیافراگم های صلب باید با در نظر گرفتن رفتار غیرخطی سازه برآورد شود. به عنوان یک روش تقریبی می توان مقدار تغییرمکان هدف را از رابطه (۱) محاسبه نمود.

$$\delta_T = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g \quad (1)$$

که در آن T_e زمان تناوب اصلی موثر ساختمان، C_0 ضریب اصلاح برای ارتباط تغییرمکان طیفی سیستم یک درجه آزادی به تغییرمکان بام سیستم چند درجه آزادی، S_a شتاب طیفی به ازای زمان تناوب اصلی موثر T_e ، ضریب C_2 اثرات کاهش سختی و مقاومت اعضای سازه ای را بر تغییرمکان ها به دلیل رفتار غیر ارتجاعی آنها منظور می کند و ضریب C_3 مربوط به سازه هایی که پس از تسلیم دارای سختی مثبت یا منفی هستند [۱۲].

دومین روش تعیین تغییرمکان هدف طیف ظرفیت (Capacity Spectrum) می باشد که در این روش بر خلاف روش ضرایب تغییرمکان که در آن تغییرمکان هدف با استفاده از یک رابطه محاسبه می شود در این روش تغییر مکان هدف از تلاقی منحنی ظرفیت (منحنی نیرو- تغییرمکان جانبی) با طیف پاسخ تعیین می شود. ابتدا پس از مدل سازی و تحلیل و طراحی مدل ها تحت بارهای جانبی و ثقلی به گونه ای که نسبت تنش در اعضا حدود ۹۵٪ تنش تسلیم شود، برش پایه و تغییرمکان بام را ثبت می کنیم. سپس با افزایش ضریب بار جانبی نقاطی از سازه که در آنها تسلیم رخ می دهد را تعیین نموده و ماتریس سختی را با توجه به نقاط تسلیم شده اصلاح می کنیم. افزایش ضریب بار جانبی را تا جایی که منجر به یک حالت حدی نهایی ناپایداری به دلیل آثار $P - \Delta$ یا تغییر شکل بیش از حد طبقات شود ادامه می دهیم و نتیجه را به صورت منحنی برش پایه - تغییرمکان که منحنی ظرفیت نامیده می شود ترسیم می کنیم [۱۳]. در جدول ۱ تغییرمکان هدف محاسبه شده ارائه شده است.

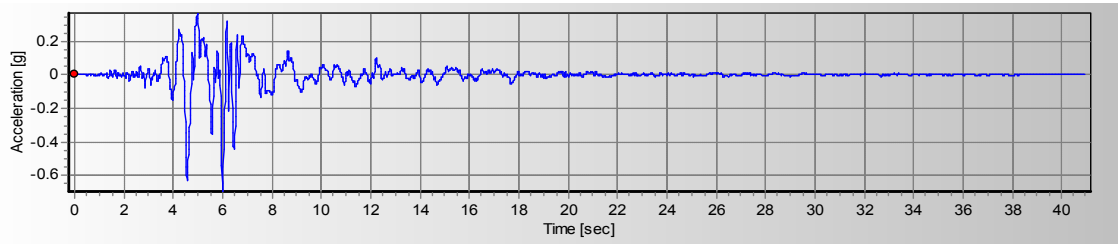
جدول ۱: مقادیر تغییرمکان هدف به روش ضرایب تغییرمکان و طیف ظرفیت

نوع ساختمان	ضرایب تغییرمکان (cm)	طیف ظرفیت (cm)
۴ طبقه	۵/۳۱	۷/۰۵
۸ طبقه	۱۷/۶۷	۱۹/۲۵
۱۲ طبقه	۲۵/۰۵	۳۱/۴۱

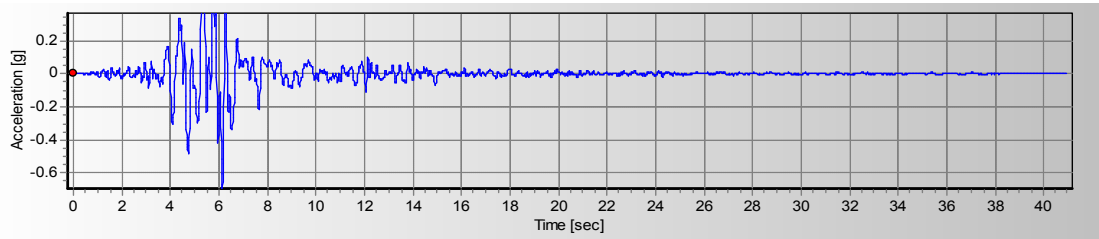
۵- شتاب نگاشت های مورد استفاده در آنالیز دینامیکی غیر خطی

شتاب نگاشت هایی که برای تحلیل دینامیکی غیرخطی انتخاب می شوند باید حتی الامکان دارای مشخصات هماهنگی با ساختگاه سازه باشند. این مشخصات شامل PGA، محتوای فرکانسی، مدت زمان دوام حرکات شدید و هماهنگی با طیف طرح می باشد [۱۴]. در شکل های ۹ تا ۱۴ زوج مولفه های شتاب نگاشت های منتخب نشان داده شده است. برای آنکه بتوان از شتاب نگاشت در تحلیل دینامیکی غیر خطی استفاده نمود باید طیف این شتاب نگاشت تا حد امکان با طیف طرح ساختگاه سازه همخوانی داشته باشد. در واقع قبل از استفاده از شتاب نگاشت ها باید آنها را همپایه کرد [۱۵].

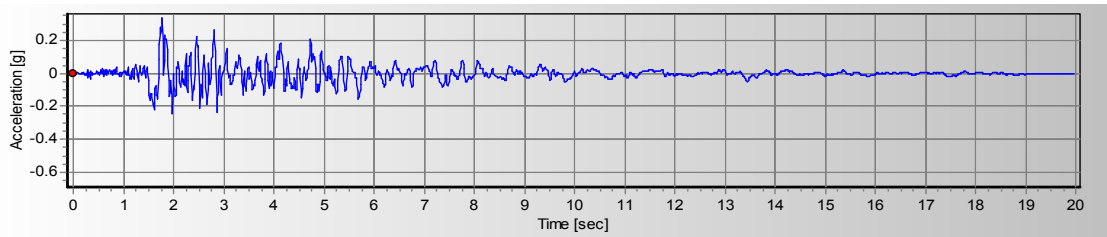
به این منظور شتاب حداکثر هر یک از شتاب نگاشت‌ها به 1g مقیاس می‌شود. سپس پاسخ سازه یک درجه آزادی در مقابل این شتاب نگاشت (طیف شتاب نگاشت)، محاسبه می‌شود و سطح زیر این طیف بین دوره تناوب های ۰/۱ و ۳ ثانیه به دست می‌آید. سطح زیر منحنی طیف طرح بین این دو دوره تناوب نیز محاسبه می‌شود. با ضرب شتاب نگاشت مقیاس شده به 1g در نسبت سطح طیف طرح ساختگاه به سطح طیف شتاب نگاشت و در پایان در شتاب طرح ساختگاه شتاب نگاشت مقیاس شده با منطقه بدست می‌آید. در این روش انرژی شتاب نگاشت‌ها با طیف طرح سازگار می‌شود. بدین منظور از نرم افزار seismosignal استفاده شده است [۱۶]. طراحی مدل‌های اولیه بر اساس خاک نوع ۲ صورت گرفته است بنابراین شتاب نگاشت‌ها بگونه‌ای انتخاب شدند که با ساختگاه مورد نظر سازگار باشند. در جدول ۲ شتاب نگاشت‌ها و ضرایب مقیاس مربوطه ارائه شده است.



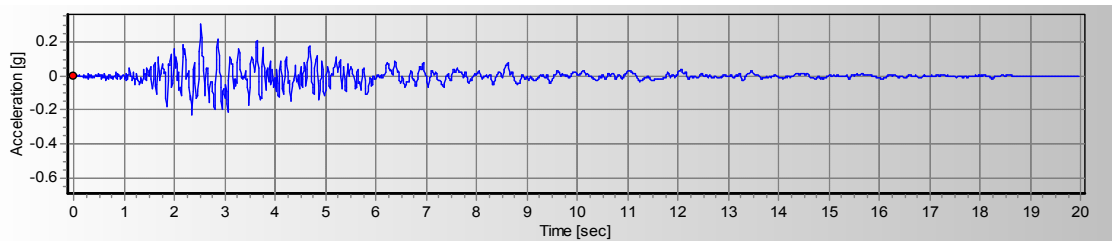
شکل ۵: شتاب نگاشت زلزله کوبه در جهت X



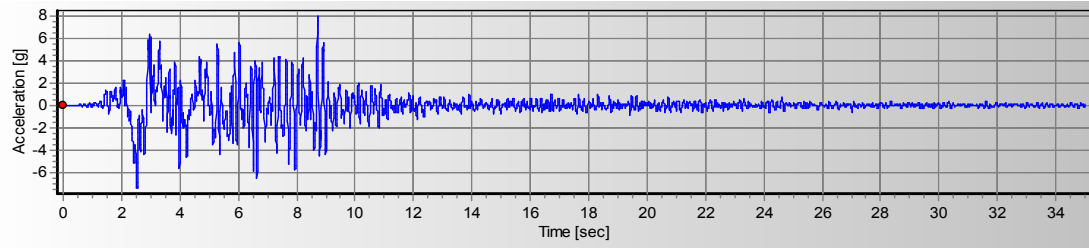
شکل ۶: شتاب نگاشت زلزله کوبه در جهت Y



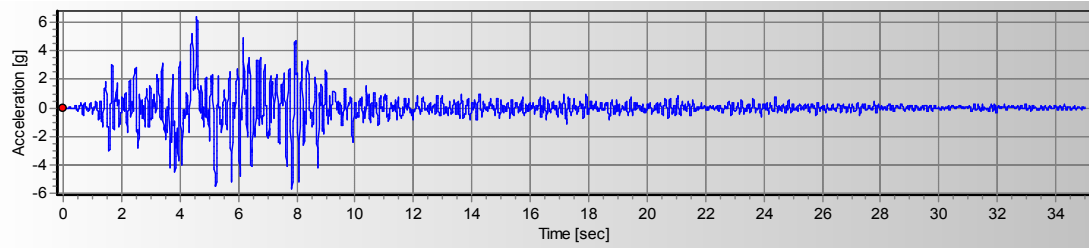
شکل ۷: شتاب نگاشت زلزله نورثریج در جهت X



شکل ۸: شتاب نگاشت زلزله نورثریج در جهت Y



شکل ۹: شتاب نگاشت زلزله بم در جهت X



شکل ۱۰: شتاب نگاشت زلزله بم در جهت Y

جدول ۲: ضرایب مقیاس مورد استفاده در تحلیل دینامیکی غیرخطی

زلزله	جهت	ضریب مقیاس	حداکثر شتاب زمین (PGA)
بم	X	۰/۵	۰/۷۹۹
	Y	۰/۶۳	۰/۶۳۴
کوبه	X	۰/۵۷۷	۰/۶۹۳
	Y	۰/۹۱۷	۰/۴۳۶
نورثریج	X	۱/۱۶	۰/۳۴۴
	Y	۱/۲۹	۰/۳۰۸

۶- مقادیر ماکزیمم تغییرمکان در نقطه کنترل

کاربرد روش دینامیکی غیرخطی با توجه به بررسی رفتار مدل در برابر زلزله های مختلف درک بسیار مفیدی از پاسخ سازه ارائه خواهد کرد. ضمن اینکه معایبی چون بررسی یک چهارم سیکل بارگذاری که در روش استاتیکی رانشی غیرخطی مشاهده می شود، در این روش وجود ندارد. در ادامه تحلیل دینامیکی غیرخطی مدل ها تحت شتاب نگاشت های انتخاب شده با استفاده از نرم افزار SAP2000 انجام یافته است [۱۷]. چنانچه کمتر از ۷ شتاب نگاشت برای تحلیل انتخاب شود باید بیشینه اثر آنها برای کنترل تغییر شکل ها و نیروهای داخلی منظور شود [۶]. در جدول ۳ مقادیر ماکزیمم تغییرمکان مدل ها در نقطه کنترل واقع بر بام سازه به واحد سانتی متر ارائه شده است.

جدول ۳: مقادیر ماکزیمم تغییرمکان در نقطه کنترل برای هر ساختمان طی ۳ شتاب نگاشت

زلزله	۱۲ طبقه	۸ طبقه	۴ طبقه
کوبه	۳۵/۴۹	۲۳/۴۷	۷/۶۴
نورثریج	۳۲/۱۵	۲۰/۱۴	۷/۱۹
بم	۳۷/۲۵	۲۲/۴۸	۹/۲۱
پاسخ ماکزیمم	۳۷/۲۵	۲۳/۴۷	۹/۲۱

۷- محاسبه تغییر مکان نسبی طبقات

یکی از پارامترهای قابل لمس و اندازه گیری برای ارزیابی آسیب پذیری سازه ها حداکثر تغییر مکان نسبی طبقات می باشد. بطور کلی محدودیت تغییر مکان نسبی طبقات به عواملی نظیر خطر زلزله خیزی محل، تعداد طبقات ساختمان و درجه اهمیت سازه بستگی دارد. برای تعیین تغییر مکان نسبی در روش تحلیل دینامیکی غیرخطی، تاریخچه پاسخ یک نقطه از هر طبقه به عنوان نماینده طبقه برای هر زلزله بدست می آید. با کسر تاریخچه پاسخ این نقطه از تاریخچه پاسخ طبقه بالا تاریخچه تغییر مکان نسبی (Drift)، طبقه بالا تعیین می شود. جدول (۴) مقادیر ماکزیمم تغییر مکان نسبی طبقات برای هر یک از مدل ها در روش های ضرایب تغییر مکان و طیف ظرفیت و جدول (۵) همین پارامتر را در تحلیل دینامیکی غیرخطی برای مدل ها نشان می دهد [۱۳].

جدول ۴: مقادیر ماکزیمم تغییر مکان نسبی طبقات در تحلیل استاتیکی غیرخطی

نمونه	طبقه ۴	طبقه ۸	طبقه ۱۲
ضرایب تغییر مکان	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۷۱
طیف ظرفیت	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۶۴	۰/۰۰۷۷

جدول ۵: مقادیر ماکزیمم تغییر مکان نسبی طبقات به ازای هر زلزله در تحلیل دینامیکی غیرخطی

نمونه	بم	نورث ریچ	کوبه
طبقه ۴	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۳۹	۰/۰۰۳۶
طبقه ۸	۰/۰۰۷۶	۰/۰۰۷۱	۰/۰۰۶۸
طبقه ۱۲	۰/۰۰۹۲	۰/۰۰۸۵	۰/۰۰۹۳

۸- تعیین سطح عملکرد سازه ها

با توجه به دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود برای بررسی عملکرد ساختمان فولادی با مهاربند می بایست معیار تغییر مکان نسبی طبقات را که در دو حالت ماندگار و گذرا ارائه شده است در نظر گرفت. (منظور از تغییر مکان جانبی گذرا حداکثر تغییر مکان نسبی جانبی طبقات است که پیش بینی می شود در طول وقوع زلزله طرح در ساختمان ایجاد شود. منظور از تغییر مکان جانبی ماندگار حداکثر تغییر مکان نسبی جانبی طبقات است که پس از وقوع زلزله به دلیل رفتار خمیری یا ترک خوردگی در سازه باقی می ماند)، در دستورالعمل مذکور برای سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه (IO)، تغییر مکان نسبی گذرای ۰/۵ درصد و برای سطح عملکرد ایمنی جانی (LS)، تغییر مکان نسبی گذرای ۱/۵ درصد و در نهایت برای سطح عملکرد آستانه فروریزش (CP)، تغییر مکان نسبی گذرای ۲ درصد پیشنهاد شده است. با عنایت به انجام تحلیل های استاتیکی و دینامیکی غیرخطی بررسی عملکرد مدل ها در جدول های ۶ تا ۸ ارائه شده است [۷].

جدول ۶: تعیین سطح عملکرد (4 Story)

4story			Model
ضرایب تغییر مکان	طیف ظرفیت	دینامیکی غیرخطی	روش تحلیل
۰/۳۲	۰/۳۶	۰/۴۱	ماکزیمم دریفت
۰/۵ < < ۱/۵			کنترل
IO	IO	IO	عملکرد سازه

جدول ۷: تعیین سطح عملکرد (8 Story)

8story			Model
ضرایب تغییرمکان	طیف ظرفیت	دینامیکی غیرخطی	روش تحلیل
۰/۶۳	۰/۶۴	۰/۷۶	ماکزیمم دریفت
۰/۵ < < ۱/۵			کنترل
LS	LS	LS	عملکرد سازه

جدول ۸: تعیین سطح عملکرد (12 Story)

12story			Model
ضرایب تغییرمکان	طیف ظرفیت	دینامیکی غیرخطی	روش تحلیل
۰/۷۱	۰/۷۷	۰/۹۳	ماکزیمم دریفت
۰/۵ < < ۱/۵			کنترل
LS	LS	LS	عملکرد سازه

۹- نتیجه‌گیری

دقت روش‌های ضرایب تغییرمکان و طیف ظرفیت در تخمین تغییرمکان‌ها با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد. این موضوع می‌تواند مربوط به عدم لحاظ شدن اثر موده‌های بالاتر در الگوی توزیع بار بکار رفته در روش استاتیکی غیرخطی باشد (چون در ساختمان‌های بلند موده‌های بالا دارای اثر قابل ملاحظه‌ای می‌باشند). از میان روش‌های ضرایب تغییرمکان و طیف ظرفیت روش طیف ظرفیت نزدیکترین برآورد را از تغییرمکان هدف نسبت به تحلیل دینامیکی غیرخطی دارا می‌باشد. همچنین انجام تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی می‌تواند درک دقیق‌تری از سطح عملکرد سازه‌ها بدست دهد. محاسبه تغییرمکان نسبی طبقات در مدل‌ها به عنوان عامل کنترلی خسارت ساختمان‌ها در ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای موثر می‌باشد. در این تحقیق که بر روی سازه‌های فولادی مهاربندی شده با مهاربند هم‌محور هشتی انجام گرفت مشخص شد که سازه‌هایی که بر اساس آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران، ویرایش چهارم، برای این نوع سیستم سازه‌ای طرح می‌شوند براساس معیار تغییرمکان نسبی طبقات دارای سطح عملکرد ایمنی جانی می‌باشند.

مراجع

- Bertero, V.V. Performance-based seismic engineering: conventional VS. Innovative approaches. Proc. 12th WCEE, Newzealand. 1995.
- Chopra AK. Dynamics of structures. Theory and applications to earthquake engineering (2nd ed.). Prentice Hall, Englewood Cliffs. 2001.
- Boor, D, M Joyner W, B, Oliver A. Estimation of ground motion parameters. 1978.
- Wakabayashi M. Design of Earthquake Resistant Buildings. 1986.
- Naeim, F. The Seismic Design Handbook”, Mc Graw Hill. 2001.
- مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی. وزارت راه و شهرسازی. آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰). ۱۳۹۳.
- پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله. دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود. ۱۳۸۵.
- وزارت راه و شهرسازی. مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، بارهای وارد بر ساختمان. ۱۳۹۸.
- CSI Analysis Reference Manual for ETABS. 2022.
- AISC-ASD. American Institute of Steel Construction. 2022.
- FEMA 356. Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildins. 2000.

12. FEMA 440. Draft Camera-Ready for the Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures. prepared by the Applied Technology Council for the Federal Emergency Management Agency. 2005.
13. ATC40. Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings. 1997.
۱۴. تابش پور م. تفسیر مفهومی کاربردی آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، ویرایش سوم آیین نامه ۲۸۰۰. انتشارات گنج هنر. ۱۳۸۵.
15. Lestuzzi P., Schwab P., Koller M., Lacave C. How to Choose Earthquake Recordings for Nonlinear Seismic Analysis of Structures. 13WCE, 2004. 1241.
16. Seismosoft, Inc. seismosignal, Earthquake engineering software solutions. 2016.
17. CSI Analysis Reference Manual for SAP2000. 2022.

مطالعات داکینگ مولکولی بر روی برخی مشتقات زانتون

به عنوان عوامل بالقوه ضد سرطان

شبنم شماعی^{۱*} و زهرا اکبری^۲

۱-استادیار، گروه شیمی، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران. shabnamshamaie@gmail.com

۲- کارشناسی ارشد، گروه شیمی، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران.

zahraakbari@gmail.com

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: shabnamshamaie@gmail.com

Molecular Docking Study of Some xanthone Derivatives as potential anticancer agents

Shabnam Shamei^{1*}, Zahra Akbari²

1-Assistant Professor, Department of Chemistry, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran. E-mail: shabnamshamaie@gmail.com

2-Master of Chemistry, Department of Chemistry, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran, E-mail: zahraakbari@gmail.com

*Corresponding author: shabnamshamaie@gmail.com

Abstract

The design of new drug combinations based on molecular docking on Xanthone derivatives as potential anti-cancer agents. In this study interaction of compounds with 1ZXM, 1BNA and 1LU51 structures was investigated by molecular docking. In Docking, these compounds with a 1ZXM receptor have a Docking connection energy in the range of -6.87 to -8.69 which is the best binding energy. In Docking, these compounds with the 1BNA receptor, the docking connection energy are in the range of -6.74 to -9.34, which is the best binding energy associated with the 1 ligand, and in docking with 1LU51 receptor, docking connection energy It is in the range of -4.85 to -6.99, which is the best energy for the 1 composition. In the binding of these compounds to the 1ZXM protein receptor, they carry key amino acids in the active site of the hydrogen bonded receptor, and are found in binding to 1BNA and 1LU51 receptors, which are mainly bound via the key bands of adenine, thymine, cytosine, and guanine.

Keywords: Molecular docking, Anticancer, Xanthone derivatives

چکیده

در این مقاله مطالعات داکینگ مولکولی بر روی تعدادی از مشتقات زانتون و برهم کنش‌ها با ساختارهای 1ZXM، 1BNA و 1LU51 توسط داکینگ مولکولی انجام شد. این پژوهش به شیوه توصیفی-تحلیلی انجام شد. در ابتدا ساختار شیمیایی ترکیبات با استفاده از نرم افزار ChemBioDrawUltra ترسیم شد. سپس به منظور بهینه سازی انرژی، به نرم افزار Hyperchem انتقال یافت. مطالعات داکینگ به وسیله نرم افزار Auto Dock-Vina-1-1-2 انجام شد. بر اساس نتایج به دست آمده از مطالعات داکینگ مهم ترین پیوندهای درگیر در اتصال این مشتقات با گیرنده پروتئینی 1ZXM پیوند هیدروژنی است و همچنین با گیرنده های 1BNA و 1LU51 عمدتاً از طریق بازهای کلیدی آدنین، تیمین، سیتوزین و گوانین پیوند هیدروژنی برقرار می کنند. در داکینگ این ترکیبات با گیرنده 1ZXM، انرژی اتصال داکینگ در محدوده ۶/۸۷- تا ۸/۶۹- می باشد که بهترین انرژی اتصال مربوط به لیگاند LigDMXAA می باشد و با گیرنده 1BNA، انرژی اتصال

داکینگ در محدوده ۶/۷۴- تا ۹/۳۴- بوده که بهترین انرژی اتصال مربوط به لیگاند 1 است همچنین با گیرنده 1LU51، انرژی اتصال داکینگ در محدوده ۴/۸۵- تا ۶/۹۹- می باشد که بهترین انرژی مربوط به ترکیب 1 می باشد. در پایان با توجه به نتایج به دست آمده از مطالعات داکینگ، می توان نتیجه گرفت که ترکیب نهایی پس از بررسی رابطه ساختار - فعالیت بر روی ترکیبات موجود در بانک ساختاری ۲ ترکیب شامل ترکیبات 1 و LigDMXAA که دارای انرژی داکینگ مطلوبی می باشند به عنوان کاندیداهای مناسب دارویی جهت سنتز معرفی گردیدند.

واژه های کلیدی: داکینگ مولکولی، ضد سرطانی، مشتقات زانتون

۱- مقدمه

داروهای ضد سرطان اهداف مختلفی دارند که در این میان، DNA همچنان به عنوان هدف مهم برای شیمی درمانی سرطان محسوب میشود [۱]. از این رو، ترکیبات برهمکنش کننده با DNA مانند مشتقات زانتون ها در درمان سرطان کاربرد فراوانی پیدا کرده اند [۲]. زانتون ها گروه بزرگی از ترکیبات طبیعی هستند که دارای اسکلت سه حلقه ای می باشند که دارای دو حلقه بنزنوئیدی و یک حلقه پیرانوئیدی هستند. آن ها به عنوان ترکیبات فعال زیستی بسیار مورد توجه هستند. فعالیت های زیستی فراوانی شامل فعالیت ضدالتهاب [۳]، ضد میکروبی [۴]، ضد ویروس [۵]، ضد مالاریا [۶] و ضد سرطانی [۷] دارند و قادر هستند به گیرنده های مختلفی متصل شوند که همین خصلت آنها، توجه به این ترکیبات را زیاد کرده و از این ترکیبات به عنوان نقطه شروعی برای سنتز ترکیبات جدید استفاده می کنند [۸ و ۹]. همچنین یکی از مهمترین اهداف محققان دارویی پیش بینی فعالیت ترکیبات قبل از سنتز و انجام آزمایش بر روی آنها می باشد، چرا که انجام بسیاری از آزمایشات مستلزم صرف زمان و هزینه های زیادی است. از این رو نیاز به استفاده از روش های تئوری و محاسباتی که بدون انجام آزمایش که بتوانند ویژگی و یا فعالیت ترکیبات را پیش بینی کنند ضروری به نظر می رسد [۱۰].

۲- روش بررسی

الف) مطالعه داکینگ

داکینگ مولکولی ترکیبات با DNA به منظور تعیین برهم کنش های مهم و مؤثر ترکیبات بامولکول های هدف انجام شد. مطالعات داکینگ مولکولی ۳۴ مولکول زانتون توسط نرم افزار Autodock نسخه 4.2 انجام و به منظور انجام این مطالعات ساختار کریستالوگرافی با کدهای 1ZXM, 1BNA و 1LU51 از بانک اطلاعاتی پروتئین ها استخراج شد، سپس تمام تصحیح های اسید آمینه ای یا بازهای DNA با استفاده از نرم افزار MOE 2014 انجام شد. همچنین لیگاند همراه و مولکولهای آب حذف شد و اتم های هیدروژن غیرقطبی در اتم کربن مربوطه ادغام شده و پارامترهای حلال پوشی ماکرومولکول و بارالکتریکی کلمن با استفاده از نرم افزار Autodock نسخه 4.2 محاسبه شد و در نهایت فایل ماکرومولکول با فرمت pdbqt ذخیره شد.

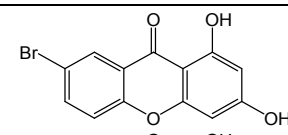
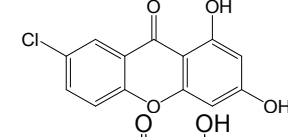
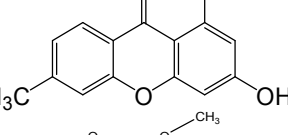
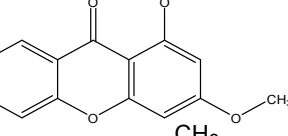
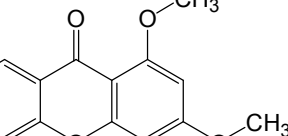
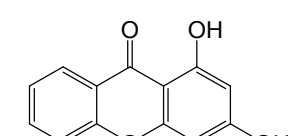
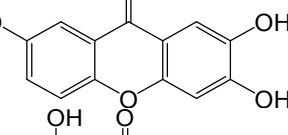
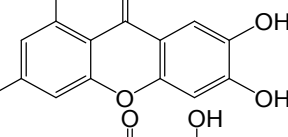
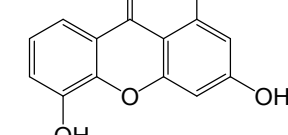
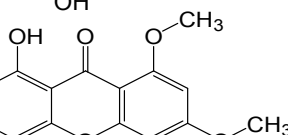
ب) آماده سازی لیگاند:

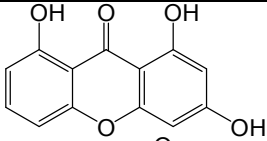
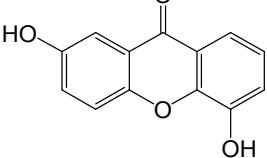
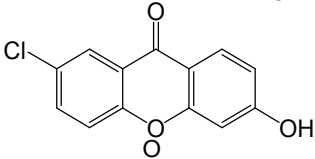
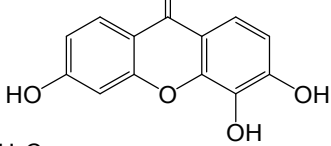
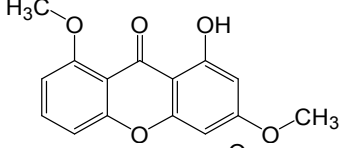
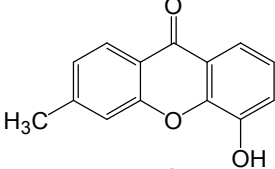
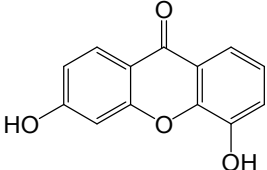
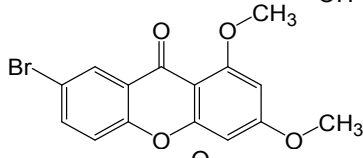
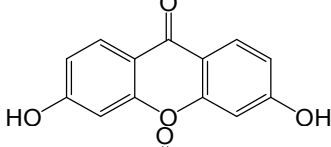
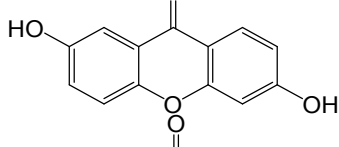
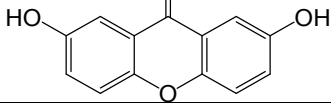
ابتدا ساختار دوعدی و سه بعدی لیگاندها با استفاده از نرم افزار ChemBioDraw ultra 13.0 (3D) - و ChemBioDraw2D رسم شد و سپس به محیط نرم افزار منتقل شد. بهینه سازی کانفورماسیون لیگاند از نظر انرژی با روش مولکولار مکانیک (MM+) و نیمه تجربی PM3 انجام گرفت. پس از آماده سازی فایل های ورودی مورد نیاز داکینگ (ماکرومولکول، لیگاند و نقشه اتصال)، مطالعات داکینگ به منظور مدل سازی برهم کنش های لیگاند DNA، با استفاده از الگوریتمی تحت عنوان ژنتیک لامارکین انجام شد [۱۱].

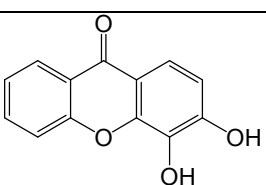
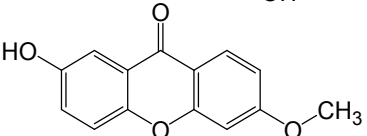
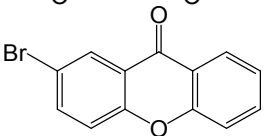
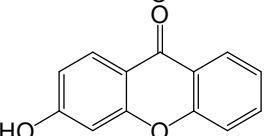
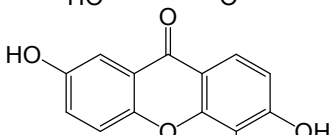
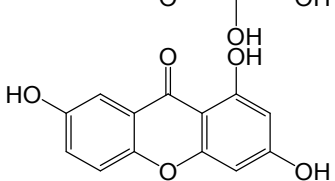
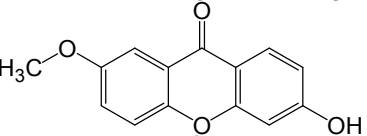
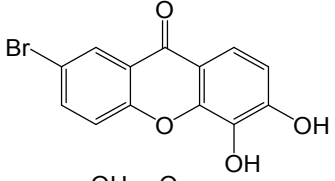
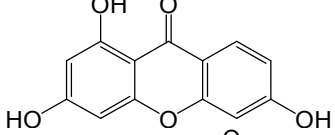
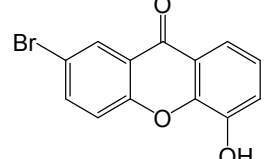
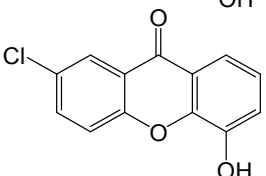
۳- بحث و نتیجه گیری:

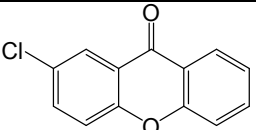
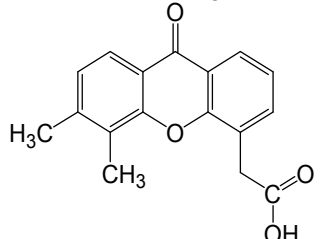
برهم کنش ترکیبات زانتون با گیرنده های 1LU51 و 1ZXM, 1BNA توسط داکینگ مولکولی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج انرژی حاصل از داکینگ آنها در جدول شماره ۱ آورده شده است.

جدول ۱: انرژی داکینگ ترکیبات زانتونی بر روی گیرنده های 1LU51 و 1ZXM, 1BNA

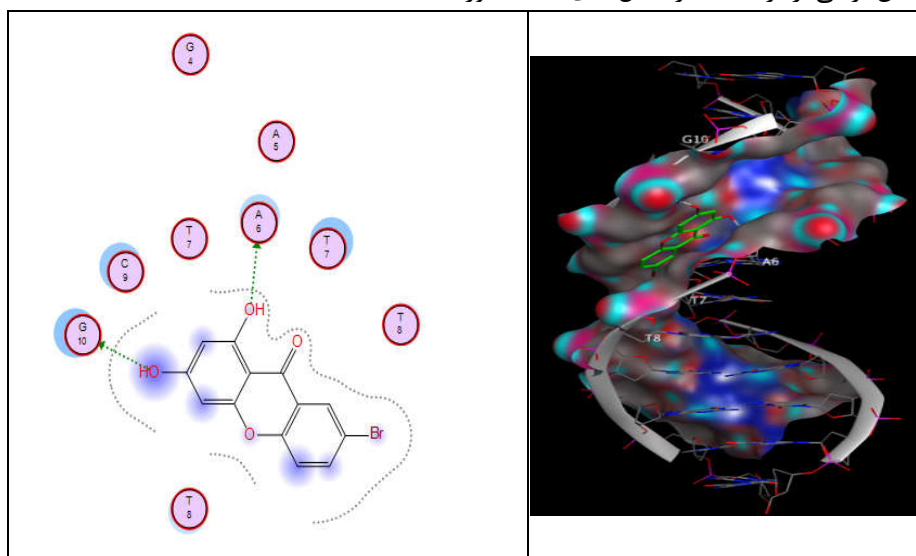
ترکیب	ساختار	ΔE (Kcal/mol) 1ZXM	ΔE (Kcal/mol) 1BNA	ΔE (Kcal/mol) 1LU51
1		-7.92	-9.34	-6.99
2		-7.68	-9.08	-6.81
3		-7.16	-9.27	-6.53
4		-7.57	-8.81	-6.18
5		-8.13	-9.01	-6.21
6		-7.01	-8.61	-6.31
7		-7.43	-8.03	-6.13
8		-7.00	-8.27	-6.20
9		-7.04	-8.34	-6.53
10		-7.14	-8.60	6.17

11		-6.87	-8.07	-6.23
12		-7.11	-7.60	-6.45
13		-7.94	-8.80	-6.30
14		-7.58	-8.47	-6.87
15		-7.31	-8.44	-6.12
16		-7.37	-8.48	-6.18
17		-7.21	-8.23	-6.24
18		-8.36	-9.16	-6.44
19		-7.33	-8.59	-6.74
20		-7.44	-8.38	-6.47
21		-7.43	-7.74	-6.32

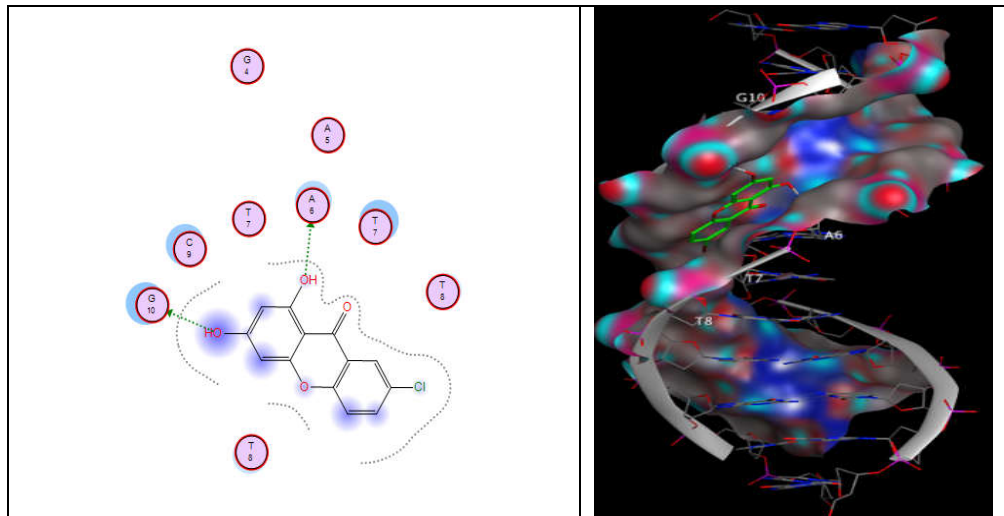
22		-7.43	-8.09	-6.60
23		-7.54	-8.64	-6.24
24		-8.01	-8.71	-6.76
25		-7.25	-8.34	-6.47
26		-7.24	-8.29	-6.45
27		-6.95	-8.47	-6.23
28		-7.68	-8.43	-6.59
29		-7.35	-9.22	-6.27
30		-7.02	-8.57	-6.55
31		-7.72	-8.65	-6.05
32		-7.66	-8.74	-6.85

33		-7.74	-8.45	-6.57
DMXA A		-8.69	-6.74	-4.85

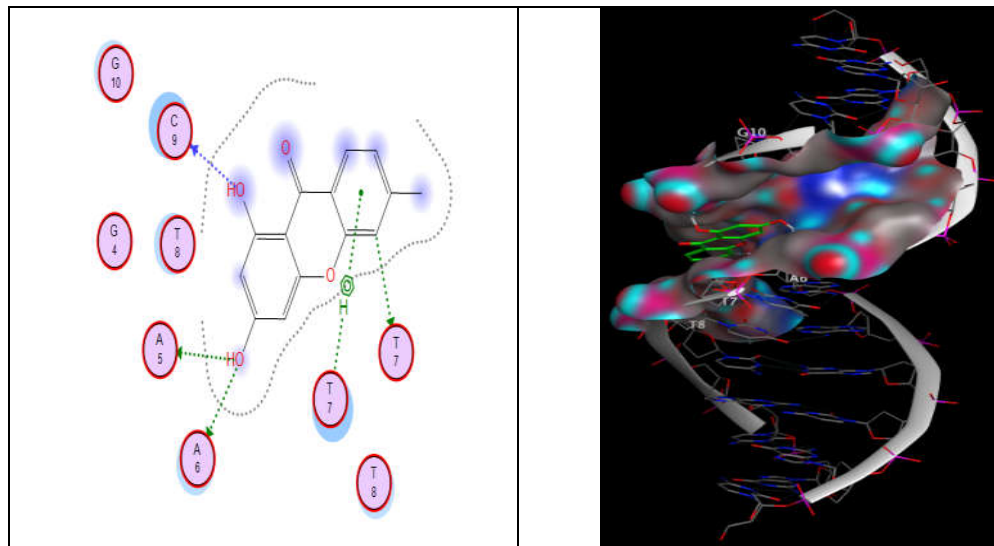
نتایج مطالعات داکینگ یکی از متداولترین روش محاسباتی در زمینه ی شیمی دارویی داکینگ می باشد [۱۲]. به کمک داکینگ مولکولی، اطلاعاتی از قبیل چگونگی محل اتصال لیگاند به پروتئین، نقشه هر یک از آمینو اسیدهای پروتئین یا اتم های لیگاند در نحوه ی برهم کنش و انرژی های اتصال آن ها به دست آورد [۱۳]. نقشه های فارماکوفوری شامل الگوی اتصال لیگاند-گیرنده برای مولکول های مجموعه بدست آمد تا پس از شناسایی بخش های فارماکوفوری و جایگاه های کلیدی برهم کنش لیگاند و آنزیم از روی نقشه پیوندی، جهت گیری مناسب در جایگاه فعال گیرنده نیز مشخص گردید. نحوه برهم کنش برخی از ترکیبات در شکل های ۱ تا ۳ آورده شده است.



شکل ۱- نمایش دو بعدی و سه بعدی نحوه برهم کنش ترکیب 1 با بازهای آلی کلیدی در جایگاه فعال گیرنده 1BNA



شکل ۲- نمایش دو بعدی و سه بعدی نحوه برهم کنش ترکیب 2 با بازهای آلی کلیدی در جایگاه فعال گیرنده IBNA



شکل ۳- نمایش دو و سه بعدی نحوه برهم کنش ترکیب 3 با بازهای آلی کلیدی در جایگاه فعال گیرنده IBNA

اعتبارسنجی داکینگ مولکولی

روش‌های مختلفی برای اعتبارسنجی فرایند داکینگ و تابع امتیازدهی آن وجود دارد. اختلاف مجذور مربع میانگین (RMSD) مختصات اتم‌های مربوط به کنفورماسیون لیگاند اصلی مستخرج از ساختار کریستالوگرافی و برترین کنفورماسیون محاسبه شده این لیگاند توسط محاسبات داکینگ به عنوان معیاری از صحت بهترین کنفورمر پیش‌بینی شده توسط نرم‌افزار استفاده شده است. یکی از روش‌های اندازه‌گیری کارایی الگوریتم داکینگ مولکولی، بررسی قدرت نرم‌افزار در پیش‌بینی نحوه اتصال لیگاند کریستالوگرافی به همان گیرنده است که از طریق تعریف ریشه میانگین مربعات انحراف از حالت کریستالوگرافی اندازه‌گیری می‌شود. کنفورمر پیش‌بینی شده توسط داکینگ باید نسبت به ساختار کریستالوگرافی دارای RMSD کمتر از ۲Å باشد (معمولاً بین ۱/۵ تا ۲Å بسته به اندازه لیگاند). این فرایند درخصوص گیرنده‌های مورد بررسی انجام گرفت و نتیجه ی RMSD آن کمتر از ۲Å بود.

داکینگ ترکیبات

برهم کنش ترکیبات با ساختارهای IBNA, 1ZXM, و 1LU51 توسط داکینگ مولکولی بررسی شده است. انرژی اتصال ترکیبات به این سه تارگت درخصوص ۳۴ ترکیب زانتون در جدول (۱) آورده شده است. همانطور که در این جدول

مشاهده می‌شود در داکینگ این ترکیبات با گیرنده 1ZXM، انرژی اتصال داکینگ در محدوده ۶/۸۷- تا ۸/۶۹- می‌باشد که بهترین انرژی اتصال مربوط به لیگاند LigDMXAA می‌باشد. در داکینگ این ترکیبات با گیرنده 1BNA، انرژی اتصال داکینگ در محدوده ۶/۷۴- تا ۹/۳۴- می‌باشد که بهترین انرژی اتصال مربوط به لیگاند 1 می‌باشد و در داکینگ این ترکیبات با گیرنده 1LU51، انرژی اتصال داکینگ در محدوده ۴/۸۵- تا ۶/۹۹- می‌باشد که بهترین انرژی مربوط به ترکیب 1 می‌باشد.

بررسی الگوهای برهم‌کنش ترکیبات با گیرنده های 1ZXM, 1BNA و 1LU51

بعد از مشخص شدن جایگاه هر ترکیب در رتبه‌بندی داکینگ، فاکتور مهمی که مورد بررسی قرار گرفت نحوه برهم‌کنش ترکیبات با اسیدهای آمینه کلیدی جایگاه فعال گیرنده های 1ZXM, 1BNA و 1LU51 است. برای ارزیابی نحوه برهم‌کنش مدل‌های پیش‌بینی شده توسط داکینگ با جایگاه فعال 1ZXM, 1BNA و 1LU51 از نقشه دو بعدی و سه بعدی اتصال ترکیبات به این سه تارگت استفاده شد که سه مورد از برهم‌کنش‌ها آورده شده است. در شکل (۱) برهم‌کنش ترکیب 1 با گیرنده 1BNA نشان داده شده است. این ترکیب از طریق گروه OH متصل به کربن ۶ ساختار خود با گروه NH باز آلی گوآنین G₁₀ و از طریق OH متصل به کربن ۸ ساختار خود با گروه NH باز آلی آدنین A₆ پیوند هیدروژنی برقرار می‌کند. در شکل (۲) برهم‌کنش ترکیب 2 با گیرنده 1BNA نشان داده شده است. این ترکیب از طریق گروه OH متصل به کربن ۶ ساختار خود با گروه NH باز آلی گوآنین G₁₀ و از طریق OH متصل به کربن ۸ ساختار خود با گروه NH باز آلی آدنین A₆ پیوند هیدروژنی برقرار می‌کند. در شکل (۳) برهم‌کنش ترکیب 3 با گیرنده 1BNA نشان داده شده است. این ترکیب از طریق گروه OH متصل به کربن ۱ ساختار خود با گروه NH باز آلی تیمین T₇ و از طریق گروه OH متصل به کربن ۶ ساختار خود با بازهای آلی آدنین A₆ و A₅ و از طریق OH متصل به کربن ۸ ساختار خود با باز سیتوزین C₉ پیوند هیدروژنی برقرار می‌کند و از طریق حلقه A ساختار خود با حلقه باز آلی تیمین T₇ برهم‌کنش پای پای استیکینگ ایجاد می‌کند.

مراجع

- [1] Shankaraiah N, Kumar NP, Tokala R, Gayatri BS, Talla V, Santos LS. Synthesis of new 1,2,3-Triazolophthalimide/phthalimide conjugates via 'click' reaction: DNA intercalation and cytotoxic studies. J Braz Chem Soc. 2019; 30(3):454-61.
- [2] Siegel RL, Miller KD, Jemal A. Cancer statistics, 2019. CA Cancer J Clin. 2019;69(1):7-34.
- [3] Yen C. T., Goto K. N., Hwang T. L., Natschke S. L. M., Bastow K. F., Wu Y. C., Lee K. H. Bioorg. Med. Chem. Lett. 2012;22:4018-4022.
- [4] Koh J. J., Lin S., Aung T. T., Lim F., Zou H. Y. J. Med. Chem. 2015;58:739-752.
- [5] Waszkielewicz A. M., Gunia A., Szkaradek N., Pytko K., Siwek A., Satala G., Bojarski A. J., Szneler E., Marona H. Bioorg. Med. Chem. Lett. 2013;23:4419-4423.
- [6] Portela C., Afonso C. M. M., Pinto M. M. M., Lopes D., Nogueira F., Rosario V. Chem. Biodiversity. 2007;4:1508-1519.
- [7] Fernandes C., Masawang K., Tiritan M. E., Sausa E., Lima V., Afonso C., Bousbaa H., Sudprasert W., Pedro M., Pinto M. M. M. Bioorg. Med. Chem. 2014;22:1049-1062.
- [8] Sarfaraz Alam^{1,2} & Feroz Khan. Virtual screening, Docking, ADMET and System Pharmacology studies on Garcinia caged Xanthone derivatives for Anticancer activity. SCIENTIFIC REPORTS | (2018) 8:55
- [9] Su QG, Liu Y, Cai YC, Sun YL, Wang B, Xian LJ. Anti-tumour effects of xanthone derivatives and the possible mechanisms of action. Invest New Drugs. 2011;29(6):1230-1240.
- [10] Reddy NM, Kleeberger SR, Kensler TW, Yamamoto M, Hassoun PM, Reddy SP. Disruption of NRF2 impairs the resolution of hyperoxia induced acute lung injury and inflammation in Mice. J Immunol 2009.
- [11] Khaledi M, Ziyadeh Qychan Atiq H, Chamkouri N, Mojaddami A. Molecular docking and druggability studies of terpenoid derived metabolites from marine sponges as IL-17A inhibitors. Eurasian Chem Commun. 2019; 1(5):419-32.
- [12] Novikov FN, Chilov GG. Molecular docking theoretical background, practical applications and perspectives. Men Com 2009.
- [13] Taheri B, Taghavi M, Zarei M, Chamkouri N, Mojaddami A. Imidazole and carbazole derivatives as potential anticancer agents: Molecular docking studies and cytotoxic activity evaluation. Bull Chem Soc Ethiop. 2020; 34(2):377-84.

استفاده از معیار تغییرمکان نسبی گذرا در برآورد لرزه ای ساختمان فولادی براساس دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود مهدی پورعلی گنجی^۱

۱- مربی، گروه مهندسی عمران، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: Mpouraliganji@gmail.com

Using the transient relative displacement criterion in the seismic estimation of steel buildings based on the guidelines for seismic improvement of existing buildings

Mehdi pouraliganji¹

1- Instructor, Department of Civil Engineering, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran

*Corresponding author: Mpouraliganji@gmail.com

ABSTRACT

In order to evaluate the seismic vulnerability of the existing buildings, the guidelines for seismic improvement have considered the criterion of the relative displacement of the floors, which is presented in two permanent and transient states, as a damage control factor. Transient lateral displacement means the maximum relative lateral displacement of floors that is expected to occur in the building during an earthquake. Permanent lateral displacement means the maximum relative lateral displacement of the floors that remains in the structure after the earthquake due to the behavior of the paste or cracking. In this article, nonlinear dynamic analysis is used to estimate transient relative displacement to better understand the behavior of steel buildings with medium bending frames. The results of the research show that the structures that are designed based on Iran's Code 2800, 4th edition, for this type of structural system, have a life safety performance level based on the criterion of transient relative displacement.

Key words: Steel Structures, Nonlinear Dynamic Analysis, Acceleration Mapping, Relative Displacement Of Floors

چکیده

دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود جهت ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای، معیار تغییرمکان نسبی طبقات را که در دو حالت ماندگار و گذرا ارائه شده است، به عنوان عامل کنترلی خسارت، در نظر گرفته است. منظور از تغییرمکان جانبی گذرا حداکثر تغییرمکان نسبی جانبی طبقات است که پیش بینی می شود در طول وقوع زلزله طرح در ساختمان ایجاد شود. منظور از تغییرمکان جانبی ماندگار حداکثر تغییرمکان نسبی جانبی طبقات است که پس از وقوع زلزله به دلیل رفتار خمیری یا ترک خوردگی در سازه باقی می ماند. در این مقاله با بکارگیری تحلیل دینامیکی غیرخطی به برآورد تغییر مکان نسبی گذرا برای درک بهتر رفتار ساختمان های فولادی با قاب خمشی متوسط پرداخته می شود. نتایج تحقیق بیانگر آن است که سازه هایی که بر مبنای آیین نامه ۲۸۰۰ ایران، ویرایش چهارم، برای این نوع سیستم سازه ای طرح می شوند براساس معیار تغییرمکان نسبی گذرا دارای سطح عملکرد ایمنی جانی می باشند.

واژه‌های کلیدی: سازه‌های فولادی، تحلیل دینامیکی غیرخطی، شتاب نگاشت، تغییر مکان نسبی طبقات

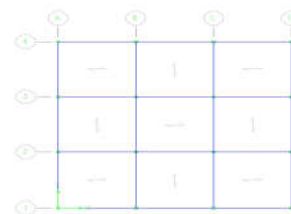
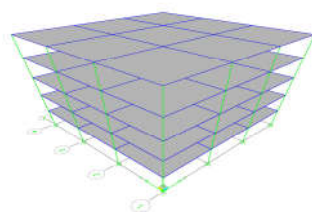
۱- مقدمه

با توجه به افزایش روزافزون دانش مهندسی زلزله و مطرح شدن ضوابط جدید در آیین نامه‌ها، ساختمان‌هایی که در گذشته برای نیروی زلزله طراحی شده‌اند، الزاماً تأمین‌کننده ضوابط جدید نمی‌باشند. از آنجا که به دلایل اقتصادی و اجرایی نمی‌توان همه این ساختمان‌های آسیب‌پذیر را با ساختمان‌های جدید جایگزین کرد، می‌بایست در ابتدا وضع موجود این ساختمان‌ها مورد بررسی قرار گرفته، میزان ایمنی آنها ارزیابی شده و در صورت لزوم به ایمن‌سازی آنها مبادرت ورزید. طراحی لرزه‌ای ساختمان‌ها بر اساس عملکرد یعنی تعیین مشخصات اعضای ساختمان شامل نوع مصالح، شکل مقاطع، ابعاد مقاطع و جزئیات اتصالات بر اساس عملکردی که در برابر زلزله‌های مشخص از آن‌ها انتظار می‌رود. در اکثر آیین‌نامه‌های طراحی لرزه‌ای، ابتدا اهداف و عملکردهای مورد انتظار از ساختمان‌ها بیان می‌شود و در ادامه، ضوابطی ارائه می‌گردد که در صورت رعایت آنها، ادعا می‌شود، این ساختمان‌ها می‌توانند اهداف بیان شده را برآورده نمایند. هرچه اهداف طراحی لرزه‌ای دقیق‌تر و شفاف‌تر بیان گردد و همچنین ضوابط پیشنهادی برای تأمین آن‌ها مناسب‌تر تعریف شود، قطعاً با اطمینان بیشتری می‌توان گفت که ساختمان‌های طراحی شده، اهداف مورد نظر و عملکردهای مورد انتظار را برآورده می‌کنند [۱].

در روش تحلیل دینامیکی غیرخطی، پاسخ سازه با در نظر گرفتن رفتار غیرخطی مصالح و رفتار غیرخطی هندسی سازه محاسبه می‌شود. در این روش فرض بر این است که ماتریس سختی و میرایی از یک گام به گام بعد می‌تواند تغییر کند، اما در طول هر گام زمانی ثابت است و پاسخ مدل تحت شتاب زلزله به روش‌های عددی و برای هر گام زمانی محاسبه می‌شود [۲]. یکی از روش‌هایی که عموماً در آنالیز سیستم‌های غیرخطی دلخواه دارای کاربرد است، انتگرال گیری گام به گام به گام معادلات کوپله حرکت می‌باشد. در این روش، آنالیز سیستم‌های چند درجه آزادی دقیقاً مشابه با آنالیز سیستم‌های خطی یک درجه آزادی انجام می‌پذیرد. تابع پاسخ، به بازه‌های زمانی کوتاه و یکسان تقسیم شده و در طول هر بازه زمانی برای یک سیستم خطی با ویژگی‌هایی که در شروع فاصله زمانی تعیین شده است، محاسبه می‌گردد. در پایان هر فاصله زمانی ویژگی‌های سیستم ترمیم می‌شود تا با وضعیت تغییر شکل و تنش در آن زمان مطابقت داشته باشد. بنابراین آنالیز غیرخطی به کمک دنباله‌ای از سیستم‌های خطی که پشت سر هم تغییر می‌یابند تقریب زده می‌شوند [۳]. در حالت کلی، انتگرال گیری گام به گام بهترین شیوه در تعیین پاسخ سازه‌های پیچیده و بزرگی است که تحت تاثیر بارهای ضربه‌ای کوتاه مدت قرار گرفته و تمایل به تحریک مودهای ارتعاشی زیادی داشته و در عین حال پاسخ سازه نیز برای مدت زمانی کوتاه مورد نیاز می‌باشد [۴].

۲- معرفی مدل‌های مورد مطالعه

به منظور دستیابی به نتایج، طراحی ساختمان‌های فولادی با قاب خمشی متوسط بر مبنای ضوابط "استاندارد ۲۸۰۰ ایران [مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۳]" [۵]، و ارزیابی همان ساختمان‌ها بر مبنای ضوابط "دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود [پژوهشگاه زلزله، ۱۳۸۵]" [۶]، اقدام به تهیه ۴ مدل متقارن و منظم ۵، ۸، ۱۲ و ۱۵ طبقه فولادی دارای سیستم قاب خمشی با شکل پذیری متوسط می‌گردد. شکل ۱ پلان و نمای سه بعدی مدل ۵ طبقه را نشان می‌دهد.



شکل ۱: مدل ۵ طبقه

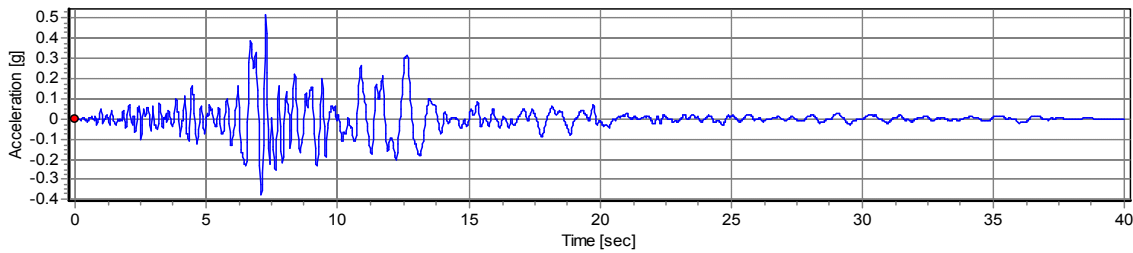
مقادیر بارگذاری مرده و زنده در ساختمان های فوق، مطابق با بارهای ثقلی "مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، بارهای وارد بر ساختمان [وزارت راه و شهرسازی، ۱۳۹۸] [۷]، در نظر گرفته شد. همچنین برای لحاظ نمودن اثرات بارگذاری زلزله، مطابق با "استاندارد ۲۸۰۰ ایران [مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۳] [۵]، از روش بارگذاری استاتیکی معادل استفاده شده است. به منظور مدل سازی، تحلیل و طراحی مدل های مفروض از نرم افزار کامپیوتری ETABS استفاده شده است [۸]. پس از تعیین نیروهای ثقلی، بارهای لرزه ای و همچنین تهیه مدل های سازه ای، این مدل ها مورد تحلیل و آنالیز نیرویی قرار می گیرند. نکته قابل توجه آنکه آنالیز $P-\Delta$ ، برای کلیه مدل ها به صورت پیش فرض انجام شده است. به منظور طراحی اعضا از آیین نامه AISC-ASD که برنامه مورد نظر نیز از آن پشتیبانی می کند استفاده شده است [۹]. جهت دستیابی به طراحی اقتصادی و بهینه (Optimom)، از خصوصیت انتخاب مقطع به صورت خودکار (Automatic Section Selection) استفاده گردیده است. پروفیل های انتخاب شده برای تیرها از نوع IPB و ستون ها از نوع TUBEBOX می باشد.

۳- معرفی و اختصاص مفاصل پلاستیک

رفتار غیرخطی سازه با تعریف مفاصل پلاستیک در مدل اعمال می شود. لازمه انجام هرگونه تحلیل غیرخطی معرفی مشخصات مفاصل غیرخطی می باشد [۱۰]. این مفاصل در نقاطی از اجزای سازه که احتمال تجاوز نیروهای داخلی عضو از نیروهای حد تسلیم وجود دارد تعریف می شوند. خرابی یک تیر در یک قاب خمشی در اثر بالا رفتن مقادیر لنگر و برش در دو سر تیر و در نتیجه بروز مفصل های پلاستیک خمشی و برش در دو انتها می باشد. لذا می بایست مفصل های برشی V_2 و خمشی M_3 را به دو انتهای تیر نسبت داد. در ستون ها مفصل های محوری P و مفصل های PMM می توانند تشکیل شوند لذا این مفاصل را به دو انتهای ستون اختصاص می دهیم. خواص مفاصل فولادی براساس ضوابط FEME356 در مدل ها لحاظ شد [۱۱].

۴- شتاب نگاشت های مورد استفاده در آنالیز دینامیکی غیر خطی

شتاب نگاشت هایی که برای تحلیل دینامیکی غیرخطی انتخاب می شوند باید حتی الامکان دارای مشخصات هماهنگی با ساختگاه سازه باشند. این مشخصات شامل PGA، محتوای فرکانسی، مدت زمان دوام حرکات شدید و هماهنگی با طیف طرح می باشد [۱۲]. شکل ۲ شتاب نگاشت زلزله Northridge را قبل از مقیاس کردن نشان می دهد. برای آنکه بتوان از شتاب نگاشت در تحلیل دینامیکی غیر خطی استفاده نمود باید طیف این شتاب نگاشت تا حد امکان با طیف طرح ساختگاه سازه همخوانی داشته باشد. در واقع قبل از استفاده از شتاب نگاشت ها باید آنها را همپایه کرد [۱۳]. به این منظور شتاب حداکثر هر یک از شتاب نگاشت ها به $1g$ مقیاس می شود. سپس پاسخ سازه یک درجه آزادی در مقابل این شتاب نگاشت (طیف شتاب نگاشت)، محاسبه می شود و سطح زیر این طیف بین دوره تناوب های 0.1 و 3 ثانیه به دست می آید. سطح زیر منحنی طیف طرح بین این دو دوره تناوب نیز محاسبه می شود. با ضرب شتاب نگاشت مقیاس شده به $1g$ در نسبت سطح طیف طرح ساختگاه به سطح طیف شتاب نگاشت و در پایان در شتاب طرح ساختگاه شتاب نگاشت مقیاس شده با منطقه بدست می آید. در این روش انرژی شتاب نگاشت ها با طیف طرح سازگار می شود. بدین منظور از نرم افزار seismosignal استفاده شده است [۱۴]. طراحی مدل های اولیه بر اساس خاک نوع ۲ صورت گرفته است بنابراین شتاب نگاشت ها بگونه ای انتخاب شدند که با ساختگاه مورد نظر سازگار باشند. در جدول ۱ شتاب نگاشت ها و ضرایب مقیاس مربوطه ارائه شده است.



شکل ۲: شتاب نگاشت زلزله نورتریج

جدول ۱: ضرایب مقیاس مورد استفاده در تحلیل دینامیکی غیرخطی

Record No.	Name	Occurrence Year	PGA	Area under spectrum ($T=0.1-3.0$)	Scale factor	Final PGA
1	CAPEMENDOCINO	1992	0.385	2.78	1.47	0.441
2	KOCAELI	1999	0.376	2.53	1.62	0.486
3	KOBE	1995	0.821	3.22	1.27	0.381
4	NORTHRIDGE	1994	0.514	3.19	1.28	0.384
5	SUPERSTITION HILLS	1987	0.377	3.2	1.28	0.384
6	LOMA PRIETA	1989	0.479	2.78	1.47	0.441
7	N.PALM SPRINGS	1985	0.594	2.49	1.65	0.495

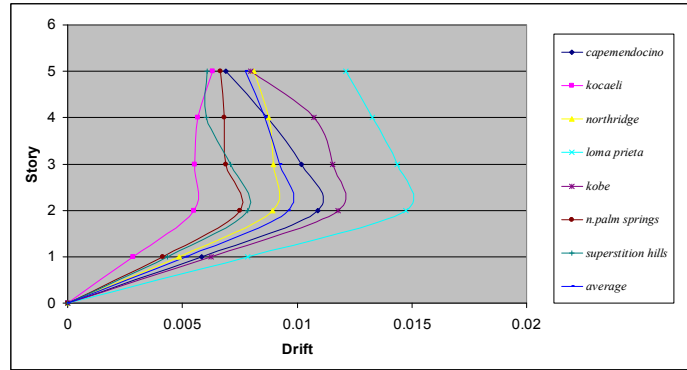
۵- تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی

تحلیل دینامیکی غیرخطی دقیق‌ترین روشی است که در تحلیل سازه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. تحلیل دینامیکی غیرخطی با دو روش کلی انتگرال‌گیری مستقیم و تحلیل مودال انجام می‌شود. روش انتگرال‌گیری مستقیم نیز شامل روش‌های گوناگونی از جمله روش هوبولت، تفاوت میانی، ویلسون θ و نیومارک می‌باشد. کاربرد روش دینامیکی غیرخطی با توجه به بررسی رفتار مدل در برابر زلزله‌های مختلف درک بسیار مفیدی از پاسخ سازه ارائه خواهد کرد. ضمن اینکه معایبی چون بررسی یک چهارم سیکل بارگذاری که در روش استاتیکی رانشی غیرخطی مشاهده می‌شود، در این روش وجود ندارد. در ادامه تحلیل دینامیکی غیرخطی مدل‌ها تحت شتاب نگاشت‌های انتخاب شده با استفاده از نرم افزار SAP2000 انجام یافته است [۱۵]. چنانچه کمتر از ۷ شتاب نگاشت برای تحلیل انتخاب شود باید بیشینه اثر آنها برای کنترل تغییر شکل‌ها و نیروهای داخلی منظور شود. چنانچه از هفت شتاب نگاشت یا بیشتر استفاده شود می‌توان مقدار متوسط آنها را برای کنترل تغییر شکل‌ها و نیروهای داخلی در نظر گرفت [۱۵].

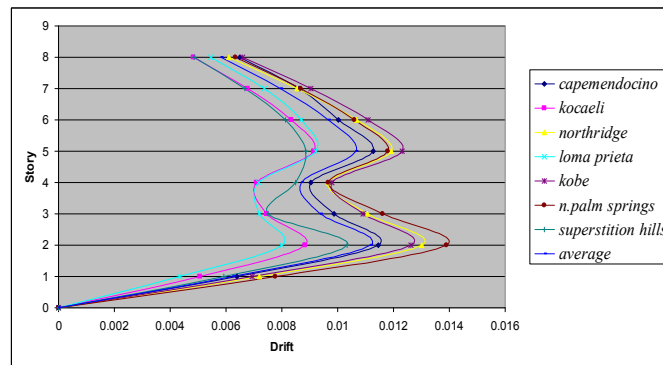
۶- محاسبه تغییرمکان نسبی طبقات

یکی از پارامترهای قابل لمس و اندازه‌گیری برای ارزیابی آسیب‌پذیری سازه‌ها حداکثر تغییرمکان نسبی طبقات می‌باشد. بطور کلی محدودیت تغییرمکان نسبی طبقات به عواملی نظیر خطر زلزله خیزی محل، تعداد طبقات ساختمان و درجه اهمیت سازه بستگی دارد. برای تعیین تغییرمکان نسبی در روش تحلیل دینامیکی غیرخطی، تاریخچه پاسخ یک نقطه از هر

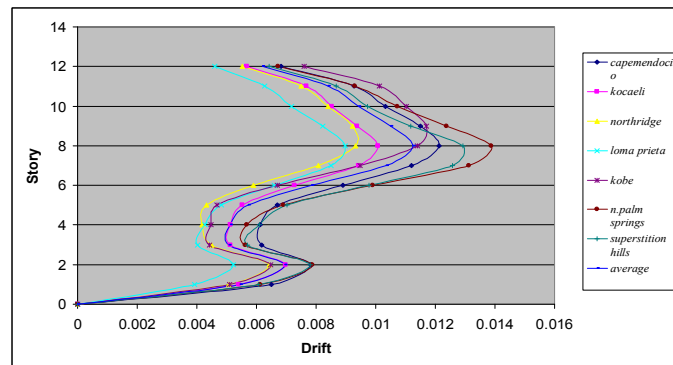
طبقه به عنوان نماینده طبقه برای هر زلزله بدست می‌آید. با کسر تاریخچه پاسخ این نقطه از تاریخچه پاسخ طبقه بالا تاریخچه تغییرمکان نسبی (Drift)، طبقه بالا تعیین می‌شود. شکل های ۳ تا ۶ نمودار تغییرمکان نسبی طبقات تحت شتاب نگاشت های مختلف را نشان می‌دهد و جدول ۲ نشان دهنده مقادیر ماکزیمم تغییرمکان نسبی به همراه طبقه مربوطه به ازای هر زلزله می‌باشد [۶].



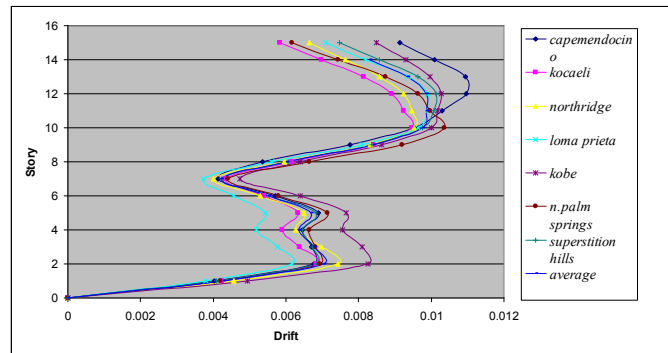
شکل ۳: تغییرمکان نسبی طبقات تحت شتاب نگاشت های مختلف (5 Story)



شکل ۴: تغییرمکان نسبی طبقات تحت شتاب نگاشت های مختلف (8 Story)



شکل ۵: تغییرمکان نسبی طبقات تحت شتاب نگاشت های مختلف (12 Story)



شکل ۶: تغییر مکان نسبی طبقات تحت شتاب نگاشت های مختلف (15 Story)

جدول ۲: مقادیر ماکزیمم تغییر مکان نسبی به همراه طبقه مربوطه به ازای هر زلزله

MODEL	CAPEMENDOCI NO	KOCAELI	KOBE	NORTHRIDGE	SUPERSTITION HILLS	LOMA PRIETA	N.PALM SPRINGS
5 Story	0.0109	0.0063	0.0117	0.0089	0.0078	0.0147	0.0075
	2	5	2	3	2	2	2
8 Story	0.0115	0.0091	0.0126	0.013	0.0103	0.0092	0.0139
	2	5	2	2	2	5	2
12 Story	0.0121	0.01	0.0117	0.0093	0.0129	0.0089	0.0139
	8	8	9	8	8	8	8
15 Story	0.0109	0.0095	0.0103	0.0095	0.0102	0.0099	0.0104
	12	10	12	10	12	11	10

۷- تعیین سطح عملکرد سازه ها

با توجه به دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود برای بررسی عملکرد ساختمان فولادی می بایست معیار تغییر مکان نسبی طبقات را که در دو حالت ماندگار و گذرا ارائه شده است در نظر گرفت. (منظور از تغییر مکان جانبی گذرا حداکثر تغییر مکان نسبی جانبی طبقات است که پیش بینی می شود در طول وقوع زلزله طرح در ساختمان ایجاد شود. منظور از تغییر مکان جانبی ماندگار حداکثر تغییر مکان نسبی جانبی طبقات است که پس از وقوع زلزله به دلیل رفتار خمیری یا ترک خوردگی در سازه باقی می ماند)، در دستورالعمل مذکور برای سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه (IO)، تغییر مکان نسبی گذرای ۰/۷ درصد و برای سطح عملکرد ایمنی جانی (LS)، تغییر مکان نسبی گذرای ۲/۵ درصد و در نهایت برای سطح عملکرد آستانه فروریزش (CP)، تغییر مکان نسبی گذرای ۵ درصد پیشنهاد شده است. با عنایت به انجام تحلیل دینامیکی غیرخطی بررسی عملکرد مدل ها در جدول ۳ ارائه شده است [۶].

جدول ۳: تعیین سطح عملکرد نمونه‌ها در تحلیل دینامیکی غیرخطی با بکارگیری ۷ شتاب نگاشت

سازه	5story	8story	12story	15story
میانگین دررفت ۷ شتابنگاشت	0.97	1.14	1.126	1.01
کنترل	0.7 < < 2.5	0.7 < < 2.5	0.7 < < 2.5	0.7 < < 2.5
عملکرد سازه	LS	LS	LS	LS

۸- نتیجه‌گیری

انجام تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی می‌تواند درک دقیق‌تری از سطح عملکرد سازه‌ها بدست دهد. همچنین محاسبه تغییرمکان نسبی طبقات در مدل‌ها به عنوان عامل کنترلی خسارت ساختمان‌ها در ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای موثر می‌باشد. در این تحقیق که بر روی سازه‌های فولادی قاب خمشی انجام گرفت مشخص شد که سازه‌هایی که بر اساس آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران، ویرایش چهارم، برای این نوع سیستم سازه‌ای طرح می‌شوند براساس معیار تغییرمکان نسبی طبقات دارای سطح عملکرد ایمنی جانی می‌باشند.

مراجع

- Bertero, V.V. Performance-based seismic engineering: conventional VS. Innovative approaches. Proc. 12th WCEE, Newzealand. 1995.
- Chopra AK. Dynamics of structures. Theory and applications to earthquake engineering (2nd ed.). Prentice Hall, Englewood Cliffs. 2001.
- Naem, F. The Seismic Design Handbook”, Mc Graw Hill. 2001.
- Wakabayashi M. Design of Earthquake Resistant Buildings. 1986.
- مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی. وزارت راه و شهرسازی. آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰). ۱۳۹۳.
- پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله. دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود. ۱۳۸۵.
- وزارت راه و شهرسازی. مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، بارهای وارد بر ساختمان. ۱۳۹۸.
- CSI Analysis Reference Manual for ETABS. 2022.
- AISC-ASD. American Institute of Steel Construction. 2022.
- FEMA 356. Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings. 2000.
- FEMA 440. Draft Camera-Ready for the Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures. prepared by the Applied Technology Council for the Federal Emergency Management Agency. 2005.
- تابش پور م. تفسیر مفهومی کاربردی آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، ویرایش سوم آیین‌نامه ۲۸۰۰. انتشارات گنج هنر. ۱۳۸۵.
- Lestuzzi P., Schwab P., Koller M., Lacave C. How to Choose Earthquake Recordings for Nonlinear Seismic Analysis of Structures. 13WCEE, 2004. 1241.
- Seismosoft, Inc. seismosignal, Earthquake engineering software solutions. 2016.
- CSI Analysis Reference Manual for SAP2000. 2022.

درمان افزایش طول کام نرم، به روش جراحی فلپ پالاتوپلاستی در یک قلابه سگ؛

گزارش موردی

ناصر وجدی^{*۱}

۱- گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، آمل، ایران.
^{*}آدرس ایمیل نویسنده مسئول: n.vajdi@ausmt.ac.ir

Folded flap palatoplasty surgery for treatment of elongated soft palate in a dog; case report

Nasser vajdi^{*}

1-Department of clinical sciences, Faculty of veterinary medicine, Amol university of special modern technologies, Amol, Iran.

*Corresponding author: n.vajdi@ausmt.ac.ir

ABSTRACT

Elongated soft palate is part of brachycephalic airway syndrome, a widespread condition in brachycephalic dogs. Although recent studies have demonstrated the high benefits of medical treatment of brachycephalic airway syndrome regarding outcome and prognosis, surgical relief of the upper airway obstruction still constitutes the cornerstone of its treatment. The patient underwent surgery after initial preparation and anesthesia. 48 hours after the surgery we saw acceptable functioning of the upper respiratory system in the patient. Conventional surgical techniques used for correction of elongated soft palate, resolve the laryngeal obstruction but It seems unlikely to achieve significant relief of the nasopharyngeal and oropharyngeal obstructions; while, performing the current technique, all the complications of this syndrome will be removed. It seems that the palatoplasty flap method will be a safe and efficient method to treat the respiratory syndrome in brachycephalic dogs will be caused by increasing the length of the soft palate.

Key words: Dog, flap, palatoplasty, soft palate.

چکیده

افزایش طول کام نرم بخشی از سندرم تنفسی سگ‌های براکی‌سفال است که به‌طور گسترده در این نژاد وجود دارد. اگرچه مطالعات اخیر مزایای درمان‌های دارویی سندرم تنفسی براکی‌سفال با توجه به نتایج و پیش‌آگهی آن‌ها را نشان داده، اما درمان جراحی انسداد مجاری هوایی فوقانی کماکان سنگ بنای درمان این عارضه تلقی می‌شود. بیمار پس از آماده‌سازی اولیه تحت بی‌هوشی، جراحی شد. ۴۸ ساعت پس از جراحی شاهد عملکرد قابل قبول سیستم تنفس فوقانی در بیمار بودیم. تکنیک‌های مرسوم اصلاح عارضه افزایش طول کام نرم فقط انسداد حلقی را مرتفع نموده و انسداد گوشه-حلقی و بینی-حلقی به‌طور کامل برطرف نشده درحالی‌که با انجام تکنیک حاضر کلیه عوارض این سندرم برطرف خواهد شد. به نظر می‌رسد روش فلپ پالاتوپلاستی روشی ایمن و کارآمد به‌منظور درمان عارضه سندرم تنفسی سگ‌های براکی‌سفال ناشی از افزایش طول کام نرم خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: پالاتوپلاستی، سگ، فلپ، کام نرم

۱- مقدمه

افزایش طول کام نرم^۱ بخشی از سندرم تنفسی سگ‌های براکی‌سفال است که به‌طور گسترده در این نژاد وجود دارد. اگرچه مطالعات اخیر مزایای درمان‌های دارویی سندرم تنفسی براکی‌سفال با توجه به نتایج و پیش‌آگهی آن‌ها را نشان داده، اما درمان جراحی انسداد مجاری هوایی فوقانی کماکان سنگ بنای درمان این عارضه تلقی می‌شود. نزدیک به ۱۰۰٪ سگ‌ها با نژاد براکی‌سفال از عارضه افزایش طول کام نرم رنج می‌برند، که می‌تواند باعث انسداد حنجره شود. کام نرم افزایش طول یافته معمولاً بافت ضخیمی دارد که علاوه بر انسداد مسیر تنفسی باعث انسداد و اختلال در مجاری بینی و گوشی - حلقی خواهد شد [۱]. در افزایش طول کام نرم شاهد افزایش ۱ الی ۳ میلی‌متری کام نرم به سمت لبه اپیگلوت خواهیم بود. نژادهای مستعد به سندرم تنفس براکی‌سفال در سگ‌ها عبارتند از: انگلیش بولداگ، باکسر، بوستون تریر، لهاسا آپسو، پاگ، شیتزو، پیکینیز، شارپی، فرنچ بول داگ و کوالیر کینگ چارلز اسپانیل. در بین گربه‌ها در دو نژاد هیمالین و پرشین بیشتر دیده می‌شود [۲]. تکنیک‌های مرسوم اصلاح سندرم تنفسی براکی‌سفال برپایه کوتاه نمودن قسمت خلفی کام نرم استوار است (استافیلکتومی)^۲. این روش‌ها انسداد حنجره را برطرف می‌کنند اما درمان موفق برای انسداد گوشی-حلقی و بینی-حلقی نیستند [۳]. اخیراً تکنیکی توسط جراحان معرفی شده که جواب‌گویی تمام عوارض حاصل از سندرم تنفس براکی‌سفال است؛ که در گزارش پیش‌رو از این روش در یک سگ نژاد براکی‌سفال به‌منظور درمان عارضه سندرم تنفس استفاده شد. هدف از مطالعه حاضر بررسی اثربخشی تکنیک فلپ پالاتوپلاستی در درمان عارضه افزایش کام نرم در یک قفله سگ براکی‌سفال است.

۲- مواد و روش کار

بی‌هوشی و ارزیابی بالینی:

جنسیت بیمار ماده و وزن آن ۱۱/۷ کیلوگرم بود. پس از اخذ تاریخچه از صاحب بیمار به ارزیابی بالینی پرداخته شد و با توجه به شدت نارسایی علائم تنفسی و سیستم ارزیابی پونست و همکاران [۴]، بیمار در گرید ۳ قرار گرفت. بیمار دارای درجاتی از ترشحات سروزی از مجاری بینی و هم‌چنین سختی در تنفس به‌ویژه در زمان دم بود. از مشکلات تنفسی دیگر بیمار زمان بلع بود که با اختلال مواجه بود. سایر علائم حیاتی بیمار کاملاً طبیعی بود. ارزیابی هماتولوژی بیمار نیز پیش از عمل کاملاً طبیعی بود. ۱۰ ساعت قبل از بی‌هوشی آب و غذا از دسترس بیمار خارج شد. پیش‌بی‌هوشی شامل آسپرومازین (۰/۰۵ میلی گرم / کیلو گرم)، دگزامتازون (۰/۲ میلی گرم / کیلو گرم)، متوکلوپرامید (۰/۵ میلی گرم / کیلو گرم)، و گلیکوپیرولیت (۰/۰۱ میلی گرم / کیلو گرم) که تمامی به صورت داخل عضلانی تجویز شدند. بی‌هوشی عمومی توسط پروپوفول (۳-۵ میلی گرم / کیلو گرم) به صورت داخل وریدی القاء شد و به‌منظور ادامه بی‌هوشی از ایزوفلوران و اکسیژن ۱۰۰٪ استفاده شد.

جراحی:

بیمار در حالت گماری سینه‌ای با دهان کاملاً باز قرار گرفت. فک بالا توسط میله‌ای که به صورت افقی بالاتر از میز جراحی بود معلق نگه داشته شد. برای مشاهده بهتر ناحیه حلق و حنجره، زبان بیرون قرار گرفته (شکل ۱). محوطه دهانی به‌وسیله محلول‌های رقیق شده آنتی‌سپتیک به آرامی شستشو داده شده و پیش از شستشو محوطه دهانی در اطراف ورودی تراکتال تیوب تامپون قرار داده شد تا از ورود مایعات به داخل نای جلوگیری به عمل آید. نکته حائز اهمیت در شستشوی محوطه دهانی این است که به‌منظور جلوگیری از التهاب و ادم نباید مخاط را اسکراب کرد.

¹ Elongated soft palate

² Staphylectomy



شکل ۱: حالت‌گماری بیمار پس از بی‌هوشی به‌منظور آغاز جراحی.

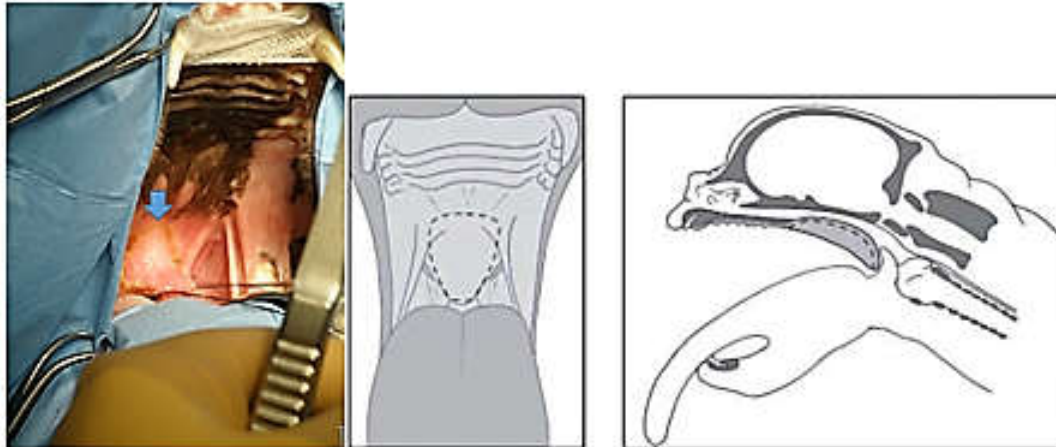
پس از آماده‌سازی محوطه دهانی جهت جراحی، لبه خلفی کام نرم را توسط پنس گرفته و به‌وسیله بخیه نگه‌دارنده به سمت قدام هدایت شد. لبه آزاد کام نرم را در ۱ الی ۲ سانتی‌متری استخوان کام سخت قرار داده و توسط الکتروکوتر نشان گذاری شد (شکل ۲). در ادامه از همین نقطه به سمت لبه آزاد کام نرم به صورت دوزنقه‌ای از مخاط بافت کام نرم به صورت بسیار سطحی برداشت شد (شکل ۳). در انتها، بافت کام نرم را بر روی خود برگردانده (لبه آزاد کام نرم را بر قسمت نشان گذاری کرده قرار می‌دهیم) و با الگوی ساده تکی و نخ بخیه مونوفیل‌مانت قابل جذب بخیه انجام شد (شکل ۴). به این ترتیب با برداشت لایه‌ای از سطح مخاط کام نرم و برگرداندن انتهای آزاد کام نرم بر روی خود و بخیه لبه‌های این نواحی به‌شیوه اشاره شده شاهد کوتاه شدن طول کام نرم و برطرف شدن عوارض ناشی از افزایش طول آن شدیم. سپس دهان را از حالت گماری فوق‌الذکر آزاد و اقدامات پس از جراحی آغاز شد.

مراقبت پس از جراحی:

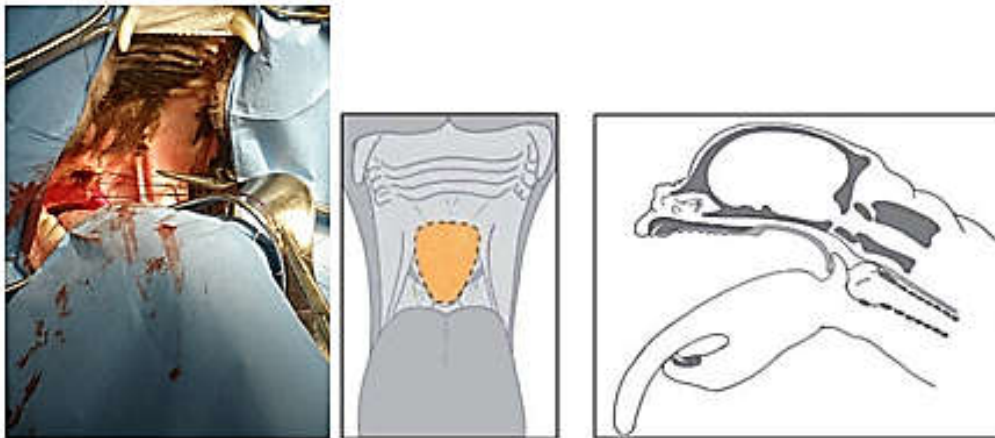
تا ریکاوری کامل از بی‌هوشی، بیمار به‌منظور علائم حاکی از مشکلات تنفسی پایش شد. خروج تراکئال تیوب را تا حد ممکن به تأخیر انداخته شد؛ چراکه این عمل اکسیژن خون را تا حد بیشتری تأمین خواهد کرد. ریکاوری را در محیط آرام همراه با ارسال اکسیژن ۱۰۰٪ به مجاری تنفسی بیمار انجام شد. در حین ریکاوری از بی‌هوشی، بیمار کماکان در حالت گماری شکمی قرار داشت تا از حداکثر ظرفیت تنفس ریوی بهره‌مند شود. پس از خروج تراکئال تیوب، بیمار نیازی به کار گذاری مجدد تراکئال تیوب نداشت؛ و این عدم نیاز به‌وسیله پالس اکسی‌متری و اندازه‌گیری میزان اکسیژن هموگلوبین خون پایش شد.

پس از جراحی، محوطه دهانی و حلق به‌منظور خروج بزاق، لخته‌های خونی و زوائد بافتی موجود در محوطه دهانی، شستشو داده شده، و نیزوتراکئال تیوب به‌منظور اکسیژن تراپی (۵۰ میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه) پس از جراحی برای بیمار نصب شد. در مواردی که احتمال خطر انسداد حلق و حنجره به‌دلیل ترشحات زیاد، استفراغ یا کلاپس حنجره وجود دارد، انجام تراکئوستومی اورژانسی را باید در نظر داشت؛ در خصوص بیمار حاضر نیازی به این مورد نشد. از مراقبت‌های دیگر پس از عمل جراحی پالاتوپلاستی، تجویز دگزامتازون و متوکلوپرامید و ساکشن ترشحات داخل محوطه دهانی است که در مطالعه پیش‌رو برای بیمار انجام پذیرفت.

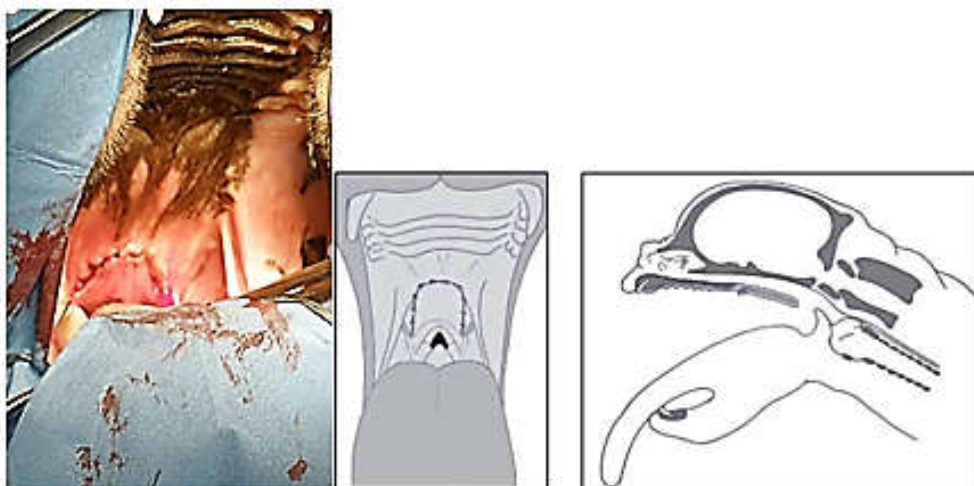
به مدت ۴۸ ساعت از دادن غذا به ویژه غذاهای گرم به بیمار پرهیز شد چراکه این عمل منجر به تشدید التهاب در موضع جراحی خواهد شد. طی ۴۸ ساعت پس از جراحی از ترکیب سرم‌های رینگر-لاکتات و قندی-نمکی برای حفظ الکترولیت‌های بیمار استفاده شد. هم‌چنین پس از ۲۴ ساعت، از مایعات سرد و غذاهای سرد با ماهیت سوپ جهت تغذیه بیمار استفاده شد.



شکل ۲: نشان گذاری نواحی قابل برداشت با الکتروکوتر



شکل ۳: برداشت از مخاط بافت کام نرم



شکل ۴: بخیه کام نرم پس از برداشت لایه مخاط

۳- نتایج

حین جراحی مشکل خاصی از نظر جراحی و بی‌هوشی دیده نشد. پس از جراحی بیمار بدون عارضه خاصی از بی‌هوشی بازگشت. بیمار به مدت ۱۴ روز تحت مراقبت بود که ۴۸ ساعت اول بعد از جراحی، در ناحیه التهاب و ادم مشاهده شد اما پس از آن روند رو به کاهش التهاب را شاهد بودیم.

۴- بحث

برخی از محققین پیشنهاد می‌دهند که پیش از جراحی، تراکتوستومی موقت را به منظور جلوگیری از انسداد مجاری هوایی حاصل از ادم [۵ و ۶] و یا به منظور کاهش حجم فشار حاصل بر ناحیه حلق [۷] انجام دهیم. با انجام تکنیک مطالعه حاضر محل انجام جراحی به نواحی قدامی انتقال می‌یابد لذا با دور شدن ناحیه جراحی از حلق احتمال خطر ادم این ناحیه نیز به شدت کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد که استفاده از الکتروسرجری انجام مراحل جراحی را بسیار آسان کرده است، اما بسیاری از محققین استفاده از الکتروسرجری را برای کام نرم توصیه نکرده اند [۸] زیرا انتظار می‌رود ادم پس از جراحی بیشتری به نسبت بیستوری ایجاد کند و این ادم در ناحیه می‌تواند برای سلامت بیمار خطرناک باشد. اما استفاده از داروهای ضد التهاب استروئیدی این خطر را به حداقل کاهش می‌دهد [۹]. همان‌طور که پیش‌تر بیان شد تکنیک‌های مرسوم اصلاح عارضه افزایش طول کام نرم، فقط انسداد حلقی را مرتفع نموده و انسداد گوشه-حلقی و بینی-حلقی به‌طور کامل برطرف نشده درحالی‌که با انجام تکنیک حاضر کلیه عوارض این سندرم برطرف خواهد شد.

۵- نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد روش فلپ پالاتوپلاستی روشی ایمن و کارآمد به‌منظور درمان عارضه سندرم تنفسی سگ‌های براکی‌سفال ناشی از افزایش طول کام نرم خواهد بود.

مراجع

1. Poncet CM, Dupre GP, Freiche VG, Bouvy BM. Long-term results of upper respiratory syndrome surgery and gastrointestinal tract medical treatment in 51 brachycephalic dogs. *Journal of small animal practice*. 2006 Mar;47(3):137-142.
2. Fossum, T. W., Hedlund, C. S., & Johnson, A. L. *Small animal surgery*. 2007. (Vol. 381). St Louis: Mosby Elsevier.
3. Dupré G, Heidenreich D. Brachycephalic syndrome. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*. 2016 Jul 1;46(4):691-707.
4. Poncet CM, Dupre GP, Freiche VG, Estrada MM, Poubanne YA, Bouvy BM. Prevalence of gastrointestinal tract lesions in 73 brachycephalic dogs with upper respiratory syndrome. *Journal of small animal practice*. 2005 Jun;46(6):273-279.
5. Pink JJ, Doyle RS, Hughes JM, Tobin E, Bellenger CR. Laryngeal collapse in seven brachycephalic puppies. *Journal of small animal practice*. 2006 Mar;47(3):131-135.
6. Hendricks JC. Brachycephalic airway syndrome. *Veterinary Clinics of North America: small animal practice*. 1992 Sep 1;22(5):1145-1153.
7. Harvey CE, Venker-von Haagan A. Surgical management of pharyngeal and laryngeal airway obstruction in the dog. *The Veterinary Clinics of North America*. 1975 Aug;5(3):515-535.
8. Bright RM, Wheaton LG. A modified surgical technique for elongated soft palate in dogs. *The Journal of the American Animal Hospital Association (USA)*. 1983.
9. Davidson EB, Davis MS, Campbell GA, Williamson KK, Payton ME, Healey TS, Bartels KE. Evaluation of carbon dioxide laser and conventional incisional techniques for resection of soft palates in brachycephalic dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2001 Sep 15;219(6):776-781.

تأثیر افزودن CuO بر خواص اپتیکی ZnO- B₂O₃-Pb₃O₄

آزاده اح مدیان^{۱*}، مهدی عصری^۲

۱- گروه علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن، azade.ahmadian@gmail.com

۲- گروه فیزیک، دانشگاه گنبد کاووس، mehdi.asri@gmail.com

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: azade.ahmadian@gmail.com

The effect of adding CuO on the optical properties of ZnO-B₂O₃-Pb₃O₄

Azadeh ahmadian^{*1}, Mehdi asri²

1-Department of basic science, Islamic Azad University Tonekabon Branch

2- Department of physics, Gonbad Kavous University

*Corresponding author: azade.ahmadian@gmail.com

ABSTRACT

The optical properties of the ZnO-B₂O₃-Pb₃O₄ sample were investigated by adding CuO. It was seen that with the increase of CuO and decrease of Pb₃O₄ in sample glasses, the refractive index, electronic polarizability and molar refraction increase. Also, the changes in the reflection loss of the studied glass samples show increasing behavior and the optical transmission shows decreasing behavior. The metallization values of samples are less than 1, which show the samples trend to the non-metallic state.

Key words: CuO, Optical properties, Energy band gap, Glass

چکیده

خواص اپتیکی نمونه‌ی ZnO- B₂O₃-Pb₃O₄ با افزودن CuO بررسی شد. دیده شد با افزایش مقدار CuO و کاهش مقدار Pb₃O₄ در شیشه‌های نمونه ضریب شکست، قطبش پذیری الکترونیکی و شکست مولی افزایش می‌یابد. همچنین تغییرات افت شکست نمونه‌های شیشه‌ای مورد مطالعه رفتار افزایشی و انتقال نوری رفتار کاهشی نشان می‌دهد. مقادیر متالیزاسیون نمونه‌ها کمتر از ۱ هستند که نشان می‌دهد نمونه‌ها به حالت غیرفلزی تمایل دارند.

واژه‌های کلیدی: اکسید مس، خواص اپتیکی، فاصله باند انرژی، شیشه

۱- مقدمه

اکسید بوریک (B₂O₃) به‌عنوان یکی از جالب‌ترین شکل‌دهنده‌های شیشه و مواد نقش مهمی ایفا می‌کند. از ویژگی‌های منحصربه‌فرد شیشه‌های بورات می‌توان به نقطه ذوب پایین، توانایی بالا برای تشکیل شیشه، پایداری حرارتی و قابلیت عبور بالا اشاره کرد. از شیشه‌های بورات می‌توان در طیف وسیعی از کاربردهای مختلف مانند الکترونیک نوری آکوستیک، مواد لیزر حالت جامد، محرک‌های پیزوالکتریک، میکروالکترونیک و مواد لومینسانس استفاده کرد [۱-۴].

افزودن فلزات مختلف، خاک‌های قلیایی و فلزات قلیایی به سیستم‌های شیشه‌ای مبتنی بر بورات می‌تواند باعث بهبود خواص اپتیکی خطی و غیرخطی آنها می‌شود. علاوه بر این، شیشه‌های بورات در محیط‌های آبی نسبت به شیشه‌های دیگر واکنش‌پذیرتر هستند. واکنش‌پذیری سریع وجه تمایز آنها در بسیاری از کاربردهای زیست پزشکی است. افزودن ZnO در شیشه‌های بورات تاثیر مستقیمی بر تعداد اتم‌های اکسیژن غیرپلی (non-bridging oxygen) دارد [۶و۵]. کلاک و همکاران نشان دادند که ZnO به‌عنوان یک تشکیل‌دهنده شبکه در شیشه‌های بورات عمل می‌کند [۷].

در سال ۲۰۰۳ متوالی گزارش کرد که در شیشه‌های اکسید حاوی مس در شرایط جوی معمولی، مس ممکن است به‌صورت مس تک ظرفیتی Cu^+ ، مس دوظرفیتی Cu^{+2} و مس فلزی Cu^0 یافت شود. به‌دلیل تاثیر مس روی خواص الکتریکی و مغناطیسی نوری، مطالعه شیشه‌های با ترکیب مس نیز جذاب می‌باشد [۸]. بانی و وینبرگ نشان دادند که وضعیت ظرفیت مس نه تنها بر ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی بلکه بر توانایی تشکیل شیشه نیز تاثیر می‌گذارد. رفتار مس که در شیشه‌های بورات-مس-سرب مورد بررسی قرار گرفت نشان می‌دهد که جایگزینی Pb^{+2} با یون‌های سبک‌تر و کوچک‌تر مس Cu^{+2} نسبت Cu^+/Cu^{tot} را افزایش دهد که این منجر به افزایش شدت یونی و سختی می‌شود [۹].

در این مقاله ما به بررسی خواص اپتیکی $ZnO-B_2O_3-Pb_3O_4-Cu$ با کد شیشه (ZBPC) می‌پردازیم.

۲- بررسی خواص اپتیکی

شیشه‌های مورد بررسی دارای ترکیبی به صورت $10 ZnO-40B_2O_3-(50-x)Pb_3O_4-xCu$ می‌باشند که در آنها x به ترتیب ۰، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ می‌باشد. جدول ۱ فاصله باند انرژی، حجم و جرم شیشه‌های ۰-۵ ZBPC که قبلاً در [۱۰] Ref مشخص شده بود را نشان می‌دهد.

جدول ۱: نمونه‌ها، ترکیبات، فاصله باند انرژی، حجم و جرم شیشه‌های نمونه

شماره نمونه	ترکیب (% wt)	E_g (eV)	حجم مولی (cm^3/mol)	جرم (gr/mol)
ZBPC ۰	10 ZnO- 40B ₂ O ₃ -50Pb ₃ O ₄	۲/۵۴	۶۵/۰۳	۳۷۸۷۸/۶۰
ZBPC ۱	10 ZnO- 40B ₂ O ₃ -49Pb ₃ O ₄ -1.0CuO	۲/۴۲	۶۴/۳۸	۳۷۲۷۲/۵۵
ZBPC ۲	10 ZnO- 40B ₂ O ₃ -48Pb ₃ O ₄ -2.0CuO	۲/۲۹	۶۳/۸۲	۳۶۶۶۶/۵۰
ZBPC ۳	10 ZnO- 40B ₂ O ₃ -47Pb ₃ O ₄ -3.0CuO	۱/۹۸	۶۳/۱۷	۳۶۰۶۰/۴۵
ZBPC ۵	10 ZnO- 40B ₂ O ₃ -45Pb ₃ O ₄ -5.0CuO	۱/۶۷	۶۱/۴۰	۳۴۸۴۸/۳۵

جدول ۲: ضریب شکست، شکست مولی، قطبش‌پذیری الکترونیکی، افت شکست، انتقال نوری، ثابت

دی‌الکتریک و متالیزاسیون شیشه‌های نمونه

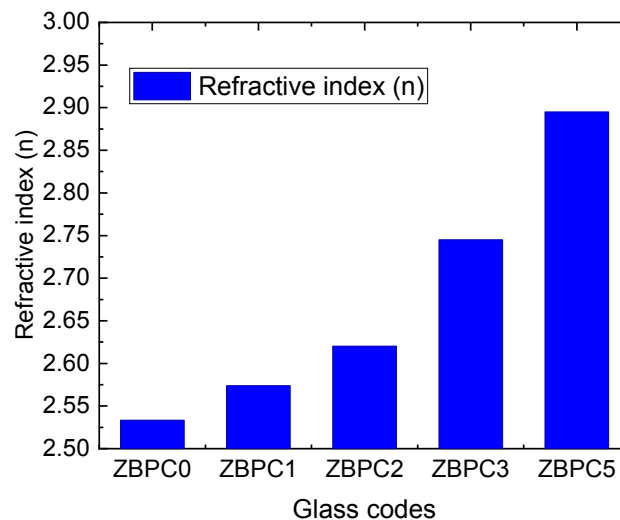
ZBPC ۵	ZBPC ۳	ZBPC ۲	ZBPC ۱	ZBPC ۰	پارامترهای اپتیکی
۲/۸۹۵۱	۲/۷۴۴۹	۲/۶۲۰۲	۲/۵۷۳۷	۲/۵۳۳۴	ضریب شکست (n)
۴۳/۶۵۷۶	۴۳/۲۹۴۰	۴۲/۲۲۴۶	۴۱/۹۸۵۳	۴۱/۸۵۵۲	شکست مولی (R_m)
۱/۷۳۰۶	۱/۷۱۶۲	۱/۶۷۳۸	۱/۶۶۴۴	۱/۶۵۹۲	قطبش‌پذیری الکترونیکی ($\alpha_m \times 10^{-23}$)
۰/۲۳۶۷	۰/۲۱۷۱	۰/۲۰۰۳	۰/۱۹۳۹	۰/۱۸۸۳	افت شکست (R_L)
۰/۶۱۷۱	۰/۶۴۳۲	۰/۶۶۶۲	۰/۶۷۵۱	۰/۶۸۳۰	انتقال نوری (T)
۰/۲۸۸۹	۰/۳۱۴۶	۰/۳۳۸۳	۰/۳۴۷۸	۰/۳۵۶۳	متالیزاسیون (M)
۸/۳۸۱۹	۷/۵۳۴۶	۶/۸۶۵۸	۶/۶۲۴۳	۶/۴۱۸۲	ثابت دی‌الکتریک (ϵ)

در ادامه، پارامترهای نوری مانند ضریب شکست (refractive index)، شکست مولی (molar refraction)، قطبش پذیری الکترونیکی (electronic polarizability)، افت شکست (refraction loss)، انتقال نوری (optical transmission)، ثابت دی الکتریک (dielectric constant) و متالیزاسیون (metallization) محاسبه شده است. جدول ۲ که خواص نوری ۵-۰ ZBPC را نشان می‌دهد با کمک مقادیر موجود در جدول ۱ محاسبه می‌شود.

مقدار ضریب شکست برای نمونه‌های شیشه‌ای مورد مطالعه با استفاده از رابطه زیر [۱۱] محاسبه و در جدول ۲ آورده شده است.

$$\frac{n^2-1}{n^2+2} = 1 - \sqrt{\frac{E_g}{20}} \quad (2)$$

با توجه به مقادیر ضریب شکست در جدول ۲ و شکل ۱ مشاهده می‌شود که ضریب شکست با افزایش مقدار CuO افزایش می‌یابد.



شکل ۱: تغییرات n برای همه شیشه‌ها بر حسب کد شیشه‌ها.

شکست مولی به عنوان درجه قطبش‌پذیری در واحد مول تعریف می‌شود. شکست مولی (R_m) با کمک معادله (۲) بیان می‌شود [۱۲].

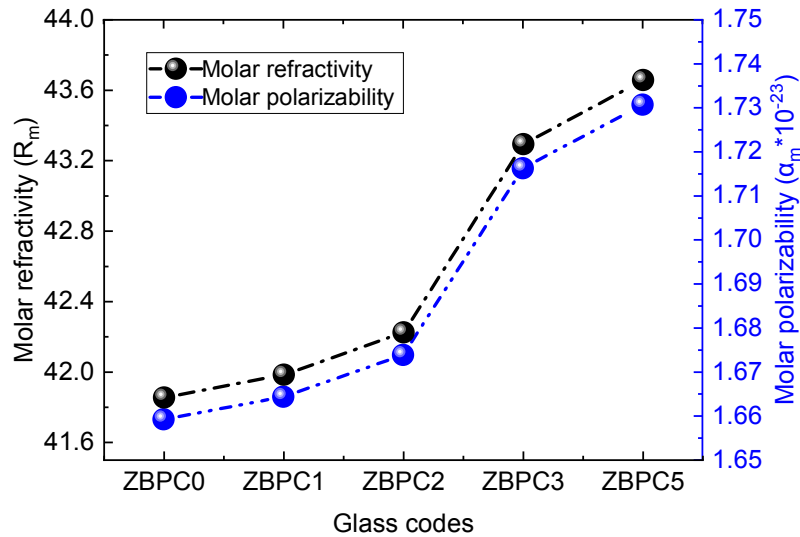
$$R_m = \left(\frac{n^2-1}{n^2+2} \right) V_m \quad (3)$$

که در آن V_m و n به ترتیب حجم مولی و ضریب شکست هستند. مقادیر شکست مولی از ۴۱/۸۵۵۲ تا ۴۳/۶۵۷۶ متغیر است و در جدول ۲ آمده است.

بزرگی پاسخ الکترون به میدان الکتریکی به عنوان قطبش‌پذیری الکترونیکی (α_m) تعریف می‌شود و می‌تواند به صورت معادله (۳) بیان شود [۱۲].

$$\alpha_m = \left(\frac{3}{4\pi N_e} \right) R_m \quad (4)$$

که در آن N_A عدد آووگادرو است. مقادیر α_m در جدول ۲ فهرست شده است. رابطه بین R_m و α_m برحسب کد شیشه‌های نمونه در شکل ۲ نشان داده شده است. واضح است که R_m و α_m رفتار یکسانی دارند و هر دو با افزایش مقدار CuO در شبکه شیشه‌ها افزایش می‌یابند.



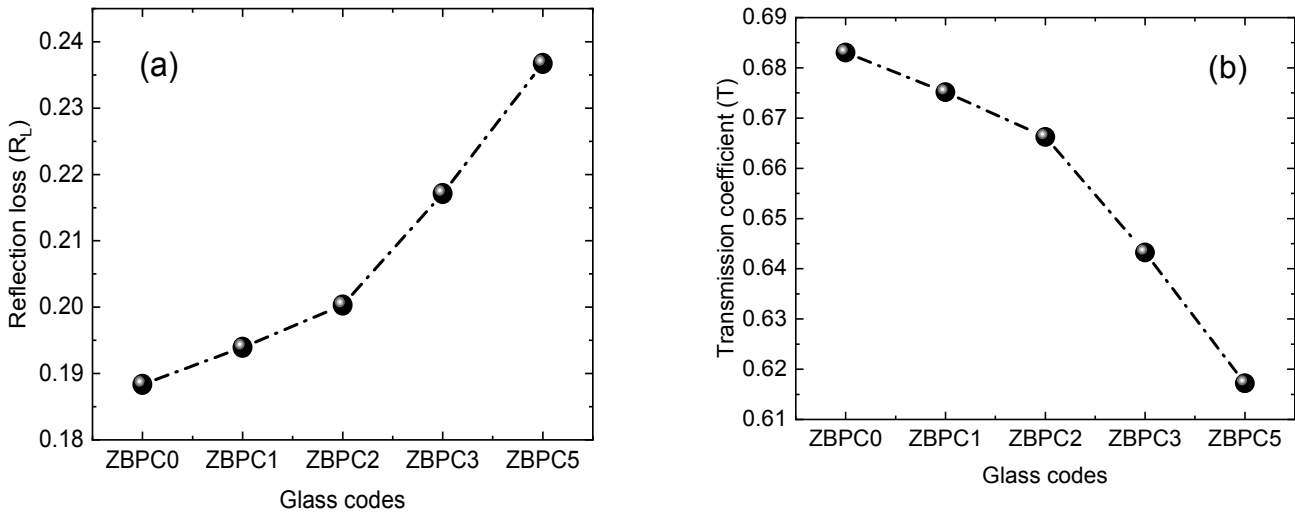
شکل ۲: تغییرات R_m و α_m برای همه شیشه‌ها برحسب کد شیشه‌ها.

افت شکست (R_L) و انتقال نوری (T) برای شیشه‌های مورد بررسی با استفاده از معادله (۴) و معادله (۵) [۱۲] محاسبه و در جدول ۲ آورده شده است.

$$R_L = \left(\frac{n-1}{n+1} \right)^2 \quad (5)$$

$$T = \frac{2n}{n^2+1} \quad (6)$$

تغییرات این پارامترها برحسب کد شیشه‌های نمونه در شکل ۳ الف و ۳ ب نشان داده شده است. تغییرات افت شکست نمونه‌های شیشه‌ای مورد مطالعه نشان دهنده رفتار افزایشی از ZBPC0 به ZBPC5 است و مقدار انتقال نوری از ۰/۶۸۳۰ تا ۰/۶۱۷۱ متغیر است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش مقدار CuO، (R_L) و (T) رفتار مخالف هم دارند.



شکل ۳: (الف) تغییرات R_L و (ب) تغییرات T برای همه شیشه‌ها برحسب کد شیشه‌ها.

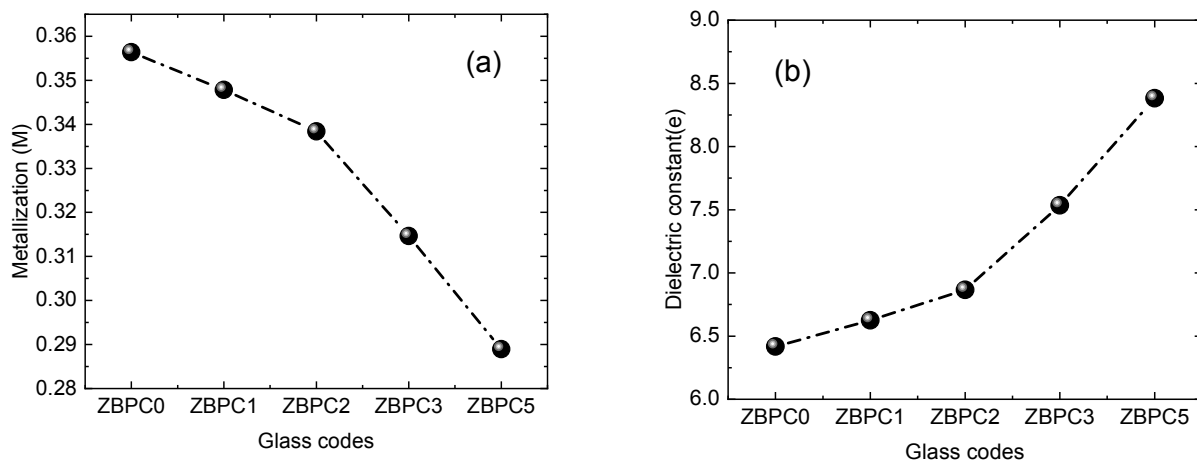
مقادیر متالیزاسیون (M) را می‌توان با استفاده از معادله (۶) محاسبه کرد [۱۳].

$$M = 1 - \frac{R_{TE1}}{R_{TE2}} \quad (7)$$

مقادیر M کمتر از ۱ است که به حالت غیرفلزی اشاره دارد. مشاهده می‌شود که مقادیر M با افزایش میزان CuO در شیشه‌های نمونه کاهش می‌یابد. بنابراین، شیشه‌های ZBPC0 تا ZBPC5 به سمت عایق تمایل دارند. ثابت دی‌الکتریک (ε) را می‌توان از معادله (۷) به دست آورد [۱۳].

$$\varepsilon = n^2 \quad (8)$$

مقادیر محاسبه شده M و ε، در جدول ۲ آورده شده و برحسب کد شیشه‌های نمونه در شکل ۴ الف و ب ترسیم شده‌اند. رفتار مقادیر ε با مقادیر M مخالف است. بنابراین، افزایش مقدار CuO در شیشه‌های مورد بررسی باعث کاهش ثابت دی‌الکتریک می‌شود.



شکل ۴: (الف) تغییرات M و (ب) تغییرات ε برای همه شیشه‌ها برحسب کد شیشه‌ها

۳- نتیجه‌گیری

در این مقاله برخی از خواص اپتیکی مانند ضریب شکست، شکست مولی، قطبش‌پذیری الکترونیکی، افت شکست، انتقال نوری، ثابت دی‌الکتریک و متالیزاسیون برای شیشه‌های نمونه $10 \text{ ZnO} - 40 \text{ B}_2\text{O}_3 - (50-x) \text{ Pb}_3\text{O}_4 - x \text{ Cu}$ مورد بررسی قرار گرفت. مشاهده شد که ضریب شکست، شکست مولی و قطبش‌پذیری الکترونیکی با افزایش مقدار CuO افزایش می‌یابد که به دلیل جایگزینی یون‌های Cu به جای یون‌های Pb است. نتایج نشان داد که با افزایش مقدار CuO رفتار افت شکست افزایشی و انتقال نوری کاهشی است. علاوه بر این دیده شد که مقادیر متالیزاسیون کمتر از ۱ است که نشان دهنده تمایل نمونه‌های مورد بررسی به حالت غیرفلزی (عایق) است.

مراجع

1. M. Mariyappan, K. Marimuthu, M.I. Sayyed, M.G. Dong, U. Kara, Effect Bi_2O_3 on the physical, structural and radiation shielding properties of Er^{3+} ions doped bismuth sodiumfluoroborate glasses, *J. Non-Cryst. Solids* 499 (2018) 75–85.
2. B. Sailaja, R. Joyce Stella, G. Thirumala Rao, B. Jaya Raja, V. Pushpa Manjari, R.V.S.S.N. Ravikumar, Physical, structural and spectroscopic investigations of Sm^{3+} doped ZnO mixed alkali borate glass, *J. Mol. Struct.* 1096 (2015) 129–135.
3. G. Rama Sundari, V. Pushpa Manjari, T. Raghavendra Rao, D.V. Satish, C. Rama Krishna, C. Venkata Reddy, R.V.S.S.N. Ravikumar, Characterization of Cr^{3+} doped mixed alkali ions effect in zinc borate glasses — physical and spectroscopic investigations, *Opt. Mater.* 36 (2014) 1329–1335.
4. O. Ravi, S.J. Dhoble, B. Ramesh, G. Devarajulu, C.M. Reddy, K. Linganna, G.R. Reddy, B.D.P. Raju, NIR fluorescence spectroscopic investigations of Er^{3+} ions doped borate based tellurium calcium zinc niobium oxide glasses, *J. Lumin.* 164 (2015) 154–159.
5. J.M.P. Almeida, R.D. Fonseca, L. De Boni, A.R.S. Diniz, A.C. Hernandez, P.H.D. Ferreira, C.R. Mendonca, Waveguides and nonlinear index of refraction of borate glass doped with transition metals, *Opt. Mater.* 42 (2015) 522–525.
6. S.B. Jung, D.E. Day, Conversion kinetics of silicate, borosilicate, and borate bioactive glasses to hydroxyapatite, *Phys. Chem. Glas.* 50 (2009) 85–88.
7. S.C. Colak, I. Akyuz, F. Atay, On the dual role of ZnO in zinc-borate glasses, *J. Non-Cryst. Solids* 432 (2016) 406–412.
8. E. Metwalli, Copper redox behavior, structure and properties of copper lead borate glasses, *J. Non-Cryst. Solids* 317 (2003) 221–230.
9. B.S. Bae, M.C. Weinberg, Crystallization of copper metaphosphate glass, *J. Am. Ceram. Soc.* 76 (1993) 1395–1400.
10. Y. Rammah, A. Abouhaswa, M. Sayyed, H. Tekin, R. El-Mallawany, Structural, UV and shielding properties of ZBPC glasses. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 509 (2019), 99-105.
11. M.K. Halimah, M.F. Faznny, M.N. Azlan, H.A.A. Sidek, Optical basicity and electronic polarizability of zinc borotellurite glass doped La^{3+} ions. *Results in Physics* 7(2017) 581-589.
12. S.A. Umar, M.K. Halimah, K.T. Chan, A.A. Latif, Polarizability, optical basicity and electric susceptibility of Er^{3+} doped silicate borotellurite glasses. *Journal of Non-Crystalline Solids* 471 (2017) 101-109.

بررسی باند گپ نوری پودرهای نانو TiO_2 با استفاده از طیف‌سنجی بازتابی نفوذی

تهیه‌شده از طریق روش احتراق ژل

میثاق قمری^{۱*}، مهدی قاسمی فرد^۱

۱- آزمایشگاه نانو، مجتمع آموزش عالی اسفراین، اسفراین، ایران

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: ghamari_just@yahoo.com

Investigating the optical bandgap of TiO_2 nano powders using diffuse reflectance spectroscopy prepared through the gel combustion method.

Misagh Ghamari^{1*}, Mahdi Ghasemifard¹

1- Nano lab, Esfarayen university of technology, Esfarayen, Iran

*Corresponding author: ghamari_just@yahoo.com

ABSTRACT

TiO_2 nano powders with different optical bandgaps have been successfully prepared using a solution combustion method starting directly from titanium metal. Emphasis on the role of urea as a fuel is based on optical bandgap changes obtained from DRS data in the range of 200-1100 nm. The samples were characterized by FTIR and DRS. The size of the powders can affect the photocatalytic activity of TiO_2 , where it determines the surface-to-volume ratio of the sites available for electron migration. FTIR analysis satisfactorily matches the standard data. The results of diffuse reflectance spectroscopy along with mathematical calculations extracted the direct optical bandgap values of TiO_2 powders in the range of 3.53 to 3.6 eV, which is on the border of UV and Vis electromagnetic radiation. In general, the optical band gap and crystallite size can be controlled by the amount of fuel in the gel combustion method.

Keywords: Titanium Dioxide, Urea, Band Gap, Combustion Method

چکیده

پودرهای نانو TiO_2 با شکاف باند نوری متفاوت با استفاده از روش احتراق محلول که مستقیماً از فلز تیتانیوم شروع می‌شود، با موفقیت تهیه شده‌اند. تأکید بر نقش اوره به عنوان سوخت بر تغییرات باند گپ نوری است که از داده‌های DRS در محدوده ۱۱۰۰-۲۰۰ نانومتر به دست می‌آید. نمونه‌ها با FTIR و DRS مشخصه‌یابی شدند. اندازه پودرها می‌تواند بر فعالیت فوتوکاتالیستی TiO_2 تأثیر بگذارد، جایی که نسبت سطح به حجم مکان‌های موجود برای مهاجرت الکترون‌ها را تعیین می‌کند. تجزیه و تحلیل FTIR به طور رضایت بخشی با داده‌های استاندارد مطابقت دارد. نتایج طیف‌سنجی بازتابی نفوذی همراه با محاسبات ریاضی، مقادیر باند گپ نوری مستقیم پودرهای TiO_2 را در محدوده ۳.۵۳ تا ۳.۶ الکترون ولت که در مرز UV و Vis تابش الکترومغناطیسی قرار دارد، استخراج کرد. به طور کلی، باند گپ نوری و اندازه بلورک‌ها را می‌توان با مقدار سوخت در روش احتراق ژل کنترل کرد.

واژه‌های کلیدی: دی‌اکسید تیتانیوم، اوره، باند گپ، روش احتراقی

۱- مقدمه

دی اکسید تیتانیوم (تیتانیا) یکی از سازگارترین مواد با محیط زیست، از پایدارترین مواد شیمیایی و از نظر عملکردی چند منظوره است. ثابت شده است که تیتانیای نانو ساختار به دلیل دارا بودن ویژگی‌های فوق‌العاده در کاربردهای فوتوکاتالیستی، یک ماده بالقوه ارزشمند است [۱]. امروزه نانو تیتانیا به دلیل عدم سمیت، خواص فیزیکی شیمیایی جالب و در دسترس بودن مقرون به صرفه، در قلب تحقیقات مختلف قرار گرفته است. بسیاری از کاربردهای TiO_2 به ویژه در مصارف فوتوکاتالیستی بستگی به مقدار باند گپ نوری دارد که تابع پارامترهای مختلف است [۲]. یکی از مهمترین پارامترها به روش سنتز اختصاص دارد که در آن واکنش‌های شیمیایی مختلف می‌تواند ساختار الکترونیکی محصولات دی اکسید تیتانیوم را تغییر دهد. در بین مسیرهای سنتز، روش احتراق ژل نقش برجسته‌ای در آزمایش‌های مبتنی بر مواد شیمیایی تر یافته است [۳].

از آنجایی که واکنش‌های نهایی در سنتز احتراق محلول گرمازا هستند، نیازی به تامین انرژی اضافی وجود ندارد. پیش ماده، سوخت، حلال‌ها و همچنین پارامترهایی مانند pH، دما و وضعیت کلسیناسیون در خواص محصول تاثیر گذار هستند. در نتیجه این مزایا، پودرهای تهیه شده از طریق احتراق، خواص بیشتری را در مناطق مختلف مانند فوتوکاتالیستی [۴]، حسگرهای نوری و پیل‌های سوختی نشان داده‌اند. سوخت تاثیر قابل توجهی بر خواص پودرهای سنتز شده با احتراق دارد. نوع و مقدار سوخت می‌تواند تشکیل فاز بلوری را در طول کلسیناسیون تغییر دهد [۵]. سوخت‌هایی که در روش‌های احتراق محلول مورد استفاده قرار می‌گیرند عمدتاً از ترکیبات نیتروژن دار تشکیل شده‌اند.

سوخت اوره که محصول کارخانجات پتروشیمی است به دلیل در دسترس بودن، غیرسمی بودن، خلوص بالا و رفتار محلول در آب به طور گسترده برای تولید مواد نانو استفاده می‌شود. تحقیقات زیادی برای بررسی نقش پارامترهای مختلف بر روی شکاف باند نوری نانو TiO_2 انجام شده است، اما فقدان تحقیق در مورد نقش مقدار سوخت بر مقادیر باند گپ درک نشده است [۶-۹]. در این کار، کنترل پذیری برخی از خواص از طریق محتویات سوخت مورد بررسی قرار گرفته و حضور فازهای بلوری مختلف تیتانیا از طریق دستکاری سوخت مورد بحث قرار گرفته است. برخلاف سایر تحقیقات، در اینجا از فلز تیتانیوم به عنوان ماده اولیه و مسیر پایین به بالا برای تولید نانو TiO_2 استفاده می‌شود.

۲- فعالیت های آزمایشگاهی

تمام مواد شیمیایی و حلال‌های مورد استفاده در این کار از SIGMA Aldrich دریافت شده است. فلز تیتانیوم با اسید نیتریک شسته شد تا ناخالصی‌ها حذف شده و فلز در اسید هیدروفلوریک حل شد تا کاتیون‌های تیتانیوم ایجاد شود. کاتیون‌های تیتانیوم به مخلوط اسید نیتریک و محلول آبی اوره اضافه شد و به شدت هم زده شد تا شفاف شود. مایع به مدت ۱ ساعت همگن شده و سپس تا دمای ۹۰ درجه سانتی گراد حرارت داده شد. در نهایت، مایع به محیطی منتقل شد که قادر به سوختن با نور خیره کننده در هنگام احتراق مواد شیمیایی است. پودر زرد کم رنگ تهیه شده سپس در دمای ۸۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲ ساعت توزین و کلسینه شد تا ترکیبات آلی حذف و ساختار بلوری بدست آید. نمونه‌ها با توجه به محتوای سوخت نشان داده شده در جدول ۱ به ترتیب T1، T2، T3، T4 و T5 نامیده می‌شوند. همه پارامترها در نمونه‌ها یکسان هستند به جز سوخت اوره که از ۹.۵ تا ۱۱.۵ گرم متغیر است.

جدول ۱: نمونه‌ها با جزئیات محتویات سوخت

NameFuel (g)	Sample No
T1	۹.۵ ۱
T2	۱۰ ۲
T3	۱۰.۵ ۳
T4	۱۱ ۴
T5	۱۱.۵ ۵

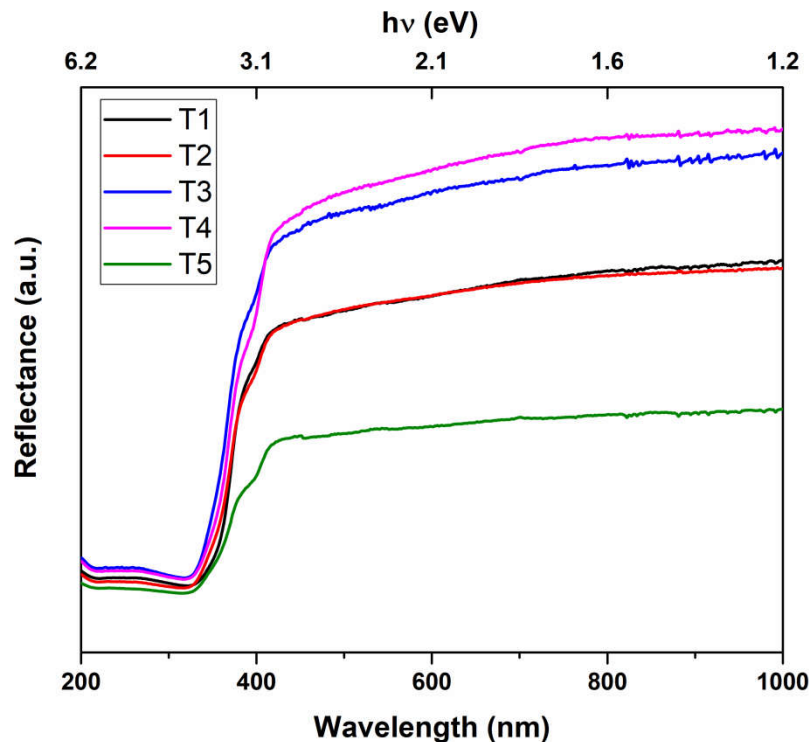
پودرهای به‌دست‌آمده با دستگاه‌های طیف‌سنجی بازتابی نفوذی ((FTIR و DRS) آزمایش شدند. در نهایت، باند گپ از محاسبات ریاضی بر روی داده‌های DRS محاسبه شد. تست FTIR توسط FTIR SHIMADZU 8400S در محدوده فرکانسی 4000-400 cm⁻¹ انجام شد و در نهایت آزمایش DRS با JASCO مدل V-670 ژاپن انجام شد.

۳- نتایج و بحث

3-1- مطالعات طیف‌سنجی

۳-۱-۱- تأثیر میزان سوخت بر باند گپ نوری دی‌اکسید تیتانیوم

باند گپ نانو ذرات TiO₂ بر اساس محاسبات ریاضی از داده‌های طیف‌سنجی بازتابی نفوذی (DRS در محدوده ۱۰۰۰-۲۰۰ نانومتر محاسبه شد. نتایج DRS در شکل ۱ نشان داده شده است. به نظر می‌رسد لبه جذب در مرز UV و Vis در حدود ۳۸۰ نانومتر قرار دارد که حداقل طول موج نور مرئی است. این را می‌توان به انتقال الکترون از لایه ظرفیت به لایه هدایت دی‌اکسید تیتانیوم نسبت داد که می‌توان آن را با مکانیسم انتقال لیگاند به انتقال بار فلز مرکزی توضیح داد.



شکل ۱: طیف DRS نمونه‌های TiO₂ از 200-1000 نانومتر

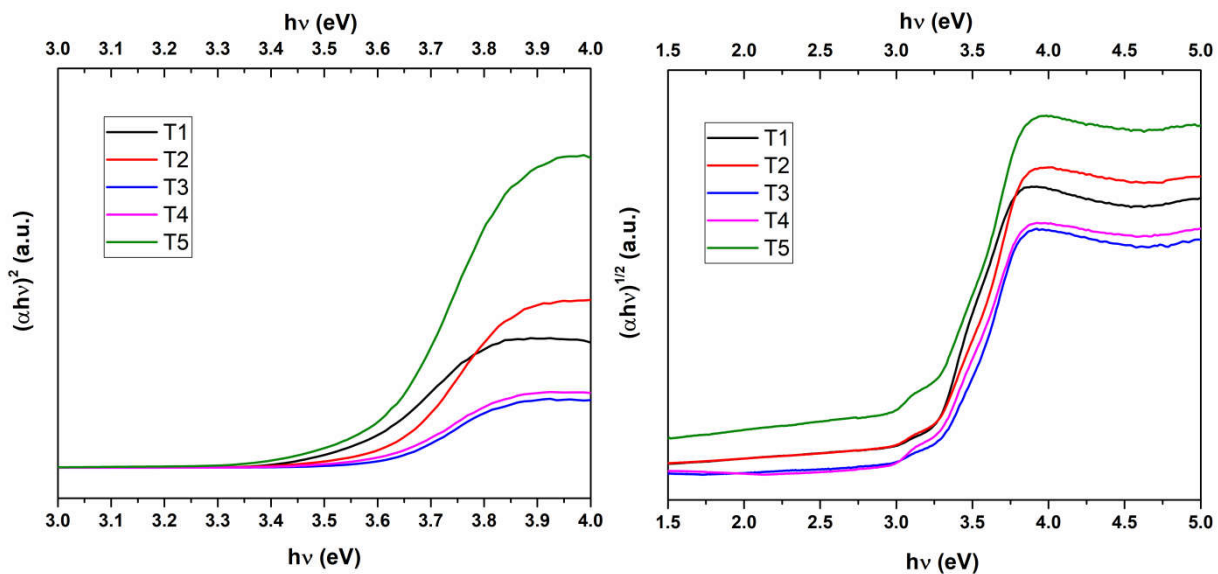
اکنون بر اساس رابطه زیر، مقادیر باند گپ نوری استخراج می‌شوند. باند گپ نوری را می‌توان از روش کوبلکامانک با استفاده از رابطه تاک مطابق معادله زیر بدست آورد:

$$(\alpha h\nu)^{\frac{1}{m}} = c(h\nu - E_g) \quad (1)$$

ثابت پلانک با h نشان داده می‌شود و ν فرکانس است. ضریب جذب α ، فاصله نفوذ موثر نور با طول موج مشخص در داخل ماده را تعیین می‌کند و از رابطه زیر می‌توان آن را تخمین زد

$$\alpha = \frac{(L-r)^2}{2r}, \quad r = \frac{R}{100} \quad (2)$$

تأثیر محتوای سوخت بر مقادیر E_g دی‌اکسید تیتانیوم در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: اثر سوخت اوره بر باند گپ محاسبه شده در حالت‌های مستقیم و غیر مستقیم

برای تعیین نوع باند گپ نمونه‌های TiO_2 می‌توان نتایج را با مقادیر بدست آمده از محاسبات ریاضی به صورت زیر مقایسه کرد:

$$\frac{d[\ln(\alpha hv)]}{d(hv)} = \frac{m}{hv - E_g} \quad (3)$$

عبارت $(d[\ln(\alpha hv)]/d(hv))$ را می‌توان در مقابل hv رسم کرد و بیشینه منحنی، مقدار E_g را با تقریب خوب نشان می‌دهد. نتایج برای مقایسه در جدول ۳ نشان داده شده است.

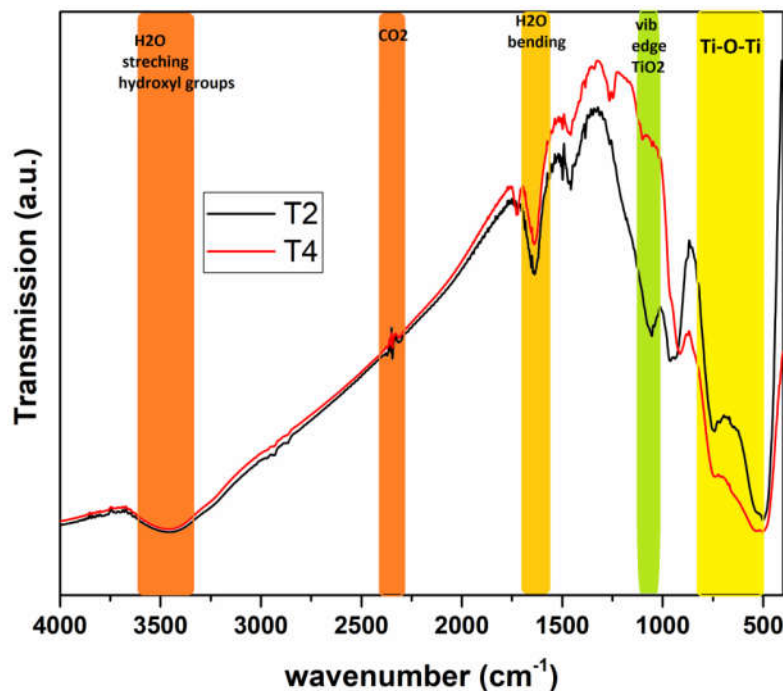
جدول ۱: مقادیر باند گپ نوری در مقایسه با مقادیر بدست آمده از محاسبات ریاضی

sample	Direct b.g eV	Indirect b.g eV	From mathematical calculation	others
T1	3.535	3.2	3.55	3.1 eV Ref[10]
T2	3.6	3.34	3.62	3.2 eV Ref[11]
T3	3.59	3.34	3.61	3.25 eV Ref[12]
T4	3.57	3.30	3.60	
T5	3.56	3.25	3.59	

با توجه به جدول ۱ می‌توان نتیجه گرفت که پودرهای TiO_2 دارای باند گپ مستقیم هستند.

۲-۱-۳- تحلیل طیف سنجی مادون قرمز

طیف FTIR نمونه‌های سنتز شده با احتراق برای T2 و T4 به عنوان نمونه‌های نماینده ثبت شده در محدوده فرکانس cm^{-1} 400-4000 در شکل ۳ نشان داده شده‌اند. یک باند نسبتاً وسیع در cm^{-1} 3400 ناشی از برهم نهی نوارهای ارتعاشی گروه‌های هیدروکسیل و ارتعاشات کششی مولکول‌های آب جذب شده می‌باشد در حالی که نواری در cm^{-1} 1636 به دلیل خمش آب مولکولی است [۱۳]. هنگامی که تعداد گروه‌های هیدروکسیل روی سطح پودرهای دی‌اکسید تیتانیوم افزایش یافت، عمدتاً افزایش یافت و در نتیجه فعالیت فوتوکاتالیستی را افزایش داد [۱۴].



شکل ۳: طیف FTIR با سوخت‌های مختلف در نمونه‌های T2 و T4

شدت پیک واقع در $500-800 \text{ cm}^{-1}$ به ارتعاشات کششی [15] Ti-O-Ti اختصاص دارد که در T4 شدیدتر از T2 است. پیک واقع در 1400 cm^{-1} به دلیل ارتعاشات خمشی نامتقارن پیوندهای C-H است که نشان دهنده وجود مواد آلی باقیمانده در نمونه‌ها است [۱۳]. پیک‌ها در محدوده $1000-1200 \text{ cm}^{-1}$ را می‌توان به پیوند [16] O-Ti-O نسبت داد.

۴- نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان داده است که امکان کنترل باند گپ نوری TiO_2 از طریق دستکاری سوخت‌آور در روش احتراق محلول وجود دارد. ماده اولیه برا سنتز دی‌اکسید تیتانیوم، فلز تیتانیوم بود. تشکیل ساختار آنتاز/روتیل می‌تواند فعالیت نوری پودرهای TiO_2 را افزایش دهد. نتایج DRS به کمک محاسبات ریاضی مقادیر باند گپ مستقیم نوری را از 3.53 تا 3.6 eV نشان می‌دهد. باند گپ نوری ابتدا افزایش می‌یابد و سپس با میزان سوخت کاهش می‌یابد. نشان داده شد که با کنترل محتوای سوخت، می‌توان اندازه ذرات را کنترل کرد که در واکنش‌پذیری نوری پودرهای TiO_2 بسیار مهم است.

مراجع

1. Mohadesi M, Sanavi Fard M, Shokri A. The application of modified nano- TiO_2 photocatalyst for wastewater treatment: A review. International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 2022 Apr 17:1-22.
2. Xu P, Ding C, Li Z, Yu R, Cui H, Gao S. Photocatalytic degradation of air pollutant by modified nano titanium oxide (TiO_2) in a fluidized bed photoreactor: Optimizing and kinetic modeling. Chemosphere. 2023 Apr 1;319:137995.
3. Ghasemifard M, Ghamari M, Iziy M. Effect of different fuels on surface morphology and microstructure of $\text{TiO}_2-(\text{TiO}_2 \cdot 98\text{SiO}_2 \cdot 2 \text{O}_2)$ composite nanoparticles. Ceramics International. 2016 Jun 1;42(8):10099-104.
4. Mani AD, Raju BR, Xanthopoulos N, Ghosal P, Sreedhar B, Subrahmanyam C. Effect of fuels on combustion synthesis of TiO_2 -Towards efficient photocatalysts for methylene blue oxidation and Cr (VI) reduction under natural sunlight. Chemical engineering journal. 2013 Jul 15;228:545-53.

5. X. Ma, L. Xue, X. Li, M. Yang, Y. Yan, Controlling the crystalline phase of TiO₂ powders obtained by the solution combustion method and their photocatalysis activity, *Ceram. Int.* 41 (2015) 11927–11935.
6. Acar ZY, Asiltürk M. An investigation on the influence of hydrolysis ratio and base type on the characterization of synthesised nano-TiO₂ by using sol–gel method. *Journal of Nanoparticle Research.* 2022 Aug;24(8):162.
7. Lin Z, Shen W, Corriou JP, Chen X, Xi H. Assessment of multiple environmental factors on the adsorptive and photocatalytic removal of gaseous formaldehyde by a nano-TiO₂ colloid: Experimental and simulation studies. *Journal of Colloid and Interface Science.* 2022 Feb 15;608:1769-81.
8. Nagaraj G, Irudayaraj A, Josephine RL. Tuning the optical band Gap of pure TiO₂ via photon induced method. *Optik.* 2019 Feb 1;179:889-94.
9. Sharma R, Sarkar A, Jha R, Kumar Sharma A, Sharma D. Sol-gel-mediated synthesis of TiO₂ nanocrystals: Structural, optical, and electrochemical properties. *International Journal of Applied Ceramic Technology.* 2020 May;17(3):1400-9.
10. Nagaveni K, Hegde MS, Ravishankar N, Subbanna GN, Madras G. Synthesis and structure of nanocrystalline TiO₂ with lower band gap showing high photocatalytic activity. *Langmuir.* 2004 Mar 30;20(7):2900-7.
11. Dette C, Pérez-Osorio MA, Kley CS, Punke P, Patrick CE, Jacobson P, Giustino F, Jung SJ, Kern K. TiO₂ anatase with a bandgap in the visible region. *Nano letters.* 2014 Nov 12;14(11):6533-8.
12. Lee DY, Kim JT, Park JH, Kim YH, Lee IK, Lee MH, Kim BY. Effect of Er doping on optical band gap energy of TiO₂ thin films prepared by spin coating. *Current applied physics.* 2013 Sep 1;13(7):1301-5.
13. Lopez T, Moreno JA, Gomez R, Bokhimi X, Wang JA, Yee-Madeira H, Pecchi G, Reyes P. Characterization of iron-doped titania sol–gel materials. *Journal of Materials Chemistry.* 2002;12(3):714-8.
14. Goutam SP, Saxena G, Singh V, Yadav AK, Bharagava RN, Thapa KB. Green synthesis of TiO₂ nanoparticles using leaf extract of *Jatropha curcas* L. for photocatalytic degradation of tannery wastewater. *Chemical Engineering Journal.* 2018 Mar 15;336:386-96.
15. Kumar PM, Badrinarayanan S, Sastry M. Nanocrystalline TiO₂ studied by optical, FTIR and X-ray photoelectron spectroscopy: correlation to presence of surface states. *Thin solid films.* 2000 Jan 10;358(1-2):122-30.
16. Ambika S, Sundrarajan M. [EMIM] BF₄ ionic liquid-mediated synthesis of TiO₂ nanoparticles using Vitex negundo Linn extract and its antibacterial activity. *Journal of Molecular Liquids.* 2016 Sep 1;221:986-92.

بررسی ساختاری و ریزساختاری پودرهای نانو تیتانیا تهیه‌شده از طریق روش احتراق

ژل با استفاده از فلز تیتانیوم

میثاق قمری^{۱*}، مهدی قاسمی فرد^۱

۱- آزمایشگاه نانو، مجتمع آموزش عالی اسفراین، اسفراین، ایران

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: ghamari_just@yahoo.com

Structural and microstructural investigation of titania nano powders prepared by gel combustion method using titanium metal

Misagh Ghamari^{1*}, Mahdi Ghasemifard¹

1-Nano lab, Esfarayen university of technology, Esfarayen, Iran

*Corresponding author: ghamari_just@yahoo.com

ABSTRACT

Nano-titania powders were successfully prepared using gel combustion method starting directly from titanium metal. The emphasis on the role of urea as a fuel is on structural and microstructural changes. The samples were characterized by XRD and FESEM. The X-ray diffraction results showed that the powders calcined at 800°C are mainly anatase and a small fraction of rutile, in which the crystallite size varies from 13.2 nm to 22 nm. The size of the powders can affect the photocatalytic activity of TiO₂, where it determines the surface-to-volume ratio of the sites available for electron migration. Based on FESEM images, micronized aggregated powders consisting of fine particles less than 100 nm do not have a preferred morphology.

Keywords: titanium dioxide, urea, crystal structure, combustion, anatase

چکیده

پودرهای نانو تیتانیا با استفاده از روش احتراق ژل که مستقیماً از فلز تیتانیوم شروع می‌شود، با موفقیت تهیه شدند. تأکید بر نقش اوره به عنوان سوخت بر تغییرات ساختاری و ریزساختاری می‌باشد. نمونه‌ها با XRD و FESEM مشخصه‌یابی شدند. نتایج پراش اشعه ایکس نشان داد که پودرهای کلسینه شده در دمای ۸۰۰ درجه سانتیگراد عمدتاً آناتاز و بخش کمی به صورت روتایل هستند که در آن اندازه بلورک‌ها از ۱۳.۲ نانومتر تا ۲۲ نانومتر متغیر است. اندازه پودرها می‌تواند بر فعالیت فوتوکاتالیستی TiO₂ تأثیر بگذارد، جایی که نسبت سطح به حجم مکان‌های موجود برای مهاجرت الکترون‌ها را تعیین می‌کند. بر اساس تصاویر FESEM پودرهای کلوخه‌ای میکرونیزه متشکل از ذرات ریز کمتر از ۱۰۰ نانومتر، مورفولوژی ترجیحی ندارند.

واژه‌های کلیدی: دی اکسید تیتانیوم، اوره، ساختار بلوری، احتراق، آناتاس

۱- مقدمه

دی اکسید تیتانیوم (تیتانیا) به عنوان یک ماده مهندسی مهم و به دلیل دارا بودن ویژگی‌های فوق‌العاده در کاربردهای فوتوکاتالیستی، یک ماده بالقوه ارزشمند می‌باشد [۱]. امروزه نانو تیتانیا با دارا بودن ویژگی‌های متنوع فیزیکی و شیمیایی و

در دسترس بودن در قلب تحقیقات مختلفی قرار گرفته است. پارامترهای متفاوتی وجود دارند که می‌توانند روی خواص نهایی این ماده تاثیر گذار باشند [۲]. یکی از مهمترین پارامترها به نحوه ساخت و سنتز اختصاص دارد که در آن واکنش‌های شیمیایی مختلف می‌تواند ساختار الکترونیکی محصولات دی اکسید تیتانیوم را تغییر دهد. در بین مسیلهای سنتز، روش احتراق ژل نقش برجسته‌ای در آزمایش‌های مبتنی بر مواد شیمیایی تر یافته است [۳].

در روش احتراقی همان طور که از نام آن مشخص است، یک واکنش احتراقی از نوع گرمازا انجام شده و علاوه بر خروج تمامی مایعات واکنش از سیستم سنتز، می‌تواند مواد آلی اضافی را نیز حذف کرده و در نهایت با دارا بودن دمای بالا تا حدی تشکیل فازهای بلوری را نیز موجب شود. پیش ماده، سوخت و حلال‌ها و همچنین پارامترهایی مانند pH، دما و وضعیت کلسیناسیون در خواص محصول تاثیر گذار هستند. در نتیجه این مزایا، پودرهای تهیه شده از طریق احتراق، خواص بیشتری را در مناطق مختلف مانند فوتوکاتالیستی [۴]، حسگرهای نوری و پیل‌های سوختی نشان داده‌اند. سوخت تاثیر قابل توجهی بر خواص پودرهای سنتز شده به روش احتراقی دارد. نوع و مقدار سوخت می‌تواند تشکیل فاز کریستالی را در طول کلسیناسیون تغییر دهد [۵]. سوخت‌هایی که در روش‌های احتراق محلول مورد استفاده قرار می‌گیرند عمدتاً از ترکیبات نیتروژنی تشکیل شده‌اند، زیرا توانایی عمل به‌عنوان لیگاند‌های کیلیت را دارند که در آن تشکیل کمپلکس در اطراف گونه‌های فلزی امکان‌پذیرتر است.

یکی از سوخت‌های مورد استفاده در سنتز نانو مواد اوره می‌باشد که محصول کارخانجات پتروشیمی بوده و به دلیل در دسترس بودن، غیرسمی بودن، خلوص بالا و رفتار محلول در آب به طور گسترده برای تولید مواد مبتنی بر نانو استفاده می‌شود [۶]. در این پژوهش، کنترل پذیری برخی از خواص از طریق محتویات سوخت مورد بررسی قرار گرفته و حضور فازهای کریستالی مختلف تیتانیا از طریق دستکاری سوخت مورد بحث قرار گرفته است. برخلاف سایر تحقیقات، در اینجا از فلز تیتانیوم به عنوان ماده اولیه و مسیر پایین به بالا برای تولید نانو TiO_2 در فاز ترکیبی آاناتاز/روتیل استفاده شده است.

۲- فعالیت‌های آزمایشگاهی

تمام مواد شیمیایی و حلال‌های مورد استفاده در این کار از SIGMA Aldrich دریافت شده است. فلز تیتانیوم با اسید نیتریک شسته شد تا ناخالصی‌ها حذف شود و فلز در اسید هیدروفلوریک حل شد تا کاتیون‌های تیتانیوم ایجاد شود. کاتیون‌های تیتانیوم به مخلوط اسید نیتریک و محلول آبی اوره اضافه شد و به شدت هم زده شد تا شفاف شود. مایع به مدت ۱ ساعت همگن شده و سپس تا دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد. در نهایت، مایع به محیطی منتقل می‌شود که قادر به سوختن با نور خیره کننده در هنگام احتراق مواد شیمیایی است. پودر زرد کم رنگ تهیه شده سپس در دمای ۸۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲ ساعت وزن و کلسینه شد تا ترکیبات آلی حذف و ساختار بلوری بدست آید. نمونه‌ها با توجه به محتوای سوخت نشان داده شده در جدول ۱ به ترتیب T1، T2، T3، T4 و T5 نامیده می‌شوند. همه پارامترها در نمونه‌ها یکسان هستند به جز سوخت اوره که از ۹.۵ تا ۱۱.۵ گرم متغیر است.

جدول ۱: نمونه‌ها با جزئیات محتویات سوخت

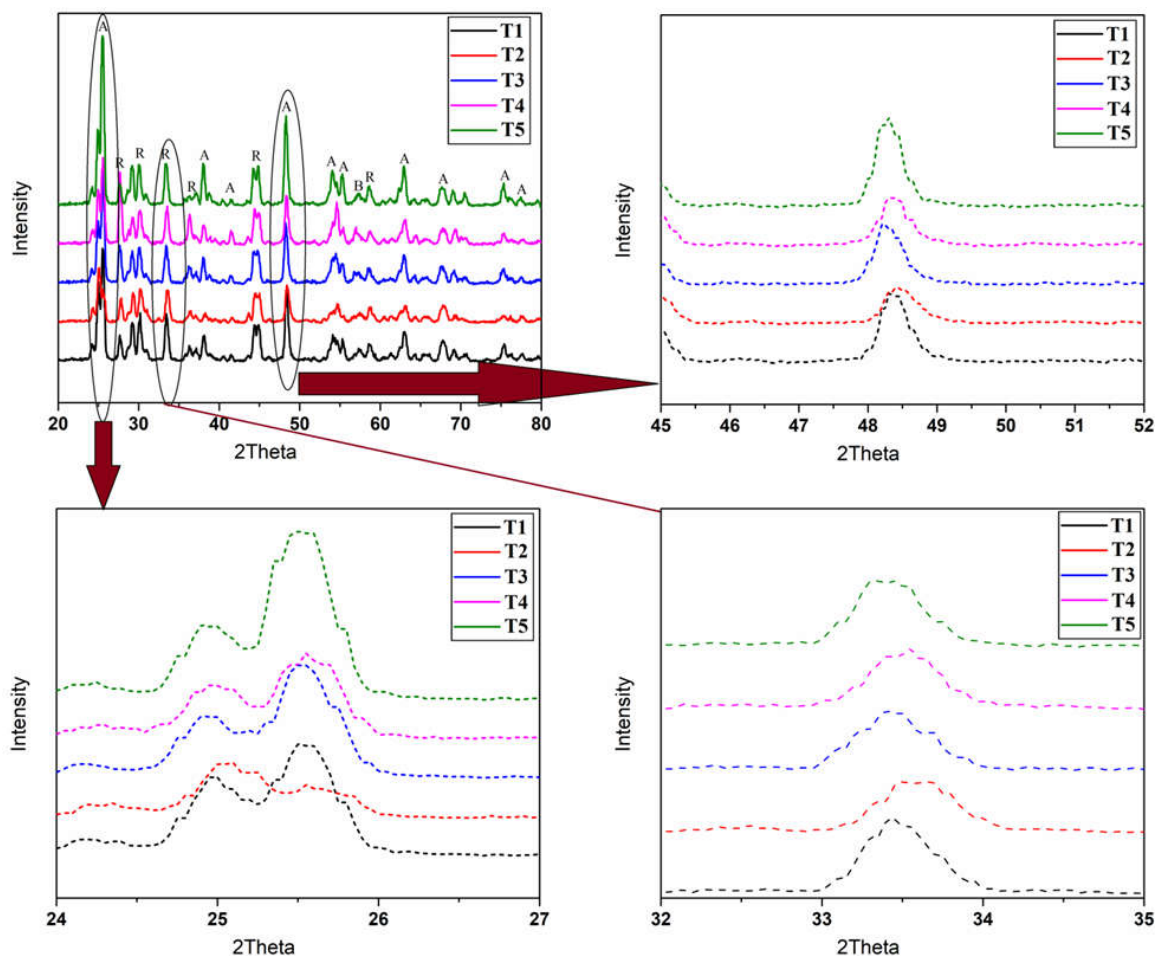
NameFuel (g)	Sample No
T1	۹.۵ ۱
T2	۱۰ ۲
T3	۱۰.۵ ۳
T4	۱۱ ۴
T5	۱۱.۵ ۵

پودرهای به‌دست‌آمده با دستگاه‌های XRD و FESEM مشخصه‌یابی شدند. برای توصیف ساختار بلوری پودرها از XRD PHILIPS مدل PW1730 با اندازه گام 0.05° درجه و طول موج 1.54056 \AA آنگستروم و ولتاژ 40 KV استفاده شد. برای گرفتن تصاویر برخی از نمونه‌ها از FESEM TESCAN مدل MIRA III استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مشخصه‌یابی ساختاری

شکل ۱ الگوی XRD نمونه‌های کلسینه شده در دمای 800°C درجه سانتیگراد در محدوده 20° – 80° درجه را نشان می‌دهد. بلورینگی و اندازه بلورک‌های پودرهای نانو TiO_2 توسط الگوهای XRD مربوطه بررسی شد. الگوها مشخصه پراش فاز آناتاز با کارت JCPDS شماره ۲۱-۱۲۷۲ را به عنوان فاز اصلی در کنار روتایل با کارت JCPDS شماره ۲۱-۱۲۷۶ به عنوان فاز دوم نشان می‌دهند.



شکل ۱: الگوهای XRD نمونه‌های نانو TiO_2 تهیه شده با سوخت‌های مختلف.

فاز آناتاز (A) به نظر می‌رسد فاز برجسته با افزایش سوخت در تمام نمونه‌ها است که از طریق شدت پیک در الگوی XRD مشاهده می‌شود. پیک اصلی در حدود 25.6° درجه مربوط به صفحه (۱۰۱) فاز آناتاز است. پیک‌های دیگر در 38° ، 48° و 54° درجه مربوط به صفحات (۱۱۲)، (۲۰۰)، (۲۱۱) و (۲۰۴) فاز آناتاز است [۷]. مقدار فاز بروکایت (B) در نمونه‌های پودری ناچیز است در حالی که حضور روتایل (R) تقریباً ثابت به نظر می‌رسد. با توجه به دمای یکسان برای کلسینه کردن در همه نمونه‌ها، به نظر می‌رسد تنها پارامتر موثر بر شدت فاز، محتوای سوخت باشد. مشاهده می‌شود که در دمای 800°C درجه

سانتی گراد افزایش اوره در ترکیب، تشکیل فاز آاناتاز را نسبت به سایرین تسهیل می کند. تهیه ساختار ترکیبی آاناتاز/روتیل [۸]- [۹] به دلیل عملکرد عالی آنها در جلوگیری از ادغام الکترون ها و حفره های فوتو مولد در مقایسه با فوتوکاتالیست های تک فاز، به عنوان یک مسیر موثر ثبت شده است، در حالی که بازترکیب الکترون / حفره به میزان زیادی خواص فوتوکاتالیستی را کاهش می دهد.

اندازه بلورک پودرهای TiO_2 از رابطه Debye-Scherrer با استفاده از گسترش پیک واقع در 48.35° درجه برای همه نمونه ها برآورد شد. نتایج به عنوان تابعی از محتوای سوخت در جدول ۲ ارائه شده است.

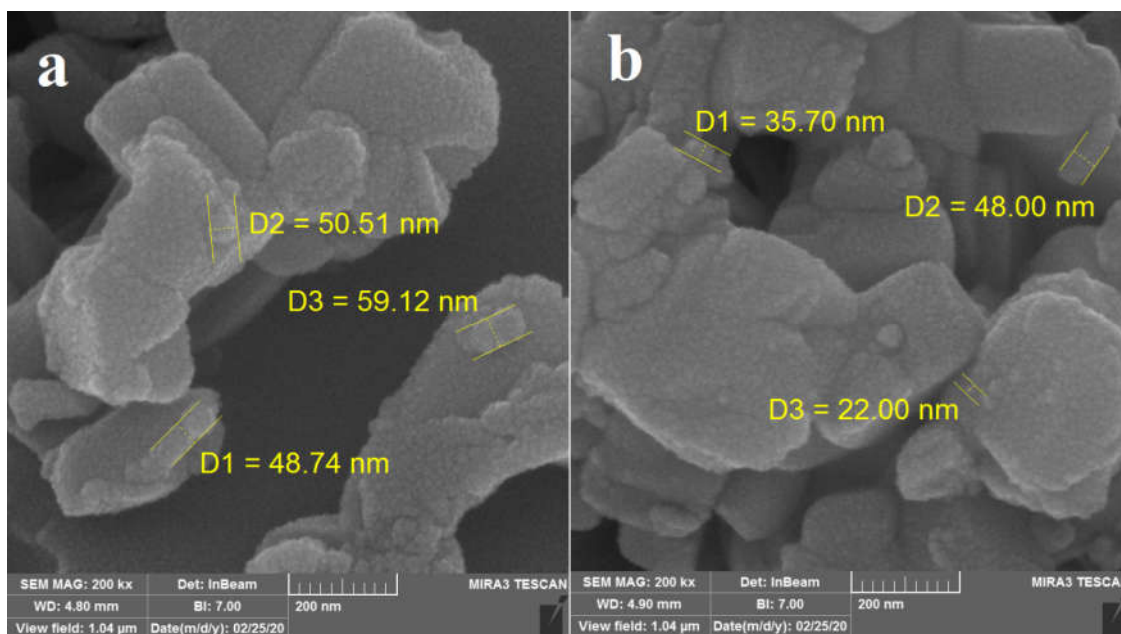
جدول ۲: اندازه بلورک نمونه ها در زاویه 48.35° درجه بر اساس معادله Debye-Scherrer.

Sample	D(nm)
T1	22
T2	18.66
T3	14.67
T4	16.5
T5	13.204

همانطور که از جدول ۲ مشاهده می شود، کوچکترین اندازه بلورک موجود در نمونه T5 با حداکثر سوخت به دست آمده است که به دلیل قدرت تجزیه کمپلکس های شیمیایی از طریق احتراق معقول به نظر می رسد. به طور مشابه، بزرگترین اندازه بلورک به T1 با ۲۲ نانومتر اختصاص می یابد. اصل فوتوکاتالیز شامل تشکیل الکترون ها و حفره ها در طول فوتون فرودی است. الکترون ها به باند رسانش مهاجرت می کنند در حالی که حفره های مثبت در نوار ظرفیت باقی می ماند. این حامل های بار می توانند سناریوهای مختلفی را تجربه کنند. حامل های بار می توانند به سطح مهاجرت کنند و منابع ردوکس تولید کنند که منجر به واکنش های فوتوکاتالیستی می شود. با این حال، بازترکیب e^-/h^+ فعالیت را کاهش می دهد. با کاهش اندازه ذرات، مساحت سطح افزایش می یابد، بنابراین تعداد مکان های فعال برای مهاجرت حامل های بار افزایش می یابد. با این حال، با کاهش اندازه ذرات، راندمان فوتوکاتالیستی به صورت خطی افزایش نمی یابد. طبق برخی منابع، اندازه ذرات بهینه برای کارایی بهتر کاتالیست وجود دارد. کاهش اندازه ذرات بیش از اندازه بهینه می تواند امکان بازترکیب e^-/h^+ را افزایش دهد که منجر به کاهش فعالیت کاتالیستی می شود [۱۰].

۳-۲- تحلیل تصاویر FESEM

میکروگراف دو نمونه به عنوان تصاویر نماینده تهیه شده در دمای 800° درجه سانتیگراد در شکل ۲ نشان داده شده است. ذرات نانومتری آاناتاز و روتایل آگومره شده در کلوخه های میکرونیزه مشاهده می شود.



شکل ۲: میکروگراف FESEM از پودرهای دی اکسید تیتانیوم تهیه شده با سوخت‌های مختلف، (a) T1، (b) T4

ذرات گرد میکرومتری که از کلوخه شدن ذرات ریز به شکل گرد به دست آمده است قابل مشاهده است که همین مورفولوژی را می‌توان در تحقیقات دیگر مشاهده کرد [۵،۱۱]. مطابق شکل ۲، به نظر می‌رسد محتوای سوخت مورفولوژی کلی را تغییر نمی‌دهد در حالی که اندازه پودر کوچکتر می‌شود. شدت احتراق به سوخت واکنش بستگی دارد، بنابراین طبیعی است که واکنش با شدت بیشتری در T4 اتفاق می‌افتد و ذرات را کوچکتر می‌کند همانطور که توسط نتایج اندازه بلورک XRD تأیید می‌شود. در نتیجه ذرات بسیار کوچک، کلوخه‌های بزرگتری ایجاد می‌کنند که می‌توانند به صورت ذرات میکرونیزه با چشم غیر مسلح دیده شوند.

۴- نتیجه‌گیری

این مطالعه به بررسی تاثیر مقدار سوخت اوره بر خواص ساختاری و ریز ساختاری نانو دی اکسید تیتانیوم پرداخته است. پیش ماده مورد استفاده فلز تیتانیوم می‌باشد. تشکیل ساختار آناناز/روتیل می‌تواند فعالیت نوری پودرهای TiO_2 را افزایش دهد. نمونه‌ها با سوخت‌های مختلف اوره که در دمای ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد کلسینه شده‌اند، عمدتاً آناناز و کمی روتیل را به عنوان فاز اصلی به صورت بلوری با اندازه بلورک در محدوده ۱۳/۲ تا ۲۲ نانومتر نشان می‌دهند. تصاویر FESEM وجود کلوخه‌های میکرونی را که از بهم پیوستن ذرات نانومتری به دلیل جاذبه الکترواستاتیکی حاصل شده‌اند، نشان داد. نشان داده شد که با کنترل محتوای سوخت، می‌توان اندازه ذرات را کنترل کرد.

مراجع

1. Navidpour AH, Abbasi S, Li D, Mojiri A, Zhou JL. Investigation of Advanced Oxidation Process in the Presence of TiO_2 Semiconductor as Photocatalyst: Property, Principle, Kinetic Analysis, and Photocatalytic Activity. *Catalysts*. 2023 Feb;13(2):232.
2. Khan S, Park JS, Ishihara T. A Review of the Single-Step Flame Synthesis of Defective and Heterostructured TiO_2 Nanoparticles for Photocatalytic Applications. *Catalysts*. 2023 Jan;13(1):196.
3. Ghasemifard M, Ghamari M, Izzy M. Effect of different fuels on surface morphology and microstructure of $TiO_2-(Ti_0.98Si_0.02)O_2$ composite nanoparticles. *Ceramics International*. 2016 Jun 1;42(8):10099-104.

4. Cruz D, Ortiz-Oliveros HB, Flores-Espinosa RM, Pérez PÁ, Ruiz-López II, Quiroz-Estrada KF. Synthesis of Ag/TiO₂ composites by combustion modified and subsequent use in the photocatalytic degradation of dyes. *Journal of King Saud University-Science*. 2022 Jun 1;34(4):101966.
5. Ma X, Xue L, Li X, Yang M, Yan Y. Controlling the crystalline phase of TiO₂ powders obtained by the solution combustion method and their photocatalysis activity. *Ceramics International*. 2015 Nov 1;41(9):11927-35.
6. García-Domínguez ÁE, Torres-Torres G, Arévalo-Pérez JC, Silahua-Pavón A, Sánchez-Trinidad C, Godavarthi S, Ojeda-López R, Sierra-Gómez UA, Cervantes-Urbe A. Urea assisted synthesis of TiO₂-CeO₂ composites for photocatalytic acetaminophen degradation via simplex-centroid mixture design. *Results in Engineering*. 2022 Jun 1;14:100443.
7. Sethy NK, Arif Z, Mishra PK, Kumar P. Green synthesis of TiO₂ nanoparticles from *Syzygium cumini* extract for photo-catalytic removal of lead (Pb) in explosive industrial wastewater. *Green Processing and Synthesis*. 2020 Jan 1;9(1):171-81.
8. Ruan X, Cui X, Cui Y, Fan X, Li Z, Xie T, Ba K, Jia G, Zhang H, Zhang L, Zhang W. Favorable energy band alignment of TiO₂ anatase/rutile heterophase homojunctions yields photocatalytic hydrogen evolution with quantum efficiency exceeding 45.6%. *Advanced Energy Materials*. 2022 Apr;12(16):2200298.
9. Jacob KA, Peter PM, Jose PE, Balakrishnan CJ, Thomas VJ. A simple method for the synthesis of anatase-rutile mixed phase TiO₂ using a convenient precursor and higher visible-light photocatalytic activity of Co-doped TiO₂. *Materials Today: Proceedings*. 2022 Jan 1;49:1408-17.
10. Zhang Z, Wang CC, Zakaria R, Ying JY. Role of particle size in nanocrystalline TiO₂-based photocatalysts. *The Journal of Physical Chemistry B*. 1998 Dec 24;102(52):10871-8.
11. Nagaveni K, Hegde MS, Ravishankar N, Subbanna GN, Madras G. Synthesis and structure of nanocrystalline TiO₂ with lower band gap showing high photocatalytic activity. *Langmuir*. 2004 Mar 30;20(7):2900-7.

روش برآورد میزان رسوب، کدورت و شوری آب رودخانه با استفاده از تصاویر

ماهواره‌ای و داده‌های سنجش از دور

سعید صادقیان^{۱*}، محمدرضا مجدی^۲

۱- دانشیار دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، sa_sadeghian@sbu.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور، دانشکده فنی و مهندسی، موسسه آموزشی عالی حکمت، قم،

engmrmajdi@yahoo.com

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: sa_sadeghian@sbu.ac.ir

The method of estimating the amount of sediment, turbidity and salinity of river water using satellite images and remote sensing data

Saied Sadeghian^{1*}, Mohammadreza Majdi²

1-Associate Professor, Faculty of Civil Engineering, Water and Environment, Shahid Beheshti University, Tehran

2-Master's student in remote sensing, Technical and Engineering Faculty, Hekmat Higher Education Institute, Qom

* Corresponding author .sa_sadeghian@sbu.ac.ir

ABSTRACT

Today, by using remote sensing technology and satellite images, many natural phenomena can be observed and controlled with less time and cost. Among the problems that our country is always facing, we can mention river water pollution, sedimentation of rivers and many other cases. Compared to optical remote sensing images, radar images provide us with more information due to the ability to take pictures in any weather conditions, but the use of optical images and their integration with radar images in terms of subsequent analyzes and visual interpretation and observation of the results It will be more useful. In this article, the use of remote sensing methods in determining the amount of sediments, turbidity and pollution of rivers, and determining the accuracy of the remote sensing method and comparing the results of this method with ground values are examined. For this purpose, the estimation of the amount of sediments, turbidity and pollution of rivers is studied using remote sensing facilities and satellite images, and then the results obtained are compared with ground sampling data.

Keywords: River, Sediment, Turbidity, Pollution, Remote sensing, Satellite images

چکیده

امروزه با استفاده از تکنولوژی سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای می‌توان بسیاری از پدیده‌های طبیعی را با صرف زمان و هزینه کمتر مشاهده و کنترل کرد. از مشکلاتی که کشور ما همواره با آن روبروست، می‌توان به آلودگی آب‌های رودخانه‌ها، رسوب پذیر بودن رودخانه‌ها و موارد متعدد دیگر نام برد. تصاویر رادار در مقایسه با تصاویر سنجش از دور نوری به علت توانایی تصویربرداری در هر شرایط آب و هوایی، اطلاعات بیشتری را در اختیار ما قرار می‌دهد ولی استفاده از تصاویر نوری و تلفیق آنها با تصاویر رادار از لحاظ آنالیزهای بعدی و تفسیر بصری و مشاهده نتایج مفیدتر خواهد بود. در این مقاله استفاده از روش‌های دورسنجی در تعیین میزان رسوبات، کدورت و آلودگی رودخانه‌ها و تعیین دقت روش دورسنجی و مقایسه نتایج حاصل از این روش با مقادیر زمینی مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدین منظور به مطالعه برآورد میزان رسوبات، کدورت و آلودگی رودخانه‌ها با

استفاده از امکانات سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای پرداخته می‌شود و سپس نتایج به‌دست آمده با اطلاعات نمونه برداری زمینی مقایسه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: رودخانه، رسوب، کدورت، آلودگی، سنجش از دور، تصاویر ماهواره‌ای

۱- مقدمه

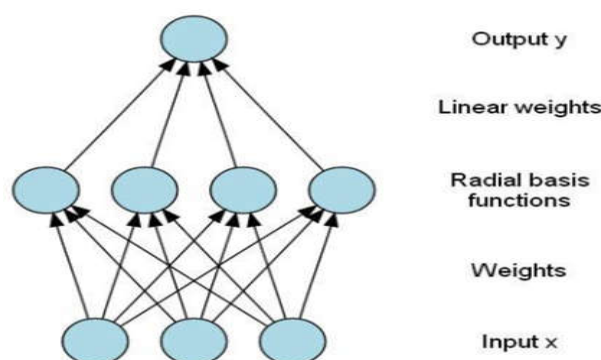
رسوب ماده ای است که در اثر فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی از سنگ‌های فرسایش یافته توسط نیروی جاذبه، آب، باد یا ترکیب آنها به حرکت در می‌آید. اصطلاح "رسوب رودخانه ای" به رسوبی اطلاق می‌شود که توسط رودخانه‌ها منتقل می‌شود. (۱) رسوبات رودخانه‌ای دارای مزایای بسیاری است، زیرا چرخه جهانی کربن، تکامل مورفولوژیکی کانال‌های رودخانه و توسعه دلتاها را کنترل می‌کند. (۲) در سیستم‌های طبیعی، آب و هوا و زمین عوامل اصلی ساخت و محرک فرسایش قاره ای هستند. (۳) رسوب معلق در رودخانه نه تنها می‌تواند حاوی ذرات طبیعی فرسایش باشد، بلکه می‌تواند آلاینده‌های جامد مانند میکروپلاستیک باشد (۴) که خود باعث ایجاد کدورت و شوری آب رودخانه نیز می‌شود. از آنجایی که آب یکی از مهمترین ماده‌ها برای موجودات می‌باشد، مطالعه منابع آبی، میزان زبری آب، کیفیت آب رودخانه‌ها، میزان آلودگی آب، میزان رسوبات موجود در آب، تغییر شکل رودخانه‌ها، مطالعات حریم و بستر، مطالعه پوشش گیاهی اطراف و تغییرات آن، بررسی مطالعات سیلاب‌ها و موارد بسیار دیگر، به روش‌های قدیمی بسیار وقتگیر و پرهزینه می‌باشد، بنابراین استفاده از تصاویر و داده‌های سنجش از دور جهت کاهش زمان، هزینه، دقت بالاتر و سرعت بسیار مورد توجه می‌باشد. مطالعات زیادی در خصوص برآورد رسوب، کدورت و شوری آب رودخانه‌ها با استفاده از علم روش سنجش از دور انجام شده است. برخی از این مطالعات رسوب، کدورت و شوری را با ترکیب اندازه‌گیری‌های میدانی و درجا و داده‌های سنجش از دور تخمین زدند. (۵ و ۶ و ۷ و ۸) برخی دیگر از داده‌های گرانش سنجی ماهواره‌ای برای تخمین میزان رسوب، کدورت و شوری رودخانه‌های بزرگ استفاده کردند. (۳) از موارد بسیار مهم برای محاسبه یا اندازه‌گیری رسوب، کدورت و شوری معلق یک رودخانه، ویژگی‌های رسوب و میزان انتقال آن می‌باشد. رسوب معلق معمولاً دارای محدوده اندازه بین ۰.۴۵ میکرومتر تا ۲۰۰۰ میکرومتر است. (۹) با توجه به اینکه تحقیقات بیشتر بر روی محاسبه رسوب، کدورت و شوری آب رودخانه با استفاده از روش‌های سنجش از دور متمرکز شده است، و ماهواره‌هایی با قابلیت وضوح تصویر بالا (مانند Landsat, Sentinel-2, Worldview, Spot) و پوشش تصاویر و داده‌های آنها با یکدیگر (۱۰)، محققین را مشتاق کرده است که از تصاویر و داده‌های ماهواره ای جهت محاسبه رسوب، کدورت و شوری آب استفاده کنند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱) کاربرد سنجش از دور و شبکه عصبی مصنوعی در تخمین غلظت رسوب رودخانه:

تکامل ژئومورفولوژی کانال‌ها و دشت‌های سیلابی و چرخه بیوزئوشیمی بازی می‌کنند. علاوه بر این تغییرات کمیت و کیفیت رسوب رودخانه‌ها می‌تواند تغییرات قابل توجهی در طیف گسترده‌ای از سیستم‌های زیست محیطی داشته باشد. (۱۱) برای مطالعه تغییرات زیست محیطی رسوبات از قبیل تغییرات مورفولوژی رودخانه‌ها، تغییرات کیفیت آب و اثرات منفی بر محیط زیست آبیان لازم است، انتقال رسوب معلق در رودخانه‌ها به دقت نظارت شود. (۱۲) برای مقابله با مشکلات ایجاد شده، در ابتدا بایستی طبیعت و چگونگی حرکت رسوب شناخته شود و سپس عوامل مؤثر در فرسایش شناسایی شوند و در نهایت میزان مواد رسوبی منتقل شده دقیقاً تعیین و محاسبه شود تا بتوان از آن در طراحی سازه‌های آبی بهره برد. استفاده از سنجش از دور برای ارزیابی پارامترهای کیفی آب به وضوح توانایی اندازه‌گیری‌های سینوپتیک، مکرر و ارزان توسط هواپیماها و فضاپیماها را نشان می‌دهد، در نتیجه بازتاب طیفی سنجش از راه دور اندازه‌گیری شده توسط سنسورهای ماهواره‌ای، می‌تواند یک جایگزین سریع و یک رویکرد اقتصادی برای ارزیابی غلظت رسوب در ((Suspended Sediment Concentration (SSC) معلق اقیانوس‌ها، دریاها، رودخانه‌ها و آب‌های ساحلی باشد. (۱۳) انتخاب تصویر ماهواره ای و سنجش کارایی تصاویر، انتخاب نوع باند و روش تصحیح اتمسفری داده‌های ماهواره‌ای جهت دستیابی به الگوریتم حاکم بر غلظت رسوب معلق هر منطقه از

اهمیت بالایی برخوردار است. روش بهینه جهت یافتن مدل محلی غلظت رسوب معلق، استفاده از داده‌های میدانی جمع آوری شده در زمان تصویر برداری ماهواره ای است. (۱۴) استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در بررسی کیفیت آب نیازمند تصحیح اتمسفری و به ویژه تخمین مقدار دقیق غلظت ذرات معلق در تابش بالای جو است. استفاده از تصاویر سنجنده OLI از ماهواره لندست ۸ به جهت دارا بودن وضوح مکانی بالاتر نسبت به ماهواره مادیس و همچنین به دلیل بالاتر بودن نسبت سیگنال به نویز (Signal-to-Noise Ratio) نسبت به ماهواره‌های لندست قبل از خود، جهت مطالعه غلظت رسوب معلق ضروری است. (۱۵) پس از تهیه تصاویر باید بهترین روش تصحیحات اتمسفری را در منطقه مورد مطالعه بیابیم که روش‌های معمول تصحیح اتمسفری مانند روش پیکسل سیاه (Dark Pixel) روی تصاویر ماهواره‌ای اعمال می‌شود و قاعدتاً نتایج ضعیفی به همراه دارد. بنابراین دو روش تصحیح اتمسفری دیگر طبق آنچه در مطالعه برای تصاویر لندست ۸ ارائه شده، بر تصاویر ماهواره‌ای اعمال و با هم مقایسه می‌شوند. (۱۵ و ۱۶) روش اول استفاده از الگوریتم NIR-Infrared است که از باند ۴ و باند ۵ استفاده می‌کند. (۱۵) روش دوم استفاده از الگوریتم Shortwave infrared wavelengths می‌باشد که از باند ۶ و باند ۷ جهت تصحیح اتمسفری استفاده می‌کند. ترتیب تصحیح اتمسفری تصاویر ماهواره لندست ۸ از سنجنده OLI در دو مرحله انجام می‌شود. اول با استفاده از کد Solar Spectrum Second Simulation of the Satellite Signal in the برای پراکندگی بازتابش که به وسیله مولکول‌های هوا (اکسیژن- اوزن- بخار آب- متان- نیتروکس اکساید- منواکسید کربن) به وجود می‌آید، تصحیح ریلی انجام می‌شود. (۱۶) سپس در صورت وجود شرایط ابری و سایر اشکالات رادیومتریک از محاسبات حذف می‌شوند. پیکسل مورد نظر انتخاب و مقادیر بازتاب سطحی رودخانه از آن پیکسل استخراج می‌شود و مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای انتخاب پیکسل مناسب مواردی نظیر عرض رودخانه، قدرت تفکیک مکانی سنجنده و مختصات جغرافیایی ایستگاه، مورد توجه قرار می‌گیرد، همچنین داده‌های غلظت رسوب معلق نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS بازبینی می‌شود و داده‌های پرت و مشکوک از محاسبات کنار گذاشته می‌شوند، پس از آن نرمال بودن داده‌ها، با استفاده از آزمون آماری SPIRO-WILK مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. به عنوان نمونه می‌توان از شبکه عصبی، شبکه RBF استفاده کرد که از توابع پایه شعاعی به عنوان توابع فعال‌ساز استفاده کرد. خروجی این شبکه یک ترکیب خطی از توابع پایه شعاعی برای پارامترهای ورودی نرون‌ها است. ساختار اصلی شبکه RBF متشکل از سه لایه بوده که در شکل (۱) ارائه شده است. لایه ورودی شامل ورودی‌های شبکه است و در آن هیچ‌گونه پردازشی صورت نمی‌گیرد. لایه پنهان یک رابطه غیر خطی بین فضای ورودی و یک فضای با بعد بزرگتر برقرار می‌کند و نقش مهمی در تبدیل الگوی غیر خطی به الگوی تفکیک‌پذیر خطی دارد. لایه خروجی نیز مجموع وزندار توابع هسته‌ای در لایه پنهان است که یک خروجی خطی تولید می‌کند.



شکل ۱: ساختار اصلی شبکه RBF

این روش را به عنوان روشی سریع و رویکردی اقتصادی جهت تخمین غلظت رسوب معلق است. این روش در مطالعه با تحقیقات (۱۷ و ۱۸ و ۱۹) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به مطالعه در جهت تخمین غلظت رسوب معلق پرداختند همخوانی دارد. آنها بیان کردند، رابطه‌ای قوی میان غلظت رسوب معلق و بازتاب تصاویر ماهواره‌ای موجود است، بنابراین توجه به نتایج

به دست آمده می‌توان مدل شبکه عصبی با ورودی باند یک و دبی جریان را به عنوان یک روش دقیق جهت برآورد غلظت رسوب معلق معرفی کرد.

۲-۲) تخمین کدورت آب رودخانه با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای:

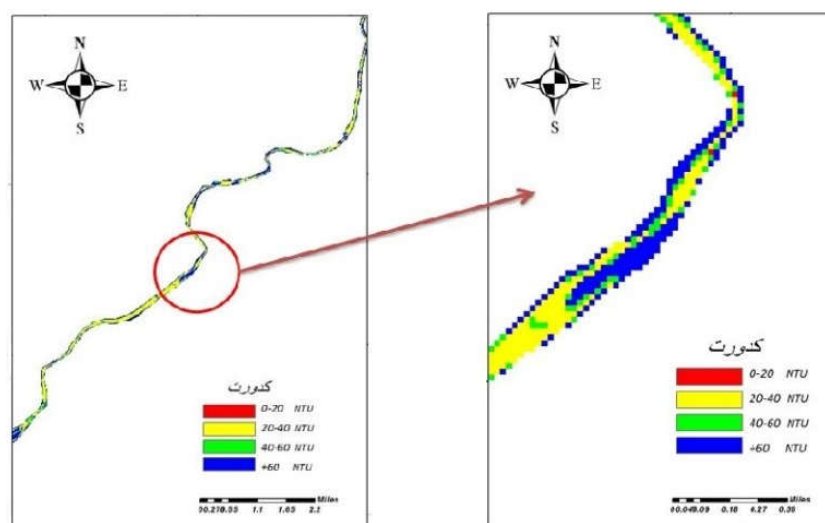
توجه به افزایش میزان آلودگی‌های ورودی به رودخانه‌ها کیفیت آب آنها در معرض خطر قرار گرفته است. تخلیه پساب‌های صنعتی، کشاورزی و فاضلاب‌های شهری باعث شده تا محیط زیست رودخانه‌ها دستخوش تغییرات نامطلوبی شوند و با توجه به افزایش میزان آلودگی آب رودخانه‌ها و دریاچه‌ها از گذشته تا به امروز، کنترل مداوم کیفیت آب این منابع جهت حفظ سلامت انسان، گیاهان، جانوران و حفاظت از محیط زیست ضروری می‌باشد. از آنجایی که کنترل کیفیت آبها با روش‌های سنتی بسیار وقت‌گیر و هزینه‌بر می‌باشد؛ استفاده از سنجش از دور جهت مطالعه و کنترل کیفیت آبهای سطحی گسترش چشمگیری داشته است. بهبود کیفیت تصاویر ماهواره‌ای از لحاظ افزایش قدرت تفکیک مکانی و رادپومتریکی، امکان دست یافتن به نتایج بهتر و دقیقتر را از تحلیل کیفیت آب رودخانه‌ها و دریاچه‌ها، فراهم آورده است. بیشتر مطالعاتی که در سرتاسر دنیا در بحث پایش کیفی آب با استفاده از سنجش از دور انجام شده، بر روی مخازن و دریاچه‌ها بوده و مطالعات کمتری بر روی کیفیت آب رودخانه‌ها صورت پذیرفته است. به عنوان مثال در سال ۲۰۰۶ ویگنولو و همکاران، برای بررسی شاخص کیفیت آب نهر مدرانو از روش سنجش از دور استفاده نمودند. آنها برای این منظور از تصاویر ماهواره لندست ۷ استفاده کرده و با تحلیل رگرسیونی رابطه مناسبی برای برآورد کیفیت آب ایجاد کردند. (۲۰) سال ۲۰۰۷ کاپونن و همکاران، به کمک تکنیک سنجش از دور مطالعاتی را بر روی دریای بالتیک در فنلاند انجام دادند. آنها در بخشی از پژوهش خود تلاش نمودند تا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای غلظت پارامترهای کلروفیل و مواد جامد معلق کل را تخمین بزنند. آنها برای این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده مریس استفاده نمودند. (۲۱) در سال ۲۰۰۸ آندرکا و پکاروا، برای بررسی غلظت رسوبات معلق در رودخانه دانوب واقع در کشور اسلواکی از تصاویر ماهواره لندست ۷ استفاده کردند. آنها با تحلیل رگرسیونی توانستند رابطه مناسبی جهت برآورد غلظت رسوبات معلق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پیشنهاد داده و به کمک آن نقشه‌های پراکنندگی پارامتر مورد نظر را برای رودخانه دانوب تهیه نمایند. (۲۲) در سال ۲۰۰۹ ونگ و همکاران، توانستند با استفاده از روابط رگرسیونی، غلظت مواد معلق رودخانه یانگ تسه در چین را به کمک تصاویر ماهواره لندست ۷ تخمین بزنند. (۲۳) در روشهای سنتی، کنترل مداوم کیفیت آبها کاری دشوار، هزینه‌بر و در برخی شرایط ناممکن می‌باشد. سنجش از دور ابزاری مفید جهت کنترل کیفیت آبهای رودخانه‌ها و دریاچه‌ها می باشد که معایب روشهای سنتی را به حداقل رسانده است. (۲۴) برای بررسی کیفیت آب رودخانه‌ها می‌توان از تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ استفاده کرد. این سنجنده دارای ۹ باند در محدوده طیفی ۰,۴۳۳ میکرومتر تا ۱,۳۹۰ میکرومتر می‌باشد که در جدول شماره (۱) مشخصات باندها و ابعاد پیکسل‌ها آورده شده است که از باندهای ۱ تا ۷ آن جهت بررسی و انتخاب بهترین مدل برآورد کدورت آب رودخانه می‌توان استفاده کرد.

جدول ۱: باندهای سنجنده OLI ماهواره Landsat 8

شماره باند	طول موج (میکرومتر)	ابعاد پیکسل (متر)
۱	۰,۴۳-۰,۴۵	۳۰
۲	۰,۴۵-۰,۵۱	۳۰
۳	۰,۵۳-۰,۵۹	۳۰
۴	۰,۶۴-۰,۶۷	۳۰
۵	۰,۸۵-۰,۸۸	۳۰
۶	۱,۵۷-۱,۶۵	۳۰
۷	۲,۱۱-۲,۲۹	۳۰
۸	۰,۵۰-۰,۶۸	۱۵
۹	۱,۳۶-۱,۳۸	۳۰

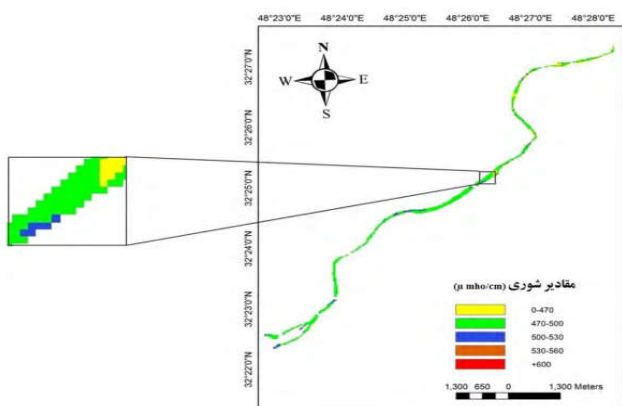
تصاویر ماهواره‌ای را می‌توان به عنوان داده‌های خام در نظر گرفت که برای استفاده از آنها نیازمند انجام اقداماتی در جهت کاهش و تصحیح خطاهای موجود در آنها می‌باشیم. از آنجایی که تصاویر لندست ۸ تصاویر سطح T۱ با تصحیحات زمینی می‌باشند لذا نیازی به تصحیح هندسی ندارند. ارزشهای رقومی پیکسل‌های تصاویر به منظور استفاده در ساخت مدل‌های آماری مختلف نیازمند یکسان‌سازی واحد می‌باشند، به خصوص برای زمانی که از تصاویر زمان‌های مختلف به منظور ایجاد رابط‌های واحد استفاده می‌شود. به همین منظور تصحیح رادیومتریک تصاویر برای از بین بردن خطاهای ناشی از تغییرات در فاصله زمین تا خورشید و همچنین زاویه پرتوهای تابیده شده به سطح انجام شد. با انجام این تصحیح مقادیر ارزشهای رقومی تصاویر به انعکاس بالای جو تبدیل شدند. علاوه بر موارد فوق می‌توان به این نکته اشاره کرد که نوع آب و هوای منطقه و میزان گرد و غبار و ذرات معلق موجود در هوا به مقدار زیادی بر کیفیت تصاویر ماهواره‌ای تاثیرگذار می‌باشد. بنابراین تاثیر اتمسفر بر روی مقادیر بدست آمده از تحلیل تصاویر ماهواره‌ای انکارناپذیر است. به منظور کاهش خطاهای ناشی از اثرات اتمسفر بر تصاویر، تصحیح اتمسفری انجام شد. از آنجایی که آب مقدار زیادی از انرژی الکترومغناطیس دریافتی را جذب نموده و بخش کمی از آن را انعکاس می‌دهد، لذا تصحیح اتمسفری تصاویر جهت مطالعه منابع آبی امری ضروری می‌باشد. برای انجام پردازش‌های لازم بر روی تصاویر و اعمال تصحیحات لازم از قبیل تصحیحات اتمسفری و هندسی می‌توان از نرم افزارهایی ENVI.5.3، ArcGIS 10.3، PCI Geomatica و QGIS استفاده کرد.

برای ایجاد رابطه مناسب میان پارامتر کدورت و باندهای سنجنده از رگرسیونهای خطی ساده و چندگانه و همچنین رگرسیون غیرخطی استفاده می‌شود. پیش از انجام تحلیل‌های رگرسیونی، نرمال بودن داده‌ها از طریق کنترل میزان چولگی و کشیدگی آنها و استفاده از آزمون آماری کلموگروف اسمیرونوف بررسی می‌شود. تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم افزار IBM SPSS Statistics 22 انجام می‌شود. برای ایجاد مدل‌ها علاوه بر باند منفرد، از نسبت‌های باندی نیز به عنوان متغیرهای مستقل در روابط رگرسیونی استفاده می‌شود. برای انتخاب باندهای مناسب، همبستگی میان آنها با مقادیر کدورت بررسی می‌شود تا باندهایی که دارای همبستگی بیشتر و معنادارتری هستند جهت ایجاد مدل‌ها استفاده شوند. داده‌های کدورت برداشت شده در ایستگاه‌ها به کمک نرم‌افزار MATLAB به صورت کاملاً تصادفی به دو دسته تقسیم می‌شوند. دسته اول شامل ۸۰ درصد داده‌ها و به منظور کالیبره کردن و استحکام بخشیدن به مدل و دسته دوم شامل ۲۰ درصد داده‌ها به منظور صحت‌سنجی و بررسی میزان اختلافات میان نتایج بدست آمده مدل‌های استفاده شده و نتایج بدست آمده از برداشت‌های مستقیم زمینی استفاده می‌توان کرد. در شکل (۲) نمونه نقشه نهایی تهیه شده با استفاده از تصاویر و داده‌های سنجنش از دور در طول یک رودخانه نشان داده شده است.

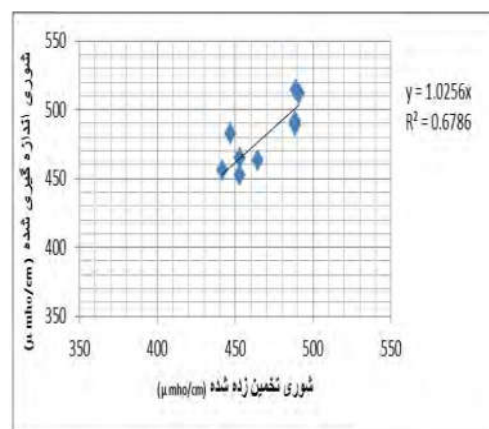


شکل ۲: نمونه نقشه نهایی تهیه شده با استفاده از تصاویر و داده‌های سنجنش از دور

۲-۳) برآورد شوری آب رودخانه با استفاده از داده‌های و تصاویر سنجش از دور سنجش از دور ابزاری مناسب جهت بررسی شرایط کیفی آب‌های سطحی در مقیاس وسیع می‌باشد. با استفاده از سنجش از دور نظارت بر آب‌های سطحی و مدیریت این منابع ارزشمند، ارزانتر و آسانتر است. مقادیر هدایت الکتریکی آب که معرف شوری آن می‌باشد، از پارامترهای مهم و موثر در کیفیت آب های سطحی محسوب می‌شود به عنوان نمونه در سال ۱۹۷۹، استیونز دریافت که در اثر تغییرات شوری آب، تولید مثل گونه های خاصی از ماهیان کاهش یافته و آنها به دلیل افزایش شوری آب به نواحی با میزان شوری کمتر مهاجرت کرده اند. (۲۵) در این مورد می‌توان از تصاویر ماهواره لندست ۸ به منظور بررسی میزان شوری آب رودخانه استفاده می‌شود. به همین منظور در دوره‌های زمانی مختلف همزمان با گذر ماهواره از منطقه مورد مطالعه و در چندین ایستگاه در طول مسیر رودخانه مقادیر شوری آب با کمک دستگاه آنالیزور کیفی آب قابل حمل اندازه گیری می‌شود. برای بررسی میزان شوری آب رودخانه می‌توان تصاویر ماهواره لندست ۸ را در دوره زمانی مختلف از یک منطقه خاص انتخاب نمود. (۲۶) این ماهواره دارای دو سنجنده به نام های OLI و TIRS (سنجنده باندهای حرارتی) می باشد، می‌توان از داده‌های سنجنده OLI استفاده کرد. این سنجنده دارای ۹ باند درطول موج‌های مختلف است. از میان باند های این سنجنده، باندهای ۲ تا ۵ که در محدوده مرئی و مادون قرمز نزدیک قرار دارند، می‌توان جهت بررسی شوری آب رودخانه استفاده کرد. برای صحت‌سنجی نتایج بدست آمده از داده‌های ماهواره‌ای، می‌توان این مقادیر را با مقادیر بدست آمده از دستگاه آنالیزور که به طور مستقیم از آب رودخانه بدست آمده است مقایسه کرد. (۲۷) قبل از پردازش، تصاویر ماهواره‌ای از نظر هندسی و اتمسفری باید تصحیح شوند. تصحیح اتمسفری تصاویر را می‌توان با استفاده از روش QUAC انجام داد. کلیه مراحل پردازش تصاویر را می‌توان با یکی از نرم افزارهای رایج پردازش تصاویر مانند ENVI انجام داد و سپس مقادیر انعکاس در باندهای ۲ تا ۵ سنجنده در ایستگاه‌های در نظر گرفته شده عملیات برداشت میدانی تعیین می‌شوند. علاوه بر حالات باند منفرد، از نسبت بانندی نیز برای تولید رگرسیون های خطی ساده نیز می‌توان استفاده کرد و همچنین با ترکیب باند های منفرد و نسبت بانندی با استفاده از رگرسیون خطی چندگانه مرحله ای، روابط بیشتری برای تخمین شوری آب رودخانه می‌توان بدست آورد. برای صحت سنجی نتایج بدست آمده از داده‌های ماهواره‌ای می‌توان با مقادیر بدست آمده از بازدید میدانی و نتایج بدست آمده از دستگاه آنالیزور مقایسه کرد. در نهایت به این نتیجه می‌توان رسید که همبستگی بالایی میان باندهای ماهواره لندست ۸ و میزان شوری آب رودخانه وجود دارد و همچنین استفاده از رگرسیون خطی چندگانه و ترکیبات مختلف بانندی دارای نتایج بهتری نسبت به حالت استفاده از باند منفرد می‌باشد. شکل (۳) یک نمونه نمودار شوری تخمین زده با استفاده از تصاویر سنجش از دور و شکل (۴) نمونه نحوه پراکندگی شوری یک رودخانه که از تصاویر سنجش از دور بدست آمده است آورده شده است.



شکل (۴): نمونه نحوه پراکندگی شوری یک رودخانه در تصاویر سنجش از دور



شکل (۳): یک نمونه نمودار شوری تخمین زده شده با استفاده از تصاویر سنجش از دور

۳- نتایج

بررسی رودخانه‌ها با کمک داده‌های سنجش از دور در استخراج مقادیر رسوبات، کدورت، شوری آب قابل انجام است. استفاده از نرم افزارهای QGIS و ENVI در انجام این مهم کمک شایانی در سهولت به کارگیری آن برای پردازش در ArcMap می‌باشد. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای جهت بررسی و تعیین پارامترهای کیفی آب (مانند: کدورت، شوری، آلودگی و رسوب‌پذیری) دارای مزایای بیشماری است، اما در اکثر مواقع یافتن رابطه‌ای مناسب به منظور تخمین دقیق پارامترهای مدنظر، نیازمند توجه ویژه به خصوصیات ذاتی، درونی پارامترها و بررسی عوامل بیرونی تاثیرگذار در شرایط آنها می‌باشد. همچنین قدرت تفکیک مکانی و طیفی تصویر مورد مطالعه بیشترین اهمیت را در تعیین میزان آلودگی، رسوبات و شوری آب رودخانه‌ها و نزدیکی این مقادیر به مقادیر زمینی را دارد. مطالعات متعدد در خصوص رودخانه‌های مختلف به وضوح نشان می‌دهد استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با وضوح، کیفیت و داده‌های بروز، بهبود چشمگیری را در دقت کار، کاهش هزینه و زمان انجام پروژه‌های مربوط به علوم زمین را در پی دارد.

۴- نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

از مشکلاتی که کشور ما همواره با آن روبروست، می‌توان به آلودگی آب‌های رودخانه‌ها، رسوب‌پذیر بودن رودخانه‌ها و دیگر موارد نام برد. تصاویر رادار در مقایسه با تصاویر سنجش از دور نوری به علت توانایی تصویربرداری در هر شرایط آب و هوایی، اطلاعات بیشتری را در اختیار ما قرار می‌دهد ولی استفاده از تصاویر نوری و تلفیق آنها با تصاویر رادار از لحاظ آنالیزهای بعدی و تفسیر بصری و مشاهده نتایج مفیدتر خواهد بود. همچنین استفاده از رگرسیون خطی چندگانه نتایج بهتری نسبت به حالت استفاده از باند منفرد می‌باشد. بنابراین استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ از قابلیت مناسبی جهت تخمین میزان کدورت، آلودگی و شوری آب رودخانه‌ها را می‌توان در آینده تخمین زد. با توجه به اینکه ممکن است تصاویر ماهواره‌ای در شرایط مختلف آب و هوایی و روزهای مختلفی از سال تهیه شوند و با توجه به اینکه در شرایط مختلف بازتاب‌های متفاوتی از سطح زمین منعکس می‌شود که امکان تغییر در متوسط بازتاب باندها دارد بهتر است در انواع رگرسیون‌های خطی از ضرایبی به عنوان ضرایب تحلیل حساسیت استفاده شود. همچنین با توجه به اینکه فرمول‌های انواع رگرسیون‌های خطی بر روی رودخانه‌های مختلف انجام شده که دارای پهنای و شرایط متفاوت می‌باشند توصیه می‌شود جهت استفاده از این فرمول با توجه به شرایط رودخانه مورد مطالعه بومی‌سازی و اصلاح شود.

مراجع

1. Curtis, W.F.; Culbertson, J.; Chase, E.B. Fluvial-Sediment Discharge to the Oceans from the Conterminous United States, 1st ed.; US Geological Survey: Reston, VA, USA, 1973; Volume 670, pp. 1–17.
2. Flores, J.; Wu, J.; Stöckle, C.; Ewing, R.; Yang, X. Estimating river sediment discharge in the Upper Mississippi River using Landsat Imagery. *Remote Sens.* 2020, 12, 2370.
3. Mouyen, M.; Longuevergne, L.; Steer, P.; Crave, A.; Lemoine, J.-M.; Save, H.; Robin, C. Assessing modern river sediment discharge to the ocean using satellite gravimetry. *Nat. Commun.* 2018, 9, 1–9.
4. Cook, S.; Chan, H.-L.; Abolfathi, S.; Bending, G.D.; Schäfer, H.; Pearson, J.M. Longitudinal dispersion of microplastics in aquatic flows using fluorometric techniques. *Water Res.* 2020, 170, 115337.
5. Martinez, J.-M.; Guyot, J.-L.; Filizola, N.; Sondag, F. Increase in suspended sediment discharge of the Amazon River assessed by monitoring network and satellite data. *Catena* 2009, 79, 257–264.
6. Stumpf, R.P.; Goldschmidt, P.M. Remote sensing of suspended sediment discharge into the western Gulf of Maine during the April 1987 100-year flood. *J. Coast. Res.* 1992, 8, 218–225.
7. Mangiarotti, S.; Martinez, J.M.; Bonnet, M.P.; Buarque, D.C.; Filizola, N.; Mazzega, P. Discharge and suspended sediment flux estimated along the mainstream of the Amazon and the Madeira Rivers (from in situ and MODIS Satellite Data). *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 2013, 21, 341–355.
8. Gallay, M.; Martinez, J.-M.; Mora, A.; Castellano, B.; Yépez, S.; Cochonneau, G.; Alfonso, J.A.; Carrera, J.M.; López, J.L.; Laraque, A. Assessing Orinoco river sediment discharge trend using MODIS satellite images. *J. S. Am. Earth Sci.* 2019, 91, 320–331.

9. Perks, M.T. Suspended sediment sampling. In *Geomorphological Techniques* (Online Edition); Cook, S.J., Clarke, L.E., Nield, J.M., Eds.; British Society for Geomorphology: London, UK, 2014; pp. 1–7
10. Mohsen, A.; Elshemy, M.; Zeidan, B.A. Change detection for Lake Burullus, Egypt using remote sensing and GIS approaches. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2018, 25, 30763–30771.
11. Park, E. and E. M. Latrubesse. 2014. Modeling suspended sediment distribution patterns of the Amazon River using MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, 147, pp. 232-242
12. Wang, J. J. and C. C. Lu. 2009. Estimation of suspended sediment concentrations using terra MODIS: An example from the lower Yangtze revere, china. *Journal of science of the Total Environment* 408(5), pp. 1131-1138.
13. Moridnejad, A., H. Abdullah and S. K. Alavipanah. 2013. Applying artificial neural networks to estimate suspended sediment concentrations along the southern coast of the Caspian Sea using MODIS images. *Arabia Journal of Geosciences* 8, pp. 891-901.
14. Qiu, Z., Xiao, C., Perrie, W., Sun, D., Wang, S., Shen, H., Yang, D. and He, Y., 2017. Using Landsat 8 data to estimate suspended particulate matter in the Yellow River estuary. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 122(1), pp.276-290.
15. Vanhellemont, Q. and Ruddick, K., 2014. Turbid wakes associated with offshore wind turbines observed with Landsat 8. *Remote Sensing of Environment*, 145, pp.105-115
16. Vanhellemont, Q. and Ruddick, K., 2015. Advantages of high quality SWIR bands for ocean colour processing: Examples from Landsat-8. *Remote Sensing of Environment*, 161, pp.89-106.
17. Moridnejad, A., H. Abdullah and S. K. Alavipanah. 2013. Applying artificial neural networks to estimate suspended sediment concentrations along the southern coast of the Caspian Sea using MODIS images. *Arabian Journal of Geosciences* 8: 891-901.
18. Park, E. and E. M. Latrubesse. 2014. Modeling suspended sediment distribution patterns of the Amazon River using MODIS data. *Remote Sensing of Environment* 147: 232-242.
19. Tang, D. and C. Yingli. 2015. An Investigation of spatial variation of suspended sediment concentration induced by a bay bridge based on landsat TM and OLI data. *Journal Advances in Space Research* 5: 293-303.
20. Vignoloa, A., Pochettinoa, A., Ciceronea, D. (2006). " Water quality assessment using remote sensing techniques: Medrano Creek, Argentina" *Journal of Environmental Management* 81.
21. Koponen, S., Attila, J., Pulliainen, J., Kallio, K., Pyhalahti, T., Lindfors, A., Rasmus, K. and Hallikainen, M. (2007). "A case study of airborne and satellite remote sensing of a spring bloom event in the Gulf of Finland" *Continental Shelf Research*, 27(2), 228-244.
22. Onderka, M. and Pekarova, P. (2008). "Retrieval of suspended particulate matter concentrations in the Danube River from Landsat ETM data" *Science of the Total Environment*, 397(1-3), 238-243.
23. Wang J.J., Lu X.X., Liew S.C., and Zhou Y. (2009). "Retrieval of suspended sediment concentrations in large turbid rivers using Landsat ETM+: an example from the Yangtze River" *China, Earth Surf Process Landforms* 34, 1082–1092.
۲۴. پوراسحق م، ذاکرمشفق م، عبده کلاه‌چی ع. تخمین کدورت آب رودخانه دز با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و تصاویر ماهواره لندست ۸، ششمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه کردستان؛ ۱۳۹۵.
25. Stevens, D. E. (1191), "Environmental factors affecting striped bass (*Morone saxatilis*) in the SacramentoSan Joaquin estuary," In: T. J. Conomos (ed.), *Proe. San Francisco Bay: 99~e Urbanized Estuary*, Amer. Assoc. Adv. Sci., Washington, D.C., 461 494.
۲۶. پوراسحق م، ذاکرمشفق م، عبده کلاه‌چی ع. برآورد شوری آب رودخانه دز با استفاده از سنجش از دور، اولین کنفرانس بین‌المللی آب، محیط زیست و توسعه پایدار، دانشگاه محقق اردبیلی؛ ۱۳۹۵.
۲۷. بیگدلی ب، ولدان زوج م، مقصودی مهرانی ی. ارزیابی پتانسیل تصاویرسنجنده OLI در تفکیک شش رقم گندم ایرانی با استفاده از کتابخانه طیفی، نشریه علمی سپهر، دوره ۲۴، شماره ۹۳؛ ۱۳۹۵.

پوشش‌های خوراکی و نقش آنها در کیفیت و ماندگاری مواد غذایی

محمدامین سعدی^{*۱}

۱- دانشجوی کارشناسی رشته بهداشت مواد غذایی، دانشگاه فناوری‌های نوین آمل، آمل، ایران

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: mr.aminsaadi99@gmail.com

Edible Coatings and their Role in Food Quality and Shelf Life

Mohammad Amin Saadi^{1*}

1-Bachelor student of food hygiene, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran

*Corresponding author e-mail address: mr.aminsaadi99@gmail.com

ABSTRACT

Edible coatings are thin layers of edible materials that are placed on food products to improve quality and increase shelf life. These coatings are from natural compounds such as Proteins, Fats and Polysaccharides along with different additives, and can also upgrade their quality in addition to maintaining, maintaining quality and increasing the durability of food products. Which can be used for these types of antioxidants, flavor additives, nutritious turkeys, vitamins, and natural antimicrobial materials in these coatings. The perishable nature of some types of food causes their limited shelf life. Today, the use of edible coatings is widespread in covering all kinds of food, and these coatings are largely being replaced by synthetic coating. In this review article, we discuss the description of food coatings, their application and types in different foods.

Keywords: Edible Coating, Antimicrobial, Essential oils, Chitosan

چکیده

پوشش‌های خوراکی، لایه نازکی از مواد خوراکی هستند که برای بهبود کیفیت و افزایش ماندگاری بر روی محصولات غذایی قرار می‌گیرند. این پوشش‌ها از جنس ترکیبات طبیعی مانند پروتئین‌ها، چربی‌ها و پلی‌ساکاریدها به همراه افزودنی‌های مختلف هستند و می‌توانند ضمن نگهداری، حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری محصولات غذایی، کیفیت آنها را نیز ارتقا بخشند. که به این منظور از انواع آنتی‌اکسیدان‌ها، افزودنی‌های عطر و طعم، ترکیبات مغذی مثل ویتامین‌ها، و مواد ضد میکروبی طبیعی می‌توان در این پوشش‌ها استفاده کرد. ماهیت فساد پذیری انواعی از مواد غذایی مسبب ماندگاری محدود آنها می‌گردد. امروزه کاربرد پوشش‌های خوراکی در پوشش دادن انواع مواد غذایی رواج یافته است و این پوشش‌ها تا حد زیادی در حال جایگزین شدن به جای پوشش‌های سنتزی هستند. در این مقاله مروری به توصیف پوشش‌های خوراکی، کاربرد و انواع آنها در مواد غذایی مختلف می‌پردازیم.

واژه‌های کلیدی: پوشش خارجی، ضد میکروبی، اسانس، کیتوزان

۱- مقدمه

ترکیباتی که برای سلامتی انسان مضر نیستند و به قصد مصرف او طراحی و ساخته می‌شوند، خوراکی نام دارند. امروزه در بسته‌بندی مواد غذایی، لفاف‌های خوراکی در بسیاری از موارد به طور کامل جایگزین لفاف‌های پلیمری سنتزی یا ترموپلاستیک^۱ شده‌اند. از آن جمله می‌توان به پوشش دادن انواع این لفاف‌ها بر سطح فراورده‌های غذایی نظیر میوه‌ها و سبزی‌های تازه، برخی فراورده‌های گوشتی، طیور و ماهی، تنقلات و... اشاره داشت. لفاف پوششی محصولات غذایی، آنها را از مزایای گوناگون از نقطه نظر جنبه‌های سلامت بخش، حسی و اقتصادی برخوردار می‌سازد (۱). بر اساس گزارشات سازمان بهداشت جهانی هر ساله بیش از ۳۰ درصد مردم در کشورهای صنعتی از بیماری‌های منتقله توسط غذا رنج می‌برند (۲). سال‌هاست که از پوشش‌های خوراکی برای نگهداری بهتر محصولات غذایی و افزایش جذابیت ظاهری استفاده می‌شود. از قدیمی‌ترین مواد مورد استفاده موم زنبور عسل است. ویژگی فیلم‌های خوراکی در برابر ممانعت نسبی از عبور رطوبت، گازها و مواد محلول و همچنین توانایی آنها به عنوان حامل مواد عطر و طعم، مواد ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدان‌ها و رنگ‌ها سبب توجه محققین به آنها به عنوان مواد بسته‌بندی جدید و جایگزین مناسب بسیاری از بسته‌بندی‌های پلاستیکی شده است (۳).

۲- پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی

هرگونه ماده‌ای که به عنوان پوشش روی انواع غذاها با هدف افزایش عمر ماندگاری آنها استفاده می‌شود، که می‌تواند همراه با غذا خورده شود و جابه‌جایی ثانویه نداشته باشد، جزء فیلم و پوشش‌های خوراکی محسوب می‌شود. فیلم‌های خوراکی می‌توانند تبادل گازهای مهم که در تنفس و پیری محصول نقش دارند (اکسیژن، کربن‌دی‌اکسید و اتیلن) را کنترل کند. همچنین از ورود میکروارگانیسم‌ها با استفاده از ترکیبات ضد میکروبی جلوگیری کند، رطوبت محصول را کاهش دهد و به حفظ عطر و طعم و خواص تغذیه‌ای آن کمک کند (۴).

۳- طبقه بندی پوشش‌ها

پوشش مورد استفاده در بسته‌بندی را می‌توان بر اساس ساختار شیمیایی به چهار دسته پروتئین‌ها (زئین ذرت، پروتئین‌های سویا، ژلاتین، پروتئین‌های تخم مرغ، پروتئین‌های آب پنیر، کازئین شیر، کلاژن)، پلی‌ساکاریدها (سلولز و مشتقات سلولز، نشاسته و مشتقات آن، کیتین، کیتوزان و صمغ‌ها)، لیپیدها (چربی‌ها و روغن‌های حیوانی و گیاهی و موم‌ها) و پلی‌استرها (پلی‌هیدروکسی بوتیرات، پلی‌هیدروکسی والرات، پلی‌لاکتیک اسید و پلی‌گلیکولیک اسید، که این دسته بیشتر حالت زیست تخریب پذیر خوراکی دارند) تقسیم کرد (۵).

۴- روش‌های استفاده از پوشش‌های خوراکی در مواد غذایی

برای استفاده از پوشش‌های خوراکی در مواد غذایی، می‌توان از روش‌های پوشش‌دهی غوطه‌وری، برس زدن یا استفاده از اسفنج، کف پاشی و اسپری محلول به سطح غذا و یا تولید فیلم خوراکی استفاده کرد. روش اسپری مناسب‌ترین روش برای زمانی است که هدف، ایجاد پوشش نازک در اطراف محصول غذایی و یا پوشش دادن یک سمت فرآورده است. در روش پوشش‌دهی، نمونه ماده غذایی در محلول تشکیل‌دهنده فیلم غوطه‌ور شده و اجازه داده می‌شود تا این محلول بر روی سطح ماده غذایی خشک شود. این روش باعث ایجاد پوشش یکنواخت در سطح ماده غذایی می‌شود. تفاوت فیلم و پوشش در این است که فیلم به راحتی از ماده غذایی قابل جدا شدن است، اما در پوشش‌دهی، کاملاً در تماس مستقیم با محصول بوده و جدا کردن آن از غذا مشکل یا حتی ناممکن است (۶).

1. Thermoplastic

۵- کاربرد پوشش‌های خوراکی

از پوشش‌های خوراکی برای حفظ کیفیت مواد غذایی گوناگون مانند گوشت قرمز و محصولات گوشتی، مرغ و ماهی و میوه‌جات و سبزیجات استفاده می‌شود. مواد غذایی با منشا حیوانی به عنوان یک منبع تغذیه‌ای بسیار مهم از جهت دارا بودن پروتئین بالا و اسید آمینه ضروری در رژیم غذایی انسان به حساب می‌آیند (۷) و از همین رو محل مناسبی برای رشد انواع میکروارگانیسم‌ها و در نتیجه فساد آنها می‌باشد. از جمله گوشت مرغ نیز مستعد آلودگی میکروبی و شیمیایی می‌باشد، لذا استفاده از پوشش‌ها در نگهداری از گوشت مرغ لازم و ضروری به نظر می‌رسد. محدودیت اصلی برای تجاری کردن محصولات مرغ تازه، مدت ماندگاری آنها است. مواد مغذی فراوان این محصولات و رطوبت سطحی آنها منجر به رشد سریع میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و عامل فساد و در نتیجه کاهش مدت ماندگاری آنها می‌شود (۸). پوشش‌های خوراکی با حداقل رساندن این تغییرات در محافظت ماده غذایی نقش مهمی را ایفا می‌کنند. از مزایای لفاف‌های خوراکی می‌توان به عدم آلودگی محیط زیست، ارزش تغذیه‌ای، حفظ ایمنی غذا از طریق جلوگیری از فساد و آلودگی میکروبی، حفظ ظاهر و جلوه غذا به نحو مطلوب و مانع از دست رفتن رایحه اشاره کرد (۹).

۶- افزودنی‌ها در فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی

استفاده از ضد میکروب‌ها مثل بنزوئیک اسید، سدیم بنزوات، سوربیک اسید، پتاسیم سوربات و یا پروپیونیک اسید یک فاکتور نگهداری غذا را نشان می‌دهد. روکش‌های رنگی به خاطر اثرشان در نگهداری افزودنی‌های روی سطح غذا به عنوان حاملان ضد میکروبی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. آنتی‌اکسیدان‌ها، پایداری ترکیبات غذا مخصوصاً لیپیدها را افزایش می‌دهند و ارزش تغذیه‌ای و رنگ را با جلوگیری از اکسیداسیون چربی‌ها نگه می‌دارند. اسید یا ترکیبات فنولیک به عنوان آنتی‌اکسیدان‌ها عمل می‌کنند. ترکیبات فنولیک مثل بوتیلات هیدروکسی آنیزول (BHA)، بوتیلات هیدروکسی تولوئن (BHT)، ترشری بوتیلات هیدروکسینون (TBHQ)، پروپیل گالات و توکوفرول‌ها از اکسیداسیون لیپید جلوگیری می‌کنند (۱۰). اسانس‌ها یکی از ترکیباتی هستند که امروزه در پوشش‌های خوراکی افزوده می‌شوند و کاربردهای مهمی دارند؛ اسانس‌های روغنی به دست آمده از گیاهان مختلف دارای خواص آنتی‌اکسیدانی گسترده‌ای هستند که مربوط به وجود گروه‌های هیدروژن‌دار در ساختار شیمیایی آنها می‌باشد. کاربرد اسانس‌ها به صورت مستقیم در غذا، اغلب با مشکلاتی مانند ایجاد مسمومیت، آرومای قوی و تغییر طعم و ویژگی‌های ظاهری غذا رو به ور بوده است. یکی از راهکارهایی که اخیراً برای کاهش این مشکلات به کار برده شده است، استفاده از آنها در ترکیب با بسته بندی‌های غذایی است. این روش باعث کاربرد مقدار بیشتری از اسانس فقط در سطح ماده غذایی و بدون افزودن مستقیم آن به ماده غذایی، افزایش خواص ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدانی و از طرفی باعث کاهش نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌ها نیز می‌شود (۱۱).

۷- پوشش خوراکی و اسانس در محصولات غذایی

پوشش خوراکی بر پایه موسیلاژ دانه بالنگوی سیاه با اسانس زیره سیاه (۱۲)، کیتوزان و اسانس زیره سبز (۱۳)، و عصاره سماق با پوشش خوراکی کیتوزان حاوی اسانس آویشن شیرازی (۱۴) از پوشش‌های خوراکی مورد استفاده در گوشت قرمز می‌باشند. استفاده از پوشش خوراکی حاوی اسانس زیره سیاه از طریق جلوگیری از فعالیت آنزیمی، رشد میکروبی، تجزیه ترکیبات پروتئینی و در نتیجه تجمع ترکیبات بازی در گوشت سبب ممانعت از افزایش PH گوشت گاو طی نگهداری می‌شود (۱۵). اسانس زیره سبز (Cuminum cyminum) دارای ترکیبات پینین، آلفاترپینول، آپی‌ژنین و... بوده که علاوه بر آرومای خاص دارای خاصیت ضد میکروبی نیز می‌باشد (۱۳). مطالعه Prashanth و Tharanathan (۲۰۰۷) بیان داشت که اثر ضد میکروبی کیتوزان از طریق نفوذپذیری غشا سیتوپلاسمی، منجر به نشت الکترولیت‌ها و مواد پروتئینی از سیتوپلاسم به خارج سلول شده و در نهایت باعث مرگ سلول می‌شود (۱۶).

ایزوله پروتئین آب پنیر حاوی اسانس مرزه باغی (۱۷) و کیتوزان حاوی عصاره بره بوم و اسانس آویشن (۱۸)، از پوشش‌های خوراکی استفاده شده برای نگهداری گوشت مرغ هستند. آب پنیر محصول جانبی کارخانه‌های پنیرسازی است که به عنوان افزودنی در بسیاری از مواد غذایی فرآوری شده استفاده می‌شود و مرزه باغی یک گیاه دارویی معطر، یک‌ساله و متعلق به تیره نعنائیان است. اسانس مرزه باغی به دلیل داشتن ترکیبات فنولی دارای ویژگی‌های ضد میکروبی و ضد اکسایشی است (۱۷). اثرات آنتی‌باکتریایی اسانس آویشن نیز مربوط به وجود ترکیباتی مانند کارواکرول و تیمول است (۱۸).

کربوکسی متیل سلولز (۱۹)، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز (۱۹)، صمغ گوار و ژل آلونته ورا (۲۰)، و صمغ عربی و صمغ بادام کوهی (۲۱) از پوشش‌های استفاده شده در میوه‌جات و آلزینات سدیم حاوی آلفا توکوفرول (۲۲) و پوشش اینولین (۲۳) نیز از پوشش‌های مورد استفاده در گوشت ماهی می‌باشند. پوشش کربوکسی متیل سلولز را می‌توان از منابع فراوان و کم هزینه مانند نیشکر باگاس که یکی از مهم‌ترین فرآورده‌های فرعی صنعت نیشکر است، تهیه کرد و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز، بی‌بو، بی‌مزه، ارزان قیمت و فاقد سمیت، شفاف و مانع خوب در برابر گازها می‌باشد (۱۹).

۸- نتیجه گیری

پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی لایه‌های نازکی از مواد خوراکی هستند که نقش مهمی در نگهداری، توزیع و بازاریابی محصولات غذایی ایفا می‌کنند. این پوشش‌ها باید دارای خصوصیت‌هایی مانند ممانعت در برابر جذب رطوبت، رشد میکروارگانیسم‌ها و تغییرات شیمیایی باشند تا از محصول غذایی به خوبی حفاظت نمایند.

۹- تشکر و قدردانی

با تقدیر و تشکر از استادان زهرا پناهی و اصغر عزیزیان که در نگارش و تنظیم این مقاله حامی بنده بوده‌اند.

مراجع

۱. ابراهیمی، صدیقه س، همزه، یحیی، ایزدیار. تهیه فیلم محافظ میوه از مواد لیگنوسولوزی و کاربرد پیش‌تیمار از ندهی کوتاه بر انحلال آنها. فصلنامه علمی سپارش. ۲۰۲۲.
۲. Jeyasekaran G, Ganesan P, Anandaraj R, Shakila RJ, Sukumar D. Quantitative and qualitative studies on the bacteriological quality of Indian white shrimp (*Penaeus indicus*) stored in dry ice. *Food microbiology*. 2006;23(6):526-33.
۳. Debeaufort F, Quezada-Gallo J-A, Voilley A. Edible films and coatings: tomorrow's packagings: a review. *Critical Reviews in food science*. 1998;38(4):299-313.
۴. Pavlath AE, Orts W. Edible films and coatings: why, what, and how? *Edible films and coatings for food applications*. 2009:1-23.
۵. Shahidi F, Arachchi JKV, Jeon Y-J. Food applications of chitin and chitosans. *Trends in food science & technology*. 1999;10(2):37-51.
۶. Robinson D, Salejova-Zadrazilova G. *Nanotechnology for Biodegradable and Edible Food Packaging*. Working paper version 1; 2010.
۷. Bazargani-Gilani B, Aliakbarlu J, Tajik H. Effect of pomegranate juice dipping and chitosan coating enriched with *Zataria multiflora* Boiss essential oil on the shelf-life of chicken meat during refrigerated storage. *Innovative food science & emerging technologies*. 2015;29:280-7.
۸. Aymerich T, Picouet PA, Monfort JM. Decontamination technologies for meat products. *Meat science*. 2008;78(1-2):114-29.
۹. سیدامیرمحمد م، محمدحسین ع، سارا سو. مروری بر کاربرد لاف های خوراکی در مواد غذایی.
۱۰. Quezada-Gallo J-A. Delivery of food additives and antimicrobials using edible films and coatings. *Edible films and coatings for food applications*. 2009:315-33.

۱۱. قادرمزی، کرامت، گلی، سیدامیرحسین. تهیه و بررسی ویژگی‌های فیلم خوراکی HPMC حاوی اسانس مریم‌گلی. علوم غذایی و تغذیه. ۱۳۳۰؛۲۰۱۵ (زمستان ۹۴):۵-۱۶
۱۲. نوشاد، حجتی، علیزاده. افزایش عمر نگهداری گوشت گاو با استفاده از پوشش خوراکی زیست فعال بر پایه موسیلاژ دانه بالنگوی سیاه بارگذاری شده با اسانس زیره سیاه. مهندسی بیوسیستم ایران. ۲۰۲۰؛۵۱(۲):۴۰۷-۱۸
۱۳. فتاحیان، آرزو، آراف، مکتبی، بروجنی پ، باورصاد، et al. بررسی اثر پوشش خوراکی کیتوزان و اسانس زیره سبز بر ماندگاری گوشت گاو در بسته بندی اتمسفر اصلاح شده. مجله علوم و صنایع غذایی ایران. ۲۰۲۰؛۱۷(۱۰۴):۷۹-۹۱
۱۴. لنگرودی م، تاجیک. اثرات ضد میکروبی عصاره سماق با پوشش خوراکی کیتوزان حاوی اسانس آویشن شیرازی بر گوشت قرمز در بسته بندی اتمسفر اصلاح شده و معمولی. مجله مطالعات علوم پزشکی. ۲۰۱۷؛۲۸(۳):۱۹۲-۲۰۵
۱۵. Alizadeh Behbahani B, Imani Fooladi AA. Development of a novel edible coating made by Balangu seed mucilage and Feverfew essential oil and investigation of its effect on the shelf life of beef slices during refrigerated storage through intelligent modeling. Journal of food safety. 2018;38(3):e12443.
۱۶. Prashanth KH, Tharanathan R. Chitin/chitosan: modifications and their unlimited application potential—an overview. Trends in food science & technology. 2007;18(3):117-31.
۱۷. جوینده، کوراوند، فرزانه. تأثیر به‌کارگیری پوشش بر پایه ایزوله پروتئین آب‌پنیر حاوی اسانس مرزه باغی بر قابلیت نگهداری فیله مرغ. نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی. ۲۰۲۱؛۱۲(۲):۱۱۵-۲۸
۱۸. قبله، سوره، اتا. کاربرد پوشش خوراکی کیتوزان حاوی عصاره بره موم و اسانس آویشن بر روی کیفیت و ماندگاری گوشت مرغ در دمای یخچال. تحقیقات دامپزشکی و فرآورده‌های بیولوژیک. ۲۰۲۰؛۳۳(۴):۶۳-۷۴
۱۹. عباسی، دستجردی م، سیاهویی ع، شمیلی، مدنی. اثر پوشش‌های خوراکی بر کاهش پوسیدگی کپک سبز و حفظ کیفیت میوه لیموترش. مجله علوم و صنایع غذایی ایران. ۲۰۲۲؛۱۹(۱۲۳):۲۴۳-۵۵
۲۰. ابراهیمی، رستگار، مفتاحی‌زاده، حیدر. تأثیر پوشش خوراکی صمغ گوار و ژل آلونته‌ورا بر کیفیت انبارمانی میوه انبه (*Mangifera indica*). پژوهش‌های میوه کاری. ۲۰۱۹؛۴(۲):۷۳-۸۲
۲۱. زاده سح، حنیفه، عباسی، پیمان، زاهدی. کاربرد برخی از پوشش‌های خوراکی روی خصوصیات بیوشیمیایی و عمر قفسه‌ای انگور (*Vitis vinifera L*). فرآیند و کارکرد گیاهی. ۲۰۲۰؛۹(۳۶):۱۵۳-۶۸
۲۲. ترمنی پ، احسانی، بیگی ق، پیمان. بررسی تاثیر بکارگیری پوشش غذایی آلژینات سدیم حاوی آلفا توکوفرول در افزایش ماندگاری گوشت ماهی. مجله علوم و صنایع غذایی ایران. ۲۰۱۶؛۱۳(۶۱):۲۴-۱۷
۲۳. پارسا ع. کاربرد پوشش اینولین در حفظ کیفیت گوشت ماهی. مجله آبریان دریای خزر. ۲۰۲۰؛۵(پاییز و زمستان ۱۳۹۹):۱-۱۰.

مدل‌سازی آلاینده دی اکسید گوگرد در شهر تهران با استفاده از شبکه عصبی

مصنوعی پرسپترون چند لایه

زینب اکبری مطلق^{۱*}، محمدجواد ذوقی^۲، مرتضی عراقی^۳، محمدرضا دوستی^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه بیرجند، z.akbari.m@birjand.ac.ir

۲- استادیار، دانشگاه بیرجند، mj.zoqi@birjand.ac.ir

۳- استادیار، دانشگاه بیرجند، m.araghi@birjand.ac.ir

۴- دانشیار، دانشگاه بیرجند، mdoosti@birjand.ac.ir

* آدرس ایمیل نویسنده مسئول: z.akbari.m@birjand.ac.ir

SO₂ pollutant modeling in Tehran city using MLP artificial neural network

Zeynab Akbari Motlagh^{1*}, Mohammad Javad Zoqi², Morteza Araghi³, Mohammad-Reza Doosti⁴

1- M.Sc. University of Birjand, z.akbari.m@birjand.ac.ir

2- Assistant Prof., University of Birjand, mj.zoqi@birjand.ac.ir

3- Assistant Prof., University of Birjand, m.araghi@birjand.ac.ir

4- Associate Prof., University of Birjand, mdoosti@birjand.ac.ir

* Corresponding author: z.akbari.m@birjand.ac.ir

ABSTRACT

In this paper, a multilayer perceptron Artificial Neural Network (ANN) is proposed to model and predict the SO₂ pollutant in Tehran city. The input parameters of the proposed ANN include air temperature, wind speed, rainfall, and air humidity. On the other hand, the people's social-traffic behavior is very important on the air quality, so its effect has been applied through the classification and separation of data related to Nowruz days and considering the day and month numbers as the input ANN parameters. Pollutant in the past day is another influential factor in the modeling which has been taken into account. It should be noted that the data used in this paper is related to the last 10 years of the Aqdasieh area of Tehran. The proposed optimal ANN has a hidden layer with the number of 12 neurons and hyperbolic and linear-tan transfer functions in the hidden and output layers, respectively. Also, error back propagation algorithm and Levenberg-Marquardt training function are used. The correlation coefficient value of 0.96517 and the RMSE value of 0.07711 indicate the appropriate performance of the proposed ANN to predict and model the SO₂ polluting.

Key words: Air pollution, Artificial Neural Networks, SO₂ pollutant.

چکیده

کلان‌شهر تهران همواره با آسیب‌های ناشی از آلودگی هوا مواجه است؛ چرا که جمعیت زیادی را در بر دارد و در معرض منابع متعدد تولیدکننده آلودگی می‌باشد. بنابراین، مطالعه و بررسی اثرات نامطلوب آلودگی هوا و بهره‌گیری از ابزاری جهت پیش‌بینی و مدل‌سازی آلاینده‌ها بسیار ضروری است؛ که شبکه‌های عصبی مصنوعی یکی از این ابزارهاست. در این مقاله، از شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه به منظور پیش‌بینی و مدل‌سازی آلاینده دی اکسید گوگرد در شهر تهران استفاده شده است. پارامترهای ورودی شبکه پیشنهادی شامل دمای هوا، سرعت باد، میزان بارش، میزان رطوبت نسبی هوا است. با توجه به اینکه رفتار اجتماعی-

ترافیکی مردم نیز بر روی کیفیت هوا بسیار تأثیرگذار است، اثر آن از طریق طبقه‌بندی و جداسازی داده‌های مربوط به ایام نوروز و لحاظ کردن پارامتر روز و ماه اعمال شده است. غلظت آلاینده در روز گذشته یکی دیگر از پارامترهای تأثیرگذار در مدل‌سازی آلودگی هوا است که مدنظر قرار گرفته است. لازم به ذکر است که داده‌های بکار گرفته شده در این مقاله مربوط به ۱۰ سال اخیر منطقه اقدسیه تهران است. شبکه عصبی بهینه دارای یک لایه پنهان با تعداد ۱۲ نرون و توابع انتقال تانژانت هایپربولیک و خطی در لایه پنهان و خروجی است. همچنین الگوریتم پس انتشار خطا و تابع آموزشی لونیبرگ-مارکوات به کار گرفته شده است. مقدار ضریب همبستگی ۰/۹۶۵۱۷ و ریشه میانگین مربعات خطا برابر ۰/۰۷۷۱۱ نشان از عملکرد مناسب شبکه عصبی طراحی شده برای پیش‌بینی و مدل‌سازی غلظت آلاینده SO₂ دارد.

واژه‌های کلیدی: آلاینده دی اکسید گوگرد، آلودگی هوا، شبکه‌های عصبی.

۱- مقدمه

در عصر حاضر استفاده نادرست و بیش از اندازه انرژی و مواد باعث افزایش آلودگی‌های مختلف و آسیب رساندن به محیط زیست شده که یکی از معضلات دنیای کنونی می‌باشد. توجه به رشد پایدار به صورتی که سلامت محیط زیست و افراد جامعه دچار آسیب نشوند، یکی از روش‌های ناگزیر بشر است. رشد تولید و اقتصاد که با افزایش نیاز انسان به انرژی افزایش یافته چنانچه با مدیریت صحیح پیش نرود، باعث آلودگی‌های بیشتر شده که خطر برای محیط زیست و افراد جامعه را در پی خواهد داشت. هر ماده‌ای که به صورت گاز، مایع یا جامد در هوا وجود داشته باشد که باعث آسیب رساندن به محیط زیست، جانوران و انسان‌ها شود آلودگی هوا بوده که این آلاینده‌ها یا طبیعی یا ساخته دست بشر است [۱-۳].

آلاینده‌های هوا را می‌توان بر اساس منشأ ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی‌شان به دو گروه اولیه و ثانویه تقسیم نمود. آلاینده‌های اولیه موادی هستند که از منابع به طور مستقیم در مقادیر گسترده وارد هوای محیط می‌شوند که به موجب آن اثرات زیان‌بار بهداشتی و برهم خوردن رفاه عمومی در مقیاس مکانی نسبتاً بزرگ ایجاد می‌شوند؛ لذا برای این آلاینده‌ها استانداردهای ملی وضع نموده‌اند. این گروه آلاینده‌ها شامل پنج آلاینده مونوکسید کربن (CO)، دی اکسید نیتروژن (NO₂)، ذرات معلق کوچک‌تر از ۲/۵ میکرون (PM_{2.5}) و ذرات معلق کوچک‌تر از ۱۰ میکرون (PM₁₀) و دی اکسید گوگرد (SO₂) می‌باشند. آلاینده‌های ثانویه به موادی اطلاق می‌شود که در اثر فعل و انفعالات موجود در هوای اطراف زمین به وجود می‌آید و در این گروه می‌توان از ازن (O₂) نام برد [۴]. دی اکسید گوگرد نسبت به اکسیدهای دیگر گوگرد مهم‌تر می‌باشد؛ چرا که آلاینده قوی‌تری می‌باشد. از منابع انتشار اصلی این آلاینده می‌توان به نیروگاه‌ها، کارخانه‌ها و خودروهای دیزلی اشاره کرد. این گاز فاقد رنگ می‌باشد و قابلیت اشتعال ندارد. از ترکیب این آلاینده در هوا با بخار آب، باران اسیدی تشکیل می‌شود که می‌تواند حیات آبریان را با خطر مواجه کند [۳ و ۵].

به منظور پیش‌بینی و مدل‌سازی آلودگی هوا روش‌های قطعی و روش‌های تجربی-آماري به کار گرفته می‌شوند. در روش قطعی با بهره‌گیری از مدل‌های دیفیوژن اتمسفری تلاش می‌شود تا از طریق رابطه‌های فیزیکی و شیمیایی تولید و پخش آلاینده‌های هوا، مدلی برای شبیه‌سازی حاصل شود که به علت عدم دسترسی به تمامی اطلاعات ورودی مورد نیاز این مدل، ناچار به ساده‌سازی‌های فراوانی در مدل‌سازی می‌باشد که سبب رخ دادن خطا می‌شود. روش تجربی-آماري به منظور فهم ارتباط بین متغیرها، حجم فراوانی از داده‌های واقعی را می‌طلبد. مدل‌های رگرسیونی از جمله روش‌های آماری می‌باشد که در مدل‌سازی و پیش‌بینی غلظت آلاینده‌های هوا به کار گرفته می‌شود. مدل‌های رگرسیون نیز دو نوع رگرسیون خطی و غیر خطی می‌باشند. نظر به این که ارتباط بین آلاینده‌های هوا و پدیده‌های هواشناسی پیچیده و غیرخطی می‌باشد، لذا مدل‌های رگرسیون خطی گزینه مناسبی برای مدل‌سازی آلودگی‌ها نمی‌باشد. شبکه‌های عصبی یکی از مدل‌های غیرخطی است که برای مدل‌سازی آلودگی هوا به کار گرفته می‌شوند [۴-۷].

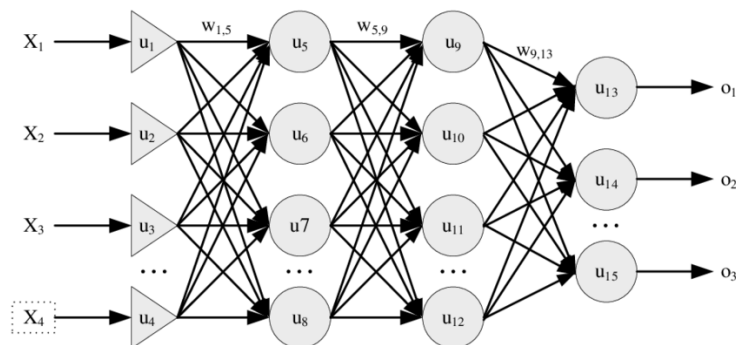
شبکه‌های عصبی مصنوعی سیستم‌های پویایی هستند که به کمک آنالیز اطلاعات تجربی، آنچه را که در لایه‌های پنهان اطلاعات نهفته است را به ساختار شبکه انتقال می‌دهند و دارای ویژگی‌های مشترکی با شبکه عصبی طبیعی می‌باشد. قوانین کلی در این نوع از سیستم‌ها بر اساس محاسبات انجام شده بر روی داده‌های عددی، فراگرفته می‌شود. شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی آینده‌ها بسیار کمک کننده می‌باشند. مهم‌ترین مزیت این شبکه‌ها، دقت بالا، توانایی فراوان و در عین حال سهولت استفاده از آن می‌باشد [۸].

هدف اصلی این مقاله، مدل‌سازی آلودگی هوای شهر تهران با شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه می‌باشد؛ که بدین منظور از داده‌های زمانی مربوط به بازه زمانی ۱۰ ساله (از سال ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰) استفاده شده است. لایه‌های ورودی شبکه عصبی پیشنهادی شامل سرعت باد، میزان بارش، تشعشع خورشید، میزان رطوبت هوا و رفتارهای اجتماعی-ترافیکی می‌باشد که به صورت بازه زمانی ۲۴ ساعته دریافت می‌شوند. به منظور پیش‌بینی غلظت آلاینده دی اکسید گوگرد در ۲۴ ساعت آینده، از شبکه عصبی مصنوعی استفاده می‌شود. بهترین توپولوژی شبکه عصبی شامل تعداد لایه‌ها، تعداد نرون‌های هر لایه، تابع انتقال و الگوریتم آموزش، به کمک نرم‌افزار Matlab پیاده‌سازی می‌شود. الگوریتم به گونه‌ای طراحی می‌شود که قابلیت بررسی تمامی حالات ممکن را دارا باشد و در نهایت انواع مناسب این طراحی‌ها منجر به ساختار بهینه شبکه می‌شود. تعیین متغیرهای ورودی مدل که تأثیر بسزایی در کارایی مدل دارد، از مهمترین مراحل توسعه مدل شبکه عصبی می‌باشد.

۲- ساختار شبکه عصبی

شبکه عصبی پرسپترون چند لایه (MLP) یکی از کارآمدترین شبکه‌های عصبی است که از توپولوژی ساده‌ای نیز برخوردار می‌باشد. این شبکه شامل یک لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی می‌باشد. در یک لایه از شبکه می‌توان دو یا چندین نرون با هم ترکیب شوند، همچنین یک شبکه نیز می‌تواند از یک یا چند لایه تشکیل شود. در شبکه‌های چند لایه هر لایه بردار ورودی، بردار بایاس، ماتریس وزنی و بردار خروجی مخصوص به خود را دارد. تعداد نرون‌های هر لایه می‌تواند یکسان و یا متفاوت باشد. نحوه چینش و برقراری اتصالات یا به عبارتی توپولوژی یک شبکه عصبی یکی از مهمترین فاکتورهای کارایی شبکه می‌باشد. شبکه‌های پیشخور ابتدایی‌ترین و ساده‌ترین شبکه‌های عصبی هستند؛ بطوریکه ورودی‌ها در نرون‌ها وارد می‌شوند و پس از عبور از لایه‌های میانی (در شبکه‌های چند لایه) به سوی لایه خروجی حرکت می‌کنند. شبکه‌های عصبی چندلایه پیشخور که در لایه‌های میانی‌شان از تابع‌های سیگموئید استفاده می‌شود؛ از توانایی بالایی در حل مسئله‌های مهندسی برخوردار هستند. شاید اینگونه به نظر برسد که طراح یک شبکه چندلایه پیشخور، در انتخاب تعداد ورودی‌ها، خروجی‌ها و نرون‌های هر لایه کاملاً می‌تواند آزادانه عمل نمایند؛ در حالیکه طراح باید تعداد ورودی‌های شبکه و خروجی‌های شبکه را منطبق بر هر موضوع در حال بررسی، کاملاً به درستی تعیین نماید [۱۱ و ۱۲].

شکل ۱ یک شبکه پرسپترون چند لایه را نمایش می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود این شبکه از یک لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی تشکیل شده است. شبکه‌های پرسپترون چند لایه در واقع از ترکیب چند تا شبکه یک لایه ایجاد می‌شوند. خروجی هر لایه، بردار ورودی لایه بعد را تشکیل می‌دهد و خروجی لایه انتهایی پاسخ شبکه می‌باشد.



شکل ۱: ساختار یک شبکه پرسپترون چند لایه

۳- روش کار

در این مقاله از شبکه عصبی مصنوعی به عنوان روشی آماری در پیش بینی آلاینده دی اکسید گوگرد شهر تهران استفاده می‌شود. ابتدا اطلاعات هواشناسی مربوطه استخراج و طبقه‌بندی می‌شود؛ در نتیجه بانک اطلاعات جامعی از پارامترهای هواشناسی و غلظت آلاینده‌ها به دست می‌آید. سپس اطلاعات مذکور بررسی شده و به منظور یکنواختی داده‌ها، تمام داده‌های متناظری که برخی از مقادیر آنها اندازه‌گیری نشده و یا به دلایلی در دسترس نیست حذف می‌شود. سپس داده‌های مربوط به تعطیلات نوروز جداسازی می‌شوند. به این ترتیب داده‌های باقی مانده، واقعی‌تر و همبستگی بیشتری با یکدیگر خواهند داشت و نتایج بهتری در مدل‌سازی حاصل خواهد شد. داده‌های استخراج شده به عنوان ورودی شبکه در نظر گرفته شده و شبکه بر اساس آنها آموزش می‌یابد. در ساختار آموزش شبکه عصبی فرآیندی به منظور برازش داده‌های ورودی صورت می‌گیرد تا پارامترهای بهینه حاصل شود. روش انتشار رو به عقب، یکی از قواعد اصلی آموزش است که هدف آن مینیمم کردن خطاهای اندازه‌گیری شده می‌باشد که در این پژوهش نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. بعد از تعیین ساختار بهینه مبتنی بر بهترین عملکرد، می‌توان غلظت آلاینده‌های روزهای آتی را پیش بینی کرد.

با توجه به اینکه داده‌های دریافت شده مربوط به منطقه اقدسیه تهران نسبت به منطقه‌های دیگر کامل‌تر و منسجم‌تر هستند، لذا معیار طراحی و مدل‌سازی شبکه عصبی در این مقاله بر اساس داده‌های این منطقه صورت می‌گیرد. پارامترهای هواشناسی مورد استفاده عبارتند از میانگین دما، میزان رطوبت هوا، میزان بارندگی، سرعت باد و داده‌های ترافیکی. با توجه به اینکه رفتار ترافیکی مردم در شهر تهران در روزهای مختلف سال، متفاوت می‌باشد، بایستی در ورودی شبکه عصبی علاوه بر پارامترهای هواشناسی، رفتار ترافیکی مردم نیز به عنوان یک پارامتر اثرگذار بر غلظت آلاینده‌ها در نظر گرفته شود. به همین منظور، در این پژوهش، جهت همبستگی بهتر داده‌ها، در گام اول داده‌های هواشناسی و غلظت آلاینده مربوط به ایام نوروز هر سال جدا می‌شود. با توجه به عدم دسترسی به داده‌های ترافیکی مناطق ۲۲ گانه تهران، به منظور اعمال شرایط ترافیکی، دو پارامتر زمانی عدد ماه (MOY) و عدد روز (DOY) به داده‌های ورودی اضافه می‌شود که شرایط ترافیکی و حتی اقلیمی و همچنین تغییرات غلظت آلاینده در چرخه‌های روزانه و ماهانه را منعکس می‌کند. تغییرات شرایط ترافیکی در ماه‌های خاصی از سال مانند فروردین، مهر و تعطیلات تابستانی مدارس تغییر بسیار مهمی بر کیفیت هوا و غلظت آلاینده‌های هوا می‌گذارد. در این مقاله از شبکه‌ای با یک لایه مخفی با تعداد نورون‌های مختلف استفاده شد. ابتدا تعداد نرون‌ها با پیش فرض نرم‌افزار متلب برابر ده در نظر گرفته شده است؛ سپس به ازای الگوریتم‌های آموزشی مختلف، شبکه را آموزش داده و پارامترهای R و MSE برای هر یک از الگوریتم‌ها محاسبه می‌شود. در انتها، با مقایسه پارامترهای مربوط به هر یک از شبکه‌های آموزش داده شده، الگوریتمی که بهترین عملکرد را دارد، انتخاب می‌شود. سپس مجدداً با در نظر گرفتن الگوریتم انتخابی و تغییر تعداد نرون‌های لایه مخفی از ده تا پانزده، شبکه را آموزش داده و پارامترهای R و MSE به ازای هر یک محاسبه می‌شود. با مقایسه این پارامترها می‌توان تعداد نرون‌های بهینه را انتخاب کرد. بنابراین بعد از انجام مراحل فوق، الگوریتم بهینه و تعداد نرون‌های بهینه برای شبکه‌ای با یک لایه مخفی مشخص می‌گردد.

۴- تشریح نتایج

بر اساس نتایج حاصل از مدل‌سازی غلظت آلاینده دی اکسید گوگرد با استفاده از شبکه عصبی، بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار ضریب همبستگی، میانگین مربعات خطا و ریشه میانگین مربعات خطا میان مقادیرهای پیش‌بینی شده و مقادیرهای واقعی برای غلظت آلاینده دی اکسید گوگرد در جدول زیر نمایش داده شده است.

جدول ۱: بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار ضریب همبستگی، میانگین مربعات خطا و ریشه میانگین مربعات خطا

بیش‌ترین RMSE	کم‌ترین RMSE	بیش‌ترین MSE	کم‌ترین MSE	بیش‌ترین R	کم‌ترین R	آلاینده
۰/۱۵۳۷۱	۰/۰۷۷۱۱	۰/۰۲۳۶۲۵	۰/۰۰۵۰۵۸۶	۰/۹۶۵۱۷	۰/۹۵۱۵۲	SO2

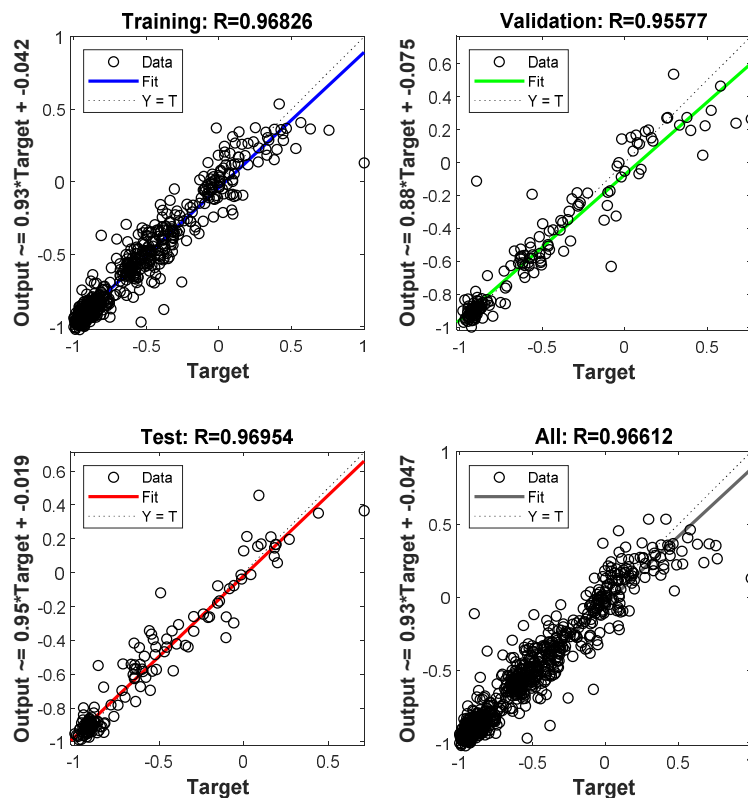
بر اساس نتایج حاصل از شبیه سازی که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، الگوریتم بهینه برای آلاینده دی اکسید گوگرد، LM می‌باشد؛ چرا که مقدار میانگین مربعات خطای آن کمترین مقدار و ضریب همبستگی آن نسبت به بقیه الگوریتم‌ها مطلوب‌تر است. مطابق جدول ۳ نیز تعداد نرون بهینه برای لایه پنهان برابر ۱۲ نرون است. معیار انتخاب تعداد نرون مقایسه میانگین مربعات خطا و ضریب همبستگی می‌باشد. نمودار همبستگی بین داده‌های پیش‌بینی شده و داده‌های واقعی در شکل ۲ قابل مشاهده است.

جدول ۲: انتخاب الگوریتم بهینه

Algorithm	R Training	R Validation	R Test	R All	MSE	RMSE
BFG	۰/۹۵۹۲۲	۰/۹۵۱۴۹	۰/۹۵۱۸۵	۰/۹۵۷۱۵	۰/۰۱۲۳۵۷	۰/۱۱۱۲
CGB	۰/۹۵۵۸۵	۰/۹۴۷۲۵	۰/۹۵۳۰۶	۰/۹۵۳۶۶	۰/۰۱۶۴۲۹	۰/۱۲۸۱۸
CGF	۰/۹۶۳۶	۰/۹۳۳۸۵	۰/۹۳۲۲۴	۰/۹۵۳۷۷	۰/۰۲۰۹۴	۰/۱۴۴۷۱
CGP	۰/۹۶۰۰۷	۰/۹۵۳۲۱	۰/۹۳۴۸۳	۰/۹۵۴۴۹	۰/۰۱۲۸۱۲	۰/۱۶۷۶۹
GD	۰/۸۶۵۹۴	۰/۸۸۲۳۸	۰/۸۶۲۸۳	۰/۸۶۷۳	۰/۰۳۰۴۱۷	۰/۱۷۴۴۰
GDM	۰/۲۰۲۲۱	۰/۱۷۸۱۹	۰/۱۴۸۴۳	۰/۱۸۸۰۳	۰/۲۶۲۷	۰/۵۱۲۵۴
GDA	۰/۷۷۴۹	۰/۸۱۴۰۵	۰/۷۴۷۸۸	۰/۷۸۱۶۶	۰/۰۶۷۰۹۷	۰/۲۵۹۰۳
GDX	۰/۹۴۴۹۷	۰/۹۵۸۸۲	۰/۹۵۹۶۸	۰/۹۴۸۹۷	۰/۰۱۱۱۹۴	۰/۱۰۵۸۰
LM	۰/۹۶۳۸۸	۰/۹۳۸۷۵	۰/۹۶۴۴۲	۰/۹۵۹۷۶	۰/۰۱۸۷۶۳	۰/۱۳۶۹۸
OSS	۰/۹۵۰۷	۰/۹۵۹۱۴	۰/۹۴۰۹۴	۰/۹۵۰۲۱	۰/۰۱۰۱۶۵	۰/۱۰۰۸۲
RP	۰/۹۵۴۰۱	۰/۹۴۴۹۴	۰/۹۵۲۰۲	۰/۹۵۲۲	۰/۰۱۹۱۸۱	۰/۱۳۸۴۹
SCG	۰/۹۶۲۸۵	۰/۹۳۳۸۹	۰/۹۱۷۸۷	۰/۹۵۱۱۲	۰/۰۱۶۱۴۴	۰/۱۲۷۰۶

جدول ۳: انتخاب نرون بهینه

Neurons	R Training	R Validation	R Test	R All	MSE	RMSE
۱۰	۰/۹۶۹۳۳	۰/۹۳۶۵۵	۰/۹۶۷۴۶	۰/۹۶۵۱۷	۰/۰۱۴۵۰۴	۰/۱۲۰۴۳
۱۱	۰/۹۵۴۴	۰/۹۳۰۰۸	۰/۹۶۲۱۹	۰/۹۵۱۵۲	۰/۰۲۲۷۷۷	۰/۱۵۰۹۲
۱۲	۰/۹۶۸۲۶	۰/۹۵۵۷۷	۰/۹۶۹۵۴	۰/۹۶۶۱۲	۰/۰۰۸۹۰۲	۰/۰۹۴۳۵
۱۳	۰/۹۵۷۷	۰/۹۳۴۹۱	۰/۹۵۸۸۳	۰/۹۵۴۱۹	۰/۰۱۹۳۶۳	۰/۱۳۹۱۵
۱۴	۰/۹۶۲۲	۰/۹۷۹۶۵	۰/۹۵۷۶۷	۰/۹۶۳۶۱	۰/۰۰۵۰۵۸۶	۰/۰۷۷۱۱
۱۵	۰/۹۶۴۶۱	۰/۹۴۸۰۵	۰/۹۵۸۶۶	۰/۹۶۲۱۸	۰/۰۱۰۵۵	۰/۱۰۲۴۷



شکل ۲: نمودار همبستگی بین داده‌های پیش‌بینی شده و داده‌های واقعی

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله با استفاده از شبکه عصبی سعی شد که با کمترین خطا، مقدار آلاینده دی اکسید گوگرد به صورت روزانه پیش‌بینی شود. از آنجایی که تعداد نرون‌های لایه ورودی تابعی از عوامل مؤثر بر خروجی مورد نظر هستند، بنابراین در گزینش متغیرهای ورودی به گونه‌ای عمل شد که بیشتر عوامل مؤثر بر خروجی پوشش داده شوند. تعیین نرون‌های موجود در لایه میانی کاملاً به تجربه و تکرار شبکه با تعداد نرون‌های مختلف وابسته است. از بین داده‌هایی که به عنوان ورودی به شبکه عصبی داده شد (یعنی روزهای هفته، روزهای ماه، سرعت وزش باد، رطوبت نسبی هوا، درجه حرارت و مقدار غلظت آلاینده در روز قبل) مقدار غلظت آلاینده در روز قبل بیش‌ترین اهمیت را در پیش‌بینی دارد. نتایج حاصل شده نشان می‌دهد که بر اساس محاسبات انجام شده برای مسائل مهندسی و مدل‌سازی آلاینده دی اکسید گوگرد، استفاده از یک لایه پنهان در شبکه عصبی بهترین عملکرد را دارد. بررسی توابع انتقال شبکه‌های بهینه نشان می‌دهد که برای لایه‌های پنهان، استفاده از توابع انتقال غیر خطی و برای لایه خروجی، استفاده از توابع انتقال خطی عملکرد بهتری در پیش‌بینی آلاینده دارد. همچنین، الگوریتم آموزشی لوبز-مارکوآت عملکرد بهتری دارد و لزوماً استفاده از لایه‌های پنهان بیشتر و تعداد نرون‌های بیشتر، منجر به عملکرد بهتری نخواهد شد.

مراجع

۱. قاسمی س. پیش‌بینی میزان غلظت CO و NOx هوای شهر تهران با روش شبکه عصبی مصنوعی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست، ۱۳۹۵.
۲. غیاث‌الدین م. آلودگی هوا، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۰.
۳. جدی ح، عباسپور ر، خالصیان م، علوی پناه س. پیش‌بینی غلظت آلاینده منوکسیدکربن در کلان‌شهر تهران با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۹، ۱۳۹۶.

۴. محمدی ن، ظروفچی ب، شاکرخطیبی خ، فاتحی فر م، بهروزسرنده ا، محمودیان ع، شیخ الاسلامی ع. پیش‌بینی غلظت آلاینده‌های گازی در هوای شهر تبریز با استفاده از شبکه عصبی، نشریه مهندسی عمران و محیط زیست، شماره ۲، ۱۳۹۵.
5. Feng X, Yajie Z. Q. L., Hou J., Jin L., Wang J., Artificial neural networks forecasting of PM2.5 pollution using air mass trajectory based geographic model and wavelet transformation, Atmospheric Environment 2015; 107: 118-128.
۶. صبور م، مفتخری م، بکامیری و، شبکه‌های عصبی مصنوعی در محیط زیست، نشر دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی، چاپ اول، ۱۳۹۹.
۷. کیا م. شبکه‌های عصبی در متلب، نشر دانشگاهی کیان، ۱۳۹۱.
8. Farhadi R, Hadavifar M., Moeinaddini M, Amintoosi M. Prediction of the air quality by artificial neural network using instability indices in the city of Tehran-iran, AUT journal of civil engineering 2020; 4(4): 517-528.
9. Samsuri A, Ismail M, Ahmed A. N. Multi-Layer perceptron model for air quality prediction, Malaysian journal of mathematical sciences 2019; 13: 85-95.
10. Rahimi A. Short-term prediction of NO2 and NOx concentrations using multilayer perceptron neural network: a case study of Tabriz 2017; 6.
11. Xiao F., Yang M., Fan H., Fan G., Al-qaness M. An improved deep learning model for predicting daily PM_{2.5} concentration, Scientific Reports, 2020.
۱۲. ذوقی م، سعیدی م، پیش‌بینی روزانه غلظت گوگرد دی اکسید در یک ناحیه شهری با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، دومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، ۱۳۸۷.

Investigating Students' Misconception in High School Chemistry Education

Mohammad Salehi Avval^{1*}

1-Bachelor student of Chemistry Education, Farhangian University, Tehran, Iran..

*Corresponding author: Mo313slh@gmail.com

Abstract

Misconceptions refer to any kind of false notions that cause non-scientific beliefs, confused concepts, simple concepts and theories without scientific roots. Misconceptions cover a wide range of scientific concepts. Misconceptions not only in chemistry, but in other fields at all levels cause major problems for science educators, scientific researchers, teachers and students. If the concept in question is scientifically abstract and incomprehensible concepts, it will be much more necessary to recognize Misconceptions and deal with them. The present article, is a kind of review article in which the subject of common Misconceptions of students in teaching chemistry in the high school has been discussed. In explaining chemistry concepts, vague terms and definitions should not be used and clear and understandable explanations should be used. Teachers should refrain from providing redundant data to students. It is also a very good solution for teachers to be familiar with different types of misconceptions in different lessons.

Key words: Misconception, Chemistry education, Chemistry, Education.

1- Introduction

Learners at any age and when learning a new concept project ideas in their minds according to previous experiences and information. Those concepts that do not correspond to the accepted scientific principles and the learner uses them to describe scientific phenomena incorrectly, are called misconceptions. Considering that students have problems when learning chemistry topics about abstract concepts; to help make these abstract concepts more concrete, chemistry educators use representations such as models and simulations. Nevertheless, students still have misconceptions in a wide range of chemistry content areas (Koochifaegh).

Early experience introduction without providing proper context and developing concepts lead to memorization and prevent the development of logical thinking and abstract. Learners learn better when they solve real problems and critically discuss issues with their classmates (Robert).

it is important for teachers to detect misconceptions and to some extent they can adjust their teaching methods based on misconception of students. In fact, awareness of their mental processes will help teachers to try to make the appropriate changes in the way students learn and explore better ways and their close relationship with the real world and the goals of higher education (Margaret).

When the student enters higher levels of education, he begins to create explanations for many phenomena and events in the world around him, which often contradict the scientific point of view, and despite providing sufficient and correct explanations during teaching, he still interprets the concepts. based on his previous ideas and in an incorrect way. Most of the students use their preconceived notions when recording the laboratory results and record the results based on their own guesses and not based on the observations they have made. The important point he mentioned is that the students' failure to record the results was not due to

laziness or clumsiness. According to psychologists, a person sees not with his eyes, but with his brain, and the signals received from the eyes are only part of the information used to communicate with the environment. In other words, we see what we guess, not what is in front of our eyes. This topic is also mentioned in books related to visual errors (Taber).

It is not possible for a student to learn a subject only through its general expression; Rather, learning any subject depends on the initial beliefs and thoughts recorded in the mind, and if it is expressed incorrectly, it will definitely be much more difficult to learn that subject in the future. If a general issue is stated and not many examples are stated, the learner may find examples in his mind that are completely in conflict with the stated issue. Sometimes stating a question, using different examples, connecting the topic with different topics in the society such as mathematics, philosophical discussions, etc. helps a lot to understand the topic. For example, establishing a relationship between chemistry, mathematics, statistics and probability, especially at the microscopic level or in other words at the particle scale, will clear up the existing Misconceptions and will definitely give the student a proper understanding of the macroscopic expression of the entropy function. Sometimes asking the right questions and making the student think is better than learning by mistake or sometimes Misconception. Sometimes, using an illustrative image of a topic helps to understand it better than the explanation of even several pages (Zighomi).

In order to solve the misconceptions and improve learning, applying new ways of learning and teaching is necessary. Teaching and learning using computer software, learning simulation and instructional design approaches such as constructivism-based approaches enable new ways of learning in recent decades. In the new generation, multimedia technologies and advanced internet based learning simulators invest because creating simulation based learning is more affordable than previous methods. Kolb believes that the deep intellectual understanding can only be based on empirical findings. In other words, students learn better when they solve real problems and critically discuss issues with their classmates. The value of active learning, training simulations, problem solving and other modern educational pedagogies has been acknowledged by researchers (Kolb and Alice).

One of the important components of content knowledge of chemistry is the awareness of students' Misconceptions. Students have many Misconceptions about some chemical concept, which originates from various factors. Also, at any stage and age, students may have misconceptions about chemical bonds. Meanwhile, chemical bonding is a key concept for molecular structure and is related to the physical and chemical properties of a compound. On the other hand, these Misconceptions are very resistant to change. Therefore, as a solution, it can be mentioned to reduce the content in all educational levels so that students have enough time to build concepts. This issue is especially important for the first years when students encounter these concepts. It is suggested that teachers should make connections between different levels in Johnston's triangle (macro, micro, symbolic). Since no research work has been done in this field in Iran, it is suggested to carry out extensive research on this issue. Also, in order to reduce such Misconceptions, teachers should be regularly trained to teach concepts in the correct way (Moghayerinia and others).

Tavares, in his study to evaluate the use of computers in the learning environment in Brazil, showed that the use of computers can enhance learning environments (Tavares). Kilicman, Hassan and Sayed Husain in their research on the theme of using mathematical software in teaching and learning demonstrated the use of software to facilitate the learning process and the achievement of learners (Kilicman). Garcia-Souza and Gamboa assessed the impact of information technology on performance and concluded that the frequency of using a computer has a positive impact on students' scores (Gamboa and Garcia). Rieber taught

through simulation, in other words, he used simulation to teach the principles of acceleration and speed in physics (Mayer Rieber).

The source of Misconceptions can be the incomprehensible presentation of materials in textbooks or by teachers and even the media, as well as the heat of the entrance exam and superficial testing methods, etc. The result of this study shows that learning new concepts will not be done until the wrong concepts are removed from the students' minds. Therefore, first, correct knowledge should be restored in their minds. To do this, the teacher must identify their Misconceptions and through group discussions in the class and strengthen their reasoning power and provide examples and useful information and use active teaching methods and use conceptual questions in tests to internalize knowledge in their minds and try to create problem solving skills in them. In the meantime, education should express the concepts clearly in the writing of textbooks and organize lesson plans in such a way that the prevailing atmosphere in schools is deep and conceptual learning, not learning superficial methods of testing and entrance exam fever (Boloori).

Constructivism is one of the theories of learning. Constructivist approach has been established by the efforts of scientists such as Piaget, Brunner and Vygotsky in the 1970s and is on the basis of the theory of cognitive psychology (Piaget and others). Constructivism is becoming a dominant paradigm and approach in the field of education and training. The essence and the cornerstone of this approach is the assumption that knowledge is built inside of the mental processes and not transferred from the outside in the minds of people. One of the important areas of education that has been greatly changed under this approach is the domain of instructional design (as one of the pillars of the teaching and learning process). Constructivism approach spent a lot of time for studying and understanding of its benefits (Seraji and Attaran). Constructivist learning environments design is very important which consists of a problem, a question or a project as subjective and interpretive center and systems. The purpose of learner is the interpretation or problem-solving or completion of the project. Items related to the issue and sources of information help to understand the problem and offer solutions. Cognitive tools help the students to interpret and work on different aspects of the problem. These tools help students to agree on the meaning of the problem and social support systems help users for using constructivist learning environment (Fardanesh and Javdani). There is a tendency in educational models such as dynamic learning, constant learning and cooperative learning (Masnavi). Constructivism insists on the fact that learners understand the meanings of the world by building on their own experiences (Fardanesh and Sheikhi Fini).

Some of the reasons for the emergence of Misconceptions can be traced to the problems in the way of using certain words, phrases and terms. Especially when introducing the concepts of materials, the particles they are made of, and the chemical symbols used to represent them. In reference to the effect of chemistry textbooks on Misconceptions in the topic of chemical bonding, it is necessary to mention the concepts of the electronic domain for the created bonds, the electrons of the capacity layer of each atom, the method of creating a dative bond, the concept of, the concept of conventional charge, etc. Each of these concepts is not mentioned in the chemistry textbooks or only a brief reference is made to them (Azemat and Khodaei).

Ross also argues that the use of terms in everyday life causes students to have a distorted understanding, and therefore, one should be careful in choosing words (Ross).

2- Acknowledgments

The widespread use of scientific expressions and terms that have been removed in the new educational system has created doubts in the minds of students and disturbed the organization of their minds. Some of these concepts are essential for students to understand. The problem here is that some of the omitted concepts are prerequisites for some other topics. But in some cases, teachers should refrain from mentioning such terms.

The additional explanations in some textbooks lead students in an undesirable direction and make their minds more involved. In most cases, the student does not communicate with additional explanations. It is interesting to note that the student cannot distinguish essential explanations from basic explanations.

Many students are not aware of their Misconceptions. This issue makes them not take steps to resolve their Misconception and their problem becomes deeper. Therefore, these Misconceptions should be resolved by expert teachers. In this matter, an expert teacher is someone who, in addition to chemistry, also benefits from educational sciences and psychology.

Some of the strategies that make students' Misconceptions to be discovered and then resolved are:

- 1) Increasing students' activity with frequent teacher questions and answers
- 2) Not being satisfied with only theoretical explanations in practical or laboratory topics.
- 3) Correct, principled and timely performance of all kinds of evaluations
- 4) not limiting chemistry to a theoretical and abstract course

The suggestion of the author of this text is that in the programs of education teacher training courses, the courses of identifying common Misconception of students in chemistry education for teachers should be included.

References

- [1] Koochifaegh E. The reason for the complexity of concepts and the creation of misconceptions in electrochemistry education. The 2nd Iran Electrochemistry Education Conference, Tehran, Tarbiat Dabir Shahid Rajaei university; 2015. [In Persian]
- [2] Robert DR. Misconception in High school Physics. Strategies for Assisting Students Overcome Their Misconceptions in High School Physics. Journal of Computers and Education Sciences. 2006;46(2):192-205.
- [3] Margaret L, Margaret B. National council of teachers of mathematics Principles. Standards for school mathematics [Internet]. 2000 [Cited 2000 Agu16]. Available from: <http://www.researchgate.net/profile/Margaret-Bauman>.
- [4] Taber, K. S. (2002) Chemical misconceptions-prevention, diagnosis and cure: vol 1: Theoretical background. London, Royal Society of Chemistry.
- [5] Zighomi N. Investigating some causes of Misconceptions of the second law of thermodynamics and the entropy function. The 8th Iranian Chemistry Education Seminar, Semnan, Semnan University; 2013. [In Persian]
- [6] Kolb D, Alice Y. Kolb. Experiential Learning Theory: A Dynamic, Holistic Approach to Management Learning. Journal of Education and Development. 2007;11(2):98-107.
- [7] Moghayerinia R, Anarakifirooz A, Hamidi F. Examining students' misconceptions in the concept of chemical bonds. The 8th Iranian Chemistry Education Seminar, Semnan, Semnan University; 2013. [In Persian]
- [8] Tavares M. The Influence of Computers In The Learning Process: A Brazilian High School Case Study [PhD thesis]. Ohio: Ohio University; Faculty of Education & Computer; 2006.
- [9] Kilicman A. Teaching and Learning Using Mathematics Software: The New Challenge. International [Internet]. 2010 [cited 2010 April 2]. Available from: <http://www.ScienceDirect.com/> Social and Behavioural Sciences.
- [10] Gamboa LF, Garcia Suaza AF. Access to Computer and Academic Achievement. Where Is It Best: At Home or at school? [Internet]. 2010 [cited 2010 Oct 6]. Available from: <http://www.Proac.uff.br/cede/sites/default/>.
- [11] Mayer Rieber LP. Multimedia Learning in games, simulations and micro worlds. The Cambridge handbook of multimedia learning. New York: Cambridge University; 2005.

- [12] Bolori F. Students' misconceptions of electrochemistry concepts. Iran's first electrochemistry education conference, Tehran, Tarbiat Dabir Shahid Rajaei University; 2014. [In Persian]
- [13] Piaget J, Bruner J, Vygotsky L. Perspectives Peer influences on Cognitive development. Journal of Education and psychology.1985;14(6):5-8.
- [14] Seraji F, Attaran M. E-learning: foundation, design, implementation and evaluation. Hamedan:Buali hamedan University. 2011 .p:210-214.[In Persian] .
- [15] Fardanesh H, Javdani M. Constructivism approach to instructional design model based on intellectual means. First International Conference on Innovative in Research; 2011 Feb 22; Tehran: Alzahra University; 2011. P.17-23. [In Persian]
- [16] Masnavi A. Educational Multimedi: A Guide to Design, Production and Evaluation of Multimedia Projects in Classroom. Ahvaz: Chamran University; 2014. [In Persian]
- [17] Fardanesh H, Sheikhi Fini A. An introduction to constructive approach in psychology and pedagogy. Journal of Human Sciences. 2002; 7(42):125-146. [In Persian]
- [18] Azemat J, Khodaei A. (2020) Examining common Misconception of students in concepts related to chemical bonds. Research in chemistry education, 1(4), 73-89.
- [19] Ross K. (1993) There is no energy in food and fuels-but they do have fuel value. School Science Review, 75(271), 39-47.

Facilitated Method for Production of Chitin and Chitosan from Shrimp Shells

Amir Mohammad Danesh Pajoo¹, Zahra Mohammadi^{1*}

1- Bioceramics and Implants Laboratory, Faculty of New Sciences and Technologies,
University of Tehran, Tehran, Iran

*Corresponding author: mohamadiz@ut.ac.ir

Abstract

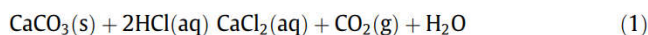
Chitin and its valuable derivative chitosan are among the most important natural polymers in the world and offer a set of unique properties: biocompatibility, biodegradability for harmless products, non-toxicity, physiological inertness, antibacterial properties, chelation of heavy metals ions. gelling properties, considerable hydrophilicity and remarkable affinity for proteins. The main resources exploited are two marine crustaceans; shrimp and crab. In the present study, our aim is to produce chitin and chitosan and compare their properties with commercial properties. Due to the possibility of industrial and mass production, pre-purification methods were used to produce standard chitin and chitosan. In this regard, after the treatment of the shrimp, their shells were further cleaned and facilitated for the processes of demineralization, deproteinization, and deacetylation. Deproteinization was done with 1 M of sodium hydroxide and demineralized with 1%, 2%, 3%, 4% and 5% of hydrochloric acid, respectively. This method showed the high purity of chitin and chitosan with less than 1% protein residue along with high molecular weight and high crystallinity. The produced chitin and chitosan were characterized by FTIR and XRD analyses. It was found that the surface morphology of chitin increases with increasing acid concentration. According to our study, the best degree of deacetylation (%DD) was 88.76 %. This modified approach has the potential for large-scale production due to ease of operation and reduced environmental issues.

Key words: Chitin, Chitosan, Shrimp Byproducts, Deproteinization, Degree of Deacetylation

1. Introduction

Chitin is the second most ubiquitous natural polysaccharide after cellulose, which is made of a linear chain consisting of poly- β (1-4) N-acetyl-D-glucosamine. It is usually found on the shells of the crustaceans such as shrimp, crabs and lobsters [1,2]. Chitosan, a deacetylated product of chitin, has received increasing interest for significant applications in food technology, agriculture, wastewater treatment, cosmetics, and the textile industry due to its non-toxic, biodegradable, biocompatible and antimicrobial properties. In general, the quality of chitin and chitosan prepared from shrimp shell is controlled by three main factors, the quality of the raw materials, the effectiveness of the applied procedures and the quality of water. The best chitin/chitosan is produced from fresh shrimp shells. Chitin can be extracted in several steps. Deproteinization and demineralization processes are very important. Studies show that deproteinization should be applied before demineralization to prevent excessive foam production during the process, and increase chitin purity. Deproteinization was

performed using dilute sodium hydroxide (NaOH) between concentrations of 1 and 10% [4,5]. Demineralization is performed by treating the shrimp shell powder with hydrochloric acid (HCl) at room temperature to dissolve calcium carbonate and subsequently, release carbon dioxide as shown in Eq. (1) [6]. The concentration of HCl used for demineralization is between 1-5%.



The deacetylated structure of chitin, chitosan, is obtained by treating chitin with a high concentration of NaOH. Basically, chitosan is obtained by removing the acetyl groups (CH₃-CO) from the linear group of acetylglucosamine in the structure of chitin [7]. Subsequently, the acetamide group (-NHCOCH₃) in chitin is converted to an amino group (-NH₂) as shown in Fig. 1. Removing the acetyl group makes chitosan soluble in most dilute acid solutions such as acetic acid, formic acid and lactic acid [8]. In this study, an easy process for the pretreatment of chitin and chitosan was proposed by simply washing and soaking the shrimp shell in diluted solutions of 7% HCl for 24 hours. The pretreatment procedure removes a disproportionately large amount of waste, both mineral waste and adherent protein.

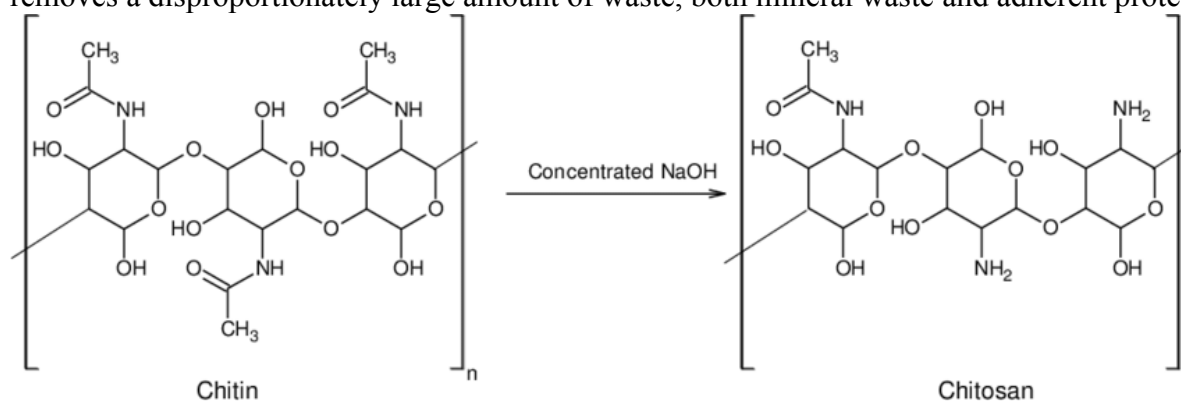


Fig. 1. Deacetylation reaction of chitin to chitosan

Deacetylation from amorphous to crystalline regions of chitin is done by removing the acetyl (C₂H₃O) group and forming an amino group (NH₂). Deacetylation leads to copolymerization of N-acetylglucosamines and glucosamines. When the copolymer contains more than 50% N-acetylglucosamine units, it is generally called chitin. For chitin polymers, the percentage of N-acetyl-glucosamine units is called the degree of acetylation (DA) and can vary from 50% to 100%. On the other hand, when the resulting copolymer contains more than 50% glucosamine units, it is usually called chitosan. For chitosan polymers, the percentage of glucosamine units is termed the degree of deacetylation (DDA) and can range from 50% to 100%. DA and DDA are related so that DA+DDA=100%. The production of highly reactive amino groups in the chitosan polymer provides versatility in its use for food, textile, cosmetic, environmental, biomedical, and pharmaceutical applications [9].

2. Experimental

2.2. Extraction of Chitin and Chitosan

The shrimp shell was washed and dried in an oven at 50°C for two days before being ground into powder. Then, the powdered shrimp shell powder was stored in a sealed container before use. To preserve the properties of the shell, the shell powder has been stored in the freezer. Additionally, the deproteinization process, which removes protein and glucan, ensures that all the required properties are not lost [10].

2.2.1 Deproteinization and Demineralization

The shrimp shell powder weighed 50 g before alkaline treatment with 1 M sodium hydroxide with a solid - solvent ratio of 1:3 (w/v) for 20 h at ambient temperature (33 ± 2 °C). In the next step, the residue was washed and soaked in distilled water to neutralize it. After the pH of the powder reached neutral (pH= 7), the powder was filtered and dried in an oven at 60 °C before demineralization [10,11]. Fresh samples of powdered shrimps were directly soaked in different concentrations of HCl solution of 1%, 2%, 3%, 4% , and 5% in a substrate to solution ratio of 1:2 w/v at room temperature for 24 hours. Then, the residue was filtered, washed and soaked in distilled water until it reached neutral pH before being dried in an oven. The residue produced at this stage was known as chitin [12].

2.4. Preparation of Chitosan

To prepare chitosan, we used chitin, which was produced in the last step. Since increasing the concentration of HCl to 3% disperses chitin powder particles well, we used this sample to make chitosan. We soaked two grams of chitosan in 25 ml of 2 M sodium hydroxide solution to remove the acetyl group and subsequently produce chitosan. To mix chitin and sodium hydroxide as much as possible, we put it on styrene for 15 minutes. In the next step, we centrifuged the solution for 10 minutes at room temperature (37°C) at 7000 rpm to separate the alkaline phase. Next, we add 25 ml of 0.5 M sulfuric acid to the sample and then put the solution in the incubator for 16 hours. We centrifuged the solution 3 times for 10 minutes at 7000 rpm at room temperature. Then 2 M NaOH was added to the solution at a ratio of 30:1. In this step, we put the solution on styrene for 2 hours at 90°C. Acetic acid (10% wt.) was added to the solution. We put this solution in an incubator at 60 degrees Celsius for 6 hours. Next, to separate raw and pure chitin, we put the samples in a centrifuge at 6000 rpm for 15 minutes. Then, we raised the pH of the upper phase of the solution to 12 (pH= 12) using 4 M NaOH and measured it with a pH meter. Then we washed the sediments with distilled water, ethanol, and acetone. Finally, put the solution in a petri dish and put it in an oven at 150 °C for 24 hours to dry.

2.5. Characterization

2.5.1. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

The chemical structure of produced chitin and chitosan was determined using the Nicolet iS50 FTIR model. FTIR spectra were recorded in the mid infrared (4000 cm^{-1} to 400 cm^{-1}) with a resolution of 2 cm^{-1} . The degree of deacetylation calculated based on Eq. (2):

$$DD = (A_{1650}/A_{3450})\bar{A} \cdot 1.33 \times 100 \quad (2)$$

Where the absorption band of A1658 and A3450 at 1658 and 3450 cm^{-1} , respectively [11].

2.5.2 X-Ray Powder Diffraction (XRD)

XRD analysis was used to evaluate the crystallinity of prepared chitosan. XRD measurements were performed on the powder samples using a D8 Advance Bruker apparatus with Cu radiation (40kV, 40mA, and $1,5418\text{\AA}$). Data were collected at a scan rate of $10^\circ/\text{min}$ with a scan angle from 5 to 80 in a continuous pattern. The crystallinity index (CI) of the samples was calculated from the following Eq. (3):

$$CI = \frac{I_c}{I_c + I_a} \quad (3)$$

where I_c is the diffraction intensity of the crystalline part and I_a is the amorphous part.

Results Discussion

3.1. Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) Analysis

The FTIR spectra of chitin treated at different concentrations of HCl are shown in Fig. 2. Similar absorption bands were detected for all samples. The peaks at 1652 and 1620 cm^{-1} [13], correspond to the stretching band of the amide-I region, which indicates chitin extracted from

the α -chitin isomorph of shrimp shell. Besides, the peak at 1550 cm^{-1} is assigned to the stretching vibration band of the amide II region. Meanwhile, both O-H and N-H stretching vibration were found at 3427 and 3257 cm^{-1} bands, respectively [14]. A peak at 1377 cm^{-1} was observed and identified as C-H bond [15].

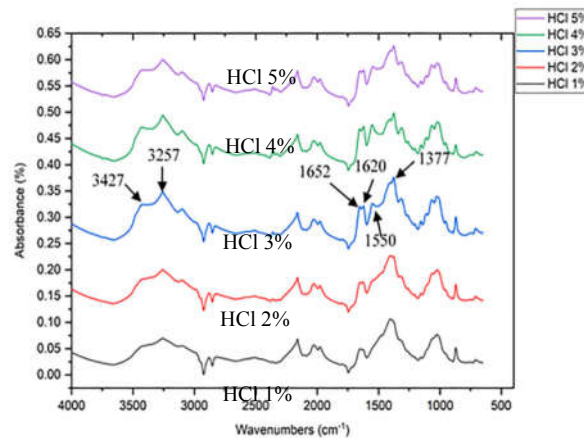


Fig. 2. FT-IR spectra of chitin treated with different concentration of HCl

FTIR measurements for chitosan were shown in Fig. 3. A broad peak at 3368 cm^{-1} was observed, which is identified as the (-NH) group of amines and hydrogen bonding [16]. A peak at 2940 corresponds to the symmetric stretching vibrations of -CH₂ attributed to the pyranose ring [15,16]. The presence of a narrow peak at 1578 cm^{-1} indicates the -NH₂ bending vibration of the amino group in chitosan. In addition, the free amino functional group (-NH₂) in glucosamine was detected at 1047 cm^{-1} [14].

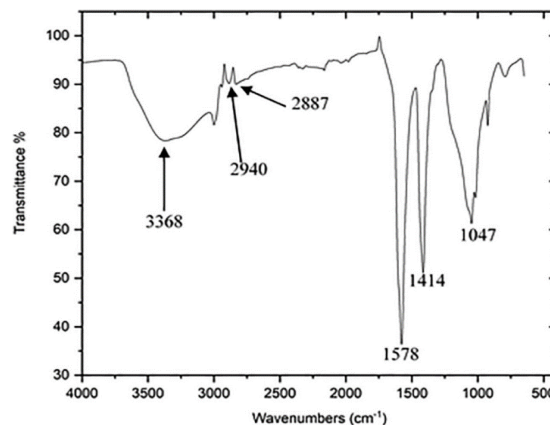


Fig. 3. FT-IR spectra of chitosan extracted from shrimp shell

3.2. X-Ray Powder Diffraction (XRD)

By comparing chitin and chitosan XRD patterns, a broad dispersion and lower intensity peaks were exhibited in chitosan. The obtained XRD patterns are shown in Figure 4. The synthesized chitin showed two high peaks at 10.30° and 20.08° , and a series of several smaller peaks at 26.35° , 29.61° , and 35.88° , which is considered crystalline chitin [11,19]. For the prepared chitosan, two sharp peaks can be observed at 09.93° and 19.13° , which are considered the fingerprint of semicrystalline chitosan, in the same diffraction, three weak peaks are also observed at 23.33° , 26.38° and 39.28° [20]. In the same figure, it can be seen that commercial chitosan shows eight peaks, the peak found at 20.08° also corresponds to Crystal II in the most abundant chitosan structure; 45.87° , 56.85° , and 75.62° and 84.29° were reported for commercial chitosan at similar angles of 20° , 45° , 65° and 75° , respectively [8].

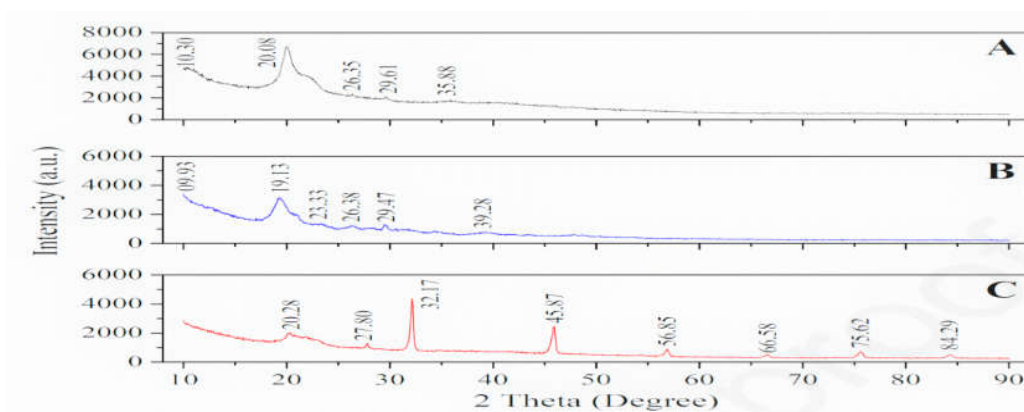


Fig.4. (A) Fabricated chitin and (B) Fabricated chitosan, and (C) Commercial chitosan

4. Conclusion

Extraction of chitin and chitosan from shrimp shell through chemical routes has been successfully carried out. To summarize, chitin extracted from virgin shrimp shell was identified as proven chitin from FTIR and XRD analysis. According to the XRD analysis, the synthesized chitin has two high peaks at 10.30° and 20.08°, which correspond to crystalline chitin. FTIR analysis shows several peaks related to O-H, N-H and C-H bands; besides, the peak at 1578 cm⁻¹ indicates the –NH₂ bending vibration of the amino group in chitosan.

References

- Huq, T., et al., *Sources, production and commercial applications of fungal chitosan: A review*. Journal of Bioresources and Bioproducts, 2022.
- Jin, T., et al., *Chitin and chitosan on the nanoscale*. Nanoscale Horizons, 2021. **6**(7): p. 505-542.
- Bi, S., et al., *Homogeneous modification of chitin and chitosan based on an alkali/urea soluble system and their applications in biomedical engineering*. Green Chemistry, 2021. **23**(23): p. 9318-9333.
- Psarianos, M., et al., *Chitin Isolation and Chitosan Production from House Crickets (*Acheta domesticus*) by Environmentally Friendly Methods*. Molecules, 2022. **27**(15): p. 5005.
- Al Shaqsi, N.H.K., et al., *Optimization of the demineralization process for the extraction of chitin from Omani *Portunidae segnis**. Biochemistry and Biophysics Reports, 2020. **23**: p. 100779.
- Dayakar, B., et al., *Application of extreme halophilic archaea as biocatalyst for chitin isolation from shrimp shell waste*. Carbohydrate Polymer Technologies and Applications, 2021. **2**: p. 100093.
- Lee, E.K. and Y.K. Kim, *Synthesis and Antimicrobial Properties of the Chitosan Derivatives*. Elastomers and Composites, 2021. **56**(4): p. 254-263.
- Pakizeh, M., A. Moradi, and T. Ghassemi, *Chemical extraction and modification of chitin and chitosan from shrimp shells*. European Polymer Journal, 2021. **159**: p. 110709.
- Sivashankari, P. and M. Prabakaran, *Deacetylation modification techniques of chitin and chitosan*, in *Chitosan Based Biomaterials Volume 1*. 2017, Elsevier. p. 117-133.
- Mohan, K., et al., *Green and eco-friendly approaches for the extraction of chitin and chitosan: A review*. Carbohydrate Polymers, 2022: p. 119349.
- Vallejo-Domínguez, D., et al., *Ultrasound in the deproteinization process for chitin and chitosan production*. Ultrasonics Sonochemistry, 2021. **72**: p. 105417.
- Olaosebikan, A.O., et al., *Extraction and characterization of chitin and chitosan from *Callinectes amnicola* and *Penaeus notialis* shell wastes*. Journal of Chemical Engineering and Materials Science, 2021. **12**(1): p. 1-30.
- Li, Y., et al., *Continuous Preparation of Chitosan-Based Self-Powered Sensing Fibers Recycled from Wasted Materials for Smart Home Applications*. Advanced Fiber Materials, 2022: p. 1-11.
- Hisham, F., et al., *Facile extraction of chitin and chitosan from shrimp shell*. Materials Today: Proceedings, 2021. **42**: p. 2369-2373.
- Khajavian, M., et al., *Chitin and derivative chitosan-based structures—Preparation strategies aided by deep eutectic solvents: A review*. Carbohydrate Polymers, 2022. **275**: p. 118702.
- Lin, Y.-S., et al., *Sustainable extraction of chitin from spent pupal shell of black soldier fly*. Processes, 2021. **9**(6): p. 976.

زمانبندی وظایف در محاسبات ابری با استفاده از الگوریتم‌های تکاملی

ابراهیم فوقی^{۱*}، مهناز رفیعی^۲

۱- گروه کامپیوتر، واحد رامهرمز، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران، ebrahimfoghi@outlook.com

۲- گروه کامپیوتر، واحد رامهرمز، دانشگاه آزاد اسلامی، رامهرمز، ایران، m.rafie@srbiau.ac.ir

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: ebrahimfoghi@outlook.com

Task scheduling in cloud computing using evolutionary algorithms

Ebrahim Foghi^{1*}, Mahnaz Rafie²

1- Department of Computer Engineering, Ramhormoz Branch, Islamic Azad University, Yasuj, Iran, ebrahimfoghi@outlook.com

2- Department of Computer Engineering, Ramhormoz Branch, Islamic Azad University, Ramhormoz, Iran, m.rafie@srbiau.ac.ir

* Corresponding author: ebrahimfoghi@outlook.com

ABSTRACT

In the cloud, a customer may use one or more virtual resources for each request, so users pay providers according to the amount of service they use. For this reason, a lot of research has been done on innovative algorithms, including genetic algorithm and firefly. In this article, a new method for scheduling independent tasks in cloud computing will be proposed, which is a combination of firefly algorithm and genetics, and the use of parts of the genetic algorithm that is considered in the execution time. The proposed FA-GA algorithm has obtained a lower Makespan than other algorithms. The simulation results show that the proposed method improves the maximum overall scheduling length.

Key words: cloud computing, scheduling, genetic algorithm, firefly algorithm.

چکیده

در فضای ابری، یک مشتری ممکن است از یک یا چندین منبع مجازی برای هر درخواست استفاده کند بنابراین کاربران با توجه به میزان استفاده از خدمات، به ارائه دهندگان هزینه پرداخت می‌کنند. به همین دلیل، تحقیقات زیادی بر روی الگوریتم‌های ابتکاری از جمله الگوریتم ژنتیک و کرم شب‌تاب صورت گرفته است. در این مقاله یک روش جدید برای زمانبندی کارهای مستقل در رایانش ابری پیشنهاد خواهد شد که ترکیبی از الگوریتم کرم شب‌تاب و ژنتیک است و استفاده از قسمت‌هایی از الگوریتم ژنتیک است که در آن زمان اجرا مورد توجه واقع شده است. الگوریتم پیشنهادی FA-GA نسبت به دیگر الگوریتم‌ها، Makespan کمتری به دست آورده است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که روش پیشنهاد شده، ماکزیمم طول کلی زمانبندی را بهبود می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: رایانش ابری، زمانبندی، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم کرم شب‌تاب.

۱- مقدمه

در جهان امروز با گسترش ارتباطات، حجم داده‌ها و نیاز به پردازش آن‌ها در زمان کم و با سرعت بالا افزایش یافته است. از طرفی انجام این حجم از محاسبات نیازمند سیستم‌ها با ظرفیت‌های پردازشی و ذخیره‌سازی بالا و در نتیجه هزینه‌ی بالا است. بنابراین، پیشنهاد یک زیرساخت مناسب و مقرون به صرفه می‌تواند بسیار قابل توجه باشد. در این پژوهش هدف طراحی و ایجاد یک زیرساخت با هزینه و زمان پاسخ پایین با استفاده از رایانش ابری و مه است. علاوه بر این، یکی از مسائل مهم برای ایجاد چنین سیستم‌هایی با سرعت بالا و حداقل زمان، تخصیص مناسب منابع سیستم به درخواست‌های کاربران و در نتیجه تعادل بار در سیستم است. به همین دلیل مسئله زمان‌بندی کارها در محیط رایانش ابری مورد بحث قرار می‌گیرد که هدف آن اجرای کارها بصورت بهینه در محیط رایانش ابری می‌باشد. در این پژوهش یک الگوریتم زمان‌بندی استاتیک بر پایه ادغام پارامترهای الگوریتم ژنتیک^۱ در درون الگوریتم کرم‌شب‌تاب^۲ [۱] به منظور بهبود زمان اجرای وظایف پیشنهاد می‌شود؛ از آنجا که الگوریتم کرم‌شب‌تاب به شکل خیلی خوبی فضای سراسری مسئله را سرچ می‌کند، در این مقاله بر آنیم که متریک‌های اثر بخش در جست و جوی سراسری^۳ را از الگوریتم ژنتیک به درون الگوریتم کرم‌شب‌تاب اضافه نموده که باعث بهبود عملکرد الگوریتم در فضای جست و جوی مساله می‌شود که از همگرایی سریع و از گیر افتادن در بهینه‌های محلی جلوگیری کند. در بخش دوم، روش‌های انجام شده پیشین مورد بررسی قرار گرفته است. روش پیشنهادی در این مقاله عبارت است از یک روش زمان‌بندی ترکیبی برای زمان‌بندی کارها در محیط رایانش ابری که از ترکیب الگوریتم ژنتیک و کرم‌شب‌تاب بدست می‌آید که در بخش سوم ارائه می‌شود. نتایج شبیه‌سازی روش پیشنهادی در محیط رایانش ابری در بخش چهارم مورد بررسی و بحث قرار می‌گیرند. در بخش پنجم، نتیجه‌گیری و کارهای آتی ارائه شده است.

۲- کارهای انجام شده پیشین

هدف اصلی هماهنگی وظایف و تخصیص کار در [۲] به خدمت در راستای الزامات اجرایی به منظور انجام صحیح کار و رعایت اولویت آنها ارائه شده است. این رویکرد وظایف را به چندین سطح اختصاص می‌دهد و هر سطح از کار را به منابعی با قابلیت پردازش آنها ترسیم می‌کند.

چیانگ و همکاران در [۳] یک الگوریتم زمان‌بندی BCSV را برای بهبود زمان‌بندی کار در رایانش ابری پیشنهاد کرد. ایده اصلی الگوریتم BCSV استفاده از کوچکترین ارزش حق رای (SSV)، بزرگترین ارزش حق رای (LSV) و معیار ارزش رای (CSV) به عنوان عوامل زمان‌بندی برای افزایش عملکرد اعزام کار است. با توجه به نتایج آزمایش، الگوریتم BCSV پیشنهادی می‌تواند به تعادل بار و طول عمر بهتری نسبت به الگوریتم‌های موجود تحت محیط شبکه ناهمگن HiLo, HiHi, LoLo و LoHi دست یابد. به عبارت دیگر، الگوریتم BCSV پیشنهادی می‌تواند نتایج بهتری را در زمان‌بندی کار در حالی که مسئله تعادل بار را در نظر می‌گیرد به دست آورد.

مانیکاندان و همکاران در [۴] راه حلی برای مشکل اصلی در محاسبات که زمان‌بندی و تخصیص منابع است، پیشنهاد نموده‌اند: راه‌حلی با الگوریتم‌های ترکیبی خوشه‌بندی C-means فازی برای استفاده از بهینه‌سازی بیوه سیاه برای زمان‌بندی کار و بهینه‌سازی ازدحام ماهی (FSO) برای تخصیص کارآمد منابع برای کاهش هزینه، انرژی و استفاده از منابع ارائه شده. هیچ روش یا تکنیک مناسبی برای بهبود زمان‌بندی کار و تخصیص منابع وجود نداشت. روش‌های قبلی از نمونه‌های VM برای زمان‌بندی استفاده می‌کردند. اشکال اصلی استفاده از نمونه‌های VM این بود که زمان زیادی برای راه‌اندازی و تمام منابع برای انجام کار صرف می‌شد.

شکری و همکاران [۵] یک نسخه پیشرفته از بهینه‌ساز چندجهانی (EMVO) را به عنوان زمان‌بندی کار برتر در این زمینه به منظور حل مشکل زمان‌بندی کار و به حداقل رساندن زمان و هزینه اجرا پیشنهاد کرده‌اند. الگوریتم‌های بهینه‌ساز

¹ Genetic

² Firefly Algorithm

³ Global

اصلی چندجهانی (MVO) و بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO) در محیط‌های ابری مقایسه می‌شوند. نتایج نشان می‌دهد که EMVO به طور قابل توجهی از هر دو الگوریتم MVO و PSO از نظر دستیابی به حداقل زمان ساخت و افزایش استفاده از منابع بهتر عمل می‌کند.

آرزو در [۶] الگوریتم ژنتیک ازدحام ذرات مورچه‌ها (APSGA) را ارائه کرد که ترکیبی از PSO-ACO-GA برای حل مشکل زمانبندی کار است. PSO از حرکت پرنده الهام گرفته شده است، ACO بر اساس رفتار مورچه‌ها است و GA بر روی فرآیند تکمیلی کار می‌کند. برای این الگوریتم وظایفی مانند PSO، الگوریتم کرم شب تاب (FA)، ACO و GA وجود دارد. الگوریتم APSGA پیشنهادی PSO، ACO و GA را به ترتیب ۲۷.۱٪، ۱۹.۴۵٪ و ۲۱.۲۴٪ کاهش می‌دهد تا حداکثر استفاده از CPU و زمان اجرا را به دست آورد.

خان و سانتوش در [۷] یک روش زمانبندی کار بر اساس یک الگوریتم بهینه‌سازی ترکیبی ارائه کرده‌اند که پارامترهایی مانند زمان انتظار، زمان کل تولید، زمان اجرا، کارایی و بهره‌وری را بهبود بخشیده است. از نظر کارایی، این روش زمانبندی بر الگوریتم‌های زمانبندی مبتنی بر بهینه‌سازی PSO و ACO برتری دارد.

مانگالامپالی و همکاران در [۸] الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام گربه‌ها (CSOA) را معرفی نمودند که به پارامترهای طول عمر، زمان مهاجرت، مصرف انرژی و هزینه کل انرژی در مراکز داده می‌پردازد. پیاده‌سازی با استفاده از شبیه‌ساز کلودسیم انجام شده است و ورودی به الگوریتم به طور تصادفی از کلودسیم برای کل هزینه انرژی تولید شده است. بارهای کاری موازی HPC2N و NASA به عنوان ورودی الگوریتم استفاده شده‌اند. این الگوریتم پیشنهادی توانست مصرف انرژی را کاهش دهد و مهاجرت را تا درصد قابل توجهی به حداقل برساند.

عامر و همکاران در [۹] یک بهینه‌ساز اصلاح‌شده هریس هاکس (HHO) به نام بهینه‌ساز یادگیری نخبگان هریس هاکس (ELHHO) را در رابطه با زمانبندی چندهدفه ارائه کرد. این مقاله عملکرد ELHHO را در مقایسه با HHO معمولی و کیفیت خدمات از نظر به حداقل رساندن طول برنامه، هزینه اجرا و به حداکثر رساندن استفاده از منابع نشان داد.

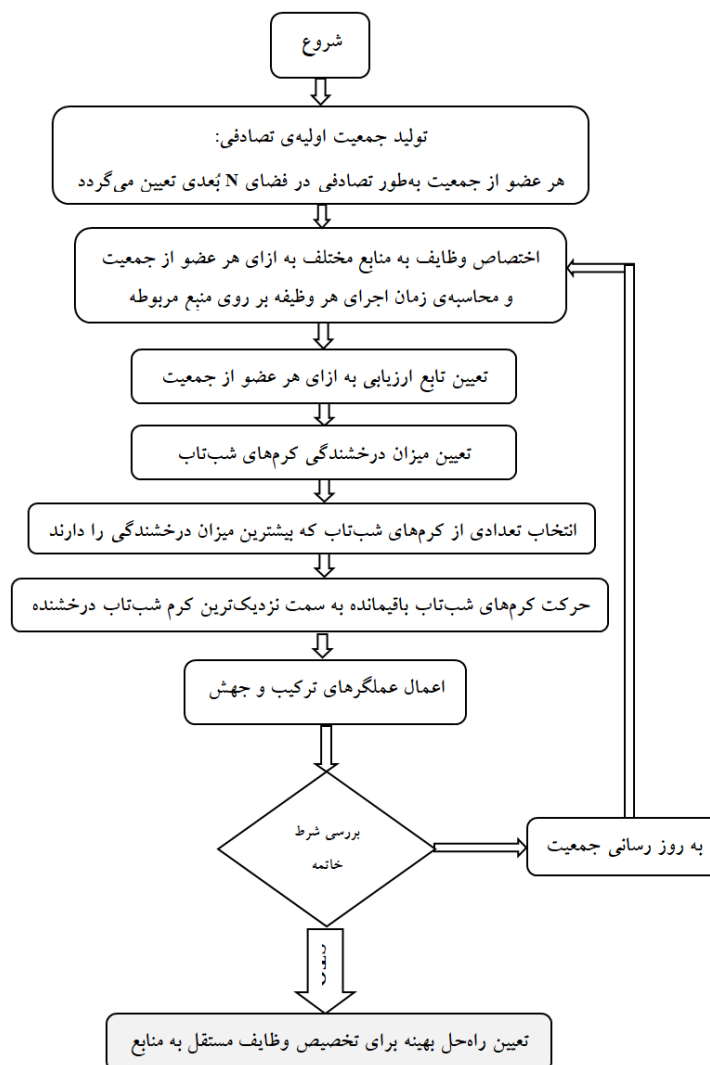
۳- الگوریتم زمانبندی پیشنهادی

در الگوریتم پیشنهادی FA-GA، از پارامترهای الگوریتم ژنتیک (ترکیب و جهش) برای بهبود الگوریتم کرم شب‌تاب استفاده شده است. در واقع در این روش پیشنهادی، الگوریتم کرم شب‌تاب اصلی می‌باشد. استفاده از پارامترهای الگوریتم ژنتیک در درون الگوریتم کرم شب‌تاب، موجب می‌شود تا ضعف عملکرد الگوریتم کرم شب‌تاب در قرار گرفتن در نقاط محلی را تا حدودی پوشش و موجب بهبود در یافتن جواب بهینه شود. به کار بردن عملگر ترکیب باعث می‌شود که فضای راه‌حل به خوبی جستجو شود. استفاده از عملگر جهش باعث بهینه شدن راه‌حل‌ها می‌شود و سبب می‌شود که راه‌حل بهینه با استفاده از یک جستجوی محلی تکراری توسط الگوریتم کرم شب‌تاب پیدا شود. این پروسه برای هر نسل از جمعیت تکرار می‌شود.

۳-۱- مراحل روش پیشنهادی ژنتیک-کرم شب‌تاب

- ۱- مجتمع کردن اطلاعات منابع، تعداد وظایف و تعداد دستورات هر وظیفه در یک مجموعه داده.
- ۲- تعیین متریک‌های الگوریتم‌های ژنتیک و کرم شب‌تاب مورد استفاده شامل:
 - نرخ ترکیب و نرخ جهش (پارامترهای ژنتیک).
 - ضریب جهش، ضریب جذابیت و ضریب جذب نور (پارامترهای کرم شب‌تاب).
- ۳- تولید جمعیت اولیه تصادفی
- ۴- اختصاص وظایف به منابع مختلف به ازای هر عضو از جمعیت و محاسبه‌ی زمان اجرای هر وظیفه بر روی منبع مربوطه.
- ۵- تعیین تابع ارزیابی به ازای هر عضو از جمعیت (ارزیابی شایستگی هر کرم شب‌تاب).

- ۶- تعیین میزان درخشندگی کرم‌های شب‌تاب.
 - ۷- انتخاب کرم‌های شب‌تاب که بیشترین میزان درخشندگی را دارند.
 - ۸- حرکت کرم‌های شب‌تاب باقیمانده به سمت نزدیک‌ترین کرم شب‌تاب درخشنده.
 - ۹- تولید جمعیت جدید (به‌روزرسانی جمعیت).
 - ۱۰- اعمال عملگرهای ترکیب و جهش.
 - ۱۱- اگر تعداد تکرار الگوریتم به ماکزیمم تعداد خود برسد، الگوریتم پایان می‌یابد، در غیر این صورت برو به مرحله ۴.
- بهترین راه‌حل به‌عنوان مناسب‌ترین راه‌حل برای مسئله‌ی زمانبندی در نظر گرفته می‌شود. فلوجارت کلی الگوریتم پیشنهادی FA-GA، در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱: فلوجارت الگوریتم پیشنهادی FA-GA

۴- شبیه‌سازی

در این قسمت، کارایی الگوریتم ارائه شده در بخش قبلی که زمانبندی وظایف در یک محیط شبیه سازی را انجام می‌دادند، ارزیابی شده است. این الگوریتم سعی می‌کند در محاسبات ابری، عمل زمانبندی تعدادی وظیفه‌ی مستقل از هم را

انجام دهد. این وظایف متعلق به یک برنامه‌ی کاربردی است که کاربر آن را برای اجرا به یک محیط ابری تحویل داده است. کاربر به همراه این برنامه، پارامترهای کیفیت سرویس مورد نظر خود یعنی استراتژی بهینه‌سازی را برای سیستم مشخص می‌کند. با شبیه‌سازی می‌توان نشان داد که کارایی الگوریتم‌های بهینه‌سازی در مقایسه با یکدیگر چگونه هستند. برای شبیه‌سازی از محیط MATLAB استفاده شده است و کلیه الگوریتم‌ها در این محیط شبیه‌سازی شده‌اند. مدل شبیه‌سازی شده برای محاسبات ابری شامل یک یا چندین کاربر و تعدادی منبع است. کاربران در هر زمانی ممکن است وارد شوند و برنامه‌ی کاربردی خود را برای اجرا عرضه کنند. این برنامه شامل تعدادی وظیفه‌ی مستقل از هم است که هر کدام می‌توانند بر روی منبع دلخواه اجرا شوند. نهاد کاربر پس از ورود به سیستم، دارای یک نهاد کارگزار مخصوص به خود می‌شود که عمل زمانبندی برنامه‌ی او را انجام می‌دهد و پس از واگذاری وظایف به منابع و اتمام اجرای آن‌ها، نتایج را به کاربر برمی‌گرداند. این کارگزار می‌تواند برای زمانبندی وظایف، از الگوریتم پیشنهادی برای بهینه‌سازی زمان استفاده کند. اغلب اوقات در آزمایش‌های شبیه‌سازی، محیط به‌صورت تک کاربره مدل می‌شود مگر این که خواسته شود یک محیط چند کاربره را مدل کرده و الگوریتم‌ها در چنین وضعیتی با هم مقایسه شوند. منظور از محیط تک کاربره این نیست که از آغاز تا پایان شبیه‌سازی تنها یک کاربر وارد سیستم می‌شود، بلکه بدین معنی است که زمانبندی هیچ دو کاربری با هم تداخل پیدا نمی‌کند. برای نمونه اگر کاربری در زمان ۱۰۰۰ وارد سیستم شود و اجرای برنامه او تا زمان ۵۰۰۰ طول بکشد و کاربر دیگری در زمان ۷۰۰۰ وارد شود آنگاه سیستم را تک کاربره گویند. ولی اگر کاربر دوم در زمان ۳۰۰۰ وارد شود، سیستم چند کاربره است. برای مقایسه‌ی الگوریتم پیشنهادی، سیستم به‌صورت تک کاربره مدل شده است.

۱-۴- بهینه‌سازی زمان در ناهمگونی‌های مختلف طول وظایف

برنامه‌ی کاربردی، از تعدادی وظیفه‌ی مستقل از هم تشکیل شده است. هر وظیفه دارای طول (تعداد دستورالعمل) مخصوص به خود بر حسب میلیون دستورالعمل (MI)، شماره‌ی وظیفه‌ی غیرتکراری^۱ و اندازه‌ی خروجی از پردازش هر وظیفه^۲ است طول وظایف، متغیر در نظر گرفته شده است؛ به این صورت که یک محدوده‌ی (حداکثر...حداقل) برای طول وظایف در نظر گرفته می‌شود؛ که این محدوده MI (۳-۱) می‌باشد. سپس برای طول هر وظیفه، یک مقدار به صورت تصادفی از این محدوده انتخاب می‌شود، به طوری که توزیع طول وظایف یکنواخت باشد در این بخش، الگوریتم‌های زمانبندی با استراتژی بهینه‌سازی زمان، با وظایفی با ناهمگونی‌های مختلف، با هم مقایسه می‌شوند. الگوریتم پیشنهادی با چندین الگوریتم دیگر مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. پارامتر محدوده‌ی طول وظایف، متغیر است و آزمایش‌ها در محدوده‌های مختلف (ناهمگونی‌های مختلف) انجام می‌شوند. پارامتر تعداد تکرارها مشخص می‌کند که برای به‌دست آوردن مقادیر زمان الگوریتم‌ها در یک ناهمگونی معین، تعداد ۲۰۰ تکرار انجام شده و سپس میانگین مقادیر برای بررسی انتخاب شده است.

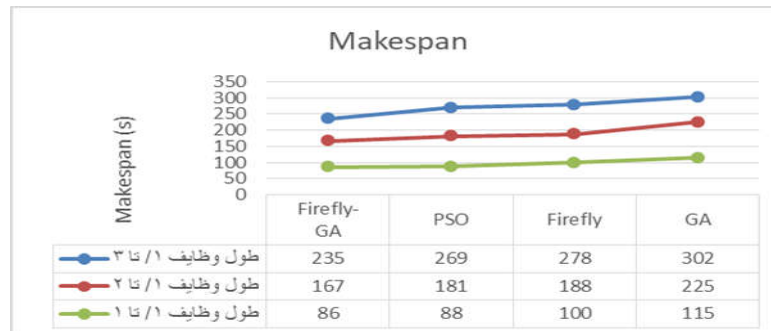
جدول (۱) شرایط آزمایش بهینه‌سازی زمان با محدوده‌ی طول وظایف متغیر

پارامتر	الگوریتم	تعداد کاربر	تعداد وظایف	محدوده‌ی طول وظایف	پیکربندی منابع	تعداد تکرار
مقدار	متغیر	۱	۳۰۰۰	متغیر	VCM با ۱۰ ماشین اول	۲۰۰

حال شرایط بالا برای ارزیابی الگوریتم‌های مختلف مورد استفاده قرار خواهد گرفت. الگوریتم پیشنهادی تحت شرایط جدول (۱) با الگوریتم‌های کرم شبتاب (FA)، ژنتیک (GA) و ازدحام ذرات (PSO) مورد ارزیابی قرار گرفت.

^۱Cloudlet Id
^۲Output Size

در شکل (۲) تأثیر ناهمگونی وظایف بر روی کارایی الگوریتم پیشنهادی و دیگر الگوریتم‌های مورد نظر، مورد بررسی قرار گرفته است. همان‌طور که در نمودار شکل (۲) مشاهده می‌شود، تغییرات زمان در اثر افزایش ناهمگونی وظایف در هر کدام از الگوریتم‌ها روند متفاوتی دارد و با افزایش ناهمگونی طول وظایف، زمان اجرای الگوریتم‌ها افزایش می‌یابد. همان‌طور که از روی شکل مشخص است، الگوریتم پیشنهادی FA-GA نسبت به دیگر الگوریتم‌ها، Makespan کمتری به دست آورده است.



شکل (۲) مقایسه‌ی زمان اجرای الگوریتم‌های مختلف در حالت ناهمگونی طول وظایف

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله، یک روش ترکیبی ژنتیک-کرم شب تاب برای مسئله‌ی زمانبندی وظایف مستقل در محیط کلود پیشنهاد شده است که حداکثر طول زمان اجرا را بهبود می‌دهد. روش پیشنهادی نمونه‌ای از بهینه‌سازی خطی است. الگوریتم بهینه‌سازی کرم شب تاب به دلیل اینکه دارای ویژگی‌هایی مانند سرعت بالا، غیرحساس بودن به مقادیر اولیه، انعطاف‌پذیری و داشتن تحمل‌پذیری خطای بالا است، یکی از بهترین روش‌های ابتکاری می‌باشد. با ترکیب با الگوریتم ژنتیک، سرعت همگرایی و یافتن جواب بهینه در آن بهبود یافته است. الگوریتم پیشنهادی با چندین الگوریتم دیگر مقایسه شد و نتایج شبیه‌سازی نشان داد که روش پیشنهادی ژنتیک-کرم شب تاب نسبت به دیگر روش‌ها، حداکثر طول زمان اجرا کمتری دارد. در تحقیقات آتی می‌توان از روش‌هایی همچون ترکیب ژنتیک و الگوریتم فازی استفاده نمود.

منابع

1. X. S. Yang, "Nature-inspired metaheuristic algorithms", 2th edn, United Kingdom: Luniver Press, 147p, 2010.
2. L. Imene, S. Sihem, K. Okba, and B. Mohamed, "A third generation genetic algorithm NSGAIII for task scheduling in cloud computing", *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, vol. 34, no. 9, pp. 7515–7529, 2022.
3. M. L. Chiang, H. C. Hsieh, Y. H. Cheng, W. L. Lin, and B. H. Zeng, "Improvement of tasks scheduling algorithm based on load balancing candidate method under cloud computing environment", *Expert Systems with Applications*, vol. 212, Article ID 118714, 2023.
4. N. Manikandan, P. Divya, and S. Janani, "BWFSO: hybrid Black-widow and Fish swarm optimization Algorithm for resource allocation and task scheduling in cloud computing", *Materialstoday Proceedings*, vol. 62, pp. 4903–4908, 2022.
5. S. E. Shukri, R. Al-Sayyed, A. Hudaib, and S. Mirjalili, "Enhanced multi-verse optimizer for task scheduling in cloud computing environments", *Expert Systems with Applications*, vol. 168, Article ID 114230, 2021.
6. A. K. Arzoo, "Hybrid ant Particle swarm genetic algorithm (APSGA) for task scheduling in cloud computing", *Information and Communication Technology for Competitive Strategies*, vol. 9-20, 2021.
7. M. S. A. Khan and R. Santhosh, "Task scheduling in cloud computing using hybrid optimization algorithm", *Soft Computing*, vol. 26, no. 23, pp. 13069–13079, 2022.
8. S. Mangalampalli, S. K. Swain, and V. K. Mangalampalli, "Multi objective task scheduling in cloud computing using Cat swarm optimization algorithm", *Arabian Journal for Science and Engineering*, vol. 47, no. 2, pp. 1821–1830, 2022.
9. D. A. Amer, G. Attiya, I. Zeidan, and A. A. Nasr, "Elite learning Harris hawks optimizer for multi-objective task scheduling in cloud computing", *The Journal of Supercomputing*, vol. 78, no. 2, pp. 2793–2818, 2022.

بررسی نیتريد‌های کربن در آند باتری لیتیوم - یون سمیرا محمدی^{*۱}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد نانو مواد دانشگاه گیلان، samiramohammadi.ast@gmail.com

^{*}آدرس ایمیل نویسنده مسئول: samiramohammadi.ast@gmail.com

A review of carbon nitrides in lithium-ion battery anodes

Samira Mohammadi^{*}

1-Master's student at Gilan University, samiramohammadi.ast@gmail.com

^{*}Corresponding author: samiramohammadi.ast@gmail.com

ABSTRACT

Lithium-ion batteries are the most durable rechargeable batteries among other batteries that are used as power sources in portable devices and electric vehicles. Graphite has been adopted as the preferred negative electrode (anode) material for LIBs. Because it is economical, it works with low voltage, it is compatible with the environment, it does not have many changes in volume, it has a relatively stable cycle life, but its theoretical capacity is relatively low. One of the effective ways to improve the properties and electrochemical performance of graphite is through doping materials as graphite anode. Nitrogen doping provides an effective role in tuning the properties of graphene. Carbon nitrides are a family of nitrogen-rich graphites that have porous defect sites for charge transport. In this review, carbon nitrides based on pyridinium nitrogen (CN, C₂N, and C₃N₄) and carbon nitrides based on graphite nitrogen (C₃N, C₄N) were investigated as anodes in LIBs. And the obtained results showed the role of heat treatment, reduction of nitrogen atoms, types of nanostructures of a carbon nitride, different configurations and increase of carbon atoms in improving the performance of batteries.

Key words: Lithium-Ion Battery, Anode, Carbon Nitride, Two-Dimensional

چکیده

باتری‌های لیتیوم یونی بادوام‌ترین باتری قابل شارژ در میان باتری‌های دیگر هستند که به عنوان منبع تغذیه در دستگاه‌های قابل حمل و خودروهای الکتریکی استفاده می‌شود. گرافیت به عنوان ماده الکترود منفی (آند) ترجیحی برای LIB ها پذیرفته شده است چون مقرون به صرفه است، با ولتاژ پایین کار می‌کند، سازگار با محیط زیست است، تغییرات حجمی زیادی ندارد، عمر چرخه‌ای نسبتاً پایدار اما ظرفیت نظری آن نسبتاً پایین است. یکی از راه‌های موثر برای بهبود خواص و عملکرد الکتروشیمیایی گرافیت از طریق دوپینگ مواد به عنوان آند گرافیت است. دوپینگ نیتروژن نقش موثری در تنظیم خواص گرافن ارائه می‌دهد. نیتريد‌های کربن خانواده‌ای از گرافیت غنی از نیتروژن هستند که دارای محل‌های نقص متخلخل برای انتقال بار هستند. در این

مقاله مروری نیتريدهای کربن مبتنی بر نیتروژن پیریدینی (CN, C₂N, C₃N₄) و نیتريدهای کربن مبتنی بر نیتروژن گرافیتی (C₄N, C₃N) به عنوان آند در LIB ها بررسی شد و نتایج به دست آمده نقش عملیات حرارتی، کاهش اتم های نیتروژن، انواع نانوساختار از یک نوع نیتريدکربن، پیکربندی‌های مختلف و افزایش اتم کربن را در بهبود عملکرد باتری ها نشان داد.

واژه‌های کلیدی: باتری لیتیوم-یون، آند، کربن نیتريد، دوبعدی

۱- مقدمه

تحقیقات دانشمندان و مهندسان بزرگ در طی سال‌ها باعث شد باتری‌های لیتیوم یونی تجاری در دهه ۱۹۹۰ به عنوان یک دستاورد موفق معرفی شود و تاکنون بادوام‌ترین باتری قابل شارژ در میان باتری‌های دیگر است. LIB ها از سه بخش (کاتد، آند و الکترولیت حالت جامد) تشکیل شده‌اند و از طریق حرکت یون‌های لیتیوم (Li⁺) بین کاتد و آند عمل می‌کنند. یک ماده آند LIB مناسب باید این ویژگی‌ها را برآورده کند: انرژی جذب لیتیوم باید بالاتر از ۱.۶ eV (Li حجیم) برای جلوگیری از خوشه‌بندی و کمتر از ۳ eV برای فعال کردن دفع باشد. در حین جذب لیتیوم تغییر حجم کمی داشته باشد. استفاده از مواد دوبعدی به عنوان کاندیدهای جدید برای استفاده به عنوان مواد فعال آند مورد بررسی قرار گرفته شده است (۱). گرافیت به عنوان ماده الکتروود منفی (آند) ترجیحی برای LIB ها پذیرفته شده است. چون مقرون به صرفه است، با ولتاژ پایین که نزدیک به فلز لیتیوم (~ ۰.۱ ولت) است کار می‌کند، سازگار با محیط زیست است، تغییرات حجمی زیادی ندارد، عمر چرخه ای نسبتاً پایدار و ظرفیت نظری آن ۳۷۲ mAh g⁻¹ است که نسبتاً پایین است (۲). هرچه کریستال‌های گرافیت بزرگتر باشد باعث کند شدن عبور یون‌های لیتیوم از میان گرافیت می‌شود که یکی از رویکردهای تسریع انتشار یون لیتیوم، ایجاد منافذ در کریستال‌های گرافیت است. همچنین این منافذ، تغییر حجم گرافیت را در چرخه شارژ-تخلیه کنترل می‌کند (۳). بنابراین یکی از راه‌های موثر برای بهبود خواص و عملکرد الکتروشیمیایی گرافیت از طریق دوپینگ مواد به عنوان آند گرافیت است. دوپینگ نیتروژن نقش موثری در تنظیم خواص گرافن ارائه می‌دهد زیرا اندازه اتمی و ساختار ظرفیت پنج الکترونی آن (هیبریداسیون SP₂) باعث می‌شود در یک ساختار شبکه کووالانسی قوی از اتم‌های کربن قرار گیرد. چنگ و همکاران نشان دادند دوپینگ N موجب بالا بردن ظرفیت الکترودهای گرافن شد و ظرفیت برگشت‌پذیر و عملکرد چرخه را در مقایسه با گرافن بدون دوپ بهبود بخشید (۴). نیتريدهای کربن خانواده‌ای از گرافیت غنی از نیتروژن هستند که دارای محل‌های نقص متخلخل برای انتقال بار هستند. تحقیقات چائو لیو و همکاران نیز نشان داد که دوپینگ نیتروژن با گرافن باعث بهبود انتقال بار و رسانایی می‌شود و با بالا بردن قابلیت جذب یون لیتیوم، عملکرد توان و چرخه پذیری گرافن را افزایش می‌دهد (۵). نیتريدهای کربن با نسبت C/N به گروه‌های مختلفی تقسیم‌بندی می‌شوند.

۲- نیتريدهای کربن خالص

خانواده نیتريد کربن بر اساس فرمول کلی مولکولی C_xN_y شامل C₂N₂, C₃N₃, C₄N₄, C₂N, C₃N, C₃N₂, C₃N₄, C₄N₃, C₃N₅, C₃N₆, C₃N₇, C₄N₁₂, C₁₀N₉, C₁₀N₃, C₉N₇, C₉N₄, C₆N₈, C₆N₆, C₅N, C₄N₃ است که خواص ساختاری، الکترونی و مغناطیسی آنها توسط بافکری و همکاران مورد بررسی قرار گرفته است (۶). در این مقاله به بررسی نیتريدهای کربن مبتنی بر نیتروژن پیریدینی (CN, C₂N, C₃N₄) و نیتريدهای کربن مبتنی بر نیتروژن گرافیتی (C₄N, C₃N) می‌پردازیم (شکل ۱).



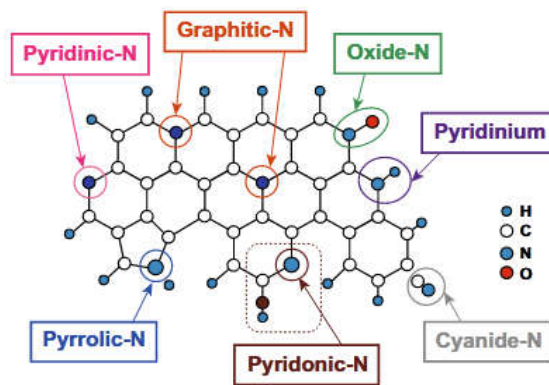
شکل ۲: ساختارهای هندسی نیتريدهای کربن مبتنی بر N پیریدینیک و گرافیتی کره‌های خاکستری نشان‌دهنده اتم‌های کربن و رنگ آبی نشان‌دهنده اتم‌های نیتروژن در ساختارهای نیتريد کربن دوبعدی است.

۱-۲ - نیتريدهای کربن مبتنی بر نیتروژن پیریدینی (CN، C₂N و C₃N₄)

دوپینگ N پیریدینی با گرافن، ساختارهای متخلخل ایجاد می‌کند که لبه‌های منافذ آن از اتم‌های N تشکیل شده است. نیتروژن پیریدینی متصل به دو اتم کربن در محل لبه‌ها یا نقص‌های گرافن و یک الکترون p به سیستم π کمک می‌کند (۷). اتم N پنج الکترون ظرفیت دارد که دو الکترون با پیوندهای σ دو اتم کربن همسایه را پیوند می‌دهد و سه الکترون دیگر یک پیوند π و یک جفت تک را تشکیل می‌دهند. این یک اوربیتال Pz غیرپیوندی نقش مؤثری در استخراج لیتیوم دارد. انرژی‌های اتصال بین اتم لیتیوم و گرافن‌های پیریدینی ۱.۳۰ eV است که قوی‌تر از گرافن نقص دار بدون دوپ است. گرافن پیریدینی بعداز جذب لیتیوم قطبی اسپین هستند. گشتاور مغناطیسی کل گرافن پیریدینی ۰.۵۴ μ_B است (۸).

۲-۲ - نیتريدهای کربن مبتنی بر نیتروژن گرافیتی (C₃N، C₄N)

نیتروژن گرافیتی، N متصل به سه اتم کربن است. نیتريد کربن گرافیتی یک غشای گرافن متخلخل است با محتوای نیتروژن بسیار بالا (۹). در ساختار گرافیتی یک اتم لیتیوم کربن را به جای نیتروژن ترجیح می‌دهد که این را با توجه به انرژی اتصال بین اتم Li و گرافن گرافیتی (۰.۹۵ eV) که ضعیف‌تر از گرافن بکر (۰.۹۸ eV) است می‌توان نتیجه گرفت. دلیل آن ساختار غنی از الکترون گرافن گرافیتی است که تأثیر منفی بر جذب لیتیوم می‌گذارد (۸). در شکل (۲) انواع نیتروژن دوپ شده در مواد کربن نشان داده شده است.



شکل ۳: اشکال گونه‌های نیتروژن در مواد کربن دوپ شده با نیتروژن. تولید مجدد با کسب اجازه از منبع (۷).

۳- نیتريد کربن g-CN

لیتیوم با نیتروژن پیریدینی برهم کنش قوی دارد که باعث می‌شود ظرفیت بزرگ ولی غیرقابل برگشت داشته باشد. وجود نیتروژن گرافیتی باعث می‌شود تحت بارگذاری‌های بالا ناپایداری ایجاد شود. g-CN، بدون نیتروژن گرافیتی، برای مثال g-C₃N₃ دارای شش نیتروژن پیریدینی در هر واحد سلول است که باید در بارگذاری بالا پایداری و رسانایی بهتری نسبت به g-C₃N₄ داشته باشد. در تحقیقات هانکل و همکاران ظرفیت LiCN، ۸۱۳ mAh g⁻¹ مشاهده شد. آنها جذب لیتیوم را در g-C₃N₃ با محاسبات تئوری تابعی چگالی بررسی کردند و دریافتند که لیتیوم ترجیحاً در منافذ و نزدیک به اتم‌های نیتروژن جذب می‌شود و ظرفیت بسیار بالایی را مشاهده کردند ولی انرژی اتصال زیاد بین نیتروژن و لیتیوم باعث برگشت‌ناپذیری این ظرفیت می‌شود (۱۰). در بررسی دیگر، هائو یین و همکاران g-C₃N₃ را سنتز کردند و دریافتند که عملیات حرارتی می‌تواند باعث بهبود بخشیدن به بازده کلمبی اولیه شود و همچنین ظرفیت برگشت‌پذیری را افزایش دهد که دلیل آن کاهش نیتروژن در عملیات حرارتی بالا است (۱۱).

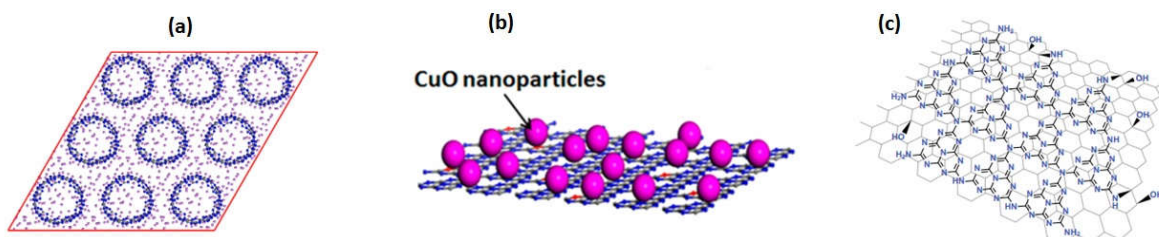
۴- نیتريد کربن g-C₂N

ساختار g-C₂N، هم دارای سوراخ‌های یکنواخت و هم دارای حلقه‌های فنیل است که با اتم‌های نیتروژن پیریدینیک احاطه شده است. این حفرات یکنواخت سبب می‌شود شکاف باند افزایش یابد. محمود و همکاران C₂N را سنتز کردند و همچنین مطالعات DFT روی آن انجام دادند. فاصله بند گپ ۱.۹۶ eV بدست آمد (۱۲). خو و همکاران در بررسی عملکرد C₂N در باتری‌ها، نرخ تخلیه و بازده کولمبی اولیه C₂N را ۲۳۰ mAh g⁻¹ و ۱۸.۱٪ بدست آوردند که نرخ تخلیه بسیار کمتر از گرافیت (۴۰۹.۳ mAhg⁻¹) است. این مقادیر در C₂N با عملیات حرارتی ۴۵۰ به ۱۶۲۹.۶۱ mAh g⁻¹ و ۵۷.۲٪ افزایش یافت. مشاهده می‌شود بازده کولمبی اولیه آن در مقایسه با گرافن (۸۴.۱٪) همچنان کمتر است که دلیل آن قرار گرفتن برگشت‌ناپذیر یون‌های لیتیوم در مکان‌های فعال گرافن به خصوص منافذ احاطه شده نیتروژن است (۱۳، ۱۴). با اینکه بالاتر بودن ظرفیت گرافن مزیت است ولی پسماند ولتاژ زیادی نیز دارد که این ضعف گرافن باعث می‌شود C₂N کاندید مناسب‌تری برای استفاده در باتری‌ها باشد.

۵- نیتريد کربن g-C₃N₄

نیتريد کربن (C₃N₄) به عنوان یکی از اولین پلیمرهای مصنوعی گزارش شده در زمینه‌های علمی در نظر گرفته شده است. سه نوع نیتروژن در ساختار g-C₃N₄ شناسایی شده است که شامل نیتروژن پیریدینیک، نیتروژن گرافیتی و نیتروژن پل است. g-C₃N₄ از یک سری صفحه‌های مسطح از اتم‌های کربن و نیتروژن هیبرید شده SP² که ضخامت صفحات به اندازه یک اتم

هست تشکیل شده است. فاصله بین لایه‌ها ۰.۳۱۹ نانومتر و کمتر از گرافیت (۰.۳۳۵ نانومتر) است که این تراکم باعث انتقال بار بهتری می‌شود. به دلیل جایگزینی اتم‌های کربن با نیتروژن در حلقه بنزن، $g-C_3N_4$ -رسانایی ضعیفی نسبت به گرافیت دارد. $g-C_3N_4$ -بکر، هدایت ضعیف و از دست دادن ظرفیت غیرقابل برگشت جدی را نشان می‌دهد، تحقیقات زیادی برای غلبه بر این مسائل انجام شده است. چن و همکاران $g-C_3N_4$ با کاهش اتم‌های N که ساختار نازک‌تر و متخلخل‌تری دارد را سنتز کردند که ظرفیت ذخیره‌سازی لیتیوم قابل برگشت 2753 mAh g^{-1} در 300 سیکل را دارد (۱۵). چن و همکاران با محاسبات اصول اول نانولوله‌های $g-C_3N_4$ را مورد بررسی قرار دادند و مشاهده شد که چون نانولوله‌های متخلخل اتم‌های لیتیوم را هم در داخل و هم در خارج از نانولوله می‌توانند ذخیره کنند (شکل ۳a)، در نتیجه ظرفیت ذخیره بالایی دارد (۱۶).



شکل ۴: (a) نانولوله $g-C_3N_4$. (b) نانوکره‌های CuO/O دوپ شده با $g-C_3N_4$. (c) $g-C_3N_4$ -rGO. با کسب اجازه از منابع (۱۶-۱۸).

فو و همکاران با دوپینگ نیتريد کربن گرافیتی با اکسید گرافن (شکل ۳c) توانستند ظرفیت درج لیتیوم بالا، پایدار و برگشت‌پذیر 1525 mAh g^{-1} در چگالی جریان 100 mAh g^{-1} پس از ۵۰ سیکل را ارائه کنند. در نتایج بدست آمده مشاهده شد، حتی در چگالی جریان بالای 1000 mAh g^{-1} ، الکتروود $rGO/g-C_3N_4$ همچنان می‌تواند ظرفیت برگشت پذیری تا 943 mAh g^{-1} را داشته باشد. انتشار یون‌های لیتیوم از صفحات $g-C_3N_4$ به نانوصفحه rGO از طریق عیوب، دلیل افزایش ظرفیت آن است (۱۷). در بررسی دیگر نانوکره‌های $g-C_3N_4$ دوپ شده با CuO/O (شکل ۳b)، ظرفیت تخلیه برگشت پذیر بالای 738 mAh g^{-1} و حفظ ظرفیت ۷۵.۳٪ پس از ۱۰۰ چرخه در چگالی جریان 100 mAh g^{-1} را نشان داد. در چگالی جریان بالا ظرفیت تخلیه برگشت پذیر 503 mAh g^{-1} در ۵۰۰ سیکل ارائه می‌کند. برهم کنش قوی بین $g-C_3N_4$ و CuO دوپ شده با O باعث پایداری ساختار می‌شود (۱۸). و همچنین نانو کامپوزیت‌های دیگر نیز مورد بررسی قرار گرفته شده مانند $g-C_3N_4/NRGO/MoS_2$ (۱۹)، Fe_2O_3/C_3N_4 (۲۰) که می‌توان مطالعه کرد.

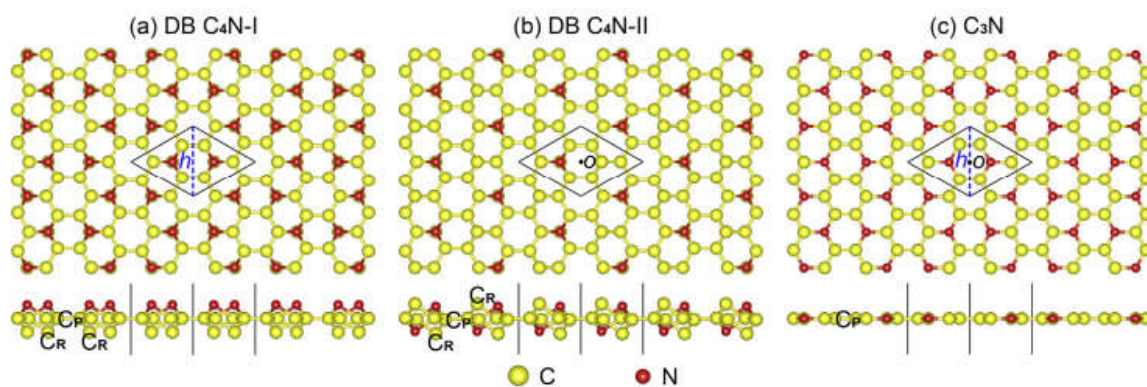
۶- نیتريد کربن $g-C_3N$

ساختار C_3N شامل حلقه‌های همگن، متقارن و بدون سوراخ‌های بزرگ است پیوندهای کووالانسی قطبی قوی دارد. (شکل ۳c) مدول یانگ بالای 10900 GP و پایداری دینامیکی حرارتی تا 2000 K است. از خصوصیات دیگر آن، انقباض جانبی ناشی از خمش است که در مواد دو بعدی کمتر وجود دارد (۲۱). لی و همکاران سایت‌های مختلف برای جذب لیتیوم را بررسی کردند و بهترین جذب در حلقه ای که دارای ۶ اتم کربن است رخ داد. حداکثر ظرفیت جذب تک لایه C_3N برای باتری لیتیوم یونی $579.88 \text{ mAh g}^{-1}$ پیش‌بینی شد (۲۲). خو و همکاران در بررسی عملکرد C_3N در باتری‌ها نرخ تخلیه و بازده کولمبی اولیه آن را 787.3 mAh g^{-1} و 48.7% به دست آوردند که ظرفیت ویژه برگشت‌پذیری با افزایش دما بیشتر می‌شود. اما این ظرفیت پس از چندین چرخه به 383.3 mAh g^{-1} کاهش پیدا می‌کند که عملکرد بالایی آن را محدود می‌کند (۱۳). برای حل این کاهش ظرفیت، لیو و همکاران C_3N را با کمی C اضافی ($C_{3.33}N$) سنتز کردند که ظرفیت برگشت‌پذیری $840.35 \text{ mAh g}^{-1}$ را نشان داد و هدایت الکترونیکی و سرعت شارژ-تخلیه را بهبود بخشید (۲۳). برای بهبود خواص C_3N

ساختار ناهمسان C_3N/p با محاسبات اصول اول مورد بررسی قرار گرفته شد. فسفرن باعث جذب بالا و تحرک عالی لیتیوم می‌شود. افزایش انرژی پیوند لیتیوم به C_3N/p باعث بهبود امنیت و عملکرد چرخه مواد آند می‌شود چون از تولید دندریتهای لیتیوم جلوگیری می‌کند. نتایج بدست آمده از این تحقیق در مقایسه با تک لایه C_3N ، ظرفیت بالای $468.34 \text{ mAh g}^{-1}$ و رسانایی بهتر الکتریسیته و یون‌ها را نشان می‌دهد (۲۴). هتروساختار C_3N/GR نیز مورد مطالعه قرار گرفته است، اتم لیتیوم می‌تواند به طور مطلوبی در لایه بین C_3N و گرافن با قدرت جذب متوسط قرار بگیرد و حرکت کند و ظرفیت ذخیره‌سازی لیتیوم 1079 mAhg^{-1} پیش‌بینی شده است (۲۵). مطالعه دیگر نیز به بررسی دوپینگ C_3N با هترواتم (O, B) انجام شده است (۲۶).

۷- نیتريد کربن $g-C_4N$

ساختار C_4N از نوع هیبریداسیون SP^3 است. با توجه به موقعیت اتم‌های C/N برجسته، دو پیکربندی را نشان می‌دهد. نوع اول اتم‌های C/N برجسته در یک طرف قرار دارند و نوع دوم اتم‌های برجسته در مقابل هم قرار دارند. (شکل a,b) تک لایه های C_4N بصورت دمبلی شکل هستند. شکل مخروطی دیراک که نشان دهنده خاصیت الکتریکی خوب است، در ساختار نواری آنها مشاهده می‌شود و دلیل آن، داشتن چهار اوربیتال Pz است (۲۷). یانگ و همکاران در بررسی جذب لیتیوم، بالاترین جذب (-0.93 eV) را در سایت H1 واقع در در سطح C حلقه‌ای که هر دو اتم C و N وجود دارد محاسبه کردند. مقادیر جذب بالا، فرآیند بارگذاری سریع‌تر، جذب پایدار بهتر و پتانسیل خوبی را برای کاربردهای ذخیره‌سازی لیتیوم نتیجه می‌دهد. ظرفیت خاص نظری بدست آمده برای LIB ها در فاز I و II به ترتیب 1942 mAhg^{-1} و 2158 ، مقادیر ولتاژ مدار باز 0.60 V و 0.68 که مناسب برای آند باتری است (۲۸). خو و همکاران نیز با روش DFT حداکثر انرژی جذب لیتیوم را در سایت H1 - 2.70 eV محاسبه کردند (۲۹).



شکل ۵: نمایش شماتیک (a) DB C_4N -I، (b) DB C_4N -II و (c) C_3N اتم‌های C برجسته به عنوان CR و اتم‌های C به عنوان CP برجسته گذاری شده. با کسب اجازه از منبع (۲۷).

۸- نتیجه گیری

تاکنون بادوام‌ترین باتری قابل شارژ در میان باتری‌های دیگر، LIB ها هستند. گرافیت به عنوان ماده آند ترجیحی برای LIB ها پذیرفته شده است. برای بهبود ضعف‌های گرافن، دوپینگ نیتروژن نقش موثری در تنظیم خواص گرافن ارائه می‌دهد. در این مقاله مروری، پیشرفت‌های اخیر نیتريد‌های کربن به عنوان آند در باتری لیتیوم-یون بررسی شد. نتایج حاصل از تحقیقات نشان داد، نیتروژن پیریدینیک برای ذخیره‌سازی لیتیوم مناسب‌تر از نیتروژن گرافیتی است و ظرفیت ذخیره‌سازی بالایی دارد، عملیات حرارتی و کاهش اتم‌های N در سنتز، باعث بهبود مشکل ظرفیت برگشت پذیری می‌شود، انواع نانو ساختار از یک نوع نیتريدکربن در ظرفیت درج لیتیوم، ظرفیت برگشت پذیری و پایداری ساختار تاثیر دارد و همچنین پیکربندی‌های مختلف نیز در تسريع بارگذاری و جذب پایدار موثر است.

مراجع

1. Bahari Y, Mortazavi B, Rajabpour A, Zhuang X, Rabczuk T. Application of two-dimensional materials as anodes for rechargeable metal-ion batteries: A comprehensive perspective from density functional theory simulations. *Energy Storage Materials*. 2021;35:203-82.
2. Yao Y-X, Yan C, Zhang Q. Emerging interfacial chemistry of graphite anodes in lithium-ion batteries. *Chemical Communications*. 2020;56(93):14570-84.
3. Deng T, Zhou X. The preparation of porous graphite and its application in lithium ion batteries as anode material. *Journal of Solid State Electrochemistry*. 2016;20:2613-8.
4. Wu Z-S, Ren W, Xu L, Li F, Cheng H-M. Doped graphene sheets as anode materials with superhigh rate and large capacity for lithium ion batteries. *ACS nano*. 2011;5(7):5463-71.
5. Liu C, Liu X, Tan J, Wang Q, Wen H, Zhang C. Nitrogen-doped graphene by all-solid-state ball-milling graphite with urea as a high-power lithium ion battery anode. *Journal of Power Sources*. 2017;342:157-64.
6. Bafekry A, Shayesteh SF, Peeters FM. Two-dimensional carbon nitride (2DCN) nanosheets: Tuning of novel electronic and magnetic properties by hydrogenation, atom substitution and defect engineering. *Journal of Applied Physics*. 2019;126(21):215104.
7. Shibuya R, Kondo T, Nakamura J. Active Sites in Nitrogen-Doped Carbon Materials for Oxygen Reduction Reaction. *Carbon-Based Metal-Free Catalysts: Design and Applications*. 2018;1:227-49.
8. Ma C, Shao X, Cao D. Nitrogen-doped graphene nanosheets as anode materials for lithium ion batteries: a first-principles study. *Journal of Materials Chemistry*. 2012;22(18):8911-5.
9. Hankel M, Ye D, Wang L, Searles DJ. Lithium and sodium storage on graphitic carbon nitride. *The Journal of Physical Chemistry C*. 2015;119(38):21921-7.
10. Hankel M, Searles DJ. Lithium storage on carbon nitride, graphenylene and inorganic graphenylene. *Physical Chemistry Chemical Physics*. 2016;18(21):14205-15.
11. Yin H, Guo Q, He D, Li J, Sun S. Structural characterization and electrochemical performance of macroporous graphite-like C₃N₃ prepared by the wurtz reaction and heat treatment. *RSC advances*. 2017;7(69):44001-8.
12. Mahmood J, Lee EK, Jung M, Shin D, Jeon I-Y, Jung S-M, et al. Nitrogenated holey two-dimensional structures. *Nature communications*. 2015;6(1):6486.
13. Xu J, Mahmood J, Dou Y, Dou S, Li F, Dai L, et al. 2D frameworks of C₂N and C₃N as new anode materials for lithium-ion batteries. *Advanced Materials*. 2017;29(34):1702007.
14. Hussain T, Searles DJ, Hankel M. Insights into the trapping mechanism of light metals on C₂N-h₂d: utilisation as an anode material for metal ion batteries. *Carbon*. 2020;160:125-32.
15. Chen J, Mao Z, Zhang L, Wang D, Xu R, Bie L, et al. Nitrogen-deficient graphitic carbon nitride with enhanced performance for lithium ion battery anodes. *ACS nano*. 2017;11(12):12650-7.
16. Pan H. Graphitic carbon nitride nanotubes as Li-ion battery materials: a first-principles study. *The Journal of Physical Chemistry C*. 2014;118(18):9318-23.
17. Fu Y, Zhu J, Hu C, Wu X, Wang X. Covalently coupled hybrid of graphitic carbon nitride with reduced graphene oxide as a superior performance lithium-ion battery anode. *Nanoscale*. 2014;6(21):12555-64.

18. Mohamed HS, Wu L, Li C-F, Hu Z-Y, Liu J, Deng Z, et al. In-situ growing mesoporous CuO/O-Doped g-C₃N₄ nanospheres for highly enhanced lithium storage. ACS applied materials & interfaces. 2019;11(36):32957-68.
19. Hou Y, Li J, Wen Z, Cui S, Yuan C, Chen J. N-doped graphene/porous g-C₃N₄ nanosheets supported layered-MoS₂ hybrid as robust anode materials for lithium-ion batteries. Nano Energy. 2014;8:157-64.
20. Wang Y, Han J, Gu X, Dimitrijević S, Hou Y, Zhang S. Ultrathin Fe₂O₃ nanoflakes using smart chemical stripping for high performance lithium storage. Journal of Materials Chemistry A. 2017;5(35):18737-43.
21. Chen Z, Wang H, Li Z. First-principles study of two dimensional C₃N and its derivatives. RSC advances. 2020;10(55):33469-74.
22. Li H, An F, Ebrahimiasl S. Evolution the properties of C₃N monolayer as anodes for lithium-ion batteries with density functional theory. Structural Chemistry. 2021;32(6):2251-7.
23. Liu Q, Xiao B, Cheng J-b, Li Y-c, Li Q-z, Li W-z, et al. Carbon excess C₃N: a potential candidate as Li-ion battery material. ACS applied materials & interfaces. 2018;10(43):37135-41.
24. Guo G-C, Wang R-Z, Ming B-M, Wang C, Luo S-W, Zhang M, et al. C₃N/phosphorene heterostructure: a promising anode material in lithium-ion batteries. Journal of Materials Chemistry A. 2019;7(5):2106-13.
25. Wang Y, Jiao Z, Ma S, Guo Y. Probing C₃N/Graphene heterostructures as anode materials for Li-ion batteries. Journal of Power Sources. 2019;413:117-24.
26. Nong W, Li Y, Wang C. C₃N monolayer with substitutional doping and strain modulation serving as anode material of lithium-ion batteries. Applied Surface Science. 2020;510:145324.
27. Li L, Kong X, Leenaerts O, Chen X, Sanyal B, Peeters FM. Carbon-rich carbon nitride monolayers with Dirac cones: Dumbbell C₄N. Carbon. 2017;118:285-90.
28. Yang C, Zhang X, Ma J, Shi B, Zhang H, Xu L, et al. Ultrahigh capacity of monolayer dumbbell C₄N as a promising anode material for lithium-ion battery. Journal of The Electrochemical Society. 2020;167(2):020538.
29. Xu M, Wang H, Sun S, Li H, Li X, Chen Y, et al. First-Principles Study of Metal Atoms Adsorption on 2D Dumbbell C₄N. physica status solidi (b). 2020;257(1):1900205.

The Effect of the Green Supply Chain Management on the Performance of Teaching Hospitals of Babol City based on the Balanced Scorecard

Saeid Emamgholizadeh^{1*}, Mohamad Hamid Ijazi², Sara Salarian³

- 1- Assistant professor, shomal university
- 2- PhD in Human Resource Management and Business Manager of Navok Kish Asia Company
- 3- Associate Professor of Shahid Beheshti University of Medical Sciences

*Corresponding author: Gholizadehsaeid@gmail.com

Abstract

Today, one of the most important problems that people all over the world are facing is the lack of resource, ozone layer depletion, global warming, and environmental pollution. This issue resulted in the advancing of global organizations toward greening and the implementation of green supply chain management in organizations. Hospitals as one of these organizations by daily production of hazardous infectious waste have a great and undeniable role in environmental pollution are not considered as an exception. However, hospitals may encounter with this issue by applying and utilizing standards of green management, which can also help to energy saving, reduction of costs, and improvement of the process of taking care of the patient. The subject of the present research is practical regarding on matters mentioned in the hospital, and regarding its method is descriptive (survey) and correlative. To express this, two questionnaires (one of them is about green supply chain management and the other is about the performance of teaching hospitals of Babol city) were used to gather the data of this research. The reliability of questionnaires was calculated according to Cronbach's Alpha Coefficient (the questionnaire of green supply chain management equals to 0.835 and the questionnaire of the performance of teaching hospitals of Babol city equal to 0.831) also the validity of questionnaires was calculated based on content validity. Tables and figures were used to analyze the data, and regression test was use at the level of inferential statistics. The statistical population of this study includes the senior managers of hospitals that equal to 125 people, and 95 of them were selected as samples based on the Morgan Table. The results of the present research indicate that in the main hypothesis, green supply chain management does not have a significant effect over the performance of teaching hospitals of Babol city and in fact its Remarkable is weak, and also in the secondary hypotheses of the research, just teaching hospitals in the domain of green production (second secondary hypothesis) have shown a significant effect and the rest of the theories (green designing, green purchasing, green marketing, green packing, green transformation, and green recycling) does not have any significant effect on the performance of teaching hospitals of Babol.

Keywords: Green supply chain; Balanced Scorecard; Environment; Green Hospital

1- Introduction

During recent centuries, industrial development has replaced by sustainable development; environmental consequences and inadequacy of planet earth's resources have become the main concern for human. Industrial managers especially in developed countries, pursue methods to increase the performance of their organizations, along with Environmental Protection. In this regard, considering green supply is helpful. The green supply chain is a kind of supply chain in which environmental requirements are observe and products after their useful life return to chain supply, which its main goal is the reduction of environmental pollution from upstream to downstream of the supply chain. Nowadays, environmental

pollution is the main problem that people is facing every day and also, emission of toxic gases from manufacturing industries. To overcome the problem of pollution of the environment, manufacturing industries have to apply green concepts in their supply chain. Meanwhile, environmental concerns have converted into important factor in manufacturing industries (1). Nowadays, people are more alert about environmental issues like global warming, carbon emission, using toxic materials, and the lack of resources, and this is result in advancing toward greening and a lot of organizations by using their companies' (organization) green principals are trying to answer it, and there were also, environmental schedules that have been introduced by organizations voluntarily (5). Nowadays, environmental pollution is one of the main problems and if it is not being considered, has the potential to destroyed human generation on the planet earth. Air pollution is one these pollutions, which needs of urgent consideration. Hospitals are considered as the kind of organizations that by using Excessive amounts of wastes have created a disturbing situation for governments all over the world. The produced wastes by hospitals can be very hazardous and toxic and also, due to the presence of tiny harmful parasites can transfer infectious diseases via air. The pollutant from these wastes can cause undesirable effects like reduction of effects and environmental risk, and increase in ecological performance that can be effective on factors like the benefit and the goal of their portion from the market. And this indicates the integration of environmental thinking in the platform of chain management, including product design, sources of materials, the processes of production, and delivery of the final product and also managing wastes remained from the product after its useful life (4).

In this study, green supply chain management is mentioned and performance of hospital base on bsc, it is aimed to create awareness in healthcare managers in subjects of green approaches of supply chain management. In recent years, hospitality researchers and practitioners in the fields of revenue management, marketing, and hotel performance have sought to explore ways that can measure hotel performance and efficiency comprehensively and accurately for business improvement (42). One such method is a Balanced Scorecard (BSC). The BSC is more than a single measure of performance but instead considers key indicators that take into account both financial performance and key stakeholder feedback (43). A challenge of using BSC as an external benchmarking tool is the various ways data are collected and measured. To overcome this obstacle, using BSC in conjunction with a different type of methodology should be considered.

The contribution of this article is as follows.

Balanced Scorecard has been successfully implemented in hospital performance in general, and particularly in Green Supply Chain Management selection for hospital.

In general, green supply chain management for supervising reaction of environmental management schedules, is limited to more innovative methods like recycling, revival, reconstructing, environmental supplies and management, and also innovative combinations (6). Green supply chain management has converted into an important environmental action of companies to achieve profitability, and increasing market share in such a way that decreases environmental risks and increase environmental performance, which at last green supply chain management as a new environmental systematic approach that is accepted in supply chain management and applied by organizations for Providence. Given that, these environmental changes at the moment are impacting manufacturing and service actions, considering the development of environmental management and strategies for supply chain management have increased considerably. Therefore, the concept of green supply chain management as a new systematic approach has become a converted to an important factor in business. It can be truly claim that green supply chain management is consider as an

environmental innovation (7). Organizations prevent themselves from ruining and destruction through the determination of standards. By codification of standard, they are trying to establish order and harmony among their performance, they are also trying to concern about environment to improve their performance and also attract the satisfaction of customers that environmental management is in the domain of their performance of green supply chain management. Organizations can play an important role in preserving and maintenance of environment by applying standards for green management of their organizations. Dynamism and continuity of planet earth and humankind also require considering the environment. On the other hand, hospitals as one of the organizations, which produce wastes, continuously involved with environmental issues. Hospital wastes are considered as one of the main pathogenic agents that can be found all around the world, and if they are not effectively disposed, and remain on the ground, they will cause contamination of water, air pollution and overall damage to environment and impose a real threat and irrecoverable risks for the health of members of the society. However, the aim of this study is to evaluate the effect of green supply chain management over the function of teaching hospitals of Babol city based on the BSC method.

2- Research hypotheses

The main hypothesis;

- ✓ Green supply chain has a positive effect on the performance of Hospitals of Babol City.

Secondary hypothesis;

- ✓ Green design has a positive effect on the performance of Hospitals of Babol City.
- ✓ Green purchase has a positive effect on the performance of Hospitals of Babol City.
- ✓ Green Marketing has a positive effect on the performance of Iran Hospitals of Babol City.
- ✓ Green Production has a positive effect on the performance of Hospitals of Babol City.
- ✓ Green Packing has a positive effect on the performance of Hospitals of Babol City.
- ✓ Green Transportation has a positive effect on the performance Hospitals of Babol City.
- ✓ Green Recycling has a positive effect on the performance of Hospitals of Babol City.

3- Methodology

Regarding the type of the present research, it is apply, and regarding its methodology, it is considered as a descriptive (survey) and correlation type. To assess this subject matter, the data of this research is gather by two questionnaires (the questionnaire of green supply chain management and questionnaire of the performance of teaching hospitals of Babol city). The reliability of questionnaires was calculated according to Cronbach's Alpha Coefficient (the questionnaire of green supply chain management 0.785 and the questionnaire of the performance of teaching hospitals of Babol city 0.862) and also the validity of questionnaires was calculated according to the content validity. Indices like tables and figures were used to analyze the data, and regression test was used at the level of inferential statistics. The statistical population of this study includes the managers of hospitals that equal to 125 people, and 95 have been chosen as samples based on the Morgan Table.

4- Findings

In analyzing data, firstly for determining the normality of variables of test material, Kolmogorov– Smirnov Test (K – S) was used, which obtained results have verified the normality of variables (performance of hospital is equal to 0.07).In the followings, the

outcome results of the regression test for the main hypothesis of the research which has been based on the effect of green supply chain management over the function of teaching hospitals of Babol city at the level $\alpha = 0/05$ of showed that it is not significant.

Table 1- The results of regression test of research's main hypothesis

Model	Non-Standard Correlation Coefficient		Standard Correlation Coefficient	t	Significance (Sig.)
	B	Standard Deviation	Beta		
(Constant)	3.44	0.52		7.19	0.000
GSCM	0.12	0.15	0.08	0.079	0.35

And also the obtained results of regression test for secondary hypotheses illustrated in the following table, which by considering outcome results of the below table at the level $\alpha = 0/05$ of just the green manufacturing variable is significant and the rest of the other variables are not significant in the study teaching hospitals.

Table 2- The results of regression test of research's secondary hypotheses

Model	Non-Standard Correlation Coefficient		Standard Correlation Coefficient	t	Significance (Sig.)
	B	Standard Deviation	Beta		
(Constant)	4.1142	0.863		4.432	0.000
Green design	0.012	0.155	0.020	0.067	0.869
Green manufacturing	0.287	0.123	0.321	2.215	0.035
Green purchase	-0.209	0.163	-0.201	-1.279	0.201
Green marketing	0.058	0.185	0.051	0.316	0.652
Green packing	-0.079	0.141	-0.114	-0.583	0.545
Green transporting	0.055	0.201	0.065	0.310	0.632
Green recycling	0.034	0.242	0.045	0.151	0.780

The results of present research indicate the fact that green supply chain does not have any significant effect over the function of teaching hospitals of Babol city, and just related teaching hospitals in the field of green manufacturing have applied a good trend toward compatibility with the environment.

5- Discussion and Conclusion

The results of present research indicate the fact that green supply chain does not have any significant effect over the function of teaching hospitals of Babol city, and just related teaching hospitals in the field of green manufacturing have applied a good trend toward compatibility with the environment.

In this regard, it is proposed that teaching hospitals in the field of green design can operate by environmental criteria like designing products to reduce the use of material. Energy, designing products for further usage, and designing products in order to prevent or decrease the usage of hazardous products; and in the area of green purchase hospitals can turn to purchase materials that are nontoxic and recyclable, materials that have a specific environmental capability like materials that have environmental label with them, and materials that have necessary standards regarding technical and environmental properties, and also materials that leave the less damage to the environment. In the area of green marketing, hospitals can do their marketing about environmental issues like emphasizing on having

environmental certifications, considering a reward for those customers, who follow environmental policies, and establishing information system and marketing researches in teaching hospitals in line with assessing the needs of demands of customers. Regarding green packing, hospitals can consider criteria such as is useful and safe for individuals and society in its entire life cycle, being made using best of the methods and technologies of clean manufacturing, its physical design for optimization of materials and energy, and is created from safe materials. In the area of green transporting, from among the proceedings compatible with the environmental criteria which teaching hospitals can do we can mention the followings, planning in all of the distribution centers, optimization of delivery paths, improvement of joint delivery, and increasing the speed of loading, which these proceedings can underlie green transportation in the mentioned teaching hospitals.

Reference

1. Sheu, Jih-Biing, Chou, Yi-Hwa and Hu, Chun-Chia (2004); An Intergrated Logistics Operational Model for Green-Supply Chain Management, www.Elsevier.com.
2. Trowbridge, P. (2003); A Case Study of Green Supply Chain Management at Advanced Micro Devices, Greenleaf Publication, sheffield .
3. Cao,y.(2007),Study on the Lean Logistics in Automobile Enterprise based on Green Supply Chain
4. Samir.K.Srivastva (2007). Green Supply-Chain Management: A state-of- the-art literature review. International Journal of Management Reviews. Vol. 9, No.1, 2007.
5. Navin-Chandra, D., 1991. Design for Environmetability. Design Theory and Methodology, Vol. 31, pp. 99-124.
6. Johannson LE (2001) Linking green productivity, green purchasing, and quality management systems.In: Greening supply chain – Enhancing competitiveness through green productivity. Asian Productivity Organization, Tokyo.
7. Burt DN, Pinkerton RL (1996) A purchasing manager’s guide to strategic proactive procurement. AMACOM, New York, NY.
8. Chen C-C (2005) Incorporating green purchasing into the frame of ISO 14000. J Cleaner Prod 13(9): 927–933.
9. Wu, S.J., and Dunn, S.C.(1995). “Environmentally Responsible Logistics Systems.” International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 25, 20-38.
10. Litman,T.(2009). Sustainable Transportation and TDM, Victoria Transport Policy Institute. <http://www.vtpi.org/tdm/tdm67.htm>. Access: 2010-05-27.
11. Chen Huiyu, Wang Weiwei, (2010). Green Supply Chain Management For a Chinese auto manufacturer.
12. Torres, B., Nones, S., Morques, S., & Evgenio, R. (2004). A Theoretical Approach for Green Supply Chain Management. Federal University DO RIO GRANDE, Industrial Engineering Program, NATAL-BRAZIL, January-2004.
13. Olugu, E.U., Wong, K.Y., & Shaharoun, A.M. (2010). A Comprehensive Approach in Assessing the Performance of an Automobile closed loop Supply Chain. Sustainability, 2, 871-879. doi:10.3390/su2040871.
14. Barratt, M. and Oke, A. (2007), “Antecedents of supply chain visibility in retail supply chains: a resource-based theory perspective”, Journal of Operations Management, Vol. 25 No. 6, pp. 1217-33.
15. Sen, S. (2009), “Linking green supply chain management and shareholder value creation”, The IUP Journal of Supply Chain Management, Vol. 7 No. 3 and 4, pp. 95-109.
16. Xiao, X. (2006). Green supply chain management in the UK and China construction industry. Master of Science, University of East Anglia, Norwich..
17. Zhu, Q. and Sarkis, J. (2006) ‘An inter-sectoral comparison of green supply chain management in China: Drivers and practices’ Journal of Cleaner Production. 14: pp. 71-74.

سیستم‌های آبیاری هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا
آتنا شیرانزائی^{۱*}

۱- استادیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده صنعت و معدن (خاش)، دانشگاه سیستان و بلوچستان،
ashiranzaei@eng.usb.ac.ir

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: ashiranzaei@eng.usb.ac.ir

Smart Irrigation System Based on Internet of Things

Atena Shiranzaei¹ *

1- Department of Computer Engineering (Khash), University of Sistan and Baluchestan,
ashiranzaei@eng.usb.ac.ir

*Corresponding author: ashiranzaei@eng.usb.ac.ir

ABSTRACT

Developed countries are trying to integrate agricultural field with new technologies to improve performance in the agricultural industry. The combination of agriculture and technology improves water consumption in the irrigation system and is considered as one of the SDGs (Sustainable Development Goals). The purpose of this article is to investigate the role of the Internet of Things in the smart irrigation system. This research is based on qualitative design and data collection using secondary data. Automatic irrigation systems are one of the basic needs of agriculture to prevent water wastage. Internet of things can play a fundamental role in minimizing water consumption. Combining agricultural techniques with Internet of Things technology and automation make all processes more effective and efficient. Sensory systems help farmers to know their products better and reduce environmental impacts and conserve resources. By using advanced soil, weather and climate monitoring systems, it is more effective; As a result, it leads to efficient water management. Irrigation systems are defined as an assistant in optimal irrigation systems, which improves performance and reduces the cost of concentration. In this article, the benefits of implementing irrigation systems based on sensors are discussed. This review will help researchers and farmers to better understand irrigation techniques and use it to provide a suitable way of doing irrigation related activities.

Key words: Intelligent Irrigation System, Internet Of Things, Agriculture, Irrigation

چکیده

کشورهای پیشرفته جهت بهبود عملکرد در صنعت کشاورزی در تلاش‌اند این صنعت را با فناوری‌های نوین ادغام کنند. ترکیب کشاورزی و فناوری موجب بهبود مصرف آب در سیستم آبیاری می‌شود و یکی از اهداف SDGs (Sustainable Development Goals) محسوب می‌شود. هدف این مقاله، بررسی نقش اینترنت اشیا در سیستم آبیاری هوشمند است. این پژوهش بر اساس طرح کیفی و جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از داده‌های ثانویه انجام شده است. سیستم‌های آبیاری خودکار برای جلوگیری از هدر رفت آب از نیازهای اساسی حوزه کشاورزی محسوب می‌شوند. اینترنت اشیا می‌تواند نقش اساسی در به حداقل رساندن مصرف آب داشته باشد. ترکیب تکنیک‌های کشاورزی با فناوری اینترنت اشیا و اتوماسیون باعث می‌شوند تمامی فرآیندها مؤثرتر و کارآمدتر شوند. سیستم‌های حسی به کشاورزان کمک می‌کند تا محصولات خود را بهتر بشناسند و اثرات زیست محیطی را کاهش و منابع را حفظ نمایند. نظارت بر خاک، آب و هوا بصورت دقیق‌تر پیش می‌رود؛ در نتیجه منجر به مدیریت آب بصورت کارآمدتر انجام می‌شود. سیستم‌های آبیاری تحت عنوان یک کمک‌کننده در سیستم‌های آبیاری بهینه تعریف شده‌اند که موجب بهبود عملکرد و کاهش هزینه می‌شود. در این مقاله،

مزایای اجرای سیستم های آبیاری مبتنی بر حسگرها مورد بحث قرار می گیرد. این بررسی به محققان و کشاورزان کمک می کند تا تکنیک های آبیاری را بهتر درک کنند و با استفاده از آن یک راه کار مناسب برای انجام فعالیت های مرتبط با آبیاری ارائه دهند.

واژه‌های کلیدی: سیستم آبیاری هوشمند، اینترنت اشیا، کشاورزی، آبیاری

۱. مقدمه

کشاورزی یک صنعت مهم و پایه و اساس اقتصاد است. اتوماسیون کشاورزی یک تکنولوژی نوین و جزء چالش های اصلی کشورهای پیشرفته است. جمعیت جهان به سرعت در حال افزایش است و با افزایش جمعیت، تقاضا برای مواد غذایی افزایش یافته است. صنعت کشاورزی نیازمند توسعه تکنیک ها و شیوه های تولید است زیرا تقاضای مصرف کنندگان تغییر یافته و نیاز به غذا هر روزه افزایش می یابد. [۱]. از این جهت، ترکیب فناوری های تولید مواد غذایی با فناوری های نوین می تواند نقش اساسی برای برطرف کردن نیازهای مشتریان را داشته باشند. آبیاری هوشمند از عناوین نوظهور در حوزه پژوهش است و از روش های فشرده سازی داده ها برای افزایش بهره وری کشاورزی و کاهش اثرات زیست محیطی استفاده می کند. کشاورزی مدرن داده‌ها را با استفاده از حسگرها موجود در محیط عملیاتی تولید می‌کند [۲]، سپس با استفاده از داده های استخراج شده امکان تصمیم گیری دقیق و کارآمد را فراهم می کند. استفاده از فناوری های نوین در سیستم‌های آبیاری موجب صرفه‌جویی در مصرف آب می‌شود. صرفه جویی در مصرف آب نقش مهمی در SDGs دارد. هدف SDGs به موضوع کمبود آب نیز می پردازد و به دو شاخص اصلی اشاره دارد: (۱) راندامان مصرف آب. (۲) تنش کم آبی.

استفاده از فناوری های نوین در حوزه کشاورزی موجب بهبود عملکرد این صنعت و کاهش مصرف آب می شود. با این حال، استفاده نادرست از عناصر کشاورزی می تواند منجر به آلودگی محیط زیست و پیامدهای منفی شود [۳]. استخراج مداوم آب از زمین منجر به کاهش سطح آب شده و این امر موجب گسترش خشکسالی شده است. بنابراین، بهبود سیستم های آبیاری کشاورزی به یک ضرورت تبدیل شده است و کشورهای پیشرفته در حال حاضر به دنبال اجرای چارچوب های موثری جهت رفع این چالش شوند [۴].

اینترنت اشیا یک تکنولوژی نوین است که اشیا مختلف را به یکدیگر متصل می کند و امکان تبادل اطلاعات را فراهم می سازد. اینترنت اشیا با استفاده از گوشی های هوشمند و حسگرها کشاورزان را قادر می سازد از شرایط زمین کشاورزی ، از جمله دمای خاک، میزان آب مورد نیاز، شرایط آب و هوایی و سایر موارد آگاه شوند. به همین ترتیب، اینترنت اشیا به تمامی قسمت های کشاورزی و فرآیندهای آن مرتبط است تا کلیت عملکرد آن را بهبود بخشد و بصورت کارآمدتر فعالیت کنند [۵]. استفاده از حسگرها به کشاورزان کمک می کند درک بهتری نسبت به محصولات خود، کاهش اثرات زیست محیطی و حفظ منابع داشته باشند. در نتیجه با استفاده از کشاورزی هوشمند، به کشاورزان فرصت داده می شود تا ضمن استفاده از منابع کمتر مانند کود، آب و بذر محصول با کیفیت تری تولید نمایند [۶]. هدف این مقاله معرفی نقش آبیاری هوشمند با استفاده از اینترنت اشیا و سیستم‌های حسی با SDG است. این بررسی به محققان و کشاورزان کمک می کند تا تکنیک های آبیاری را بهتر درک کنند و یک رویکرد کافی برای انجام فعالیت های مرتبط با آبیاری ارائه دهد.

سیستم های آبیاری هوشمند یک تکنیک نوظهور است که باعث می شود سیستم های آبیاری بصورت خودکار عمل کنند و میزان مصرف آب را کاهش می دهد. این تکنیک آبیاری، با توجه به شرایط خاک و آب و هوا تنظیم و اجرا می‌شود [۷]. در فرایند آبیاری هوشمند، سیستم هوشمند داده های مربوط به شرایط محیط را از طریق حسگرها جمع آوری می کند، سپس داده ها را پردازش و آنالیز می کند، در نهایت در صورت نیاز عمل آبیاری انجام می شود.

سیستم‌های ارزیابی خاک، آب و هوا بر رشد و سلامت گیاهان اثر می‌گذارد و وجود آن در طراحی یک سیستم کنترل آبیاری جهت افزایش تولید و صرفه جویی در مصرف آب ضروری است [۸]. در سیستم نظارت حوزه آبیاری در زمان واقعی،

اینترنت اشیا و شبکه‌های حسگر بی‌سیم اطلاعات مربوط به وضعیت گیاه، خاک و آب و هوای منطقه آبیاری را دریافت می‌کند. اینترنت اشیا و شبکه‌های حسگر بی‌سیم باعث بهبود سیستم کنترل و نظارت بر فرآیند آبیاری می‌شود. در این فناوری، شبکه‌ای از گره‌های حسگر بی‌سیم وجود دارند که برای حس کردن محیط، پردازش و انتقال اطلاعات مورد استفاده قرار می‌گیرند.

رطوبت خاک یکی از پارامترهای مهم رشد گیاه است. نظارت بر میزان رطوبت خاک می‌تواند نقش مهمی در برنامه ریزی آبیاری داشته باشد. در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، برای سنجش رطوبت خاک از یک حسگر خازنی کم هزینه استفاده می‌شود. هدف از پایش خاک، اندازه‌گیری رطوبت خاک است. سنسورهای رطوبت خاک در کنار ریشه درختان، بوته‌ها یا چمن‌ها قرار می‌گیرند، اطلاعات مربوط به خاک را دریافت و برای کنترل کننده ارسال می‌کند. دستگاه کنترل کننده، با توجه به اطلاعات دریافت شده عملکرد مناسب را انجام می‌دهد. در این روش، سیستم آبیاری بصورت هوشمند عمل می‌کند و هیچگاه به برنامه ریزی زمانی ثابت برای آبیاری نیاز نخواهد داشت. در اینجا شرایط خاک تعیین کننده زمان شروع و پایان، و مدت زمان آبیاری است [۹].

سیستم ارزیابی آب و هوا شرایط آب و هوای منطقه را بررسی می‌کند. به عبارتی، خطرات محیط کار شناسایی، تجزیه تحلیل و جهت کاهش آن استراتژی‌های مناسب اعمال می‌شود. جهت پیاده سازی این سیستم می‌توان از شبکه‌های حسگر بی‌سیم استفاده نمود و شرایط فیزیکی آن را نظارت کرد. نظارت در زمان واقعی همانند سیستم ارزیابی خاک ابتدا اطلاعات محیط را از طریق حسگرها دریافت، تجزیه تحلیل و در صورت نیاز منجر به فعال سازی دستگاههای محرک می‌شود. سیستم ارزیابی آب و هوای مبتنی بر اینترنت اشیا به نظارت و ارزیابی شرایط محیطی محصول مانند رطوبت، دمای هوا، سرعت باد، تابش خورشیدی و کنترل رطوبت در خاک می‌پردازد. استفاده از این روش موجب دستیابی به اطلاعات دقیق در مورد آب و هوا می‌شود و نهایتاً منجر به توسعه روش‌هایی می‌شود که می‌توانند از روند آبیاری در دراز مدت پشتیبانی کنند [۱۰]. در ادامه به ارزیابی خاک، آب و هوا، اینترنت اشیا و سیستم‌های هوشمند مورد استفاده در آبیاری، بحث و نتایج پرداخته می‌شود.

2. اینترنت اشیا و سیستم‌های هوشمند مورد استفاده در آبیاری

2.1- فناوری‌های ارتباطی

در پیاده‌سازی دستگاه‌های اینترنت اشیا بایستی از فناوری‌های ارتباطی استفاده شود که در دستیابی به عملکرد موفق و بهینه مفید واقع شوند. فناوری‌های ارتباطی مطابق با محیطی که در آن به کار می‌روند تعیین می‌شوند [۱۱]. در این قسمت به معرفی برخی از فناوری‌های ارتباطی پرداخته می‌شود.

- **Wi-Fi**: یک فناوری ارتباطی کاربردی و موثر است و اکثر دستگاه‌های کم‌هزینه در اینترنت اشیا توسط این فناوری پشتیبانی می‌شوند. در حالی که Wi-Fi محدودیت‌هایی از قبیل پوشش دهی منطقه و دسترسی دارد، به عنوان یک روش موثر در این فناوری شناخته شده است.
- **GSM**: یک فناوری بی‌سیم است که ارتباطات در فواصل طولانی را فراهم می‌کند.
- **LoRa**: برای مناطق خلوت و بدون سرویس قابل اجرا و مفید است.
- **MQTT**: سربار کم و مصرف انرژی پایینی دارد اما هنوز برای یک سیستم آبیاری زیاد استفاده نشده است.

2.2- فناوری‌های ابری

بانک‌های اطلاعاتی ابری و سنتی از سیستم‌های ذخیره‌سازی مهم و کاربردی هستند. سیستم‌های ذخیره‌سازی امکان ذخیره و دسترسی به اطلاعات مفید را فراهم می‌کند. با استفاده از سیستم‌های ذخیره‌سازی، حجم عظیمی از داده‌ها در این بانک اطلاعاتی ذخیره و با اهداف مختلف توسط شرکت‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۲].

در سیستم‌های مبتنی بر آبیاری، داده‌ها با استفاده از حسگرها جمع‌آوری و پردازش می‌شوند. در حقیقت پردازش داده‌ها در ابر رخ می‌دهد و کاربران بوسیله اتصال به ابر می‌توانند اطلاعات را مشاهده کنند. فناوری ابر بصورت هزینه‌ای و رایگان در اختیار کاربران قرار می‌گیرد و این پلتفرم برای ذخیره، ارزیابی و نمایش داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. تسهیلات فناوری ابری بخش‌های مختلف کشاورزی را قادر می‌سازد تا اطلاعاتی را ذخیره و مشاهده کنند که به بهبود کارایی و اثربخشی آن کمک می‌کند [۱۳].

فناوری ابر در فرآیند آبیاری از الگوریتم‌های مختلف برای تشخیص خطرات و ایجاد هشدار استفاده می‌کند. این هشدارها برای جلوگیری از خطراتی که ممکن است رخ دهند ایجاد شده‌اند و موجب جلوگیری و کاهش آنها می‌شوند. فناوری‌های ابری توسط افراد درگیر در فعالیت‌های آبیاری نه تنها باعث کاهش خطرات بلکه باعث بهبود عملکرد نیز می‌شوند [۱۴].

3. روش شناسی

در این قسمت روش تحقیق در جمع‌آوری و ترکیب اطلاعات در رابطه با نقش اینترنت اشیا در آبیاری هوشمند مورد بحث قرار می‌گیرد. به منظور بررسی این تکنولوژی از اطلاعات موجود در پژوهش‌های انجام شده در Google و Web of Science و ACM Digital Library، Science Direct، Scholar حدود ۴۷ مقاله با عنوان مرتبط مشاهده شد که در مجموع ۱۷ مقاله با معیارهای ورودی و خروجی مطابقت داشته و در این پژوهش استفاده شده است؛ در نتیجه مزایا و تاثیرات سیستم‌های آبیاری هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در راستای ارتقا اثربخشی فرآیند آبیاری بیان می‌شود.

4. بحث و نتایج

مزایای مختلفی در ارتباط با سیستم‌های اینترنت اشیا در آبیاری وجود دارد که در ادامه به بررسی هر یک پرداخته می‌شود [۱۵].

- کاهش مصرف آب: یکی از مزایای اصلی سیستم‌های اینترنت اشیا در آبیاری، مصرف کمتر آب است. آبیاری هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا به صورت خودکار انجام می‌شود و آبیاری فقط به میزان مورد نیاز انجام می‌شود و هدر رفتی وجود ندارد اما در روش‌های سنتی آبیاری به صورت دستی انجام می‌شود و میزان آب زیادی در فرآیند آبیاری به دلیل مداخله انسان هدر می‌رود. در آبیاری هوشمند، انسان نقشی در آبیاری ندارد و از منابع آب تنها در حدی که نیاز است استفاده می‌شود.
- بازدهی بالا: بازدهی بالا یکی دیگر از مزیت‌های آبیاری هوشمند است؛ زیرا استفاده کمتر آب و دقت در فرآیند آبیاری باعث صرفه‌جویی در هزینه‌ها می‌شود [۱۶]. مصرف انرژی نیز مزیت دیگری است که از طریق این رویکرد به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد زیرا مدت زمان آبیاری و فواصل برنامه‌ریزی شده در طول فرآیند اتفاق می‌افتد و مصرف انرژی را کاهش می‌دهد.
- راندمان بالا و کاهش هدر رفت آب: در آبیاری هوشمند، آبیاری به صورت موثرتر با هزینه کمتر امکان پذیر می‌شود. به عبارتی دیگر، آبیاری هوشمند موجب افزایش راندمان در فرآیند آبیاری، مدیریت آب، گیاهان و محصولات می‌شود به گونه‌ای که فقط به میزان نیاز گیاه آب مصرف می‌شود و این امر باعث کاهش هدر رفت محصولات به دلیل تامین آب کمتر یا بیش از حد می‌شود [۱۷].

- بهینه سازی سیستم های آبیاری: سیستم‌های اینترنت اشیا به طور کلی حجم عظیمی از داده‌ها را به دلیل نظارت بر پارامترهای مختلف در زمان واقعی تولید می‌کنند و سیستم‌های آبیاری اینترنت اشیا داده‌های بزرگ را منتقل و نگهداری می‌کنند. با درک صحیح از داده های بزرگ می توان مکانیزم هایی جهت ارزیابی و مدیریت داده ها ایجاد کرد. مدیریت کلان داده می تواند یک فعالیت دشوار باشد؛ زیرا قطعا تمامی داده ها مفید نیستند و نیاز است از فناوری هایی جهت دور ریختن داده های غیرضروری و انتخاب داده های مفید استفاده شود. در حالی که کلان داده می تواند در فرآیند کلی آبیاری استفاده بسیار زیادی داشته باشد، اطمینان از مدیریت و کنترل موثر اطلاعات بسیار حیاتی است [۱۸].
- بهبود برنامه ریزی آبیاری و مدیریت زهکشی: هوش مصنوعی فناوری دیگری است که بوسیله سازمان ها برای اهداف مختلف استفاده می شود. هوش مصنوعی با جمع آوری اطلاعات مربوط به محصولات زراعی مانند بیماری ها یا رشد اصلاح شده گیاهان باعث بهینه سازی منابع موجود می شود. منطق فازی تکنیک دیگری است که داده های جمع آوری شده از حسگرها را مورد ارزیابی قرار می دهد و برای فعالیت های مربوط به آبیاری استفاده می کند. این تکنیک برای بهبود برنامه ریزی آبیاری و مدیریت زهکشی استفاده می شود [۱۹].
- پیش‌بینی مشکلات احتمالی، رفع بیماری های محصولات زراعی، عدم مدیریت ذخیره سازی، کنترل آفت کش ها، مدیریت علف های هرز، عدم آبیاری و مدیریت آب: یکی از تکنیک های پرکاربرد جهت پیش بینی در سیستم آبیاری تکنیک یادگیری ماشین است. یادگیری ماشین از طریق پیش‌بینی مشکلات احتمالی که ممکن است رخ دهد باعث بهبود فرآیند و افزایش راندمان کار در آبیاری می شود. مسائل مختلفی در زمینه کشاورزی مانند بیماری های محصولات زراعی، عدم مدیریت ذخیره سازی، کنترل آفت کش ها، مدیریت علف های هرز، عدم آبیاری و مدیریت آب وجود دارد و همه این مسائل با استفاده از روش های مختلف هوش مصنوعی قابل حل است. یادگیری ماشین فعالیت ها و فرآیندهای کلی مربوط به آبیاری را از طریق الگوریتم ها بهبود می بخشد. یادگیری ماشین پیش بینی هایش را از طریق بررسی الگوهای آبیاری انجام می دهد. بیشتر پیش‌بینی‌های حوزه آبیاری بر اساس سناریوهای آب‌وهوا و تولید محصول رخ می دهد. این پیش‌بینی‌ها با در نظر گرفتن فعالیت‌های احتمالی که ممکن است در آینده انجام شود به اتخاذ تدابیر و استراتژی‌هایی می پردازد. در نتیجه، امکان اتخاذ تدابیر لازم فراهم می شود که می‌تواند در درازمدت از فرآیند آبیاری حمایت کند. بنرجی و همکاران [۲۰]، پیشرفت‌های هوش مصنوعی را طبقه‌بندی کرده اند و خلاصه‌ای از تکنیک‌های اصلی هوش مصنوعی و آبیاری هوشمند ارائه داده اند. چلینگریان و همکاران [۲۱]، یک سیستم خبره یادگیری ماشین را ارائه داده اند که شامل یک معماری انعطاف‌پذیر برای تصمیم‌گیری مبتنی بر داده است. الوارسان و همکاران [۲۲]، برای یافتن مدیریت تصمیم‌گیری آبیاری بهینه نتیجه ادغام مدل‌های مختلف یادگیری ماشین را بررسی کردند.

5. نتیجه گیری

امروزه تکنولوژی های نوین به عنوان یکی از ضروریات کسب و کارها شناخته شده اند و صنایع مختلف در حال برنامه ریزی جهت پیاده سازی آنها در حوزه کاری مخصوص به خود هستند. اینترنت اشیا نقشی موثر و کاربردی در صنایع مختلف دارد. کشاورزی یکی از حوزه هایی است که به این فناوری نیازمند است و اینترنت اشیا باعث می شود فرایندهای کشاورزی بصورت موثرتر و کارآمدتر انجام شوند. ادغام کشاورزی و اینترنت اشیا باعث کاهش اثرات زیست محیطی و حفظ منابع می شود، اما طبق تحقیقات انجام شده تمامی ارگان ها نتوانسته اند آن را با موفقیت پیاده سازی و استفاده کنند. امروزه کمبود آب یکی از چالش های اساسی است که باعث شده است سازمان ها به سمت یافتن راه حل هایی برای صرفه جویی در منابع و همچنین بهبود کارایی هدایت شوند. سیستم آبیاری هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا هزینه ها را کاهش می دهد، امکان

مدیریت سیستم‌های نظارتی مربوط به آبیاری را فراهم می‌کند. این تکنولوژی شامل شبکه‌ای از گره‌های حسگر بی‌سیم است که با حس کردن، محاسبه و انتقال اطلاعات در مورد ویژگی‌های مختلف طراحی شده‌اند. هر یک از تکنیک‌های ارائه شده دارای مزایا و معایب خاص خود هستند. در ادامه پیشنهادهایی برای عملکرد بهتر یک سیستم آبیاری هوشمند در حوزه کشاورزی ارائه می‌شود:

- شناسایی ناکارآمدی‌های فعلی در فرآیندها و رویکردها موجود و ایجاد تکنیک‌های کاربردی برای حصول نتایج بهینه و کاربردی.
- یافتن موقعیت مناسب جهت استقرار سیستم‌های آبیاری هوشمند به گونه‌ای که مسائل ارتباطی، مدیریتی و امنیتی در نظر گرفته شود.
- تلاش بر تقویت پایداری و کاهش هزینه‌ها

مراجع

1. Khan N, Ray RL, Sargani GR, Ihtisham M, Khayyam M, Ismail S. Current progress and future prospects of agriculture technology: Gateway to sustainable agriculture. Sustainability. 2021 Apr 27;13(9):4883.
2. Tantalaki N, Souravlas S, Roumeliotis M. Data-driven decision making in precision agriculture: The rise of big data in agricultural systems. Journal of Agricultural & Food Information. 2019 Oct 2;20(4):344-80.
3. Shao Y, Wang Y, Yuan Y, Xie Y. A systematic review on antibiotics misuse in livestock and aquaculture and regulation implications in China. Science of The Total Environment. 2021 Dec 1;798:149205.
4. Fahmi A, Sarkar M, Mishra AK, Gulshan MB. Advanced internet of things irrigation mechanism. Int. J. Eng. Res. 2020;9:07.
5. Nawandar NK, Satpute VR. IoT based low cost and intelligent module for smart irrigation system. Computers and electronics in agriculture. 2019 Jul 1;162:979-90.
6. Suma V. Internet-of-Things (IoT) based smart agriculture in India-an overview. Journal of ISMAC. 2021 Jan;3(01):1-5.
7. Abedin Z, Chowdhury AS, Hossain MS, Andersson K, Karim R. An interoperable IP based WSN for smart irrigation system. In 2017 14th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC) 2017 Jan 8 (pp. 1-5). IEEE.
8. Keswani B, Mohapatra AG, Mohanty A, Khanna A, Rodrigues JJ, Gupta D, De Albuquerque VH. Adapting weather conditions based IoT enabled smart irrigation technique in precision agriculture mechanisms. Neural computing and applications. 2019 Jan 9;31:277-92.
9. Koduru S, Padala VP, Padala P. Smart irrigation system using cloud and internet of things. In Proceedings of 2nd International Conference on Communication, Computing and Networking: ICCCN 2018, NITTTR Chandigarh, India 2019 (pp. 195-203). Springer Singapore.
10. Khelifa B, Amel D, Amel B, Mohamed C, Tarek B. Smart irrigation using internet of things. In 2015 Fourth International Conference on future generation communication technology (FGCT) 2015 Jul 29 (pp. 1-6). IEEE.
11. Ghosh S, Sayyed S, Wani K, Mhatre M, Hingoliwala HA. Smart irrigation: A smart drip irrigation system using cloud, android and data mining. In 2016 IEEE international conference on advances in electronics, communication and computer technology (ICAECCT) 2016 Dec 2 (pp. 236-239). IEEE.
12. Monica M, Yeshika B, Abhishek GS, Sanjay HA, Dasiga S. IoT based control and automation of smart irrigation system: An automated irrigation system using sensors, GSM, Bluetooth and cloud technology. In 2017 International Conference on recent innovations in signal processing and embedded systems (RISE) 2017 Oct 27 (pp. 601-607). IEEE.
13. Tyagi S, Obaidat MS, Tanwar S, Kumar N, Lal M. Sensor cloud based measurement to management system for precise irrigation. In GLOBECOM 2017-2017 IEEE Global Communications Conference 2017 Dec 4 (pp. 1-6). IEEE.
14. Fernández-Ahumada LM, Ramírez-Faz J, Torres-Romero M, López-Luque R. Proposal for the design of monitoring and operating irrigation networks based on IoT, cloud computing and free hardware technologies. Sensors. 2019 May 20;19(10):2318.

15. García L, Parra L, Jimenez JM, Lloret J, Lorenz P. IoT-based smart irrigation systems: An overview on the recent trends on sensors and IoT systems for irrigation in precision agriculture. *Sensors*. 2020 Feb 14;20(4):1042.
16. Sinha BB, Dhanalakshmi R. Recent advancements and challenges of Internet of Things in smart agriculture: A survey. *Future Generation Computer Systems*. 2022 Jan 1;126:169-84.
17. Biswas S, Sharma LK, Ranjan R, Saha S, Chakraborty A, Banerjee JS. Smart farming and water saving-based intelligent irrigation system implementation using the internet of things. In *Recent Trends in Computational Intelligence Enabled Research 2021* Jan 1 (pp. 339-354). Academic Press.
18. Andrew RC, Malekian R, Bogatinoska DC. IoT solutions for precision agriculture. In *2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO) 2018* May 21 (pp. 0345-0349). IEEE.
19. Sandybayev A. Artificial Intelligence: Are We All Going to Be Unemployed?. In *2018 Fifth HCT Information Technology Trends (ITT) 2018* Nov 28 (pp. 23-27). IEEE.
20. Bannerjee G, Sarkar U, Das S, Ghosh I. Artificial intelligence in agriculture: A literature survey. *International Journal of Scientific Research in Computer Science Applications and Management Studies*. 2018 May;7(3):1-6.
21. Chlingaryan A, Sukkarieh S, Whelan B. Machine learning approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: A review. *Computers and electronics in agriculture*. 2018 Aug 1;151:61-9.
22. Elavarasan D, Vincent DR, Sharma V, Zomaya AY, Srinivasan K. Forecasting yield by integrating agrarian factors and machine learning models: A survey. *Computers and electronics in agriculture*. 2018 Dec 1;155:257-82.

پروتکل LoRaWAN، راهکاری بهینه جهت پایش ریزشبکه

نوید غفارزاده^{۱*}، مصطفی دودانگه^۲

۱- دانشیار گروه مهندسی برق-قدرت، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران

ghaffarzadeh@eng.ikiu.ac.ir

۲- استادیار مدعو گروه مهندسی برق-قدرت، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران.

mostafadodangeh@edu.ikiu.ac.ir

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: ghaffarzadeh@eng.ikiu.ac.ir

LoRaWAN protocol, an optimal solution for microgrid monitoring

Navid Ghaffarzadeh^{1*}, Mostafa Dodangeh²

1-Associate Professor, Electrical Engineering Department, Technical and Engineering Faculty, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran, ghaffarzadeh@eng.ikiu.ac.ir

2-Vissiting Professor, Electrical and Power Engineering Department, Technical and Engineering Faculty, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran, mostafadodangeh@edu.ikiu.ac.ir

*Corresponding author: ghaffarzadeh@eng.ikiu.ac.ir

ABSTRACT

Continuous monitoring and remote control in microgrids to check the stability and optimal production and supply of energy is one of the basic needs in the electricity industry today. Therefore, in this context, the need for an optimal communication network is felt, so that in terms of power consumption, coverage and battery life of the equipment used in it, it performs better than other existing methods. In this article, some applicable communication protocols in the electricity industry that can be used in the implementation of the communication system in the microgrid were examined and compared. The comparison of these methods has been done from different aspects such as coverage, data transmission rate, cost and battery life. The communication system based on LoRa is one of the most optimal systems that can be used in terms of energy consumption and telecommunication coverage in the microgrid.

Key words: Microgrid Protection, Electrical Measurement, Lorawan Protocol, Communication Systems

چکیده

پایش پیوسته و کنترل از راه دور در ریزشبکه‌ها برای بررسی پایداری و تولید و عرضه بهینه انرژی یکی از نیازهای اساسی امروز در صنعت برق می‌باشد. بنابراین در این زمینه نیاز به یک شبکه ارتباطی بهینه احساس می‌شود، بطوریکه از نظر مصرف توان، پوشش‌دهی و عمر باتری تجهیزات بکار رفته در آن، نسبت به سایر روش‌های موجود، عملکرد بهتری داشته باشد. در این مقاله، برخی از پروتکل‌های ارتباطی قابل اجرا در صنعت برق که می‌توانند در پیاده‌سازی سیستم ارتباطی در میکروگرید مورد استفاده شوند، مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته شد. مقایسه این روش‌ها از جنبه‌های مختلفی مانند میزان پوشش‌دهی، نرخ ارسال داده، میزان هزینه و طول عمر باتری انجام شده است. سیستم ارتباطی مبتنی بر LoRa یکی از بهینه‌ترین سیستم‌های قابل استفاده از نظر میزان مصرف انرژی و پوشش‌دهی مخابراتی در ریزشبکه است.

واژه‌های کلیدی: حفاظت ریزشبکه، اندازه‌گیری الکتریکی، پروتکل LoRaWAN سیستم‌های ارتباطی.

۱- مقدمه

رشد سریع استفاده از سیستم‌های مبتنی بر IoT^۱ در جهان، منجر به استفاده از آن در پایش و عیب‌یابی شبکه‌های انرژی الکتریکی نیز شده است [1]. تکنولوژی‌های مبتنی بر مخابرات سلولی^۲ (GSM)، مانند 2G و 4G، به دلیل مصرف زیاد انرژی و پوشش‌دهی کم، گزینه مناسبی برای پایش و ارتباط در شبکه‌های مدرن توزیع انرژی الکتریکی نیستند. بنابراین گسترش یک سیستم ارتباطی با مولفه‌هایی که دارای مصرف انرژی کم و پوشش‌دهی زیاد هستند، امری ضروری است. معمولاً در این گونه سیستم‌ها از سنسورهایی استفاده می‌شود که پارامترهای مختلف شبکه توزیع یا محل خطا را تشخیص داده و توسط فرستنده-هایی برای مرکز کنترل از راه دور ارسال کنند. به منظور دسترسی از راه دور به این سنسورها، به سیستم‌های مخابراتی نیاز داریم که بتوانند کل محدوده جغرافیایی که سیستم توزیع در آن قرار دارد را به طور کامل پوشش دهند.

در حال حاضر بیشتر سیستم‌های توزیع به منظور ارسال اطلاعات سنسورهای موجود در شبکه، از تجهیزات GSM استفاده می‌کنند. اما وجود مناطق کوهستانی در فواصل زیاد از مراکز کنترل شبکه برق و عدم پوشش دهی این مناطق به صورت کامل و همچنین مصرف بالای انرژی این تجهیزات و نیاز به منبع تغذیه دائم و پایدار، یکی از چالش‌های پیش روی ماست.

با توجه به پیشرفت‌های صورت گرفته در زمینه منابع تولید پراکنده، ریزشبکه‌ها توجه بسیاری از مهندسين و محققين را به خود جلب نموده‌اند [11-13]. ریزشبکه‌ها سبب افزایش قابلیت اطمینان و کاهش تلفات شبکه‌های قدرت مدرن می‌گردند [14-16]. نیازهایی که در بالا برای شبکه توزیع ذکر شد در خصوص ریزشبکه‌ها نیز وجود دارد. همچنین با توجه به تعدد انشعابات و کوتاه بودن خطوط این نیازها بیشتر می‌باشد.

با توجه به مطالب بیان شده مساله مصرف توان و برد پوشش‌دهی در چنین سیستم‌هایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این صورت تکنولوژی‌های LPWAN^۳ یک انتخاب منطقی برای دستیابی به این خواسته‌هاست [2]. تاکنون تکنولوژی‌هایی نظیر [3] SigFox، [4] LoRaWAN، [5] Weighless، [6] NB-IoT، [7] LTECat-M1 و یا [8] Ingenu RPMA در این زمینه معرفی شده‌اند. در این بین یکی از بهترین تکنولوژی‌هایی که در این زمینه وجود دارد و با استقبال بسیار خوبی در جهان مواجه شده است، تکنولوژی LoRaWAN است که علاوه بر کاهش مصرف انرژی، توانایی پوشش‌دهی در محدوده قابل توجهی را نیز دارد.

در این مقاله پس از معرفی پروتکل LoRaWAN در بخش ۱-۲ به بررسی ساختار شبکه ارتباطی این پروتکل می‌پردازیم و بخش ۲-۲ ظرفیت شبکه ارتباطی این پروتکل بررسی می‌گردد. سپس در بخش ۳-۲ مزایای استفاده از این پروتکل در ریزشبکه‌ها بیان می‌گردد. در بخش ۳ کاربردهایی از پروتکل LoRa در اندازه‌گیری و حفاظت و به‌طور کلی پایش ریزشبکه‌ها ارائه می‌گردد. در نهایت در بخش ۴ نتیجه‌گیری بیان می‌شود.

۲- تبادل اطلاعات با استفاده از پروتکل LoRaWAN^۴

LoRa یک روش مدولاسیون RF^۵ است که با استفاده از آن می‌توان یک پلتفرم مخابراتی بی‌سیم طویل و کم‌مصرف برای ارسال اطلاعات در یک شبکه دارای امنیت کامل با پوشش‌دهی وسیع و مصرف توان کم داشت. پروتکل LoRaWAN کارایی شبیه به Wi-Fi دارد با این تفاوت که به دلیل ایجاد ارتباط نقطه به نقطه‌ی رمزگذاری شده، دارای امنیت بسیار بالایی است. به علاوه به دلیل کاهش اندازه بسته‌های ارسالی تا ۱۰۰ بایت، و کاهش فرکانس مرکزی تا حدود 400 MHz نسبت به پروتکل

¹ Internet of Things

² Global System for Mobile communication (GSM)

³ Low Power Wide Area Networks

⁴ Low Range Wide Area Network

⁵ Radio Frequency

Wi-Fi (2.4 GHz) کاهش چشمگیری در مصرف انرژی داشته است. این کاهش مصرف، می‌تواند منجر به افزایش عمر باتری در ادوات اندازه‌گیری استفاده شده در شبکه، تا حدود ۱۰ سال، گردد.

شایان ذکر است کاهش مصرف انرژی در مصالحه با افزایش احتمالی تاخیر و کاهش حجم اطلاعات ارسالی به دلیل کاهش سایز پکت‌ها قرار دارد. اما با توجه به اینکه این تکنولوژی در لینک‌های بالاسو^۱ و پایین‌سو^۲ به ترتیب دارای پهنای باند 500-125 kHz و 500 kHz می‌باشد. نکته قابل توجه در اینجا برد پوشش-دهی توسط این پروتکل است که در مناطق شهری تا حدود ۵ کیلومتر و در مناطق روستایی دارای دید مستقیم^۳ حدود ۱۵ کیلومتر می‌باشد. این ویژگی‌ها سبب شده است که این پروتکل برای استفاده در پایش و عیب‌یابی سیستم‌های مدرن توزیع انرژی الکتریکی و نیز ریزشبکه‌ها که معمولاً با وسعت زیاد یا کم بدون رقیب باشد.

جدول ۱ مقایسه اجمالی بین تکنولوژی‌های ارتباطی رایج در زمینه پایش و کنترل از راه دور شبکه برق مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌باشد.

جدول ۱: مقایسه تکنولوژی‌های ارتباطی موجود

Bluetooth	NB-IoT	Wi-Fi	Cat-M1	LoRa	GSM	تکنولوژی
خیلی کم	خیلی کم	کم	زیاد	خیلی زیاد	زیاد	برد پوشش‌دهی
کم	کم	زیاد	زیاد	کم	زیاد	نرخ
متوسط	متوسط	کم	کم	زیاد	کم	عمر باتری
کم	کم	متوسط	متوسط	کم	زیاد	هزینه

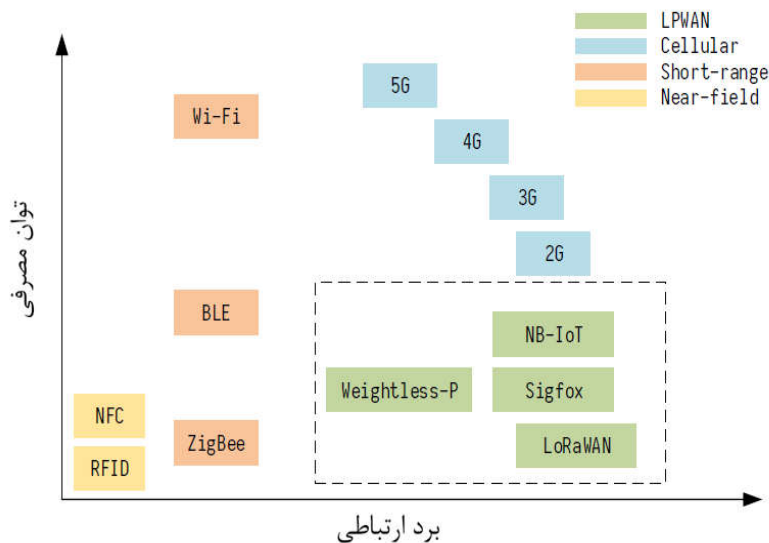
با توجه به اطلاعات جدول ۱ نرخ ارسال اطلاعات در LoRaWAN به دلیل کاهش فرکانس مرکزی کم است، اما با توجه به اینکه شبکه مبتنی بر LoRa توانایی انتقال میلیون‌ها پیام را دارد، ظرفیت شبکه زیاد است. در واقع سقف تعداد پیام‌های ارسالی در شبکه به تعداد گیت‌وی‌های موجود بستگی دارد. در طول یک شبانه‌روز، یک گیت‌وی ساده ۸ کاناله توانایی پشتیبانی از چند صد هزار پیام را دارد. در این صورت اگر هر تجهیز در طول شبانه‌روز تنها ۱۰ پیام ارسال نماید، با استفاده از این گیت‌وی، ۱۰۰۰۰ پیام ارسال می‌گردد و اگر تنها ۱۰ عدد گیت‌وی روی شبکه داشته باشیم، توانایی ارسال یک میلیون پیام در طول یک شبانه‌روز را داریم.

شکل ۱ مقایسه همزمان برد ارتباطی و توان مصرفی روش‌های مختلف را نمایش می‌دهد.

¹ Uplink

² Downlink

³ Line of Sight (LoS)



شکل ۶: مصرف توان بر حسب برد پوشش برای پروتکل‌های ارتباطی مختلف [9]

با توجه به شکل ۱ دیده می‌شود که با وجود کاهش فرکانس مرکزی، ظرفیت کلی چنین سیستم ارتباطی‌ای برای استفاده‌های خاص در ریزشبکه توزیع کاملاً راضی کننده است.

۱-۲- ساختار شبکه ارتباطی

توپولوژی شبکه در سیستم‌های ارتباطی مبتنی بر LoRaWAN به صورت ستاره‌ای است. هر شبکه دارای سه مؤلفه‌ی تجهیز انتهایی شبکه (مثلاً نشان‌گر خطا در ریزشبکه‌ها)، گیت‌وی و سرور است. هر تجهیز برای ارسال اطلاعات، از طریق پروتکل LoRa با گیت‌وی ارتباط برقرار می‌کند و گیت‌وی نیز، فریم اطلاعات خام را با استفاده از رابط بک‌هال، معمولاً با استفاده از شبکه GSM یا اترنت، به سمت سرور می‌فرستد. بنابراین می‌توان گفت که گیت‌وی به صورت یک رله دوطرفه و یا مبدل پروتکلی است که با سرور در ارتباط است و وظیفه دارد بسته دریافت شده از تجهیز را دیکد کرده و یا بسته‌ای را تولید کند که تجهیز قادر به خواندن آن باشد [10]. در واقع به دلیل نیاز کاهش چشمگیر سایز بسته ارسالی، تجهیز شبکه اطلاعاتی در مورد آدرس مقصد روی فریم اطلاعات قرار نمی‌دهد و این گیت‌وی است که باید مقصد را تشخیص دهد.

۲-۲- ظرفیت شبکه ارتباطی

ظرفیت کلی شبکه ارتباطی با سایز بسته ارسالی ندارد و به صورت مجموع ظرفیت‌های تمامی کانال‌های ارتباطی موجود در این شبکه محاسبه می‌شود. برای مثال در باند فرکانسی 125kHz که در لینک‌های بالاسو استفاده می‌شود، ۶ عدد شاخص گسترش^۱ وجود دارد که با این حساب ظرفیت کل کانال‌های بالاسو در فرکانس 125kHz برابر با 12025 bps می‌گردد. لازم به ذکر است که با توجه به اینکه نرخ بیت ارسالی به شاخص گسترش بستگی دارد، ظرفیت کانال‌های مختلف، متفاوت است [10].

¹ Spreading factor

۲-۳- مزایای LoRaWAN

مزایای استفاده از پروتکل LoRaWAN در ریز شبکه‌ها و به طور کلی در شبکه‌های مدرن توزیع انرژی الکتریکی و ریز شبکه‌ها عبارتند از:

- دارای سطح پوشش گسترده در حد چند کیلومتر و نیز معماری شبکه ساده می‌باشد.
- پهنای باند پایین، این پروتکل را برای استقرار عملی IoT با داده‌های کمتر و یا انتقال داده‌هایی که ثابت نیستند، ایده‌آل می‌کند.
- با فرکانس‌های بدون مجوز کار می‌کند، بنابراین برای کار با آن نیاز به دریافت مجوز و پرداخت هزینه نیست.
- دستگاه LoRa Gateway توانایی برقراری ارتباط با تعداد بسیار زیادی گره پایانی را دارد.
- عمر باتری سنسورها به دلیل مصرف کم انرژی بسیار افزایش می‌یابد.
- حجم پکت ارسالی بسیار کم است.
- برقراری ارتباط به صورت کاملاً دو طرفه امکان‌پذیر است.
- دارای یک لایه امنیتی برای شبکه و دیگری برای برنامه با رمزگذاری AES می‌باشد.

۳- کاربردهای پروتکل LoRa در ریز شبکه‌ها

۳-۱- کنترل روشنایی معابر

از پروتکل LoRaWAN برای پایش شبکه‌های روشنایی معابر نیز می‌توان استفاده نمود، به این صورت که به سادگی می‌توان لامپ‌های معیوب را شناسایی کرد، زمان روشن و خاموش شدن آن‌ها را با توجه به روشنایی روز تغییر داد و حتی الگوی روشن شدن لامپ‌ها را در شرایط اوج مصرف، مشخص نمود. شایان ذکر است به عنوان یک نمونه موفق می‌توان اشاره نمود که چنین طرحی توسط شرکت توزیع برق شهرستان اصفهان در یکی از خیابان‌های این شهر به صورت کاملاً موفق پیاده‌سازی شده است، به طوریکه با استفاده از این روش حتی امکان فرمان دادن به تک تک لامپ‌های پایه‌های روشنایی به صورت جداگانه فراهم شده است.

۳-۲- سیستم‌های اندازه‌گیری

با توجه به پوشش‌دهی وسیع در استفاده از LoRaWAN، به سادگی می‌توان اطلاعات مربوط به دستگاه‌های اندازه‌گیری از جمله کنتورهای هوشمند مشترکین ریز شبکه را در سطح پوشش ریز شبکه مورد بررسی و حتی در شبکه‌های توزیع شهرهای بزرگ جمع‌آوری نمود. با توجه به این نکته که اطلاعات قرائت شده از دستگاه‌های اندازه‌گیری و علی‌الخصوص کنتورهای مشترکین معمولاً حجم زیادی ندارد و همچنین تعداد دستگاه‌های اندازه‌گیری در ریز شبکه‌ها زیاد نیست، LoRaWAN بهترین گزینه برای جمع‌آوری اطلاعات آن‌هاست. علاوه بر این به راحتی و بدون مراجعه به محل امکان قطع و وصل از راه دور مشترکین فراهم است.

۳-۳- سیستم‌های حفاظتی و تشخیص عیب و مکان‌یابی آن

با توجه به پائین بودن تعداد ادوات حفاظتی و رله‌ها در ریز شبکه‌های توزیع انرژی الکتریکی، LoRaWAN از بهترین گزینه‌ها در جمع‌آوری اطلاعات آن‌هاست. همچنین یکی از مهم‌ترین مولفه‌های حفاظتی در شبکه‌های مدرن توزیع برق، نشان‌گرهای خطا هستند که به منظور تشخیص محل خطا در مسیر فیدرها استفاده شده‌اند. زمانی که یک خطا در مسیر فیدر رخ می‌دهد، نشان‌گر خطایی که خطا در پیش روی آن رخ داده است، با وضعیت افزایش ناگهانی جریان روبه می‌شود و اعلام خطا می‌کند. درحالی‌که نشان‌گر خطایی که خطا در پشت آن اتفاق افتاده است در وضعیت عادی است. با استفاده از ارسال این

اطلاعات به مرکز کنترل ریزشبکه (MGCC¹) این اطلاعات قادر خواهیم بود محل رخداد خطا در سیستم را به راحتی شناسایی کنیم.

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله LoRaWAN به عنوان یک پروتکل ارتباطی امن جهت پایش و کنترل هوشمند ریزشبکه‌های توزیع برق معرفی شد. به علاوه مقایسه مختصری بین پروتکل‌های موجود از نظر پوشش‌دهی، نرخ ارسال، هزینه و عمر باتری انجام شد. با توجه به اینکه ریزشبکه‌های توزیع برق معمولاً دارای انشعابات زیاد با طول خطوط کم هستند و اطلاعات پایش ریزشبکه نیز حجم چندان زیادی ندارند، LoRaWAN به عنوان یک پروتکل ارتباطی رمزگذاری شده با بیشترین امکانات و کمترین هزینه جهت پایش مداوم ریزشبکه پیشنهاد شد.

مراجع

1. F. Al-Turjman and M. Abujubbeh. "IoT-enabled smart grid via SM: An overview," Future Gen. Comput. Syst.-Int. J. eScience, vol. 96, pp. 579-590, 2019.
2. G. del Campo, I. Gomez, S. Calatrava, R. Martinez and A. Santamaria, "Power distribution monitoring using LoRa: coverage analysis in suburban areas," EWSN, February 14 – 16, 2018.
3. <https://www.sigfox.com/en/sigfox-iot-technology-overview>
4. <https://www.lora-alliance.org/technology>
5. <http://www.weightless.org/about/what-is-weightless>
6. <http://www.vodafone.com/business/iot/nb-IoT>
7. <https://www.gsma.com/iot/long-term-evolution-machine-typecommunication-lte-mtc-cat-m1/>
8. <https://www.ingenu.com/technology/rpma/>
9. C. Gu, L. Jiang, R. Tan, "LoRa-Based Localization: Opportunities and Challenges," The 1st workshop on Low Power Wide Area Networks for Internet of Things (LPNET), Jan 2018.
10. Augustin, J. Yi, T. Clausen, and W. M. Townsley "A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things," Sensors 16, no. 9, 2016.
11. Saber, A., Zeineldin, H.H., EL-Fouly, Tarek H.M. and Al-Durra, Ahmed, "A new fault location scheme for parallel transmission lines using one-terminal data", International Journal of Electrical Power & Energy Systems, vol. 135, 2022.
12. S. Parhizi, H. Lotfi, A. Khodaei and S. Bahramirad, "State of the Art in Research on Microgrids: A Review," in IEEE Access, vol. 3, pp. 890-925, 2015.
13. Dodangeh M, Ghaffarzadeh N., "A New Fast and Accurate Fault Location and Classification Method on MTDC Microgrids Using Current Injection Technique, Traveling-Waves, Online Wavelet, and Mathematical Morphology", IJEEE, vol. 16, no. 2, pp. 248-258, 2020.
14. Sati, T. and M. Azzouz, A., "Optimal Protection Coordination for Inverter Dominated Islanded Microgrids Considering N-1 Contingency", in IEEE Transactions on Power Delivery, , vol. 37, no. 3, pp. 2256–2267, 2022.
15. Veerasamy, V. and et al., "Recurrent network based power flow solution for voltage stability assessment and improvement with distributed energy sources", Applied Energy, vol. 302, 2021.
16. J. J. Q. Yu, Y. Hou, A. Y. S. Lam and V. O. K. Li, "Intelligent Fault Detection Scheme for Microgrids With Wavelet-Based Deep Neural Networks," in IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 10, no. 2, pp. 1694-1703, March 2019.

¹ Microgrid control center

فناوری نوین بیوفلاک در پرورش آبزیان

آراد جهانخانی^۱، سارا مهدی زاده مود^{۲*}

۱- دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران، aradjahankhani@gmail.com

۲- دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران، smehdzadeh@semnan.ac.ir

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: smehdzadeh@semnan.ac.ir

Biofloc technology in aquaculture

Arad jahankhani¹ , Sara Mehdizadeh Mood^{2*}

1 -Faculty of Veterinary Medicine .Semnan University.Semnan.Iran .smehdzadeh@semnan.ac.ir

2 -Faculty of Veterinary Medicine. Semnan University.Semnan.Iran . aradjahankhani@gmail.com

*Corresponding author: smehdzadeh@semnan.ac.ir

Abstract

In recent years, with the increase in population and the expansion of commercial fishing, people's need for marine protein has increased, and shrimp is one of these cases. On the other hand, the challenges of water and food supply are also one of the major problems in this field. Today, with the help of new methods, these problems are being solved. One of these methods is biofloc technology, in which by adding carbon resources such as wheat flour to breeding ponds, bacteria consume the inorganic nitrogen of the water and biofloc is created. This process has three major advantages: 1- Nitrogen consumption, which minimizes water exchange. 2- Creation of biofloc, which is considered as a source of food for aquatic animals, and the cost of providing feed is reduced. 3- Following the reduction of water exchange, the entry of pathogenic agents into the farm and also environmental pollution are prevented.

Key words: Biofloc, Aquaculture, Nitrogen, Water exchange

چکیده

در سال های اخیر با افزایش جمعیت و گسترش صید های تجاری نیاز مردم به پروتئین دریایی افزایش یافته که میگو نیز یکی از این موارد است. از طرف دیگر چالش های تامین آب و غذا نیز یکی از عمده ترین مشکلاتی است که در این زمینه وجود دارد. امروزه با کمک روش های نوین این مشکلات در حال رفع شدن هستند. یکی از این روش ها تکنولوژی بیوفلاک است که در آن با افزودن منابع کربنی مثل آرد گندم به استخرهای پرورش، باکتری ها نیتروژن غیر آلی آب را مصرف میکنند و بیوفلاک ایجاد میشود که این روند سه مزیت عمده دارد: ۱- مصرف نیتروژن که موجب به حداقل رسیدن تعویض آب میشود. ۲- ایجاد بیوفلاک که به عنوان منبع غذایی

موجود آبی محسوب میشود و هزینه تامین خوراک کم میشود. ۳- به دنبال کاهش تعویض آب از ورود عوامل بیماری زا به مزرعه و همچنین آلودگی زیست محیطی جلوگیری میشود.

واژه‌های کلیدی: بیوفلاک، پرورش آبزیان، نیتروژن، تعویض آب

۱- مقدمه

امروزه با روند افزایش جمعیت پیش بینی می شود که تا سال ۲۰۵۰ جمعیت به ۹ میلیارد نفر خواهد رسید و نیاز به منابع پروتئینی چندین برابر بیش از حال حاضر میشود و در پی آن دو صنعت دامپروری و شیلات نقش مهم تری را در زمینه تولید پروتئین ایفا خواهند کرد. از اینرو برای محقق شدن این افزایش تولید، نیاز به فناوری های نوین بیش تر می گردد و یکی از این تکنولوژی ها سیستم بیوفلاک است. گونه های مناسب برای پرورش یافتن در این سیستم میگو و تیلاپیا هستند (۱). در این سیستم گونه هایی می توانند سازگار باشند که تحمل مواد معلق زیاد و توانایی تغذیه از ذرات بیوفلاک را داشته باشند (۲).

۱-۱- بررسی روش های مختلف پرورش میگو

پرورش گسترده یکی از روش های پرورش است که بیشتر در کشورهای آمریکای لاتین استفاده می شود؛ در این روش میگوها با فرآورده های طبیعی استخر که با کوددهی فراهم می شوند تغذیه می گردند. در این روش تعداد کمی میگو با وزن پایین به دست می آید ولی در عوض در این روش نیاز به هوادهی یا پمپ کردن آب نیست. در روش نیمه متراکم مقدار تولید بیشتر از روش قبل است ولی در این روش نیاز به پمپ کردن آب و مقدار کمی هوادهی هست (۳، ۴). در روش متراکم میزان تولید به طور چشم گیری بیش تر می شود ولی این روش نیاز به هوادهی شدید دارد و علاوه بر آن میگوها فقط با استفاده از خوراک تجاری و روزانه ۴ تا ۵ بار تغذیه میشوند که باعث افزایش هزینه پرورش دهنده میشود. در روش فوق متراکم میزان تولید ۱۵ تا ۳۰ تن در هکتار است ولی نیاز به هوادهی مداوم و تغذیه کاملاً مصنوعی دارد (۵).

قبل از اواسط دهه ۱۹۹۰ بیش ترین بیماری های موثر در پرورش میگو باکتریایی بودند اما چند سال بعد از آن در آسیا بیماری های مختلف ویروسی مثل ویروس سندرم لکه سفید، ویروس مایونکروز عفونی و... رخ داد و برای جلوگیری از شیوع این بیماری های ویروسی روش های نوینی ایجاد شد که یکی از آن ها سیستم بیوفلاک بود (۵) (شکل ۱).



شکل ۱: پرورش ماهی در سیستم بیوفلاک (۱)

۱-۲- سیستم بیوفلاک

اساس این روش این است که کربوهیدرات‌ها که عامل اصلی برای رشد باکتری‌ها هستند، به آب استخرهای پرورش اضافه می‌شوند و باکتری‌ها رشد کرده و مواد مغذی را جذب می‌کنند و منجر به حذف نیتروژن آمونیاکی کل، با تشکیل بیوفلاک میشوند. البته در این روش باید میزان نسبت کربن به نیتروژن کنترل شود (۶).

در این روش یکی از معضلات ته نشین شدن ذرات معلق است که برای جلوگیری از این رخ داد در سیستم پرورشی حتما باید هوادهی شدیدی از کف استخر به سمت سطح آب صورت گیرد تا این مواد معلق به مصرف باکتری‌ها و تولید بیوفلاک برسند. مورد حائز اهمیت دیگر آن است که برای سنجش مواد جامد ته نشین شده روزانه یک لیتر آب استخر را درون قیف ایمهوف ریخته (شکل ۲) سپس به مدت یک ساعت آن را بدون حرکت قرار می‌دهیم تا میزان رسوب مواد را اندازه بگیریم، که واحد این اندازه گیری میلی لیتر در لیتر است و میزان مطلوب آن ۲ تا ۴۰ میلی لیتر در لیتر است و هر چه میزان این رسوبات بیش تر باشد نیاز به هوادهی نیز بیش تر است (۶).



شکل ۲: قیف ایمهوف (۱)

۱-۳- روش‌های موثر در کنترل رسوبات مزارع پرورش

به مواد زائد حاصل از پرورش آبزی که به مرور زمان در کف استخر تجمع می‌یابد رسوبات (لجن) می‌گویند. این رسوبات میتواند به شکل جامد، مایع و یا گاز حاصل از غذای خورده نشده، مدفوع موجود آبزی و یا رسوبات حاصل از فرسایش خاک باشند که در کف استخر جمع شده‌اند (۷).

این رسوبات یا لجن‌ها دارای مقدار زیادی مواد آلی هستند که میتوانند به عنوان غذا مورد استفاده قرار بگیرند، پس دور ریختن این لجن‌ها قبل از فرآوری میزان غلظت مواد آلی غذایی را در آب کم میکند و به دنبال آن میزان فیتوپلانکتون‌ها و همچنین حاصل خیزی استخر کاهش می‌یابد؛ از طرف دیگر تجمع زیاد این رسوبات در کف استخر پرورش دهنده را وادار به اکسیژن دهی بیش تر به مزارع میکند چون این رسوبات اکسیژن آب را مصرف میکنند و در پی آن اکسیژن آب کم میشود و موجود آبزی دچار کمبود اکسیژن و استرس میشود و نهایتاً مستعد بیماری میشود. کنترل لجن در دو مرحله صورت می‌گیرد: ۱- در زمان پرورش میگو ۲- بعد از برداشت میگو (۷).

نکات کنترل رسوبات در دوره پرورش: ۱- داشتن محلی برای نگهداری ضایعات با توجه به شرایط محیطی. ۲- مدیریت صحیح ضایعات قبل از خروج از مزرعه. ۳- عدم استفاده از دارو ها و مواد شیمیایی برای کنترل رسوبات تا حد ممکن (۷). نکات کنترل رسوبات بعد از برداشت میگو: ۱- محل تخلیه لجن نباید نزدیک منابع آب شیرین باشد. ۲- خشک کردن و فرآوری اولیه مانند لای گیری اولیه لجن قبل از رها سازی باید صورت گیرد. ۳- رسوبات بایستی تا جای ممکن بازیافت و مجدد استفاده شوند (۷).

۱-۴- اجرای عملی فناوری بیوفلاک

ابتدا باید میزان کربن را محاسبه کنیم. روزانه به میزان ۴ درصد وزن میگو ما نیاز به خوراک داریم. اگر ما بر فرض ۲ تن میگو برای پرورش داشته باشیم روزانه به میزان ۸۰ کیلوگرم خوراک نیاز داریم که از این مقدار خوراک ۲۵ درصد آن که معادل ۲۰ کیلوگرم است، پروتئین است. از این میزان پروتئین ۱۶ درصد آن یعنی معادل ۳/۲ کیلوگرم نیتروژن است که ۷۵ درصد این مقدار از طریق آمونیاکاسیون غذای خورده نشده و دفع به استخر برمیگردد که معادل ۲/۴ کیلوگرم نیتروژن است (۸).

میکرو ارگانسیم ها نیاز به نسبت کربن به نیتروژن ۱۰ دارند (۹). پس ۲۴ کیلوگرم کربن باید به آب استخر اضافه شود و از آن جا که ۵۰ درصد وزن خشک منابع کربنی را کربن تشکیل میدهد (۱۰)، نیاز به ۴۸ کیلوگرم منبع کربنی داریم. بعد از انجام این محاسبات مقدار لازم از منبع کربنی را در ظرفی به خوبی حل میکنیم و سپس به شکل یکنواخت به استخر اضافه میکنیم.

۵-۱- مزایا و معایب تکنولوژی بیوفلاک

از مزایای این روش میتوان به جلوگیری از بروز بیماری ها، حذف نیتروژن توسط باکتری ها و کاهش نیاز به تعویض آب (تا حدود صفر) که خود مانع از ورود عوامل بیماری زا به محیط پرورش و همچنین ورود آلودگی به محیط زیست میشود اشاره کرد و از آنجا که باکتری ها به جای فیتوپلانکتون ها بر بیوفلاک احاطه دارند، اثر PH پایین در طول شب، و PH بالا در طول روز خنثی می شود. از طرف دیگر حدود ۲۵ درصد از پروتئین غذا توسط میگو جذب میشود و ۷۵ درصد آن به واسطه بیوفلاک بازیافت میشود و مورد استفاده مجدد میگو قرار میگیرند که این موجب کاهش ضریب تبدیلی غذایی (FCR) میشود (۱۱).

از معایب این روش می توان به اکسیژن رسانی بالا و به دنبال آن هزینه بالای تامین انرژی اشاره کرد، همچنین توسعه این سیستم زمان بر است چون ممکن است بیش از ۴ هفته طول بکشد تا جمعیت باکتریایی تشکیل شود و مورد دیگر این که هرگونه قطع طولانی مدت برق (در حد چند دقیقه) برای سیستم بیوفلاک کشنده است و همچنین این روش نیازمند نظارت دائمی و آزمایشگاه های مجهز است (۱۱).

۲- نتیجه گیری

روش بیوفلاک به عنوان روشی که با کاهش مصرف آب و غذا و جلوگیری از آلودگی زیست محیطی حافظ محیط زیست است همان طور که اشاره شد موجب افزایش سود و تولید نیز شده است ولی در این بین حاوی مشکلاتی هم هست؛ اما با این وجود به دلیل مزیت های بالا، روش بیوفلاک میتواند روشی راهگشا و موثر در پرورش میگو باشد.

مراجع

1. Ray A, Mohanty B. Biofloc Technology: An Overview and Its Application. *Biotica Res Today*. 2020;2(10):1026-8.
2. عبدی راد ز، زکریا. پرورش میگو با سیستم بیوفلاک. مجله ترویجی میگو و سخت پوستان. ۲۰۱۶؛ ۱۲(۲):۵-۱۲.
3. Kungvankij P, Chua T-E, Pudadera Jr B, Corre K, Borlongan E, Tiro Jr L, et al. Shrimp culture: pond design, operation and management. 1986.
4. Treece GD, Fox JM. Design, operation and training manual for an intensive culture shrimp hatchery: DIANE Publishing; 1999.
5. نیا ش، مسلم، فرد ک، خانجانی، یگانه، وحید. et al. فناوری‌های نوین و مدیریت سیستم‌های پرورش در آبی میگو. فصلنامه علوم و فناوری دریا. ۲۰۲۱؛ ۲۴(۹۶):۴۴-۵۶.
6. نادری کوشک م، قانندیا ب، عباس زاده ا. پرورش متراکم میگو در سیستم بیوفلاک. مجله ترویجی میگو و سخت پوستان. ۲۰۲۰؛ ۴(۲):۱۰-۱۷.
7. Latt UW. Shrimp pond waste management. *Aquaculture Asia*. 2002;7(3):11-48.
8. Piedrahita RH. Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. *Aquaculture*. 2003;226(1-4):35-44.
9. Avnimelech Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*. 1999;176(3-4):227-35.
10. De Schryver P, Crab R, Defoirdt T, Boon N, Verstraete W. The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. *Aquaculture*. 2008;277(3-4):125-37.
11. Thong PY. Biofloc technology in shrimp farming: success and failure. *Aquac Asia Pacific*. 2014;4:13-6.

بررسی تجربی مورفولوژی سطوح ساییده شده چرخنده‌های نانوکامپوزیتی رسول محسن زاده^{*۱}

۱- گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران. r_mohsenzadeh@tvu.ac.ir

^{*}آدرس ایمیل نویسنده مسئول: r_mohsenzadeh@tvu.ac.ir

Experimental investigation of the morphology of worn surfaces of nanocomposite gears

Rasool Mohsenzadeh^{1*}

1-Department of Mechanical Engineering, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran

*Corresponding author: r_mohsenzadeh@tvu.ac.ir

Abstract

The effect of adding carbon black to pure POM and also the effect of adding calcium carbonate nanoparticles with 1.5, 3 and 4.5 wt% to the POM-carbon black mixture on the morphology of POM base gears were studied experimentally. To investigate the wear mechanisms at different time intervals for pure and nanocomposite samples, the gear test was performed under a constant torque of 10 Nm with a constant rotational speed of 1500 rpm. The wear mechanism in gears was studied using microscopic images. Examining the gear wear surface with scanning electron microscope showed that the wear mechanism changes from sticky wear to abrasive wear with the use of nanoparticles. The surface of the sample containing 1.5% and 3 wt% of calcium nanocarbonate was much smoother than the pure POM gear and the sample containing nanocarbon black, although signs of wear chips and scratch wear were observed on the wear surface. Compared to the sample containing 1.5 wt% calcium carbonate, the surface of the sample containing 3 wt% calcium carbonate is smoother and also the extent of scratch wear in the sample containing 3 wt% calcium carbonate is less than other samples.

Key words: Morphology, Nanocomposite, Gears, Wearmechanism

چکیده

اثر افزودن کربن بلک به پلی‌استال خالص و نیز اثر افزودن نانوذرات کربنات کلسیم با درصدهای وزنی ۱/۵، ۳ و ۴/۵ به آمیخته پلی‌استال - کربن بلک بر مورفولوژی چرخنده‌های پایه پلی‌استالی بطور تجربی مطالعه شد. آزمون‌های چرخنده با استفاده از یک دستگاه آزمون چرخنده (طراحی و ساخته شده در گروه مهندسی) انجام می‌شود. برای بررسی مکانیزم‌های سایش در فاصله‌های زمانی متفاوت برای نمونه‌های خالص و نانوکامپوزیتی، آزمون چرخنده تحت گشتاور ثابت ۱۰ نیوتن‌متر با سرعت دورانی ثابت ۱۵۰۰ دوربردقیقه

انجام گرفت. مکانیزم سایش در چرخنده‌ها با استفاده از تصاویر میکروسکوپی مطالعه شد. بررسی سطح سایش دنده با میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان داد که مکانیزم سایش از سایش چسبان به سایش خراشان با بکارگیری نانوذرات تغییر می‌کند. سطح نمونه حاوی ۱/۵ و ۳ درصد وزنی نانوکربنات کلسیم، بسیار هموارتر از چرخنده پلیمری خالص و نمونه حاوی نانو کربن بلک بوده، اگرچه نشانه‌هایی از براده‌های سایشی و سایش خراشی در سطح سایش مشاهده شد. در مقایسه با نمونه حاوی ۱/۵ درصد کربنات کلسیم، سطح نمونه حاوی ۳ درصد کربنات کلسیم هموارتر بوده و همچنین گستردگی سایش خراشی در نمونه حاوی ۳ درصد کربنات کلسیم کمتر از دیگر نمونه‌ها می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مورفولوژی، چرخنده نانوکامپوزیت، مکانیزم سایش

۱- مقدمه

چرخنده‌ها یکی از تجهیزات کارآمد و پرکاربرد در زمینه انتقال قدرت محسوب می‌شوند. اهمیت انتقال قدرت توسط چرخنده‌ها در ماشین‌های دقیق و کاربردهایی که در آن‌ها دقت درگیری چرخنده‌های محرک و متحرک اهمیت دارد، بسیار زیاد است [۱]. چرخنده‌های پلاستیکی به طور وسیع در در کاربردهای زیادی مانند تجهیزات اندازه‌گیری و دارویی، لوازم جانبی رایانه‌ها، چاپگرهای اداری و خودپردازها، جایگزین مواد فلزی شده‌اند [۲]. مزایای این چرخنده‌ها شامل سبکی، خودروان‌کاری، ایجاد صدای کم، تولید آسان و هزینه پایین آن‌هاست. با این وجود، نرخ سایش زیاد، دمای کاری محدود و مقاومت مکانیکی پایین در چرخنده‌های پلیمری، در مقایسه با انواع فلزی، کاربرد آن‌ها را محدود می‌سازد. از این‌رو، تحقیقات گسترده‌ای در زمینه عملکرد چرخنده‌های پلیمری به منظور شناسایی مکانیزم‌های واماندگی، انجام شده‌است. مطالعه عملکرد چرخنده‌های پلیمرها شامل بررسی سایش، شکل‌شناسی مکانیزم‌های سایش و واماندگی و نیز دوام آن‌ها تحت آزمون چرخنده است. چندین رویکرد، از جمله روانکاری [۳]، اصلاح هندسه دنده [۴، ۵]، و افزودن فاز صلب [۶، ۷]، برای گسترش دامنه عملیاتی چرخنده‌های زمینه پلیمری اتخاذ گردید. استفاده از تقویت‌کننده‌های معدنی، یک رویکرد عملی و آسان برای بهبود عملکرد چرخنده‌های پایه پلیمری در مقایسه با سایر تکنیک‌ها است، زیرا نیازی به اعمال هیچ گونه تغییری در طراحی دنده، قالب چرخنده و دستگاه تست چرخنده نیست.

پلی‌استال (POM) از انواع مواد ترموپلاستیک با ساختار بلوری است که بطور وسیعی در تولید چرخنده‌ها استفاده می‌شود. این پلیمر دارای سفتی، استحکام، مقاومت خزشی و مقاومت حرارتی نسبتاً خوب در مقایسه با سایر پلیمرها بوده و در گروه پلیمرهای مهندسی قرار دارد. با این وجود، استحکام ضربه شکاف دار نسبتاً پایین و حساسیت به اشعه UV، ضعف‌های عمده POM بوده و اغلب محدودیت‌های زیادی برای کاربردهای این پلیمر ایجاد می‌کند. بنابراین، اثر افزودن فاز صلب در زمینه پلی‌استال برای افزایش عملکرد چرخنده‌ای، مورد توجه محققان قرار گرفته است. افزودن نانوذرات سفت و سخت به دلیل سطح ویژه بالا، در درصد‌های کمتر، اثرات تقویت‌کننده‌گی قابل توجهی را ایجاد می‌کند. نانوذرات کربن بلک (CB)، دیگر تقویت‌کننده می‌باشد که می‌تواند منجر به پایداری حرارتی، افزایش انرژی شکست، مقاومت در برابر سایش و کاهش ضریب اصطکاک در پلیمر زمینه شود [۸، ۹]. محسن‌زاده و همکاران [۶، ۱۰]، با افزودن نانوذرات کربن بلک در زمینه پلی‌استال، منجر به افزایش عمر، مورفولوژی یکسان و مقاومت حرارتی چرخنده‌های نانوکامپوزیتی شدند. با این وجود، نانوذرات کربن بلک به دلیل سطح ویژه بالا و برهم کنش قوی وان‌دروالس بین ذرات تمایل زیادی به کلوخه شدن دارند [۱۱]. افزودن فاز دوم در پلیمر زمینه، یک تکنیک نوین برای بهبود پخش‌شوندگی فاز اول همچون کربن بلک می‌باشد [۱۲]. نتایج تحقیقات نشان داده‌است که افزودن یک فاز نانوذره معدنی دوم باعث افزایش پراکندگی نانوذرات کربن بلک در زمینه پلیمری می‌شود. افزودن نانوذرات کربنات کلسیم در زمینه POM/CB، علاوه بر بهبود پخش‌شوندگی CB، منجر به افزایش مقاومت سایشی، استحکام مکانیکی و مقاومت حرارتی در کاربردهای چرخنده‌ای می‌گردد.

در پژوهش حاضر، اثر افزودن نانوذرات کربن بلک و کلسیم کربنات بر مورفولوژی چرخنده‌های ریمینه پلیمری بررسی می‌شود. از یک دستگاه آزمون چرخنده برای بررسی چرخنده‌های خالص و نانوکامپوزیتی، تحت گشتاور و دور یکسان استفاده شده است. مکانیزم‌های سایش و مورفولوژی دنده، با استفاده از میکروسکوپ روبشی الکترونی بررسی شده است.

۲- روش

پلی‌استال خالص (و پلی‌استال حاوی ۰/۴۲ درصد وزنی کربن بلک محصول شرکت کپیتال کره، به عنوان ماده اولیه پلیمری انتخاب گردید. نانوذرات کلسیم کربنات با قطر متوسط ۸۰ نانومتر و هندسه رومیوهدرال است که به‌عنوان تقویت‌کننده دوم در پژوهش حاضر مورد استفاده قرار گرفته است. ماده اولیه شامل POM، POM/CB و درصدهای وزنی متفاوت (۱/۵، ۳ و ۴/۵) کلسیم کربنات، پس از رطوبت‌گیری به مدت ۶ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد، ابتدا به صورت مکانیکی و پس از آن به روش ذوبی و با استفاده از اکسترودر دو پیچی مخلوط شده و رشته‌های خروجی از اکسترودر توسط دستگاه آسیاب به گرانول تبدیل شدند. پس از آن، یک دستگاه قالب‌گیری تزریقی برای ساخت نمونه‌های چرخنده استفاده شد. مشخصات هندسی چرخنده شامل مدول ۲ mm، قطر گام ۷۲ mm و تعداد دنده ۳۶ می‌باشد. به‌منظور بررسی عملکرد چرخنده‌های POM خالص و نانوکامپوزیت‌های آن، دستگاه آزمون چرخنده طراحی و ساخته شد. شکل ۱ نمای بسته‌ای از دستگاه مورد نظر را نشان می‌دهد. سیستم محرک (شامل محور و چرخنده) با بکارگیری مجموعه تسمه و پولی تایمینگ دقیق با نسبت ۱:۱ به موتور جریان متناوب متصل شده و از یک دستگاه کنترل دور برای تنظیم سرعت دورانی چرخنده‌ها استفاده شد.



شکل ۱- (الف) دستگاه آزمون چرخنده، (ب) استفاده از میکروسکوپ دیجیتال برای تصاویر دیجیتال و (ج) درگیری جفت دنده و بزرگنمایی تصویر سنسور دمای مادون قرمز

میکروسکوپ الکترونی روبشی با نام تجاری VEGA/TESCAN ساخت کشور چک با ولتاژ کاری ۱۰ کیلوولت برای بررسی ریز ساختار نانو کامپوزیت‌ها و همچنین شکل شناسی شکست در نمونه‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفت. قبل از آزمون‌های میکروسکوپی، سطح نمونه‌ها توسط لایه‌ای از طلا پوشش دهی شد.

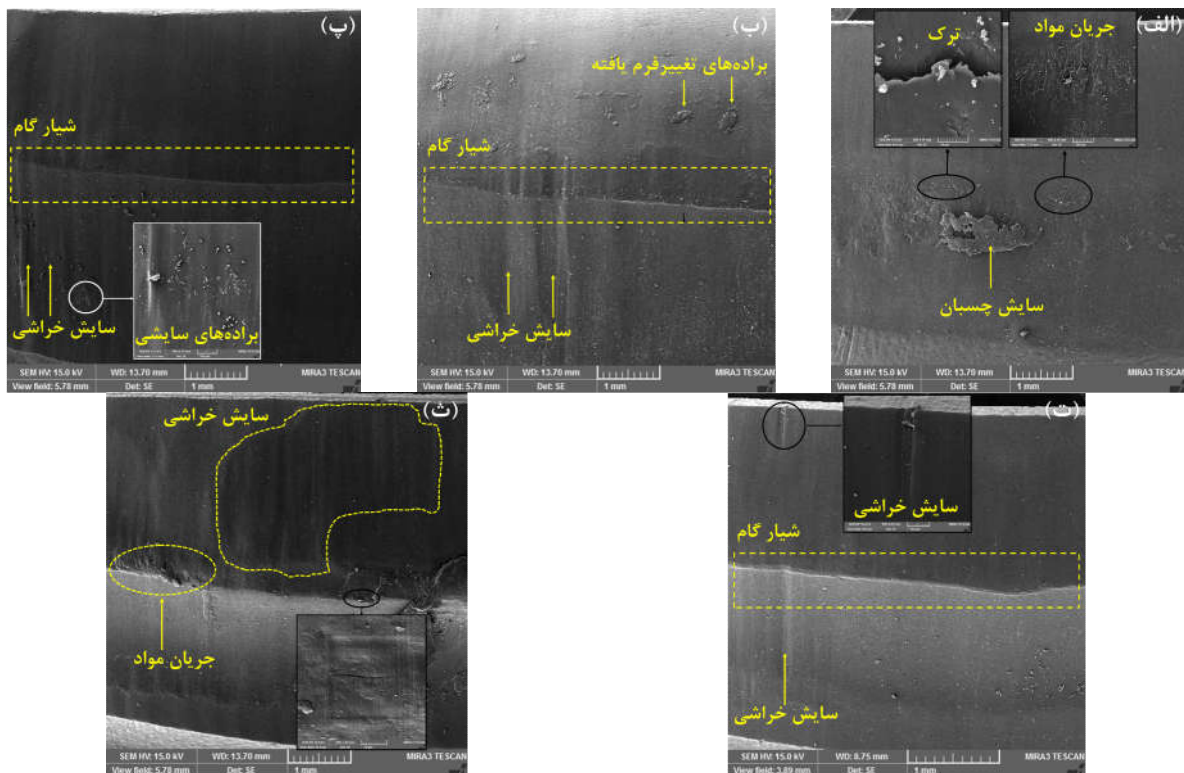
۳- نتایج و بحث

تصاویر SEM از سطح سایش دنده‌های خالص و نانوکامپوزیتی پس از ۲۰۰۰۰، ۴۰۰۰۰ و ۶۰۰۰۰ چرخه‌کاری تحت گشتاورهای ۱۰ نیوتن‌متر و هر بار با جفت چرخنده‌های جدید، به ترتیب در شکل‌های ۲، ۳ و ۴ مشاهده می‌شود. برای POM خالص پس از ۲۰۰۰۰ سیکل، جوانه‌زنی ترک و جریان مواد در ناحیه گام دنده مشاهده می‌شود (شکل ۲-الف). جوانه‌زنی ترک در سطح دنده را می‌توان به تنش‌های سیکلی، لغزش دنده‌ها در جهت‌های معکوس در منطقه گام و تجمع حرارت در سطح دنده نسبت داد. ترک پس از جوانه‌زنی، در چرخه‌های بعدی تحت گشتاور بالا، پیشروی کرده و واماندگی دنده را باعث شد. بر اساس شکل ۲-الف، جریان مواد و سایش چسبان شدید به دلیل نرمی حرارتی و تنش تماسی زیاد در سطح سایش دنده برای نمونه POM خالص مشاهده می‌شود. مطابق شکل ۲-ب، الگوی سایش نانوکامپوزیت POM/CB، بوجود آمدن شیارگام، سایش خراشی در ته دنده و حضور براده‌های سایشی نرم و تغییر شکل یافته در سر دنده می‌باشد. تشکیل شیار گام را می‌توان به تنش تماسی زیاد میان دو دنده در ناحیه تماسی تک‌دنده، حرارت زیاد ناحیه گام و مکانیزم لغزش معکوس در ناحیه گام دنده چرخنده محرک، ارتباط داد. وجود براده‌های سایشی در قسمت سر دنده مربوط به سایش لغزشی است که جهت حرکت آن از گام به سوی سر دنده است و باعث هدایت براده‌های سایشی به سمت سر دنده می‌شود. مطابق شکل ۲-ب ساختار سطح سایش برای نمونه POM/CB، نسبت به نمونه POM، بسیار هموارتر است. این مسأله حاکی از انتقال بار سایشی از پلیمر به فاز تقویت‌کننده و در نتیجه جلوگیری از تغییر شکل بالای سطح سایش در حین درگیری دو دنده است. سطح نمونه حاوی ۱/۵ و ۳ درصد وزنی نانوکربنات کلسیم، بسیار هموارتر از چرخنده پلیمری خالص و نمونه حاوی نانو کربن بلک بوده، اگرچه نشانه‌هایی از براده‌های سایشی (نمای بزرگ‌شده از ناحیه پای دنده در شکل ۲-پ) و سایش خراشی در سطح سایش (نمای بزرگ‌شده از ناحیه سردنده در شکل ۲-ت) مشاهده می‌شود. در مقایسه با نمونه حاوی ۱/۵ درصد کربنات کلسیم، سطح نمونه حاوی ۳ درصد کربنات کلسیم هموارتر بوده و همچنین گستردگی سایش خراشی در نمونه حاوی ۳ درصد کربنات کلسیم کمتر از دیگر نمونه‌ها می‌باشد. افزون‌براین، اثری از سایش چسبان که نشان از نرمی زمینه به دلیل دمای بالا است، در هیچکدام از نمونه‌های نانوکامپوزیتی به جز نمونه POM/CB/4.5C مشاهده نشد. محدود شدن سایش چسبان و هموارتر شدن سطح سایش با بکارگیری نانوذرات کربن بلک و کربنات کلسیم، دارای همبستگی با بهبود مقاومت سایشی و کاهش نرخ سایش است و دلیل آن را می‌توان به افزایش مقاومت سطح نسبت به اثرات حرارتی و نیز نیروهای اصطکاکی با استفاده از نانوذرات کربن بلک و کربنات کلسیم، تحت بارگذاری ۱۰ نیوتن‌متر، نسبت داد. از سوی دیگر، بکارگیری ۴/۵ درصد وزنی نانوذرات کربنات کلسیم، گستردگی سایش خراشی و نیز جریان مواد را در قسمت گام دنده نسبت به تمام نمونه‌ها افزایش داد (شکل ۲-ث). بکارگیری مقادیر زیاد نانوذرات، منجر به کلوخه شدن نانوذرات در زمینه پلیمری می‌شود. کلوخه‌ها می‌توانند همچون عوامل سایش عمل کرده و منجر به سایش و گرمای زیاد و در نتیجه جریان مواد شوند. علاوه‌براین، مطابق، نمای بزرگ‌شده از ناحیه گام دنده در شکل ۲-ث، کلوخه‌ها می‌تواند بعنوان محل تمرکز تنش عمل کرده و جوانه‌زنی ترک در ناحیه گام دنده را تسریع بخشند.

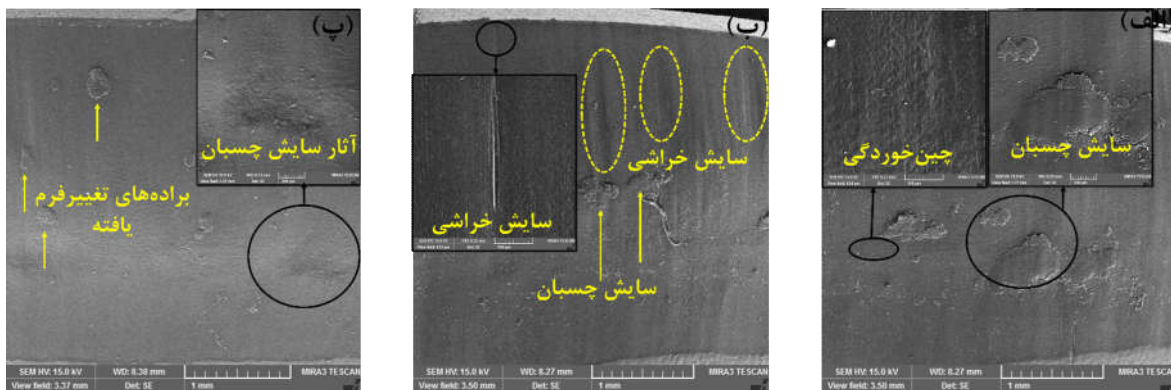
در مرحله دوم آزمون، فقط نمونه‌های POM/CB، POM/CB/1.5C و POM/CB/3C، پس از ۴۰۰۰۰ سیکل دوام آوردند و بقیه نمونه‌ها شامل نمونه خالص و نمونه حاوی ۴/۵ درصد نانوذرات کربنات کلسیم، قبل از ۴۰۰۰۰ سیکل دچار واماندگی شدند. با توجه به شکل ۳، برخلاف مرحله قبل که سایش از نوع خراشی غالب بود، در این مرحله، علاوه بر سایش خراشی، سایش چسبان نیز در هر سه نمونه پدیدار گشته است. با ادامه چرخه‌کاری چرخنده و ادامه سایش، ضخامت دنده کاهش یافته و زبری سطح بیشتر می‌شود. با افزایش زبری و ادامه ماندگاری سطح در دمای بالا، مقاومت سطح تحت نرمیت حرارتی کاهش یافته که این باعث کاهش مقاومت سایشی و تغییر مکانیزم سایش از خراش به چسبان می‌شود. بر اساس شکل ۳-الف، علاوه بر سایش چسبان در ناحیه پای دنده، چین‌خوردگی به صورت موضعی و محدود در قسمت گام نمونه POM/CB قابل رؤیت است. چین‌خوردگی سطح دنده، به دلیل جریان‌های پلاستیک موضعی در راستای لغزش، مشاهده شد. برای نمونه نانوکامپوزیتی POM/CB/1.5C، سطحی هموارتر از نمونه POM/CB با سایش چسبان محدود در ناحیه گام دنده و آثار

سایش خراشی در ناحیه سر دنده مشاهده می‌شود. مطابق شکل ۳-پ، سطح سایش نانوکامپوزیت POM/CB/3C در دنده بسیار هموارتر از دیگر نمونه‌ها بوده و از سایش چسبان تا حد زیادی کاسته شد. در ناحیه گام، آثار سایش چسبان و در ناحیه سر دنده نشانه‌هایی از براده‌های سایشی که در جریان سایش و در راستای لغزش (از گام به طرف سر دنده) حرکت کرده و تغییر شکل داده‌اند، رؤیت می‌شود. این مسأله نشان می‌دهد که علی‌رغم غالب بودن اثرات حرارتی تحت گشتاور بحرانی، بکارگیری ۳ درصد وزنی نانوذرات کربنات کلسیم، سایش چسبان را بسیار تقلیل داده و سطح سایش هموارتری را ایجاد کرده است (شکل ۳-پ).

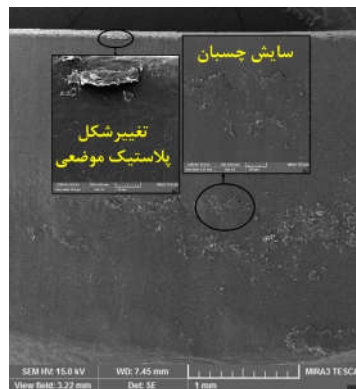
در مرحله سوم، در آزمون ۶۰۰۰۰ سیکل، فقط نمونه نانوکامپوزیتی POM/CB/3C بدون واماندگی این مرحله را سپری کرد. مطابق شکل ۴، مکانیزم‌های واماندگی همچون سایش چسبان و تغییر شکل پلاستیک موضعی در سر دنده مشاهده می‌شود. پس از این مرحله، چرخنده حاوی ۳ درصد وزنی نانوذرات کربنات کلسیم، قبل از رسیدن به ۸۰۰۰۰ سیکل، وامانده شد. در حالت کلی، برای همه نمونه‌ها شامل خالص و نانوکامپوزیتی، سایش خراشی و چسبان و در مواردی جریان مواد و تغییر شکل پلاستیک به ترتیب قبل از رسیدن به لحظه واماندگی مشاهده شد.



شکل ۲- سطح سایش پس ۲۰۰۰۰ سیکل چرخه کاری تحت گشتاور ۱۰ نیوتن متر، برای چرخنده‌های مختلف: (الف) POM/CB، (ب) POM/CB/1.5C، (پ) POM/CB/3C و (ث) POM/CB/4.5C



شکل ۳- سطح سایش پس ۴۰۰۰۰ سیکل چرخه کاری تحت گشتاور ۱۰ نیوتن‌متر، برای چرخنده‌های مختلف: POM/CB (الف)، POM/CB/1.5C (ب) و POM/CB/3C (پ)



شکل ۴- سطح سایش پس ۶۰۰۰۰ سیکل چرخه کاری تحت گشتاور ۱۰ نیوتن‌متر، برای چرخنده POM/CB/3C - نتیجه گیری

در این تحقیق، نانوکامپوزیت‌های پلیمری بر پایه پلی‌استال شامل ۰/۴۲ درصد وزنی نانوذرات کربن بلک و به ترتیب، ۱/۵، ۳ و ۴/۵ درصد وزنی نانوذرات کربنات کلسیم، با بکارگیری روش اختلاط ذوبی تولید شدند. سپس، چرخنده‌های نانوکامپوزیتی، توسط فرآیند قالب‌گیری تزریقی، ساخته شد. شکل‌شناسی با استفاده از آزمون‌های میکروسکوپی الکترونی روبشی انجام گرفت. مورفولوژی دنده چرخنده‌های نانوکامپوزیتی نسبت به نمونه خالص در سیکل کاری یکسان صافتر بود. در مورفولوژی سطوح ساییده شده چرخنده‌های POM/CB، POM/CB/1.5C و POM/CB/3C، بر خلاف چرخنده‌های POM و POM/CB/4.5C، اثراتی از ترک دیده نشد.

مراجع

1. Juvinall, R.C. and K.M. Marshek, *Fundamentals of machine component design*. Vol. 83: John Wiley & Sons New York 2006.
2. Kirupasankar, S., C. Gurunathan, and R. Gnanamoorthy, Transmission efficiency of polyamide nanocomposite spur gears. *Materials & Design*. 39, 338-343, 2012.
3. Lu, Z., et al., Identification of failure modes of a PEEK-steel gear pair under lubrication. *International Journal of Fatigue*. 125, 342-348, 2019.
4. Düzçükoğlu, H., Study on development of polyamide gears for improvement of load-carrying capacity. *Tribology International*. 42, 1146-1153, 2009.
5. İmrek, H., Performance improvement method for Nylon 6 spur gears. *Tribology International*. 42, 503-510, 2009.

6. Mohsenzadeh, R., K. Shelesh-Nezhad, and T.N. Chakherlou, Experimental and finite element analysis on the performance of polyacetal/carbon black nanocomposite gears. *Tribology International*. 160, 107055, 2021.
7. Soudmand, B.H. and K. Shelesh-Nezhad, Failure and wear analysis of poly(butylene terephthalate) nanocomposite spur gears. *Tribology International*. 151, 106439, 2020.
8. Gao, X., C. Qu, and Q. Fu, Toughening mechanism in polyoxymethylene/thermoplastic polyurethane blends. *Polymer international*. 53, 1666-1671, 2004.
9. Gojny, F.H., et al., Carbon nanotube-reinforced epoxy-composites: enhanced stiffness and fracture toughness at low nanotube content. *Composites science and technology*. 64, 2363-2371, 2004.
10. Mohsenzadeh, R., et al., Gear life and failure mode versus meshing stress in polyacetal/carbon black nanocomposite gears. *Engineering Failure Analysis*. 131, 105859, 2022.
11. Gubbels, F., et al., Selective localization of carbon black in immiscible polymer blends: a useful tool to design electrical conductive composites. *Macromolecules*. 27, 1972-1974, 1994.
12. Gashti, M.P., et al., SiO₂-kaolinite affecting the surface properties of ternary poly (vinyl chloride)/silica/kaolinite nanocomposites. *Fibers and Polymers*. 14, 1870-1876, 2013.

وابستگی پاسخ فرکانسی نانو پودر تیتانیوم به روش سنتز: بررسی خواص ساختاری و خواص نوری

مهدی قاسمی فرد^{۱*}، میثاق قمری^۱

۱- آزمایشگاه فناوری نانو، مجتمع آموزش عالی اسفراین، اسفراین، خراسان شمالی، ایران.

آدرس ایمیل نویسنده مسئول: mahdi.ghasemifard@gmail.com

Frequency dependence response of titanium nano powder on the synthesis method: investigation of structural and optical properties

Mahdi Ghasemifard^{1*}, Misagh Ghamari¹

1- Nano lab, Esfarayen university of technology, Esfarayen, Iran.

* Corresponding author: Mahdi.ghasemifard@gmail.com

Abstract

TiO₂-TiO₂SiO₂ nano powder composition (TS-NPs) with an average particle size of 90 nm was prepared using a controlled combustion method using a mixture of nitric acid and citric acid (AC:NA) and urea. The structure and crystal orientations of the obtained nano powders were studied with the help of X-ray diffraction (XRD). The obtained results show that the use of both types of fuel leads to the creation of two main phases of anatase and rutile in TS-NPs. Particle size and particle size distribution of the resulting nano powder were studied using transmission electron microscopy (TEM) and dynamic light scattering (DLS). Using infrared spectroscopy (FTIR) and Kramers-Kronig relations, the frequency dependence of TS-NPs was investigated. The conducted frequency studies show that the energy loss function is dependent on the type of fuel used.

Key words: titanium nano powder; Frequency properties, anatase, rutile phase

چکیده

ترکیب نانو پودری (TS-NPs) TiO₂-TiO₂SiO₂ با اندازه میانگین ذرات 90 nm به کمک روش احتراقی کنترل شده با استفاده از ترکیب سوختی اسید نیتریک و اسید سیتریک AC:NA و اوره تهیه شد. ساختار و جهت های بلوری نانو پودرهای حاصله به کمک پراش اشعه ایکس XRD مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج بدست آمده نشان می دهد استفاده از هر دو نوع سوخت منجر به ایجاد دو فاز اصلی اناتاس و روتایل در TS-NPs می شود. اندازه ذرات و توزیع اندازه ذرات نانو پودر حاصل به کمک میکروسکوپ الکترون عبوری TEM و روبش دینامیکی نوری DLS مورد مطالعه قرار گرفت. به کمک طیف سنجی مادون قرمز IR و روابط کرامرز-کرونیک وابستگی فرکانسی TS-NPs مورد بررسی قرار گرفت. مطالعات فرکانسهای صورت گرفته نشان می دهد که تابع افت انرژی به نوع سوخت مورد استفاده وابسته است.

واژه‌های کلیدی: نانو پودر تیتانیوم؛ خواص فرکانسی، اناتاس، فاز روتایل

۱- مقدمه

در حالت کلی، دی اکسید تیتانیوم بخاطر پهنای گاف انرژی زیاد به طور وسیعی به عنوان یک نیم رسانای ایده آل در قطعات نوری مورد مطالعه قرار گرفت [1]. در سال‌های اخیر، کاربردهای فوتوولتائیک و فوتو اکتیو در ناحیه UV و IR نانو پودر TiO_2 بدلیل غیر سمی بودن و قیمت پایین سنتز آن بیشتر از دیگر کاربردها مورد توجه قرار گرفته است [2]. نتایج مطالعات اخیر نشان می‌دهد که خواص اپتیکی این نانو پودر را می‌توان به کمک ترکیب فازی آناتاس و روتایل در ساختار بلوری تتراگونال کنترل کرد. در ساختار بلوری TiO_2 پایدارترین فاز روتایل است و این در حالی است که فاز آناتاس در دمای بالا به فاز روتایل تبدیل می‌شود [3]. مطالعات نظری صورت گرفته با استفاده از کد Wien2k روی خواص نوری دی اکسید تیتانیوم نشان می‌دهد که برهمکنش همبستگی شبه ذراتی مانند الکترون-حفره تاثیر عمده ای بر خواص دارد. امروزه روش‌های مختلفی برای سنتز نانو پودر تیتانیا مانند هیدروترمال، سل-ژل و احتراق خود به خودی مورد استفاده قرار می‌گیرد [4-6]. در این پروژه نانو پودرهای تیتانیا همراه با سیلیکا TS-NPs به کمک روش احتراقی تهیه شدند که از مزیت‌های آن می‌توان به سرعت انجام تولید، قیمت مواد اولیه و کنترل بهتر فرایند ساخت اشاره کرد. پارامترهای اپتیکی در ناحیه IR شامل شاخص شکست، ضریب خاموشی و قسمت حقیقی و موهومی تابع دی‌الکتریک مورد بررسی قرار گرفت.

۲- روش تجربی

نانو پودر TiO_2 -NCs بوسیله روش احتراقی و با استفاده از مواد آلی فلزی و نمک‌های فلزی به عنوان مواد شروع کننده سنتز شد. مواد اولیه و ترکیب سوختی مورد استفاده در این پروژه عبارتند از: نترات تیتانیوم $Ti(NO_3)_4$ ، کلراید سیلیکون، $SiCl_4$ ، اسید نیتریک HNO_3 و اسید نیتریک $C_6H_8O_7$ کاتیون‌های Ti^{4+} و Si^{4+} توسط حل کردن هر یک از پیش ماده‌ها در آب دوبار یونیزه تهیه شد. سپس مراحل انجام کار به دو روش مجزا ادامه می‌یابد.

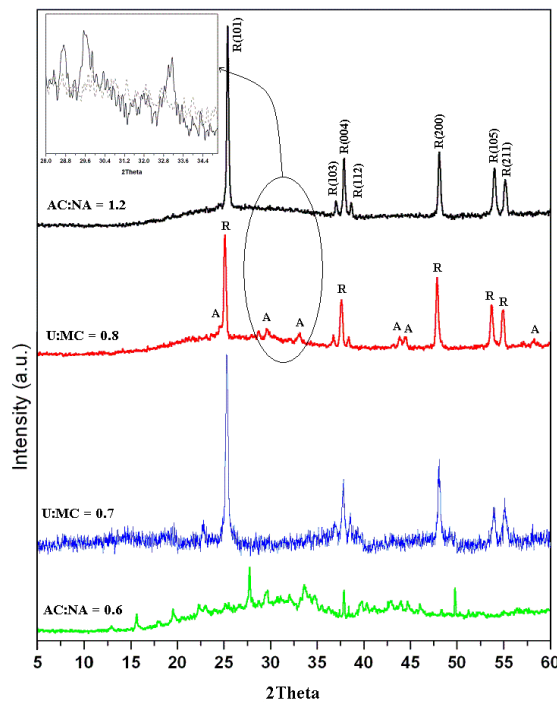
الف) ترکیب سوختی اسید نیتریک و اسید سیتریک 1.2 : 0.6 و محلول شامل کاتیون‌های تیتانیوم و سیلیکون را به محلول اسید سیتریک و اسید نیتریک تحت همزدن دائم و در دمای 65 اضافه می‌کنیم، سپس با استفاده از هیدروکسید آمونیم pH محلول را به 5 افزایش می‌دهیم. با گرما دادن به سل تهیه شده، آن را تبدیل به ژل و در نهایت نانو پودر TS حاصل می‌شود.

ب) نسبت کاتیون فلزی به اوره $U:MC = 0.8$ and 0.7 کاتیون‌های تیتانیوم و سیلیکون به محلول پایه اوره و آب دوبار یونیزه اضافه شد. فرایند گرمادهی برای انجام احتراق در کوره یی با دمای 450 درجه سانتی گراد صورت گرفت. برای تکمیل ساختار بلوری و ایجاد فاز مورد نظر پودر سفید رنگ حاصل در دمای 850 درجه سانتی گراد کلسینه شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱ بررسی ساختاری

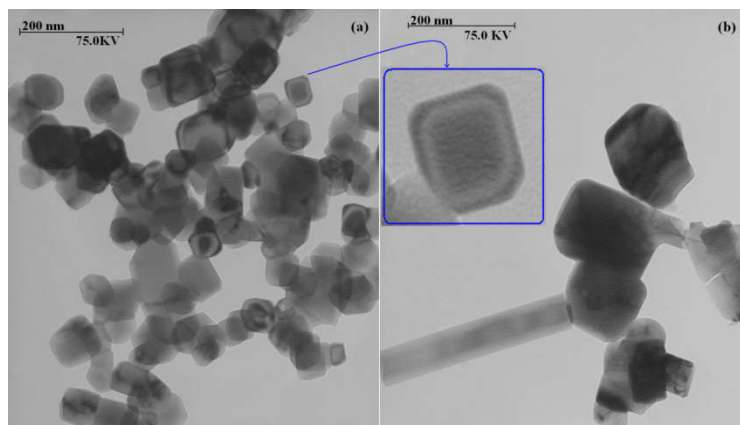
الگوی پراش اشعه ایکس نانو پودرهای حاصل با برنامه گرمادهی $2^\circ C/min$ از دمای اتاق تا دماهای 850 درجه سانتی گراد به مدت 2 ساعت، در شکل 1 نشان داده شده است. با توجه به این شکل می‌توان حضور فازهای روتایل و آناتاس را در هر یک از ترکیبات سوختی مشاهده کرد. با توجه به شکل 1 فاز غالب در ترکیب سوختی $AC:NA=1.2$ روتایل و فاز غالب ترکیب $U:MC=0.8$ آناتاس است. همچنین در تمامی ترکیبات سوختی کلسینه شده در دمای $850^\circ C$ فاز ناخواسته به کمترین میزان می‌رسد.



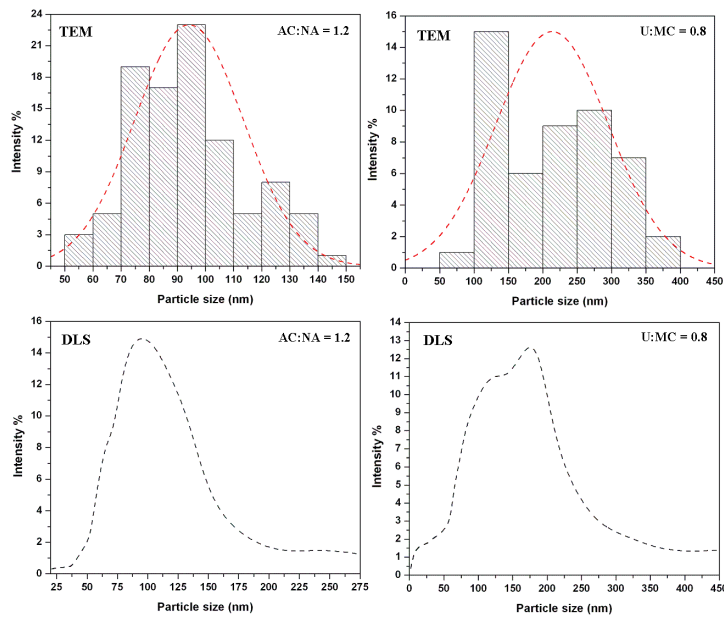
شکل 1: الگوی پراش اشعه ایکس نانوی پودر TS

۳-۲- مشخصه یابی اندازه ذرات و مورفولوژی

مورفولوژی سطحی و اندازه میانگین ذرات توسط میکروسکوپ TEM مورد مطالعه قرار گرفت (شکل 2). با توجه به شکل 2 نانوذرات غیرکروی و شش گوش در هم تنیده دیده می‌شود. اندازه میانگین ذرات با توجه به شکل 2 تقریباً 94 nm برای ترکیب سوختی AC:NA=1.2 و 214 nm برای ترکیب سوختی U:MC=0.8 بدست می‌آید. شکل 3 توزیع اندازه ذرات را نشان می‌دهد که با تصاویر حاصل از DLS در توافق کامل است.



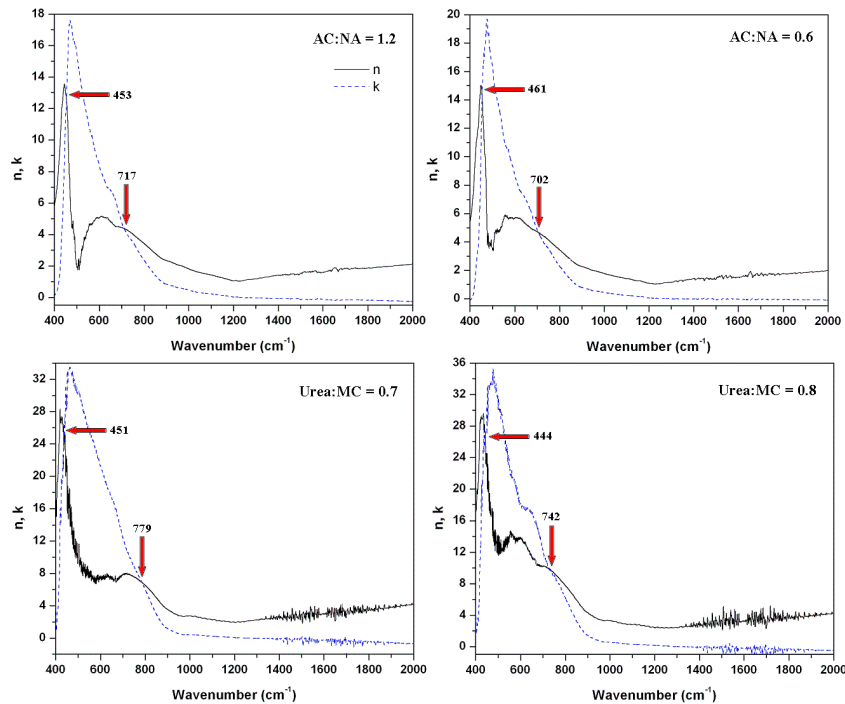
شکل 2: تصاویر TEM نانوی پودر TS حاصل از دو ترکیب سوختی (a) AC:NA=1.2 و (b) U:MC=0.8



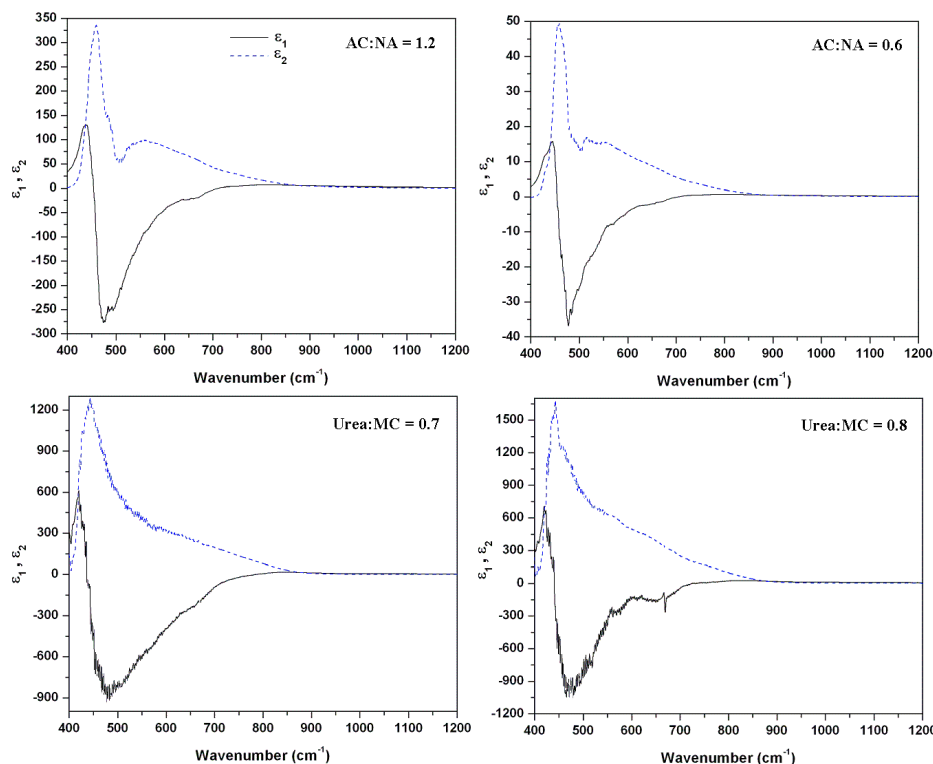
شکل 3: هیستوگرام توزیع اندازه ذرات بدست آمده از تصاویر TEM و نمودارهای DLS

۳-۳ پارامترهای اپتیکی

تمامی پارامترهای اپتیکی مورد بررسی توسط طیف نگاری FTIR و قوانین کرامرز-کرونینگ، حاصل از دو ترکیب سوختی در شکل 4 و شکل 5 نشان داده شده است. همانطور که در شکل 4 نشان داده شده است تقریباً رفتار شاخص شکست n و ضریب خاموشی k برای تمامی نمونه‌ها مشابه است و در عدد موج بین 450 cm^{-1} تا 650 cm^{-1} دارای بیشترین نوسانات فرکانسی هستند. از طرفی با افزایش میزان سوخت در هر یک از نمونه‌ها پاسخ فرکانسی کاهش یافته است که نشان دهنده وابستگی شدید تابع افت انرژی به نوع سوخت مورد استفاده می‌باشد.



شکل 4: شاخص شکست (خط آبی) و ضریب خاموشی (خط سیاه) برای TS-NPs



شکل 5: قسمت حقیقی (خط سیاه) و موهومی (خط چین آبی) تابع دی الکتریک TS-NPs کلسینه شده در دمای 850 °C

همانطور که در شکل 5 نشان داده شده است، رفتار قسمت حقیقی و موهومی تابع دی الکتریک حضور پیوند ارتعاشی در نزدیکی فرکانس 625 cm^{-1} را برای هر دو نمونه سنتز شده با سوخت‌های متفاوت در نانو پودر TS نشان می‌دهد. به بیان دیگر، نتایج حاصل از ثابت‌های نوری معادلات کرامرز-کرونیگ نشان می‌دهد که ساختار شبکه سنتز شده برای نانوپودرهای تیتانیا سلیکا اثر مستقیمی روی این پارامترها می‌گذارد. از این نتایج می‌توان برای طراحی سیستم‌های نوری در صنایع دفاعی بهره جست.

4- نتیجه گیری

در این تحقیق نانو پودر TS بوسیله روش احتراق خود به خودی با استفاده از دو ترکیب اسید نیتریک و اسید سیتریک و اوره تهیه شد. اثر نوع و نسبت مولی سوخت‌های مورد استفاده روی خواص ساختاری و نوری مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصل از تحلیل پراش اشعه ایکس نشان داد که ساختار تتراگونال TiO_2 با ثابت‌های شبکه $a=b=3.5 \text{ \AA}$ و $c=8.4 \text{ \AA}$ برای سوخت اوره و $a=b=4.2 \text{ \AA}$ و $c=8.9 \text{ \AA}$ برای ترکیب سوختی اسید نیتریک و اسید سیتریک بدست آمده است. تصاویر TEM نشان می‌دهد که شکل و اندازه متوسط ذرات با توجه به سوخت مورد استفاده بسیار متفاوت خواهد بود. پیوند ارتعاشی نانو پودر TS تقریباً در نزدیکی فرکانس 625 cm^{-1} رخ می‌دهد. نتایج حاصل از ثابت‌های نوری بدست آمده نشان می‌دهد که ساختار فازی نانوپودرها اثر مستقیم روی این پارامترها داشته و برای کاربردهای نوری باید روش تهیه بسیار مورد توجه قرار گیرد.

مراجع

1. Silva-Osuna ER, Vilchis-Nestor AR, Villarreal-Sanchez RC, Castro-Beltran A, Luque PA. Study of the optical properties of TiO₂ semiconductor nanoparticles synthesized using *Salvia rosmarinus* and its effect on photocatalytic activity. *Optical Materials*. 2022 Feb 1;124:112039.
2. Raj A, Kumar M, Kumar A, Laref A, Singh K, Sharma S, Anshul A. Effect of doping engineering in TiO₂ electron transport layer on photovoltaic performance of perovskite solar cells. *Materials Letters*. 2022 Apr 15;313:131692.
3. Peng C, Zhou T, Wei P, Ai H, Zhou B, Pan H, Xu W, Jia J, Zhang K, Wang H, Yu H. Regulation of the rutile/anatase TiO₂ phase junction in-situ grown on-OH terminated Ti₃C₂T_x (MXene) towards remarkably enhanced photocatalytic hydrogen evolution. *Chemical Engineering Journal*. 2022 Jul 1;439:135685.
4. de Oliveira CR, Batistella MA, de Souza AA, Ulson SM. Synthesis of superacid sulfated TiO₂ prepared by sol-gel method and its use as a titania precursor in obtaining a kaolinite/TiO₂ nano-hybrid composite. *Powder Technology*. 2021 Mar 1;381:366-80.
5. Sharma S, Kumar N, Mari B, Chauhan NS, Mittal A, Maken S, Kumari K. Solution combustion synthesized TiO₂/Bi₂O₃/CuO nano-composites and their photocatalytic activity using visible LEDs assisted photoreactor. *Inorganic Chemistry Communications*. 2021 Mar 1;125:108418.
6. Cui X, Wang J, Zhang X, Wang Q, Song M, Chai J. Preparation of Nano-TiO₂ by a surfactant-free microemulsion-hydrothermal method and its photocatalytic activity. *Langmuir*. 2019 Jun 20;35(28):9255-63.

بررسی میزان داروهای همه‌گیری کووید-۱۹ در منابع آبی و روش‌های حذف آنها با استفاده از جاذب‌ها

پوریا حسین‌آبادی^{۱*}، محمدرضا رضائی^۲، محمدحسین صیادی^۳، حسین بارانی^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زیست‌فناوری (گرایش صنعت و محیط زیست)، دانشگاه بیرجند،
poorya.hosseinabadi@birjand.ac.ir

۲- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، mrrezaei@birjand.ac.ir

۳- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، mh_sayadi@birjand.ac.ir

۴- دانشیار گروه فرش، دانشکده هنر، دانشگاه بیرجند، barani@birjand.ac.ir

* آدرس ایمیل نویسنده مسئول: poorya.hosseinabadi@birjand.ac.ir

Investigating the amount of covid-19 pandemic drugs in water sources and their removal methods using absorbents

Poorya Hosseinabadi^{1*}, Mohammadreza Rezaei², Mohammad Hossein Sayadi³, Hossein Barani⁴

1-Master's student in Biotechnology (Industry and Environment), Birjand University.

2- Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Birjand University. mrrezaei@birjand.ac.ir

3- Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Birjand University. mh_sayadi@birjand.ac.ir

4- Associate Professor of Carpet Department, Faculty of Arts, Birjand University. barani@birjand.ac.ir

* Corresponding author: poorya.hosseinabadi@birjand.ac.ir

ABSTRACT

Water pollution and wastewater treatment problems are considered one of the biggest challenges in the world today, and choosing the best way to remove these types of pollutants is very important. Pharmaceutical industries and agricultural sectors emit large amounts of residues containing toxic pollutants at small levels, which have a serious impact on the environment and human health. During the Covid-19 pandemic, high use of antivirals, antibiotics, antiprotozoals and glucocorticoids in the treatment of this virus has been reported. The influx of emerging, prescribed pharmaceutical pollutants in the environment continuously affects human health and human cycles (even in small amounts) by contaminating water and aquatic life. Innovation and technological advances in materials science and engineering in the past decades have led to the development of a wide range of techniques for wastewater treatment, including filtration, sedimentation, multistage coagulation and flocculation, etc. However, there are many limitations to purification. Among the most important limitations are: high energy requirement, low economic benefit, operational difficulty, inefficiency, and poor recyclability. Therefore, the aim of this research is to review the processes of removing these drugs from water resources with an emphasis on adsorbents.

Key words: Emerging Pollutants, Pharmaceutical Effluents, Treatment, Covid-19, Sewage

چکیده

آلودگی آب و مشکلات تصفیه فاضلاب امروزه یکی از بزرگترین چالش‌های جهان محسوب می‌شود و انتخاب بهترین راه برای حذف این نوع آلاینده‌ها بسیار مهم است. صنایع داروسازی و بخش‌های کشاورزی مقادیر زیادی از باقیمانده‌های حاوی آلاینده‌های سمی را در سطوح کمی منتشر می‌کنند که تأثیر جدی بر محیط‌زیست و سلامت انسان دارد. در طول همه‌گیری کووید-۱۹، مصرف بالای ضد ویروس‌ها، آنتی‌بیوتیک‌ها، ضد تک یاخته‌ها و گلوکوکورتیکوئیدها در درمان این ویروس گزارش شده است. هجوم آلاینده‌های دارویی نوظهور، تجویز شده در محیط به طور مداوم بر سلامت انسان و چرخه انسان (حتی در مقدار کمی) از طریق آلوده کردن آب و آبریان تأثیر می‌گذارد. نوآوری و پیشرفت‌های تکنولوژیکی در علم و مهندسی مواد در دهه‌های گذشته منجر به توسعه طیف گسترده‌ای از تکنیک‌ها برای تصفیه فاضلاب از جمله فیلتراسیون، رسوب گذاری، انعقاد چند مرحله‌ای و لخته‌سازی و غیره شده است. با این وجود، محدودیت‌های زیادی برای تصفیه وجود دارد. از جمله مهم‌ترین محدودیت‌ها می‌توان به این موارد اشاره کرد: نیاز به انرژی بالا، سود اقتصادی کم، دشواری عملیاتی، ناکارآمدی، و قابلیت بازیافت ضعیف. بنابراین، هدف کار حاضر مروری بر فرآیندهای حذف این داروها از منابع آبی با تأکید بر جاذب‌ها است.

واژه‌های کلیدی: آلاینده‌های نوظهور، پساب‌های دارویی، تصفیه، کووید-۱۹، فاضلاب

۱- مقدمه

کشف داروها نقطه عطفی در پیشرفت علمی بشر است زیرا آن‌ها کیفیت زندگی را افزایش می‌دهند، عمر را طولانی می‌کنند و میلیون‌ها نفر را از بیماری‌های کشنده نجات می‌دهند (1). وجود ترکیبات دارویی و متابولیت‌های آن‌ها در آب برای چندین سال به عنوان یک مشکل زیست محیطی تعریف شده است. با این حال، مصرف انبوه برخی داروها در طول همه‌گیری کووید-۱۹ باعث افزایش میزان بقایای دارویی در محیط‌های آبی مختلف شده است. از این حیث، داروهای ضد ویروسی در مقایسه با قبل و حین همه‌گیری، بیش از ۷۰ درصد افزایش غلظت را در فاضلاب شهری نشان می‌دهند (2). طبق مطالعات و تحقیقات انجام شده مشخص شده است که وجود این داروها در آب به این دلیل است که کارخانه‌های تصفیه فاضلاب، آن‌ها را به طور کامل حذف نمی‌کنند. علاوه بر این، این آلاینده‌ها پایدار هستند و سطوح پایینی از تجزیه زیستی را نشان می‌دهند. بنابراین اجرای فناوری‌هایی که حذف این آلاینده‌ها را با تمرکز بر پایداری فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی تضمین می‌کند، مورد توجه است (3). داروها برای اتصال به گیرنده‌های خاصی در انسان و حیوان ساخته می‌شوند. در نتیجه، این ترکیبات می‌توانند با گیرنده‌هایی که در سایر موجودات مشابه هستند، تعامل داشته باشند. اثرات سمی بر روی میکروارگانیسم‌ها و حیوانات نیز گزارش شده است. همچنین گزارش‌هایی از مقاومت آنتی‌بیوتیکی در باکتری‌ها و جوامع میکروبی، تغییرات بیان ژن، فعالیت غیر طبیعی پروتئین و آنزیم و ناهنجاری‌های رشد در موش، ماهی و قورباغه گزارش شده است (4). مسیرهای مختلف ورود آلاینده‌های دارویی به محیط آبی به سرعت در تمام موجودات زنده از طریق شبکه غذایی انباشته می‌شود. ماندگاری آن‌ها در آب‌های مختلف تحت تأثیر مکانیسم‌های طبیعی و شرایط محیطی است (5). به منظور ارزیابی خطرات زیست‌محیطی داروها، حجم مصرف، خواص فیزیکوشیمیایی و سمیت زیست محیطی آن‌ها باید در نظر گرفته شود. حلالیت بالا در آب، ماندگاری، تجمع زیستی، اثرات سمی و احتمالی سرطان‌زایی روی ارگانیسم‌ها می‌تواند در تحلیل ارزیابی ریسک داروها کمک کند. به دلیل رفتارهای پیچیده و تداخلات دارویی متنوع، چندین دارو پتانسیل ایجاد آسیب قابل توجهی را دارند. اخیراً میزان آلاینده‌های نوظهور به حدی افزایش یافته است که ترکیبات اصلی ناشناخته و متابولیت‌های آن‌ها در سطح، آب‌های زیرزمینی، پساب فاضلاب و آب آشامیدنی کشف می‌شوند (6). شناسایی و تعیین کمیت این آلاینده‌ها به یک تلاش علمی گسترده تبدیل شده است که نیازمند تکنیک‌های تشخیص برای نظارت بر سطوح فوق‌العاده این آلاینده‌ها است. بزرگ‌ترین محدودیت در نظارت بر ظهور این دسته‌های جدید از آلاینده‌ها، فقدان مقررات و استانداردهای کیفی برای تعیین حداکثر سطوح مجاز آن‌ها

در محیط است (7). فناوری‌هایی که برای تجزیه دارو مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند شامل فرآیندهای بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی است. نانوفیلتراسیون در حذف داروهای ضدالتهابی با بازده بالای ۸۵ درصد گزارش شده است (8). از بررسی‌ها و پژوهش‌های انجام شده مشهود است که مطالعات زیادی وجود دارد که وقوع و حذف مواد دارویی در آب و فاضلاب را ارزیابی می‌کنند. با این حال، هیچ بررسی جامعی برای پوشش داروهای ضد کووید-۱۹ در آب و فاضلاب قبل/در طول همه‌گیری، و همچنین مقایسه جنبه‌های فنی و اقتصادی فناوری‌های حذف آن‌ها وجود ندارد. هدف این مقاله ارزیابی آلاینده‌های دارویی نوظهور، فن‌آوری‌ها و تکنیک‌های مورد استفاده برای حذف این آلاینده‌ها و ارائه رویکردهای جدید برای مدیریت آلاینده‌ها است.

۲- داروهای مورد استفاده در درمان کووید-۱۹ و وجود آن‌ها در محیط‌های آبی

مطابق با توصیه‌های پیشنهادی سازمان جهانی بهداشت و سازمان‌های حاکم بر سیستم‌های بهداشتی دولتی، داروهای که بیشتر در درمان COVID-19 استفاده می‌شوند فاوپیرواویر (Favipiravir)، رمدسیویر (Remdesivir)، لوپیناویر-ریتوناویر (Lopinavir-ritonavir) (9)، ریبواویرین (Ribavirin) (10)، هیدروکسی کلروکین (Hydroxychloroquine) (11)، آزیترومایسین (Azithromycin) و دگزامتازون (Dexamethasone) هستند. همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده شده است، دو مورد اخیر بیشتر از نظر حضور در محیط‌های آبی و تأثیر آن‌ها بر محیط زیست مورد توجه قرار می‌گیرند. در مورد سایر داروها، پژوهش‌های کمی در مورد ماندگاری آن‌ها در پساب‌های آبی وجود دارد. با این وجود، مشخص شده است که روش‌های مرسوم قادر به حذف این داروها از پساب نیستند و در نتیجه به جریان‌های آبی تخلیه می‌شوند.

جدول ۱: وجود داروهای ضد کووید-۱۹ در محیط‌های آبی قبل و در طول همه‌گیری.

گروه درمانی	ترکیبات دارویی	قبل از همه‌گیری		در حین همه‌گیری	
		غلظت ng/L	محیط آبی	غلظت ng/L	محیط آبی
ضد ویروس	فاوپیرواویر	۴۰-۶۰	آب‌های سطحی (ژاپن)	۶۴	فاضلاب خانگی
	لوپیناویر	۳۰۵	آب‌های سطحی (آفریقای جنوبی)	۸۸۰	فاضلاب خانگی
	رمدسیویر	-	-	۵۵	فاضلاب خانگی
آنتی‌بیوتیک	آزیترومایسین	۲۴	آب‌های سطحی (اسپانیا)	۹۳۵	آب‌های سطحی (چین)
ضد تک‌یاخته	کلروکین	۱۱۰	آب‌های سطحی (نیجریه)	۳۲	آب‌های سطحی
گلوکوکورتیکوئید	دگزامتازون	۰/۰۷	آب‌های سطحی (مجارستان)	۵۵/۶	آب‌های سطحی

۱-۲- رمدسیویر (Remdesivir)

رمدسیویر یک داروی ضد ویروسی با طیف وسیع است که می‌تواند RNA پلیمراز ویروسی را مهار کند. پایداری این داروی ضد کووید ۱۹ در برابر تخریب طبیعی نور در آب‌های سطحی نشان می‌دهد که متابولیت‌های نماینده آن ممکن است در منابع مختلف آب وجود داشته باشد. به عنوان مثال، غلظت‌های بین ۴۳۰ تا ۲۱۲۰ نانوگرم در لیتر در آب‌های سطحی تخمین زده شده است. در مورد وجود آن در آب، گزارش شده است که غلظت ۵۵ نانوگرم در لیتر در فاضلاب خانگی در نتیجه مصرف آن در طول دوره همه‌گیری بوده است (12).

۲-۲- آزیترومایسین (Azithromycin)

آزیترومایسین یک آنتی‌بیوتیک وسیع‌الطیف متعلق به گروه ماکرولیدها است که علیه چندین باکتری گرم مثبت و گرم منفی عمل می‌کند و استفاده از آن در درمان چندین بیماری تنفسی گزارش شده است. آزیترومایسین دارویی است که علاوه بر فعالیت ضد باکتریایی، دارای فعالیت‌های ضد ویروسی و تعدیل‌کننده سیستم ایمنی است که در عفونت‌های ویروسی از جمله COVID-19 مورد توجه است (13). با این حال، حضور آن در پساب‌های بیمارستانی شناسایی شده است، که نشان دهنده نیاز به توسعه جایگزین‌های درمانی است که امکان حذف آن از آب را فراهم می‌کند. در مطالعه‌ای که توسط Osorio و

همکاران انجام شد، رسوبات آب‌های سطحی (اسپانیا) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مشخص شد که آزیتروماپسین یکی از رایج‌ترین و با غلظت زیاد ترکیبات دارویی است و به دنبال آن ایبوپروفن (۱۳ نانوگرم در گرم)، کدئین (۱۲ نانوگرم در گرم) و تتراسایکلین (۶ نانوگرم در گرم) در رده‌های بعدی قرار دارند. (14). افزایش قابل توجهی در مصرف این دارو در شرایط همه‌گیری COVID-19 و در نتیجه افزایش حضور در پساب‌های آب مشاهده شده است. ژو و همکاران در یک مطالعه انجام شده در آب‌های سطحی در ووهان (چین) قبل از همه‌گیری، حداکثر غلظت آزیتروماپسین را ۴.۳ نانوگرم در لیتر گزارش کردند (15). مقایسه این نتایج با نتایج گزارش شده توسط چن و همکاران در ژوئن ۲۰۲۰، جایی که آن‌ها به مقادیر ۹۳۵ نانوگرم در لیتر رسیدند، افزایش ۸۰ برابری در غلظت این دارو در آب‌های سطحی به طور قابل توجهی قابل مشاهده است (16).

۳-۲- دگزامتازون (Dexamethasone)

دگزامتازون در آب‌های سطحی در محدوده غلظت‌های مختلف شناسایی شده است. نتایج بسته به مکانی که نمونه‌های آب در آن به دست آمده متفاوت است، زیرا هر کشور سطوح مختلفی از آلودگی زیست‌محیطی و مصرف مواد مخدر در جمعیت را دارد. تولگیسی و همکاران غلظت دگزامتازون را در آب‌های سطحی مجارستان ۰.۰۷ نانوگرم در لیتر گزارش کردند (17). پروینا و همکاران غلظت ۰.۷۳ نانوگرم در لیتر را در آب‌های سطحی مالزی منعکس کردند (18). چانگ و همکاران غلظت‌های ۰.۱۱ و ۰.۳۳ نانوگرم در لیتر را در آب‌های سطحی چین شناسایی کردند (19). مارتین و همکاران مطالعه‌ای را در مورد خطرات زیست‌محیطی ناشی از عوامل درمانی مورد استفاده در درمان COVID-19 انجام دادند. آن‌ها پیش‌بینی کردند که در ژانویه ۲۰۲۱، غلظت دگزامتازون می‌تواند به حداکثر ۵۵.۶ نانوگرم در لیتر در آب‌های سطحی (ایالات متحده آمریکا) برسد، جایی که این دارو قبلاً شناسایی نشده بود (20). علاوه بر این، کورودا و همکاران تخمین می‌زنند که به دلیل تأثیر افزایش مصرف این دارو در طول همه‌گیری، غلظت دگزامتازون در آب‌های سطحی می‌تواند به ۰.۲۹ نانوگرم در لیتر برسد (12).

۳- حذف ترکیبات دارویی از محیط‌های آبی

با افزایش مداوم آلودگی آب، محققان تلاش خود را برای غلبه بر چالش‌های تصفیه فاضلاب اختصاص داده‌اند. تحقیقات و پژوهش‌های انجام شده کاربرد فناوری‌های تصفیه را برای حذف این نوع آلاینده‌های نوظهور (ترکیبات دارویی) از پساب‌های آبی نشان می‌دهد. وجود ترکیبات دارویی در آب در سال‌های اخیر توجه زیادی را در جامعه علمی برانگیخته است. این امر منجر به افزایش مداوم تعداد مقالات مربوط به حذف این آلاینده‌ها شده است. علاقه روزافزون به این نوع آلاینده‌ها از آنجایی است که سیستم‌های تصفیه آب معمولی قادر به حذف موثر آن‌ها نیستند. در طول تصفیه آب در تصفیه خانه آب آشامیدنی و تصفیه خانه فاضلاب، ترکیبات دارویی را می‌توان به صورت فیزیکی، شیمیایی و یا بیولوژیکی از فاز آبی حذف کرد. رایج‌ترین مکانیسم‌هایی که به‌طور سنتی برای حذف ترکیبات نوظهور با منشأ دارویی گزارش شده‌اند، فرآیندهای بیولوژیکی (۴۵٪) و پس از آن جذب (۳۳٪) و اشعه ماوراء بنفش (۲۲٪) هستند. با این حال، تشخیص بین اثربخشی فرآیندها، امکان‌سنجی اقتصادی و در دسترس بودن مواد مورد نیاز برای اجرای این فناوری‌ها ضروری است (21). بسیاری از این تکنیک‌ها دارای اشکال اقتصادی هستند زیرا اغلب به هزینه‌های نصب و نگهداری بالا با خروجی کم نیاز دارند و در عین حال مقادیر قابل توجهی از محصولات جانبی سمی تولید می‌کنند. به عنوان مثال، فرآیند اکسیداسیون پیشرفته از پارامترهای بهینه شده اکسیژن یا رادیکال‌های آزاد برای حذف آلاینده‌ها استفاده می‌کند که در این صورت احتمال تولید محصولات جانبی سمی یا متابولیت‌های خطرناک‌تر از ترکیبات اصلی وجود دارد. تشکیل این محصولات می‌تواند فرآیند اکسیداسیون پیشرفته را به عنوان یک تکنیک جهانی تصفیه آب باطل کند (22). تکنیک‌های تصفیه غشایی معمولاً از فرآیندهای فیلتراسیون برای تصفیه آب استفاده می‌کنند. اصلاح سطح غشاء با یک آلاینده هدف و پارامترهای جداسازی متفاوت می‌تواند کارایی جداسازی فناوری تصفیه غشایی را افزایش دهد. در چنین مواردی، اسمز معکوس می‌تواند عملکرد کافی را در دفع آلاینده‌های نوظهور از خود نشان دهد (23).

۴- فناوری‌های جذب برای تصفیه فاضلاب

پیشرفت در فناوری تصفیه آب، فناوری جذب را به عنوان یک تکنیک ساده، پایدار، مقرون به صرفه، سازگار با محیط‌زیست و بسیار مؤثر در مقایسه با فناوری‌های موجود تأیید می‌کند. تکنیک‌های جذب به‌عنوان فناوری بسیار مؤثر شناخته شده‌اند و کاربرد دینامیکی آن‌ها به ایجاد طیف گسترده‌ای از مواد جاذب و ویژگی‌های استثنایی برای کاربرد خاص کمک می‌کند. در اصلاح آلاینده‌های نوظهور، فرآیند جذب می‌تواند به چسبندگی آلاینده‌ها در محیط‌های آبی روی مواد جاذب با برهمکنش آبریز اجازه دهد. به طور کلی، آلاینده‌های نوظهور دارویی دارای حلالیت کم در آب، قطبی و برخی غیرقطبی هستند. بنابراین، میل جذبی بهبود یافته جاذب‌های مبتنی بر کربن، برهمکنش‌های آبریز را تسهیل می‌کند، به طوری که آلاینده‌های آبریز در حال ظهور در یک محیط آبی، به دلیل تقسیم‌بندی جاذب‌ها، توسط فعل و انفعالات آبریز، به‌طور انتخابی روی مواد مبتنی بر کربن جذب می‌شوند. آلاینده‌های دارویی همچنین می‌توانند با تشکیل پیوند کووالانسی و غیرکووالانسی یا نیروی برهمکنش بین مولکولی که توسط جاذب مبتنی بر کربن و

آلاینده‌های هدفمند آغاز می‌شود جذب شوند. میل جذبی افزایش یافته کربن فعال، بیوجار، نانوجاذب‌ها و جاذب‌های مصنوعی، توجه به بررسی این جاذب‌های مبتنی بر کربن و جاذب‌های مصنوعی را به خود جلب کرده است که نویدبخش اصلاح آلاینده‌های دارویی نوظهور از جمله داروهای ضد ویروسی در فاضلاب است (24).

۴-۱- جذب در نانوجاذب‌ها

کاربرد دینامیکی نانولوله‌های کربنی و مشتقات گرافن به‌عنوان جاذب‌ها برای پاکسازی آلاینده‌های دارویی در محیط آبی مورد توجه زیادی قرار می‌گیرد. تطبیق پذیری در اصلاح این مواد برای کاربردهای گسترده در حوزه علمی به دلیل تخلخل نسبتاً بزرگ، مساحت سطح و اندازه ذرات کوچک آن‌ها افزایش یافته است (25). ظرفیت جذب نانولوله‌های کربنی به دلیل تفاوت در میل ترکیبی مواد و ساختار لایه نازک به انواع نانولوله‌های کربنی تک جداره و چند جداره بستگی دارد. نانولوله‌های کربنی تک جداره ظرفیت جذب بالایی برای حذف ایوپوروفن نسبت به نانولوله‌های کربنی چند جداره نشان دادند که ظرفیت جذب بالایی را برای آموکسی سیلین نسبت به سولفامتوکسازول و سیپروفلوکساسین نشان دادند. قیمت بالا و سمیت نانولوله‌های کربنی عامل محدود کننده کاربرد گسترده در تصفیه فاضلاب است. نانومواد کربن-اکسید گرافن با ویژگی‌های مطلوب تعریف شده‌اش، اکنون به عنوان جاذب برای تصفیه آلاینده‌های نوظهور در محیط زیست و فاضلاب استفاده می‌شود. خواص مشخصه اکسید گرافن و میل پیوندی قوی آلاینده‌های آلی بر اصلاح سریع آلاینده آب تأثیر می‌گذارد (26).

۴-۲- جاذب‌های مصنوعی

خواص فیزیکوشیمیایی و پارامترهای جداسازی جذب غشا از اهمیت بالایی برخوردار است زیرا راندمان حذف را تعیین می‌کند که معمولاً بر اساس اندازه منافذ، بار سطحی و آب‌گریزی جنس غشا است. غشاها را می‌توان از مواد پلیمری، هیبریدی یا معدنی تولید کرد که بسته به نوع آلاینده‌ای که باید حفظ شود، از نظر ویژگی و انتخاب متفاوت است. شیمی و ساختار مورفولوژیکی مواد پلیمری برای ارتقای ظرفیت جذب در طراحی جاذب‌ها با غشاهای نفوذپذیر طراحی شده‌اند. خواص استثنایی مواد پلیمری مانند مساحت سطح بالا، تخلخل، انعطاف پذیری مکانیکی و هزینه پایین تولید توجه قابل توجهی را برای پاکسازی آلاینده‌های نوظهور در آب به خود جلب کرده است (27). مواد مبتنی بر پلیمر نانومتخلخل به دلیل چگالی گروه عملکردی مناسب و ظرفیت جذب افزایش یافته توسط توزیع اندازه منافذ، عمدتاً جاذب‌های ترجیحی نسبت به مواد متخلخل مزو و میکرو هستند. غشاهای نانوکامپوزیتی لیگنین و کیتوزان قابلیت استثنایی در حذف همزمان سه آلاینده مختلف را از خود نشان داده‌اند (28). حذف دیکلوفناک با ظرفیت جذب بالا با الحاق نانوذرات کیتوزان به پلی‌اتر سولفون به دست آمد و در نتیجه یک کامپوزیت غشایی با افزایش شار تحت تأثیر آب دوستی غشا تشکیل شد. پارادیس و همکاران و ژانگ و همکاران ایوپوروفن را با ظرفیت بالا با استفاده از کامپوزیت غشایی نانوالیاف الکتروریسی شده کیتوزان-پلی‌اتیلن اکسید و رزین تبادل آنیون مبتنی بر پلی‌اکریل Fe₃O₄ در مطالعات مربوطه گزارش کردند (40). پلیمرهای حک شده مولکولی^۱ به دلیل گزینش پذیری بالا و خواص تشخیص قابل توجهی که دارند، یکی از تکنیک‌های امیدوارکننده هستند. کیزاس و همکاران جذب متفورمین را در محیط‌های آبی با استفاده از پلیمرهای مولکولی حک شده گزارش کردند. مطالعات در مورد حذف محصولات دارویی با استفاده از پلیمرهای مولکولی حک شده به طور پیوسته در حال افزایش است (31).

۴-۳- نانوبیوتکنولوژی

سنتز سبز نانوذرات با استفاده از میکروارگانیسم‌ها و عصاره‌های گیاهی شاخه‌ای در حال ظهور از نانوتکنولوژی زیستی است که مسیری را به سمت تولید پاکسازی مقرون‌به‌صرفه، غیر سمی و سازگار با محیط‌زیست برای آلاینده‌ها هموار کرده است. اصطلاح سبز به استفاده از مولکول‌های زیستی به‌عنوان عواملی برای کاهش، پوشاندن و تثبیت نمک فلزی پیچیده به نانوذرات فلزی سبز اشاره دارد. خواص منحصر به فرد نانومواد فلزی مانند اندازه ذرات کوچک، مساحت سطح بالا و واکنش کاتالیزوری

^۱ (MIPs) (Molecularly imprinted polymers): این پلیمرها با یک مکانیسم قفل و کلید عمل می‌کنند تا به طور انتخابی مولکولی را که در طول تولید با آن قالب شده‌اند، متصل کنند.

بالا، آنها را به گزینه مناسبی برای تصفیه فاضلاب تبدیل می‌کند (32). گزارش شده است که نانوذرات مس سنتز شده (Cu NPs) با استفاده از عصاره آبی برگ تیلیا به عنوان عوامل درپوش و تثبیت کننده، توانایی حذف داروهای ضد التهابی غیر استروئیدی را از فاضلاب دارند. درصد حذف ایبوپروفن، ناپروکسن و دیکلوفناک در فاضلاب با استفاده از نانوذرات مس سنتز شده به عنوان جاذب به ترتیب ۷۴.۴، ۸۶.۹ و ۹۱.۴ درصد تعیین شد. در pH ۲.۵ تا ۴.۵ درصد حذف بالا (۹۱.۴٪) و در pH ۱۰.۵، درصد حذف پایین (۱۶.۳٪ و ۲۰.۴٪) به دست آمد. درصد حذف وابسته به pH و مربوط به دافعه الکترواستاتیکی بین سطح نانوذرات مس بود (33). استن و همکاران توانستند طی پژوهشی مخلوطی از آنتی‌بیوتیک‌ها شامل آمپی سیلین، پمپراسیلین، سولفامتوکسازول، تتراسایکلین و اریترومیسین را با استفاده از نانوذرات مگنتیت سنتز شده (Fe₃O₄ NPs) با عصاره های پوست آبی لیمو (*Citrus Limon*)، انگور سیاه (*Vitis vinicumabers*) و خیار با درصد بیش از ۹۰٪ حذف کنند (34). دمیرزن و همکاران تجزیه آموکسی‌سیلین را با استفاده از نانوذرات اکسید آهن سنتز شده (IONPs)، از عصاره *Ceratonia siliqua* گزارش کردند. مکانیسمی که توسط آن آموکسی‌سیلین از فاضلاب حذف می‌شود، جذب فیزیکی روی محصولات خوردگی آهن و سپس کاهش روی سطح نانوذرات اکسید آهن بود (35). مطالعه کومار و همکاران حذف استامینوفن از آب خالص و رودخانه را به ترتیب با ۹۸.۶٪ و ۹۱.۳٪ با استفاده از نانوذرات آهن (FeNPs) سبز سنتز شده از میکروجلبک، *Planktochlorella nurekis* با شکل کروی و اندازه ۱۳-۲۹ نانومتر گزارش کردند (36). نانوالیاف کربنی با سطح ناهموار حاوی نانوذرات آلیاژ آهن/کبالت با توزیع یکنواخت (Fe/Co-CNFs) از طریق الکتروریسی پلی‌وینیل پیرولیدون (PVP) می‌تواند به عنوان یک ماده آند عالی برای تجزیه الکتروکاتالیستی کامل تتراسایکلین به دی‌اکسید کربن و آب عمل کند. درصد تخریب تتراسایکلین مشاهده شده ۹۷.۵۵٪ بود. این کار یک ماده جدید برای اصلاح محیطی آب آلوده به آنتی‌بیوتیک را ارائه می‌دهد (37).

۵- نتیجه گیری

افزایش قابل توجهی در غلظت داروهای ضد کووید-۱۹ در آب‌های سطحی، فاضلاب‌ها و فاضلاب‌های تصفیه‌شده پس از همه‌گیری مشاهده شده است. این نگرانی در مورد تأثیری که این داروها در محیط‌های آبی مختلف می‌توانند بر سلامت انسان و اکوسیستم داشته باشند، ایجاد کرده است. داروها حتی در غلظت‌های کم می‌توانند وارد محیط زیست شوند و به گونه‌های زنده آسیب بزنند، زیرا سیستم‌های تصفیه فاضلاب فعلی برای حذف آلاینده‌های دارویی طراحی نشده‌اند. آنها می‌توانند اکوسیستم و سلامت انسان را تهدید کنند. علیرغم پیشرفت سریع تکنولوژیکی و علمی جهان، مشکل آلاینده‌های دارویی حل نشده باقی مانده است و دانشی که در حال حاضر برای ارزیابی و مدیریت ریسک دارویی در دسترس است، کافی نیست. بنابراین، پیشنهاد جایگزین‌هایی که امکان حذف این آلاینده‌ها را به روشی کارآمد و مقرون به صرفه می‌دهد، نوآورانه است. افزایش تقاضا برای آب آشامیدنی، اطمینان از قابلیت استفاده مجدد آب را ضروری می‌سازد و از اهمیت بالایی برخوردار است که تصفیه خانه‌های فاضلاب با پیشرفت فناوری‌های تصفیه آب در حمایت از روش‌های تصفیه پایدار آب در درازمدت ارتقا داده شوند، بنابراین نیاز به توسعه دارد. در این مقاله ابتدا به اهمیت وجود آب آشامیدنی سالم پرداخته شد و همچنین آلاینده‌های دارویی ناشی از کووید-۱۹ مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفتند. در ادامه به فناوری‌های جذب برای تصفیه این آلاینده‌ها اشاره شد که شامل کربن فعال، بیوجار، نانوجاذب‌ها و جاذب‌های مصنوعی بودند و در ادامه به اهمیت علم نانوبیوتکنولوژی در امر تصفیه پساب‌های دارویی اشاره شد. لازم به ذکر است که هدف ما در این مطالعه، تمرکز بر روی جاذب‌ها و نانوجاذب‌ها و کارآمدی آنها در حذف و تخریب آلاینده‌های دارویی در محیط‌های است. به طور کلی توسعه مواد جدیدی که می‌توانند به طور هم افزایی در درمان های پایدار فنی و اقتصادی در این آلاینده‌ها عمل کنند، مورد نیاز است.

مراجع

1. Arghavan FS, Al-Musawi TJ, Allahyari E, Moslehi MH, Nasseh N, Panahi AH. Complete degradation of tamoxifen using FeNi₃@ SiO₂@ ZnO as a photocatalyst with UV light irradiation: a study on the degradation process and sensitivity analysis using ANN tool. Mater Sci Semicond Process. 2021;128:105725.
2. Ibáñez M, Borova V, Boix C, Aalizadeh R, Bade R, Thomaidis NS, et al. UHPLC-QTOF MS screening

- of pharmaceuticals and their metabolites in treated wastewater samples from Athens. *J Hazard Mater.* 2017;323:26–35.
3. Svendsen SB, El-Taliawy H, Carvalho PN, Bester K. Concentration dependent degradation of pharmaceuticals in WWTP effluent by biofilm reactors. *Water Res.* 2020;186:116389.
 4. Beijer K, Gao K, Jönsson ME, Larsson DGJ, Brunström B, Brandt I. Effluent from drug manufacturing affects cytochrome P450 1 regulation and function in fish. *Chemosphere.* 2013;90(3):1149–57.
 5. Rodriguez-Narvaez OM, Peralta-Hernandez JM, Goonetilleke A, Bandala ER. Treatment technologies for emerging contaminants in water: A review. *Chem Eng J.* 2017;323:361–80.
 6. Tri TM, Anh DH, Hoai PM, Minh NH, Nam VD, Viet PH, et al. Emerging endocrine disrupting chemicals and pharmaceuticals in Vietnam: A review of environmental occurrence and fate in aquatic and indoor environments. *Persistent Org Chem Environ Status Trends Pacific Basin Ctries II Temporal Trends.* 2016;223–53.
 7. Agunbiade FO, Moodley B. Pharmaceuticals as emerging organic contaminants in Umgeni River water system, KwaZulu-Natal, South Africa. *Environ Monit Assess.* 2014;186(11):7273–91.
 8. Radjenović J, Petrović M, Ventura F, Barceló D. Rejection of pharmaceuticals in nanofiltration and reverse osmosis membrane drinking water treatment. *Water Res.* 2008;42(14):3601–10.
 9. Cao B, Wang Y, Wen D, Liu W, Wang J, Fan G, et al. A trial of lopinavir–ritonavir in adults hospitalized with severe Covid-19. *N Engl J Med.* 2020;
 10. Khalili JS, Zhu H, Mak NSA, Yan Y, Zhu Y. Novel coronavirus treatment with ribavirin: groundwork for an evaluation concerning COVID-19. *J Med Virol.* 2020;92(7):740–6.
 11. Cortegiani A, Ippolito M, Ingoglia G, Iozzo P, Giarratano A, Einav S. Update I. A systematic review on the efficacy and safety of chloroquine/hydroxychloroquine for COVID-19. *J Crit Care.* 2020;59:176–90.
 12. Kuroda K, Li C, Dhangar K, Kumar M. Predicted occurrence, ecotoxicological risk and environmentally acquired resistance of antiviral drugs associated with COVID-19 in environmental waters. *Sci Total Environ.* 2021;776:145740.
 13. Echeverría-Esnal D, Martín-Ontiyuelo C, Navarrete-Rouco ME, De-Antonio Cuscó M, Ferrández O, Horcajada JP, et al. Azithromycin in the treatment of COVID-19: a review. *Expert Rev Anti Infect Ther* [Internet]. 2021 Feb 1;19(2):147–63. Available from: <https://doi.org/10.1080/14787210.2020.1813024>
 14. Osorio V, Larrañaga A, Aceña J, Pérez S, Barceló D. Concentration and risk of pharmaceuticals in freshwater systems are related to the population density and the livestock units in Iberian Rivers. *Sci Total Environ.* 2016;540:267–77.
 15. Zhou L-J, Li J, Zhang Y, Kong L, Jin M, Yang X, et al. Trends in the occurrence and risk assessment of antibiotics in shallow lakes in the lower-middle reaches of the Yangtze River basin, China. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2019;183:109511.
 16. Chen X, Lei L, Liu S, Han J, Li R, Men J, et al. Occurrence and risk assessment of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) against COVID-19 in lakes and WWTP-river-estuary system in Wuhan, China. *Sci Total Environ.* 2021;792:148352.
 17. Tölgyesi Á, Verebey Z, Sharma VK, Kovacsics L, Fekete J. Simultaneous determination of corticosteroids, androgens, and progesterone in river water by liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Chemosphere.* 2010;78(8):972–9.
 18. Praveena SM, Shaifuddin SNM, Sukiman S, Nasir FAM, Hanafi Z, Kamarudin N, et al. Pharmaceuticals residues in selected tropical surface water bodies from Selangor (Malaysia): Occurrence and potential risk assessments. *Sci Total Environ* [Internet]. 2018;642:230–40. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718321296>
 19. Chang H, Hu J, Shao B. Occurrence of Natural and Synthetic Glucocorticoids in Sewage Treatment Plants and Receiving River Waters. *Environ Sci Technol* [Internet]. 2007 May 1;41(10):3462–8. Available from: <https://doi.org/10.1021/es062746o>
 20. Desgens-Martin V, Keller AA. COVID-19 Treatment Agents: Do They Pose an Environmental Risk? *Acs Es&T Water.* 2021;1(7):1555–65.
 21. Alfred MO, Omorogie MO, Bodede O, Moodley R, Ogunlaja A, Adeyemi OG, et al. Solar-active clay-TiO₂ nanocomposites prepared via biomass assisted synthesis: Efficient removal of ampicillin, sulfamethoxazole and artemether from water. *Chem Eng J* [Internet]. 2020;398:125544. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894720316727>
 22. Kárszová M, Bourassi M, Gaálová J. Membrane removal of emerging contaminants from water: which kind of membranes should we use? *Membranes (Basel).* 2020;10(11):305.
 23. Kim E, Jung C, Han J, Her N, Park CM, Jang M, et al. Sorptive removal of selected emerging contaminants using biochar in aqueous solution. *J Ind Eng Chem.* 2016;36:364–71.
 24. Letsoalo MR, Sithole T, Mufamadi S, Mazhandu Z, Sillanpaa M, Kaushik A, et al. Efficient detection

- and treatment of pharmaceutical contaminants to produce clean water for better health and environmental. *J Clean Prod* [Internet]. 2023;387:135798. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622053720>
25. Bhat SA, Sher F, Hameed M, Bashir O, Kumar R, Vo D-VN, et al. Sustainable nanotechnology based wastewater treatment strategies: Achievements, challenges and future perspectives. *Chemosphere*. 2022;288:132606.
 26. Zhu S, Liu Y, Liu S, Zeng G, Jiang L, Tan X, et al. Adsorption of emerging contaminant metformin using graphene oxide. *Chemosphere*. 2017;179:20–8.
 27. Sellami F, Kebiche-Senhadjji O, Marais S, Colasse L, Fatyeyeva K. Enhanced removal of Cr (VI) by polymer inclusion membrane based on poly (vinylidene fluoride) and Aliquat 336. *Sep Purif Technol*. 2020;248:117038.
 28. Pathan S, Bose S. Arsenic removal using “green” renewable feedstock-based hydrogels: current and future perspectives. *ACS omega*. 2018;3(5):5910–7.
 29. Paradis-Tanguay L, Camiré A, Renaud M, Chabot B, Lajeunesse A. Sorption capacities of chitosan/polyethylene oxide (PEO) electrospun nanofibers used to remove ibuprofen in water. *J Polym Eng*. 2019;39(3):207–15.
 30. Zhang K, Zhao Y, Fent K. Cardiovascular drugs and lipid regulating agents in surface waters at global scale: Occurrence, ecotoxicity and risk assessment. *Sci Total Environ*. 2020;729:138770.
 31. Kyzas GZ, Nanaki SG, Koltsakidou A, Papageorgiou M, Kechagia M, Bikiaris DN, et al. Effectively designed molecularly imprinted polymers for selective isolation of the antidiabetic drug metformin and its transformation product guanylurea from aqueous media. *Anal Chim Acta*. 2015;866:27–40.
 32. Saraswat S. Application of Nano-biotechnology in Wastewater Treatment: An Overview. *Nano-biotechnology Waste Water Treat Theory Pract*. 2022;41–75.
 33. Husein DZ, Hassanien R, Al-Hakkani MF. Green-synthesized copper nano-adsorbent for the removal of pharmaceutical pollutants from real wastewater samples. *Heliyon*. 2019;5(8):e02339.
 34. Stan M, Lung I, Soran M-L, Leostean C, Popa A, Stefan M, et al. Removal of antibiotics from aqueous solutions by green synthesized magnetite nanoparticles with selected agro-waste extracts. *Process Saf Environ Prot*. 2017;107:357–72.
 35. Demirezen DA, Yıldız YŞ, Yılmaz DD. Amoxicillin degradation using green synthesized iron oxide nanoparticles: Kinetics and mechanism analysis. *Environ Nanotechnology, Monit Manag*. 2019;11:100219.
 36. Kumar CSP, Sylas VP, Cyril N, Ambily V, Sunila CT, Sreekanth NP, et al. Acetaminophen removal using green synthesized iron nanoparticles with a fresh water microalga, *Planktochlorella nurekis*. *Nano-Structures & Nano-Objects*. 2021;26:100700.
 37. Xie W, Shi Y, Wang Y, Zheng Y, Liu H, Hu Q, et al. Electrospun iron/cobalt alloy nanoparticles on carbon nanofibers towards exhaustive electrocatalytic degradation of tetracycline in wastewater. *Chem Eng J* [Internet]. 2021;405:126585. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894720327133>

Co-doped zinc oxide nanoparticles as eco-friendly green ceramic pigment Sousan Rasouli^{1*}

1-Department of Nanomaterials & Nanocoatings, Institute for Color Science and Technology
Tehran, Iran

*Corresponding author: rasouli@icrc.ac.ir

Abstract

In this study, Co-doped zinc oxide nanoparticles were synthesized by combustion method and Glycine as fuel. As-prepared powders were characterized by XRD, SEM, TEM and spectrophotometer. Color properties of the synthesized samples have been investigated using the CIELAB coordinates and spectral reflectance. XRD patterns indicated that combustion reaction by glycine as fuel caused the formation of pure ZnO phase. SEM pictures showed the formation of porous spongy morphology which is related to large amount of exhaust gases from combustion reaction. The TEM images of Zn-CoO powders shows particle size of about 40 nm. Colorimetric results also indicated a broad reflectance band around 540 nm (green region) for the as-prepared powders.

Key words: Chemical synthesis, Nanostructured materials, Zn-CoO, Color properties

1. Introduction

Green ceramic pigments based on chromium oxides are widely used in industry. However, Chromium oxide green can cause irritation of the skin and eyes and can cause nausea and other problems if ingested. It also can cause respiratory problems when dust is inhaled.

The health effects of chromium are primarily related to the valence state of the metal at the time of exposure. Trivalent (Cr[III]) and hexavalent (Cr[VI]) compounds are thought to be the most biologically significant. Cr(III) is an essential dietary mineral in low doses. Cr(VI) compounds are carcinogenic. Cr(VI) is generally considered 1,000 times more toxic than Cr(III) [1].

The green colored oxides of Zn-CoO system, with low Co content, have demonstrated to be similar in their physico-chemical properties with Cr(III) green pigments [2, 3].

In this work, a single step microwave combustion method was used to synthesize nano-crystalline Zn-CoO. Nano-crystalline ZnO solid solution was prepared by applying glycine as fuel under microwave radiation.

2. Experimental

Raw materials were of Analytical Grade. $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ (Merck), $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ (Merck) as an oxidant and Glycine as a fuel and complexing agent were used.

Metal nitrates and glycine were dissolved in distilled water to form a solution in which Zn^{2+} and Co^{2+} concentration meet the formula of $Zn_{0.9}Co_{0.1}O$. The obtained homogeneous solutions were slowly evaporated in a water bath to form a viscous gel. Finally, the solutions were transferred into microwave oven (Samsung, Korea, 900 W, 2.45 GHz) to perform the

combustion reaction. It is noteworthy to mention that all experiments were performed in maximum power of microwave for 50 seconds.

A D-500 (Siemens, Karlsruhe, Germany) diffractometer was used for XRD analysis. The morphology of the synthesized powders was analyzed using LEO 1455VP (Oxford, UK) Scanning Electron Microscope (SEM). Ultraviolet radiation spectroscopy in the visible–ultraviolet light region was conducted with a Color Eye 7000 A spectrometer in the range between 300 and 700 nm for determination of diffuse reflectance of the obtained powders as pigments.

3. Results and Discussion

Figure 1 shows the XRD patterns of the Zn-CoO synthesized powders using different F/O ratios. The main phase characterized in different samples was hexagonal ZnO with P63mc structure (JCPDS 5-664). Moreover, the extremely broad peaks about 32 and 36° indicate nano-crystalline nature of the ZnO phase.

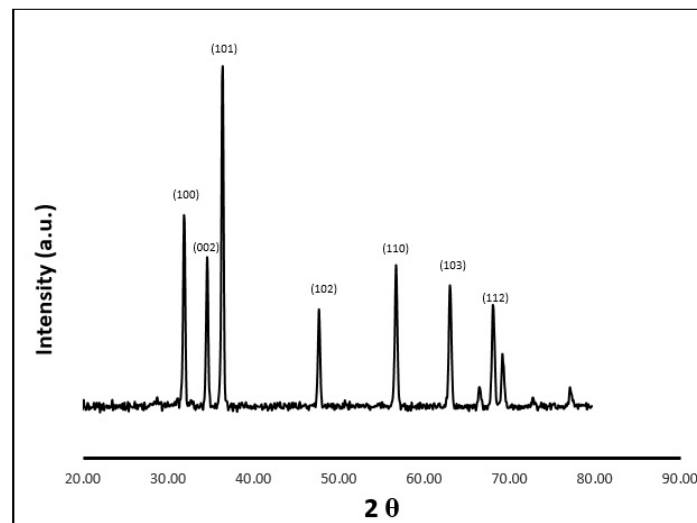


Figure 1: XRD pattern of Zn-CoO prepared by combustion synthesis

From Scherrer equation the average crystallite size was calculated to 37 nm.

Figure 2 shows the SEM images of Zn-CoO powders obtained by combustion synthesis and glycine as fuel.

Wu *et.al* illustrated that by using glycine as fuel, particles with good crystallinity can be obtained [4].

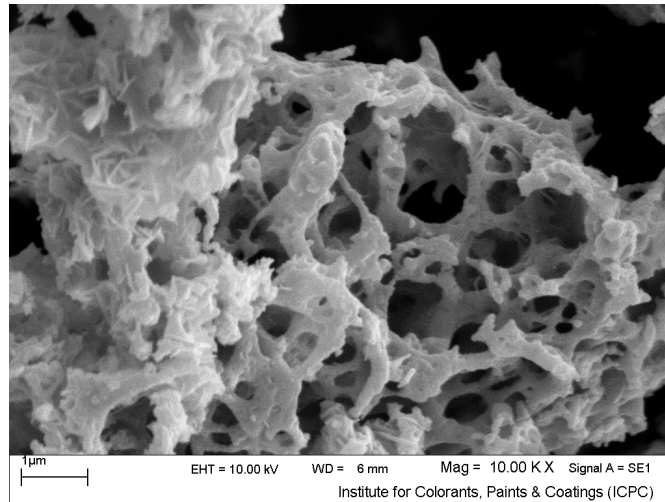


Figure 2: SEM micrographs of Zn-CoO samples prepared by combustion synthesis

As shown in figure 2 powder consists of porous spongy morphology is related to large amount of exhaust gases from combustion reaction [5]. The TEM images of Zn-CoO powders is shown in Figure 3.

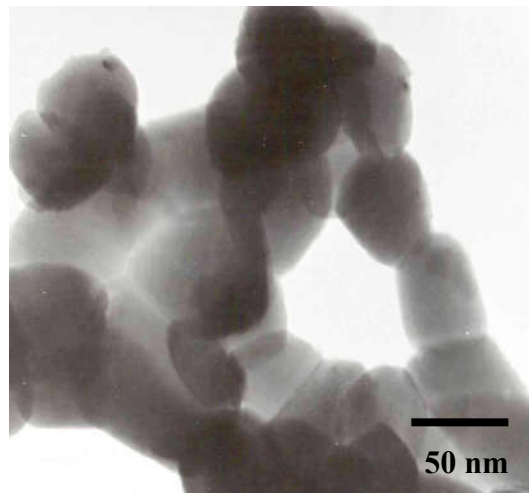


Figure: TEM micrographs of Zn-CoO samples prepared by combustion synthesis

Results show that the particle size is about 40 nm which is in accordance with the calculation from Scherre equation.

Color properties of the synthesized samples in the presence of glycine as fuel have been investigated using the CIELAB coordinates and spectral reflectance. Figure 4 shows the diffuse reflectance spectra of the as-synthesized powders.

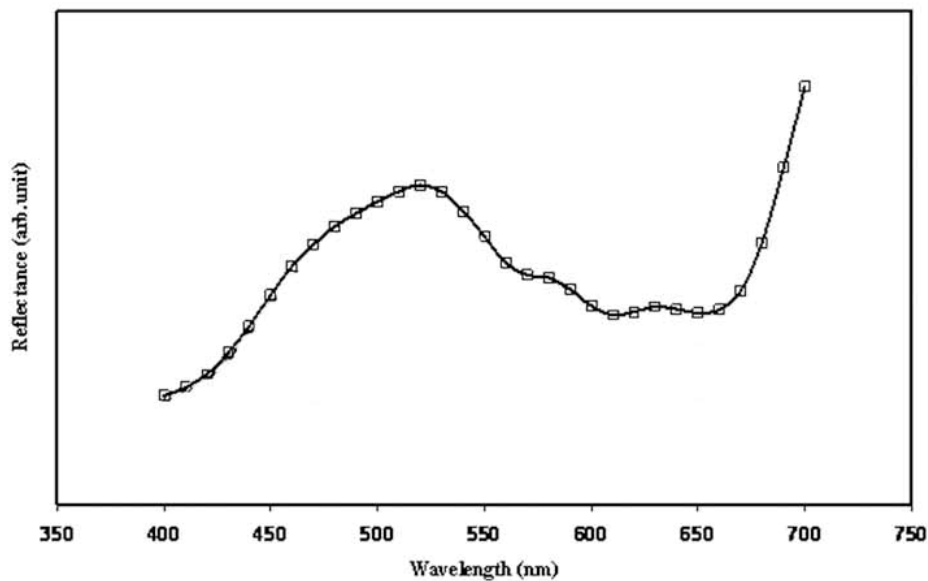


Figure 4: Diffuse reflectance spectra of the synthesized pigments

A broad reflection band around 530 nm can be observed for powder prepared by combustion synthesis being a characteristic peak for green region.

Conclusions:

Nano-crystalline Zn-CoO green pigments of crystallite size of 37 nm have been synthesized by combustion synthesis and glycine as fuel under microwave irradiation. Color properties investigation has indicated that the sample has good chromaticity and saturated green color.

References

- 1 Baranowska-Dutkiewicz, B. Archives of Toxicology. Absorption of hexavalent chromium by skin in man. 1981;47(1): 47-50.
- 2 Sulcova, M. Trojan, New green pigments. Dyes Pigments. ZnO–CoO. 1998;4:83-86.
- 3 Y. Z. Peng, T. Liew, W. D. Song, C. W. An, K. L. Teo, T. C. Incorporating Novel Magnetism. Chong1, Structural and optical properties of Co-doped ZnO thin film superconductivity. 2005;18: 97-103.
- 4 K.H. Wu, T.H. Ting, M.C. Li, W.D. Ho, J. Magnet. Mater. Sol–gel auto-combustion synthesis of SiO₂-doped NiZn ferrite by using various fuels. 2006;298: 25–32.
- 5 Sharma, S.K., Pitale, S.K., Manzar Malik, M., Dubey, R.N., Qureshi, M.S. and Lumin, J. Luminescence Studies on the Blue-Green Emitting Sr₄Al₁₄O₂₅:Ce³⁺ Phosphor Synthesized through Solution Combustion Route. Journal of Luminescence, 2009;129: 140-147.

ساخت یک سیستم راه‌انداز با سیگنال الکترومایوگرافی برای بازوی رباتیکی

محمد رضا سید نورانی^{۱*}، آتوسا صباغی^۲

۱- استادیار گروه مهندسی مکاترونیک، دانشگاه تبریز، smrs.noorani@tabrizu.ac.ir

۲- دانش‌آموخته رشته مهندسی پزشکی - بیومکانیک، گروه مهندسی مکاترونیک، دانشگاه تبریز

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: smrs.noorani@tabrizu.ac.ir

Implementation of an EMG-Driven System for a Robotic Arm

MohammadReza Sayyed Noorani^{1*}, Atousa Sabbaghi²

1- Department of Mechatronics Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran, smrs.noorani@tabrizu.ac.ir

2- Graduated in Medical Engineering-Biomechanics, Department of Mechatronics Eng., University of Tabriz

*Corresponding author: smrs.noorani@tabrizu.ac.ir

ABSTRACT

In order to rehabilitate people with movement disorders, the development of rehabilitation equipment, especially in such a way that a person is able to use them at home without going to clinics, is an important challenge in medical engineering. Driving these powered equipments using electromyography signals is considered an effective solution. In this article, we have designed and implemented a prototype platform for recording, processing and decision-making based on the EMG signal through software-hardware communication between MATLAB and Arduino. This platform is used for online driving the servomotor of a robotic arm for execution of elbow flexion and extension with signals recorded from the biceps muscle. The recorded signal is imported into the MATLAB software through the serial port, and MATLAB by sending the proper command to the Arduino, the servomotor of the robot's elbow joint be moved. This prototype as an intelligent intention detection system was built and tested successfully.

Keyword: Rehabilitation Robotics, Electromyography Signal, EMG-Driven, Elbow Biomechanics

چکیده

به منظور توانبخشی افراد مبتلا به عارضه‌های حرکتی توسعه‌ی تجهیزات توانبخشی به‌ویژه به‌صورتی که شخص بدون مراجعه به مراکز درمانی، خود قادر به استفاده از آنها در منزل باشد یک چالش مهم در مهندسی پزشکی است. مسئله‌ی راه‌اندازی محرکه‌ها و کنترل این تجهیزات فعال یک سیر تکاملی را طی کرده است و اکنون کنترل ربات‌های اسکلت‌خارجی با استفاده از سیگنال‌های الکترومایوگرافی یک راه‌حل مؤثر محسوب می‌شود. در این مقاله به طراحی و پیاده‌سازی یک بستر آزمایشگاهی برای ضبط، پردازش و تصمیم‌سازی مبتنی بر سیگنال ای.ام.جی به‌واسطه‌ی ارتباط نرم‌افزاری-سخت‌افزاری بین متلب و آردوینو پرداخته‌ایم. این بستر برای راه‌اندازی برخط سرووموتور یک بازوی ربات در اجرای حرکت خم و بازشدن آرنج با سیگنال‌های ضبط‌شده از عضله‌ی دوسر بازویی استفاده می‌شود. سیگنال ضبط‌شده از طریق درگاه سریال به نرم‌افزار متلب وارد می‌شود تا با ابزارهای محاسباتی موجود، پردازش‌های لازم برای تصمیم‌سازی روی آن صورت گیرد و سپس با ارسال

دستور مناسب به برد آردوینو، سروموتور مفصل آرنج ربات حرکت داده شود. این فرآیند به‌عنوان یک سیستم تشخیص هوشمند اراده کاربر، در قالب یک نمونه‌ی آزمایشگاهی ساخته و موفقیت آن آزموده شد.

واژه‌های کلیدی: توانبخشی رباتیک، سیگنال الکترومیوگرافی، ای.ام.جی-رانیده، بیومکانیک آرنج

۱- مقدمه

عارضه‌های حرکتی از جمله معلولیت‌های ناشی از قطع عضو، فلج‌های پس از سکته، ضایعات طناب نخاعی و اعصاب حرکتی، همگی عواملی هستند که موجب نیاز شخص مبتلا به انجام تمرینات توانبخشی و یا استفاده از تجهیزات کمک‌حرکتی می‌شوند. در سال‌های اخیر تحقیقات گسترده‌ای برای کاهش بدرد زندگی ناشی از این آسیب‌ها و ارتقای کیفیت زندگی برای کسانی که مبتلا به آن شده‌اند انجام گرفته است. یکی از فن‌آوری‌های نوین که قابلیت تاثیرگذاری بر این مسئله را دارد، رباتیک توانبخشی و تجهیزات بیونیک است. ربات‌های اسکلت‌خارجی از جمله‌ی این تجهیزات کمک‌حرکتی هستند که در سال‌های اخیر به‌منظور کمک به این بیماران مورد توجه ویژه قرار گرفته‌اند [۱-۲]. روش‌های کنترلی متعددی برای راه‌اندازی و کنترل ربات‌های اسکلت‌خارجی که با هدف کمک‌رسانی به حرکت افراد ناتوان یا کم‌توان طراحی شده، ارائه شده است. یکی از روش‌ها استفاده از سیگنال الکترومیوگرافی است که در مقایسه با دیگر روش‌ها کمتر به آن پرداخته شده است و البته ویژگی‌های شاخص و نیز دشواری‌های خاص خود را دارد [۳-۵].

ضبط سیگنال‌های الکترومیوگرافی، پردازش و تبدیل آن به فرمان کنترلی برای حرکت موتورهای یک تجهیز بیونیک موضوعی است که به‌نام «به حرکت انداختن مبتنی بر الکترومیوگرافی» شناخته می‌شود و در این مقاله از آن تحت‌عنوان «ای.ام.جی-رانیده» ذکر می‌کنیم [۶-۸]. ای.ام.جی مخفف الکترومیوگرافی است و گاهی به‌عنوان فعالیت میوالکتریک نیز نامیده می‌شود که در واقع اشاره دارد به سیگنال‌های الکتریکی که در اثر فعالیت عضلانی تولید می‌شوند و قابل اندازه‌گیری هستند. دو روش کلی برای ضبط سیگنال ای.ام.جی وجود دارد؛ یکی روش تهاجمی که در آن الکترودهای سوزنی وارد عضله می‌شوند، و دیگری روش سطحی که در آن الکترودها توسط چست‌لید روی سطح پوست چسبانده می‌شود. روش دوم که آن را «ای.ام.جی سطحی» می‌گویند روش رایج، بی‌خطر و کم‌هزینه برای راه‌اندازی تجهیزات رباتیکی ای.ام.جی. رانیده می‌باشد [۹]. بدیهی است این سیگنال الکتریکی ثبت شده خیلی ضعیف (در حد میلی‌ولت) و آغشته به نویز است و برای استفاده لازم است تقویت و فیلتر شود [۱۰].

یکسوسازی، گذر از فیلترهای بالاگذر و پایین‌گذر، و تقویت دامنه‌ی سیگنال از جمله پردازش‌های عمومی روی سیگنال ای.ام.جی. می‌باشد. وقتی اهدافی مانند بازشناسی حرکت، تعیین قصد حرکتی و یا تقلید حرکت در تجهیزات رباتیکی در میان باشد، پردازش‌های ویژه مانند استخراج منحنی پوش، استخراج ویژگی‌های زمانی و فرکانسی، استخراج سطوح جزئیات سیگنال در تحلیل موجک، و سپس تعیین قانون کنترلی جهت ارسال فرمان برای راه‌اندازی محرکه‌ها لازم می‌آید. پردازش‌های مقدماتی معمولاً توسط دستگاه یا ماژول ضبط ای.ام.جی. به‌طور پیش‌فرض صورت می‌گیرد. اما برای پردازش‌های سطح بالاتر لازم است سیگنال به الگوریتم‌های کدنویسی‌شده در نرم‌افزارهای کامپیوتری مانند متلب داده شود. البته می‌توان الگوریتم‌ها را با کدنویسی و بارگذاری روی میکروکنترلرهای تجاری مانند آردوینو نیز مورد استفاده قرار داد که نیاز به مهارت در توسعه‌ی برنامه‌های محاسباتی لازم دارد. مزیت استفاده از نرم‌افزاری مانند متلب برای پردازش سیگنال و محاسبه‌ی دستور کنترلی، آماده بودن ابزارهای محاسباتی لازم برای اجرای الگوریتم‌های موردنظر می‌باشد [۱۱].

از این رو در این کار به طراحی و پیاده‌سازی یک بستر آزمایشگاهی برای ضبط، پردازش و تصمیم‌سازی مبتنی بر سیگنال ای.ام.جی به‌واسطه‌ی ارتباط نرم‌افزاری-سخت‌افزاری بین متلب و آردوینو پرداخته‌ایم. این سیستم با بازوی رباتیکی تکمیل می‌شود که در این‌جا با ضبط سیگنال عضله‌ی دوسربازو قصد داریم مفصل آرنج این ربات را مشابه با حرکت اجرا شده توسط شخص راه‌اندازی کنیم.

۲- آناتومی عضلات محرک آرنج

عضلات مفصل آرنج را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد: اول گروه عضلات خم و بازکننده‌ی آرنج، و دوم گروه عضلات برون و درون‌گرداننده. گروه اول خود شامل دو گروه خم‌کننده‌ها و بازکننده‌ها می‌شود که مورد توجه ما در این پژوهش هستند. گروه عضلات خم‌کننده آرنج عبارتند از: **عضله بازویی**: یک خم‌کننده قوی مفصل آرنج است. عضله بازویی در بخش عمقی بازو در زیر عضله دوسر بازو، بین عضله دوسر و استخوان بازو قرار دارد. این عضله یکی از سه عضله‌ی بخش قدامی بازو می‌باشد. این ماهیچه از میانه سطح جلویی استخوان بازو آغاز شده و به طرف پایین آمده و در زیر مفصل آرنج به قسمت بالایی و جلویی استخوان زند زیرین (اولنا)، درست در محل زائده منقاری (کرونوئید) متصل می‌شود. **عضله دوسر بازویی**: عضله‌ی دوسر بازویی، ماهیچه‌ای است دراز در جلوی استخوان بازو که به راحتی قابل لمس بوده و به صورت یک برجستگی بیضی‌شکل مشاهده می‌گردد. این عضله ضمیم شامل دو سر در بالا می‌باشد. سر بلند عضله که در واقع تاندون بلند آن است از لبه بالایی حفره گلوئیید (گودی مفصل شانه) در تکه فوق دوری استخوان کتف شروع می‌شود و سپس از جلوی مفصل عبور کرده و از درون ناودان بازویی که بین توبروزیته‌های بزرگ و کوچک استخوان بازو هستند عبور می‌کند. حین عبور از این ناودان رباط عرضی بازویی آن را در درون ناودان مهار می‌کند. سر کوتاه تاندون عضله دو سر نیز از بالا از نوک زائده غرابی (کوراکوئید) استخوان کتف شروع شده و به پایین می‌آید. این دو سر در پایین تر به خود عضله دو سر بازویی متصل می‌شوند. غشای لیفی که از قسمت انتهایی عضله دوسر پدیدار می‌شود، غلاف ماهیچه‌ای دوسر نام دارد که در فاسیای عمقی ساعد قرار می‌گیرد و بر برجستگی استخوان زند زبرین و نیام پهن و نازک دوسری، درون نیام عمقی متصل می‌شود. عضله‌ی دوسر بازویی ماهیچه‌ای دو مفصلی است که در حرکات مفاصل شانه و آرنج نقش دارد. عمل این ماهیچه در مفصل آرنج، خم کردن ساعد بر روی بازو می‌باشد. در خم کردن مفصل شانه نیز به ماهیچه‌های دالی (دلتوئید) و غرابی بازویی (ماهیچه کوراکوبراکیالیس) کمک می‌کند. **عضله بازویی-زبرزندی (عضله براکیورادیالیس)**: از ماهیچه‌های ساعد دست است که در خم کردن آرنج مشارکت دارد و افزون بر آن دست را از برون به درون و برعکس می‌چرخاند. عضله از دوسوم بخش پایینی و خارجی استخوان بازو در بالای فوق قرقره (اپی‌کندید) خارجی به سمت پایین آمده و تاندون آن به انتهای پایینی و خارجی استخوان زند زبرین روی زائده نیزه‌ای درست بالای سطح مفصلی مچ دست متصل می‌شود. در گروه عضلات بازکننده‌ی آرنج، **عضله سه‌سر بازویی** در واقع عضله‌ی بازکننده-ی اصلی و قدرتمند آرنج محسوب می‌شود و عضله‌ی دیگر یعنی **عضله آرنجی (آنکونئوس)** که حتی برخی آن را امتداد عضله‌ی سه‌سر بازویی به حساب می‌آورند، نقش مهمی ندارد. عضله سه‌سر بازویی در پشت استخوان بازو قرار دارد و یک برجستگی را در این ناحیه ایجاد می‌کند. این ماهیچه در حرکت مفاصل شانه و آرنج نقش دارد. همان‌طور که از نام ماهیچه مشخص است، این عضله در مبدأ دارای سه سر تاندونی است که عبارت‌انداز سر دراز، سر داخلی، و سر خارجی. این ماهیچه با عضله دوسر بازویی عمل متقابل دارد و از این رو انقباض یکی دیگری را باز می‌کند. سر دراز عضله سه‌سر از تکه تحت دوری استخوان کتف منشأ می‌گیرد ولی خاستگاه سرهای خارجی و داخلی ماهیچه در قسمت پشتی تنه استخوان بازو قرار گرفته است. سر داخلی ماهیچه از طرف سر خارجی و سر دراز پوشیده می‌شود. این ماهیچه در قسمت انتهایی، یک تاندون مشترک دارد که به ناحیه پشتی زائده منقاری (اوله کرانن) استخوان زند زیرین متصل می‌گردد. از آن‌جا که سر دراز عضله سه‌سر بازویی از مفصل شانه نیز عبور می‌کند، بنابراین این عضله یک عضله‌ی دومفصلی است. عمل اصلی این عضله بازکردن مفصل آرنج است. سر دراز این ماهیچه که با مفصل شانه در ارتباط است در عمل بازکردن شانه نیز نقش دارد، به نحوی که به عضلات پهن بزرگ (لاتیسموس دورسی) و گرد بزرگ (ترس ماژور) در بازکردن شانه کمک می‌کند.

۳- اصول فعال‌سازی عضلانی و الکترومایوگرافی

فعال‌سازی در واقع پاسخ الکتروشیمیایی سیستم عضلانی به تحریک عصبی است و منجر به انقباض فیبر عضلانی می‌گردد. وقتی عضله در حالت استراحت است، به دلیل تفاوت در غلظت و ترکیب یونی که در داخل و خارج غشای پلاسمایی وجود دارد،

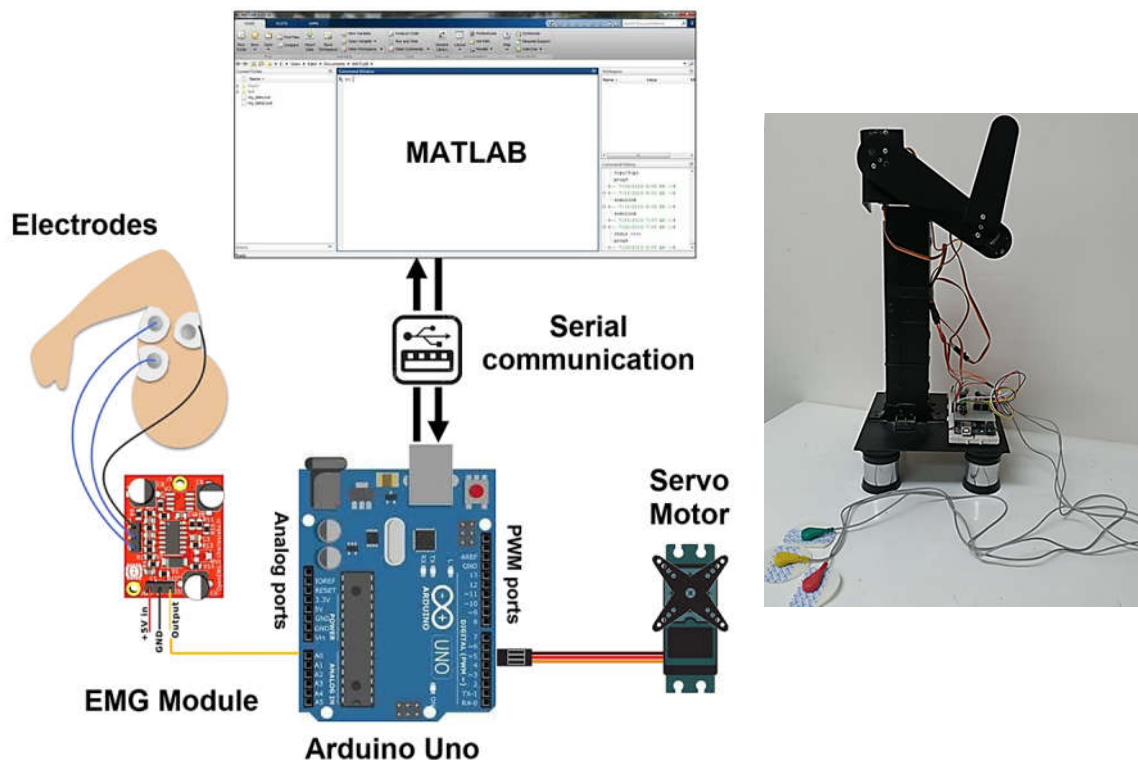
غشای سلولی قطبیده است؛ یعنی اختلاف پتانسیلی الکتریکی بین مایعات درون سلولی و برون سلولی فیبر عضلانی وجود دارد. فیبر عضلانی در پاسخ به تحریک نورون حرکتی با انتشار سیگنالی در طول خود، که نهایتاً منجر به انقباض فیبر می‌شود، واقلبیده (دپلاریزه) می‌شود. این دپلاریزاسیون ناشی از حرکت یونها در سطح فیبر، یک تکانه‌ی الکتروشیمیایی ایجاد می‌کند که به آن پتانسیل عمل واحد حرکتی می‌گویند و منجر به ایجاد یک میدان الکتریکی در نزدیکی محل فیبر عضلانی می‌شود. در واقع سیگنال ای.ام.جی سنجش قطار پتانسیل عمل واحد حرکت است که پاسخ عضلانی به تحریک عصبی را نشان می‌دهد. در حالت استراحت، یک پمپ یونی پتانسیل استراحت عضله را در حدود ۸۰- تا ۹۰- میلی‌ولت حفظ می‌کند. با شروع انقباض یون‌های سدیم در مدت کوتاهی به داخل غشای سلول عضلانی جریان می‌یابند و موجب دپلاریزاسیون غشاء تا حدود ۳۰ تا ۴۰ میلی‌ولت می‌شوند. این تکانه یا همان پتانسیل عمل واحد حرکتی با سرعتی در حدود ۲ تا ۶ متر بر ثانیه در طول فیبر عضلانی حرکت می‌کند. در انتها، با بیرون‌دادن یون‌های پتاسیم از داخل سلول، پتانسیل غشا مجدداً منفی شده و به مقداری پایین‌تر از حد استراحت افت می‌کند (رپلاریزاسیون). در این جریان، پیوند الکترومکانیکی ریزساختارهای فیبر عضلانی باعث انقباض آن و در نهایت ایجاد نیرو یا حرکت در عضله می‌شود [۱].

۴- اجزای سخت‌افزاری

در این پژوهش هدف ما طراحی و ساخت یک بستر آزمایشگاهی برای ضبط و پردازش روی خط سیگنال الکترومایوگرافی و راه‌اندازی سروموتورهای بازوی رباتیک برای اجرای قصد کاربر می‌باشد. به‌علاوه علاقه‌مند بوده‌ایم که پردازش سیگنال در محیط نرم‌افزار متلب انجام شود تا بتوانیم از ابزارهای محاسباتی موجود در آن به سهولت استفاده نماییم. شمای کلی طرح در شکل ۱ نشان داده شده است.

۴-۱- برد آردوینو یونو

برد آردوینو یونو اولین برد آموزشی از سری آردوینوها بوده است که بر پایه میکروکنترلر ATmega328P کار می‌کند. این برد دارای ۱۴ درگاه ورودی و خروجی دیجیتال می‌باشد که ۶ عدد آنها می‌تواند سیگنال PWM تحویل دهد. همچنین ۶ درگاه ورودی آنالوگ روی برد تعبیه شده است. این برد دارای یک کریستال ۱۶ MHz است و حداکثر با همین نیز فرکانس کار می‌کند. یک درگاه آنالوگ برای دریافت سیگنال از ماژول ای.ام.جی. و یک درگاه PWM برای ارسال دستور به سروموتور استفاده می‌شود.



شکل ۷: شمای کلی فرآیند برخط راه‌اندازی موتور آرنج بازوی رباتیکی با سیگنال ای.ام.جی، تحت نرم‌افزار متلب ۴-۲- مازول ضبط ای.ام.جی

یک مازول الکترومایوگرافی توسعه‌ای برد آردینو برای ضبط سیگنال ای.ام.جی. استفاده می‌شود. این مازول از روش دوقطبی برای ضبط سیگنال استفاده می‌کند و پس از تقویت آن، سیگنال آنالوگ با دامنه ۵ ولت را در خروجی خود در اختیار می‌گذارد. این مازول دارای سه الکتروود یکی به‌عنوان مرجع و دو تای دیگر برای ضبط سیگنال می‌باشد که با یک کابل سه‌سیم از طریق جک آیدیو به مازول متصل می‌شوند. تغذیه‌ی این مازول نیازمند دو خط ولتاژ منبع مثبت و منفی ۹ ولت و یک خط زمین است. در اینجا به‌جای استفاده از باتری کتابی از یک عدد آداپتور ۹ ولت برای راه‌اندازی استفاده کردیم و برای تأمین ولتاژ منفی ۹ ولت یک آپ‌امپ معکوس‌کننده را بکار بردیم. این طرح و مدار تغذیه‌ی آن روی یک پوسته‌ی قابل تعبیه روی برد آردینو پیاده شد. شایان ذکر است در روش دوقطبی از تفاضل سیگنال اخذشده از دو الکتروود که به فاصله‌ی نزدیک از هم در امتداد فیبر عضلانی قرار داده می‌شوند برای حذف نویز محتمل در مسیر انتشار و ضبط سیگنال استفاده می‌شود.

۴-۳- بازوی رباتیکی

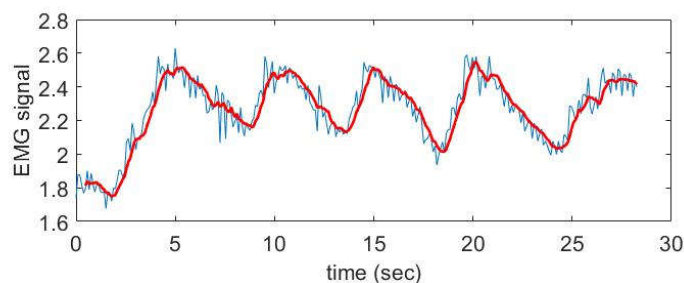
یک بازوی رباتی که دارای دو مفصل موازی در نواحی کتف و آرنج است و حرکات خم و باز شدن را فراهم می‌آورد تهیه گردید. در این مفاصل، سروموتورهای آر.سی. که با موج PWM تحریک می‌شوند تعبیه شده است که توسط همان برد آردینو منظور شده برای مازول الکترومایوگرافی راه‌اندازی می‌شوند. این موتورها معمولاً قادر به انجام دوران کامل نیستند و دامنه‌ی حرکتی بین صفر تا ۱۸۰ درجه هستند که موتورهای استفاده شده در این ربات نیز همین‌گونه هستند.

۵- راه‌اندازی بازوی رباتیکی با سیگنال ای.ام.جی

به منظور سهولت کدنویسی‌های لازم جهت پیش‌پردازش‌هایی که روی سیگنال الکترومایوگرافی ضبط‌شده می‌بایست صورت گیرد، و نیز توسعه‌ی الگوریتم تشخیص آغاز عمل خم‌کردن، با افزودن جعبه‌ابزار مربوط به «ارتباط با برد آردینو»، از

نرم‌افزار متلب از طریق درگاه سریال جهت ارتباط‌گیری با برد آردینو استفاده شد. به این ترتیب پس از ضبط سیگنال توسط ماژول ای.ام.جی، سیگنال از طریق پین آنالوگ A0 به برد آردینو داده می‌شود. این سیگنال وارد میکروکنترلری می‌شود که برنامه‌ریزی آن مستقیماً از نرم‌افزار متلب بارگذاری می‌شود، و در صورتی که ملاحظه شده باشد، داده‌ها بین آردینو و متلب به‌طور روی خط تبادل می‌شوند. پس از تصمیم‌گیری، اجرای حرکت با ارسال موج PWM از پین دیجیتال D9 به سروموتور مفصل آرنج ربات ارسال می‌شود.

از آنجا که تنها یک ماژول ای.ام.جی در اختیار بود، فقط به ضبط سیگنال از عضله‌ی دوسر بازویی پرداختیم. نمونه‌ی سیگنال گرفته‌شده حین حرکات خم و باز شدن آرنج در شکل ۲ نشان داده شده است. در این شکل سیگنال خام ضبط‌شده روی پین آنالوگ همراه با میانگین متحرک آن (با طول پنجره‌ی ۵ نمونه) بر حسب زمان نشان داده شده است. میانگین متحرک برای حذف حرکات زیکزاک‌ی ناشی از نویز استفاده شد تا نمودار هموار فراهم آید. مشخص است که روند صعودی نشان‌دهنده عمل خم شدن و روند نزولی نمودارها نشان‌دهنده عمل باز شدن است. از این رو با انتخاب یک آستانه تصمیم‌گیر که در اینجا $th = 2.3$ انتخاب شده است، توانستیم به صورت برخط ربات را نیز در جهت صحیح راه‌اندازی کنیم.



شکل ۲: سیگنال ضبط‌شده خام و میانگین متحرک آن از عضله‌ی دوسر بازویی

لازم به ذکر است که برای یافتن یک آستانه تصمیم‌گیری مناسب باید چندین بار تغییرات سیگنال حین انجام حرکات خم و باز کردن آرنج مشاهده شود و بر اساس سیگنال روئت‌شده به‌طور تقریبی مقدار آن را حدس زد. اگرچه در شرایط آزمایشگاهی این عمل ممکن بود و به این صورت آزمون‌ها انجام شدند، اما در عمل بازه‌ی تغییرات سیگنال ای.ام.جی به دلایل مختلف، از جمله خستگی عضله، مقدار باری که عضله به آن غلبه می‌کند، تغییر چسبندگی چست‌لیدها بر پوست، تعریق و دیگر عوامل خطاساز تغییر می‌کند. از این رو می‌بایست الگوریتم مناسب‌تری برای تعیین آستانه به‌کار برده شود.

۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله راه‌اندازی تجهیزات حرکتی رباتیک از طریق اندازه‌گیری و پردازش سیگنال الکترومایوگرافی مورد توجه قرار گرفت. خم و باز کردن مفصل آرنج به‌عنوان عمل ساده و در عین حال پر نقش در فعالیت‌های روزانه به‌عنوان هدف مطالعه بررسی شد. پس از مطالعه‌ی آناتومی، طراحی و پیاده‌سازی سیستم ضبط سیگنال، ارتباط برخط با بازوی رباتی، استفاده از نرم‌افزار متلب برای دریافت، پردازش و ارسال سیگنال، و انجام آزمایش برخط از مهمترین تلاش‌های صورت گرفته در این کار بود. در نهایت موفق شدیم که مفصل آرنج یک بازوی رباتی را به‌طور برخط و بر اساس تعیین یک حد آستانه از روی سیگنال ای.ام.جی گرفته‌شده از عضله‌ی دوسر بازویی راه‌اندازی کنیم. در راستای ادامه این کار پیشنهاد می‌شود از واسط‌های برنامه‌نویسی پرسرعت‌تر بین میکروکنترلر و کامپیوتر پردازنده، مانند پایتون و یا سیستم‌عامل رباتیک (راس) به‌جای نرم‌افزار متلب، و حتی حذف آنها با برنامه‌ریزی مستقیم میکروکنترلر برای ضبط، پردازش و راه‌اندازی مبتنی بر سیگنال ای.ام.جی استفاده شود.

مراجع

1. Dennis TA. *EMG Control of an Upper-Limb Rehabilitation Exoskeleton for SCI Affected Users* (Doctoral dissertation, Rice University).
2. Moital AR. *Development of an EMG controlled hand exoskeleton: towards an application for post-stroke rehabilitation* (Doctoral dissertation).
3. Mohebbi A. Human-robot interaction in rehabilitation and assistance: a review. *Current Robotics Reports*. 2020 Sep;1:131-44.
4. Berning J, Francisco GE, Chang SH, Fregly BJ, O'Malley MK. Myoelectric control and neuromusculoskeletal modeling: Complementary technologies for rehabilitation robotics. *Current Opinion in Biomedical Engineering*. 2021 Sep 1;19:100313.
5. Li W, Shi P, Yu H. Gesture recognition using surface electromyography and deep learning for prostheses hand: state-of-the-art, challenges, and future. *Frontiers in neuroscience*. 2021 Apr 26;15:621885.
6. Cheon S, Kim D, Kim S, Kang BB, Lee J, Gong H, Jo S, Cho KJ, Ahn J. Single EMG sensor-driven robotic glove control for reliable augmentation of power grasping. *IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics*. 2020 Dec 23;3(1):179-89.
7. Bouteraa Y, Abdallah IB, Elmogy A. Design and control of an exoskeleton robot with EMG-driven electrical stimulation for upper limb rehabilitation. *Industrial Robot: the international journal of robotics research and application*. 2020 May 6;47(4):489-501.
8. Laksono PW, Matsushita K, Suhaimi MS, Kitamura T, Njeri W, Muguro J, Sasaki M. Mapping three electromyography signals generated by human elbow and shoulder movements to two degree of freedom upper-limb robot control. *Robotics*. 2020 Oct 9;9(4):83.
9. Pérez-Reynoso F, Farrera-Vazquez N, Capetillo C, Méndez-Lozano N, González-Gutiérrez C, López-Neri E. Pattern Recognition of EMG Signals by Machine Learning for the Control of a Manipulator Robot. *Sensors*. 2022 Apr 30;22(9):3424.
10. Reaz MB, Hussain MS, Mohd-Yasin F. Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and applications. *Biological procedures online*. 2006 Dec;8:11-35.
11. Yahya YZ, Al-Sawaff ZH. Design and modeling of an upper limb exoskeleton to assist elbow joint movement using surface emg signals. *Biomedical Engineering: Applications, Basis and Communications*. 2020 Feb 26;32(01):2050006.

تحلیل اثرات میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی با فرکانس‌های بی نهایت پایین در اطراف خطوط انتقال برق فشار قوی بر روی سلامت شاغلین صنعت برق و محیط زیست

ساناز خمر^{۱*}، سید مهدی حسینی^۲

۱- دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۲- دانشکده گیاهان دارویی، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: sanaz_khammar@yahoo.com

Evaluating of of the effects of electric and magnetic fields with infinitely low frequencies around high voltage power transmission lines on the health of workers in the electricity industry and the environment

Sanaz Khammar^{1*}, Seyed Mehdi Hosseini²

1. Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran
2. Faculty of Medicinal Plants, University of Special Modern Technologies, Amol, Iran

*Corresponding author: sanaz_khammar@yahoo.com

Abstract

Recent industrial developments in human societies have led to the rapid development of electricity production and distribution technologies, which in turn lead to the strengthening of electrical networks and the use of high voltages. In this regard, the significant increase in the use of electrical devices has caused an increase in occupational and public exposure of people to electromagnetic fields and the possibility of harmful effects on people's health and the environment. Electromagnetic fields cause disorders on the nervous systems and the growth and development and repair of cells and cause unknown diseases such as types of cancers, brain tumors and infertility in humans. Among the effects of electromagnetic waves on the environment, we can mention the effect of the waves on changing the germination of plants, reducing chlorophyll, changing the size of the plant and the yield of crops. Some studies have shown the reducing effect of the electromagnetic field on the growth of plants. Considering the unpleasant effects of exposure to electromagnetic waves, this study investigates and analyzes electromagnetic fields with extremely low frequency caused around high voltage power transmission lines on the physical, mental-psychological health of workers in this industry when exposed to these fields, as well as investigating the effects of the environment. Many researchers agree that more information is needed regarding the effects of electromagnetic fields on human health and the impact of fields on the environment. The purpose of this collection is to provide information about the effects of the mentioned fields in the work environment and the environment and to scientifically understand the concerns and doubts that exist in this case. Preventive measures and strengthening the safety culture, along with environmental and health issues, are important ways of clean and safe development of every sector of the industry.

Keywords: Power transmission lines, cancer, infinitely low frequency electromagnetic fields, occupational exposure, environment

چکیده

تحولات صنعتی اخیر در جوامع بشری باعث پیشرفت سریع فناوری‌های تولید و توزیع برق شده است که به نوبه خود منجر به تقویت شبکه‌های برق و استفاده از ولتاژهای بالا می‌شود. در این راستا، روند افزایش قابل توجه استفاده از وسایل الکتریکی، سبب افزایش مواجهه شغلی و عمومی افراد با میدان‌های الکترومغناطیس و امکان ایجاد اثرات زیانبار بر سلامت افراد و محیط زیست گردیده است. میدان‌های الکترومغناطیسی بر روی سیستم‌های عصبی و رشد و تکامل و ترمیم سلول‌ها اختلالاتی ایجاد می‌کند و موجب پیدایش امراض ناشناخته مانند انواع سرطان‌ها، تومورهای مغزی و ناباروری در انسان می‌شود. از اثرات امواج الکترومغناطیسی بر محیط زیست می‌توان به تاثیر امواج بر تغییر جوانه‌زنی گیاهان، کاهش کلروفیل، تغییر در اندازه بوته و عملکرد محصولات اشاره نمود. برخی بررسی‌ها تاثیر کاهنده میدان الکترومغناطیسی را بر رشد گیاهان نشان داده است. با توجه به اثرات ناخوشایند مواجهه با امواج الکترومغناطیس، این مطالعه به بررسی و تحلیل میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس بینهایت پایین ناشی در اطراف خطوط انتقال برق ولتاژ بالا بر سلامت جسمی، ذهنی-روانی شاغلین این صنعت در مواجهه با این میدان‌ها و همچنین بررسی اثرات محیط زیستی می‌پردازد. بسیاری از محققان توافق بر این دارند که نیاز به اطلاعات بیشتری در خصوص تاثیرات میدان‌های الکترومغناطیسی بر سلامت انسان و تاثیر میدان‌ها بر محیط زیست است. هدف از این مجموعه فراهم آوردن اطلاعاتی در مورد تاثیرات میدان‌های مذکور در محیط کار و محیط زیست و درک علمی نگرانیها و تردیدهایی است که در این مورد وجود دارد. اقدامات پیشگیرانه و تقویت فرهنگ ایمنی، در کنار رعایت مسایل محیط زیستی و بهداشتی از راه‌های مهم توسعه پاک و ایمن هر بخش از صنعت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: خطوط انتقال برق، سرطان، میدان‌های الکترومغناطیس فرکانس بینهایت کم، مواجهه شغلی، محیط‌زیست

۱- مقدمه

تحولات صنعتی اخیر در جوامع بشری باعث پیشرفت سریع فناوری‌های تولید و توزیع برق شده است که به نوبه خود منجر به تقویت شبکه‌های برق و استفاده از ولتاژهای بالا می‌شود. این شبکه‌ها و ولتاژهای زیاد در خطوط انتقال باعث قرار گرفتن در معرض میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی می‌شوند. میدان‌های الکترومغناطیسی یکی از محصولات تکنولوژی، در بخش‌های مختلف صنعتی، علمی، پزشکی و لوازم خانگی است. واژه میدان‌های الکترومغناطیسی، دارای مفهوم گسترده‌ای است که شامل میدان الکتریکی ناشی از ذرات باردار و میدان مغناطیسی است. دو نوع از میدان‌های الکترومغناطیسی بر اساس رنج فرکانس، میدان‌های محدوده فرکانسی بسیار پایین (ELF) و محدوده فرکانسی بسیار پایین (VLF) می‌باشند. میدان‌های ELF، فرکانس‌های بین ۳ تا ۳۰۰۰ هرتز و میدان‌های VLF رنج فرکانس ۳۰-۳ کیلو هرتز را در بر می‌گیرند. به علت ماهیت الکترومغناطیسی ساکن، میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در این فرکانس‌ها بصورت جداگانه از یکدیگر عمل نموده و به صورت مجزا اندازه گیری می‌شوند. میدان‌های الکترومغناطیسی اطراف مانیتور رایانه‌ها در محدوده ELF بین ۲۰۰۰-۵ هرتز و در محدوده VLF ۴۰۰-۲ هرتز قرار دارد. همچنین میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی ناشی از خطوط فشار قوی به محدوده فرکانسی فوق العاده پایین (ELF) در انتهای طیف الکترومغناطیسی مربوط می‌باشد. امروزه استفاده از وسایلی که امواج الکترومغناطیس از خود ساطع می‌کنند به‌طور قابل توجهی در حال افزایش است. میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی توسط هرگونه کابل کشی یا تجهیزات حامل جریان الکتریکی از قبیل خطوط برق هوایی یا زمینی، سیم کشی منازل، تجهیزات پزشکی، وسایل الکتریکی و غیره تولید می‌شوند. با افزایش فاصله از منبع، شدت آن‌ها کاهش یافته و معمولاً در اطراف منابع مولد حضور دارند. اگرچه میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی با هم ایجاد می‌شوند اما در ماهیت فیزیکی و نحوه تأثیر بر روی بدن متفاوت عمل می‌نمایند. در مورد اثرات این میدان‌ها بر روی سلامت انسان‌ها عمده نگرانی‌ها در مورد اثرات بالقوه

میدان‌های مغناطیسی اشد، زیرا میدان‌های مغناطیسی برخلاف میدان الکتریکی به راحتی در ساختمان و افراد (پوست افراد) نفوذ نموده و به سختی می‌توان آن را کنترل نمود. اثرات امواج الکترومغناطیسی بر سلامت انسان اخیراً به موضوعی نگران کننده و بحث برانگیز تبدیل شده است. این موضوع سبب اصلی نگرانی‌های بهداشتی در ارتباط با افزایش انتشار امواج الکترومغناطیسی در محیط زندگی از یک طرف و زیبایی‌شناسی محیط از طرف دیگر را به دنبال داشته است. بارزترین اثر امواج الکترومغناطیسی و پرتوهای فرکانس رادیویی ایجاد گرما است. این وسایل قادر به ایجاد کانون‌های گرم در نقاط مختلف بدن هستند که می‌تواند سبب افزایش دمای بدن و آسیب به بافت شده که قابل اندازه‌گیری نیز است. با توجه به عدم وجود سیستم عروقی کافی برای تبادل حرارت چشم‌ها حساس‌ترین عضو در هنگام تماس با EMF/RFR بوده، که می‌تواند موجب انعقاد و کدورت پروتئین در لنز شده و منجر به آسیب چشم شود. بیضه‌ها در مردان نیز به علت عدم برخورداری از جریان خون مستقیم دیگر عضو مستعد آسیب می‌باشند. انسان در زندگی روزمره خود با دو نوع میدان مغناطیسی مواجه است. میدان مغناطیسی ناشی از ویژگی‌های مغناطیسی زمین که مقدار آن از ۰/۰۳ تا ۰/۰۷ میکروتسلا متغیر است، در حالی که میدان مغناطیسی مصنوعی ناشی از کاربرد نیروی الکتریکی در منازل و کارگاه‌های صنعتی و خطوط انتقال نیرو برق شدنی بیشتر از میدان‌های طبیعی دارند در نتیجه تماس شغلی با میدان‌های مغناطیسی عمدتاً در فرایندهای صنعتی که با تجهیزات ولتاژ یا آمپراژ سروکار دارند، وجود دارد. بنابراین کارگران در هنگام کار با تجهیزات الکتریکی ممکن است در معرض میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی باشند. در این راستا در سال ۱۹۶۰ پژوهشگران روسی اعلام کردند که میدان‌های تولید شده توسط خطوط انتقال نیرو باعث ایجاد لوسمی در کودکان می‌شود. مطالعات کلینیکی دیگری که روی انسان انجام شد، نشان می‌دهد که زنان بارداری که در معرض پایانه‌های نمایش دیداری (VDT) قرار می‌گیرند یا زنانی که در کارخانه‌های صنایع الکترونیک مخصوصاً رادیو و تلویزیون کار می‌کنند افزایش معنی‌داری در میزان سقط خود به خودی جنین داشته‌اند. در این راستا مطالعات انجام شده در کشور سوئد نشان داد که کار در محیط آلوده به میدان‌های الکترومغناطیسی خطر ابتلا به سرطان خون را تا ۳/۷ برابر افزایش می‌دهد. مواجهه با این میدان‌ها در همه جا وجود دارد که به طور طبیعی به وسیله تولید و انتقال نیروی برق و استفاده از برق در برخی لوازم خانگی به وجود می‌آیند و بنابراین بسیاری از مردم جامعه در معرض این میدان‌ها هستند. پست‌های برق، خطوط انتقال، خطوط توزیع، دستگاه‌های صنعتی و همچنین لوازم الکترونیکی و برقی، برخی منابع رایج شناخته شده از میدان‌های مغناطیسی با فرکانس بی نهایت کم موجود در محیط زیست هستند.

۲- مروری بر منابع

اثرات بهداشتی احتمالی مواجهه با میدان‌های مغناطیسی با فرکانس بی نهایت کم به طور قابل توجهی موجب نگرانی عام و انگیزه تحقیقاتی مراکز علمی جهان شده است. Wilson در سال ۲۰۰۸ اپیدمیولوژیست در گزارش خود به این نتیجه رسید که کودکانی که از سرطان فوت شده اند ۲ یا ۳ برابر بیشتر احتمال دارد که در فاصله ۴۰ متری از خطوط انتقال برق زندگی می‌کردند. مطالعه شریفی و همکاران در سال ۱۳۸۸ در پست‌های فشار قوی ۲۳۰ کیلو ولت شهر تهران گزارش کرد که مواجهات طولانی مدت با میدان‌های مغناطیسی با وجود پایین‌تر بودن از حدود مجاز شغلی استاندارد کمیسیون بین‌المللی حفاظت در برابر پرتوهای غیر یون ساز (ICNIRP) سبب تشدید اختلالات اعصاب و روان از جمله اختلال خواب شده است. یوسفی در سال ۱۳۸۵ نیز مطالعه خود را روی ۱۰۳ نفر از کارکنان پست‌های فشار قوی شهر تهران انجام داد. وی علائم افسردگی، پارانوئیا، وسواس فکری و عملی، حساسیت در روابط بین فردی، اضطراب، پرخاشگری، فوبیا و روان پریشی را بر اساس نتایج پرسش‌نامه گزارش نمود. فرکانس‌های بی نهایت کم در محدوده فرکانس‌های امواج مغزی هستند و در نتیجه تأثیر بیشتری بر عملکرد دارند. همچنین آژانس بین‌المللی مرکز تحقیقات سرطان (IARC) و سازمان بهداشت جهانی (WHO) به این نتیجه رسیدند که میدان‌های مغناطیسی با فرکانس بی نهایت کم احتمالاً برای انسان سرطان زا هستند. این

نتیجه‌گیری بیشتر توسط کمیسیون بین‌المللی حفاظت در برابر پرتوهای غیر یون ساز حمایت شده است. چون کارکنان پست‌های فشار قوی برق بیشتر از سایر افراد در معرض این امواج قرار دارند.

Carpenter در سال ۲۰۱۳ نیز در مطالعه خود اعلام کرد که قرار گرفتن بیش از حد در معرض میدان‌های مغناطیسی ناشی از خطوط برق و دیگر منابع جریان الکتریکی، خطر ابتلا به برخی سرطان‌ها و بیماری‌های عصبی، ناباروری مردان و رفتارهای عصبی را افزایش می‌دهد. صحرایی و همکاران در سال ۲۰۱۹ مطالعه حیوانی خود عنوان کردند که قرار گرفتن در معرض تابش امواج الکترومغناطیسی با فرکانس ۳۰ هرتز و به مدت طولانی باعث بروز رفتارهای خشمگینانه می‌شود که با تغییرات در سطح هورمون‌های استرسی و نیز ملاتونین همراه است. در این آزمایش حافظه بینایی میمون‌ها تخریب شده بود. میزان هورمون ملاتونین در این مطالعه $1/3 \pm 31$ پیکوگرم/ میلی لیتر در ابتدای آزمایش بود. حیوانات هیچ رفتار خشمگینانه‌ای در ابتدا از خود نشان ندادند. در پایان آزمایش‌ها، هورمون ملاتونین $0/12 \pm 16/5$ پیکوگرم/ میلی لیتر بوده است. یک ماه پس از پایان آزمایش، تمامی این معیارها به میزان قبل از آزمایش برگشت کردند.

طی بررسی میدان‌های الکترومغناطیسی انجام شده توسط Leeper و Wertheimer در سال ۲۰۰۰ وقوع لوسمی در کودکانی که نزدیک خطوط توزیع برق زندگی می‌کنند، گزارش شده است. به‌دنبال آن مطالعات وسیعی جهت پیگیری نتایج صورت پذیرفت. آنالیز این مطالعه توسط آکادمی ملی ایالات متحده آمریکا در سال ۱۹۹۶ نشان داد که نزدیکی به خطوط برق با ریسک نسبی لوسمی کودکان ارتباط دارد (ریسک نسبی = $1/5$) اما در مورد سایر سرطان‌ها به این نتیجه دست نیافتند. از طرفی، ارتباط مشابه بین سرطان و مواجهه ساکنین بالغ مشاهده نشده است. علیرغم مطالعات زیاد در مورد مواجهه با این میدان‌ها در دهه‌های گذشته نتایج ضد و نقیض در مورد سرطان کودکان گزارش شده است.

مطالعه اپیدمیولوژی توسط Savitz و همکاران در سال ۲۰۱۲ بر روی مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی- عروقی و بیماری قلبی کارگران وسایل الکتریکی در مواجهه با میدان‌های مغناطیسی با فرکانس‌های بی‌نهایت کم صورت گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که بین مواجهه با این میدان‌ها و مرگ و میر ناشی از آریتمی و انفارکتوس میوکاردی حاد رابطه معنی‌دار برقرار بوده اما چنین رابطه‌ای با بیماری قلبی ایسکمی غیر از انفارکتوس میوکاردی حاد و آتروسکلروز وجود نداشته است. در مطالعه دیگری که توسط Sahl و همکاران در سال ۲۰۱۳، مرگ و میر انفارکتوس میوکاردی حاد و بیماری قلبی مزمن عروق کرونر مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که هیچ ارتباطی بین انفارکتوس میوکاردی حاد و یا بیماری قلبی مزمن عروق کرونر در رابطه با مواجهه جمعی میدان‌های مغناطیسی ELF وجود نداشته است.

مطالعه‌ای که توسط حسین آبادی و همکاران در سال ۲۰۱۹ روی 132 کارگری که با امواج الکترومغناطیس مواجهه داشتند، نشان داد که افسردگی در گروه آزمایش شدیدتر از گروه کنترل بوده است و افزایش قرار گرفتن در معرض امواج الکترومغناطیس با افزایش استرس، افسردگی و اضطراب رابطه مستقیم و معناداری داشت.

هدف از این مطالعه، تحلیل اثرات شدت میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی با فرکانس‌های بی‌نهایت پایین در اطراف خطوط انتقال برق بر سلامت شاغلین صنعت برق و محیط زیست و بررسی اثرات ذهنی و روانی روی شاغلین و محیط زیست در مواجهه با این میدان‌ها می‌باشد.

۳- اثرات میدان الکتریکی

در سال‌های اخیر اثرات بیولوژیکی میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی اطراف خطوط انتقال نیرو روی موجودات زنده توجه محافل علمی و فنی جهان را به‌خود جلب کرده است که آیا عبور خطوط انتقال نیروی فشار قوی و فوق فشار قوی از داخل شهرها و یا مراکز جمعیت می‌تواند اثرات سوء روی موجودات زنده داشته باشد یا خیر؟ برای روشن شدن این مطلب قبل از هر چیز باید به وضعیت فیزیکی و اندازه و شدت این میدان‌ها در اطراف خطوط و توزیع نیرو و سایر تأسیسات صنعتی بپردازیم. اثر میدان‌های الکتریکی فقط می‌تواند اثرات خارجی روی بدن باشد و اکثراً به‌صورت حرارت یا سوختگی ظاهر شود. البته باید توجه داشت که در اثر عبور جریان برق ناشی از قرار گرفتن فرد در میدان الکتریکی عکس العمل خود

در مقابل شوک می‌تواند تا حد مرگ برای فرد خطر آفرین باشد. نتایج به‌دست آمده در دو کشور شوروی و اسپانیا به این موضوع اشاره می‌کند که کارگرانی که در پست‌های فشار قوی کار می‌کنند ممکن است میدان شدید الکتریکی موجود در محل کار روی فیزیولوژی آنها اثرات نامطلوب داشته باشد و بنابراین مقرراتی برای آنها وضع شد. به‌دنبال اعلام این نتیجه در سال ۱۹۸۲ سیگره پس از تحقیقات وسیعی که توسط گروه‌های متشکل از بیولوژیست‌ها، پزشکان و متخصصان صنعت برق انجام شده بود توانست موضوع واحدی را در مورد اثرات میدان الکتریکی و مغناطیسی روی اندام‌های زنده حاصل نماید که خلاصه آن در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: حداکثر شدت میدان مجاز بر اساس توافق سیگره

محل	شدت میدان الکتریکی (کیلو ولت بر متر)
محل‌های دور از دسترس افراد	۲۵
مناطق کم جمعیت	۱۵
محل عبور خطوط انتقال از روی جاده	۱۰
مناطق پرجمعیت	۱
خانه های مسکونی	۰/۵

۴- اثرات میدان مغناطیسی

در اثر عبور جریان از داخل هادی‌های خطوط انتقال و توزیع، در اطراف این هادی‌ها میدان مغناطیسی ایجاد می‌گردد. میدان مغناطیسی بر عکس میدان‌های الکتریکی که اثر سطحی دارند، به تمام اعضای داخل بدن انسان و هر موجود زنده ای نفوذ می‌کنند. بنابراین اثر گذاری این میدان روی موجود زنده بیشتر از میدان الکتریکی است. تاثیر این میدان روی بدن به طور عمومی به جریان خط (هادی) و فاصله نقطه اثر گذاری میدان تا خط، وابسته است. به‌طور عمومی به ازای افزایش هر ۱۰۰۰ آمپر، ۱۰۰ میکروتسلا شدت میدان مغناطیسی افزایش می‌یابد. البته باید توجه داشت که پیدایش میدان‌های مغناطیسی در فرکانس‌های پایین تنها محدود به خطوط انتقال و ناحیه زیر این خطوط نیست، بلکه هر جایی که شدت جریان الکتریکی بالا وجود دارد باید منتظر وجود چنین میدانی باشیم. در جدول شماره ۲ حداکثر شدت میدان مغناطیسی در اطراف خطوط و در جدول شماره ۳ شدت میدان مغناطیسی در تأسیسات صنعتی ارائه شده است.

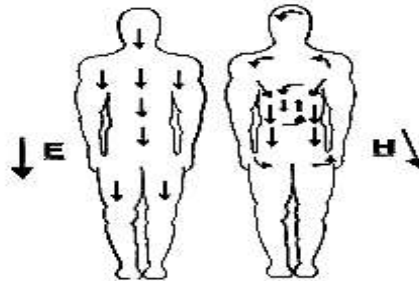
جدول ۲: حداکثر شدت میدان مغناطیسی در اطراف خطوط

محل	شدت میدان مغناطیسی (میکرو تسلا)
خطوط هوایی فشار قوی	۴۰
پست‌های انتقال	۵۰
ترانسفورماتورهای با جریان بالا	۱۰۰
کلید جریان مستقیم	۱۰۰
دژنکتور در محوطه باز	۱۵۰۰

جدول ۳: شدت میدان مغناطیسی در تأسیسات صنعتی

شرح	حداکثر شدت میدان مغناطیسی (میکرو تسلا)	حداکثر شدت میدان مغناطیسی (میکرو تسلا) فاصله از محل ایجاد میدان
کوره‌های القایی	۳۰	۱۰۰ در نیم متری
وسایل جوشکاری	۱۰	۲۰۰ در دو متری
گیره‌های مغناطیسی	۱۰۰	۸۰۰ در نیم متری

در شکل ۱ تصاویر تاثیر دو میدان مغناطیسی و الکتریکی روی بدن انسان آورده شده است. همان‌طور که ذکر شد میدان مغناطیسی حلقه‌های کوچکی (مسیر بسته) را در بدن ایجاد می‌کند ولی میدان الکتریکی از خارجی‌ترین لایه سطحی بدن می‌گذرد.



شکل ۱: تاثیر دو میدان الکتریکی و مغناطیسی روی بدن

۵- بررسی اثرات جسمانی، ذهنی- روانی و محیط زیستی مواجهه با میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی

امروزه نقش میدان مغناطیسی در جوامع صنعتی بیش از پیش در سلامت و بهداشت فرد و جامعه حائز اهمیت می‌باشد. با توجه به پیشرفت علم و تکنولوژی و طراحی و ساخت سیستم‌های متعدد در واقع هدف از آن‌ها برداشتن قسمتی از مشکلات بشر بوده است، گرفتاری‌های، بیشتری عارض نسل بشر بوده است. صدمات نه تنها در تکنولوژی گسترده بلکه حتی در مقیاس‌های کوچک مثل پرتوافکنی ایزوتوپ‌های دستگاه‌های عکاسی کوچک نیز به‌وجود آمده‌اند. صدمات وارده را می‌توان به پنج قسمت تقسیم کرد:

۱- صدمات اقتصادی، ۲- صدمات تکنولوژی، ۳- صدمات جسمی، ۴- صدمات روحی و روانی، ۵- صدمات محیط زیستی
البته خود صدمات روحی و روانی در نهایت منجر به صدمات جسمانی می‌شود و صدمات جسمانی ممکن است در تمام حالات صدمات عصبی را شامل شوند. در حال حاضر کشور ما یکی از کشورهای در حال پیشرفت، توسعه و صنعتی شدن است. یکی از آلودگی‌های احتمالی ناشی از توسعه و صنعتی شدن که ممکن است برای سلامت محیط زیست و انسان خطرآفرین باشد، میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی ناشی از دکل‌های فشار قوی برق، خطوط نیرو، جعبه‌های بزرگ تقسیم برق و وسایل الکتریکی موجود در کارخانجات، مؤسسات، منازل و غیره می‌باشد. این مسئله یکی از نکات مهمی است که هنگام توسعه شهر و شهرسازی، در انتخاب جایگاه احداث واحدهای صنعتی و تولیدی باید به آن توجه شود.
خطوط انتقال برق در فضاهای شهری به موازات سودمندی‌های زیادی که دارند مشکلاتی را نیز به‌وجود می‌آورند. تعدادی از این موارد شامل تولید میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی، تولید پارازیت‌های رادیویی، ایجاد چشم اندازی نامناسب در طبیعت، تخریب بافت طبیعی محیط زیست، تخریب باغات و زمین‌های کشاورزی در مسیر احداث، اشغال بخش قابل توجهی از زمین‌های موجود در طول مسیر، ایجاد خطراتی برای ساکنین مستقر در نزدیکی حریم از منظر استقرار در حوزه مغناطیسی شبکه هستند. با توجه به خطرات و اثرات گسترده خطوط انتقال برق و از طرفی اهمیت حضور انسان در مسیر توسعه، اثرات

ناشی از خطوط انتقال برق بر روی انسان با توجه و اهمیت بالاتر بررسی می‌گردد. امروزه برق به عنوان یک آلاینده مهم محیط زیستی به شمار می‌آید و به همین علت ترس از پیدایش امراض ناشناخته، دگرگونی‌های ژنتیکی، تغییر ترکیبات خون، تاثیر بر سیستم عصبی و ایجاد بیماری‌های مزمن و لاعلاج مانند رشد سلول‌های سرطانی در اثر قرارگیری انسان در معرض نیروها و میدان‌های مغناطیسی و خطوط انتقال برق وجود دارد. اثر میدان مغناطیسی در بدن موجود زنده بسته به فرکانس و شدت میدان و نیز نفوذپذیری و قابلیت هدایت الکتریکی جسم متغیر است. القای الکترومغناطیسی در فرکانس‌هایی با قدرت پایین در بدن افراد، کمتر مورد توجه بوده است. به دلیل پایین بودن سطح القا دقت عمل درباره این موضوع مستلزم در نظر گرفتن مسایل پیچیده ای مثل شکل بدن انسان و مقاومت پیچیده آن است که در سیستم فیزیولوژیکی موجود زنده تغییر می‌کند به خصوص مقاومت پوست و عدم تشابه بافت‌ها روی مسیره‌های جریان اثر می‌گذارند. از قسمت‌های مختلف بدن انسان خون دارای کمترین مقدار مقاومت و پس از آن کمر، سینه، دست‌ها و پاها تحت تاثیر قرار می‌گیرند. با شروع انقلاب صنعتی، به دلیل رشد و گسترش صنایع و کارخانه‌ها بدون توجه به مسائل ایمنی، حوادث حین کار رشد چشم‌گیری پیدا کرد. به تدریج با رشد فعالیت‌های صنعتی، افزایش بیماری‌ها، آسیب‌های شغلی و بروز مسائل محیط‌زیستی ناشی از پسماندها، آلودگی‌های صوتی و آلاینده‌های گازی و غیره نیاز به تدوین قوانین و مقررات جهت کاهش اثرات زیان بار صنایع و کارخانه‌ها ضرورت پیدا کرد. لذا در سال ۱۹۹۵ میلادی دپارتمان سلامت، ایمنی و محیط زیست به صورت یک نظام یکپارچه (HSE) ایجاد گردید. طبق پیش بینی‌ها، تا سال ۲۰۵۰ میلادی سهم انرژی الکتریکی از کل انرژی مورد نیاز بشر حدود هفتاد درصد خواهد بود که نیازمند توسعه فعالیت‌ها در تولید، انتقال و توزیع برق می‌باشد. در مسیر توزیع و انتقال انرژی، صنعت برق ممکن است از مناطق بکر و چشم اندازهای دیدنی طبیعت نیز عبور کند و در مسیر تجهیز و احداث شبکه تغییراتی را در این مناطق ایجاد کرده و منجر به خسارات جبران ناپذیری شود. به عنوان نمونه توسعه ۳۱ کیلومتر شبکه برق در سواحل دریای سرخ، باعث مرگ بیش از ۵۰۰۰ کرکس مصری در مدت ۸۰ سال شده و عامل اصلی کاهش جمعیت این گونه از کرکس ها می باشد. علتش این است که شبکه برق مذکور در مسیر مهاجرت آن‌ها طراحی شده و برخورد با فازهای شبکه موجب برق زدگی و مرگ‌شان می‌شود. چند مورد از کمبودها و ضعف‌هایی که منجر به بروز مشکلاتی در زمینه توسعه خطوط انتقال نیروی برق می‌گردند، موارد زیر هستند: نقص در قوانین و مقررات فنی موجود در ارتباط با شهرسازی و انتقال برق، موجود نبودن زیر ساخت مناسب برای انتقال خطوط، در نظر نگرفتن استانداردها و معیارهای لازم برای انتقال برق، در نظر نگرفتن کامل ایمنی، آسایش و سلامت شهروندان، نبود اطلاع رسانی خوب و تخصصی، توجه نکردن به منظره و سیمای شهری و همچنین نبود هماهنگی و مشارکت و تعامل بین سازمان و وزارتخانه‌ها و نهادهای مسئول. در عصر حاضر با توجه به توسعه شهری و افزایش جمعیت شهرنشین نیاز به شبکه‌های انتقال برق روز به روز بیشتر شده و نیازمند طراحی مناسب و بهینه برای انتقال برق می‌باشیم. در حال حاضر احداث خطوط انتقال برق در کشور مغایر با قوانین و مقررات مربوط به طراحی خطوط انتقال و همچنین متضاد با رعایت مسائل محیط زیستی می‌باشد.

لذا در طراحی و اجرای هر پروژه باید مسائل مربوط به ایمنی، سلامت و بهداشت و محیط زیستی را به دقت بررسی و پایش نمود. در حوزه سلامت، اثر میدان الکترومغناطیسی شبکه‌های توزیع برق بر بدن و سلامت روحی و روانی را بررسی خواهیم کرد و در حوزه محیط‌زیست نیز به تخریب جنگل‌ها در اثر توسعه شبکه‌های توزیع خواهیم پرداخت.

۵-۱- توزیع برق و سلامت جسمی، روحی و روانی

بدیهی است که بخشی از مسائل مرتبط با حوزه سلامت در شبکه‌های توزیع، به رعایت موارد ایمنی مربوط می‌شود. لذا رعایت دستورالعمل‌های ایمنی، ضمن کاهش حوادث به حفظ سلامت کارکنان کمک خواهد کرد. لکن با فرض رعایت تمام نکات ایمنی، به دلیل ماهیت جریان برق، در اطراف شبکه‌ها و تأسیسات برقی، امواج الکترومغناطیسی وجود دارد. برای بررسی اثرات میدان‌های الکترومغناطیسی بر بدن لازم است فیزیولوژی بدن انسان را بشناسیم. می‌دانیم یون‌های مختلفی از جمله پتاسیم، کلسیم، کلرید سدیم، منیزیم، بی‌کربنات و آمینو اسیدها به حالت محلول در خون و مایعات بدن وجود دارد. واحد

اساسی بافت زنده سلول می‌باشد. غشای سلول‌های عصبی و ماهیچه‌ای تحریک‌پذیر بوده و می‌توانند پالس‌های الکتروشیمیایی تولید کنند و این پالس‌ها را در طول اندام و رشته‌های عصبی انتقال دهند. دو عامل در کارکرد سلول نقش دارند: ۱- گرادیان غلظت مواد در دو سوی غشاء سلولی ۲- گرادیان الکتریکی یون‌ها. در حالت استراحت، گرادیان غلظت و گرادیان الکتریکی در تعادل است. موقعی که بدن به فرستادن پیام از یک نقطه به نقطه دیگر نیاز دارد، غشاء سلولی کانال‌هایی را باز کرده و یون‌ها به داخل و خارج سلول حرکت می‌کنند و پالس الکتریکی (جریان لحظه‌ای) شکل می‌گیرد این تغییر وضعیت، از یک سلول به سایر سلول‌ها سرایت کرده و منجر به انتقال یک پیام الکتریکی، به‌عنوان نمونه از یک تار عصبی در انگشت پا به بخشی از مغز که درد را احساس می‌کند، می‌شود. در نتیجه این فعالیت بیوالکتریکی، یک چگالی جریان یونی لحظه‌ای به‌وجود می‌آید. از آن جهت، این جریان را لحظه‌ای می‌نامیم که از یک تحریک لحظه‌ای مثلاً احساس درد یا سوزش ایجاد شده است و با بر طرف شدن درد متوقف می‌شود. اگر میدان الکتریکی خارجی صفر نباشد چگالی جریان به اندازه تغییر خواهد کرد. حرکت دائم یون‌ها در سیستم گردش خون نیز منجر به ایجاد میدان مغناطیسی دائمی در اندام‌ها می‌شود. بنابر این در بدن انسان به واسطه حضور یون‌ها، میدان الکتریکی و به واسطه حرکت یون‌ها میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود. لذا تمام فعالیت‌های حیاتی درون بدن از قبیل سیستم عصبی، ضربان قلب و غیره با میدان‌های الکترومغناطیسی در ارتباط هستند.

می‌دانیم که بدن انسان به واسطه وجود یون‌ها رسانا است. لذا طبق اثر جعبه فارادی، میدان الکتریکی خارجی عمدتاً باعث ایجاد جریان‌های سطحی در بدن می‌شود. از طرفی بدن انسان به‌عنوان یک رسانا دارای مقاومت ذاتی نیز است. لذا جریان سطحی در نتیجه این مقاومت به‌گرمای تبدیل می‌شود و موجب سوختگی در بافت‌های بیرونی بدن می‌شود. از طرفی بدن انسان رسانای فلزی نمی‌باشد. بنابراین بخش ناچیزی از میدان‌های الکتریکی خارجی در اندام‌های داخلی بدن نفوذ می‌کند. طبق آزمایش‌های انجام شده، میدان الکتریکی خارجی به اندازه یک کیلو ولت بر متر، در داخل بدن تأثیری در حد چند میلی ولت بر متر دارد. اگر چه میزان نفوذ میدان الکتریکی در اندام‌های بدن کم می‌باشد، اما همین مقدار کم نیز در داخل بدن می‌تواند موجب تضعیف یا تشدید میدان داخلی شود. به‌عنوان مثال می‌دانیم قلب انسان بر مبنای سیگنال الکتریکی فعالیت می‌کند. سیگنال‌های الکتریکی قلب به‌طور تناوبی و با فرکانس و دامنه مشخص تولید می‌شود. میدان الکتریکی ناشی از شبکه توزیع نیز میدانی متناوب می‌باشد. هنگامی که بدن در معرض امواج شبکه توزیع قرار می‌گیرد بر هم نهی میدان الکتریکی قلب و میدان شبکه موجب تغییر سیگنال‌های قلبی می‌شود. این بر هم نهی ممکن است سازنده باشد و منجر به افزایش ضربان قلب و به تبع آن افزایش فشار خون شده و به حمله قلبی منتهی شود. همچنین ممکن است این برهم نهی کاهنده باشد و به کاهش ضربان قلب و افت فشار خون منجر شده و حتی ممکن است به ایست قلبی بیانجامد. لذا در یک نیم سیکل با سیگنال قلب بر هم نهی سازنده و در نیم سیکل دیگر بر هم نهی کاهنده دارد. لذا ضربان قلب را از حالت تپش یکنواخت خارج کرده و موجب بر هم خوردن ریتم ضربان قلب می‌شود که در اصطلاح پزشکی به آن آریتمی می‌گویند. پوشش گیاهی اگر چه در اطراف خطوط شبکه برق، میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی با هم ایجاد می‌شوند اما در مورد اثرات این میدان‌ها بر روی سلامت، عمده نگرانی‌ها در مورد میدان‌های مغناطیسی می‌باشد. زیرا میدان مغناطیسی بر خلاف میدان الکتریکی به راحتی به اندام‌های داخلی بدن نفوذ کرده و می‌تواند جریان‌های الکتریکی قوی در اندام‌های داخلی بدن القا کند و عملکرد الکتریکی اندام‌ها را مختل نماید. با توجه به حرکت یون‌ها در دستگاه گردش خون می‌توان بدن را به یک حلقه جریان تشبیه کرد و برای این حلقه جریان یک میدان مغناطیسی در نظر گرفت. همچنین می‌توان برای هر عضو بدن با توجه به جهت گردش خون یک میدان مغناطیسی تعریف کرد. از این‌رو هر کدام از اعضای یک بدن سالم، یک میدان مغناطیسی معینی دارد. طبق قانون القای الکترومغناطیس فارادی، هنگامی که یک حلقه جریان در میدان مغناطیسی متغیر قرار گیرد، جریانی در حلقه القا می‌شود که ممکن است همسو یا ناهمسو با جریان حلقه باشد. اگر تغییرات میدان مغناطیسی خارجی با میدان مغناطیسی حلقه هم جهت باشد، جریان القایی همسو و اگر غیر هم جهت باشد جریان القایی ناهمسو خواهد بود. پوشش گیاهی هنگامی که بدن در معرض امواج الکترومغناطیسی شبکه توزیع قرار گیرد میدان مغناطیسی خارجی از حلقه جریان بدن عبور کرده و طبق قانون القای الکترومغناطیس فارادی بر جریان حلقه بدن که همان گردش خون است، اثر می‌گذارد. نوع تأثیر به جهت تغییرات میدان

خارجی بستگی دارد. اگر تغییرات میدان خارجی با میدان بدن همسو باشد منجر به کاهش جریان و افت فشار خون خواهد شد و در حالت‌های شدیدتر به ایست قلبی منتهی می‌شود. اگر تغییرات میدان خارجی ناهمسو با میدان بدن باشد منجر به افزایش فشار خون و تپش قلب خواهد می‌شود که می‌تواند به حمله قلبی بیانجامد. پوشش گیاهی مشابه آنچه در میدان الکتریکی ذکر شد جهت میدان مغناطیسی نیز در یک دوره تناوب در دو سوی مختلف تغییر می‌کند. لذا در یک نیم دور بر سیستم گردش خون اثر کاهنده داشته و در نیم دور بعدی اثر افزایشنده خواهد داشت. این تحریک‌های متناوب، به تدریج ضرابهنگ قلب را نامنظم کرده و می‌تواند سبب ابتلا به نا منظمی ریتم قلب یا آریتمی شود. مطالعات تجربی نشان می‌دهند که مواجهه با میدان مغناطیسی، بر تغییر پذیری ضربان قلب تأثیر گذاشته و به مخاطرات آریتمی منتج به مرگ منجر می‌شوند. اختلال عملکرد قلب به طور زنجیره‌وار کل دستگاه گردش خون و سایر اندام‌ها را درگیر می‌کند. حتی میدان‌های ضعیف الکتریکی نیز در دراز مدت موجب بیماری‌های قلبی - عروقی خواهد شد. در مجموع می‌توان گفت میدان‌های شبکه‌های توزیع، با تقویت یا تضعیف میدان‌ها و جریان‌های طبیعی بدن، بر عملکرد اندام‌ها اثرگذار بوده و در دراز مدت عملکرد سیستم اعصاب و اندام‌ها مختل می‌شود و به بیماری‌هایی نظیر آریتمی قلبی منجر خواهد شد. طبق پژوهش‌هایی که تا کنون انجام شده، قرار گرفتن به مدت طولانی در معرض امواج الکترومغناطیسی موجب کاهش رشد و تکثیر بافت استخوانی، کاهش باروری، سقط جنین، افزایش ریسک تومورهای مغزی و انواع سرطان، اختلال خواب و اختلالات ادراکی از جمله آلزایمر می‌شود.

گرچه اختلالات و بیماری‌های روانی نسبت به سایر بیماری‌ها کمتر سبب مرگ می‌شود اما بررسی آن‌ها به دلایل زیر اهمیت زیادی دارند: ۱- بنابر مطالعات مختلف، مسائل روانی ناشی از کار از مهم‌ترین مشکلات کارگران می‌باشد. ۲- عوامل زیان‌آوری که می‌تواند باعث بیماری‌های عصبی و روانی شوند مانند عوامل فیزیکی (مثل صدا و میدان‌های مغناطیسی) و عوامل مکانیکی و عوامل شیمیایی در بعضی از واحدهای تولیدی مثل نیروگاه‌های برق وجود دارد. ۳- مبتلایان به اختلالات روانی، در مراحل بحرانی روانی، مخصوصاً هنگام کار با ماشین‌ها، علاوه بر جان خود ممکن است جان سایر کارگران را نیز در معرض خطر قرار دهند. ۴- کارگران مبتلا به اختلالات روانی، ناراحتی‌های خود را به آسانی به خانواده خود منتقل می‌کنند.

۵-۲- توزیع برق و محیط زیست

سامانه‌های توزیع برق شامل پست‌ها و خطوط انتقال می‌باشد. پست‌های برق به صورت سازه‌هایی روی سطح زمین یا زیر زمین طراحی می‌شوند. خطوط انتقال نیز شامل دکل‌ها، پایه‌ها و هادی‌های حامل جریان می‌باشد. مسیر انتقال شبکه ممکن است از مناطق جنگلی عبور کند و برای دسترسی و انتقال تجهیزات لازم باشد بخشی از پوشش گیاهی برچیده شود. علاوه بر آن عبور شبکه از بین شاخ و برگ درختان می‌تواند موجب پارگی خطوط شبکه و یا اتصال و آتش‌سوزی شود. گاهی اوقات علف‌های هرز به گونه‌ای است که پایه دکل‌ها را در برمی‌گیرد و می‌تواند علاوه بر ایجاد محیطی مناسب جهت خوردگی تجهیزات، مانع انجام سرویس‌های دوره‌ای و تعمیرات نیز باشد. لذا برچیدن پوشش گیاهی در مسیر خطوط شبکه اجتناب ناپذیر است. پوشش گیاهی لکن از آنجا که جنگل‌ها ارزش تفریحی دارند و زیستگاه حیات وحش و گیاهان بوده و در تولید اکسیژن و حذف گاز گلخانه‌ای دی اکسید کربن نقش مهمی ایفا می‌کنند، لذا هر گونه فعالیتی در محدوده جنگل‌ها باید با مطالعه کافی و هماهنگی با سازمان‌های ذی‌ربط انجام شود. در ادامه، اثر توسعه شبکه‌های توزیع بر پوشش گیاهی را در دو بخش بررسی خواهیم کرد.

۵-۳- اثر میدان الکترومغناطیسی شبکه توزیع برق بر پوشش گیاهی

مطالعات متعددی در زمینه اثرات امواج الکترومغناطیسی بر گیاهان انجام شده که نشان‌دهنده تأثیر امواج بر تغییر جوانه‌زنی، کاهش کلروفیل، تغییر در اندازه بوته و عملکرد محصولات می‌باشد. برخی بررسی‌ها تأثیر کاهنده میدان الکترومغناطیسی را بر رشد گیاهان نشان داده است. بر اساس نتایج به دست آمده، میدان الکترومغناطیسی موجب کاهش طول، وزن و کاهش سرعت جوانه‌زنی گیاه زیره می‌شود. همچنین آزمایش‌های انجام شده روی بذرهای گندم در حریم دکل‌های فشار قوی برق نشان می‌دهد که امواج الکترومغناطیسی شبکه توزیع برق موجب کاهش رشد گیاه گندم می‌شود لکن در پژوهشی با بررسی اثر میدان الکترومغناطیسی بر بذر ذرت گزارش شد که میدان مذکور بر رشد بذر ذرت اثر افزایشنده داشته و باعث

افزایش ۲۰ درصدی سرعت جوانه‌زنی شده است. عملکرد سلول‌های گیاهی، مشابه سلول جانوری بر مبنای گرادیان الکتریکی ناشی از یون‌های دو طرف غشای سلولی می‌باشد در همین راستا در توجیه اثرات میدان الکترومغناطیسی می‌توان چنین بیان کرد که برهم کنش میدان مغناطیسی با جریان‌های یونی غشای سلولی، باعث ایجاد تغییراتی در غلظت یونی و فشار اسمزی در دو طرف غشاء شده و از این طریق موجبات تغییر فعالیت متابولیسمی سلول را فراهم می‌سازد. اگرچه مکانیسم این عمل به طور دقیق مشخص نشده اما بررسی یافته‌های آزمایشگاهی نشان می‌دهند که اولاً میدان‌های الکترومغناطیسی بر رشد گیاهان اثرگذار است و ثانیاً شدت و مدت زمان اعمال میدان نیز بر تغییرات فیزیولوژیک گیاهان مؤثر است. بنابراین پیشنهاد می‌شود در طراحی مسیر شبکه‌های برق، پوشش گیاهی حریم خطوط مورد مطالعه قرار گیرد و در صورت وجود گونه‌های کمیاب و به ویژه گونه‌هایی که نسبت به میدان الکترومغناطیسی حساس پوشش گیاهی هستند، مسیر شبکه را تغییر داد یا ارتفاع دکل‌ها را بلندتر در نظر گرفت. لازمه این اقدام، همکاری سازمان حفاظت محیط زیست و وزارت نیرو می‌باشد.

۴-۵- اثر بر پوشش گیاهی

گسترش گونه‌های مهاجم می‌تواند اکولوژی جنگل را تغییر دهد، زیرا در جذب نور و غذا با گونه‌های بومی رقابت می‌کنند و بدین ترتیب زیستگاه و منبع غذایی حیات وحش بومی منطقه را از بین می‌برند. همچنین باز شدن تاج پوشش، موجب از دست رفتن رطوبت شده و باعث نوسانات دمایی در جنگل می‌شود و در صورت عدم تحمل گونه‌های گیاهی بومی نسبت به تغییرات دمایی، به تدریج موجب خزان و تخریب پوشش گیاهی خواهد شد. به‌ویژه اگر خطوط شبکه از مسیرهای مختلف از منطقه جنگلی عبور کرده و جنگل را به نوعی قطعه قطعه کند که در این صورت عوارض ذکر شده تشدید خواهد شد. توسعه شبکه برق‌رسانی به جهت رونق فعالیت‌های صنعتی و ایجاد زیرساخت‌ها و رفاه شهروندان، از برنامه‌های توسعه کشور می‌باشد. لکن عدم توجه به محیط زیست منطقه می‌تواند منجر به از بین رفتن برخی گونه‌های گیاهی و جانوری و یا به خطر افتادن ایمنی و سلامت جامعه گردد. لازم به تذکر است که میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی مؤلفه‌های ثابت جهان ما و قسمتی از محیط‌زیست انسان‌ها را تشکیل می‌دهند. به عبارت دیگر هر فردی به نوعی تحت تأثیر میدان‌های مغناطیسی با شدت‌های مختلف قرار می‌گیرد. از آنجایی که توسعه روزافزون صنایع و همچنین افزایش استفاده از تجهیزات رفاهی برق در واحدهای مسکونی، توسعه و گسترش شبکه‌ها و افزایش میزان تولید را به‌طور جدی باعث گردیده و گسترش شبکه‌ها انتقال، به‌وجود آورنده نوعی آلودگی بوده که از این حیث نقش نامطلوب آن در سلامت و بهداشت فرد و جامعه برتر از آلودگی‌های دیگر است.

۶- نتیجه‌گیری ارائه اقدامات کنترلی به منظور کاهش اثرات امواج الکترومغناطیسی

برخی راهکارهای کاهش مواجهه با میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی شامل اقدامات حفاظتی ساده شامل دیوار یا مانع اطراف منابع جهت جلوگیری از دسترسی به مناطق، موثر می‌باشد. بهتر است مواد هدایتی بزرگ از جمله موانع فلزی، دیواره یا ساختارهای فلزی مشابه، نزدیک خطوط انتقال الکتریکی با ولتاژ زیاد به زمین نصب شوند. خطوط الکتریکی ممکن است به‌طور کافی با ولتاژهای بالا باردار شوند و در صورت نزدیک شدن شخص یا تماس با مانع شوک تکان دهنده دریافت نماید. محافظت از مواجهه میدان الکتریکی ۵۰ و ۶۰ هرتز با استفاده از مواد محافظ به‌راحتی قابل حصول است. هر چند برای کارگران مناطق میدانی خیلی زیاد قابل اجرا نمی‌باشد. به‌طور معمول در صورتی که میدان‌های الکتریکی مثل پست‌های فشار قوی خیلی بزرگ باشند و دسترسی افراد محدود باشد استفاده از حفاظ در مقابل میدان‌های الکترومغناطیسی یک راه حل غیر عملی و غیر اقتصادی محسوب می‌شود. در صورتی که میدان‌های مغناطیسی خیلی شدید باشند تنها روش حفاظتی عملی محدود نمودن میزان مواجهه افراد می‌باشد. یکی از عوامل طبیعی موثر در کاهش میدان‌های الکتریکی در سطح زمین درخت است. به دلیل این که درخت کاملاً عایق نبوده و دارای هدایت الکتریکی است مانند توری متصل به زمین عمل نموده و از نفوذ خطوط میدان الکتریکی به سطح زمین جلوگیری می‌کند، جهت کارایی بیشتر بهتر است از درختانی استفاده شود که در زمستان نیز برگ دارند. از دیگر راهکارها کاهش حتی الامکان مواجهه افراد با این میدان‌ها به طریق مختلف مثل کاهش زمان انجام کار و نیز افزایش فاصله افراد از این میدان‌ها با کنترل از راه دور تجهیزات و نیز آموزش پرسنل در معرض مواجهه از راهکارهای اصلی کنترل اثرات این میدان‌ها می‌باشد. پیشنهاد می‌شود تراز توزیع میدان‌های الکترومغناطیسی در بین سایر

ایستگاه‌های توان الکتریکی با ظرفیت زیاد از جمله صنایع الکتریکی، قطارهای برقی، تجهیزات عکس‌برداری رزونانس مغناطیسی و وسایل خانگی و غیره اندازه‌گیری و مورد ارزیابی قرار گیرند. تحقیقات بیشتر و در مقیاس بزرگ‌تر از جمعیت جامع در معرض ریسک مواجهه در آینده الزامی می‌باشد.

مراجع

- 1- Hosseini S, Jalili Jahromi A, Malakootian, Evaluation and measurement of electric and magnetic fields Along Lines and High voltage power substation in Tehran metropolitan Twenty-Seventh International Conference on Electrical, 14-16 oct 2012.
- 2- Wilson K. Electrical and EMF pollution: Potential human effects. London: Electro Pollution Publication; 2008.
- 3- Carpenter DO. Human disease resulting from exposure to electromagnetic fields. Rev Environ Health. 2013; 28(4):159-72.
- 4- Wertheimer N, Leeper E. Electrical wiring configurations and childhood cancer. Am J Epidemiol. 1979 Mar;109 (3):2738 4.
- 5- Meinert R, Michaelis J. Meta analyses of studies on the association between electromagnetic fields and childhood cancer. Radiat Environ Biophys. 1996;35 (1):11 8.
- 6- Sahl J, Mezei G, Kavet R, McMillan A, Silvers A, Sastre A, et al. Occupational magnetic field exposure and cardiovascular mortality in a cohort of electric utility workers. Am J Epidemiol. 2002 Nov 15;156 (10):913 8.
- 7- Savitz DA, Liao D, Sastre A, Kleckner RC, Kavet R. Magnetic field exposure and cardiovascular disease mortality among electric utility workers. Am J Epidemiol. 1999 Jan 15;149 (2):135 42.
- 8- Bagheri Hosseinabadi M, Khanjani N, Ebrahimi MH, Haji B, Abdolahfard M. The effect of chronic exposure to extremely low-frequency electromagnetic fields on sleep quality, stress, depression and anxiety. Electromagn Biol Med. 2019; 38(1):96-101.
- 9- Olden K. NIEHS REPORT on Health Effects from Exposure to Power Line Frequency Electric and Magnetic Fields. Prepared in Response to the 1992 Energy Policy (PL 102 486, Section 2118) NIH Publication 1992; 99: 44 93.
- 10- Electromagnetic Fields and Public Health: Extremely Low Frequency (ELF). Available at: <https://apps.who.int/inffs/en/fact205.html>. Accessed Nov 10, 2011.
- 11- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non ionizing radiation, Part 1: static and extremely low frequency (ELF) electric and magnetic fields. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum. 2002;80:1 395.
- 12- Dezelak, K., G. Stumberger, et al. (2010). "Arrangements of overhead power line conductors related to the electromagnetic field limits". Modern Electric Power Systems (MEPS), 2010 Proceedings of the International Symposium, IEEE.
- 13- Miyakoshi J. Biological responses to extremely low frequency electromagnetic fields. J Dermatol Sci. 2006; 2(1):S23 S30.
- 14- Marino AA, Becker RO, Biological effects of extremely low frequency electric and magnetic fields: a review. Physiol Chem Phys. 1977;9(2):131 47.
- 15- Zemljarić, B. (2011). "Calculation of the Connected Magnetic and Electric Fields Around an Overhead-Line Tower for an Estimation of Their Influence on Maintenance Personnel." Power Delivery, IEEE Transactions on 26(1): 467-474.
- 16- Hossam-Eldin, A., W. Mokhtar, et al. (2012). "Effect of Electromagnetic Fields from Power Lines on Metallic Objects and Human Bodies." International Journal of Electromagnetics and Applications 2(6): 151-158.
- 17- Gouda, O. E., G. M. Amer, et al. (2009). "Computational Aspects of Electromagnetic Fields near HV Transmission Lines." Energy & Power Engineering 1(2).
- 18- Korpinen L, Kuisti H, Pääkkönen R, Vanhala P, Elovaara J. Occupational exposure to electric and magnetic fields while working at switching and transforming stations of 110 kv. The Annals of Occupational Hygiene. 2011; 55(5):526-36.
- 19- Miller AB, Green LM. Anthony B. Miller and Lois M. Green, Electric and magnetic fields at power frequencies. Chronic Dis Can. 2010;29 Suppl 1:6983.
- 20- Ghale S, Khosravi M, Shalhaf M, Taghavi L. [Health Safety and Environmental Risk Management cement plants]. First International Conference of environmental crisis and its solutions, Kish Island, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran;2013.

تأثیر مواجهه با نونیل فنول بر تحریک مراکز ملانوماکروفاژ ، سطح استروژن و

تستوسترون و بیان ER α در ماهی قرمز

رشید علیجانی اردشیر*^۱، پوریا افتخاری^۱، فاطمه زهرا^۱

۱-گروه زیست فناوری دریای، دانشکده زیست فناوری، دانشگاه تخصصی فناوری های نوین آمل، آمل، ایران

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: r.aliyani@ausmt.ac.ir

The effect of nonylphenol exposure on the stimulation of melanomacrophage centers, estrogen and testosterone level, and ER α gene expression in goldfish

Rashid Alijani Ardeshir*¹; Pouriya Eftekhari¹; Fateme Zahra Alami¹

1-Marine Biotechnology Department, College of Biotechnology, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran

*Corresponding author: r.aliyani@ausmt.ac.ir

ABSTRACT

The present study tried to measure the formation of melanomacrophage centers (MMCs) in various organs of male and female goldfish exposed to nonylphenol (NP) and aimed to assess its relationship with the main sexual hormones, estrogen receptor expression, and the pigment content of the MMCs. Immature goldfish were exposed to 10⁻⁶ and 10⁻⁷ M NP for 25 days. After obtaining blood for measuring testosterone and estrogen (E2) levels, tissue samples were collected from various organs for histological studies, quantifying pigments using ImageJ software and chemical analysis, and measuring ER α gene expression. Results showed that the order of forming MMCs in various organs exposed to NP was liver > spleen > kidney, and the order of ER α gene expression was liver > testes > spleen > kidney in the male, and liver > spleen > kidney > ovaries in the female. Among the three pigments present in MMCs after exposure to the two doses of NP, melanin was more obvious (especially in the liver) and increased mostly in a dose-dependent manner in both sexes (especially in the male). Chemical analyses confirmed these results. Measurement of testosterone and E2 level in male and female goldfish showed that NP had more effect on the concentration of these hormones in male fish, indicating more endocrinedisrupting potential of NP against the male fish. Generally, the increase of melanin content of melanomacrophage centers coincided with the increase of ER α gene expression and decrease of testosterone level in goldfish after exposure to NP

Key words: Nonylphenol, Melanomacrophage center, Endocrine disrupter

چکیده

مطالعه حاضر سعی در اندازه گیری تشکیل مراکز ملانوماکروفاژی (MMCs) در اندام های مختلف ماهی قرمز نر و ماده که در معرض نونیل فنول NP قرار داشتند و با هدف ارزیابی ارتباط آن با هورمون های اصلی جنسی،

بیان گیرنده استروژن و محتوای رنگدانه ماهی انجام شد. ملانو ماکروفاژهای ماهی قرمز نابالغ به مدت ۲۵ روز در معرض 6-10 M و 7-10 NP قرار گرفتند. پس از به دست آوردن خون برای اندازه گیری سطح تستوسترون و استروژن، نمونه های بافتی از اندام های مختلف برای مطالعات بافت شناسی جمع آوری شدند و کمی سازی رنگدانه ها با استفاده از نرم افزار Image، تحلیل شیمیایی، و اندازه گیری بیان ژن ERα انجام شد. نتایج نشان داد که ترتیب تشکیل ملانوماکروفاژ در اندام های مختلف در معرض NP به ترتیب کبد < طحال < کلیه و ترتیب بیان ژن ERα کبد < بیضه < طحال < کلیه در جنس نر و کبد < طحال < کلیه < تخمدان در جنس ماده بود. جنس ماده در میان سه رنگدانه موجود در MMCS پس از قرار گرفتن در معرض دو دوز NP، دارای ملانین مشهودتری بود (به ویژه در کبد) و عمدتاً به صورت وابسته به دوز در هر دو جنس (به ویژه جنس نر) افزایش یافت. آنالیزهای شیمیایی این نتایج را تایید کرد. اندازه گیری سطح تستوسترون و E2 در ماهی قرمز نر و ماده نشان داد که NP بر غلظت این هورمون ها در ماهی نر تاثیر بیشتری دارد که نشان دهنده پتانسیل مختل کننده NP در برابر غدد درون ریز ماهی نر است. به طور کلی، افزایش محتوای ملانین در مراکز ملانوماکروفاژی همزمان با افزایش بیان ژن ERα و کاهش سطح تستوسترون در ماهی قرمز پس از مواجهه با NP بود.

واژه‌های کلیدی: نونیل فنول، ملانوماکروفاژ، مختل کننده غدد درون ریز

۱- مقدمه

مواد شیمیایی مختل کننده غدد درون ریز (EDCs) ترکیباتی هستند که در محیط آبی وجود دارند. این ترکیبات با بیوسنتز، ترشح، عمل یا متابولیسم هورمون های درون زا و سایر رویداد های فیزیولوژیکی که مسئول حفظ تعادل غدد درون ریز ماهی هستند، تداخل می کنند. (۱) یکی از مهمترین EDC ها نونیل فنول است که از اتوکسیلات های نونیل فنول با استفاده گسترده در کاربرد های صنعتی، سازمانی، تجاری و خانگی به دست می آید. نونیل فنول در آب های سطحی عمدتاً از تخلیه پساب های تصفیه خانه های فاضلاب مناطق صنعتی، شهری و سایر عوامل انسانی مرتبط منشاء می گیرد. این ترکیب که دارای فعالیت استروژنی است منجر به تداخل در سیگنال دهی طبیعی استروژن می شود. (۲) مواد استروژنی بیگانه نه تنها ساختار ها و عملکرد های تولید مثلی را مختل می کنند، بلکه می توانند سیستم ایمنی ماهی را نیز تحریک کنند. (۳) اگر چه نقش کلیدی هورمون استروژن در تنظیم سیستم ایمنی ماهی شناخته شده است، مکانیسم هایی که از طریق آن EDC ها اثرات خود را بر روی سیستم ایمنی ماهی اعمال می کند، به خوبی شناخته نشده است. (۴) یکی از بهترین نشانگر های زیستی برای EDC ها که ممکن است سیستم ایمنی و غدد درون ریز را به هم مرتبط کند، مراکز ملانوماکروفاژی است. این مراکز از سلول های فاگوسیتی رنگدانه دار در مهره داران خونسرد (مثلاً ماهی) تشکیل شده اند و به عنوان معیار های ساده و به طور گسترده ای برای ایمنی ذاتی و اکتسابی در ماهی در نظر گرفته می شود. ساختار هایی با کپسول های آرژیروفیلیک ظریف که عموماً در اطراف رگ های خونی دیده می شوند. در اندام های خون ساز، سلول های بنیادی خونساز ماتریکس رنیکولاندوتلیال می توانند به این سلول ها تمایز پیدا کنند.

MMC ها از نظر شکل، اندازه، محتوای رنگدانه و توزیع در اندام ها متفاوت هستند و ممکن است نقش های متفاوتی داشته باشند. (۵) اگر چه عملکرد دقیق این تجمعات سلولی اسرار آمیز مبهم مانده است، آن ها نقش های فیزیولوژیکی و ایمنی پیچیده ای ایفا می کنند. این سلول های تجمعی معمولاً دارای سه نوع رنگدانه شامل ملانین، هموسیدرین و لیپوفوسین هستند. مطالعات قبلی نشان داد که مورفولوژی و محتوای رنگدانه MMC ها به انواع عوامل داخلی و خارجی مانند دما، سن، جنس، خواب زمستانی، فصل، عفونت و هورمون ها پاسخ می دهند.

اگرچه مشخص شد که استروژن طبیعی و زنواستروژن می‌توانند MMC ها در اندام های مختلف تاثیر بگذارد ، بسیاری از سوالات مربوط به تاثیرات ترکیبات شبه استرادیول بر روی MMC در ماهی بی پاسخ ماند.

علاوه بر این تا آنجا که ما می‌دانیم ، هیچ مطالعه ای بررسی نکرده است که چگونه سیگنال دهی استروژن مختل شده توسط EDCs ممکن است بر سه نوع رنگدانه MMCs تاثیر بگذارد. درک رابطه بین استروژن و MMC ها در هر دو جنس ماهی ممکن است مسیر جدیدی را برای دستیابی به نشانگر زیستی دقیق از سمیت ایمنی EDC ها باز کند. (۶) مطالعه قبلی ما نشان داد که قرار گرفتن ماهی قرمز در معرض NP منجر به افزایش گیرنده استروژن در ماکروفاژ های آن ها جدا شده از کلیه به روش وابسته به دوز میشود. پیشنهاد شد که NP بر عملکرد ایمنی ماکروفاژ ها از طریق ER ها ، به ویژه ER α تاثیر گذاری از سوی دیگر MMC ها معمولا از طریق بسته بندی ماکروفاژ ها در دانه های بزرگ پس از فاگوسیت کردن ذرات و رنگدانه های سلولی تشکیل می‌شوند. (۷)

جدای از عملکرد های غیر ایمونولوژیکی MMC ها این توده های سلولی به پاسخ های ایمنی ذاتی و تطبیقی کمک می‌کنند و گاهی اوقات پیش ساز های تکاملی مرکز جوانه زایی پستانداران (GC) نامیده می‌شوند. بنابراین ، با توجه به نقش مختل کننده غدد درون ریز NP فرض کردیم که رابطه بین تشکیل MMC ها بیان ژن ER α و تغییرات در هورمون های تولید مثل پس از قرار گرفتن در معرض NP وجود دارد. (۸) این مطالعه با هدف قرار دادن ماهی قرمز و ماده در معرض دو دوز نونیل فنول و ارزیابی ارتباط آن با هورمون های جنسی اصلی ، بیان گیرنده استروژن و محتوای رنگدانه MMC ها انجام شد.

۲- روش کار

دو گروه ماهی قرمز سالم نر و ماده (*carassius auratus*) که در فاز اسپرم زایی (به ترتیب وزن ۵۳/۲۳ و ۳۹/۲۵ گرم) تهیه شدند. ماهی ها در یک آکواریوم شیشه ای 50 L با شرایط آزمایشی سازگار شدند. آکواریوم حاوی آب لوله کشی دکلره برای چند هفته با ۱۲ ساعت روشنایی/ تاریکی کیفیت آب روزانه ارزیابی شد و به طور مداوم در شرایط مناسب برای ماهی قرمز ۲۰ درجه سانتی گراد ۷/۳ PH و اکسیژن محلول ۷/۳ میلی گرم در لیتر حفظ شد. ماهیان یک بار در روز با نرخ تغذیه ۱/۵ درصد وزن بدن با جیره پلت تغذیه شدند.

در مجموع ۴۲ ماهی به ۲ گروه اصلی نر و ماده (که بر اساس خصوصیات مورفولوژیکی متمایز می‌شوند) تقسیم شدند. گروه های نر و ماده در معرض ۶-۱۰ مولار NP (35/220 میکروگرم در لیتر) و ۷-۱۰ مولار NP (251 میکروگرم در لیتر) قرار گرفتند. پس از گذشت ۲۵ روز از مواجهه با NP ، ماهی ها به روش ترومای بلانت بیهوش شدند و نمونه خون از وریده دمی جمع آوری شد. نمونه های پلاسما با سانتریفیوژ در ۲۰۰ گرم به مدت ۱۵ دقیقه جدا شدند و تا تجزیه و تحلیل در دمای ۸۰- درجه سانتی گراد نگه داری شدند. سپس ماهی ها با بریدن سر کشته ، تشریح و نمونه هایی از اندام های منتخب شامل کلیه ، طحال ، کبد و غدد جنسی تهیه شد. بخشی از این اندام ها در نیتروژن مایع منجمد شده و سپس در دمای ۰۸- درجه سانتی گراد نگه داری می‌شوند.

RNA کل از بافت ها (کبد ، کلیه ، طحال و غدد جنسی) با استفاده از کیت استخراج RNA طبق دستور سازنده استخراج شد. کیفیت و کمیت RNA توسط الکتروفورز ژل آگارز و اسپکتروفتومتری (طول موج های ۲۶۰ و ۲۸۰ نانومتر) تعیین شد.

۳- نتایج

نتایج نشان داد که مورفولوژی و توزیع رنگدانه های مختلف در MMC ماهی قرمز در سه اندام وجود دارد. MMC ها در کلیه چند شکلی بودند در حالی که به نظر می‌رسید آنهایی که در طحال هستند شکل منظمی دارند. گاهی اوقات این توده های سلولی توسط لبه ای از بافت همبند نازک احاطه می‌شوند و به خوبی در مقابل پارانشیم قرار می‌گرفتند. در بخش های رنگ آمیزی پرلز آبی پروس (MMC) PPB ها واکنش های کنتراست رنگی بالایی با هموسیدرین انجام دادند. به ویژه در

بافت طحال در هر دو جنس در بخش‌های رنگ آمیزی شده توسط MMC، PAS، ها با رنگدانه لیپوفوسین حاوی ماکروفاژهای رنگدانه‌ی مایل به زرد یا صورتی در هر دو جنس بودند. در بخش‌های رنگ آمیزی شده توسط MMC، H&E ها با رنگدانه ملانین حاوی تجمعات نامنظمی از ماکروفاژهای قهوه‌ای تیره یا رنگدانه سیاه در هر دو جنس بودند. پس از قرار گرفتن در معرض ۱۰-۶ NP در هر دو جنس سلول‌های رنگدانه‌شده در غدد جنسی مشاهده شدند.

۴- بحث

مطالعه حاضر سعی کرده که ساختار MMCها را در اعضای مقاومت نر و ماده ماهی نا بالغ در معرض NP را اندازه بگیرد و تا بسنجد اثر NP را روی MMCها، بیان ژن $ER\alpha$ و هورمون‌های تناسلی. نتایج نشان میدهد که دستور ساخت MMCها در اندام‌های مختلف در معرض NP به صورت کلیه < طحال < کلیه بود. (۹)

صفت MMCها (شمار و اندازه) در طحال، کلیه و کبد ماهی نشان‌گرهای زیستی پر منفعت محیطی مانند مواجهه با مقداری زناستروژن. اندازه‌گیری رنگدانه‌های MMC (با استفاده از نرم افزار Image و آنالیزهای شیمیایی) در اندام‌های متفاوت ماهی قرمز اثبات کرد که تفاوت‌های توزیع MMCهای حامل رنگ دانه بین طحال کبد مهاد نشان میدهد که ممکن است MMC نقش‌های متفاوتی را در اندام‌های مختلف ایفا می‌کند مطالعات نشان می‌دهد که MMCهای کبد ماهی استخوانی در وضعیت معمول بیشتر در متابولیسم‌های آهن نقش دارد بنابر این در فعالیت‌های فاگوسیتوزی هم درگیر هستند (۱۰) در حالی که MMCهای طحال کمتر در فعالیت‌های فاگوسیتوزی شرکت میکنند بیشتر عملکردهای ایمنی دارند. از طرف دیگر Sayed اثرات NP را روی MMCهای *Clarias gariepinus* سنجدیده گزارش کرده اند که هایپرتروفی و هایپرپلازی در این MMCها مشاهده شده و نشان میدهد که اهمیت آنها در طی سم زدایی و پروسه مربوط به ایمنی. در بیان دیگر NP اثرات ایمنی بروی MMC کبدی این ماهی در معرض NP دارد. اما که بافت شناتاسی کلیه کبد و غدد جنسی ماهی قزل آلابی دریای کاسپین در معرض NP هیچ MMC در کلیه غدد جنسی نشان ندارد. (۹) این نتایج در موازات مطالعات حاضر در حد اقل اندازه ساختار MMC در کلیه هیچ ساختاری از MMCها در غدد جنسی هستند مرتبه بیان ژن $ER\alpha$ بود.

سه زیرنوع پذیرنده استروژن ($ER\alpha, ER\beta1, ER\beta2$) در ماهی وجود دارد و NP میل ترکیبی بیشتری با $ER\alpha$ نسبت به $ER\beta$ دارد در حالی که استروژن طبیعی ترکیب بیشتری با $ER\beta$ دارد بنابراین مطالعه حاضر روی جایگزین‌های در بیان $ER\alpha$ در بافت‌های مختلف شامل ساختار MMC بعد مواجهه با NP تمرکز دارد. با توجه به اینکه هیچ ساختار MMC ای در غدد جنسی وجود نداشته (برخلاف حضور سلول‌های رنگ آمیزی شده) مقایسه کردن ترکیب‌های ساختار MMC بیان ژن $ER\alpha$ در اندام‌های متفاوت نشان می‌دهد که ارتباطی میان MMCها و $ER\alpha$ است که فرضیه ما را تایید میکند. این نشان می‌دهد که NP پتانسیل این را دارد که ساخت $ERmRNA$ را در کبد سالمون اطلس نوجوان تحریک کند (۱۱) به دنبال ساخت $mRNA Zrp, Vtg$.

مطالعه روی ماهی *Rivulus Marmoratus* هر مافروودیت آشکار کرده که الگوی بیان ER خاص بافت در شرایط معمول است و کبد و غدد جنسی بالاترین تراز بیان ژن ER را دارند بعلاوه، مطالعه دیگری گزارش میکند که این بیان ER خاص ادامه پیدا می‌کند (البته با تغییرات) بعد مواجهه با NP.

نتایج همچنین نشان میدهد که میان سه رنگ دانه حاضر در MMCها بعد مواجهه با دو دوز از NP، ملانین مشهود تر بود (خصوصاً در کبد) و اکثراً در یک وضعیت وابسته به دوز ۴ در هر دو جنس (مخصوصاً نر) افزایش پیدا میکند. ماکروفاژ رنگ آمیزی شده می‌تواند ملانین بسازند مانند ملانوسیت‌ها، این رنگدانه‌ها سم‌های متعددی را خنثی میکنند. به بیان دیگر ملانین موجود در این سلول‌ها چند کاره رادیکال‌های آزاد مستول اکسایش و پراکسیداسیون لیپید را جذب کند و یک نقش دفاعی در برابر NADH اکسید شده در حال تهیه هیدروژن پراکسید ایفا می‌کند.

ساختن وضعیت‌های پروکسیدان نامتوازن و تحریف در سیستم غدد درون ریز به دنبال مواجهه با NP منجر به افزایش تجمع ملانین در کبد و طحال و کلیه میشود مطالعه سابق گزارش می‌کند که NP میتواند حجم ملین را در کبد ماهی

افزایش دهد فعال کردن مجدد گونه‌های اکسیژن طی سوخت و ساز NP در کبد ماهی ساخته شده اند و نقش ملانین در خنثی سازی آن میتواند دلیل برای افزایش بیشتر ملانین در کبد باشد. مطالعات نشان می دهد که مواجهه سوسمار ایتالیایی با NP منجر به افزایش ملانین میشود که یک عکس العمل تحریک شده توسط استرس اکسایش تفسیر می شود و به پذیرش CYP7-A وابسته است. ملانین کبد اخیراً به عنوان یک نشانگر زیستی برای مطالعات اکوتوکسیکولوژیکال استفاده شده زیرا این رنگدانه بعد مواجهه با تعدادی آلاینده آبی تهیه شده (۱۲) علاوه بر NP تعدادی EDC می تواند بر روی هم ملانین در کبد ماهی و دوزیستان اثر بگذارند. مطالعه حاضر همچنان نشان می دهد که یک همبستگی مثبت و قابل توجه وجود دارد میان حجم ملانین در MMC ها و بیان ژن ER α بعد مواجهه با NP. متأسفانه با بهترین دانشی که در اختیار داریم هیچ مطالعه‌ای نیست که روی رابطه مستقیم ملانین و بیان ژن ER α در ماهی متمرکز باشد. اگرچه مطالعه ای سابقاً نشان داده که ملانوسیت های انسان هم پذیرنده استروژن هسته ای و سیتوزولی را دارد. علاوه نشان داده شده است که بیشترین رفتار مستقیم که توسط آن E2 می توانست روی بیان M&H اثر بگذارد از راه ER α هسته ای کلاسیک جای گرفته در نوترون های Rat می باشد (۱۳)

اگرچه توضیح دقیق مکانیسم فعل و انفعال NP ملانین و ER α (و احتمالاً فعل و انفعال غیر مستقیم آن ها) بسته ماهی ناشناخته است و نیازمند مطالعه مطالعه های آینده است.

نتایج همچنان نشان داد که NP، شکل گیری لیپوفوسین را، خصوصاً در جنس نر و طحال، افزایش می دهد رنگدانه های لیپوفوسین ترکیب پیچیده هستند که از بیو مولکول های به شدت پیچیده اکسید شده با اتصال عرضی ساخته شده. ماهیت اتصال عرضی قوی و ساختن پلیمری لیپوفوسین سبب مقاومت بودن در برابر تخریب توسط سیستم های Proteasomal، Lysosomal و پاکسازی توسط اگزوسیتوز می شود (۱۴). شکل گیری لیپوفوسین معلول چرخه های مکرر بالا برنده Lysosomal است، آشکار سازی ماکرومولکول های اکسید شده توسط رادیکال های آزاد Orygen – derired در عکس العمل Fenton و سپس توزیع همئوستازی های اکسایش – کاهش است. بنابراین توانایی تخریب Proteasomal و Lysosomal در سلولهای مختل شده سرانجام مجرم افزایش مرگ سلولی Apoptotic شد.

از زمانی که برخی مطالعات گزارش کردند که مواجهه با NP می تواند استرس اکسایش و Apoptotic را تحریک کند، افزایش رنگدانه های لیپوفوسین در MMC ها بعد مواجهه با NP به علت افزایش استرس اکسایش و مرگ ستون بود به علاوه NP پتانسیل تحریک کردن Hymolysis و تخریب بافتی دارد. و رنگدانه لیپوفوسین در MMCها مستقیماً مربوط به فعالیت های فاگوسیتوزی است. بنابراین، جایگزین بزرگ تر لیپوفوسین در کبد و کلیه مقایسه شد با طحال که فعالیت های فاگوسیتوز با MMC های حامل این رنگدانه را نشان می داد در نقشه های متفاوت فیزیولوژی. مطالعه سابق نشان داد که MMC ها در طحال نر و ماده Barbel در شرایط طبیعی متفاوت بود با توجه به چرخه باز سازی و فصل.

آنها کشف کردند که ماهی ماده MMC های بزرگتری در طحال دارد به دلیل فیلتراسیون بیشتر خون برای سیستم ایمنی دفاعی بهتر.

۵- نتیجه گیری

به طور کلی ترتیب شکل گیری MMC ها در اندام های متعدد در مواجهه با NP و ترتیب بیان ژن ER α نشان داد رابطه میان این دو متغیر را. در میان سه رنگدانه موجود در MMC ها بعد مواجهه با دو دوز NP، ملانین بیشتر در یک وضعیت وابسته به دوز در دو جنس افزایش پیدا کرد (۶)

NP اشباع شده تر از تستوسترون و E2 را به ترتیب، کاهش و افزایش داد. که پتانسیل EDC و NP را نشان می دهد. به طور کلی افزایش حجم ملانین از مرکز های ملانوماکروفاژ، اکثراً منطبق شد با بیان ژن ER α و تراز تستوسترون را در ماهی قرمز بعد مواجهه با NP کاهش داد.

مراجع

1. Carnevali O, Santangeli S, Forner-Piquer I, Basili D, Maradonna F. Endocrine-disrupting chemicals in aquatic environment: what are the risks for fish gametes? *Fish Physiology and Biochemistry*. 2018;44(6):1561-76.
2. Shanle EK, Xu W. Endocrine Disrupting Chemicals Targeting Estrogen Receptor Signaling: Identification and Mechanisms of Action. *Chemical Research in Toxicology*. 2011;24(1):6-19.
3. Nowak K, Jabłońska E, Ratajczak-Wrona W. NF-κB—An Important Player in Xenoestrogen Signaling in Immune Cells. *Cells*. 2021;10(7):1799.
4. Burgos-Aceves MA, Cohen A, Smith Y, Faggio C. Estrogen regulation of gene expression in the teleost fish immune system. *Fish & Shellfish Immunology*. 2016;58:42-9.
5. Stosik MP, Tokarz-Deptuła B, Deptuła W. Melanomacrophages and melanomacrophage centres in Osteichthyes. *Central European Journal of Immunology*. 2019;44(2):201-5.
6. Ying F, Ding C, Ge R, Wang X, Li F, Zhang Y, et al. Comparative evaluation of nonylphenol isomers on steroidogenesis of rat Leydig Cells. *Toxicology in Vitro*. 2012;26(7):1114-21.
7. Rastgar S, Alijani Ardeshtir R, Zabihi E, Movahedinia A, Salati AP. Immunotoxicity of estrogen and nonylphenol on apoptosis and expression of ERs in goldfish macrophage: Opening new avenue for discovering the role of experimental model systems and sexes. *Aquatic Toxicology*. 2019;209:159-67.
8. Manrique WG, da Silva Claudiano G, Petrillo TR, de Castro MP, Pereira Figueiredo MA, de Andrade Belo MA, et al. Response of splenic melanomacrophage centers of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) to inflammatory stimuli by BCG and foreign bodies. *Journal of Applied Ichthyology*. 2014;30(5):1001-6.
9. Sayed AH, Younes HAM. Melanomacrophage centers in *Clarias gariepinus* as an immunological biomarker for toxicity of silver nanoparticles. *Journal of Microscopy and Ultrastructure*. 2017;5(2):97-104.
10. Meucci V, Arukwe A. Transcriptional modulation of brain and hepatic estrogen receptor and P450arom isotypes in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) after waterborne exposure to the xenoestrogen, 4-nonylphenol. *Aquatic Toxicology*. 2006;77(2):167-77.
11. Bernabò I, Biasone P, Macirella R, Tripepi S, Brunelli E. Liver histology and ultrastructure of the Italian newt (*Lissotriton italicus*): Normal structure and modifications after acute exposure to nonylphenol ethoxylates. *Experimental and Toxicologic Pathology*. 2014;66(9):455-68.
12. Shirdel I, Kalbassi MR, Esmailbeigi M, Tinoush B. Disruptive effects of nonylphenol on reproductive hormones, antioxidant enzymes, and histology of liver, kidney and gonads in Caspian trout smolts. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*. 2020;232:108756.
13. Zieri R, Franco-Belussi L, de Souza Santos LR, Taboga Sebastião R, de Oliveira C. Sex hormones change visceral pigmentation in *Eupemphix nattereri* (Anura): effects in testicular melanocytes and hepatic melanomacrophages. *Animal Biology*. 2015;65(1):21-32.
14. Fenoglio C, Boncompagni E, Fasola M, Gandini C, Comizzoli S, Milanese G, et al. Effects of environmental pollution on the liver parenchymal cells and Kupffer-melanomacrophagic cells of the frog *Rana esculenta*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2005;60(3):259-68.

بررسی تجربی مقاومت ضربه‌ای و مکانیزم‌های جذب انرژی نانوکامپوزیت

رسول محسن زاده^{۱*}، محمد اجلالی^۱

۱- گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران. r_mohsenzadeh@tvu.ac.ir

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: r_mohsenzadeh@tvu.ac.ir

Experimental investigation of impact resistance and toughening mechanisms of nanocomposite Rasool Mohsenzadeh^{1*}, Mohammad Ejlali¹

1-Department of Mechanical Engineering, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran

*Corresponding author: r_mohsenzadeh@tvu.ac.ir

ABSTRACT

The appearance of nanotechnology provides the necessary potential to increase the physical properties of polymer materials, which causes a decrease in the coefficient of thermal expansion, an increase in stiffness and strength, thermal resistance, without reducing impact strength. The effect of adding carbon black to pure POM and the effect of adding calcium carbonate nanoparticles with 1.5, 3, and 4.5 wt% to the POM-carbon black mixture on the of POM base were studied experimentally. Morphology and impact resistance of different samples were tested. The addition of carbon black nanoparticles led to a 23% increase in impact resistance compared to pure POM. In addition, the addition of calcium carbonate nanoparticles up to 1.5wt% along with carbon black nanoparticles led to an increase in toughness up to 49% compared to the pure polymer. However, the addition of more than 1.5% wt% of calcium carbonate nanoparticles along with carbon black has reduced the relative impact strength compared to other nanocomposite mixtures. Agglomeration of calcium carbonate nanoparticles in high weight percentages reduces the impact strength because these agglomerates act as stress concentration centers and play an effective role in facilitating crack propagation and reducing failure energy absorption.

Key words: Morphology, Nanocomposite, Impact resistance

چکیده

ظاهر شدن نانتکنولوژی، پتانسیل لازم برای افزایش خواص فیزیکی در مواد پلیمری را فراهم می‌کند، که سبب کاهش ضریب انبساط حرارتی، افزایش سفتی و استحکام، مقاومت حرارتی، بدون کاهش استحکام ضربه‌ای می‌شود. اثر افزودن کربن بلک به پلی‌استال خالص و نیز اثر افزودن نانوذرات کربنات کلسیم با درصدهای وزنی ۱/۵، ۳ و ۴/۵ به آمیخته پلی‌استال - کربن بلک بر مقاومت ضربه‌ای پلی‌استال بطور تجربی مطالعه شد. شکل شناسی و مقاومت ضربه‌ای نمونه‌های مختلف آزمایش شد. افزودن نانوذرات دوده، منجر به افزایش ۲۳ درصد

مقاومت ضربه‌ای نسبت به پلی‌استال خالص گردید. علاوه بر این، افزودن نانوذرات کربنات کلسیم تا ۱/۵ درصد وزنی همراه با نانوذرات دوده، منجر به افزایش چقرمگی تا ۴۹ درصد نسبت به پلیمر خالص شد. با این وجود، افزودن بیش از ۱/۵ درصد وزنی نانوذرات کربنات کلسیم همراه با کربن بلک، کاهش نسبی استحکام ضربه‌ای نسبت به دیگر آمیخته نانوکامپوزیتی شده است. کلوخه شدن نانوذرات کربنات کلسیم در درصدهای وزنی بالا باعث کاهش استحکام ضربه می‌شود زیرا این کلوخه‌ها به عنوان مراکز تمرکز تنش عمل کرده و نقش مؤثری در تسهیل انتشار ترک و کاهش جذب انرژی شکست دارند.

واژه‌های کلیدی: مورفولوژی، نانوکامپوزیت، مقاومت ضربه‌ای

۱- مقدمه

پلی‌استال (POM) از انواع مواد ترموپلاستیک با ساختار بلوری است که بطور وسیعی در تولید چرخنده‌ها و دیگر مواد ضد سایش استفاده می‌شود [۱-۵]. این پلیمر دارای سفتی، استحکام، مقاومت خزشی و مقاومت حرارتی نسبتاً خوب در مقایسه با سایر پلیمرها بوده و در گروه پلیمرهای مهندسی قرار دارد. در سال‌های اخیر، نانو کامپوزیت‌های پلیمری، به دلیل برخورداری از خواص بهبود یافته‌ی خود نسبت به پلیمرهای خالص، مورد توجه بسیاری از پژوهشگران و صنعتگران قرار گرفته‌اند. با افزودن مقادیر کمی از پرکننده‌های معدنی در مقیاس نانومتری به جای ذرات میکرونی و بزرگتر، می‌توان خواص مکانیکی و حرارتی پلیمرها را بهبود بخشید. افزودن نانو ذرات پرکننده در پلیمرهای نیمه بلوری سبب افزایش جوانه‌های بلوری در هنگام انجماد شده، و از این رو علاوه بر کوچکتر شدن اندازه‌ی دانه‌های بلوری، موجب افزایش درجه‌ی ساختار بلوری و بهبود یکنواختی در زمینه‌ی پلیمری می‌شود. انواع مختلفی از پرکننده‌ها با ابعاد نانو به کار گرفته شده‌اند که از میان آنها می‌توان به نانو الیاف مانند نانو لوله‌های کربنی، سیلیکات‌های لایه‌ای مانند خاک رس و نانو ذرات همسانگرد از قبیل سیلیکا یا کربنات کلسیم اشاره کرد. نانو ذرات کربن بلک، عموماً شکل آمورف کربن خالص به شکل ذرات کلئیدی است که توسط احتراق ناقص یا تجزیه حرارتی هیدروکربن‌های گاز یا مایع تحت شرایط کنترل شده تولید می‌شود. تقریباً در تمام محصولات لاستیکی که در آن خواص کششی و سایشی بسیار مهم هستند، از کربن بلک استفاده می‌کنند. قریشی و همکاران، اثر استفاده از کربن بلک بر خواص مکانیکی، دینامیکی و گرمایی آمیزه لاستیکی رویه تایر سواری رادیال را مورد بررسی قرار دادند. آنها جهت رسیدن به توازن خواص، از مخلوط انواع کربن بلک استفاده نمودند [۶]. علاوه بر این، برخی از محققان از کربن بلک جهت تقویت خواص مکانیکی و سایشی ترموپلاست‌ها استفاده کرده‌اند. لهار^۱ و همکاران، اثر کربن بلک بر خواص مکانیکی آمیخته PP/ABS مورد بررسی قرار دادند. آنها دریافتند، که ۲.۵ درصد از کربن بلک منجر به بهبود حدود ۱۵ درصد استحکام کششی و حدود ۵۰ درصد مقاومت ضربه‌ای آمیخته می‌شود [۷]. سیاردیلو^۲ و همکاران، اثر افزودن گرافیت و کربن بلک را بر زمینه فوم صنعتی مورد مقایسه قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که نمونه حاوی کربن بلک، استحکام خمشی و فشاری بیشتری نسبت به نمونه حاوی گرافیت می‌باشد [۸]. ایسلام^۳ و همکاران، اثر ۵ تا ۳۰ درصد کربن بلک بر خواص کششی و الکتریکی PVC، مورد تحقیق قرار دادند. افزودن کربن بلک منجر به افزایش رسانایی و کاهش استحکام گردید [۹]. افزودن ذرات کربن بلک تا ۱۰ درصد وزنی، سختی کوپلیمر اتیلن-اوکتان را از مقدار ۷۵ شور-آ برای پلیمر خالص به ۸۷ شور-آ افزایش داد. یک همبستگی بین مقاومت پارگی و سختی مشاهده شد. بهبود این خواص به تشکیل یک شبکه زنجیره‌وار از ذرات کربن بلک در زمینه پلیمری نسبت داده شد [۱۰]. با این وجود، نانوذرات کربن بلک به دلیل سطح ویژه بالا و برهم کنش قوی وان‌دروالس بین ذرات تمایل زیادی به کلوخه شدن دارند [۱۱]. افزودن فاز دوم در پلیمر زمینه، یک تکنیک نوین برای بهبود پخش‌شوندگی فاز

¹ - Lohar

² - Ciardiello

³ - Islam

اول همچون کربن بلک می‌باشد [۱۲]. نتایج تحقیقات نشان داده‌است که افزودن یک فاز نانوذره معدنی دوم باعث افزایش پراکندگی نانوذرات کربن بلک در زمینه پلیمری می‌شود. افزودن نانوذرات کربنات کلسیم در زمینه POM/CB، علاوه بر بهبود پخش شونده‌گی CB، منجر به افزایش مقاومت سایشی، استحکام مکانیکی و مقاومت حرارتی در کاربردهای چرخنده‌ای می‌گردد [۱۳، ۱۴]. نانوذرات کربنات کلسیم دیگر نانو ذره پر کاربرد در صنعت پلیمر می‌باشد. کربنات کلسیم یکی از فراوان-ترین مواد معدنی به‌شمار می‌آید بطوریکه ۴ درصد پوسته بیرونی زمین را شامل می‌شود. کربنات کلسیم طبیعی که به شکل-های سنگ آهک، گچ و سنگ مرمر یافت می‌شود، از نظر درجه سفیدی، توزیع اندازه ذرات، میزان ساینده‌گی و شفافیت، انواع مختلفی دارد. تمام انواع کربنات کلسیم طبیعی قابلیت استفاده برای تولید ذرات کربنات کلسیم را دارند. ذرات کربنات کلسیم یکی از افزودنی‌های رایج در صنعت پلاستیک به‌شمار می‌آیند [۱۵].

در پژوهش حاضر، اثر افزودن نانوذرات کربن بلک و کلسیم کربنات بر مقاومت ضربه‌ای پلی استال بررسی می‌شود. مکانیزم‌های جذب با استفاده از میکروسکوپ روبشی الکترونی بررسی می‌شود.

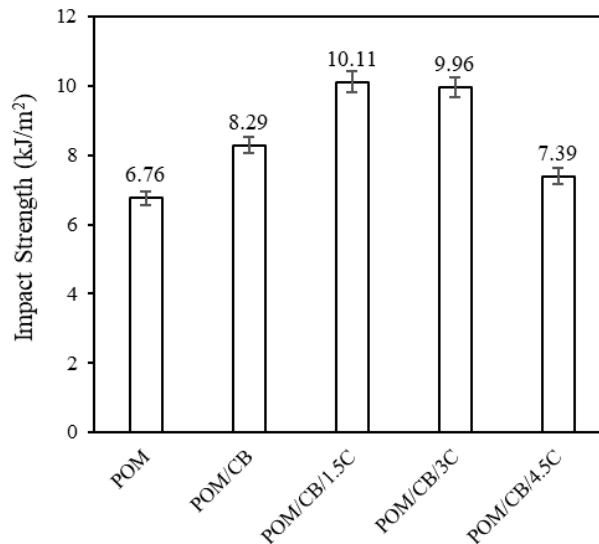
۲- روش

پلی‌استال خالص (و پلی‌استال حاوی ۰/۴۲ درصد وزنی کربن بلک محصول شرکت کپیتال کره، به عنوان مواد اولیه پلیمری انتخاب گردید. نانوذرات کلسیم کربنات با قطر متوسط ۸۰ نانومتر و هندسه رومبوهدرال است که به‌عنوان تقویت‌کننده دوم در پژوهش حاضر مورد استفاده قرار گرفته است. مواد اولیه شامل POM/CB، POM و درصد‌های وزنی متفاوت (۱/۵، ۳ و ۴/۵) کلسیم کربنات، پس از رطوبت‌گیری به مدت ۶ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد، ابتدا به صورت مکانیکی و پس از آن به روش ذوبی و با استفاده از اکسترودر دو پیچی مخلوط شده و رشته‌های خروجی از اکسترودر توسط دستگاه آسیاب به گرانول تبدیل شدند. پس از آن، یک دستگاه قالب گیری تزریقی برای ساخت نمونه‌ها استفاده شد. با استفاده از دستگاه تست ضربه با نام تجاری HIT25P (زوئیک، آلمان) و با ظرفیت ۲۲ ژول، آزمون ضربه برای بررسی مقاومت ضربه‌ای نمونه خالص و نانوکامپوزیتی انجام شد. آزمون ضربه در دمای محیط انجام شدند. به‌منظور اطمینان از تکرارپذیری داده‌ها، آزمون ضربه، پنج بار تکرار شدند میکروسکوپ الکترونی روبشی با نام تجاری VEGA/TESCAN ساخت کشور چک با ولتاژ کاری ۱۰ کیلوولت برای بررسی ریز ساختار نانو کامپوزیت‌ها و همچنین شکل شناسی شکست در نمونه‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفت. قبل از آزمون‌های میکروسکوپی، سطح نمونه‌ها توسط لایه ای از طلا پوشش دهی شد.

۳- نتایج و بحث

شکل ۱، نتایج آزمون ضربه را برای آمیخته‌های مختلف نشان می‌دهد. افزودن نانوذرات کربن بلک، منجر به افزایش ۲۳ درصد مقاومت ضربه‌ای نسبت به پلی‌استال خالص گردید. علاوه‌براین، افزودن نانوذرات کربنات کلسیم تا ۱/۵ درصد وزنی همراه با نانوذرات کربن بلک، منجر به افزایش چقرمگی تا ۴۹ درصد نسبت به پلیمر خالص شد. وجود نانوذرات کربنات کلسیم همراه با نانوذرات کربن بلک باعث افزایش شیب منحنی خنک‌کاری (SC) و در نتیجه افزایش سرعت هسته‌زایی در پلیمر زمینه می‌شود. افزایش سرعت هسته‌زایی می‌تواند منجر به دستیابی به ساختاری با گویچه‌های ریزتری شود، کاهش ابعاد گویچه‌ها و حذف مرزهای تیز بین آنها می‌تواند منجر به افزایش چقرمگی نانوکامپوزیت پلیمری شود [۱۶]. علاوه‌براین، پراکندگی مناسب نانوذرات در پلیمر ماتریس باعث پخش انرژی ضربه در تمام مقطع می‌شود. با اعمال انرژی ضربه، تمرکز تنش در محل تماس پلیمر ماتریس با نانوذرات رخ می‌دهد، این عامل باعث جدایی پلیمر از ذرات و شکل‌گیری حفره میکرونی حول هر ذره می‌شود. حفره‌سازی ابتدا منجر به تغییر شکل پلیمر محاطی نانوذرات و پس از آن باعث گسترش تغییر شکل پلاستیک می‌شود [۱۴]. حفره‌سازی باعث جذب و استهلاک انرژی ضربه می‌شود و اجازه تغییر شکل بیشتری را به ماتریس پلیمری می‌دهد [۱۷]. افزون‌براین نانوذرات صلب، به عنوان مانعی در برابر انتشار ترک عمل می‌کنند [۱۸]. با این‌وجود، افزودن بیش از ۱/۵ درصد

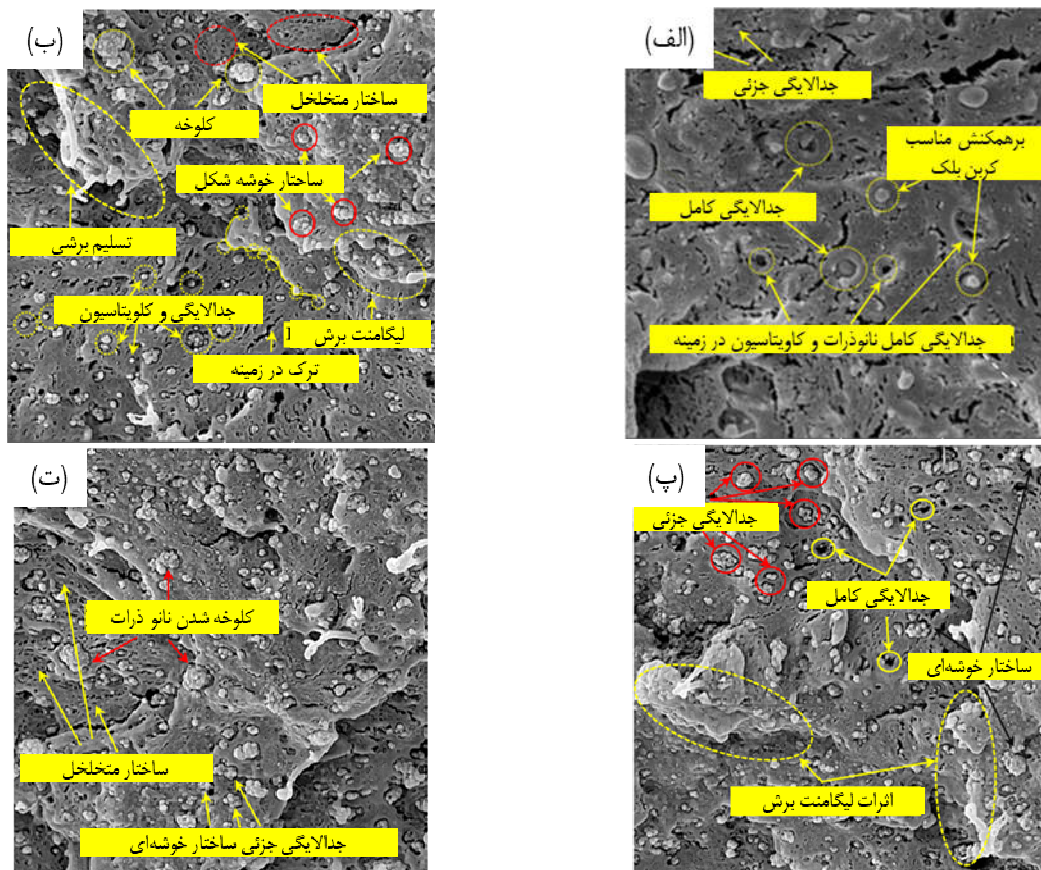
وزنی نانوذرات کربنات کلسیم همراه با کربن بلک، کاهش نسبی استحکام ضربه‌ای نسبت به دیگر آمیخته نانوکامپوزیتی شده است. کلوخه شدن نانوذرات کربنات کلسیم در درصد‌های وزنی بالا باعث کاهش استحکام ضربه می‌شود زیرا این کلوخه‌ها به عنوان مراکز تمرکز تنش عمل کرده و نقش مؤثری در تسهیل انتشار ترک و کاهش جذب انرژی شکست دارند.



شکل ۱- تغییرات استحکام ضربه ای برای آمیخته‌های مختلف

شکل ۲ میکروگراف‌های SEM سطوح شکسته شده در اثر ضربه را برای نمونه‌های نانوکامپوزیت در بزرگنمایی‌های بالاتر نشان می‌دهد. وجود حفره‌ها از شکل ۲-الف مشهود است که در نتیجه حالت تنش سه محوره در سطح مشترک ذره-پلیمر و متعاقب آن طولیل شدن حفره تحت میدان نیروی خارجی ایجاد شده است. مطابق شکل ۲-الف، ذرات کربن بلک تا حدی بدون پیوند، می‌توانند با ریزترک‌های سطحی توسعه یافته در مرزهای نانوذرات مشخص شوند. علت اصلی جداسازی ناقص را می‌توان به نرخ کرنش بالا تحت بارگذاری ضربه‌ای نسبت داد. بنابراین ذره نمی‌تواند زمان کافی برای جدا شدن کامل داشته باشد و حفره به دست آمده نمی‌تواند بیشتر در ماتریس رشد و کشیده شود. وجود نانوذرات با پیوند کامل بر روی سطح شکست نمونه POM/CB در شکل ۲-الف نشان می‌دهد که فاز میانی مناسبی بر روی سطح ذره ایجاد شده است که از جدا شدن ذره و کمک بیشتر به فرآیند سخت شدن جلوگیری می‌کند. به دلیل انرژی بالایی که برای جدا کردن یک ذره با برهمکنش خوب لازم است، ترک ترجیح می‌دهد در داخل ماتریس منتشر شود. همانطور که توسط ریزترک‌های ایجاد شده در مجاورت ذره پیوند در شکل ۲-الف نشان داده شده است، می‌توان نتیجه گرفت که آستانه ای برای استحکام سطحی ذره-ماتریس وجود دارد که فراتر از آن ذره نمی‌تواند جدا شود و انرژی شکست را افزایش دهد. شکل ۲-ب سطح شکسته مربوطه نانوکامپوزیت POM/CB/1.5C را نشان می‌دهد. کاپیتاسیون کامل و جزئی نانوذرات با توزیع یکنواخت در این شکل قابل مشاهده است. بر اساس شکل ۲-ب، ساختار متخلخل را نیز می‌توان در برخی از مناطق مشاهده کرد. همانطور که با دایره‌های قرمز در شکل نشان داده شده است، این ساختار متخلخل را می‌توان به جداسازی عظیم نانوذرات از ماتریس مجاور و متعاقب آن کاپیتاسیون شدید در مناطق ذکر شده نسبت داد. با توجه به شکل ۲-ب، تعداد زیادی کاپیتاسیون در مقیاس میکرون نیز می‌تواند منجر به شکل پذیری ماتریس شود و باعث تسلیم برشی موضعی در برخی مناطق شود. علاوه بر نانوذرات مجزا، خوشه‌های ذرات نیز در شکل ۲-ب قابل مشاهده هستند. با توجه به وسعت زیاد سطح بین خوشه‌ها و ماتریس اطراف، جدا شدن خوشه‌ها در صورت استحکام سطحی مناسب به مقدار زیادی انرژی نیاز دارند. بنابراین، همانطور که در شکل ۲-ب مشهود است، خوشه‌ها عمدتاً تا حدی به ماتریس چسبیده و کمک کمتری به جذب انرژی شکستگی دارند. به همین ترتیب، سطح شکست POM/CB/3C

یک ویژگی نسبتاً خشن حاوی حفره‌های ریز میکرونی و ذرات تا حدی جدا شده در سطح مشترک را نشان داد. با این حال، برای نمونه POM/CB/4.5C، سطح شکست نسبت به سایر ترکیبات صاف‌تر است، که مطابق با شکل ۱، انرژی ضربه‌ای بسیار کمتر دارد. و تجمع نانوذرات، همانطور که در شکل ۲-ت نشان داده شده است. همانطور که در بالا ذکر شد، خوشه‌های بزرگ ممکن است در مقایسه با خوشه‌های کوچکتر و ذرات منفرد به دلیل انرژی سطحی بالاتر برای انجام یک جداسازی کامل، کاویتاسیون کمتری ایجاد کنند. علاوه بر این، افزایش تعداد کلوخه‌ها، همانطور که در شکل ۲-ت مشاهده می‌شود، می‌تواند مقاومت ضربه‌ای نانوکامپوزیت را به دلیل تعداد بیشتر مکان‌های تمرکز تنش وارد شده در ماتریس کاهش دهد.



شکل ۲- سطح شکست نمونه‌های مختلف: (الف) POM/CB، (ب) POM/CB/1.5C، (پ) POM/CB/3C و (ت) POM/CB/4.5C

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق، نانوکامپوزیت‌های پلیمری بر پایه پلی‌استال شامل ۴۲/۰ درصد وزنی نانوذرات کربن بلک و به ترتیب، ۱/۵، ۳ و ۴/۵ درصد وزنی نانوذرات کربنات کلسیم، با بکارگیری روش اختلاط ذوبی تولید شدند. سپس، نمونه‌های نانوکامپوزیتی، توسط فرآیند قالب‌گیری تزریقی، ساخته شد. آزمون ضربه و شکل‌شناسی با استفاده از آزمون‌های میکروسکوپی الکترونی روبشی انجام گرفت. افزودن نانوذرات کربن بلک، منجر به افزایش ۲۳ درصد مقاومت ضربه‌ای نسبت به پلی‌استال خالص گردید. علاوه بر این، افزودن نانوذرات کربنات کلسیم تا ۱/۵ درصد وزنی همراه با نانوذرات کربن بلک، منجر به افزایش چقرمگی تا ۴۹ درصد نسبت به پلیمر خالص شد.

مراجع

1. Anand, A., et al., Effects of temperature and load on the creep performance of CNT reinforced laminated glass fiber/epoxy composites. *International Journal of Mechanical Sciences*. 150, 539-547, 2019.
2. Mohsenzadeh, R., et al., Wear and failure of polyoxymethylene/calcium carbonate nanocomposite gears. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology*. 234, 811-820, 2019.
3. Mohsenzadeh, R., et al., Gear life and failure mode versus meshing stress in polyacetal/carbon black nanocomposite gears. *Engineering Failure Analysis*. 131, 105859, 2022.
4. Mohsenzadeh, R., B.H. Soudmand, and K. Shelesh-Nezhad, A combined experimental-numerical approach for life analysis and modeling of polymer-based ternary nanocomposite gears. *Tribology International*. 173, 107654, 2022.
5. Mohsenzadeh, R., B.H. Soudmand, and K. Shelesh-Nezhad, Load-bearing analysis of polymer nanocomposite gears using a temperature-based step loading technique: Experimental and numerical study. *Wear*. 514-515, 204595, 2023.
6. Ghoreishy, M.H.R., M. Firouzbakht, and G. Naderi, Effect of Carbon Black Blends on the Mechanical Properties of a Tread Compound for Passenger Radial Tires. *Science and Technology*. 26, 45-56, 2013.
7. Lohar, G.S. and B.F. Jogi, Influence of carbon black (CB) on mechanical behaviour and microscopic analysis of poly-propylene (PP)/acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS) nanocomposites. *Procedia Manufacturing*. 20, 85-90, 2018.
8. Ciardiello, R., L. Drzal, and G. Belingardi, Effects of carbon black and graphene nano-platelet fillers on the mechanical properties of syntactic foam. *Composite Structures*. 178, 9-19, 2017.
9. Islam, I., et al., Electrical and tensile properties of carbon black reinforced polyvinyl chloride conductive composites. *C*. 4, 15, 2018.
10. Huang, J.C., Carbon black filled conducting polymers and polymer blends. *Advances in Polymer Technology: Journal of the Polymer Processing Institute*. 21, 299-313, 2002.
11. Gubbels, F., et al., Selective localization of carbon black in immiscible polymer blends: a useful tool to design electrical conductive composites. *Macromolecules*. 27, 1972-1974, 1994.
12. Gashti, M.P., et al., SiO₂-kaolinite affecting the surface properties of ternary poly (vinyl chloride)/silica/kaolinite nanocomposites. *Fibers and Polymers*. 14, 1870-1876, 2013.
13. Lin, Y., et al., The toughening mechanism of polypropylene/calcium carbonate nanocomposites. *Polymer*. 51, 3277-3284, 2010.
14. Kemal, I., et al., Toughening of unmodified polyvinylchloride through the addition of nanoparticulate calcium carbonate. *Polymer*. 50, 4066-4079, 2009.
15. Mattila, H.-P. and R. Zevenhoven, Production of precipitated calcium carbonate from steel converter slag and other calcium-containing industrial wastes and residues. *Advances in Inorganic Chemistry*. 66, 347-384, 2014.
16. Chan, C.-M., et al., Polypropylene/calcium carbonate nanocomposites. *polymer*. 43, 2981-2992, 2002.
17. Zhang, Q.-X., et al., Crystallization and impact energy of polypropylene/CaCO₃ nanocomposites with nonionic modifier. *Polymer*. 45, 5985-5994, 2004.
18. Fu, S.-Y., et al., Effects of particle size, particle/matrix interface adhesion and particle loading on mechanical properties of particulate-polymer composites. *Composites Part B: Engineering*. 39, 933-961, 2008.

ماکزیمم سازی نفوذ در شبکه اجتماعی با استفاده از ترکیب الگوریتم های ازدحام

ذرات و کلونی زنبور عسل

حمیده بابایی^{۱*}، علیرضا محمدخانی^۲

۱- استادیار و عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نراق، hamideh.babaei@iau.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد نرم افزار دانشگاه آزاد اسلامی واحد نراق، alireza.eng.65@gmail.com

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: Hamideh.babaei@gmail.com

Maximizing influence in social network by combining PSO and bee colony algorithms

Hamideh Babaei^{1*}, Alireza Mohammad Khani²

1- Faculty member of Islamic Azad University, Nraq branch, hamideh.babaei@iau.ac.ir

2- Master's student in software, Islamic Azad University, Naraq branch, alireza.eng.65@gmail.com

*Corresponding author: Hamideh.babaei@gmail.com

ABSTRACT

Today, social networking sites not only serve as a platform for sharing information and ideas, but also contribute to economic growth and public welfare in many ways. Discovering information dissemination patterns in social networks has many applications in our daily life in various fields such as public health, political analysis, economics and marketing. Hence the problem of maximizing influence with the aim of discovering the best small subset of users who influence others in the network; It is important. In this article, the combination of two meta-heuristic algorithms of artificial bee colony and particle swarm is used to solve this problem. In this method, the particle swarm algorithm is used to create local solutions and update the initial population in the bee colony algorithm. Answers that, after updating, do not have any improvement by the number of a predetermined value called trial index; They are updated with new answers. By implementing the proposed method a certain number of times, on two specific data sets and comparing it with refrigeration simulation methods, we obtained improved genetics and particle swarm, improvement in the number of activated nodes and the amount of information dissemination in the social network graph.

Key words: Maximization of influence, maximization of influence in social network, social network, meta-innovation, artificial bee colony, particle swarm

چکیده

امروزه سایت‌های شبکه‌های اجتماعی، نه تنها به عنوان بستری برای اشتراک‌گذاری اطلاعات و ایده‌ها عمل می‌کنند، بلکه به رشد اقتصادی و رفاه عمومی نیز از طرق مختلف کمک می‌کنند. کشف الگوهای انتشار اطلاعات در شبکه‌های اجتماعی کاربردهای زیادی در زندگی روزمره ما در حوزه‌های مختلفی مانند سلامت عمومی، تحلیل سیاسی، علوم اقتصاد و بازاریابی دارد. از این رو مسئله حداکثرسازی نفوذ با هدف کشف بهترین زیرمجموعه کوچک از کاربرانی که بر سایرین در شبکه تاثیر می‌گذارند؛ حائز اهمیت است. در این مقاله از ترکیب دو الگوریتم فرا ابتکاری کلونی زنبور عسل مصنوعی و ازدحام ذرات برای حل این مسئله استفاده شده

است. در این روش از الگوریتم ازدحام ذرات برای ایجاد جواب‌های محلی و به روزرسانی جمعیت اولیه در الگوریتم کلونی زنبور عسل استفاده شده است. جواب‌هایی که پس از به روزرسانی، به تعداد یک مقدار از پیش تعیین شده به نام شاخص محاکمه هیچ بهبودی نداشته باشند؛ با جواب‌های جدید به روزرسانی می‌شوند. با پیاده‌سازی روش پیشنهادی به تعداد دفعات مشخص، روی دو مجموعه داده مشخص و مقایسه با روش‌های شبیه‌سازی تبرید، ژنتیک بهبود یافته و ازدحام ذرات، بهبود در تعداد نودهای فعال شده و میزان انتشار اطلاعات در گراف شبکه اجتماعی به دست آوردیم.

واژه‌های کلیدی: ماکسیمم سازی نفوذ، حداکثرسازی تاثیر در شبکه اجتماعی، شبکه اجتماعی، فرا ابتکاری، کلونی زنبور عسل مصنوعی، ازدحام ذرات

۱- مقدمه

تاثیر یا نفوذ (influence)، تاثیر گرفته (influenced)، تاثیرگذار (influencer) در بسیاری از زمینه‌ها مانند رسانه‌های اجتماعی، تجارت و تحقیقات علمی بسیار افزایش یافته است. اصطلاح تجزیه و تحلیل تاثیر به طور گسترده‌ای برای توصیف درجاتی در ارتباطات روزانه با یک شخص خاص، استفاده می‌شود. در بازاریابی، شرکت‌های تجاری برای ارائه محصولات خود در بازار و برای موفقیت در رقابت با سایر رقبا در فروش محصولات از رسانه‌های اجتماعی و کاربران مفید در شبکه‌های اجتماعی به عنوان بستر تبلیغاتی خود استفاده می‌کنند. از نظر سیاسی، کاندیداها، از شبکه‌های اجتماعی برای تأثیرگذاری، جذب و متقاعد کردن مردم با ایده‌های خود و رای دادن به آنها استفاده می‌کنند. در موسیقی، میلیون‌ها جوان از طریق یک ژانر موسیقی تأثیر می‌گیرند. به همین ترتیب، میلیون‌ها کودک و نوجوان از طریق یک فرهنگ تأثیر می‌گیرند، یا مشتریان از طریق یک محصول تأثیر می‌گیرند و غیره.

در طول انتشار اطلاعات، گره‌ها از طریق رفتارهای مبتنی بر رابطه، بر سایر گره‌ها تأثیر می‌گذارند، به عنوان مثال، پذیرش، تأیید، برجسب‌گذاری، ارسال و موافقت با نظرات دیگران از طریق روابط دوستانه (رفتارهای پذیرش) یا نادیده گرفتن و رد اطلاعات از افراد غریبه (رفتارهای رد کردن). یکی از چالش‌های جدی در شبکه‌های اجتماعی، انتشار پدیده‌ها و اطلاعات در سیستم است که بسیار مورد توجه محققین قرار گرفته است. تحلیل تأثیر بر اساس این موضوع ساخته شده است. تجزیه و تحلیل نفوذ به طور کلی به عنوان یکی از مهم‌ترین مسائل برای ماینینگ شبکه‌های اجتماعی پذیرفته شده است زیرا درجه نفوذ یک کاربر یا یک گروه، تأثیر او را بر ارتباطات یا انتشار اطلاعات در مقوله مقیاس، سطح یا معیارهای دیگر نشان می‌دهد. کشف تأثیرگذار کاربر بر اساس روابط و تعاملات پیچیده کاربران یک چالش کلیدی برای تجزیه و تحلیل تأثیر در شبکه‌های اجتماعی است. شناسایی کاربران تاثیرگذار در شبکه‌های اجتماعی به عنوان مسئله حداکثرسازی تاثیر (IM) شناخته می‌شود. به حداکثر رساندن تاثیر، که اولین بار توسط دومینگوس و ریچاردسون [۱] معرفی شد، یک موضوع تحقیقاتی مهم است که به فرآیند انتشار تاثیر در شبکه‌های اجتماعی مربوط می‌شود. مسئله پرداختن به زیرمجموعه کوچکی از کاربران تأثیرگذار است که می‌توانند تاثیر در شبکه را به حداکثر برسانند. این مجموعه از گره‌ها مجموعه هدف نامیده می‌شود. در این مقاله مسئله IM به عنوان یک مسئله بهینه‌سازی در نظر گرفته شده است. از آنجایی که روش‌های فراابتکاری برای حل این مسئله بر اساس پژوهش‌های گذشته نتایج قابل توجهی به دست آورده است؛ بنابراین در نظر داریم ابتدا با استفاده از الگوریتم کلونی زنبور عسل مصنوعی (ABC) تعداد نودهای فعال شده را بررسی کنیم. سپس در مراحل ایجاد جمعیت اولیه در جستجوی محلی و سراسری، اپراتورهای الگوریتم PSO را برای به روزرسانی جواب‌های تولید شده استفاده کنیم.

۲- کارهای گذشته

چندین مقاله مروری در تحقیقات انجام شده، وجود دارد که به صورت خاص، مسائل مربوط به بهینه‌سازی تأثیر (IM) در شبکه‌های اجتماعی را در نظر می‌گیرد [۲-۷]. نویسندگان در [۲] انواع شبکه‌های اجتماعی را پوشش می‌دهند و

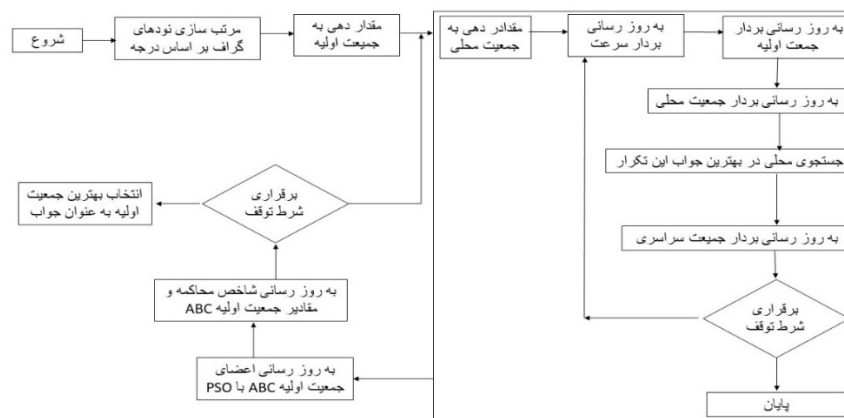
الگوریتم‌های حداکثرسازی تأثیر را بر اساس استراتژی تطبیقی دسته‌بندی می‌کند. مقاله مروری لی و همکاران [۳] مطالعاتی را در مورد راه حل های IM آگاه از زمینه (context aware IM)، لیست کرده و آنها را با یکدیگر مقایسه میکند. در [۴] مدل‌های میکروسکوپی و مدل‌های ماکروسکوپی برای پیش‌بینی قدرت نفوذ کاربر در نظر گرفته شده است. بر اساس این مدل‌ها، تحقیقاتی برای به حداکثر رساندن تأثیر و همچنین به حداقل رساندن تأثیر و جریان تأثیر پوشش داده شده و همچنین در مورد معیارهای ارزیابی تأثیر، بحث شده است. نقش سمیتیک در شبکه‌های اجتماعی آنلاین در [۵] بررسی شده است و الگوریتم‌ها را بر اساس موضوعات مختلف از جمله معیارهای تأثیر، جریان و نفوذ اطلاعات، ویژگی‌های شبکه و کاربردهای IM دسته‌بندی کرده است. کار [۶] بر نتایج سختی مسئله IM در هر دو چارچوب پیچیدگی سنتی و پارامتری متمرکز شده است و متدلوژیهای راه حل مسئله IM را دنبال میکند. کارهای دیگر در [۷] بر مشکل تشخیص گره‌های تأثیرگذار در شبکه‌های اجتماعی پویا تمرکز دارند. اما در [۸] راه حل های IM در قالب دو گروه، تجزیه و تحلیل تأثیر مبتنی بر گره فردی و تحلیل نفوذ مبتنی بر گروه تقسیم بندی میکند و تحلیل تأثیر مبتنی بر گره فردی، را به چهار دسته مدل‌های مبتنی بر فرآیندهای انتشار نفوذ، مدل‌های مبتنی بر هیوریستیک، مدل‌های جامعه محور و مدل‌های موازی تقسیم بندی میکند. در این مقاله جدولی ارائه شده که مقایسه ای از روشهای حل مسئله IM بر اساس هیوریستیک است.

۳- الگوریتم پیشنهادی

الگوریتم پیشنهادی ما برای حل مسئله ماکزیمم سازی نفوذ در شبکه‌های اجتماعی، شامل مراحل زیر میباشد:

- ۱- انتخاب و معرفی مجموعه داده مورد بررسی. ۲- مرتب‌سازی نودهای گراف بر اساس مرکزیت درجه. ۳- انتخاب نودهای کاندید. ۴- مقداردهی به جمعیت اولیه در الگوریتم ABC-۵ مقداردهی به جمعیت محلی در الگوریتم PSO و انتخاب جمعیت سراسری. ۶- روز رسانی جمعیت اولیه، محلی و سراسری در الگوریتم PSO. ۷- روز رسانی مقادیر شاخص محاکمه در الگوریتم ABC. ۸- نگه‌داری نسل برتر در جمعیت اولیه. ۹- تکرار از مرحله ۶ تا برقراری شرایط توقف رسیدن به حداکثر تعداد. ۱۰- محاسبه انتشار بهترین نودهای یافته شده در الگوریتم ABC.

جریان کار در ده مرحله مذکور به صورت خلاصه در شکل ۱ نشان داده شده است. در مرحله اول مجموعه داده شبکه اجتماعی در قالب یک گراف انتخاب میشود. این مجموعه داده به صورت نود و یال نشان داده می‌شود و هدف اصلی در مسئله ماکزیمم سازی نفوذ، انتخاب k نود از میان نودهای گراف است به گونه ای که میزان انتشار این k نود تا حد ممکن بیشینه شود. در مرحله دوم و سوم ابتدا مرکزیت درجه برای نودهای گراف محاسبه می‌شود. سپس نودهای گراف بر اساس مقدار مرکزیت درجه به صورت نزولی مرتب می‌شوند.



شکل ۱- مراحل الگوریتم پیشنهادی

۳-۱- الگوریتم ABC

در این مرحله، به عنوان مرحله چهارم از نودهای با درجه بالا برای مقداردهی به جمعیت اولیه در الگوریتم ABC استفاده می‌شوند. برای مقدار دهی به جمعیت اولیه از نودهای مرتب شده بر اساس درجه از اولین نود تا $3 \times k$ مین نود به تصادف k نود انتخاب می‌شود. سپس به ازای هر عضو λ م از این جمعیت اولیه، یکی دیگر از سطرهای جمعیت اولیه به تصادف به عنوان یک همسایه انتخاب می‌شود. برای هر کدام از اعضای جمعیت اولیه این مراحل انجام می‌شود. سپس از این همسایه‌ها به عنوان مقداردهی به اعضای جمعیت محلی در الگوریتم PSO استفاده می‌شود.

۳-۲- الگوریتم PSO

از مرحله پنجم و ششم تمرکز اصلی در مراحل مختلف الگوریتم PSO و نحوه مقدار دهی به اپراتورهای این الگوریتم می‌باشد. الگوریتم فرا ابتکاری PSO برای حل مسائل بهینه‌سازی پیوسته کاربرد دارد. از آنجایی که در مسئله ماکزیمم سازی نفوذ هدف یافتن k نود از گراف می‌باشد لذا با یک مسئله بهینه‌سازی گسسته مواجه هستیم. مراحل اصلی الگوریتم PSO که در [19] بیان شده است، شامل بلاک مقداردهی به جمعیت اولیه و بلاک به‌روزرسانی جمعیت اولیه می‌باشد. در ادامه هر کدام از این مراحل و نحوه استفاده از اپراتورهای الگوریتم PSO متناسب با مسئله مورد بررسی بیان می‌شوند.

در مرحله اول برای مقداردهی به ماتریس جمعیت اولیه از مقادیر جمعیت اولیه در الگوریتم ABC استفاده می‌شود. در مرحله دوم به ازای همسایه‌های تعیین شده برای هر کدام از اعضای جمعیت اولیه در الگوریتم ABC، برای مقدار دهی به اعضای جمعیت محلی در الگوریتم PSO استفاده می‌شود. در این مرحله ابتدا برای جمعیت λ م از جمعیت اولیه در الگوریتم ABC یک همسایه تولید می‌شود. برای این منظور یکی از اعضای جمعیت اولیه غیر از عضو λ م به تصادف انتخاب می‌شود. از این عضو برای مقدار دهی به جمعیت محلی λ م در الگوریتم PSO استفاده می‌شود. در مرحله سوم هر کدام از اعضای جمعیت اولیه ارزیابی می‌شوند و سطر λ م که در واقع بهترین جمعیت اولیه می‌باشد برای مقداردهی به بردار جمعیت سراسری در نظر گرفته می‌شود. از تابع EDV به عنوان تابع هزینه در الگوریتم PSO برای ارزیابی جواب‌های تولید شده استفاده شده است. این تابع در فرمول (1) تعریف شده است.

$$EDV(S) = \sum_{i \in N_S^{(1)}} \frac{1}{S} 1 - (1 - p)^{\tau(i)} \quad (1)$$

در فرمول زیر مجموعه S شامل k نود از گراف می‌باشد. مقدار p نیز 0.01 در نظر گرفته شده است. برای تمامی نودهای موجود در مجموعه S ، همسایه‌های این نودها را به دست آورده و در لیست $N_S^{(1)}$ نگه‌داری می‌شود. به ازای هر نود i در این لیست مقدار $\tau(i)$ عبارت است از تعداد همسایه‌های مشترک نود i با مجموعه نودهای S ، با به دست آوردن این مقادیر می‌توان به ازای یک مجموعه S که شامل k نود می‌باشد مقدار شایستگی این k نود را محاسبه نمود. در مرحله چهارم هدف مقداردهی به ماتریس سرعت می‌باشد. برای مقداردهی به سطر i از ماتریس سرعت به ترتیب زیر عمل می‌شود:

- مقداردهی به بردار v_i^{Pbest} : این بردار به طول k در نظر گرفته می‌شود و مقادیر این بردار از اشتراک سطر i جمعیت اولیه با سطر i جمعیت محلی به دست می‌آید. در واقع مقدار λ م در این بردار یک است در صورتی که نود λ م از سطر λ م جمعیت اولیه در سطر i ام بردار جمعیت محلی نباشد، در غیر این صورت صفر می‌باشد.
- مقداردهی به بردار v_i^{Gbest} : این بردار به طول k در نظر گرفته می‌شود و مقادیر این بردار از اشتراک سطر i جمعیت اولیه با بردار جمعیت سراسری به دست می‌آید. در واقع مقدار λ م در این بردار یک است در صورتی که نود λ م از سطر λ م جمعیت اولیه در بردار جمعیت سراسری نباشد، در غیر این صورت صفر می‌باشد. ضرب برداری مقدار 0.9 در

بردار v_i^{Pbset} و مقدار ۰.۳ در بردار v_i^{Gbset} و جمع برداری این مقادیر برای راحتی در بیان فرمول دو بردار v_i^{Gbset} و v_i^{Pbset} به ترتیب با X و Y در فرمول (2) نشان داده شده است

$$v_i = 0.9 * (x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{ik}) + 0.3 * (y_{i1} + y_{i2} + \dots + y_{ik}) \quad (2)$$

• باینری کردن مقادیر بردار v_i : بردار v_i شامل k مقدار می‌باشد. در صورتی که مقدار v_i در این بردار از ۰.۵ بیشتر باشد با مقدار صفر جایگزین می‌شود و در غیر این صورت با مقدار صفر جایگزین می‌شود.

در مرحله پنجم هدف به‌روزرسانی مقادیر جمعیت اولیه می‌باشد. برای این منظور از ماتریس سرعت استفاده می‌شود و مقدار سطر i ام و ستون j ام از ماتریس جمعیت اولیه در صورتی که مقدار سطر i ام و ستون j ام از این ماتریس سرعت یک باشد به تصادف با یکی از $10 * k$ نود درجه بالا، به‌روزرسانی می‌شود. در مرحله ششم هدف به‌روزرسانی ماتریس جمعیت محلی می‌باشد. در صورتی که میزان شایستگی سطر i ام از جمعیت اولیه که در مرحله قبل به‌روزرسانی شد از میزان شایستگی سطر i ام از ماتریس جمعیت محلی بهتر باشد جایگزین می‌شود. در مرحله هفتم هدف جستجوی محلی در اطراف بهترین جواب در جمعیت محلی در تکرار t ام می‌باشد. یافتن در واقع در این مرحله سطر i ام که بهترین شایستگی در میان سطرهاى ماتریس جمعیت محلی را دارد انتخاب می‌شود و به‌عنوان بهترین جواب در این تکرار در نظر گرفته می‌شود. در صورتی که این جواب را S نام‌گذاری می‌شود. هدف جستجوی محلی در اطراف این k نود موجود در مجموعه S می‌باشد.

برای جستجوی محلی تمامی نودهای موجود در مجموعه S به ترتیب موقعیت i پیمایش می‌شوند و برای هر نود در موقعیت i، تک تک همسایه‌های این نود را با این نود جایگزین کرده در صورتی که مقدار EDV برای این جایگزینی بهتر باشد مجموعه نودهای S با حذف نود i ام و جایگزینی با این همسایه، به‌روزرسانی شده و همین عمل تا پیمایش تمامی همسایه‌های نود i ام انجام می‌شود و پس از آن این عمل برای نود i+1 ام تکرار می‌شود. در مرحله هشتم پس از به‌روزرسانی بهترین جواب محلی، در صورتی که مقدار تابع هزینه برای این جواب بهتر از جمعیت سراسری باشد، جمعیت سراسری با این جواب به‌روزرسانی می‌شود.

۳-۳- به روز رسانی جواب الگوریتم ABC

پس از اینکه در بخش ۳-۲ اعضای جمعیت اولیه در الگوریتم PSO مشخص و با تعداد تکرار مشخص به روز رسانی شد، هر کدام از این اعضای جمعیت اولیه در الگوریتم PSO با اعضای متناظر در الگوریتم ABC مقایسه می‌شوند. در صورتی که میزان تابع هزینه برای عضو i ام از جمعیت PSO بهتر از عضو i ام از جمعیت ABC باشد با آن جایگزین و به روز رسانی می‌شود، در غیراینصورت شاخص محاکمه برای سطر i ام از جمعیت اولیه در الگوریتم ABC یک واحد اضافه می‌شود. در این مرحله در صورتی که شاخص محاکمه برای عضو i ام از یک حد آستانه بیشتر شود، مطابق مرحله ۳-۱ جمعیت اولیه برای این عضو مقدار دهی می‌شود.

۳-۴- شرایط توقف

در این مرحله پس از به‌روزرسانی جواب‌های جمعیت اولیه، مراحل ۳-۲ و ۳-۳ به تعداد دفعات مشخص تکرار می‌شود. پس از رسیدن به این شرایط بهترین سطر از جمعیت اولیه در الگوریتم ABC به‌عنوان جواب انتخاب می‌شود.

۴- ارزیابی الگوریتم پیشنهادی

الگوریتم پیشنهادی (PSO+ABC) با استفاده از زبان C# پیاده‌سازی شده و روی مجموعه داده NetHEPT و GR-QC (جدول ۲) بر اساس معیار تعداد نودهای فعال شده، با الگوریتم‌های DDSE [13]، شبیه‌سازی تبرید SA [20] و ازدحام

ذرات PSO مقایسه می‌شود. برای هرکدام از این سه روش، مخفف در نظر گرفته شده است که در نمودارهای نتایج با این نمادها شناسایی می‌شوند. جداول ۳ و ۴ مشخصات شبیه سازی این الگوریتمها را مشخص میکند.

جدول ۲- مشخصات مجموعه داده مورد استفاده

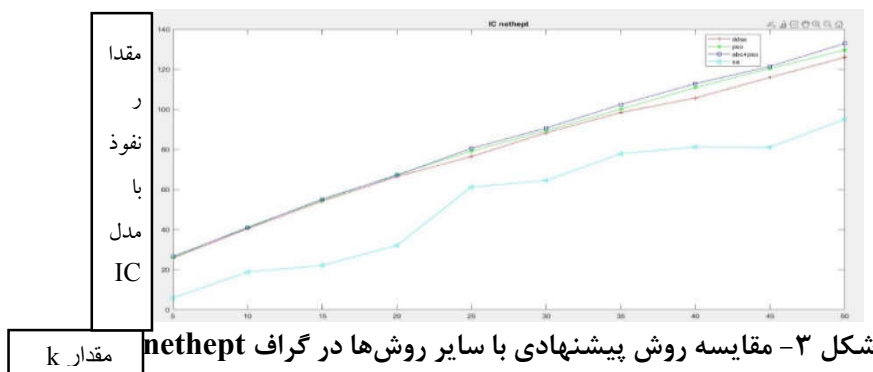
نام مجموعه داده	تعداد نود	تعداد یال
NetHEPT	۱۵۲۳۳	۵۸۸۹۱
GR-QC	۵۲۴۲	۱۴۴۹۶

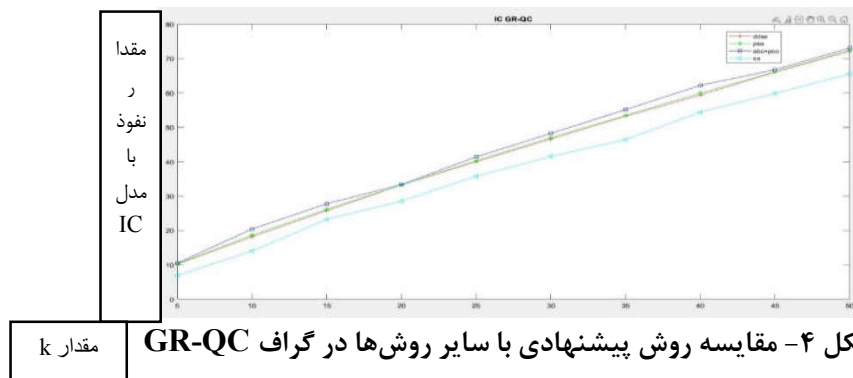
جدول ۳- متغیرهای مورد استفاده در الگوریتم DDSE و PSO و جدول ۴- متغیرهای مورد استفاده در الگوریتم SA

نام متغیر	مقدار
تعداد تکرار	100
جمعیت اولیه	10
div	0.6
f	0.1
cr	0.4
شاخص محاکمه	10

نام متغیر	مقدار
دمای اولیه	500000
دمای نهایی	8000
نرخ تغییر دما	2000
تعداد همسایه	300

در شکل ۳ محور افقی نشان‌دهنده مقادیر k و محور عمودی نشان‌دهنده میزان انتشار این k نود در مجموعه داده nethept می‌باشد. نتایج حاصل شده نشان دهنده برتری روش پیشنهادی است. در شکل ۴ محور افقی نشان‌دهنده مقادیر k و محور عمودی نشان‌دهنده میزان انتشار این k نود در مجموعه داده GR-QC می‌باشد. نتایج حاصل شده نشان دهنده برتری روش پیشنهادی است. که در آن v_{to} تنش برشی ملات؛ V_{test} نیروی مورد نیاز برای جابه‌جایی آجر؛ σ_c تنش ناشی از بار ثقلی در محل آزمایش و Ab مجموع دو سطح آجر در درزهای افقی بالا و پایین است.





۵- نتیجه گیری

در روش پیشنهادی هدف اصلی استفاده از ترکیب دو الگوریتم کلونی زنبور عسل مصنوعی و ازدحام ذرات بوده است. از آنجایی که مسئله ماکزیمم سازی نفوذ یک مسئله بهینه‌سازی است لذا می‌توان از روش‌ها فرا ابتکاری برای حل این مسئله استفاده نمود. متناسب با روش مسئله که در واقع بهینه‌سازی از نوع گسسته می‌باشد اپراتورهای الگوریتم ژنتیک، ازدحام ذرات و شبیه‌سازی تبرید تغییر یافته است. نتایج روش پیشنهادی نشان‌دهنده این است ترکیب دو الگوریتم منجر به افزایش تعداد نودهای فعال شده نسبت به سه روش دیگر شده است

۶- کارهای آینده

مسئله ماکزیمم سازی نفوذ همچنان به‌عنوان یکی از حوزه‌های مهم در مسائل مربوط به تجزیه و تحلیل گراف می‌باشد. متناسب با روش پیشنهادی این مقاله می‌توان موارد زیر را برای کارهای آتی متناسب پیشنهاد داد : ۱- استفاده از روش‌های خوشه بندی و یافتن بهترین نودها در هر خوشه با روش پیشنهادی ۲- استفاده از ویژگی های نودهای گراف از جمله سن، محل سکونت و دیگر متغیرهای به عنوان دسته بندی نودهای با نفوذ بالا.

مراجع

1. P. Domingos, M. Richardson, "Mining the network value of customers", in: Proceedings of the Seventh ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, , pp. 57–66, <http://dx.doi.org/10.1145/502512.502525>. (2001)
2. S. Peng, Y. Zhou, L. Cao, S. Yu, J. Niu, W. Jia, "Influence analysis in social networks: a survey", J. Netw. Comput. Appl. 106 , 17–32, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnca.2018.01.005>. (2018)
3. Y. Li, J. Fan, Y. Wang, K. Tan, "Influence maximization on social graphs: A survey", IEEE Trans. Knowl. Data Eng. 30 (10) 1852–1872, <http://dx.doi.org/10.1109/TKDE.2018.2807843>, 1852-1872. (2018)
4. K. Li, L. Zhang, H. Huang, "Social influence analysis: models, methods, and evaluation", Engineering 4 (1) 40–46, <http://dx.doi.org/10.1016/j.eng.2018.02.004>. (2018)
5. G. Razis, I. Anagnostopoulos, S. Zeadally, "Modeling influence with semantics in social networks: A survey", ACM Comput. Surv. 53 (1) 7, <http://dx.doi.org/10.1145/3369780>, 38 pages. (2020)
6. S. Banerjee, M. Jenamani, D.K. Pratihari, A survey on influence maximization in a social network, Knowl. Inf. Syst. 62 (2020) 3417–3455, <http://dx.doi.org/10.1007/s10115-020-01461-4>.
7. N. Hafiene, W. Karoui, L. Ben Romdhane, "Influential nodes detection in dynamic social networks: A survey", Expert Syst. Appl. 159 113642, <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113642>. (2020)
8. M. Azaouzi , W. Mnasri , L. B. Romdhane , "New trends in influence maximization models, Computer Science Review". 40 100393 , www.elsevier.com/locate/cosrev (2021)
9. A. Şimşek, K.A.R.A. Resul, "Using swarm intelligence algorithms to detect influential individuals for influence maximization in social networks", Expert Syst. Appl. 114 224–236, <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2018.07.038>. (2018)
10. A. Zareie, A. Sheikahmadi, M. Jalili, "Identification of influential users in social network using gray wolf optimization algorithm", Expert Syst. Appl. 142 ,112971, <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2019.112971>. (2020)
11. A. Sheikahmadi, A. Zareie, "Identifying influential spreaders using multiobjective artificial bee colony optimization", Appl. Soft Comput. 94 ,106436, <http://dx.doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106436>. (2020)
12. Y. Wang, W. Dong, X. Dong, "A novel ITÖ Algorithm for influence maximization in the large-scale social networks", Future Gener. Comput. Syst. 88 ,755–763, <http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2018.04.026>. (2018)

13. L. Cui, H. Hu, S. Yu, Q. Yan, Z. Ming, Z. Wen, N. Lu, "DDSE: A novel evolutionary algorithm based on degree-descending search strategy for influence maximization in social networks", *J. Netw. Comput. Appl.* 103,119–130, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnca.2017.12.003>. (2018)
14. Y. Yang, Y. Xu, E. Wang, K. Lou, D. Luan, "Exploring influence maximization in online and offline double-layer propagation scheme", *Inform. Sci.* 450 182–199, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ins.2018.03.048>, (2018)
15. M. Gong, J. Yan, B. Shen, L. Ma, Q. Cai, "Influence maximization in social networks based on discrete particle swarm optimization", *Inform. Sci.* 367 , 600–614, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ins.2016.07.012>. (2016)
16. S.S. Singh, A. Kumar, K. Singh, B. Biswas, "LAPSO-IM: A learning-based influence maximization approach for social networks", *Appl. Soft Comput.* 82 , 105554, <http://dx.doi.org/10.1016/j.asoc.2019.105554>. (2019)
17. S.S. Singh, K. Singh, A. Kumar, B. Biswas, "ACO-IM: maximizing influence in social networks using ant colony optimization", *Soft Comput.* 24 (13) 10181–10203, <http://dx.doi.org/10.1007/s00500-019-04533-y>. (2020)
18. S.S. Singh, A. Kumar, K. Singh, B. Biswas, "IM-SSO: Maximizing influence in social networks using social spider optimization", *Concurr. Comput.: Pract. Exper.* 32 (2) e5421, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cpe.5421>. (2020)
19. Y.-C. Chen, W.-Y. Zhu, W.-C. Peng, W.-C. Lee and S.-Y. Lee, "Cim: community-based Influence maximization in social networks", *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST)*, 5, Article No. 25. (2014)
20. Gong, M., Yan, J., Shen, B., Ma, L., & Cai, Q.. "Influence maximization in social networks based on discrete particle swarm optimization". *Information Sciences*, 367, 600-614. (2016)

سنتز و کاربرد کاتالیزوری نانوکامپوزیت جدید حاوی کبالت فریت در حذف یک

ترکیب ضد میکروبی مهم از آب

ملیحه مؤذنی^{۱*}، افشین ابراهیمی^۲

۱- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

moazenimalihe@gmail.com

۲- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

a_ebrahimi@hlth.mui.ac.ir

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: moazenimalihe@gmail.com

Synthesis and catalytic application of new nanocomposite containing cobalt ferrite in removing an important antimicrobial compound from water

Malihe Moazeni^{1*}, Afshin Ebrahimi²

1- Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran moazenimalihe@gmail.com

2- Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran a_ebrahimi@hlth.mui.ac.ir

*Corresponding author: moazenimalihe@gmail.com

ABSTRACT

In this study, hydrothermal method was used to synthesize a new nanocomposite containing cobalt ferrite, MIL-101-Fe and graphene oxide. Then, this nanocomposite was used as a catalyst coupled with peroxymonosulfate oxidant to remove the antimicrobial compound triclosan from water. The results indicated that the complete removal of triclosan was achieved under the conditions of the triclosan initial concentration of 500 µg/L, with a pH equal to 5, the amount of nanocomposite 0.04 g/L, and the amount of peroxymonosulfate 8 µM with contact time 30 min. Finally, the mechanism of triclosan removal by the advanced oxidation process based on sulfate radical resulting from the catalytic performance of nanocomposite containing cobalt ferrite, MIL-101-Fe, and graphene oxide in the presence of peroxymonosulfate was proposed. Accordingly, this process seems to be a very effective and environmentally friendly process for removing micropollutant compounds such as triclosan in water treatment.

Keywords: Triclosan, Metal-organic frameworks, cobalt ferrite, graphene oxide, water treatment, Advanced oxidation processes

چکیده

در مطالعه حاضر به منظور سنتز یک نانوکامپوزیت جدید حاوی کبالت فریت، MIL-101-Fe و گرافن اکساید از روش هیدروترمال استفاده شد. سپس این نانوکامپوزیت به عنوان یک کاتالیزور به همراه اکسیدکننده پروکسی مونوسولفات در حذف ترکیب ضد میکروبی تریکلوسان از آب استفاده شد. نتایج نشان داد حذف کامل تریکلوسان تحت شرایط غلظت اولیه ۵۰۰ میکروگرم در لیتر تریکلوسان، با pH برابر ۵، مقدار نانوکامپوزیت ۰/۰۴ گرم در لیتر و مقدار پروکسی مونوسولفات ۸

میکرومولار در مدت زمان ۳۰ دقیقه به دست آمد. در نهایت مکانیسم حذف تریکلوسان توسط فرایند اکسیداسیون پیشرفته مبتنی بر رادیکال سولفات حاصل از عملکرد کاتالیزوری نانوکامپوزیت حاوی کبالت فریت، MIL-101-Fe و گرافن اکساید در حضور پروکسی مونوسولفات پیشنهاد شد. بر این اساس، به نظر می‌رسد این فرایند یک فرآیند بسیار موثر و سازگار با محیط زیست برای حذف ترکیبات میکروآلاینده مانند تریکلوسان در تصفیه آب باشد.

واژه‌های کلیدی: تریکلوسان، چارچوب فلزی-آلی، کبالت فریت، گرافن اکساید، تصفیه آب، فرایند اکسیداسیون پیشرفته

۱- مقدمه

داروها و محصولات مراقبت شخصی در محیط زیست به دلیل استفاده رایج از آنها وجود دارند (۱). تریکلوسان یک ترکیب ضد میکروبی مهم است که در فرمولاسیون لوازم آرایشی، مواد شوینده و اسباب بازی‌ها استفاده می‌شود (۲، ۳). در نتیجه استفاده فراوان، حدود ۹۶ درصد از تریکلوسان مصرفی از طریق سیستم‌های فاضلاب شهری و رواناب کشاورزی به آب‌های طبیعی تخلیه می‌شود. تصفیه خانه‌های معمولی آب و فاضلاب نمی‌توانند به طور موثر آن را حذف کنند. بنابراین، این آلاینده و محصولات جانبی حاصل از تخریب آن، مانند دیوکسین و محصولات جانبی ضد عفونی‌های کلردار به محیط زیست وارد خواهند شد. در نهایت از طریق مصرف آب آشامیدنی، تجمع زیستی و بزرگنمایی زیستی در زنجیره غذایی وارد بدن انسان می‌شوند (۴، ۵). مواجهه انسان با تریکلوسان باعث ابتلا به سرطان کبد، اثرات عصبی، تومورزایی، تحریک پوست و فعالیت آنتاگونیستی استروژن و آندروژن می‌شود (۶، ۷). به دلیل این که تریکلوسان و محصولات جانبی حاصل تجزیه آن در برابر فرآیندهای متداول تصفیه آب مقاوم هستند، یافتن یک روش مناسب و ایمن برای حذف آن از آب ضروری است (۱، ۶).

در میان روش‌های مختلف حذف تریکلوسان از آب که تاکنون معرفی شده‌اند، فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته به عنوان یک گزینه مناسب برای تجزیه سریع و کاهش سمیت ترکیبات آلی مقاوم از آب در نظر گرفته شده‌اند (۴). در این فرایندها رادیکال‌های هیدروکسیل و سولفات در نتیجه تاثیر عوامل کاتالیزور بر اکسیدکننده پروکسی مونوسولفات تولید می‌شوند. کبالت فریت یک کاتالیزور بسیار مناسب برای فعال‌سازی پروکسی مونوسولفات در تجزیه آلاینده‌های آلی به دلیل ساختار پایدار، حلالیت کم و سطح بالا است (۸، ۹). اما به دلیل این که استفاده از کبالت فریت باعث انتشار یون‌های کبالت به عنوان آلاینده ثانویه به آب و اثرات جانبی بر سلامت انسان و محیط زیست می‌شود (۸، ۱۰، ۱۱). در نتیجه همراهی آن با مواد جدیدی که بتوانند از انتشار یون‌های کبالت به آب جلوگیری کنند حائز اهمیت است. اخیراً مواد مختلفی در ترکیب با کبالت فریت استفاده شده‌اند که در میان آنها گرافن اکساید و چارچوب‌های فلزی-آلی از جمله موادی هستند که به دلیل ساختار منحصر به فرد و ویژگی‌های ساختاری عالی به عنوان بهترین گزینه مناسب مطرح هستند (۹، ۱۲).

هدف از مطالعه حاضر، سنتز یک نانوکامپوزیت جدید حاوی کبالت فریت بر پایه MIL-101-Fe و گرافن اکساید و کاربرد آن در حذف یک ترکیب ضد میکروبی مهم به نام تریکلوسان از آب بود.

۲- روش کار

۲-۱- سنتز نانوکامپوزیت

در مرحله اول کبالت فریت، MIL-101-Fe و گرافن اکساید توسط به ترتیب توسط روش‌های هیدروترمال، سولووترمال و اصلاح شده هامر سنتز شدند (۱۳، ۱۴). در مرحله دوم نانوکامپوزیت کبالت فریت بر پایه MIL-101-Fe و گرافن اکساید توسط روش هیدروترمال سنتز شد. به این صورت که نسبت ۵۰ درصد کبالت فریت به MIL-101-Fe و گرافن اکساید با ۳۰ میلی لیتر آب دیونیزه مخلوط و در یک حمام اولتراسونیک به مدت ۴۵ دقیقه قرار گرفت. در مرحله بعد به یک راکتور هیدروترمال منتقل شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. در نهایت، مخلوط تولید شده چندین بار با آب

دیونیزه و اتانول شسته شد، سپس در دمای ۷۰ تا ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شد. در نهایت پودر تولید شده در دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴ ساعت قرار گرفت.

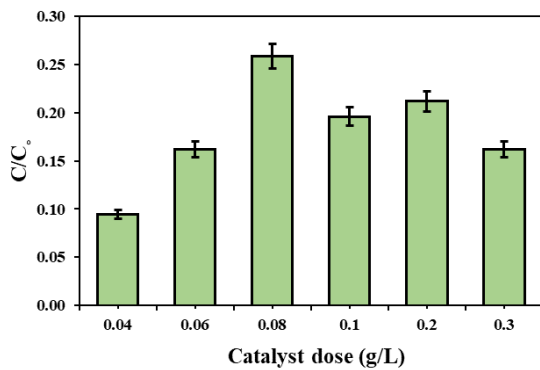
۲-۲- حذف تریکلوسان

در این مرحله به منظور بررسی تاثیر متغیرهای مختلف pH، غلظت اولیه تریکلوسان، مقدار نانوکامپوزیت و مقدار پروکسی مونوسولفات در مدت زمان ۳۰ دقیقه از روش یک فاکتور در زمان استفاده شد. ابتدا محلول‌های ۵ میلی گرم در لیتر تریکلوسان، ۱ گرم در لیتر نانوکامپوزیت و ۱۰۰ میکرومولار پروکسی مونوسولفات تهیه شدند. سپس آزمایشات حذف تریکلوسان توسط نانوکامپوزیت مورد نظر به همراه پروکسی مونوسولفات در ارن ها ۱۰۰ میلی لیتری انجام شد. در هر آزمایش، مقداری از نانوکامپوزیت مورد نظر به هر محلول تریکلوسان (۱۰۰ تا ۵۰۰ میکروگرم در لیتر) اضافه شد. در تاریکی به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۳۰۰ هم زده شد تا تعادل جذب و دفع کامل شود (۲۶). سپس، pH (۳، ۵، ۷، ۹، و ۱۱) توسط سود و اسیدکلریدریک ۰/۱ نرمال تنظیم شد. سپس پروکسی مونوسولفات (۲ تا ۱۰ میکرومولار) به محلول اضافه شد. در نهایت محلول در شرایط تاریک با زمان ۳۰ دقیقه در ۱۵۰ دور در دقیقه تکان داده شد. در پایان، ۱۰ میلی لیتر نمونه جمع آوری شد و ۲ میلی لیتر نیترات سدیم (۰/۱ مولار) به آن اضافه شد و بعد از ۵ دقیقه سانتریفیوژ مایع رویی برای آنالیز توسط دستگاه GC/MS جمع آوری شد.

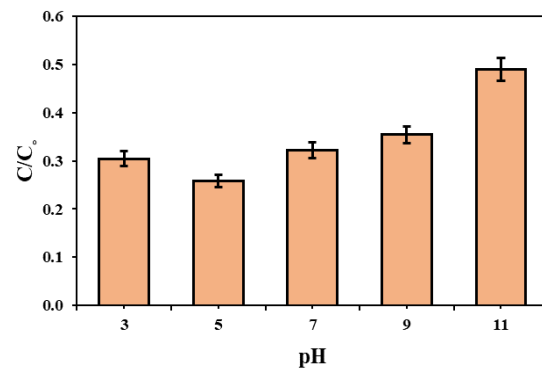
به منظور اندازه گیری تریکلوسان در نمونه ورودی و خروجی فرایند مورد نظر از روش ریزاستخراج مایع در مایع پخشی (DLLME) و کروماتوگرافی گازی/طیف‌سنجی جرمی (Agilent 7890A (GC/MS) استفاده شد (۱۵).

۳- نتایج

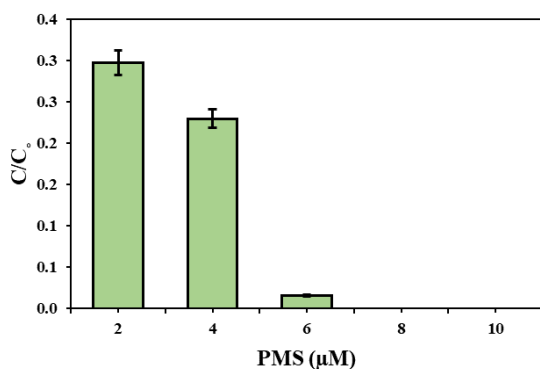
به منظور بررسی اثر pH، مقدار نانوکامپوزیت (کاتالیزور)، غلظت اولیه تریکلوسان، مقدار پروکسی مونوسولفات در زمان ۳۰ دقیقه آزمایشاتی انجام شد. شکل ۱ (الف تا د) به ترتیب نشان دهنده اثر تغییرات pH، مقدار نانوکامپوزیت (کاتالیزور)، غلظت تریکلوزان و مقدار پروکسی مونوسولفات بر فرایند حذف تریکلوسان است. براساس شکل ۱ (الف) کارایی حذف تریکلوسان در pH=۵، ۷۴/۱ درصد افزایش یافته است و pH=۵ مقدار بهینه انتخاب شد. مطابق شکل ۱ (ب) مقدار نانوکامپوزیت (کاتالیزور) بهینه فرایند حذف تریکلوسان ۰/۰۴ گرم در لیتر با راندمان حذف تریکلوسان ۹۰/۶ درصد در نظر گرفته شد. هم‌چنین مطابق شکل ۱ (ج) کارایی حذف تریکلوسان دارای یک روند افزایشی با افزایش غلظت تریکلوسان است و در غلظت ۵۰۰ میکروگرم در لیتر به مقدار ۹۸/۴ درصد رسیده است. بر اساس شکل ۱ (د) افزایش مقدار پروکسی مونوسولفات از ۲ تا ۸ میکرومولار باعث افزایش کارایی حذف از ۷۰/۳ تا ۱۰۰ درصد شده است و بعد به مقدار ثابت رسیده است. در نتیجه مقدار بهینه ۸ میکرومولار انتخاب شد. شرایط بهینه حذف تریکلوزان توسط فرایند اکسیداسیون پیشرفته برپایه رادیکال سولفات در حضور نانوکامپوزیت مورد نظر و پروکسی مونوسولفات، شامل: pH برابر با ۵، مقدار نانوکامپوزیت (کاتالیزور) برابر با ۰/۰۴ گرم در لیتر، مقدار پروکسی مونوسولفات برابر با ۸ میکرومولار و غلظت اولیه تریکلوسان برابر با ۵۰۰ میکروگرم در لیتر با کارایی ۱۰۰ درصد به دست آمد.



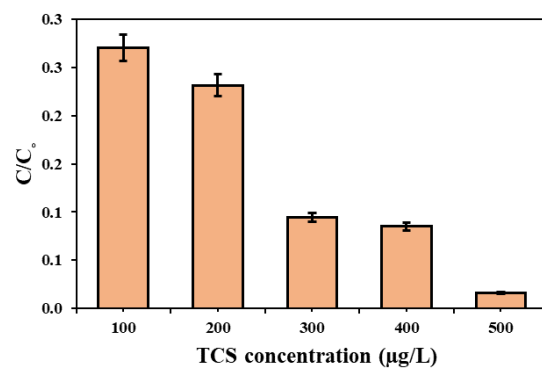
ب



الف



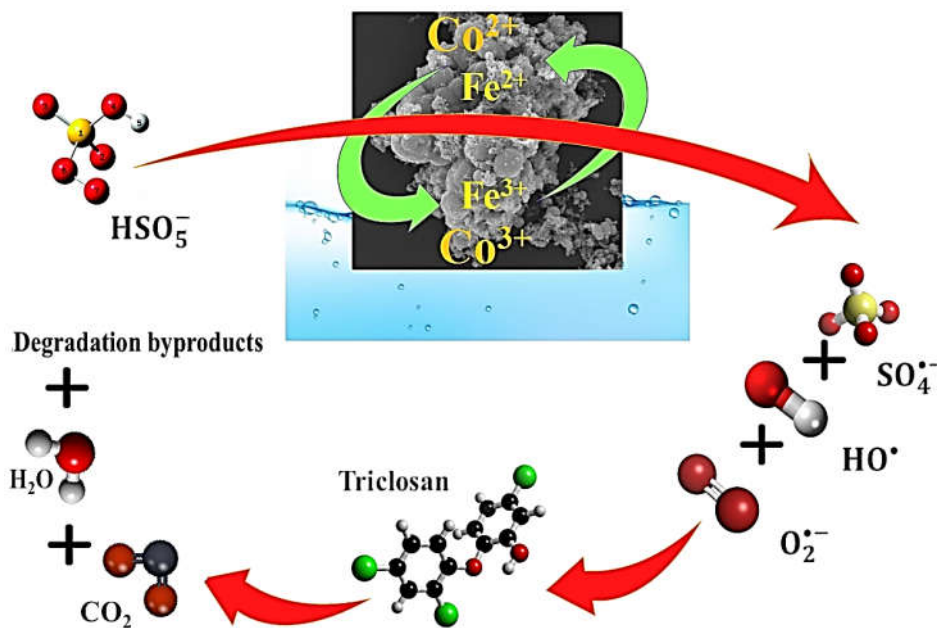
د



ج

شکل ۱: بررسی اثر الف) pH در شرایط: زمان ۳۰ دقیقه، مقدار پروکسی مونوسولفات ۶ μM، غلظت اولیه تریکلوزان ۳۰۰ μg/L، مقدار نانوکامپوزیت (کاتالیزور) ۰/۰۸ g/L (ب) مقدار نانوکامپوزیت (کاتالیزور) در شرایط: زمان ۳۰ دقیقه، pH=۵، غلظت اولیه تریکلوزان ۳۰۰ μg/L، مقدار پروکسی مونوسولفات ۶ μM (ج) غلظت اولیه تریکلوزان در شرایط: زمان ۳۰ دقیقه، مقدار پروکسی مونوسولفات ۶ μM، pH=۵، مقدار نانوکامپوزیت (کاتالیزور) ۰/۰۴ g/L و (د) مقدار پروکسی مونوسولفات در شرایط: زمان ۳۰ دقیقه، غلظت اولیه تریکلوزان ۵۰۰ μg/L، pH=۵، مقدار نانوکامپوزیت (کاتالیزور) ۰/۰۴ g/L بر حذف تریکلوزان

به منظور بررسی مکانیسم پیشنهادی حذف تریکلوزان توسط فرایند اکسیداسیون پیشرفته بر پایه رادیکال سولفات در حضور نانوکامپوزیت حاوی کبالت فریت بر پایه MIL-101-Fe و گرافن اکساید شماتیک شکل ۲ به دست آمد. حضور یون‌های دو ظرفیتی آهن و کبالت در سطح نانوکامپوزیت و واکنش با پروکسی مونوسولفات باعث فعال سازی آن و ایجاد رادیکال‌های سولفات، هیدروکسیل و پراکسید می‌شود. رادیکال‌های ایجاد شده با تریکلوزان واکنش داده و آن را به ترکیبات جانبی آلی و ترکیبات معدنی مانند آب و کربن دی‌اکسید تبدیل می‌کنند.



شکل ۲۰: مکانیسم حذف تریکلوزان

۴- نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر یک نانوکامپوزیت نوین حاوی کبالت فریت بر پایه MIL-101-Fe و گرافن اکساید توسط روش هیدروترمال سنتز شد. هم‌چنین از آن به عنوان کاتالیزور اکسیدکننده پروکسی مونوسولفات در یک فرایند اکسیداسیون پیشرفته برپایه رادیکال سولفات به منظور حذف تریکلوزان استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان دهنده حذف کامل تریکلوزان توسط فرایند مذکور بود. از آن جا که تریکلوزان به عنوان نماینده ریزآلاینده‌های آلی مطرح است فرایند مذکور به عنوان یک فرآیند بسیار موثر و سازگار با محیط زیست برای حذف ریزآلاینده‌های آلی در تصفیه خانه آب خواهد بود. هم‌چنین پیشنهاد می‌شود مطالعات حذف تریکلوزان و ریزآلاینده‌های آلی توسط فرایند مذکور در محیط طبیعی تصفیه خانه آب انجام شود.

مراجع

1. Qian X, Xu L, Zhu Y, Yu H, Niu J. Removal of aqueous triclosan using TiO_2 nanotube arrays reactive membrane by sequential adsorption and electrochemical degradation. *Chemical Engineering Journal*. 2021;420:127615.
2. Tan Q, Chen J, Chu Y, Liu W, Yang L, Ma L, et al. Triclosan Weakens the Nitrification Process of Activated Sludge and Increases the Risk of the Spread of Antibiotic Resistance Genes. *Journal of Hazardous Materials*. 2021:126085.
3. Li Y, Liu S, Wang C, Ying Z, Huo M, Yang W. Effective column adsorption of triclosan from pure water and wastewater treatment plant effluent by using magnetic porous reduced graphene oxide. *Journal of hazardous materials*. 2020;386:121942.
4. San-Román M, Solá-Gutiérrez C, Schröder S, Laso J, Margallo M, Vázquez-Rowe I, et al. Potential formation of PCDD/Fs in triclosan wastewater treatment: An overall toxicity assessment under a life cycle approach. *Science of The Total Environment*. 2020;707:135981.
5. Marazuela M, García-Fresnadillo D. An integrated photosensitizing/adsorbent material for the removal of triclosan from water samples. *Separation and Purification Technology*. 2020;251:117392.

6. Liu S, Zhang Z, Huang F, Liu Y, Feng L, Jiang J, et al. Carbonized polyaniline activated peroxymonosulfate (PMS) for phenol degradation: Role of PMS adsorption and singlet oxygen generation. *Applied Catalysis B: Environmental*. 2021;286:119921.
7. Qi Y, Wei J, Qu R, Al-Basher G, Pan X, Dar AA, et al. Mixed oxidation of aqueous nonylphenol and triclosan by thermally activated persulfate: Reaction kinetics and formation of co-oligomerization products. *Chemical Engineering Journal*. 2021;403:126396.
8. Ren Y, Lin L, Ma J, Yang J, Feng J, Fan Z. Sulfate radicals induced from peroxymonosulfate by magnetic ferrosin MFe_2O_4 (M= Co, Cu, Mn, and Zn) as heterogeneous catalysts in the water. *Applied Catalysis B: Environmental*. 2015;165:572-8.
9. Yang S, Qiu X, Jin P, Dzakpasu M, Wang XC, Zhang Q, et al. MOF-templated synthesis of $CoFe_2O_4$ nanocrystals and its coupling with peroxymonosulfate for degradation of bisphenol A. *Chemical Engineering Journal*. 2018;353:329-39.
10. Chen L, Ding D, Liu C, Cai H, Qu Y, Yang S, et al. Degradation of norfloxacin by $CoFe_2O_4$ -GO composite coupled with peroxymonosulfate: a comparative study and mechanistic consideration. *Chemical Engineering Journal*. 2018;334:273-84.
11. Li J, Xu M, Yao G, Lai B. Enhancement of the degradation of atrazine through $CoFe_2O_4$ activated peroxymonosulfate (PMS) process: kinetic, degradation intermediates, and toxicity evaluation. *Chemical Engineering Journal*. 2018;348:1012-24.
12. Hu P, Long M. Cobalt-catalyzed sulfate radical-based advanced oxidation: a review on heterogeneous catalysts and applications. *Applied Catalysis B: Environmental*. 2016;181:103-17.
13. Hummers Jr WS, Offeman RE. Preparation of graphitic oxide. *Journal of the American Chemical Society*. 1958;80(6):1339.
14. Moazeni M, Hashemian SM, Sillanpää M, Ebrahimi A, Kim K-H. A heterogeneous peroxymonosulfate catalyst built by Fe-based metal-organic framework for the dye degradation. *Journal of Environmental Management*. 2022;303:113897.
15. Montes R, Rodríguez I, Rubí E, Cela R. Dispersive liquid-liquid microextraction applied to the simultaneous derivatization and concentration of triclosan and methyltriclosan in water samples. *Journal of Chromatography A*. 2009;1216(2):205-10.

بازیابی منگنز از غبار کوره قوس الکتریکی با روشی زیستی با استفاده از مخمر

یاروویا لیپولیتیکا

سیده ندا موسوی^۱، سیدمحمد م وسوی^{۲*}، علی اسلامی‌منش^۳

۱- دانشجو دکتری گروه بیوتکنولوژی، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران،

sneda.mousavi@modares.ac.ir

۲- استاد گروه بیوتکنولوژی، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، mousavi_m@modares.ac.ir

۳- استادیار گروه فرآیند، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، ali.eslamimanesh@modares.ac.ir

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: mousavi_m@modares.ac.ir

Manganese recovery from electric arc furnace dust by bioleaching using *Yarrowia lipolytica* yeast

Seydeh Neda Mousavi¹, Seyyed Mohammad Mousavi^{2*}, Ali Eslamimanesh³

1- Biotechnology group, School of Chemical Engineering, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran, sneda.mousavi@modares.ac.ir

2- Biotechnology group, School of Chemical Engineering, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran, mousavi_m@modares.ac.ir

3- Process group, School of Chemical Engineering, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran, ali.eslamimanesh@modares.ac.ir

*Corresponding author: mousavi_m@modares.ac.ir

ABSTRACT

In this article, the dissolution of manganese from the electric arc furnace dust of Tabarestan Steel foundry was carried out with bioleaching, spent-medium method. *Yarrowia lipolytica* yeast was used to produce organic acids and cultivated in a specific medium to produce organic acids. Four culture mediums with initial pH of 5.5 and 7 and crude glycerol (as carbon source) concentrations of 80 and 100 g/L, incubated at 140 rpm and 30°C in a shaker incubator. After centrifugation, it was carried out for biological leaching at a temperature of 60°C, pulp density of 1% (W.V⁻¹), and time of 3 and 6 days. The results showed that the highest manganese dissolution was related to culture medium with initial pH=5.5, crude glycerol concentration of 80g/liter, and bioleaching time of 3 days, which extracted 58.55% of the manganese of the electric arc furnace dust into the liquid phase.

Key words: Manganese, Electric arc furnace dust, Bioleaching, Spent-medium, *Yarrowia lipolytica*.

چکیده

در این مقاله، انحلال فلز منگنز از غبار کوره قوس الکتریکی ریخته‌گری فولاد طبرستان با روشی زیستی به روش محیط کشت مستعمل انجام شد. از مخمر یاروویا لیپولیتیکا برای تولید اسیدهای آلی استفاده شد. این مخمر در محیط کشت اختصاصی تولیدکننده اسیدهای آلی کشت داده شد. چهار محیط کشت با pH اولیه ۵/۵ و ۷ و غلظت گلیسرول خام ۸۰ g/L و ۱۰۰ g/L به مدت ۹ روز در گرمخانه لرزان با دور ۱۴۰ rpm و دمای ۳۰°C قرار گرفتند. رومانند آن پس از سانتریفیوژ برای روشی زیستی در دمای ۶۰°C، غلظت پالپ ۱٪ (وزنی/حجمی) و زمان ۳ و ۶ روز استفاده شد. نتایج نشان دادند بیشترین انحلال منگنز مربوط به محیط کشت با pH=۵/۵، غلظت گلیسرول خام ۸۰ g/L و زمان روشی زیستی ۳ روز بود، که ۵۸/۵۵٪ منگنز موجود در غبار کوره قوس الکتریکی را بازیابی کرد.

واژه‌های کلیدی: منگنز، غبار کوره قوس الکتریکی، فروشویی زیستی، محیط کشت مستعمل، یاروویا لیپولیتیکا.

۱- مقدمه

صنعت فولاد از مهم‌ترین صنایع در جهان است و نگرانی‌هایی نیز در مورد خطرات زیست‌محیطی آن وجود دارد. دو روش رایج تولید فولاد، کوره اکسیژن پایه و کوره قوس الکتریکی است و در ایران حدود ۸۵٪ تولید فولاد با روش کوره قوس الکتریکی انجام می‌شود. دما در این کوره‌ها حین ذوب فلز به 1600°C یا بیشتر می‌رسد، که باعث می‌شود بسیاری از فلزات موجود در بار کوره وارد فاز بخار شوند (۱). به‌ازای تولید هرتن فولاد با کوره‌های قوس الکتریکی ۱۰-۱۵ کیلوگرم غبار تولید می‌شود، که به‌علت حضور فلزاتی مانند روی، سرب، کادمیوم، منگنز و کروم در دسته پسماندهای خطرناک و باارزش قرار می‌گیرد. این پسماند در اغلب کارخانجات فولاد ایران مستقیم در محوطه ریخته می‌شود و می‌تواند به محیط زیست، سلامت کارکنان، حیوانات و گیاهان آسیب جدی بزند (۲). روش‌هایی که تاکنون برای مدیریت این پسماند استفاده شده، روش‌های هیدرومتالورژی و پیرومتالورژی است، که به‌ترتیب با استفاده از مواد اسیدی و قلیایی قوی و مصرف انرژی بالا هم به محیط زیست آسیب می‌زنند و هم هزینه‌بر هستند (۱، ۳، ۴). فروشویی زیستی فناوری شبیه به هیدرومتالورژی است، که برای انحلال فلزات به متابولیت‌های تولیدشده توسط ریزاندامگان‌ها وابسته است (۵).

مخمرها نسبت به قارچ‌ها بهره‌وری بالاتر و کشت آسان‌تری دارند، به همیت دلیل در این پژوهش از مخمر یاروویا لیپولیتیکا که توانایی تولید اسیدهای آلی مانند اسیدهای سیتریک، ایزوسیتریک، آلفاگلوکوتاریک، فوماریک، مالیک و پیروویک را در شرایط مختلف و منابع کربن متفاوت دارد استفاده شد. این مخمر در دمای کمتر از 34°C و بازه pH بین ۴/۵ تا ۶/۵ می‌تواند رشد کند. کاملاً هوازی است، سرعت رشد بالایی دارد و توانایی مصرف طیف وسیعی از سوبستراها مانند هیدروکربن‌ها، اسیدهای چرب، الکل‌ها و استات‌ها را دارد (۶، ۷).

فلز هدف برای فروشویی زیستی در این پژوهش منگنز است. ابتدا دو غلظت مختلف منبع کربن گلیسرول خام در دو pH اولیه متفاوت برای مخمر یاروویا لیپولیتیکا مورد بررسی قرار گرفت، میزان اسیدهای آلی تولیدی آن با روش تیتراسیون پتانسیومتری اندازه‌گیری شد و فروشویی زیستی غبار کوره قوس الکتریکی برای بازیابی منگنز با روش محیط کشت مستعمل انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه غبار کوره قوس الکتریکی

غبار کوره قوس الکتریکی از ریخته‌گری فولاد طبرستان، که بار آن قراضه‌های فولادی و آهن اسفنجی است، تهیه شد. با افزایش نسبت سطح به حجم و کوچک شدن اندازه ذرات، نرخ واکنش فروشویی زیستی افزایش می‌یابد (۱۱)، برای بهینه‌سازی اندازه ذرات پژوهش‌هایی انجام شد و براساس نتایج آنها ذرات کوچک‌تر از ۷۵ میکرون به‌عنوان اندازه بهینه انتخاب شد (۹). با استفاده از الک لرزان با مش ۲۰۰، ذرات کوچک‌تر از ۷۵ میکرون برای فروشویی زیستی جدا شدند. pH اولیه غبار کوره قوس الکتریکی با اضافه کردن یک گرم از آن به ۵۰ میلی‌لیتر آب دی‌یونیزه و هم خوردن با سرعت ۱۴۰ rpm (DAIHAN Scientific) در دمای اتاق تا ثابت شدن آن اندازه‌گیری شد (۶). آزمون^۱ ICP-OES پس از هضم شیمیایی غبار کوره قوس الکتریکی انجام شد تا درصد فلزات موجود در آن مشخص شود.

۲-۲- تهیه مخمر یاروویا لیپولیتیکا

^۱ Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer

سویه یاروویا لیپولیتیکا IBRC-M30168 از مرکز ملی ذخایر ژنتیکی و زیستی ایران به صورت کشت فعال تهیه شد و مطابق دستورالعمل مرکز ملی ذخایر ژنتیکی و زیستی ایران، در دمای ۳۰°C و محیط کشت YM¹ (۳ گرم عصاره مالت، ۳ گرم عصاره مخمر، ۵ گرم پپتون میت و ۱۰ گرم گلوکز در هر لیتر) رشد داده شد (کلیه مواد از شرکت مرک آلمان تهیه شدند) و مایه تلقیح آن تهیه شد. برای تولید اسیدهای آلی از محیط کشت اختصاصی استفاده شد، که هر لیتر آن حاوی ۱۷/۶۵ گرم Na₂HPO₄.12H₂O، ۷ گرم KH₂PO₄، ۱/۵ گرم MgSO₄.7H₂O، ۰/۲ گرم CaCl₂.H₂O، ۰/۱۵ گرم FeCl₃.6H₂O، ۰/۰۶ گرم MnSO₄.H₂O، ۰/۰۲ گرم ZnSO₄.7H₂O و ۰/۲۷ گرم عصاره مخمر (مواد از شرکت مرک آلمان تهیه شدند) است (۱۰). محیط کشت‌های اختصاصی در دو pH اولیه ۷ و ۵/۵ و دو غلظت گلیسرول خام ۸۰ g/L و ۱۰۰ g/L تهیه شدند و از ۵٪ مایه تلقیح برای شروع فرآیند استفاده شد. ۹ روز در گرمخانه لرزان با دور ۱۴۰ rpm و دمای ۳۰°C قرار گرفتند و سپس با استفاده از ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ در دور ۶۰۰ rpm سلول از رومان جدا شد و رومان برای فروشویی زیستی مورد استفاده قرار گرفت.

۲-۳- تیتراسیون پتانسیومتری

امروزه روش‌های مختلف کروماتوگرافی یونی، کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا، الکتروفورز مویرگی و کروماتوگرافی گازی برای تعیین اسیدهای آلی استفاده می‌شوند. این روش‌ها دقت بالایی دارند اما نیاز به تحلیل‌گران ماهر و تجهیزات گران‌قیمت دارند (۱۱). پتانسیومتری روش الکتروشیمیایی برای بررسی میزان ماده، در نمونه است و مزیت آن سهولت آنالیز، دقت و حساسیت بالا، قابلیت نشان دادن دقیق‌تر نقطه پایان تیتراسیون، تیتراسیون در محیط‌های کدر و رنگی و آنالیز عصاره‌های آبی و غیر آبی است (۱۲).

برای انجام این آزمون، ۱ mL نمونه با ۱۹ میلی‌لیتر آب دی‌یونیزه رقیق شد و سپس با محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تیتر شد. در هر مرحله ۰/۰۵ mL محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱ مولار به نمونه اضافه شد و پس از برقراری تعادل، pH آن با استفاده از pH متر اندازه‌گیری شد. این کار تا pH حدود ۱۰ ادامه یافت. منحنی تیتراسیون به صورت pH برحسب حجم تیتران مورد استفاده رسم شد و سپس مشتق این نمودار نیز رسم شد تا نقطه هم‌ارزی و پایانی تیتراسیون به صورت دقیق مشخص شود (۱۲، ۱۳). درصد جرمی محتوای اسید آلی آزاد (X) با در نظر گرفتن تمام اسید تولیدی به صورت اسید سیتریک، مطابق معادله (۱) محاسبه شد (۱۳):

$$X = \frac{(V_{eq} - V_b) \times 0.0064}{m} \times 100 \quad (1)$$

که در آن ۰/۰۶۴ میزان اسیدسیتریک معادل با ۱ mL هیدروکسید سدیم ۰/۱ مولار برحسب گرم؛ V_{eq} حجم هیدروکسید سدیم ۰/۱ مولار مورد استفاده در تیتراسیون برحسب میلی‌لیتر، V_b حجم هیدروکسید سدیم ۰/۱ مولار مورد استفاده برای تیتراسیون نمونه شاهد برحسب میلی‌لیتر است و m جرم ماده خام مورد استفاده برحسب گرم است.

۲-۴- فروشویی زیستی

فروشویی زیستی غبار کوره قوس الکتریکی ریخته‌گری فولاد طبرستان با غلظت پسماند ۱٪ (وزنی/حجمی)، در دمای ۶۰°C و دور ۱۴۰ rpm به مدت ۳ روز با استفاده از چهار محیط کشت مستعمل مورد بررسی، انجام شد و تغییرات pH و Eh آنها، هر ۱۲ ساعت اندازه‌گیری شد. پس از سه روز و شش روز باقیمانده فروشویی از رومان جدا شد و رومان برای آزمون ICP-OES ارسال شد. وزن باقیمانده فروشویی زیستی پس از دو بار شست‌وشو با آب دی‌یونیزه و خشک شدن در ۶۰°C اندازه‌گیری شد.

¹ Yeast extract-Malt extract

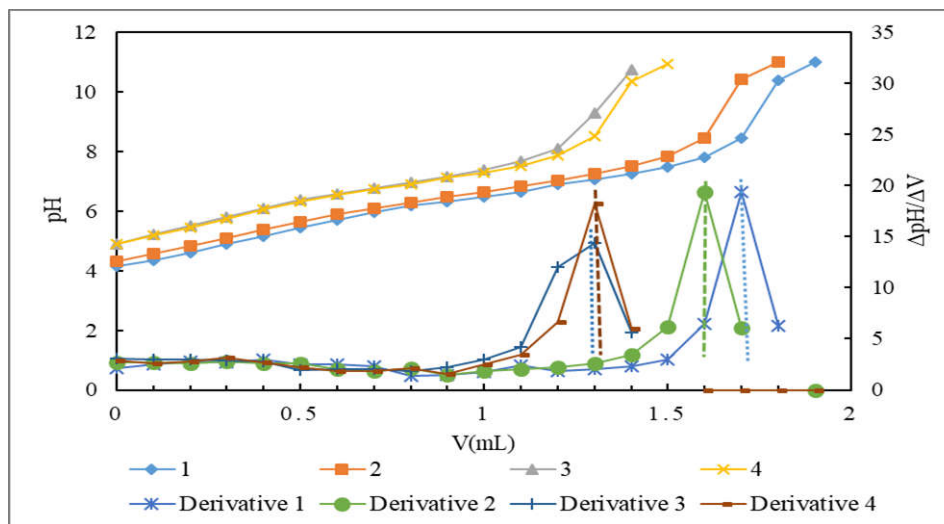
۳- بحث و نتایج

۳-۱- غبار کوره قوس الکتریکی

بعد از ۲۴ ساعت pH غبار کوره قوس الکتریکی روی حدود ۴/۵ ثابت شد. آزمون ICP-OES، پس از هضم قلیایی انجام شد و نشان داد، آهن بیشترین سهم را در بین فلزات موجود در غبار کوره قوس الکتریکی ریخته‌گری فولاد طبرستان به خود اختصاص داده است و بعد از آهن منگنز دومین فلز پرمقدار در این غبار است. این غبار حاوی ۲۷/۳٪ آهن، ۴/۱٪ منگنز، ۱/۴٪ کروم و ۱٪ روی است.

۳-۲- تیتراسیون پتانسیومتری

تیتراسیون پتانسیومتری محیط کشت‌ها در روز نهم انجام شد. تیترانت مورد استفاده برای نمونه شاهد در این محاسبه مساوی صفر بود. طبق نمودارهای شکل ۱، که نقطه پایانی تیتراسیون را نشان می‌دهد و معادله ۱، غلظت اسید سیتریک تولید شده در چهار محیط کشت مورد بررسی محاسبه و در جدول ۱ آورده شد.



شکل ۸: تغییرات pH بر حسب حجم تیترانت مصرفی و مشتق آن برای تیتراسیون پتانسیومتری محیط کشت‌های ۱، ۲، ۳ و ۴

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود میزان اسیدهای آلی در محیط کشت‌های ۱ و ۲ بیشتر از محیط کشت‌های ۳ و ۴ است که می‌تواند مربوط به pH اولیه متفاوت آنها باشد. نتایج نشان می‌دهد محیط کشت ۱ در مقایسه با محیط کشت ۲ و محیط کشت ۳ در مقایسه با محیط کشت ۴، میزان اسیدهای آلی بیشتری دارد.

جدول ۲: میزان اسید آلی تولیدی محاسبه شده با روش تیتراسیون پتانسیومتری

نمونه	عوامل مورد بررسی		نتیجه
	pH	غلظت گلیسرول خام (g/L)	
۱	۵/۵	۸۰	۲۲۰۰۰
۲	۵/۵	۱۰۰	۲۰۴۰۰
۳	۷	۸۰	۱۶۶۰۰
۴	۷	۱۰۰	۱۶۹۰۰

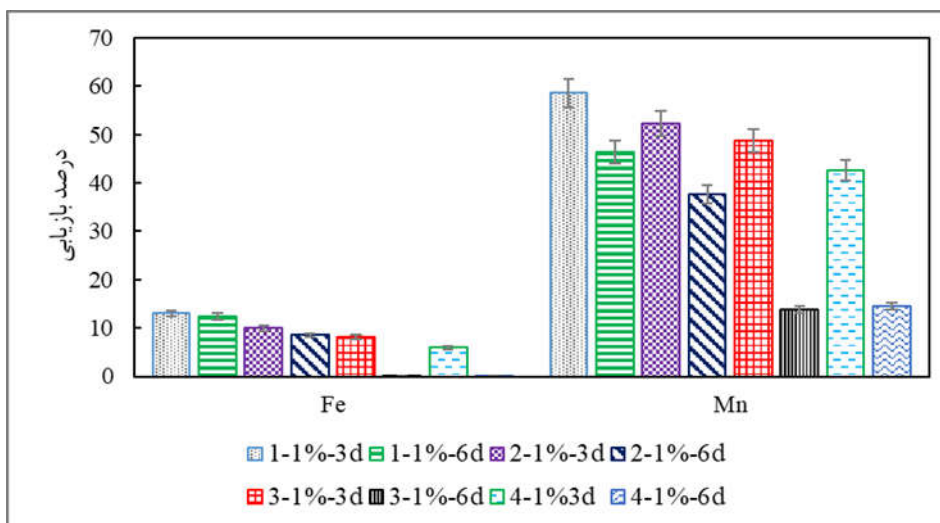
میزان گلیسرول خام مورد استفاده در این پژوهش کمتر از میزان ممانعت‌کنندگی گزارش شده برای این منبع کربن است (۱۴، ۱۵). با این وجود، طبق نتایج، با افزایش میزان منبع کربن گلیسرول خام میزان اسیدهای آلی کاهش می‌یابد و یا بی‌تغییر باقی می‌ماند. این موضوع می‌تواند به ترکیبات ناشناخته موجود در گلیسرول خام مورد استفاده و سمیت و بازدارندگی منبع کربن گلیسرول خام برای مخمر *یاروویا لیپولیتیکا* مربوط باشد، که موجب تولید کمتر عوامل فروشویی زیستی در غلظت بالاتر منبع کربن شد.

۳-۲- فروشویی زیستی

درصد بازیابی فلز از پسماند با **Error! Reference source not found.** محاسبه شد و نتایج آن در شکل ۲ آورده شد:

$$R_{metal} = \frac{C_L \times V}{C_I} \times 100 \quad (2)$$

که در آن R_{metal} درصد بازیابی فلز مورد نظر، C_L مقدار فلز مورد نظر در محلول فروشویی زیستی بر حسب mg/L ، V حجم محلول فروشویی زیستی بر حسب لیتر، W جرم پودر در محلول فروشویی زیستی بر حسب کیلوگرم و C_I میزان فلز مورد نظر در پودر اولیه پیش از انجام فروشویی زیستی بر حسب mg/Kg است (۱۶).



شکل ۹: درصد بازیابی آهن و منگنز در محیط کشت‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ در روزهای سوم و ششم

با پیشرفت فرآیند فروشویی در محیط و حمله H^+ به پسماند، کاهش H^+ در محیط رخ می‌دهد و در نتیجه میزان pH محیط افزایش پیدا می‌کند. بررسی روند تغییرات pH برای این چهار محیط فروشویی نیز نشان داد، pH محیط کشت‌های [۱] و [۲] و [۳] طی سه روز به ترتیب از حدود ۳/۷ و ۴/۱ و ۴/۵ به حدود ۵/۵ و طی شش روز به ترتیب از حدود ۳/۷ و ۴/۱ به حدود ۵/۴ و ۶/۱ افزایش می‌یابد. براساس نمودار پوربه، انحلال یون منگنز در محدوده Eh مورد بررسی (350mV – 150mV)، با نزدیک شدن به pH حدود ۶ کاهش می‌یابد (۱۷)، که کاهش میزان منگنز محلول با گذشت زمان را توجیه می‌کند.

جدول ۳: تغییرات وزن پس از فروشوی زیستی

نمونه	فروشوی زیستی ۳ روزه	فروشوی زیستی ۶ روزه
۱	تغییر وزن (%): -۱/۲	تغییر وزن (%): -۱۴/۷
۲	-۰/۸	-۱۰
۳	+۰/۷	+۹/۲
۴	+۰/۸	+۱۳/۷

رسوب جاروسیت با پوشاندن سطح پسماند منجر به عدم تماس عوامل فروشوی موجود در محیط با فلزات موجود در پسماند می‌شود و افزایش pH شرایط را برای تشکیل این رسوب فراهم می‌کند (۱۸، ۱۹). در جدول ۲ مشاهده می‌شود، که وزن باقیمانده با گذشت زمان برای محیط کشت‌های ۳ و ۴ افزایش می‌یابد، این افزایش وزن می‌تواند مربوط به افزایش pH و در نتیجه تشکیل رسوب جاروسیت باشد. در محیط‌های ۱ و ۲ با گذشت زمان کاهش وزن بیشتر می‌شود و میزان آهن موجود در محیط مایع تقریباً ثابت می‌ماند، ولی در محیط ۳ و ۴ تغییر میزان آهن محلول و افزایش وزن باقیمانده فروشوی مشهود است، که نشان می‌دهد افزایش وزن می‌تواند مربوط به تشکیل رسوب جاروسیت باشد.

۴- نتیجه‌گیری

از مخمر *یاروویا لیپولیتیکا* در فروشوی زیستی به روش محیط کشت مستعمل غبار کوره قوس الکتریکی ریخته‌گری فولاد طبرستان به‌منظور بازیابی منگنز استفاده شد. محیط کشت اختصاصی برای تولید اسیدهای آلی مورد استفاده قرار گرفت و نتایج تیتراسیون پتانسیومتری نشان دادند محیط کشت با pH اولیه ۵/۵ و غلظت گلیسرول خام ۸۰ g/L حاوی بیشترین مقدار اسیدهای آلی بود. فروشوی زیستی به روش محیط کشت مستعمل با ۴ محیط کشت مورد بررسی در دمای ۶۰°C، غلظت پالپ ۱٪ (وزنی/حجمی) و در بازه‌های زمانی ۳ روزه و ۶ روزه انجام شد. با توجه به نتایج آزمون ICP-OES بیشترین میزان فروشوی منگنز مربوط به فروشوی ۳ روزه با محیط کشت با pH اولیه ۵/۵ و غلظت گلیسرول خام ۸۰ g/L است. باقیمانده فروشوی پس از شست‌وشو و خشک شدن، وزن شد و نتایج نشان دادند که وزن باقیمانده با گذشت زمان برای محیط‌های ۳ و ۴ افزایش می‌یابد، این افزایش وزن می‌تواند مربوط به افزایش pH و در نتیجه تشکیل رسوب جاروسیت باشد، که تغییر میزان آهن محلول و افزایش وزن باقیمانده فروشوی می‌تواند شاهد این مدعا باشد. pH نیز نقش مهمی در انحلال فلزات دارد، انحلال یون منگنز در محدوده Eh مورد بررسی، با نزدیک شدن به pH حدود ۶ کاهش می‌یابد، که کاهش انحلال منگنز با افزایش زمان که همراه با افزایش pH است را توجیه می‌کند.

مراجع

1. Lanzerstorfer C and Preitschopf W. Steelmaking dust: Speciation of zinc by sequential leaching. *Inzynieria Mineralna* 2020 February;2:79–82
2. Moghaddam MH, Lashkaripour GR, and Dehghan P. Environmental pollution evaluation of steel plants for achieving sustainable development ; case study : khorasan steel complex of Iran. *Journal of Biodiversity and Environmental Science* 2014 June;4(6):131–140
3. Khanmohammadi Hazaveh P, Karimi S, Rashchi F, and Sheibani S. Purification of the leaching solution of recycling zinc from the hazardous electric arc furnace dust through an as-bearing jarosite. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 2020 February;202(1):110893
4. Kordzadeh E, Mourão JM, and Schwalm T. an Outlook To Iranian Iron Ore and Ironmaking Industries.

6th Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minérios 2018 November; 165–176

5. Gomes HI, Funari V, Mayes WM, Rogerson M, and Prior TJ . Recovery of Al, Cr and V from steel slag by bioleaching: Batch and column experiments. Journal of Environmental Management 2018 January;222(1):30–36
6. Sadeghabad MS, Bahaloo-Horeh N, and Mousavi SM. Using bacterial culture supernatant for extraction of manganese and zinc from waste alkaline button-cell batteries. Hydrometallurgy 2019 December;188(10):81–91
7. Antonick PJ, Hu Z, Fujita Y, Reed DW, Das G, Wu L, Shivaramaiah R, Kim P, Eslamimanesh A, Eslamimanesh MM, Jiao Y, Anderko A, Navrotsky A, and Riman RE . Bio- and mineral acid leaching of rare earth elements from synthetic phosphogypsum. Journal of Chemical Thermodynamics 2019 December;132:491–496
8. Gu T, Rastegar SO, Mousavi SM, Li M, and Zhou M. Advances in bioleaching for recovery of metals and bioremediation of fuel ash and sewage sludge. Bioresource Technology 2018 February;261(2): 428–440
9. Montenegro V, Agatzini-Leonardou S, Oustadakis P, and Tsakiridis P. Hydrometallurgical Treatment of EAF Dust by Direct Sulphuric Acid Leaching at Atmospheric Pressure. Waste and Biomass Valorization 2016 December;7(6): 1531–1548
10. Carsanba E and Fickers P. Screening various *Yarrowia lipolytica* strains for citric acid production. Yeast 2019 May;36(5):319–327
11. Maslov OY, Kolisnyk SV, Kostina TA, Shovkova ZV, Ahmedov EY, and Komisarenko MA. Validation of the alkalimetry method for the quantitative determination of free organic acids in raspberry leaves. Journal of Organic and Pharmaceutical Chemistry 2021 March;1548(73):53–58
12. Sergunova EV, Sorokina AA, Bokov DO, Marakhova I, and Vyacheslavovna E. Qualitative and Quantitative Determination of Organic Acids in Crude Herbal Drugs and Medicinal Herbal Preparations for Quality Control in Russian Federation by Modern Physicochemical Methods. Pharmacognosy Journal 2019 September;11(5):1132–1137
13. Paula A and Conte DF. Accumulation of malic acid and other industrially important organic acids by *aspergillus tubingensis* AN1257. Brazilian Journal of Development 2020 September;6(9):70999–71021
14. Kumar LR, Yellapu SK, Tyagi RD, and Drogui P. Purified crude glycerol by acid treatment allows to improve lipid productivity by *Yarrowia lipolytica* SKY7. Process Biochemistry 2020 March;96:165–173
15. Rymowicz W, Rywińska A, Zarowska B, and Juszczak P. Citric acid production from raw glycerol by acetate mutants of *Yarrowia lipolytica*. Chemical Paper 2006 October;60(5): 391–394
16. Golzar-Ahmadi M and Mousavi SM. Extraction of valuable metals from discarded AMOLED displays in smartphones using *Bacillus foraminis* as an alkali-tolerant strain. Waste Management 2021 May;131:226–236
17. Chen BR, Sun W, Kitchaev DA, Stone KH, Davis RC, Ceder G, Schelhas LT, and Toney MF. Kinetic origins of the metastable zone width in the manganese oxide Pourbaix diagram. Journal of Materials and Chemistry 2021 February;2:7857–7867
18. Srichandan H, Mohapatra RK, Parhi PK, and Mishra S. Bioleaching approach for extraction of metal values from secondary solid wastes: A critical review. Hydrometallurgy 2019 July;189(105122):1–14
19. Tsakiridis PE, Oustadakis P, Katsiapi A, and Agatzini-Leonardou S. Hydrometallurgical process for zinc recovery from electric arc furnace dust (EAFD). Part II: Downstream processing and zinc recovery by electrowinning. Journal of Hazardous Material 2010 July;179(1–3):8–14

تاثیر نانو ذره کورکومین بر یاد گیری و حافظه فضایی پس از بیهوشی با

کتامین در موش صحرایی

رضا طهماسبی^۱، عباس رئیسی^{۲*}، مجید طاعتی^۳، سروش افشار قهرمانی^۴

۱- دانشجوی دکتری دامپزشکی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

۲- دانشیار جراحی دامپزشکی، گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

۳- دانشیار فیزیولوژی دامپزشکی، گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

۴- رزیدنت بهداشت مواد غذایی دامپزشکی، بخش بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

* آدرس ایمیل نویسنده مسئول: Raisi.a@lu.ac.ir

The effect of curcumin nanoparticles on learning and spatial memory after anesthesia with ketamine in rats

Reza Tahmaseby¹, Abbas Raisi^{2*}, Majid Taati³, Soroush Afshar Ghahramani⁴

1- DVM student, Faculty of Veterinary Medicine, Khorramabad, Iran.

2- Associate Professor of Veterinary Surgery, Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

3- Associate Professor of Veterinary physiology, Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

4- Resident in Veterinary Food Hygiene, Department of Food Hygiene and quality control, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran.

* Corresponding author: Raisi.a@lu.ac.ir

ABSTRACT

The effect of antioxidant compounds in plants has been proven to improve memory. Curcumin, the main compound in turmeric, has strong anti-inflammatory and antioxidant properties. On the other hand, the role of inflammation and oxidations in disrupting brain learning activities has also been widely studied. One of the side effects of anesthetic drugs is learning and memory impairment. The aim of this study is to investigate the effects of curcumin nanoparticles on learning and spatial memory of large laboratory rats after anesthesia with ketamine. In this study, the animals were in four groups: curcumin nanoparticle group + ketamine anesthesia, curcumin nanoparticle group without anesthesia, normal feeding + anesthesia, normal feeding without anesthesia. For two weeks, two groups of animals were fed curcumin nanoparticles (20 mg/kg) and the other two groups were fed normal saline. On the last day, one of the groups that received curcumin nanoparticles and one of the groups that received normal saline were anesthetized with ketamine. Two hours after anesthesia, all animals were subjected to learning and spatial memory test in Morris water maze. Curcumin nanoparticle was able to significantly increase learning in the group that received anesthetic compared to the beginning of the course ($P < 0.05$), but it had no significant effect on spatial memory. The results of this study show that curcumin can reduce the negative effects of anesthesia on learning through its anti-inflammatory and antioxidant properties.

Key words: curcumin, nanoparticle, ketamine, learning, spatial memory

چکیده

تاثیر ترکیبات آنتی‌اکسیدان موجود در گیاهان در تقویت حافظه به اثبات رسیده است. کورکومین ترکیب اصلی موجود در زردچوبه دارای خواص قوی ضد التهاب و آنتی‌اکسیدانی است. از طرف دیگر نقش التهاب و اکسیداسیون‌ها در ایجاد اختلال در فعالیت‌های یادگیری مغز نیز مورد مطالعه گسترده قرار گرفته است. یکی از عوارض داروهای بیهوشی اختلال در یادگیری و حافظه است. هدف از این مطالعه بررسی اثرات نانو ذره کورکومین بر یادگیری و حافظه فضایی موش بزرگ آزمایشگاهی پس از بیهوشی با کتامین است. در این مطالعه حیوانات در چهار گروه قرار داشتند: گروه نانوذره کورکومین + بیهوشی با کتامین، گروه نانوذره کورکومین بدون بیهوشی، تغذیه نرمال + بیهوشی، تغذیه نرمال بدون بیهوشی. بمدت دو هفته به دو گروه از حیوانات، نانو ذره کورکومین (۲۰ mg/kg) و به دو گروه دیگر نرمال سالیین خورنده شد. در روز آخر یکی از گروه‌هایی که نانو ذره کورکومین و یکی از گروه‌هایی که نرمال سالیین دریافت کرده بودند تحت بیهوشی با کتامین قرار گرفتند. دو ساعت پس از بیهوشی همه حیوانات وارد تست یادگیری و حافظه فضایی در ماز آبی موریس شدند. نانو ذره کورکومین توانست یادگیری را در گروهی که داروی بیهوشی دریافت کرده بودند نسبت به ابتدای دوره بصورت معنی داری ($P < 0.05$) افزایش دهد اما بر حافظه فضایی تاثیر معنی داری نداشت. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که کورکومین از طریق خواص ضد التهابی و آنتی‌اکسیدانی می‌تواند اثرات منفی بیهوشی بر یادگیری را تخفیف دهد.

واژه‌های کلیدی: کورکومین، نانوذره، کتامین، یادگیری، حافظه فضایی

۱- مقدمه

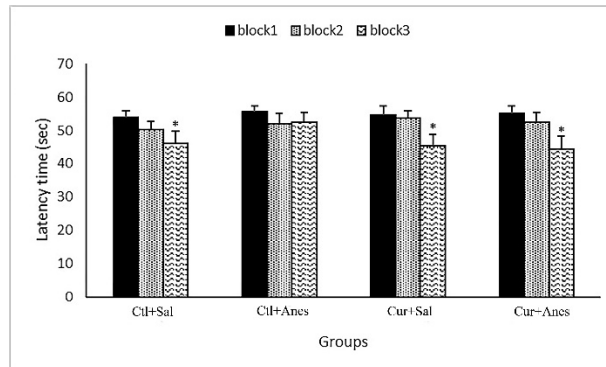
استفاده از ترکیبات بیهوشی همرا با اختلالات مغزی است (۱). مطالعات بر تغییرات مورفولوژیک و نقائص دراز مدت عملکردی مغز در بیهوشی‌ها تاکید دارند (۲). اختلال شناختی پس از جراحی‌ها می‌تواند به کاهش یادگیری و حافظه منجر شود (۳). کتامین یکی از داروهای بیهوشی پرمصرف می‌باشد که دارای ویژگی‌های مثبت مانند استفاده راحت، راههای مختلف تجویز و درجه اطمینان بالای مصرف است. با اینحال بیهوشی حاصل از کتامین همراه با بروز فراموشی، اختلال در حافظه، توهم، گیجی و آشفتگی است (۴). استفاده از مواد طبیعی با ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی می‌تواند در تقویت فعالیت‌های مغزی موثر باشند (۵ و ۶). کورکومین یکی از ترکیبات مهم زردچوبه با اثرات متنوع مانند خواص ضد التهابی و آنتی‌اکسیدانی است (۴). با توجه به موارد ذکر شده، در مطالعه حاضر اثرات کورکومین بر یادگیری و حافظه فضایی پس از بیهوشی با کتامین مورد مطالعه قرار گرفته است.

۲- مواد و روش کار

در این مطالعه تجربی از ۲۰ سر موش صحرایی نژاد نر ویستار استفاده شد. موش‌ها در ابتدا به طور تصادفی به ۲ دسته ۱۰ تایی تقسیم شدند. سپس به مدت دو هفته و به ترتیب در دسته اول و دوم، روزی یک بار نانوکورکومین (۲۰ mg/kg) و نرمال سالیین از طریق گاوژ به موش‌ها خورنده شد. بعد از هفته دوم هر کدام از دسته‌ها به دو گروه ۵ تایی تقسیم و در یک گروه از هر دسته، بیهوشی از طریق تزریق کتامین با دوز ۷۵ mg/kg به صورت داخل صفاقی ایجاد گردید. دو ساعت پس از برگشت از بیهوشی، در همه حیوانات تست یادگیری و حافظه فضایی با استفاده از ماز آبی موریس انجام شد. در این روش برای بررسی یادگیری، هر کدام از حیوانات در سه مرحله (بلاک) با فاصله نیم ساعت از هم، در تانک ماز آبی موریس از چهار جهت قرار گرفته و مدت زمان رسیدن (latency time) آن‌ها به سکوی پنهان ثبت گردید. برای بررسی وضعیت حافظه فضایی نیز در مرحله پروب تست، سکوی پنهان از تانک ماز آبی جدا و هر کدام از حیوانات بمدت یک دقیقه در ماز آبی قرار داده شدند تا میزان حضور آن‌ها در ناحیه هدف (ناحیه حضور سکوی) ثبت شود.

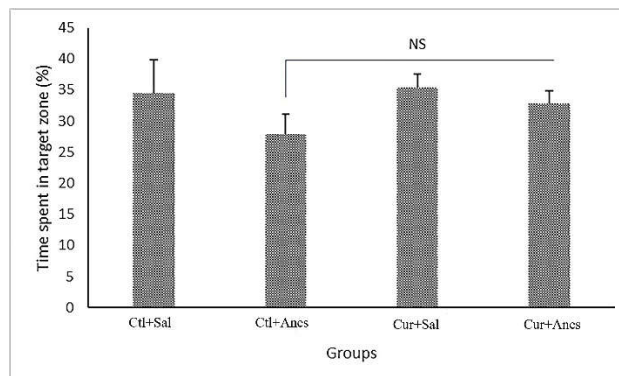
۳- نتایج

با بررسی مقایسه میانگین زمان رسیدن به سکوی پنهان که نشان دهنده میزان یادگیری حیوانات در این روش است، مشخص گردید که زمان رسیدن به سکو در بین بلاک سوم و اول در همه گروه‌ها بجز گروه کنترل+بییهوشی تفاوت معنی دار وجود دارد (نمودار). بررسی وضعیت حافظه حیوانات نشان داد که علی‌رغم حضور بیشتر گروه کورکومین+بییهوشی در مقایسه با گروه کنترل+بییهوشی در ناحیه هدف، این تفاوت معنی دار نیست.



نمودار ۱: بررسی یادگیری حیوانات در تست ماز آبی موریس از طریق مقایسه زمان رسیدن به سکوی پنهان در میان بلاک‌های سه گانه در گروه‌های مختلف. علامت * نشان‌دهنده معنی دار بودن ($P < 0.05$) بین بلاک ۳ و بلاک ۱ است.

Ctl+sal: گروه کنترل+نرمال سالین; Ctl+Anes: گروه کنترل+بییهوشی; Cur+Sal: گروه کورکومین+نرمال سالین; Cur+Anes: گروه کورکومین+بییهوشی



نمودار ۲: بررسی وضعیت حافظه حیوانات در تست ماز آبی موریس از طریق مقایسه میانگین درصد حضور گروه‌ها در ناحیه هدف (ناحیه حضور سکوی پنهان). NS: عدم تفاوت معنی دار ($P > 0.05$)

Ctl+sal: گروه کنترل+نرمال سالین; Ctl+Anes: گروه کنترل+بییهوشی; Cur+Sal: گروه کورکومین+نرمال سالین; Cur+Anes: گروه کورکومین+بییهوشی

۴- بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر همراستا با مطالعات قبلی (7)، نانو ذره کورکومین توانست میزان یادگیری حیوانات را در طول زمان (بلاک‌های سه گانه) بطور معنی داری بهبود بخشد. تجربه حاضر اولین مطالعه در ارتباط با اثرات کورکومین بر روی اختلالات یادگیری و حافظه ناشی از داروی بییهوشی کتامین است. احتمالاً کورکومین با ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و ضد التهابی قوی توانسته اثرات منفی کتامین بر مغز را کاهش دهد (۴). با این حال کورکومین تاثیر معنی داری بر حافظه فضایی حیواناتی که

داروی بیهوشی دریافت کرده بودند نداشت که ممکن است بدلیل میزان ناکافی کورکومین مورد استفاده در مطالعه حاضر و یا مسیر های متفاوت مولکولی دخیل در حافظه فضایی باشد.

مراجع

1. Davis N, Lee M, Lin AY, Lynch L, Monteleone M, Falzon L, et al. Postoperative cognitive function following general versus regional anesthesia: A systematic review. *J Neurosurg Anesthesiol.* 2014;26:369–76.
2. FDA. FDA Drug Safety Communication: FDA review results in new warnings about using general anesthetics and sedation drugs in young children and pregnant women. 2016;376:905–7.
3. Rundshagen I. Postoperative cognitive dysfunction. *Dtsch Arztebl Int.* 2014;111:119–25.
- 4- Gazal, Marta, Fernanda N. Kaufmann, Bruna A. Acosta, Pathise Souto Oliveira, Matheus R. Valente, Caroline Flach Ortmann, Régis Sturbelle et al. "Preventive effect of Cecropia pachystachya against ketamine-induced manic behavior and oxidative stress in rats." *Neurochemical research* 40, no. 7: 1421-1430. (2015).
- 5-Badrah Saeed Alghamdi and Hanin Abdulbaset AboTaleb. Melatonin improves memory defects in a mouse model of multiple sclerosis by up-regulating cAMP-response element-binding protein and synapse-associated proteins in the prefrontal cortex. *J. Integr. Neurosci.* 2020 vol. 19(2), 229–237.
- 6-Majid Taati, Masoud Alirezaei, Mohamad Hadi Moshkatsadat, Bahram Rasoulia, Mehrnoush Moghadasi, Farzam Sheikhzadeh and Ali sokhtezari. Protective effects of *Ziziphus jujuba* fruit extract against ethanol-induced hippocampal oxidative stress and spatial memory impairment in rats. *Journal of Medicinal Plants Research* Vol. 5(6), pp. 915-921, 18 March, 2011.
- 7-[Taysa B Bassani](#) , [Joelle M Turnes](#) , [Eric L R Moura](#) , [Jéssica M Bonato](#) , [Valentín Cópola-Segovia](#) , [Silvio M Zanata](#) , [Rúbia M M W Oliveira](#) , [Maria A B F Vital](#) . Effects of curcumin on short-term spatial and recognition memory, adult neurogenesis and neuroinflammation in a streptozotocin-induced rat model of dementia of Alzheimer's type. *Behav Brain Res.* . 2017 Sep 29;335:41-54.

Photodegradation of Reactive Red 222 using TiO₂ nanostructured thin films

Sousan Rasouli*¹

1-Department of Nanomaterials & Nanocoatings, Institute for Color Science and Technology
Tehran, Iran

*Corresponding author: rasouli@icrc.ac.ir

Abstract

In this paper, TiO₂ nanostructured thin films were prepared on glass plates by sol-gel method. TiO₂ films were characterized by X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM). The photocatalytic performance of the obtained films was investigated by the photodegradation measurements of Reactive Red 222 (RR222) in a batch reactor. Kinetic study results of this reaction represented that it obeys of was pseudo-first-order model. The degradation of RR22 was enhanced by the addition of optimum amount of hydrogen peroxide. This is due to the increasing amount of the radical hydroxyls.

Keywords: TiO₂ thin film, Photocatalyst, RR222.

1. Introduction

TiO₂, (in the anatase form) appears to be the most photoactive and the most practical form for widespread environmental applications such as water purification, wastewater treatment and air pollution control. These catalysts have demonstrated their efficiency in demolishing a wide variety of dyes wastewater. TiO₂ is believed to be the most beneficial species owing to its excellent photocatalytic activity, high stability and non-toxicity [1-3]. One of the upgrowing treatment technologies for the remediation of textile industry wastewater is advanced oxidation process (AOP). This process involves the generation of highly active hydroxyl radicals in order to complete mineralization the water contaminants. AOP process is consisted of the combination of oxidants and irradiation. Heterogeneous photocatalysis process by employing semiconductor and light source has been considering a promising process which leading to total destruction of nonbiodegradable pollutants [4-6].

In this paper, sol-gel method using peroxotitanic acid sol (PTA) was employed for the preparation of nanostructured TiO₂ thin film on the glass plate. The PTA is neutral and stable solution which can be easily coated onto vast variety of materials even pure metals [7].

The performance of the immobilized photocatalytic reactor was tested for the degradation of RR222 dye in aqueous steam.

2. Experimental

2.1 Preparation of nanostructured TiO₂ thin films

In the preparation of TiO₂ sol, Titanium tetra iso-propoxide (Ti(OC₃H₇)₄, Merck) Iso-Propanol (Merck) were mixed and then hydrolyzed with certain amount of deionized water. After washing the precipitation to remove excess alcohol, the precipitate was dissolved in aqueous hydrogen peroxide (30%, Merck) to obtain a transparent sol of titanium peroxy

complex. During dissolution certain content of distilled water was added to this solution to avoid immediate dense gel formation. Then Poly Ethylene Glycol (PEG, Merck, $M_w=4000$) solution was added. This titanium peroxide sol was allowed to stand 4-5 hours to form a viscous sol.

Before deposition of thin film, two glass plates ($4.5 \times 39.5 \times 0.2$ Cm) were cleaned and dried. For deposition of nanostructured TiO_2 thin films, the glass plates were dipped in the viscous titanium peroxo complex with a rate of 1mm s^{-1} and pulled out with a same rate. A thin film were formed then were dried at 100°C for 1 hour in electric oven. These films were calcined for 2 hours at 500°C . For three layers thin films, this deposition was repeated for 3 cycles.

A PW 1800 (philips, Germany) Diffractometer was used for X-ray diffraction (XRD) analysis. Morphology and size analysis was performed using LEO 1455VP (Oxford, UK) Scanning Electron Microscope (SEM).

The photocatalytic activity of the TiO_2 thin films was measured in a batch rectangular reactor with the capacity of 2 liter and a UV lamp (15 watt, Philips) which has been located in the center of the reactor. RR222 (RR222) was purchased from Indofix Company (Indian).

3. Results and Discussion

3.1 TiO_2 film characterization

Figure 1 shows the XRD patterns of TiO_2 and films. According to JCPDS (01-083-2243), anatase phase, were observed in the XRD patterns of the TiO_2 films. From XRD pattern, high amounts of anatase crystalline were obtained. This may be attributed to the high content of titanium dioxide with several coating cycles resulting in the obvious peak of anatase [8].

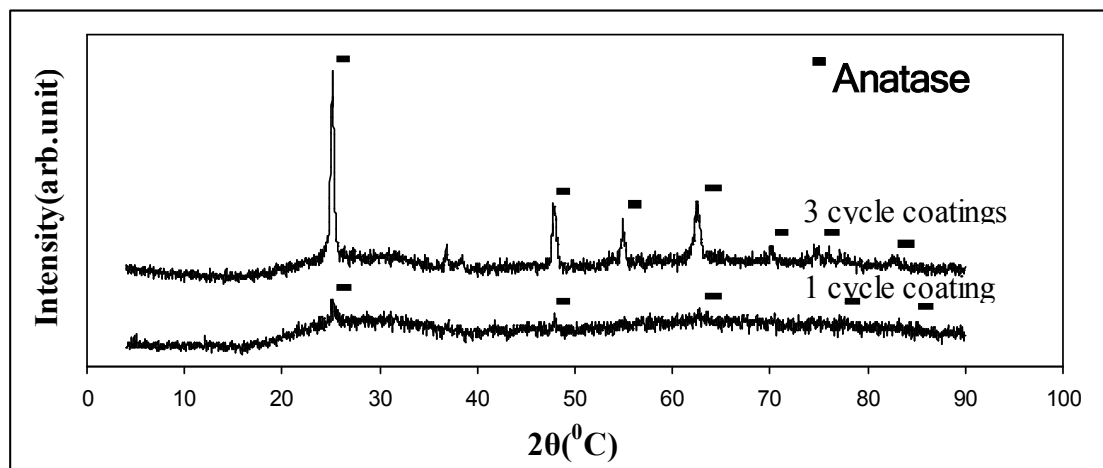


Figure 1: XRD patterns of 1 and 3 cycles coating of TiO_2 films

Figure 2 shows the SEM images of TiO_2 thin films which were prepared under different conditions, 1 dip coating without using PEG and 3 dip coating by the utilization of PEG respectively. The results show that in the absence of PEG the surface of TiO_2 thin films becomes non-uniform and cracks is created at many places, whereas the film prepared by the addition of PEG has a uniform and without cracks surface.

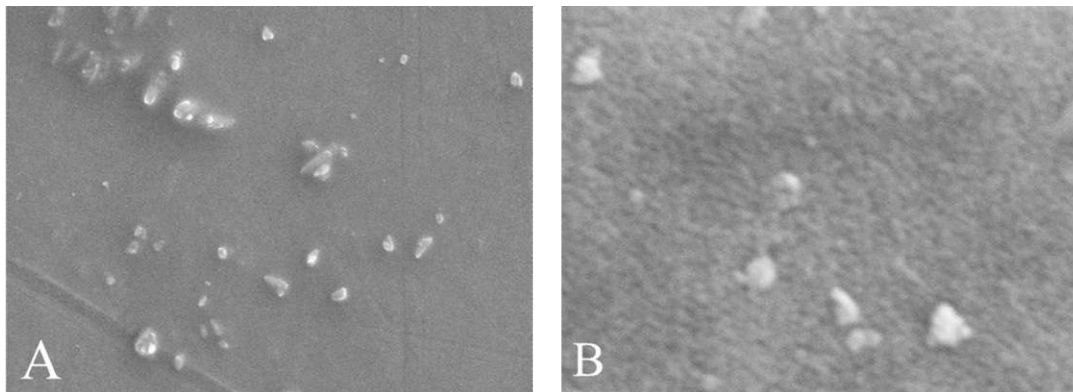


Figure 2: SEM images of the TiO₂ thin film (A) 1 cycle coating without using PEG, (B) 3 cycle coating with using PEG

3.2 photocatalytic Activity of thin films

The TiO₂ thin films were put in the reactor. The degradation of RR222 under UV light irradiation was determined by measuring absorption spectra using a Lambda25 UV-vis spectrophotometer. The degradation efficiency of TiO₂ thin films were calculated by the equation 1.

$$d(\%) = \frac{[dye]_o - [dye]}{[dye]_o} \times 100 \quad (1)$$

Where, [dye]_o and [dye] are the concentration of RR222 before and after degradation, respectively.

Figure 3 shows the photocatalytic activity of TiO₂ thin films by measuring the photodegradation efficiency of RR222 in 120 min. In the presence of TiO₂ thin film under UV irradiation 35% of RR222 was degraded, where TiO₂ film without the presence of UV irradiation showed only 14% of dye destruction. The RR222 degradation efficiency measurement was also performed under UV irradiation in the absence of TiO₂ thin film, the result was negligible (1%). The results are in well agreement with the presence of UV irradiation and TiO₂ thin films in achieving the efficient photodegradation content of RR222.

Figure 3: Effect of TiO₂ film and UV light on degradation of RR222. [dye]_o=20ppm, pH=8

3.3 RR222 Photodegradation Kinetics

Generally, the photodegradation rate of chemical compounds on semiconductor surfaces follows the Langmuir-Hinshelwood model.

$$r = -\frac{dC}{dt} = k_r \theta_x = \frac{k_r KC}{1 + KC} \quad (2)$$

The photocatalytic reaction rate (r) is proportional to the fraction of surface coverage by the organic substrate (θ_x), k_r is the reaction rate constant, C is the concentration of dye and K is the Langmuir adsorption constant: When the RR222 concentration is low, an apparent first-order rate constant could be expressed where $K'(\text{min}^{-1})=k_rK$ [9]:

$$-\ln\left(\frac{C}{C_0}\right) = k_r Kt = K't \quad (3)$$

According to Figure 4 the plot of $-\ln(C/C_0)$ versus time for RR222 is linear. Therefore, the photodegradation reaction follows pseudo-first-order and the apparent reaction rate constant was 0.0043min^{-1} .

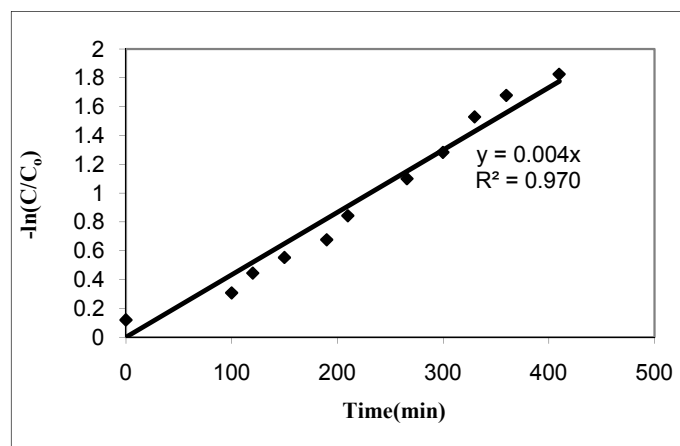


Figure 4: The kinetic data for photocatalytic degradation of RR222 in the presence of TiO_2 thin film.

4. Conclusions

This study is focused on the synthesis of TiO_2 thin film photocatalyst using sol-gel technique. on glass plates was done by using dip coating. SEM results revealed the uniform and without any cracks surface of TiO_2 thin film attached on the glass plate after 3 cycles coating and applying PEG as a surfactant. XRD analysis showed the presence of anatase crystalline phase of TiO_2 after calcination process at temperature of 500°C .

The results of RR222 degradation showed that both UV light and TiO_2 film were needed to reach to an acceptable degradation rate. The RR222 photodecomposition kinetic measurements represented that TiO_2 thin film photocatalytic activity of RR222 obeys pseudo-first-order kinetic model.

References

1. Meerambika Behera, JayatoNayak, Shirsendu Banerjee, Sankha Chakraborty, Suraj Tripathy, Journal of Environmental Chemical Engineering, A review on the treatment of textile industry waste effluents towards the development of efficient mitigation strategy: An integrated system design approach, 2021, 9(4), 105277
2. Robinson, T., McMullan, G., Marchant, R., Nigam, P. Bioresour. Technol., Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative, 2001, 77, 47-49.
3. Al-Kdasi, A., Idris, A., Saed, K., Chuan, T. G. Global Nest: the Int. J., Treatment of textile wastewater by advanced oxidation process – A review, 2004, 6, 222-230.
4. Chen, Y, Dionysiou, D. D. Applied Catalysis B: Environmental, Bimodal mesoporous TiO₂-P25 composite thick films with high photocatalytic activity and improved structural integrity. 2008, 80, 147–155.
5. Zhang, K., Zhang, F. J., Chen, M. L., Oh, W. C. Ultrason Sonochem., Comparison of catalytic activities for photocatalytic and sonocatalytic degradation of methylene blue in present of anatase TiO₂ –CNT catalysts. 2011, 18, 765–772.
6. José Antonio Garrido-Cardenas, Belén Esteban-García, Ana Agüera, José Antonio Sánchez-Pérez and Francisco Manzano-Agugliaro, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, Wastewater Treatment by Advanced Oxidation Process and Their Worldwide Research Trends, 2020, 17, 170
7. Ge, L., Xu, M., Sun, M., Fang, H. J. sol- Gel Sci Techn., Low-temperature synthesis of photocatalytic TiO₂ thin film from aqueous anatase precursor sols, 2006, 38, 47-53.
8. Kajitvichyanukul, P., Ananpattarachai, J., Pongpom, S. Sci. Technol. Adv. Mater., Sol–gel preparation and properties study of TiO₂ thin film for photocatalytic reduction of chromium (VI) in photocatalysis process. 2015, 6, 352- 359.
9. Guettai, N., Ait Amar, H. Desalination, Photocatalytic oxidation of methyl orange in presence of titanium dioxide in aqueous suspension, 2015, 185, 427-437.

آنالیز بیان CD117 در سلول‌های جنسی بافت بیضه موش

فاطمه رحیمی^۱، حسی ن عزیز^{۲*}، امیر خاکی^۳

- ۱- دانشجوی ارشد زیست‌فناوری میکروبی، دانشکده بیوتکنولوژی، دانشگاه فناوری‌های نوین آمل
- ۲- دکترای زیست‌شناسی سلولی مولکولی، دانشکده بیوتکنولوژی، دانشگاه فناوری‌های نوین آمل
- ۳- دکترای دامپزشکی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فناوری‌های نوین آمل

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: h.azizi@ausmt.ac.ir

Analysis of CD117 expression in the mice testicular germ cells

Fatemeh Rahimi¹, Hossein Azizi^{2*}, Amir Khaki³

- 1- Master student in microbial biotechnology, Department of biotechnology, Amol University of Special Modern Technologies
- 2- Associated professor, Department of biotechnology, Amol University of Special Modern Technologies
- 3- Assistant professor, Department of biotechnology, Amol University of Special Modern Technologies

*Corresponding author: h.azizi@ausmt.ac.ir

ABSTRACT

Spermatogonial stem cell is the starting point of spermatogenesis in the testis. Despite the special importance of spermatogonial stem cells for male reproduction, little is known about its morphological or biochemical characteristics. This is partly due to the fact that spermatogonial stem cells are a very sparsely populated cell type in the testis. The aim of the present study was to analyze the functional potential of CD117 positive cells in the differentiation process of spermatogonial stem cells. In this experimental study, we analyzed the expression of CD-117 by immunocytochemistry, immunohistochemistry, so that the results indicate the presence of germ cells expressing CD-117 in the space between the basement membrane and the central lumen of the spermatogenic tube, that is, the part where the germ cells are differentiating. shows. The results of this research will be considered as a useful basis for other advanced studies in the field of reproductive biology.

Key words: Sexual Stem Cells, Growth Factors, Spermatogenic Tube, Sperm

چکیده

سلول بنیادی اسپرماتوگونیا نال نقطه آغاز اسپرماتوژنز در بیضه است. علیرغم اهمیت ویژه سلول‌های بنیادی اسپرماتوگونیا نال برای تولیدمثل مردان، اطلاعات کمی در مورد ویژگی‌های مورفولوژیکی یا بیوشیمیایی آن وجود دارد. این امر تا حدی ناشی از این واقعیت است که سلول‌های بنیادی اسپرماتوگونیا نال یک دسته سلولی بسیار کم جمعیت در بیضه هستند. هدف از مطالعه حاضر تجزیه و تحلیل پتانسیل عملکردی سلول‌های CD117 مثبت در فرآیند تمایز سلول‌های بنیادی اسپرماتوگونیا نال بود. در این مطالعه تجربی، ما بیان CD-117 را با روش ایمونوسیتوشیمی، ایمونوهیستوشیمی آنالیز کردیم به طوری که نتایج حاصله حکایت از حضور سلول‌های جنسی بیان کننده CD-117 در فضای مابین غشای پایه و لومن مرکزی لوله اسپرم‌ساز یعنی بخشی که

سلول‌های جنسی در حال تمایز هستند را نشان داد. نتایج حاصل از پژوهش حاضر به عنوان پایه‌ای مفید برای سایر مطالعات پیشرفته در حوضه بیولوژی تولیدمثل مورد توجه خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: سلول‌های بنیادی جنسی، فاکتورهای رشد، لوله اسپرم ساز، اسپرم

۱- مقدمه

اندام‌های اصلی سیستم تولید مثل مردان بیضه‌ها هستند که محیط مناسبی را برای اسپرماتوژنز و سایر مواردی که فنوتیپ باروری را ایجاد می‌کنند، فراهم می‌کنند. بیضه‌ها از مجراهای لوله مانند و شبکه‌های پیچیده‌ای شامل سلول‌های زایا و سلول‌های سرتولی تشکیل شده‌اند (۱). سلول‌های زایایی که در لوله‌های اسپرم ساز قرار دارند فرایند اسپرماتوژنز و سایر چرخه‌های مهم را که مسئول انتقالات نسل بعدی هستند، شروع می‌کنند. از طرف دیگر، مجموعه‌ای از سلول‌های سوماتیک وجود دارد که با پشتیبانی‌های شیمیایی و فیزیکی، نقشی کلیدی در روند باروری طبیعی ایفا می‌کنند (۲).

مطالعات اخیر نشان داده است که سلول‌های زایا و سلول‌های سرتولی می‌توانند در درمان ناباروری مردان و سایر بیماری‌ها کاربرد چشمگیری داشته باشند. سلول‌های سرتولی عملکردهایی همچون تغذیه، پشتیبانی ساختاری و ایمنی دارند. هر سلول سرتولی می‌تواند تعداد محدودی از سلول‌های زایا را حمایت کند (۳). بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که رشد مناسب سلول‌های سرتولی، با توجه به تعداد و عملکرد آنها، ظرفیت اسپرماتوژنیک را تا بزرگسالی تعیین می‌کند. در طی اسپرماتوژنز، سلول‌های اسپرم به صورت مجزا تخصصی تر می‌شوند و سیستم‌های بیوشیمیایی آنها برای بر آوردن نیازهای متابولیکی آنها کافی نیستند (۴). سلول‌های سرتولی می‌توانند نیازهای آنها را برآورده کنند. سلول‌های سرتولی از طریق آبشارهای سیگنالینگ به چندین محرک متابولیکی پاسخ می‌دهند تا انرژی هموستاز لوله‌های تولید اسپرم را حفظ کنند. سلول‌های سرتولی با ایجاد یک سد فیزیکی به نام سد خونی-بیضه‌ای (blood-testis barrier: BTB) نقش مهمی را در ایمنی بیضه ایفا میکنند (۵).

سلول‌های بنیادی اسپرم ساز (Spermatogonial Stem Cells, SSCs)، از جمله سلول‌های بنیادی به شمار می‌روند که علی‌رغم انتقال اطلاعات ژنتیکی از نسلی به نسل بعد، توانایی خود ترمیمی (Self-renewal) و همینطور ایفای نقش ضروری برای انجام صحیح مراحل اسپرماتوژنز و متعاقباً پتانسیل تولید مثلی جنس مذکر در پستانداران را دارند. سلول‌های بنیادی اسپرم ساز شامل دو گروه اند؛ گروه اول که عموماً با نام گونوسیت (Gonocytes) شناخته می‌شوند در واقع همان سلول‌های جنسی اولیه در مراحل اسپرماتوژنز هستند که از مرکز لوله اسپرم ساز به بخش اپی تلیوم آن مهاجرت کرده و به گروه دوم یعنی اسپرماتوگونیای تمایز نیافته، تبدیل می‌شوند؛ اسپرماتوگونیای تمایز نیافته معمولاً در ناحیه پایه‌ای یا بازال لوله اسپرم ساز یافت می‌شود و طی مراحل به اسپرماتوگونیای تمایز یافته، تبدیل می‌شوند (۶). هر گروه از سلول‌های لوله اسپرم ساز، با توجه به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مختص خود، مارکرهای ویژه‌ای را بیان می‌کنند که از این تفاوت بیان، می‌توان برای تشخیص سلول‌ها از یکدیگر و همینطور انجام پژوهش‌های اختصاصی روی هر سلول بهره برد. در مطالعه حاضر، بیان مارکر CD117 را در سلول‌های جنسی در شرایط *in-vivo* و *in-vitro* بررسی شد.

۲- مواد و روش‌ها

موش: موش‌های تراریخته C57BL/6، GFP در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفتند و از موسسه آناتومی و زیست‌شناسی سلولی در دانشگاه هایدلبرگ (هایدلبرگ، آلمان) خریداری شدند.

هضم آنزیمی بافت بیضه: بیضه مدل‌های بیولوژیک بعد از جداسازی از حیوان، در محلول نمکی بافر فسفات یا (Invitrogen CO, USA, PBS; phosphate-buffered saline) قرار داده شده و پس از آن لوله‌های اسپرم‌ساز بیضه از کیسول بیضه جدا شده و به قطعات کوچکتر تقسیم شدند. بافت خرد شده به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد در محلول بافری HBSS، به همراه آنزیم‌های هضم‌کننده کلاژناز تیپ IV (۰/۵ میلی‌گرم/میلی‌لیتر)، DNase (۰/۵ میلی‌گرم/میلی‌لیتر) و دیسپاز (۰/۸ میلی‌گرم/میلی‌لیتر) قرار داده شدند. عملکرد آنزیم‌های هضم‌کننده در سرم جنین گاوی یا FBS

10 درصد متوقف شده و سپس محلول حاصل برای بدست آوردن سوسپانسیون تک سلولی به آرامی پیتاژ شدند. بعد از سانترفیوژ و حذف محلول بالایی نمونه‌ها با محلول DMEM/F12 شسته شده و پس از عبور از فیلتر نایلونی ۷۰ میکرونی به مدت ۱۰ دقیقه با دور rpm 1500 سانترفیوژ شدند. محلول رویی حذف و سلول‌های باقی مانده، در محیط کشت مخصوص سلول‌های اسپرماتوگونیای کشت داده شدند.

محیط کشت سلول‌های اسپرماتوگونیای: سلول‌های جدا شده در محیط کشتی شامل، stempro-34medium، 1 درصد مکمل N2 (Invitrogen,USA)، 1 درصد L-گلوتامین (PAA,USA)، 5 میکروگرم/میلی‌لیتر آلبومین سرم گاوی (Sigma Aldrich,USA)، 6 میلی‌گرم/لیتر D-گلوز (Sigma Aldrich,USA)، 1 درصد پنی‌سیلین/استرپتومایسین (PAA,USA)، 1 درصد آمینواسیدهای غیرضروری (PAA,USA)، 20 نانوگرم/میلی‌لیتر EGF(Sigma Aldrich,USA)، 10 نانوگرم/میلی‌لیتر FGF (Sigma Aldrich,USA)، 60 نانوگرم/میلی‌لیتر پروژسترون (Sigma Aldrich,USA)، 1 درصد ویتامین‌های MEM (PAA,USA) 1/0 درصد، β -mercaptoethanol (Invitrogen,USA) 100 واحد/میلی‌لیتر LIF (Millipore,USA)، 8 نانوگرم/میلی‌لیتر GDNF(Sigma Aldrich,USA)، 100 میکروگرم/میلی‌لیتر آسکوربیک اسید (Sigma Aldrich,USA)، 30 میکروگرم/میلی‌لیتر پیروویک اسید (Sigma Aldrich,USA)، 1 میکروگرم/میلی‌لیتر DL-لاکتیک اسید (Sigma Aldrich,USA) و ۳۰ نانوگرم/میلی‌لیتر استرادیول (Sigma Aldrich,USA) کشت داده شدند.

لایه تغذیه کننده: STO این سلول‌های تجاری خریداری شدند و در محیط کشت DMEM حاوی ۱۰ درصد و دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و ۵ درصد CO₂، کشت داده شدند. در آخر با اشعه گاما (γ -irradiation) و یا Mitomycin C (۱۰ میلی‌گرم/میلی‌لیتر)، تقسیم سلول‌های STO متوقف شدند.

رنگ آمیزی ایمونوهیستوشیمی: از پلیست‌های ۲۴ خانه، برای رنگ آمیزی ایمونوهیستوشیمی استفاده شد. از paraformaldehyde 4 درصد برای فیکس کردن سلول‌های کشت داده استفاده شده، در مرحله بعد این سلول‌ها با FBS و Tween20، شست و شو داده شدند. برای نفوذپذیری یا permibilized سلول‌ها از Triton 1 درصد حل شده در PBS، استفاده و به مدت ۲۴ ساعت سلول‌ها با آنتی بادی‌های اولیه، انکوبه شدند. برای آنتی بادی‌های ثانویه نشاندار نیز همین مراحل تکرار شدند. از DAPI (۰/۲ میکروگرم/میلی‌لیتر)، برای رنگ آمیزی هسته استفاده شد و سپس سلول‌ها با Poly vinyl alchole فیکس شدند. برای بررسی سلول‌های نشاندار شده از میکروسکوپ فلورسنس (Olympus, BX51, Japan) و کونفوکال (Zeiss LSM 700) استفاده شد.

۳- نتیجه گیری و بحث

در این تحقیق تجربی، موقعیت سلول‌های زایای بیان کننده CD-117 را در لوله اسپرم‌ساز بیضه موش از طریق آنالیز ایمونوهیستوشیمیایی مطالعه شد. تجزیه و تحلیل ایمونوهیستوشیمیایی نشان داد که بیان سیتوپلاسمی و سطحی گیرنده CD-117 در سلول‌هایی که در بین بخش بازال تا لومن بیضه بیشتر است (شکل ۱). همچنین تجزیه و تحلیل تصاویر ایمونوهیستوشیمیایی نشان داد که بیان CD-117 در اسپرماتوگونی قرار گرفته در قسمت بازال و لومن (محل تمایز اسپرماتید به اسپرم) کاملاً منفی بود. علاوه بر این، تصاویر همپوشان DAPI و CD-117 بیان بالای CD-117 را بین لایه بازال تا بخش مجرای لوله‌های اسپرم‌ساز موش ثابت کرد. بزرگنمایی بالای نتیجه میکروسکوپ کانفوکال نشان داد که بیان نشانگر CD-117 در بخش بازال بیضه و سلول‌های بافت بینابینی لوله اسپرم‌ساز منفی است.

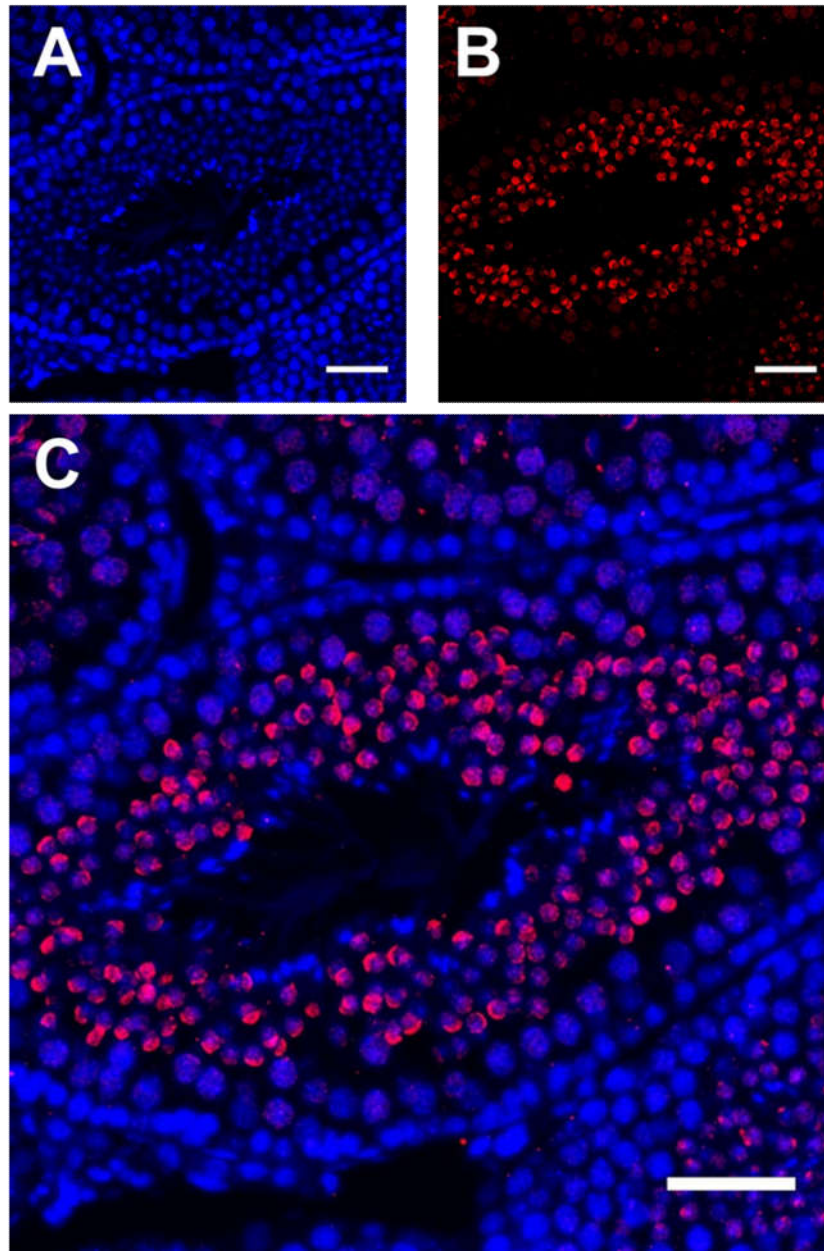
اسپرماتوژنز، یک فرآیند پیچیده در سیستم تولیدمثل پستانداران است، که منجر به تولید گامت‌های نر از سلول‌های بنیادی اسپرماتوگونیال می‌شود. SSCها به عنوان سلول‌های بنیادی برای شروع فرایند اسپرماتوژنز حیاتی هستند، اما تنها حدود ۰.۰۲-۰.۰۳٪ از جمعیت سلولی در بیضه موش بالغ را تشکیل می‌دهند. در این تحقیق تجربی، ما با آنالیز و مقایسه موقعیت سلول‌های

بیان کننده‌ی CD-117 در لوله منی‌ساز بیضه‌موش از طریق آنالیز ایمونوهیستوشیمیایی سعی در بررسی امکان معرفی این مارکر به عنوان یک نشانگر اختصاصی داشته‌ایم (۷). آنالیز میکروسکوپی کونفوکال بیضه، موقعیت سلول‌های زایای CD-117 مثبت را بین بخش پایه‌ای و لومن مرکزی لوله اسپرم‌ساز نشان داد. به نظر می‌رسد نشانگر CD-117 در حین تکثیر و تمایز سلول‌های اسپرماتوگونیال در بیضه بیان می‌شود (۸). نتایج In-vivo بیان منفی CD-117 را در غشای پایه و محفظه‌های بافت بینابینی نشان داد. اخیراً مطالعه‌ای گزارش داده است که بیان معنی داری از CD-117 در اسپرماتوگونی A متمایز شده مشاهده شده است در حالی که هیچ سیگنالی در A تمایز نیافته قابل تشخیص نبوده است (۹). مدت‌ها اعتقاد بر این بود که اسپرماتوگونی‌های تمایز یافته برگشت‌ناپذیر هستند، به این معنی که سلول‌های CD-117+ نمی‌توانند به سلول‌های CD-117- برگردند، اما Kai T و همکاران گزارش دادند که در مگس سرکه، سلول‌های اسپرماتوگونی تمایز یافته که از سلول‌های بنیادی اسپرماتوگونی تمایز یافتند، می‌توانند مراحل تمایز را بازیابی کنند (۱۰).

در سال ۲۰۰۸ محققان طی مطالعات خود دریافتند که بیان بیش از حد Klf5 در سلول‌های بنیادی جنین بیان ژن‌های خاص تمایز را سرکوب می‌کند و حتی در غیاب عامل مهار کننده لوسمی نیز قدرت پرتوانی را حفظ می‌کند. بیان بیش از حد Klf5 در سلول‌های بنیادی جنین منجر به افزایش بیان Tcl1، فسفوریلاسیون پروتئین کیناز B و افزایش تکثیر سلولی مربوطه می‌شود و محققان حدس می‌زنند که بیان Klf5 می‌تواند از طریق تحریک مسیر سیگنالینگ Akt، خود نوسازی سلول ES را حفظ کند. به طور کلی عملکرد Klf4 و Klf5 به طور مشابه برای سرکوب تمایز عمل می‌کند اما اثرات مخالفی بر تکثیر سلولی دارند (۱۱).

در مسیر تولید و استفاده از سلول‌های بنیادی پرتوان القایی خطرات و محدودیت‌هایی نیز وجود دارد. اگرچه کارایی و بازده پایین، تا مدتی یکی از چالش‌ها به شمار می‌رفت، اما پس از گزارش جدیدی که بازده حدود ۱۰۰٪ تولید سلول‌های بنیادی پرتوان القایی را گزارش کرد، دیگر مشکل جدی محسوب نمی‌شود. بالابودن کارایی برنامه ریزی مجدد به معنی تولید کلونی‌های بنیادی پرتوان القایی بیشتر و به همان نسبت، تولید تعداد کلونی‌های خوب و با کیفیت بیشتر است، در نتیجه پژوهشگر می‌تواند کلونی‌های بالغ و با کیفیت را از میان جمعیت ناهمگن کلونی‌های بالغ و نابالغ بنیادی پرتوان القایی انتخاب کند (۱۲).

نگرانی عمده‌ای که در این زمینه وجود دارد، خطر ایجاد جهش و تومور در سلول‌های بنیادی پرتوان القایی و سلول‌های مشتق شده از آن است. از آنجا که سلول‌هایی که برای برنامه ریزی مجدد انتخاب می‌شوند، از قبل دارای یکسری جهش‌های نواحی رمزگردان و غیررمزگردان تنظیمی و غیرتنظیمی در ژنوم خود می‌باشند، که در سلول‌های سطحی تر بدن مانند سلول‌های پوست این جهش‌ها بیشتر است، از طرفی دیگر در طی فرایند برنامه ریزی مجدد نیز به علت تقسیمات مکرر، این سلول‌ها ممکن است دچار جهش گردد و همچنین برای سازگاری بیشتر با محیط کشت آزمایشگاهی دچار یکسری رویداد ژنتیکی و اپیژنتیکی ناهنجار در ساختار کروماتین خود شوند (۱۳). علاوه بر اینها برای تهیه سلول‌های تمایز یافته مناسب برای پیوند سلولی، لازم است که سلول‌ها مدت زمان دیگری را در محیط کشت القاکننده تمایز، سپری و شرایط مصنوعی آن را تحمل کنند که خود، بر بار جهشی سلول‌ها می‌افزاید. در نتیجه لازم است که زمان برنامه ریزی مجدد سلول‌ها تا حد امکان کوتاه تر گردد تا جهش‌های کمتری رخ دهد و سلول‌های سالم تری تولید شود (۱۴).



شکل ۱۰: بررسی ایمنوهسیتوشیمیایی لوله اسپرم ساز موش. A. DAPI B. CD117 C. Merge

مراجع

1. Bristol-Gould, S.K., et al., Fate of the initial follicle pool: empirical and mathematical evidence supporting its sufficiency for adult fertility. *Dev Biol*, 2006. 298(1): p. 149-54.
2. Pacchiarotti, J., et al., Differentiation potential of germ line stem cells derived from the postnatal mouse ovary. *Differentiation*, 2010. 79(3): p. 159-70.
3. Barroca, V., et al., Mouse differentiating spermatogonia can generate germinal stem cells in vivo. *Nat Cell Biol*, 2009. 11(2): p. 190-6.
4. Schrans-Stassen, B.H., et al., Differential expression of c-kit in mouse undifferentiated and differentiating type A spermatogonia. *Endocrinology*, 1999. 140(12): p. 5894-900.
5. Mei, X.X., J. Wang, and J. Wu, Extrinsic and intrinsic factors controlling spermatogonial stem cell self-renewal and differentiation. *Asian J Androl*, 2015. 17(3): p. 347-54.
6. Gu, Y., et al., Steel factor controls primordial germ cell survival and motility from the time of their specification in the allantois, and provides a continuous niche throughout their migration. *Development*, 2009. 136(8): p. 1295-303.
7. Ohta, H., et al., Regulation of proliferation and differentiation in spermatogonial stem cells: the role of c-kit and its ligand SCF. *Development*, 2000. 127(10): p. 2125-31.
8. Prabhu, S.M., et al., Expression of c-Kit receptor mRNA and protein in the developing, adult and irradiated rodent testis. *Reproduction*, 2006. 131(3): p. 489-99.
9. Dym, M., et al., Expression of c-kit receptor and its autophosphorylation in immature rat type A spermatogonia. *Biol Reprod*, 1995. 52(1): p. 8-19.
10. Sorrentino, V., et al., Expression of the c-kit proto-oncogene in the murine male germ cells. *Oncogene*, 1991. 6(1): p. 149-51.
11. Packer, A.I., P. Besmer, and R.F. Bachvarova, Kit ligand mediates survival of type A spermatogonia and dividing spermatocytes in postnatal mouse testes. *Mol Reprod Dev*, 1995. 42(3): p. 303-10.
12. Azizi, H., et al., Derivation of Pluripotent Cells from Mouse SSCs Seems to Be Age Dependent. *Stem Cells Int*, 2016. 2016: p. 8216312.
13. Conrad, S., H. Azizi, and T. Skutella, Single-Cell Expression Profiling and Proteomics of Primordial Germ Cells, Spermatogonial Stem Cells, Adult Germ Stem Cells, and Oocytes. *Adv Exp Med Biol*, 2018.
14. Conrad, S., et al., Expression of Genes Related to Germ Cell Lineage and Pluripotency in Single Cells and Colonies of Human Adult Germ Stem Cells. *Stem Cells Int*, 2016. 2016: p. 8582526.

بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی و تعیین محتوی فنلی و فلاونوئیدی کل عصاره‌های
آبی و متانولی گیاه آنگوزه (*Ferula assafoetida*) در شرایط آزمایشگاهی
فاطمه مشیری^۱، مصطفی گواهی^{۲*}، هاجر رجایی لیتکوهی^۲

۱- گروه زیست فناوری میکروبی، دانشکده زیست فناوری، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل

۲- گروه نانو زیست فناوری، دانشکده زیست فناوری، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: m.govahi@ausmt.ac.ir

**Evaluation of antioxidant activity and determination of total phenolic and
flavonoid content of aqueous and methanolic extracts of *ferula assafoetida*:**

An in vitro study

Fateme Moshiri¹, Mostafa Govahi^{2*}, Hajar Rajaei Litkahi²

1-Department of Microbial Biotechnology, Faculty of Biotechnology, Amol University of Special Modern
Technologies, Amol, Iran.

2-Department of Nano Biotechnology, Faculty of Biotechnology, Amol University of Special Modern
Technologies, Amol, Iran.

*Corresponding author: m.govahi@ausmt.ac.ir

ABSTRACT

Due to the increase in environmental problems in recent years, the efforts to expand and develop bioactive compounds with biological capabilities have been greatly increased. Plants have stored significant amounts of these biological compounds. The purpose of this study is to investigate the amount of phenolic and flavonoid compounds and antioxidant activity of aqueous and methanolic extracts of *Ferula assafoetida* gum by the DPPH free radical scavenging method. The results showed that the highest amount of total phenol and flavonoid was obtained by the aqueous extract. Also, the results of the antioxidant activity showed that the methanolic extract had more antioxidant properties compared to the aqueous extract, so that the highest antioxidant percentage was observed at the concentration of 300 µg/ml of the methanolic extract at the rate of 90.7%. In general, the results of this study showed that the type of solvent and extraction method have a significant effect on the amount of biological compounds and antioxidant effects. Different extracts of *Ferula assafoetida*, having high biological compounds and suitable antioxidant activity, can be used as a promising source in health and therapeutic products.

Keywords: *Ferula Assafoetida* Extract, Bioactive Compounds, Phenol And Flavonoid, Antioxidant Activity

چکیده

با افزایش مشکلات زیست محیطی در سال‌های اخیر، تلاش‌ها جهت گسترش و توسعه ترکیبات زیست فعال با قابلیت‌های بیولوژیکی شدیداً افزایش یافته است. گیاهان مقادیر قابل توجهی از این ترکیبات را در خود ذخیره کرده‌اند. هدف از مطالعه حاضر، بررسی محتوای ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره آبی و متانولی صمغ آنگوزه می‌باشد. براساس نتایج به دست آمده، بیشترین میزان فنل و فلاونوئید کل توسط عصاره

آبی حاصل شد. همچنین نتایج فعالیت آنتی‌اکسیدانی (به روش جذب رادیکال آزاد DPPH) نشان داد که عصاره متانولی در مقایسه با عصاره آبی، خاصیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری داشته است، به گونه‌ای که بالاترین درصد مهارکنندگی در غلظت ۳۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر از عصاره متانولی به میزان ۹۰/۷ درصد مشاهده شد. به طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که نوع حلال و روش عصاره‌گیری تاثیر بسزایی بر میزان ترکیبات زیستی و اثرات آنتی‌اکسیدانی دارد. عصاره‌های مختلف آنگوزه با داشتن ترکیبات زیستی بالا و فعالیت آنتی-اکسیدانی مناسب، می‌توانند به عنوان یک منبع امیدبخش در فرآورده‌های بهداشتی - درمانی و خوراکی مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: عصاره آنگوزه، ترکیبات زیست فعال، فنل و فلاونوئید، فعالیت آنتی‌اکسیدانی

۱- مقدمه

بی تردید، استفاده از گیاهان دارویی یکی از متداول‌ترین و موثرترین راهکارهای بشر جهت درمان بیماری‌ها از گذشته تا به امروز به شمار می‌رود. گیاهان دارویی به دلیل داشتن مزایایی از قبیل ارزان و قابل دسترس بودن، سازگاری بالا با محیط زیست و همچنین پذیرش بهتر توسط بیماران، امروزه جهت درمان طیف وسیعی از عارضه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱). پژوهش‌های انجام شده نشان داده‌اند که برخی از گیاهان دارویی که در پزشکی سنتی مورد استفاده قرار می‌گیرند دارای اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضدباکتریایی مناسبی هستند. گیاهان دارویی منابع غنی از ترکیبات موثره بسیاری از داروها می‌باشند که قالباً متابولیت‌های ثانویه گیاه شناخته می‌شوند. مطالعات نشان داده‌اند که متابولیت‌های ثانویه کاربردهای دارویی گسترده‌ای دارند و از بین آن‌ها، ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی، مهمترین متابولیت‌هایی هستند که دارای اثرات متنوع بیولوژیکی از جمله فعالیت آنتی‌اکسیدانی هستند (۲). آنتی‌اکسیدان‌ها با خنثی کردن فعالیت رادیکال‌های آزاد و یا حذف آن‌ها در بدن، از سلول‌ها در برابر اثرات مضر این ترکیبات از قبیل سرطان و بیماری‌های قلبی- عروقی محافظت می‌کنند. همچنین مشخص شده‌است که رادیکال‌های آزاد از مهمترین عوامل اکسید کننده مواد غذایی به شمار می‌روند که می‌توانند با یک روند تخریبی باعث از بین رفتن ارزش غذایی و تغییر در ترکیبات شیمیایی فرآورده‌های غذایی گردد (۳).

کشف اشکال مختلف داروهای گیاهی و بررسی اثرات فارماکولوژیکی و درمانی آن‌ها مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته‌است. یکی از این گیاهان دارویی، آنگوزه با نام علمی *Ferula assa - foetida* است که دارای رایحه تند گوگردی می‌باشد. این گیاه در اراضی بایر، خشک و آهکی مناطق گرم آسیا می‌روید و بومی نواحی ایران و بخش‌هایی از افغانستان می‌باشد. آنگوزه یک گیاه علفی چند ساله و متعلق به خانواده چتریان است که شامل سه بخش اصلی رزین، صمغ و روغن فرار می‌باشد. صمغ آنگوزه از تیغ زدن ریشه یا قطع ساقه گیاه آنگوزه حاصل می‌شود. این صمغ دارای ترکیبات موثره گسترده‌ای از قبیل گلوکز، گالاکتوز، رامنوز، پلی ساکاریدها و گلیکوپروتئین‌ها است (۴). آنگوزه در تهیه داروهای ضد قارچ، ضد تشنج و مقوی قلب مورد استفاده قرار می‌گیرد و در درمان بیماری‌های عصبی و تنفسی نظیر اسپاسم حنجره و آسم نیز موثر است (۵، ۶). همچنین مشخص شده است که عصاره‌ی برگ گیاه آنگوزه دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی و ضد سرطانی است. مطالعات نشان داده‌اند که چندین عامل مهم، از جمله، موقعیت جغرافیایی، استفاده از قسمت‌های مختلف گیاه، تفاوت در ماهیت شیمیایی و همچنین انتخاب روش‌های متفاوت عصاره‌گیری به ویژه تفاوت در نوع حلال مورد استفاده، به طور قابل توجهی بر فعالیت بیولوژیکی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره و یا میزان ترکیبات زیست فعال مانند فنل‌ها و فلاونوئیدهای موجود در آن تأثیر می‌گذارد که می‌تواند منجر به کاهش، ثبات و یا افزایش میزان آن‌ها گردد (۷). هدف از مطالعه حاضر ارزیابی و مقایسه فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های آبی و متانولی گیاه آنگوزه و بررسی امکان استفاده از آن در صنایع بهداشتی - دارویی و درمانی می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱. تهیه عصاره‌ی آنگوزه

به منظور تهیه عصاره‌ی آبی آنگوزه، ۱۰ گرم از نمونه‌های گیاهی آسیاب شده در ۱۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شد و به مدت ۱ ساعت بر روی همزن مغناطیسی با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس به مدت ۷۲ ساعت درون انکوباتور شیکر دار در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه گردید و متعاقباً به مدت ۱ ساعت در دمای اتاق قرار گرفت. محلول حاصله به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۶۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوژ و سپس با کاغذ واتمن شماره ۱ فیلتر شد. در ادامه توسط دستگاه خشک کن انجمادی (OPERON ساخت کره جنوبی) در دمای ۴۰- درجه سانتی‌گراد خشک و تا زمان استفاده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

همچنین جهت تهیه عصاره‌ی متانولی آنگوزه، مراحل فوق با تغییر حلال به متانول ۷۰ درصد تکرار گردید. حذف حلال نیز توسط دستگاه روتاری تحت خلا (RV 10 Digital V_C ساخت آلمان) صورت گرفت و تا هنگام استفاده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (۸).

۲-۲. تعیین محتوای فنل کل عصاره آنگوزه

جهت تعیین میزان فنل کل موجود در عصاره‌ها، از روش فولین-سیوکالتو (Folin-Ciocalteu) به شیوه‌ی طیف سنجی استفاده شد. برای این منظور، میزان ۳۰۰ میکرولیتر از هریک از عصاره‌ها (با غلظت ۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) با ۱۵۰۰ میکرولیتر معرف فولین سیوکالتو یک مولار و ۱۲۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۲۰ درصد ترکیب شد و با افزودن آب دیونیزه به حجم نهایی ۴۰۰۰ میکرولیتر رسانده شد. ترکیب به دست آمده به مدت ۵۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در محیط تاریک قرار داده شد. در نهایت جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج ۷۶۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. از گالیک اسید در غلظت‌های (۱، ۲/۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر) نیز برای رسم منحنی استاندارد استفاده گردید (۹).

۲-۳. تعیین محتوای فلاونوئید کل عصاره آنگوزه

برای این منظور، مقدار ۱۵۰۰ میکرولیتر از هریک از عصاره‌ها (با غلظت ۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) با ۱۵۰۰ میکرولیتر کلرید آلومینیوم ۲۰٪ ترکیب شد و به مدت ۴۰ دقیقه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، در شرایط تاریکی قرار گرفت. سپس جذب آن توسط دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج ۴۱۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. مقدار فلاونوئید کل عصاره بر اساس میلی-گرم کوئرستین بر گرم عصاره خشک مشخص گردید. منحنی استاندارد کوئرستین نیز در غلظت‌های مختلف (۱، ۲/۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر) تهیه شد (۱۰).

۲-۴. بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش جذب رادیکال آزاد DPPH

برای این منظور ۱۰۰۰ میکرولیتر از غلظت‌های مختلف هر یک از عصاره‌ها (۴۰، ۸۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر) با ۳۰۰ میکرولیتر محلول DPPH (۰/۰۰۲ درصد) مخلوط گردید و به مدت ۳۰ دقیقه در فضای تاریک قرار داده شد. سپس جذب آن با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر اندازه‌گیری شد. در نهایت نیز میزان فعالیت مهارکنندگی عصاره‌ها با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$\text{میزان مهار رادیکال‌های آزاد (\%)} = \frac{A_D - A_S}{A_n} \times 100 \quad (\text{معادله ۱-۲})$$

که در آن A_D جذب نمونه کنترل و A_S جذب عصاره است.

۲-۵. تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری آزمایش‌های انجام شده توسط آنالیز تحلیل واریانس (ANOVA) و از طریق آزمون تعقیبی چند دامنه‌ای دانکن مورد ارزیابی قرار گرفت. تمامی محاسبات با استفاده از نرم‌افزار SPSS 26 انجام و مقدار $P\text{-value} < 0.05$ معنی دار در نظر گرفته شد. همچنین تمام آزمایشات در سه تکرار صورت گرفت و نتایج به صورت انحراف استاندارد \pm میانگین (Mean \pm SD) بیان شد.

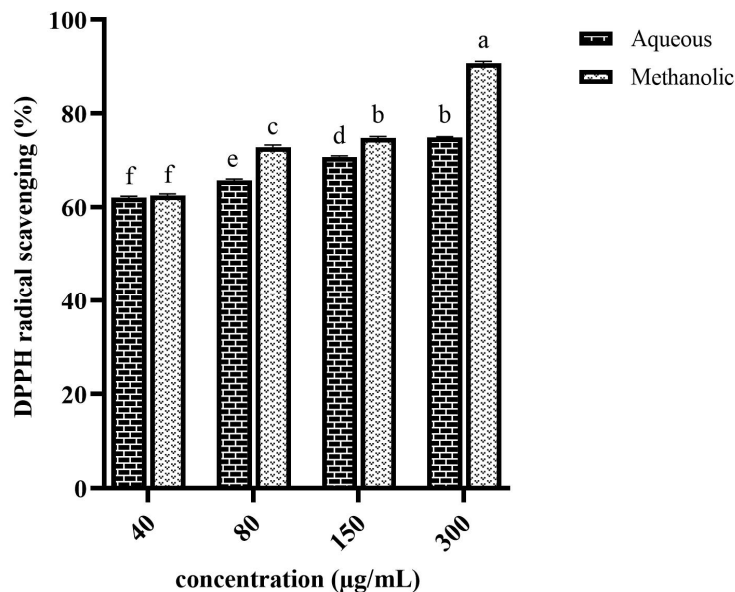
۳- نتایج

۳-۱. محتوای فنل و فلاونوئید کل عصاره‌ی آنغوزه

محتوای فنل و فلاونوئید کل عصاره‌ی آبی و متانولی آنغوزه با استفاده از معادله خط حاصل از منحنی استاندارد هر یک از آن‌ها اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که میزان فلاونوئید کل عصاره آبی و متانولی به ترتیب $6/22 \pm 157/75$ و $23/7 \pm 134/91$ میلی‌گرم کوئرستین به ازای گرم ماده خشک و میزان ترکیبات فنلی کل عصاره آبی و متانولی به ترتیب $3/02 \pm 276/28$ و $6/56 \pm 247/98$ میلی‌گرم گالیک اسید به ازای گرم ماده خشک به دست آمده است.

۳-۲. بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها

فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ی آبی و متانولی آنغوزه به روش جذب رادیکال آزاد DPPH بررسی گردید. رنگ بنفش تیره محلول DPPH به تدریج در حضور عصاره به رنگ زرد کم رنگ تغییر یافت که نشانگر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره آنغوزه است. نتایج نشان داد که غلظت‌های مختلف عصاره‌ی متانولی آنغوزه نسبت به عصاره‌ی آبی آن از فعالیت مهارکنندگی بالاتری برخوردار بودند و با افزایش غلظت، میزان مهار رادیکال DPPH نیز افزایش یافته است، به گونه‌ای که بالاترین درصد مهارکنندگی عصاره‌ی آبی و متانولی در غلظت ۳۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر به ترتیب به میزان ۷۴/۹ و ۹۰/۷ درصد مشاهده شد. نمودار (۳-۱) فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های آبی و متانولی آنغوزه را نشان می‌دهد.



نمودار ۳-۱: میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های آبی (aqueous) و متانولی (methanolic) آنگوزه. (ستون‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر مبنای آزمون چند دامنه‌ی دانکن در سطح ۰/۰۵ تفاوت معنی‌داری ندارند)

۴- بحث

امروزه بسیاری از گیاهان دارویی با اثرات بیولوژیکی فراوان و عملکرد مناسب، توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب نموده‌اند (۱۱). ترکیبات زیست‌فعال گیاهی پتانسیل درمانی زیادی دارند، زیرا می‌توانند بدون هیچ گونه عوارض جانبی ایفای نقش کنند. مطالعات نشان داده‌اند که ترشح ترکیبات مؤثره گیاهی به دلیل فعال شدن مسیر سنتز متابولیت‌های ثانویه آن می‌باشد که می‌تواند در گیاهان مختلف، به اشکال متفاوتی دیده شود. به نظر می‌رسد میزان متابولیت‌های ثانویه تحت تأثیر شرایط مختلفی از قبیل موقعیت جغرافیایی و نحوه استخراج آن‌ها از گیاه متفاوت باشد (۱۲). در مطالعه‌ی حاضر، محتوای ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی و همچنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره آبی و متانولی آنگوزه ارزیابی و نتایج به دست آمده مورد مقایسه قرار گرفت. ترکیبات فنلی گروه وسیعی از ترکیبات زیست‌فعال با ساختارهای شیمیایی متفاوت هستند که فعالیت‌های بیولوژیکی متنوعی را پای ریزی می‌کنند. مطالعات نشان داده‌اند که این ترکیبات می‌توانند خاصیت ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی چشمگیری داشته باشند (۱۳). براساس نتایج به دست آمده مشخص شد که عصاره آبی و متانولی آنگوزه حاوی مقادیر بالای فنل و فلاونوئید کل می‌باشند، به گونه‌ای که عصاره آبی از میزان فنل و فلاونوئید بیشتری نسبت به عصاره متانولی برخوردار بود. همچنین نتایج به دست آمده از بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی مشخص کرد که بالاترین درصد مهار رادیکال آزاد برای عصاره‌ی متانولی آنگوزه به میزان ۹۰/۷ درصد به ثبت رسیده است. این نتیجه می‌تواند به دلیل قطبیت کمتر متانول نسبت به آب باشد. در مطالعه‌ی افزاره و همکاران (۲۰۱۴) بر روی ارزیابی خصوصیات آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های مختلف گلبرگ زعفران مشخص شد که بیشترین میزان ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به عصاره اتانولی بوده است (۱۴). در مطالعه‌ی کامکار و همکاران در مورد مقایسه فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های آبی و الکلی گیاه مرزه نیز مشخص شد که توانایی مهار رادیکال‌های آزاد توسط عصاره هیدروالکلی به مراتب بیشتر است (۱۵). در حالی که در مطالعه‌ی گواهی و همکاران (۲۰۱۹) بر روی بررسی فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی و بیولوژیکی عصاره گیاه بشقابی، مشخص شد که عصاره آبی این گیاه بالاترین میزان

مهار رادیکال آزاد را داراست (۱۶). تفاوت بین نتایج به دست آمده در تحقیقات مختلف را می‌توان به تفاوت بین ترکیبات شیمیایی گیاهان، ساختار متفاوت واکنش‌های آن‌ها و همچنین روش‌های متفاوت اندازه‌گیری آن‌ها نسبت داد (۱۷). همچنین با توجه به نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر مشخص شد که نوع حلال مورد استفاده می‌تواند تاثیر قابل توجهی بر میزان عملکرد فعالیت آنتی‌اکسدانی عصاره‌های آنغوزه داشته باشد. مطالعات نشان داده‌اند که فعالیت رادیکال‌های آزاد در بدن می‌تواند زمینه را برای بروز سرطان و بیماری‌های قلبی عروقی فراهم کند. بنابراین آنتی‌اکسیدان‌ها اصلی‌ترین و مهم‌ترین راه مبارزه با رادیکال‌های آزاد به حساب می‌آیند (۱۸). پتانسیل آنتی‌اکسدانی بالای عصاره‌های آبی و به ویژه متانولی آنغوزه در مطالعه حاضر، می‌تواند آن را به یک جایگزین مناسب برای آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی موجود در بازار بدل نماید.

۵- نتیجه گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان‌دهنده مقادیر بالای فنل و فلاونوئید کل عصاره‌های آبی و متانولی صمغ گیاه آنغوزه می‌باشد. همچنین مشخص شد که میزان این ترکیبات و همچنین فعالیت آنتی‌اکسدانی عصاره‌های آنغوزه تحت تاثیر نوع حلال متفاوت است. نتایج نشان داد که عصاره متانولی نسبت به عصاره آبی دارای فعالیت آنتی‌اکسدانی بالاتری بوده‌است. این یافته‌ها می‌تواند عصاره‌ی آنغوزه را به عنوان یک فرآورده‌ی دارویی کارآمد با کاربردهای گسترده در صنایع بهداشتی و غذایی مطرح نماید.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از پروژه دانشجویی بوده و نویسندگان مقاله کمال تشکر و قدردانی را از افراد شرکت کننده در این پژوهش دارند.

منابع مالی

این پژوهش با کمک مالی ستاد توسعه زیست‌فناوری انجام شده است.

مراجع

1. Alipour Kakroudi A, Rahaiee S, Rajaei Litkoghi H, Ghanbari Hassan Kiadeh S. Comparison of antioxidant and antibacterial activities of various herbal essential oils: An In vitro study. Journal of Birjand University of Medical Sciences. 2021;28(4):322-34.
2. Zakerin A, Ahmadi E, Fasihi-Ramandi M, Abdollahi S, Molazadeh A, Jafari S, et al. The effects of ecologic condition on antimicrobial activity of endemic herbal extracts in fars province. Journal of Advanced Biomedical Sciences. 2015;5(1):111-9.
3. Estévez M, Cava R. Effectiveness of rosemary essential oil as an inhibitor of lipid and protein oxidation: Contradictory effects in different types of frankfurters. Meat science. 2006;72(2):348-55.
4. Dehpour AA, Ebrahimzadeh MA, Fazel NS, Mohammad NS. Antioxidant activity of the methanol extract of *Ferula assafoetida* and its essential oil composition. Grasas y aceites. 2009;60(4):405-12.
5. Singh R. In-vitro evaluation of aqueous and alcoholic extracts of spices for antifungal properties. The Indian Journal of Animal Sciences. 2007;77(8).
6. Sitara U, Niaz I, Naseem J, Sultana N. Antifungal effect of essential oils on in vitro growth of pathogenic fungi. Pakistan Journal of Botany. 2008;40(1):409.
7. Ghanbari HKS, Rahaiee S, Azizi H, Govahi M. Evaluation of biological activities of raw and cooked *Brassica oleracea* sprout extracts rich in bioactive compound Sulforaphane. 2021.

8. Salayová A, Bedlovičová Z, Daneu N, Baláž M, Lukáčová Bujňáková Z, Balážová E, et al. Green synthesis of silver nanoparticles with antibacterial activity using various medicinal plant extracts: Morphology and antibacterial efficacy. *Nanomaterials*. 2021;11(4):1005.
9. Muhammad DRA, Tuenter E, Patria GD, Foubert K, Pieters L, Dewettinck K. Phytochemical composition and antioxidant activity of *Cinnamomum burmannii* Blume extracts and their potential application in white chocolate. *Food Chemistry*. 2021;340:127983.
10. Wang Z, Barrow CJ, Dunshea FR, Suleria HA. A comparative investigation on phenolic composition, characterization and antioxidant potentials of five different australian grown pear varieties. *Antioxidants*. 2021;10(2):151.
11. Abdollahi A, Mohammadi A, Fasihi M, Shayan R, Radmanesh R. Emergence of Bla-ctx-m-type Gene in *Salmonella Enterica* Serotypes Isolated from Patients Stool. *Journal of Isfahan Medical School*. 2011;28(116).
12. Hassanabadi M, Ebrahimi M, Farajpour M, Dejahang A. Variation in essential oil components among Iranian *Ferula assa-foetida* L. accessions. *Industrial crops and products*. 2019;140:111598.
13. Mathew S, Abraham TE. In vitro antioxidant activity and scavenging effects of *Cinnamomum verum* leaf extract assayed by different methodologies. *Food and chemical toxicology*. 2006;44(2):198-206.
14. Afraze Z, Bolandi M, Khorshidi M, Mohammadi Nafchi A. Evaluation of antioxidant activity of aqueous and alcoholic extracts (methanol, ethanol) saffron petals. *Saffron agronomy and technology*. 2014;2(3):231-6.
15. Kamkar A, Tooryan F, Basti AA, Misaghi A, Shariatifar N. Chemical composition of summer savory (*Satureja hortensis* L.) essential oil and comparison of antioxidant activity with aqueous and alcoholic extracts. *Journal of Veterinary Research*. 2013;68(2):183-90.
16. Govahi M, Ghorbani F, Ranjbar M, Rahaiee S, Azizi H. Evaluation of Antioxidant and Antibacterial Activity, and Determination of Phenolic and Flavonoid Content of Aqueous and Methanolic Extracts of *Scutellaria pekinensis*. *Journal of Ilam University of Medical Sciences*. 2019;27(3):91-100.
17. Hossain MA, Shah MD. A study on the total phenols content and antioxidant activity of essential oil and different solvent extracts of endemic plant *Merremia borneensis*. *Arabian Journal of Chemistry*. 2015;8(1):66-71.
18. Oswell NJ, Thippareddi H, Pegg RB. Practical use of natural antioxidants in meat products in the US: A review. *Meat science*. 2018;145:469-79.

استفاده از اولتراسوند در افزایش امنیت و کارایی استارتر

ثمین آدینه^{*۱}

۱- کارشناسی ارشد گرایش شیمی مواد غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول : rs.mostajer@yahoo.com

Using ultrasound to increase the safety and efficiency of the starter

^{1*} Samin Adineh

1- Master student in food chemistry, Department of Food Science and Industry, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Iran

* Corresponding author: rs.mostajer@yahoo.com

ABSTRACT

Microbial metabolites have significant impacts on our lives from providing valuable compounds for nutrition to agriculture and healthcare. Ever-growing demand for these natural compounds has led to the need for smart and efficient production techniques. Ultrasound is a multi-applicable technology widely exploited in a range of industries such as chemical, medical, biotechnological, pharmaceutical, and food processes. Depending on the type of ultrasound employed, it can be used to either monitor or drive fermentation processes. Ultrasonication can improve bioproduct productivity via intensifying the performance of living organisms. Controlled ultrasonication can influence the metabolites' biosynthesis efficiency and growth rates by improvement of cell permeability as well as mass transfer and nutrient uptake rates through cell membranes. This review contains a summarized description about suitable microbial metabolites and the applications of ultrasound technique for enhancement of the production of these metabolites as well as the associated downstream processing.

Key words: *Ultrasound in food industry, ultrasound waves, ultrasound, fermentation, starter, ultrasound*

چکیده:

متابولیت های میکروبی تأثیرات قابل توجهی بر زندگی ما از ارائه ترکیبات ارزشمند برای تغذیه گرفته تا کشاورزی و مراقبت های بهداشتی دارند. تقاضای روزافزون برای این ترکیبات طبیعی نیاز به تکنیک های تولید هوشمند و کارآمد را به دنبال داشته است. اولتراسوند یک فناوری چندکاربردی است که به طور گسترده در طیف وسیعی از صنایع مانند فرآیندهای شیمیایی، پزشکی، بیوتکنولوژی، دارویی و غذایی مورد استفاده قرار می گیرد. بسته به نوع اولتراسوند مورد استفاده، می توان از آن برای نظارت یا هدایت فرآیندهای تخمیر استفاده کرد. فراصوت می تواند بهره وری زیستی را از طریق تشدید عملکرد موجودات زنده بهبود بخشد. فراصوت کنترل شده می تواند با بهبود نفوذپذیری سلولی و همچنین سرعت انتقال جرم و جذب مواد مغذی از طریق غشای سلولی، کارایی بیوسنتز و نرخ رشد متابولیت ها را تحت تاثیر قرار دهد. این بررسی شامل یک توصیف خلاصه در مورد متابولیت های میکروبی مناسب و کاربردهای تکنیک اولتراسوند برای افزایش تولید این متابولیت ها و همچنین فرایند های پایین دست مرتبط است.

واژه های کلیدی: فراصوت در صنایع غذایی، متابولیت میکروبی، اولتراسوند، امنیت غذایی، فراصوت، نگهداری مواد غذایی

۱- مقدمه

فرآوری مواد غذایی به تبدیل عمدی محصولات کشاورزی، از طریق عملیات واحدهای متعدد به محصولات خوش طعم تر، پایدارتر، قابل حمل و مفید، با ارزش افزوده و ایمن برای مصرف انسان اشاره دارد. روش‌های مختلف پردازش و نگهداری سنتی مانند خشک کردن، سرخ کردن، دود کردن، نمک زدن، ترشی کردن، خیساندن و غیره هنوز به وفور و به طور موثر برای فرآوری محصولات غذایی خام استفاده می‌شود. اصل اساسی برای بسیاری از روش‌های سنتی پردازش مواد غذایی به صرف گرما برای کاهش رشد میکروارگانیسم‌ها و مهار پاتوژن‌های موجود در غذا بستگی دارد که غذا را برای مصرف ایمن می‌کند. این عملیات حرارتی انرژی بالایی را مصرف می‌کنند، راندمان تولید پایینی را ارائه می‌دهند و روش‌هایی بسیار زمان‌بر هستند و به سطوح زیادی از ورودی‌های خارجی نیاز دارند [۱]. بسیاری از محصولات غذایی وجود دارند که خطر مسمومیت باکتریایی یا ویروسی را ایجاد می‌کنند که ممکن است پردازش آنها توسط گرما مطلوب نباشد. چنین محصولات غذایی حساس به حرارت در مواجهه با عملیات حرارتی ممکن است دچار تغییرات فیزیکی، شیمیایی و میکروبی مانند تغییر طعم، رنگ و بافت شوند. این امر نیاز به تحقیق و توسعه را برای استفاده حداکثری از فناوری‌های موجود و ظهور فناوری‌های جایگزین نوآورانه و مؤثر ایجاد کرده است. روش‌های جدید مورد استفاده در فرآوری مواد غذایی، شامل پردازش فشار بالا، پلاسمای سرد، میدان الکتریکی پالسی، استخراج سیال فوق بحرانی، تابش اشعه ماوراء بنفش و فراصوت است [۲].

امواج صوتی بیش از محدوده فرکانس قابل شنیدن یعنی بیشتر از ۲۰ کیلوهرتز به عنوان "اولتراسوند" نامیده می‌شوند. هنگامی که امواج صوتی از طریق یک محیط انتشار می‌یابند، آنها فشردگی را در ذرات محیط ایجاد می‌کنند. این به نوبه خود، به دلیل تلاطم و افزایش انتقال جرم، مقدار زیادی انرژی تولید می‌کند. اصل اساسی انعکاس و پراکندگی امواج صوتی مشابه امواج نور است [۳].

اولتراسوند یک فناوری پایدار نوظهور است که سرعت فرآیندهای مختلف در صنعت فرآوری مواد غذایی و کارایی آنها را افزایش می‌دهد. همچنین می‌توان آن را در ترکیب با دما (صوت حرارتی) و فشار (مانوسونیکاسیون) برای ایجاد یک اثر هم افزایی اعمال کرد که کارایی آن را بیشتر افزایش می‌دهد [۴].

۲- انواع فراصوت

بر اساس شدت و فرکانس امواج اولتراسوند مورد استفاده در مصارف غذایی را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:

۱. اولتراسوند با شدت کم

امواج اولتراسوند با شدت کم یا فرکانس بالا نیز به عنوان امواج تشخیصی توصیف می‌شوند و دارای فرکانس مشخصه بیشتر از ۱۰۰ کیلوهرتز و شدت کمتر از ۱ W/cm² هستند. از این امواج می‌توان برای ارزیابی ساختار (شکل، اندازه و ابعاد) محصول غذایی، تعیین ترکیب مواد غذایی تازه مانند گوشت و مرغ، ماهیان خام و تخمیری استفاده کرد. این روش به عنوان ابزاری برای تجزیه و تحلیل غیر تهاجمی و غیر مخرب محصولات غذایی در طول پردازش و ذخیره سازی استفاده می‌شود. همچنین در تنظیم کیفیت و کنترل میوه‌ها و سبزیجات تازه تولید شده هم در طول عملیات قبل و هم پس از برداشت موثر است [۵]. اصل عملکرد فراصوت کم انرژی که به طور موثر از تعامل بین ماده و امواج صوتی با فرکانس بالا برای به دست آوردن اطلاعات دقیق در زمینه ساختار، ابعاد و ترکیب محصولی که از طریق آن منتشر می‌شود، استفاده می‌کند. همچنین، نبود کردن به دلیل از دست دادن انرژی در فشرده سازی و فشردگی امواج رخ می‌دهد [۶]. مکانیسم جذب با مواد همگن و پراکندگی با مواد ناهمگن مرتبط است که اطلاعاتی در مورد ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مواد ارائه می‌دهد [۷].

۲. اولتراسوند با شدت بالا

امواج اولتراسوند با شدت بالا و فرکانس پایین به عنوان مخرب شناخته می‌شوند و در نتیجه اثرات قابل توجهی بر خواص فیزیکی، بیوشیمیایی و مکانیکی محصولات غذایی در مقایسه با اولتراسوند کم توان ایجاد می‌کنند. فرکانس آنها بین ۲۰ تا ۱۰۰ کیلوهرتز است در حالی که شدت آنها در محدوده ۱۰ تا ۱۰۰۰ وات بر سانتی متر مربع است. این روش کاربرد گسترده‌ای در امولسیون سازی، کف زدایی، تنظیم ریزساختارها، و اصلاح ویژگی‌های بافتی محصولات چرب، کریستالیزاسیون صوتی و خواص عملکردی پروتئین‌های غذایی دارد. همچنین کاربردهای قابل توجهی در عملیات واحدهای متعدد انجماد، خشک کردن، نرم کردن، غلظت، ذوب دارد [۸]. اولتراسوند با شدت بالا با القای کاویتاسیون صوتی مشخص می‌شود که به دلیل تولید، رشد بعدی و فروپاشی ناگهانی حباب‌های بزرگتر ایجاد می‌شود که مقدار زیادی انرژی آزاد می‌کند [۹].

۳- روش‌های استفاده از اولتراسوند

در صنایع غذایی، اولتراسوند را می‌توان برای تکمیل عملیات واحد یا در پردازش محصول غذایی به صورت‌های زیر استفاده کرد:

- مستقیم: قرار گرفتن مستقیم در معرض پرتو
- غیر مستقیم: با استفاده از ابزاری مانند Sonotrode یا حمام آب اولتراسونیک [۱۰].

۴- مزایا و معایب فراصوت

مزایا: اولتراسوند یک فناوری سبز و دوستدار محیط زیست است که به طرز ماهرانه‌ای فرآیندهای مختلف در صنایع غذایی را بهبود بخشیده است. همچنین، به عنوان یک جایگزین عالی برای چندین فناوری متداول مبتنی بر حرارت که برای کیفیت محصول مضر هستند، عمل می‌کند. اولتراسوند به طور موثری به نرم شدن و پخت گوشت، سفتی میوه‌ها و سبزیجات، اختلاط بهتر خمیرها، غیرفعال سازی میکروبی، همگن شدن، استریل کردن، و پاستوریزه و امولسیون کردن کمک می‌کند. فراصوت منجر به تولید محصول با کیفیت بهتر در دماهای پایین تر، با نرخ انتقال حرارت و جرم بهبود یافته می‌شود. اولتراسوند فرآیند فیلتراسیون را تسریع می‌کند، عمر فیلتر را افزایش می‌دهد، انجماد را تسریع می‌کند و منجر به اندازه کریستال کوچک‌تر، عملیات خشک کردن و ذوب سریع‌تر می‌شود. اولتراسوند یک تکنیک پردازش سریع را ارائه می‌دهد و هزینه تولید را محدود می‌کند. با از بین بردن نیاز به مراحل فرآیند و افزایش بازده محصول، کارایی فرآیند را بهبود می‌بخشد. همچنین کیفیت و خلوص محصول نهایی با افزایش خواص ارگانولپتیک، سفتی و بافت آن بهبود می‌یابد. همچنین به حفظ ویژگی‌های غذایی محصول و افزایش ماندگاری محصول کمک می‌کند [۱۰].

معایب: اولتراسوند هنگامی که در شدت‌های بالا اعمال می‌شود به دلیل افزایش دما باعث تولید گرما می‌شود که اثرات مخربی بر ویژگی‌های ارگانولپتیک و تغذیه‌ای محصول غذایی دارد. همچنین اثربخشی اولتراسوند در برابر غیرفعال سازی های میکروبی و آنزیمی کاملاً موفق نبوده است. با این حال، اثر هم افزایی همراه با دما و فشار ممکن است باعث غیرفعال شدن شود. همچنین اولتراسوند با قدرت بالا ممکن است اثرات نامطلوب فیزیکی و شیمیایی روی غذاها داشته باشد. رادیکال‌های آزاد تولید شده در اثر کاویتاسیون منجر به اکسیداسیون لیپید می‌شود که با طعم و بو، دناتوره شدن پروتئین و کاهش محتوای فنلی کل به دلیل تخریب اسید اسکوربیک همراه است. کاربرد هم افزایی اولتراسوند با دما و فشار همچنین منجر به تشکیل رادیکال‌های آزاد می‌شود که واکنشی را کاتالیز می‌کند که ممکن است به ساختار پروتئین آسیب برساند و در نتیجه بر بافت محصول غذایی تأثیر منفی بگذارد. بنابراین، شدت و هم افزایی اولتراسوند باید قبل از استفاده بهینه شود [۱۰].

۵- فراصوت در صنایع غذایی

اولتراسوند توانایی‌های خود را در صنایع غذایی در نگهداری، استخراج و فرآوری ثابت کرده است. اولتراسوند برای بهبود فرآیندهای مختلف در صنایع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد و هنگامی که در ترکیب با تکنیک‌های دیگر برای نگهداری مواد غذایی استفاده می‌شود، قدرتمندتر می‌شود. مزایای متعددی نسبت به سایر فناوری‌های از قبل موجود یا معمولی دارد و در کنار آمدن با آنها به مقابله یا غلبه بر کاستی‌های آنها کمک می‌کند. اولتراسوند با توانایی‌های خود در افزایش کارایی و کاهش زمان مورد نیاز برای عملیات‌های مختلف پردازش، آینده‌ای رو به رشد را نوید می‌دهد. در میان اولتراسوند، عملیات واحد پردازش کامل را می‌توان در عرض چند دقیقه یا چند ثانیه انجام داد، همراه با کاهش هزینه کلی پردازش، ارائه سطوح خلوص بالای محصول نهایی، ریشه‌کنی تصفیه فاضلاب، پس پردازش با حداقل انرژی. عدم آگاهی، درک و عدم تمایل به کنار گذاشتن شیوه‌های سنتی، مانع از اجرا و تجاری‌سازی اولتراسوند در سطوح صنعتی می‌شود [۹].

در طی سال‌ها، چندین مطالعه تحقیقاتی کارایی اولتراسوند را در جایگزینی و بهبود تکنیک‌های مختلف فرآوری مرسوم در صنایع غذایی ثابت کرده‌اند. با این حال، ترکیب اولتراسوند با سایر تکنیک‌ها نتایج بهتری را در کیفیت کلی محصول نهایی ایجاد می‌کند و می‌تواند کانون تحقیقات بیشتر باشد. تقاضای روزافزون برای ترکیبات طبیعی و سالم غذایی نیاز به تکنیک‌های تولید هوشمند و کارآمد را به دنبال داشته است. اولتراسوند یک فناوری چندکاربردی است که به طور گسترده در طیف وسیعی از صنایع مانند فرآیندهای شیمیایی، پزشکی، بیوتکنولوژی، دارویی و غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بسته به نوع اولتراسوند مورد استفاده، می‌توان از آن برای نظارت یا هدایت فرآیندهای غذایی استفاده کرد.

طیف گسترده‌ای از متابولیت‌های تولید شده توسط میکروارگانیسم‌های مختلف از نوع وحشی و یا مهندسی بر اکثر اشکال حیات تأثیر می‌گذارد و نقش‌های همه‌جانبه‌ای در محیط ما پیدا کرده است. این متابولیت‌های میکروبی به طور گسترده در صنایع غذایی، داروسازی، سوخت زیستی، مواد شوینده و آفت کش‌ها استفاده می‌شود. متابولیت‌های میکروبی از جمله اسیدهای آمینه، اسیدهای آلی، عوامل ضد میکروبی، ویتامین‌ها، قندهای کمیاب و الکل‌های قندی را می‌توان به عنوان جایگزین‌های قوی برای هم‌تایان شیمیایی خود در نظر گرفت [۵].

رویکردهای دستکاری ژنتیکی برای افزایش تولید متابولیت میکروبی شامل جهش و فناوری DNA نوترکیب است. این تکنیک‌ها موارد ذیل را انجام می‌دهند:

- (۱) بیان بیش از حد ژن‌های مرتبط در تولید متابولیت‌های مورد نظر.
- (۲) حذف کردن واکنش‌هایی که متابولیت‌های هدف را تخریب می‌کنند.
- (۳) تولید بیش از حد کوآنزیم‌ها (یعنی ATP، NADH و NADPH) که نقش مهمی در کارایی تشکیل محصولات نهایی دارند.
- (۴) انتقال ماهرانه متابولیت‌ها به خارج از سلول‌ها، که منجر به جلوگیری از تجمع درون سلولی و متعاقباً هرگونه اثرات بازدارنده رشد بر روی سلول‌ها می‌شود [۷].

۶- فناوری اولتراسوند برای پردازش پایین دست

استفاده از اولتراسوند برای فرآیندهای پایین دستی روشی امیدوارکننده در مقایسه با افزودن مواد شیمیایی و آنزیم‌ها است که می‌تواند منجر به آلودگی محصول و هزینه‌های بالایی شود. از سوی دیگر، دمای بالا ناشی از فرآیندهای حرارتی و مایکروویو منجر به از دست دادن کیفیت محصول نهایی می‌شود. از این رو، فراصوت تکنیک جذابی را ارائه می‌دهد که به دلیل عدم نیاز به افزودن ترکیبات خارجی (آنزیم، شیمیایی) و عملیات در دماهای پایین تر، برای پردازش مداوم قابل قبول تر و قابل انبساط است. مدت زمان طولانی قرار گرفتن در معرض ممکن است مقادیر قابل توجهی از رادیکال‌های آزاد و تخریب اجزایی مانند روغن ایجاد کند [۱۱].

اثرات اولتراسوند بر استخراج اجزای عملکردی در بسیاری از انتشارات گزارش شده است و با استخراج با بازده بالاتر و پردازش سریعتر همراه است. اولتراسوند انتقال جرم را از طریق سلول‌ها افزایش می‌دهد و همچنین اختلاط مایع و جامد در محیط را افزایش می‌دهد و نیروهای محرکه و آشفتگی بالاتری ایجاد می‌کند [۱۲].

۷- کاربرد فراصوت در محصولات لبنی

فرآیندهای تخمیر شامل مشارکت آنزیم‌ها و کاتالیزورهای آلی است که توسط طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها برای تولید دگرگونی‌های شیمیایی ایجاد می‌شود. اولتراسوند را می‌توان در چنین فرآیندهایی برای نظارت بر پیشرفت تخمیر یا تأثیرگذاری بر پیشرفت آن استفاده کرد. فراصوت با فرکانس بالا (< ۲ مگاهرتز) به طور گسترده به عنوان ابزاری برای اندازه‌گیری تغییرات ترکیب شیمیایی در طی تخمیر گزارش شده است که اطلاعات زمان واقعی را در مورد پیشرفت واکنش ارائه می‌دهد. فراصوت با فرکانس پایین (۲۰ تا ۵۰ کیلوهرتز) می‌تواند با بهبود انتقال جرم و نفوذپذیری سلولی که منجر به بهبود راندمان فرآیند و نرخ تولید می‌شود، روند تخمیر را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین می‌تواند برای از بین بردن میکروارگانیسم‌هایی که ممکن است مانع از این روند شوند، استفاده شود. این بررسی کاربردهای کلیدی اولتراسوند با فرکانس بالا و پایین در کاربردهای تخمیر مواد غذایی را خلاصه می‌کند [۷].

فراصوت یک فناوری کارآمد است که باعث حفظ مواد مغذی می‌شود و منجر به افزایش ماندگاری و کیفیت بهتر محصولات لبنی می‌شود. هزینه کمتر، سریع و ساده برای کاربرد دارد. در صنایع لبنی، در غیر فعال سازی میکروبی مفید بوده است. کایتاسیون درون سلولی باعث آسیب به غشای سلولی میکروارگانیسم‌های تولید رادیکال‌های آزاد و آسیب به DNA می‌شود. اولتراسوند با شدت بالا قادر به افزایش زنده ماندن سویه پروبیوتیک برای کشت‌های آغازین مورد استفاده برای تولید شیر کشت و محصولات آن است. همچنین با آزادسازی آنزیم، لاکتاز و تحریک تولید اسید، هیدرولیز لاکتوز را تسریع می‌کند و در نتیجه زمان تخمیر را کاهش می‌دهد. عمل اولتراسوند به دلیل افزایش پپتیدهای فعال زیستی و الیگوساکاریدها و کاهش محتوای لاکتوز، خواص ارگانولپتیک محصولات شیر تخمیر شده را همراه با کیفیت تغذیه‌ای آنها افزایش می‌دهد [۱۳]. اولتراسوند همچنین با آزادسازی آنزیم‌های درون سلولی، تسریع تجزیه ساختار پروتئین و افزایش خواص بافتی، ارگانولپتیک و ویژگی‌های تغذیه‌ای باعث کاهش زمان لازم برای رسیدن پنیر می‌شود. استفاده از اولتراسوند با شدت بالا برای کاهش اندازه گلبول‌های چربی در تولید ماست، بهبود ویسکوزیته، کاهش سینرژیس، افزایش قدرت ژل و تسریع تخمیر مشاهده شده است. همچنین با دناتور کردن پروتئین‌های آب پنیر، تقسیم میسل‌های کازئین و ترکیب مجدد بخش پروتئین برای تولید ماست سفت‌تر به تشکیل ژل سفت و پایدار کمک می‌کند. عمل مخلوط کردن بستنی در طول فرآیند تولید به وسیله امواج فراصوت، ضمن انجماد، خواص بافتی و ارگانولپتیک بستنی را افزایش می‌دهد. این به افزایش هسته‌زایی، تشکیل کریستال‌های یکنواخت و کوچک‌تر یخ، و بهبود نرخ انتقال گرما و جرم ناشی از کایتاسیون نسبت داده می‌شود. در حفره‌ها، حباب‌ها منفجر می‌شوند که منجر به افزایش فشار به صورت موضعی می‌شود و باعث ایجاد هسته یخ و شکستن کریستال‌های بزرگ می‌شود [۱۴].

۸- نتیجه گیری:

فناوری اولتراسوند که با شدت کم یا با شدت بالا عمل می‌کند، می‌تواند اثرات مختلفی (به عنوان مثال، تحریک و غیرفعال کردن) متابولیسم میکروارگانیسم‌ها را القا کند. اگرچه نشان داده شده است که اولتراسوند می‌تواند به طور قابل توجهی بر سرعت رشد و بازده تولید از طریق افزایش نفوذپذیری سلول‌ها، انتقال جرم در غشای سلولی، جذب مواد مغذی و انتشار مواد زائد تأثیر بگذارد، مکانیسم‌های دقیق درگیر به طور کامل شناخته نشده است. درک این نکته ضروری است که شرایط اولتراسوند کافی در بررسی غیرفعال شدن میکروارگانیسم‌ها، افزایش رشد سلولی و بهبود کارایی پایین دستی نقش اساسی دارد. علیرغم هزینه‌های عملکرد بالای اولتراسوند در پذیرش گسترده صنعتی، این هزینه‌ها را می‌توان به راحتی با افزایش بهره‌وری جبران کرد. علاوه بر این، استفاده از بسترهای ارزان قیمت برای فرآیند تخمیر و همچنین فقدان مواد شیمیایی و

آزمایش‌های اضافی برای پردازش پایین‌دست ممکن است هزینه‌های افزایش مقیاس را متعادل کند. توسعه بیشتر برای کاربرد اولتراسوند در سطح صنعتی مستلزم بهینه‌سازی پارامترها و تحقیقات سطح زمین برای تجزیه و تحلیل اثر درمان صوتی بر تولید عمده مواد غذایی است. تحقیقات در مقیاس بزرگتر باید جنبه‌های ایمنی و اثرات نامطلوب اولتراسوند بر انسان را نیز در نظر بگیرد. همچنین برای تجاری‌سازی و صنعتی‌شدن اولتراسوند به انرژی بسیار زیادی نیاز است که مانعی در کاربرد آن در صنایع غذایی ایجاد می‌کند. بنابراین، تحقیقات در مورد اولتراسوند باید به طور خاص بر روی اجرا در مقیاس صنعتی متمرکز شود. این مقاله مروری به تشریح کاربرد فناوری اولتراسوند در تخمیر و فرآیند پایین‌دستی برای بهبود تولید و بازیابی متابولیت میکروبی می‌پردازد. کاربردهای بالقوه مختلف فناوری اولتراسوند نیز مورد بحث قرار گرفته است.

منابع:

1. F.J. Barba, Microalgae and seaweeds for food applications: challenges and perspectives, *Food Res. Int.* (Ottawa, Ont.), 99 (Pt 3) (2017), p. 969
2. N.N. Misra, O. Schlüter, P.J. Cullen (Eds.), *Cold Plasma in Food and Agriculture: Fundamentals and Applications*, Academic Press (2016)
3. A.R. Jambrak, Application of high power ultrasound and microwave in food processing: extraction, *J. Food Process. Technol.*, 2012 (2012), p. 3
4. S. Condón-Abanto, C. Arroyo, I. Álvarez, S. Condón, J.G. Lyng, Application of ultrasound in combination with heat and pressure for the inactivation of spore, forming bacteria isolated from edible crab (*Cancer pagurus*), *Int. J. Food Microbiol.*, 223 (2016), pp. 9-16
5. I.S. Arvanitoyannis, K.V. Kotsanopoulos, A.G. Savva, Use of ultrasounds in the food industry—methods and effects on quality, safety, and organoleptic characteristics of foods: a review, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 57 (1) (2017), pp. 109-128
6. V. Buckin, E. Kudryashov, B. O'Driscoll, High-resolution ultrasonic spectroscopy for material analysis. *Am. Lab.* 34(5; SUPP) (2002) 28–31.
7. A.S. Dukhin, P.J. Goetz, B. Travers, Use of ultrasound for characterizing dairy products, *J. Dairy Sci.*, 88 (4) (2005), pp. 1320-1334
8. X. Fu, T. Belwal, G. Cravotto, Z. Luo, Sono-physical and sono-chemical effects of ultrasound: primary applications in extraction and freezing operations and influence on food components
9. S.M. Alzamora, S.N. Guerrero, M. Schenk, S. Raffellini, A. López-Malo, Inactivation of microorganisms, *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing*, Springer, New York, NY (2011), pp. 321-343
10. A. Rana, Ultrasound processing and its use in food industry: a review, *Int. J. Chem. Stud.*, 5 (6) (2017), pp. 1691-1698
11. Alupului A., Lavric V. Ultrasound extraction of active principles with hypoglycaemic activity from medicinal plants. *Chem. Eng. Trans.* 2008;14:83–90.
12. Chu J., Li B., Zhang S., Li Y. On-line ultrasound stimulates the secretion and production of gentamicin by *Micromonospora echinospora*. *Process. Biochem.* 2000;35:569–572.
13. V. Akdeniz, A.S. Akalin, New approach for yoghurt and ice cream production: high-intensity ultrasound, *Trends Food Sci. Technol.*, 86 (2019), pp. 392-398
14. J.T. Guimarães, C.F. Balthazar, H. Scudino, T.C. Pimentel, E.A. Esmerino, M. Ashokkumar, et al., High-intensity ultrasound: A novel technology for the development of probiotic and prebiotic dairy products, *Ultrason. Sonochem.*, 57 (2019), pp. 12-21

بررسی کیفیت میکروبی لاشه‌های طیور ورودی به صنایع بسته بندی و فرآوری گوشت مرغ در شهرستان بابل

شهره عالیان سماک خواه^{۱*}، مسعود رحمانی^۱

۱- گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، آمل، ایران.

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: s.alian@ausmt.ac.ir

Evaluation of Microbial Quality of Poultry Carcasses Entering the Chicken Meat Packaging and Processing Industries in babol City

Alian Samakkhah Sh^{1*}, Rahmani M¹

1- Department of food hygiene and Quality control, faculty of veterinary medicine, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran

*Corresponding author: s.alian@ausmt.ac.ir

ABSTRACT

Food safety plays an important role in ensuring human health. Since meat is considered the most important protein material in the human diet and meat plays an important role in the transmission of bacteria, especially common bacteria between humans and animals, we decided to investigate pathogenic bacteria such as coliforms, *Escherichia coli*, and *Salmonella* in poultry carcasses entering the chicken meat packaging and processing industries in Babol city. The present study is a cross-sectional study that was conducted on 90 poultry carcasses from the beginning of July to the end of December 2022 for six months. The samples were tested for laboratory diagnosis based on the microbial standard guidelines of the National Institute of Standards of Iran. 22 samples were infected with coliforms (24.44%), 15 samples were infected with *Escherichia coli* (16.66%), and none were infected with *Salmonella*. Therefore, the chicken carcasses supplied in packaging industries in Babol city were produced under sanitary conditions and had very little contamination. Based on the obtained results, it was determined that health and technical training for personnel and supervision of various departments of raw material preparation, maintenance, production and supply have improved the health and nutritional quality of this product. Also, this result indicates the proper functioning of food supervision departments and continuous sampling and appropriate health and quality tests on poultry carcasses and manufactured products.

Keywords: *E. coli*, Microbial quality, Poultry Carcass, *Salmonella*

چکیده

سلامت مواد غذایی نقش مهمی در تأمین سلامت انسان دارد. از آنجا که گوشت مهم‌ترین ماده پروتئینی در رژیم غذایی انسان محسوب می‌شود و گوشت در انتقال باکتری‌ها به خصوص باکتری‌های مشترک بین انسان و دام نقش مهمی دارد، بر آن شدیم تا به بررسی میکروبی باکتری‌های پاتوژنی مانند کلی فرم‌ها، *شریشیا کلی* و *سالمونلا* در لاشه‌های طیور ورودی به صنایع بسته بندی و فرآوری گوشت مرغ در شهرستان بابل بپردازیم. مطالعه حاضر از نوع مقطعی است که بر روی ۹۰ لاشه طیور از ابتدای تیر ماه تا انتهای آذر ماه سال ۱۴۰۱ به مدت شش ماه انجام گردید. نمونه‌ها جهت تشخیص آزمایشگاهی بر اساس دستورالعمل استاندارد میکروبی حد مجاز آلودگی‌ها مؤسسه ملی استاندارد ایران مورد آزمایش قرار گرفتند. ۲۲ نمونه آلوده به کلی فرم‌ها (۲۴/۴۴٪)، ۱۵ نمونه آلوده به *شریشیا کلی* (۱۶/۶۶٪) و هیچ نمونه‌ای آلوده به *سالمونلا* نبود. بنابراین لاشه‌های مرغ عرضه شده در صنایع بسته بندی در شهرستان بابل تحت شرایط بهداشتی تولید شده‌اند و دارای آلودگی بسیار ناچیزی بودند. بر اساس نتایج به دست آمده مشخص گردید که آموزش‌های بهداشتی و فنی به پرسنل و نظارت بر بخش‌های مختلف

تهیه مواد اولیه، نگهداری، تولید و عرضه موجب ارتقاء کیفیت بهداشتی و تغذیه ای این فرآورده شده است. همچنین این نتایج حاکی از عملکرد مناسب اداره‌های نظارت بر مواد غذایی و انجام مداوم نمونه برداری و آزمایش های بهداشتی و کیفی مناسب بر روی لاشه‌های طیور و محصولات تولیدی است.

واژه‌های کلیدی: /شیریشیا کلی، سالمونلا، کیفیت میکروبی، لاشه طیور

۱- مقدمه

میکروارگانسیم‌های باکتریایی از اهمیت ویژه‌ای برای سلامت عمومی برخوردارند. کلی فرم‌ها، سالمونلا و /شیریشیا کلی، به عنوان بخشی از فلور طبیعی در دستگاه گوارش برخی حیوانات اهلی، از جمله طیور، یافت می‌شوند. این باکتری‌ها علل اصلی بیماری‌های منتقله از طریق غذا در سراسر جهان هستند (۱). در مقایسه با سایر گونه‌های جانوری، موارد سالمونلا در محصولات طیور به خوبی اثبات شده است و شیوع سالمونلا در طیور نگهداری شده با شیوه‌های نامناسب مدیریتی مرتبط است. عفونت‌های سالمونلا را می‌توان از منابع دیگر مانند شیر خام یا آب تصفیه نشده نیز به دست آورد. اما مصرف گوشت طیور، عمدتاً گوشت مرغ تازه، عامل خطر اصلی برای ابتلا به عفونت است. نرخ شیوع در چندین کشور ثبت شده است که در این بین میزان شیوع سالمونلا در پرتغال به ۷۰ درصد رسیده است. چندین مطالعه سعی کرده اند شیوع سالمونلا را گزارش کنند مانند مطالعه‌ای در واشنگتن دی سی، ایالات متحده آمریکا که ۴/۲٪ شیوع سالمونلا را در لاشه‌های طیور گزارش کرده است (۲) و یا در نیپال این میزان ۱۴/۵٪ بوده است. در آفریقای جنوبی، مطالعه‌ای هم در طیور تازه ذبح شده و هم طیور منجمد انجام شد و شیوع سالمونلا را ۱۹٪ و ۱۱٪ به ترتیب بیان کردند (۳). در حالی که در سودان شیوع بالاتری داشت و ۴۴/۴٪ گزارش شد (۴).

/شیریشیا کلی مانند سالمونلا یک باکتری است که در روده انسان و حیوانات زندگی می‌کند. این باکتری معمولاً به عنوان شاخصی از آلودگی استفاده می‌شود که بیشتر این آلودگی از منابع آب یا مواد غذایی نشأت می‌گیرد. وجود باکتری /شیریشیا کلی در طیور نشان دهنده عدم رعایت اصول بهداشتی در کشتارگاه‌ها یا کارخانجات بسته بندی و فرآوری گوشت طیور است. طیف گسترده‌ای از غذاهای گیاهی و حیوانی منابع بالقوه آلودگی /شیریشیا کلی به ویژه گوشت طیور هستند. /شیریشیا کلی در سراسر جهان در محصولات گوشتی طیور نیز یافت شده است. شیوع این باکتری هم در لاشه‌های طیور و هم در محصولات طیور در نقاط مختلف جهان متفاوت است. میزان شیوع /شیریشیا کلی تا ۹۸٪ در هند ثبت شده است (۵). در سودان، شیوع /شیریشیا کلی به ۵۷/۸٪ رسیده است، در حالی که در مراکش ۴۸/۴٪ (۲۰) و در نیجریه ۱۶٪ گزارش شده است (۶).

یکی از روش‌های اجتناب از آلودگی، عرضه مواد غذایی به صورت بسته بندی است. امروزه در اکثر کشورهای صنعتی مواد غذایی پروتئینی، لبنی، سبزیجات و میوه جات و بسیاری از مواد غذایی دیگر خام و پخته شده جهت حفظ سلامتی مردم به صورت بسته بندی شده عرضه می‌گردد. متأسفانه در کشور ما هنوز بسیاری از مواد غذایی به صورت سنتی تهیه و عرضه می‌گردد از آنجا که محصولات گوشتی به عنوان یک منبع غذایی عمده برای مردم تلقی می‌شوند، می‌توانند به عنوان یک عامل مهم در انتقال عوامل بیماریزا به انسان عمل کنند. باتوجه به اینکه دسترسی به اطلاعات اولیه در خصوص میزان و نوع آلودگی مواد غذایی، جهت برنامه ریزی، حمایت و تشویق به صنعت بسته بندی و عرضه بهداشتی مواد غذایی پروتئینی ضروری به نظر می‌رسد، مطالعه حاضر انجام گردید.

۲- مواد و روش کار

۲-۱- طراحی مطالعه

مطالعه حاضر از نوع مقطعی است که بر روی ۹۰ لاشه طیور از ابتدای تیر ماه تا انتهای آذر ماه سال ۱۴۰۱ به مدت شش ماه انجام گردید. در هر ماه به تعداد ۱۵ نمونه لاشه مرغ ورودی به صنایع بسته بندی در شهرستان بابل اخذ گردید. از بخش های اصلی مرغ (گردن، ساق، ران، کشاله ران، عضلات ابتدایی و انتهای سینه) نمونه برداری انجام گرفت و در کنار یخ به آزمایشگاه منتقل شد. سپس رقت‌های سریالی تهیه و

کشت انجام شد. در این مطالعه جهت ارزیابی میزان باکتری‌های مورد مطالعه از جمله سالمونلا از ۲۵ گرم نمونه گوشت و جهت جداسازی و شناسایی سایر میکروب‌های مورد مطالعه از سوآپ استفاده شد و سوآپ‌ها داخل لوله‌های حاوی آب پپتونه ۰/۱ درصد استریل قرار داده شد (۷). نمونه‌ها در مجاورت یخ، جهت تشخیص آزمایشگاهی به آزمایشگاه منتقل شدند و بر اساس دستورالعمل استاندارد میکروبی حد مجاز آلودگی‌ها مؤسسه ملی استاندارد ایران مورد آزمایش قرار گرفتند.

۲-۲- روش انجام آزمایش‌های میکروبی

۲-۲-۱- شمارش کلیفرم‌ها و اشریشیا کلی

از رقت‌های بدست آمده به میزان ۱ میلی لیتر در محیط (Violet Red Bile agar) VRBA بصورت دولا به کشت انجام شد و در دمای ۳۵ درجه به مدت ۲۴ ساعت گرمخانه گذاری شد. پرگنه‌های ارغوانی با قطر ۰/۵ میلی متر یا بیشتر همراه با ناحیه رسوب اسیدهای صفراوی در پلیت‌های دارای ۱۵-۱۵۰ پرگنه مورد شمارش قرار گرفتند. از پلیت‌های فوق تعداد ۱۰ پرگنه انتخاب و در لوله آبگوشت سبز درخشان حاوی لوله دروهم تلقیح و در دمای ۳۷ درجه بمدت ۲۴ ساعت گرمخانه گذاری شد. لوله‌های تولید کننده کدورت و گاز بعنوان کلیفرم مثبت تلقی شد و تعداد کلیفرم نهایی با ضرب نمودن تعداد لوله‌های مثبت تقسیم بر ۱۰ ضربدر تعداد پرگنه شمارش شده حاصل شد. جهت شمارش اشریشیا کلی از لوله‌های آبگوشت سبز درخشان دارای گاز به آبگوشت EC (*Escherichia coli* broth) حاوی لوله دروهم تلقیح و در ۴۵/۵ درجه بمدت ۴۸ ساعت گرمخانه گذاری شد. از لوله‌های EC دارای گاز به محیط (Eosin Methylen Blue agar) EMB و تلقیح و ۲۴ ساعت در ۳۵ درجه قرار داده شد و پرگنه‌های مثبت از نظر میکروسکوپی و آزمایش (Indole-Methyle Red-Vogeos proskauer-Citrate) IMViC بررسی شدند و بصورت درصدی از پرگنه‌های شمارش شده در محیط اولیه VRBA محاسبه شد (۸).

۲-۲-۲- شمارش سالمونلا

پیش غنی سازی در آبگوشت لاکتوز بمدت ۲۴ ساعت در ۳۷ درجه انجام و سپس یک میلی لیتر از آن به آبگوشت سلنیت سیستین و تترائونات منتقل شد و در دمای ۳۵ و ۴۵ به ترتیب بمدت ۲۴ ساعت گرمخانه گذاری شد. از محیط‌هایی که رشد صورت گرفته بود بر روی محیط SSA (سالمونلا- شیکلا آگار) کشت و پرگنه‌های صورتی با مرکز سیاه انتخاب و برای تایید از محیط (Triple Sugar Iron agar) TSA و (Lysine) LIA و (Iron agar) و اوره استفاده شد (۸).

۲-۲-۳- روش تجزیه و تحلیل داده‌ها:

جهت آنالیز داده‌ها، ابتدا پیروی کردن داده‌ها از توزیع نرمال، با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک (Shapiro-Wilk test)، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج متغیرهای کمی بر اساس میانگین و انحراف معیار و فراوانی آلودگی لاشه‌های طیور بر حسب فراوانی مطلق و نسبی بیان شد. برای مقایسه میانگین آلودگی‌های میکروبی مختلف با عدد استاندارد از آزمون تی یک نمونه ای استفاده شد. داده‌های جمع آوری شده با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۶ (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) تحلیل شدند و در تمامی آنالیزها ($P < 0/05$) به عنوان سطح معنی دار در نظر گرفته شد.

۳- نتایج

از بین ۹۰ نمونه لاشه طیور، ۲۲ نمونه آلوده به کلی فرم‌ها (۲۴/۴۴٪) بودند که میانگین و انحراف معیار تعداد کلی فرم‌ها $(cfu/cm^2) \times 10^3$ $(35/13 \pm 0/45)$ بود و ۱۵ نمونه آلوده به اشریشیا کلی (۱۶/۶۶٪) بودند که میانگین و انحراف معیار این باکتری $(cfu/cm^2) \times 0/12$ $30/65 \pm$ بود که هر دو اختلاف آماری معنی داری با حد مجاز استاندارد داشتند ($P < 0/05$) و کمتر از حد مجاز بودند. همچنین هیچ نمونه‌ای آلوده به باکتری سالمونلا نبود (جدول ۱).

جدول ۱: مقایسه آلودگی میکروبی لاشه‌های طیور ورودی به صنایع بسته بندی گوشت مرغ در شهرستان بابل

با میزان استاندارد ایران - سال ۱۴۰۱ (میانگین \pm انحراف معیار)

نوع نمونه	کلی فرم‌ها (cfu/cm^2)	اشریشیا کلی (cfu/cm^2)	سالمونلا نمونه مثبت در ۲۵g
لاشه طیور	$(35/13 \pm 0/45) \times 10^3$	$30/65 \pm 0/12$	۰

منفی	۵×۱۰	۵×۱۰ ^۴	استاندارد ایران
-	۰/۰۴	۰/۰۳	p-value*

*p<۰/۰۵ از نظر آماری معنی دار در نظر گرفته شده است.

۴- بحث و نتیجه گیری

گوشت مرغ به دلیل کم بودن میزان چربی، دارا بودن مواد تغذیه‌ای مناسب و ارزان بودن یکی از پر مصرف‌ترین گوشت‌های موجود در کشور ما است. اما میکروارگانیسم‌ها به راحتی در این گوشت رشد می‌کنند و آنرا دچار فساد می‌کنند (۹). کیفیت گوشت طیور تحت تأثیر شرایط پرورش، حمل و نقل، آب و هوا، ژنتیک، توانایی پرنده در پاسخ به عوامل محیطی، شرایط کشتار پرنده و عواملی از قبیل سن، جنس و تغذیه می‌باشد. گوشت طیور به دلیل داشتن کربوهیدرات، پروتئین، لیپید و آب یک محصول فاسد شدنی است و باید دارای استانداردهایی باشد که کیفیت آن را تا زمان مصرف به طور مطلوب حفظ کند (۱۰). از آنجا که این گوشت رطوبت بالایی دارد و غنی از مواد نیتروژنی است و دارای کربوهیدرات قابل تخمیر و pH مطلوب برای رشد میکروارگانیسم‌هاست، محیطی ایده آل برای آنها به شمار می‌رود (۱۱).

در مورد مرغ شستشو با آب گرم جهت مرحله پرکنی، باکتری‌ها را از بین می‌برد ولی آلودگی بعد از شستشو و تکثیر برخی باکتری‌ها در مرحله یخچال گذاری در انبار و حتی تا ۷۲ ساعت بعد که مشتری آن را می‌خرد، آلودگی بیشتر اقسام بسته بندی شده را فرا می‌گیرد. آب شستشو دهنده مرغ نیز می‌تواند منشأ آلودگی باشد. در لاشه طیور تازه فاکتورهای مورد آزمایش در استاندارد ملی ایران شامل شمارش کلی فرم‌ها در گرم با حد مجاز ۵×۱۰^۴، شمارش/اشریشیاکلی در گرم با حد مجاز ۵×۱۰ و جستجوی سالمونلا در ۲۵ گرم با حد مجاز منفی می‌باشد (۸).

در مطالعات متعددی وضعیت آلودگی لاشه‌های طیور را در هنگام کشتار و طی مراحل مختلف کشتار بررسی کردند. مطالعه‌ای توسط پژوهی و همکاران (۱۳۹۳) بر روی تأثیر شرایط کشتار بر روی وضعیت بهداشتی لاشه طیور کشتار شده در کشتارگاه صنعتی همدان انجام شد در این مطالعه بیان گردید که مرحله خنک سازی در چیلرها به طور معنی داری سبب کاهش میزان شمارش کلی باکتری‌های هوازی، کلی فرم‌ها و اشریشیا کلی و استافیلوکوکوس اورئوس در لاشه‌های طیور می‌شود. همچنین بیان کردند که تخلیه اندرونه نسبت به دیگر مراحل بیشترین میزان آلودگی را در لاشه ایجاد می‌کند (۸). در مطالعه دیگری به بررسی عوامل مؤثر در ایجاد آلودگی لاشه‌های طیور پرداختند و گزارش کردند که عواملی مانند تعداد زیاد کشتار در روز (بیشتر از ۱۵۰۰۰ در روز)، در دسترس بودن شوینده دست برای کارگران، آلوده نبودن منبع آب، آموزش ایمنی مواد غذایی، اجرای بازرسی در حین کشتار و دفعات بازرسی جز عوامل مؤثر بر آلودگی لاشه‌ها بودند. همچنین در این مطالعه از ۸۰ نمونه مورد بررسی ۷۰ درصد آلوده به اشریشیا کلی و ۲/۵ درصد آلوده به سالمونلا بودند که در مطالعه حاضر کمتر از این میزان بود (۱۲).

بنابر نتایج به دست آمده، لاشه‌های مرغ عرضه شده در صنایع بسته بندی در شهرستان بابل تحت شرایط بهداشتی تولید شده‌اند و دارای آلودگی بسیار ناچیزی هستند. همچنین مشخص گردید که آموزش‌های بهداشتی و فنی به پرسنل و نظارت بر بخش‌های مختلف تهیه مواد اولیه، نگهداری، تولید و عرضه موجب ارتقاء کیفیت بهداشتی و تغذیه ای این فرآورده شده است. لذا این نتایج حاکی از عملکرد مناسب اداره‌های نظارت بر مواد غذایی و انجام مداوم نمونه برداری و آزمایش‌های بهداشتی و کیفی مناسب بر روی لاشه‌های طیور و محصولات تولیدی است.

مراجع

1-Barham AR, Barham BL, Johnson AK, Allen DM, Blanton JRJ, Miller MF. Effects of the transportation of beef cattle from the feed yard to the packing plant on prevalence levels of *Escherichia coli* 0157 and *Salmonella* spp. *Journal of Food Protection*. 2002; 65:280–3. doi: 10.4315/0362-028X-65.2.280.

- 2-Zhao C, Beilei G, Juan DV, Robert S, Emiy Y, Shaohua Z, et al. Prevalence of *Campylobacter* Spp., *Escherichia coli*, and *Salmonella* Serovars in retail chicken, turkey, pork, and beef from the Greater Washington, D.C. area. *Applied Environmental Microbiology*. 2001; 67:5431-6.
- 3-Van NW, Duse AG, Marais E, Thothobolo N, Kassel M, Aithma N, et al. Contamination of chicken carcasses in Gauteng, South Africa, by *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, and *Campylobacter*. *International Journal Food Microbiology*. 2005; 99:1-6. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2004.06.009.
- 4-Mohamed-Noor SE, Shuaib YA, Suliman SE, Aballa, MA. Study of Microbial Contamination of Broilers in Modern Abattoirs in Khartoum State. College of Veterinary Medicine, Khartoum. 2012.
- 5- Sharma KP, Chattopadhyay UK. Assessment of microbial load of raw meat samples sold in open markets of city of Kolkata. *Journal of Agriculture Veterinary Science*. 2015; 8:24-7.
- 6-Adzitey F, Teye GA, Kutah WN, Adday S. Microbial Quality of Beef Sold on Selected Markets in the Tamale Metropolis in the Northern Region of Ghana. Ghana: Livestock Research for Rural Development. 2011.
- ۷- حسین نژاد یزدی، اهری، حامد، آخوندزاده، افشین. تاثیر شستشو و حمل لاشه مرغ در دماهای مختلف از کشتارگاه های غرب تهران تا محل عرضه. مجله میکروبی شناسی مواد غذایی. ۱۳۹۶، ۴۵-۵۶.
- ۸- پژوهی الموتی، محمدزاده، عبدالمجید، خنجری، علی. بررسی آلودگی میکروبی لاشه طیور گوشتی در طی خط کشتار کشتارگاه صنعتی همدان. نشریه دامپزشکی. ۱۳۹۱، ۹-۱۳.
- 9-Hasan S, Khanjari A, Koohi MK, Gandomi Nasrabadi H, & Shavisi N. Study on the effect of chitosan coating incorporated with *Ziziphora Clinopodioides* essential oil on some microbial and sensory properties of chicken fillet at refrigerated temperature. *Journal of Veterinary Research*, 2019; 74(3): 370-378.
- 10-Baracho M, Camargo G, Lima A, Mentem J, Moura D, Moreira J, & Nääs I. Variables impacting poultry meat quality from production to pre-slaughter: a review. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 2006; 8, 201-212.
- ۱۱- حکیم ه، فضل‌آرا ع، تدینی م. تاثیر پوشش کیتوزان حاوی اسانس پونه‌کوهی بر ماندگاری گوشت فیله مرغ در دوره نگهداری در دمای یخچال. مجله علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۳۹۷، ۱۵ (۷۵): ۴۵-۳۵.
- 12-Mpundu, Prudence, Allan Robson Mbewe, John Bwalya Muma, Jessy Zgambo, and Musso Munyeme. "Evaluation of bacterial contamination in dressed chickens in Lusaka Abattoirs." *Frontiers in public health*. 2019; 7: 19.

پراکندگی رامان ارتقایافته سطحی در بیوپزشکی و کاربردهای نوین آن لیلا نادری^{۱*}، حسین بوغییری^۲

۱- دانشکده فیزیک، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران: l_naderi@semnan.ac.ir

۲- دانشکده فیزیک، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران: Hosein_bogheyri@semnan.ac.ir

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: l_naderi@semnan.ac.ir

Surface Enhanced Raman Scattering in Biomedicine and its Recent Applications

Leyla Naderi^{1*}, Hossein Bogheyri²

1- Faculty of Physics, Semnan University, PO Box: 35195-363, Semnan, Iran; l_naderi@semnan.ac.ir

2- Faculty of Physics, Semnan University, PO Box: 35195-363, Semnan, Iran; Hosein_bogheyri@semnan.ac.ir

*Corresponding author: l_naderi@semnan.ac.ir

ABSTRACT

Surface enhanced Raman scattering (SERS) is a very sensitive technique to enhance the Raman scattering of molecules next to some nanostructures or nanoparticles. This Technique can be used in biosensors to provide the possibility of the detection and structural fingerprinting of low-concentration of analytes through the enhancement of electromagnetic field by plasmons. Significant theoretical and experimental studies have been directed toward the understanding and applications of SERS in different fields. In less than half century, since its discovery, SERS has been turned into a rich area of research and technology. SERS, owing to its high sensitivity and selectivity, has a vast variety of applications in areas such as surface and interface chemistry, nanotechnology, biology, biomedicine, food and environmental sciences and etc. In this paper, we discuss the applications of SERS as a noninvasive and in situ technique in diagnostic biomedicine. The result of explorations show that using SERS as a single technique or combined with other techniques opens a new window for the diagnosis and treatment procedure.

Keywords: Surface Enhanced Raman Scattering (SERS), Spectroscopy, Detection, Biomedicine, Plasmon, Metallic Nanoparticles

چکیده

پراکندگی رامان ارتقایافته‌ی سطحی (SERS) تکنیک بسیار حساسی است که پراکندگی رامان مولکول‌هایی که در مجاورت نانوساختارها قرار دارند را به طور قابل توجهی افزایش می‌بخشد. این پدیده می‌تواند در زیست-حسگرها به کار گرفته و امکان آشکارسازی و تشخیص ماده هدف و نیز شناسایی آنالیت‌های با غلظت پایین را از طریق افزایش میدان الکترومغناطیسی توسط پلاسمون‌ها فراهم کند. مطالعات تئوری و تجربی بسیاری برای درک این پدیده و کاربرد آن در حوزه‌های مختلف انجام شده است. در کمتر از نیم قرن، که از زمان کشف آن می‌گذرد، به حوزه‌ای بسیار قوی در زمینه‌ی تحقیق و تکنولوژی تبدیل شده است. به دلیل حساسیت و قدرت

انتخاب بالا، این تکنیک آشکارسازی کاربردهای فراوانی در شیمی سطح و تماس، نانوتکنولوژی، بیولوژی، بیوپزشکی، علوم غذایی، علوم محیطی و حوزه‌های دیگر دارد. بنابراین، در این مقاله کاربرد این پدیده در تشخیص غیرتهاجمی و درجا در پدیده‌های بیوپزشکی مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد که به کارگیری SERS به تنهایی و به همراه سایر تکنولوژی‌ها می‌تواند دریچه جدیدی در تشخیص بیماری و بررسی شرایط بیمار قبل و در طی فرایند درمان باز کند.

واژه‌های کلیدی: پراکندگی رامان ارتقایافته سطحی، طیف‌سنجی، آشکارسازی، بیوپزشکی، پلاسمون، نانوذره فلزی

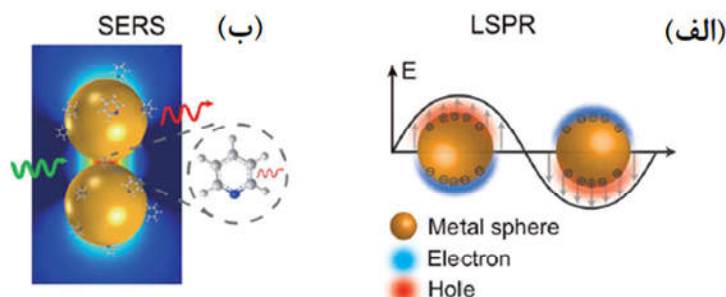
۱- مقدمه

پراکندگی رامان ارتقایافته‌ی سطحی (SERS) تکنیک حساسی است که در آن پراکندگی ناکشسان پرتو الکترومغناطیسی فرودی توسط مولکول‌ها در مجاورت نانوساختارها اتفاق می‌افتد. شدت پراکندگی رامان مولکول‌ها زمانی که طیف‌سنجی در مجاورت نانوذرات نقره یا طلا اتفاق بیفتد یا از زیرلایه‌های نانوساختاری نقره یا طلا استفاده شود، به شدت افزایش می‌یابد (از مرتبه‌ی 10^8 به بالا) (۱). برانگیختگی‌های پلاسمون‌های سطحی در نانوذرات فلزی قادرند میدان‌های الکترومغناطیسی را در مقیاس نانومتر در اطراف نانوذرات فلزی متمرکز کرده و لکه داغ را ایجاد نمایند و بنابراین برهم‌کنش مولکول‌های مجاور با نور فرودی را شدت بخشند و در نتیجه امکان آشکارسازی مقادیر بسیار کم نمونه‌های مولکولی حتی در حد تک‌مولکول را فراهم سازند (۲). تکنیک غیرمخرب پراکندگی رامان ارتقایافته‌ی سطحی برای آشکارسازی که بر ناکارآمدی ذاتی تکنیک‌هایی مانند پراکندگی رامان معمولی ($d\sigma_R/d\Omega \approx 10^{-31} \text{ cm}^2 \text{ sr}^{-1}$)، گسیل فلورسانس ($d\sigma_F/d\Omega \approx 10^{-16} \text{ cm}^2 \text{ sr}^{-1}$)، و جذب فروسرخ ($d\sigma_{IR}/d\Omega \approx 10^{-20} \text{ cm}^2 \text{ sr}^{-1}$) غلبه دارد، به موضوعی با اهمیت روزافزون تبدیل شده است (۳) و از زمان کشف این پدیده (حدود ۴۵ سال قبل) رشد فراوانی داشته و تکنیک‌های طیف‌سنجی مبتنی بر میدان‌های قوی موضعی، ناشی از برانگیختگی پلاسمون‌ها، تحت تاثیر این پیشرفت‌ها قرار گرفته‌اند (۱).

تابش نور فرودی بر نانوساختاری فلزی موجب ایجاد نوسانات جمعی الکترون‌های رسانش شده که این پدیده نیز موجب تولید میدان الکترومغناطیسی‌ای در فضای اطراف محل اتصال نانوساختار فلزی و محیط دی‌الکتریک می‌شود که در شکل (۱) نشان داده شده است (۳). فرکانس نوسانات این الکترون‌ها به چگالی الکترون‌ها، جرم الکترونی موثر، شکل و اندازه‌ی توزیع بار بستگی دارد (۴). فرآیند برانگیختگی‌ای که در آن فرکانس تابش فرودی با فرکانس الکترون در تشدید باشد، تشدید پلاسمون سطحی (SPR) نامیده می‌شود. تشدید پلاسمون سطحی ممکن است به صورت موجی طولی در سطح فلز منتشر شود، و یا به‌طور کاملاً موضعی در مکان‌هایی مانند لبه‌ها، نوک‌ها و یا شکاف‌ها، در محل اتصال سطح فلزی و دی‌الکتریک واقع شود، که به ترتیب متناظر با پلاریتون‌های پلاسمون سطحی (SPP) و تشدید پلاسمون سطحی موضعی (LSPR) می‌باشد (۳). عوامل متعدد برهم‌کنش نور با مولکول‌ها در مجاورت زیرلایه‌های پلاسمونیک را تحت تاثیر قرار می‌دهند که افزایش شدید میدان تولیدشده توسط پلاسمون‌ها که منجر به افزایش شدت نور فرودی و سیگنال پراکنده‌شده‌ی ناکشسان می‌شود، از جمله مهم‌ترین عوامل در ارتقا پراکندگی رامان می‌باشد. به همین دلیل، بیشتر فعالیت‌ها در این حوزه به سمت طراحی زیرلایه‌هایی با کارآمدی بالا جهت‌گیری شده به طوری که بتوان حد آشکارسازی را تا نمونه‌های بسیار کوچک ارتقا داد (۵). بنابراین، ترکیب، اندازه و هندسه‌ی نانوساختارهای فلزی پلاسمونیک اهمیت زیادی دارد.

طیف‌سنجی SERS روشی مبتنی بر میدان-نزدیک و غیرمخرب است که اطلاعات ساختاری مولکول‌های بزرگ و کوچک را به شیوه‌ی بدون برچسب در اختیار قرار می‌دهد (۶). طیف‌سنجی رامان ارتقا یافته‌ی سطحی به دلیل حساسیت بالا و فراهم نمودن اطلاعات طیفی نوسانی قوی در حوزه‌های بسیاری مانند پزشکی، بیولوژی، بیوشیمی، الکتروشیمی، مطالعات محیط، مواد غذایی و بسیاری موارد دیگر دارای کاربرد روزافزون است. علاوه بر آن، ترکیب این تکنیک با میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) یا میکروسکوپ تونلی روبشی (STM)، منجر به پراکندگی رامان ارتقایافته با تیپ (TERS) شده است که تکنیک و

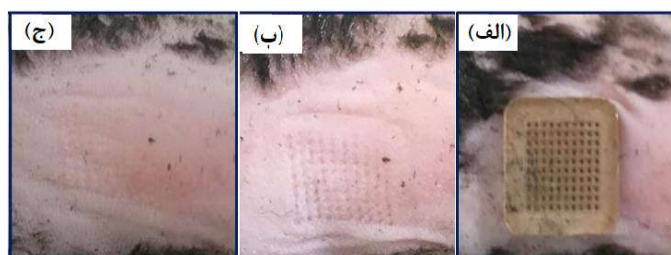
ابزار تصویربرداری بسیار دقیقی است (۱). با توجه به اهمیت SERS در بیوپزشکی، در این مقاله به بررسی برخی از پیشرفت‌ها و کاربردهای اخیر و پیش‌رو این تکنولوژی در پزشکی و آشکارسازی غلظت عوامل مختلف و تشخیص اختصاص داده می‌شود.



شکل ۱۱: طرحی از (الف) اثر LSPR، که در آن پس از تابش نور (لیزر)، برانگیختگی نوسانات جمعی الکترون‌های رسانش منجر به ایجاد میدان الکترومغناطیسی قوی در سطح تماس فلز-دی‌الکتریک می‌شود. (ب) برهم‌کنش نانوذرات و مولکول‌ها، میدان الکترومغناطیسی موضعی (پیکان سبز) موجب برانگیختگی قطبش مولکول (پیکان نازک قرمز) و ایجاد سیگنال رامان ارتقایافته‌ی مولکول (پیکان قرمز ضخیم) می‌شود.

۲- آشکارسازی سطح گلوکز

یکی از مباحثی که در پزشکی تشخیصی بسیار مورد توجه است، تعیین سطح گلوکز در خون است. امروزه برای تعیین سطح گلوکز در بیماران چندین مرتبه اندازه‌گیری روزانه از طریق تست خون و به شیوه تهاجمی انجام می‌شود که برای بسیاری از بیماران خوشایند نیست و علاوه بر آن، احتمال آلودگی نیز بسیار بالا است. توسعه‌ی روشی غیرمخرب برای تعیین مداوم سطح گلوکز تاثیر عظیمی بر زندگی بیش از ۴۱۵ میلیون بیمار دیابتی در سطح جهان خواهد داشت (۶). حسگر SERS، شامل آرایه‌ای از میکروسوزن‌ها، برای تعیین سطح گلوکز در محل^۱ در سال ۲۰۲۰ توسعه یافت (۷). این حسگر برای عمق صفر تا 20 mm در پوست کالیبره شده است و به طور موفقیت‌آمیزی برای سنجش مستقیم سطح گلوکز در خون موش مبتلا به دیابت نوع یک (القائی)، به صورت درون‌تنی (in vivo) به کار رفته است. نتایج این گروه نشان داد که پوست در مدت زمان حدود ۱۰ دقیقه پس از برداشتن حسگر به حالت عادی برمی‌گردد. نمایی از حسگر گلوکز و سطح پوست پشت موش در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: (الف) حسگر گلوکز بر اساس SERS واقع بر پشت موش و سطح پشت موش (ب) ۵ دقیقه و (ج) ۱۰ دقیقه پس از جدا کردن حسگر.

۳- آشکارسازی سلول‌های تومور در مایعات جاری درون بدن

¹ in situ

نمونه‌برداری بافت^۱ از روش‌های رایج فعلی برای تشخیص تومور و تغییر و تحولات دینامیکی آن است. نشانگرهای سرطان که در که در مایعات جاری درون بدن وجود دارند را با روشی مبتنی بر SERS می‌توان اندازه‌گیری، بررسی و تحلیل کرد (۶) و این روش به عنوان روشی غیرمخرب می‌تواند جایگزین روش‌های فعلی شود. این روش نمونه‌برداری مایع^۲ که اخیراً بسیار مورد توجه قرار گرفته است، روشی غیرمخرب است که برای بررسی رشد و تحول تومور و هم‌چنین پاسخ درمانی تومور مورد استفاده قرار می‌گیرد (۸). سلول‌های تومور موجود در مایعات جاری بدن^۳ (CTCs)، مانند جریان خون، سلول‌های سرطانی‌اند که از تومور کنده شده و وارد جریان مایعات بدن می‌شوند و برای ردیابی و بررسی CTCs که برای بررسی جهش‌های تومور بسیار پراهمیت است، می‌توانند به کار گرفته شوند. غلظت CTCs در خون بسیار پایین است و آشکارسازی آنها مستلزم کاربرد روشی بسیار حساس است. حسگرهای SERS که به این منظور به کار می‌روند شامل فلز پلاسمونیک (مانند نانوذرات طلا) و رشته‌های DNA ویژه (کامل کننده DNAهای جهش یافته) می‌باشند (۹). با به کارگیری SERS می‌توان چندین نشانگر را هم‌زمان ردیابی کرد. برای بهینه‌سازی آشکارسازی از ترکیب تکنیک فلورسانس (برای کوتاه کردن زمان روبش) و تکنیک SERS برای توان جداکنندگی بالا می‌توان استفاده کرد (۱).

۴- آشکارسازی‌ها در محیط درون سلولی^۴

علاوه بر مشاهده‌ی نشانگرها روی غشا سلولی، پراکندگی رامان ارتقا یافته‌ی سطحی برای مشاهده‌ی محیط درون سلولی نیز به کار می‌رود. این تکنیک برای اندازه‌گیری، به عنوان مثال، غلظت یون‌های مختلف (Ca^{2+} و Mg^{2+}) و PH تا کنون به کار گرفته شده است (۱۰). معمولاً این مقادیر به طور غیرمستقیم با اندازه‌گیری طیف SERS مولکول‌های ویژه‌ی تعیین می‌شوند، که نوع این مولکول‌ها بستگی به نوع نمونه‌ی مورد مطالعه دارد. این روش برای مشاهده‌ی میکرو RNA-21 و تلومیرز^۵ استفاده شده است (۱۰). نانوحسگرهای SERS برای اندازه‌گیری حتی در اجزایی مانند هسته و میتوکندری نیز به کار رفته‌اند. در این اندازه‌گیری‌ها نانوذرات فلزی پلاسمونیک با مولکول‌هایی که نسبت به PH حساس‌اند، برجسب‌دار می‌شوند (۱۱). این آزمایشها به این دلیل بارز هستند که هیچ روش دیگری برای اندازه‌گیری PH در میتوکندری یا هسته‌ی سلول به طور معمول به کار نمی‌رود (۱۲). علاوه بر تعیین PH، این روش برای فوتوتراپی نیز قابل کاربرد است (۶).

۵- آشکارسازی باکتری‌ها

آشکارسازی باکتری‌ها و بررسی مقاومت آنها نسبت به آنتی‌بیوتیک‌ها مثال دیگری از کاربردهای تکنیک SERS است که مورد توجه و مطالعه قرار می‌گیرد. حساسیت بالای این تکنیک برای حتی غلظت‌های بسیار پایین موجب شده است که این تکنیک برای آشکارسازی باکتری‌های موجود در آب و غذا که سلامتی را به مخاطره وامی‌دارند، به کار رود. این تکنیک برای آشکارسازی باکتری E. coli در بدن موش و پاسخ‌دهی این باکتری به آنتی‌بیوتیک به کار رفته است (۱۳). علاوه بر حساسیت بالای تکنیک مبتنی بر SERS برای آشکارسازی باکتری، امکان کاربرد این تکنیک برای از بین بردن باکتری به روش فوتوترمال نیز وجود دارد (۱۴).

¹ tissue biopsy

² liquid biopsy

³ circulating tumor cells

⁴ intracellular environment

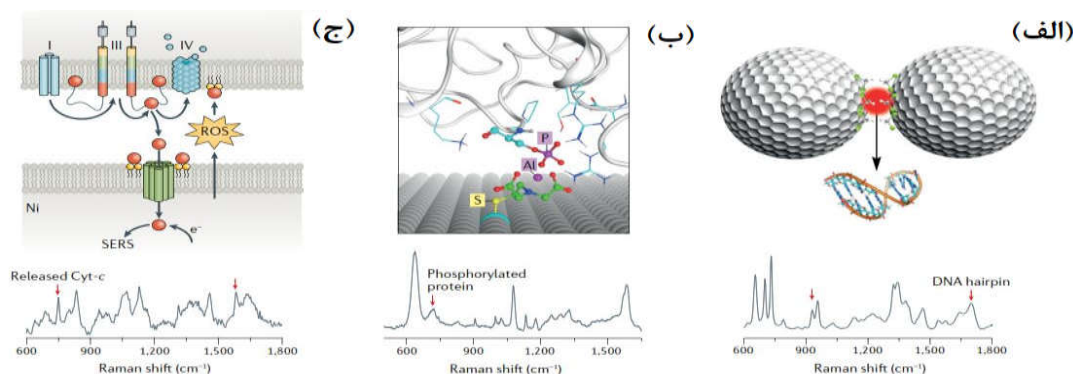
⁵ telomerase

۶- پایش دارودرمانی

پایش داروی درمانی^۱ (TDM) مستلزم تعیین غلظت دارو در مایعات بدن (معمولا پلاسما) در زمان مناسب و تفسیر این غلظت بر حسب پارامترهای کلینیکی مربوط است (۶). بررسی طیف SERS حاصل از مایعات بدن که شامل داروی مورد نظر هستند و تعیین میزان آن دارو در واقع ساده‌ترین راه برای آزمایش‌های TDM می‌باشد (۱۵). به این دلیل که تداخل سیگنال-های مربوط به مایع بدن بر طیف حاصل از دارو اثر گذاشته و آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد، متاسفانه، این فرآیند به دلیل پیچیدگی نمونه همیشه مورد اعتماد نیست و. بنابراین، گزینه ترکیب روش SERS با روش‌های استخراج^۲ مانند استخراج مایع-مایع و یا جامد-فاز متداول شده است (۶).

۷- آشکارسازی بیوشنازها^۳

تشخیص بیوپزشکی بر مبنای SERS برای مشاهده و بررسی هم‌زمان در بیوپزشکی اهمیت بسیاری دارد. مولکول‌های کوچک (مانند دوپامین، اسید فولیک و غیره) و مولکول‌های بزرگ (مانند پروتئین‌ها و DNA و غیره) با استفاده از تکنیک SERS قابل آشکارسازی می‌باشند (۱). در واقع، آشکارسازی انواع مختلف مولکول‌ها (در گیاهان و جانوران) بدون نیاز به برچسب‌دار یا نشان‌دار کردن مولکول‌ها از جمله مهم‌ترین نقاط قوت این روش است. این روش همچنین موجب افزایش درک و دانش ما از برهمکنش نانو ساختارهای پلاسمونیک با محیط درون و پیرامون سلول‌ها می‌شود. بنابراین، با انتخاب نانو ذرات و زیرلایه‌های نانو ساختاری مناسب و کنترل ویژگی‌های پلاسمونیک آنها می‌توان متابولیت‌ها (در سلول‌های طبیعی و یا تومورها) و ناقل‌های عصبی^۴ را آشکارسازی نمود. نمایی از حسگری بیومارکرها با حسگر SERS در شکل ۳ ارائه شده است (۵).



شکل ۳: کاربرد SERS در آشکارسازی بیومولکولی (الف) نوعی DNA، (ب) نوعی پروتئین و (ج) نوعی سیتوکروم آزاد شده از میتوکندری. پیوندهای مشخصه‌ی طیف SERS در هر حالت با پیکان قرمز نشان داده شده است.

۸- نتیجه‌گیری

طیف‌سنجی رامان ارتقایافته‌ی سطحی تکنیکی است که اطلاعات ساختاری و شناساگری مولکول‌های بزرگ و کوچک را به روش غیرمخرب و بدون برچسب در اختیار محققان، پزشکان و صاحبان صنایع قرار می‌دهد. این نقاط قوت تکنیک SERS می‌تواند به همراه تکنیک‌های دیگر به کار گرفته شوند تا اطلاعات مولکولی عمیق‌تر و دقیق‌تری در مورد سیستم مورد مطالعه فراهم شود. بنابراین، ترکیب این تکنیک با تکنیک‌های دیگر مرتبط با ساختار مانند میکروسکوپ الکترونی (EM) تشدید

¹ therapeutic drug monitoring

² extraction method

³ biomarkers

⁴ neurotransmitter

مغناطیسی هسته‌ای (NMR)، طیف‌سنجی فوتوالکترونی پرتو ایکس (XPS) و پراش پرتو ایکس (XRD)، امکان فراهم آوردن داده‌های مرتبط و هم‌افزا شامل تصاویر با کیفیت بالا، ساختارهای سه‌بعدی ترکیبات بزرگتر، ویژگی‌های مغناطیسی اتمی، حالت الکترونی مولکول‌ها، ساختار اتمی و غیره را ایجاد کند. دلایل تکنیکی که مانع ترکیب تکنیک SERS با تکنیک‌های دیگر فوق‌شده‌اند شامل اصول عملکردی متفاوت حاکم بر آنها، شرایط متفاوت نمونه‌ها و آماده‌سازی نمونه‌هاست، که در صورت فراهم‌شدن امکان رفع این موانع اهمیت تکنیک SERS به طور قابل توجهی افزایش خواهد یافت.

مراجع

1. Langer J, Jimenez de Aberasturi D, Aizpurua J, Alvarez-Puebla RA, Auguie B, Baumberg JJ, et al. Present and future of surface-enhanced Raman scattering. *ACS nano*. 2019;14(1):28-117.
2. Neuman T, Esteban R, Giedke G, Schmidt MK, Aizpurua J. Quantum description of surface-enhanced resonant Raman scattering within a hybrid-optomechanical model. *Physical Review A*. 2019;100(4):043422.
3. Pérez-Jiménez AI, Lyu D, Lu Z, Liu G, Ren B. Surface-enhanced Raman spectroscopy: benefits, trade-offs and future developments. *Chemical science*. 2020;11(18):4563-77.
4. Solís DM, Taboada JM, Obelleiro F, Liz-Marzán LM, García de Abajo FJ. Optimization of nanoparticle-based SERS substrates through large-scale realistic simulations. *ACS photonics*. 2017;4(2):329-37.
5. Han XX, Rodriguez RS, Haynes CL, Ozaki Y, Zhao B. Surface-enhanced Raman spectroscopy. *Nature Reviews Methods Primers*. 2022;1(1):1-17.
6. Szaniawska A, Kudelski A. Applications of surface-enhanced Raman scattering in biochemical and medical analysis. *Frontiers in Chemistry*. 2021;9:664134.
7. Ju J, Hsieh C-M, Tian Y, Kang J, Chia R, Chang H, et al. Surface enhanced Raman spectroscopy based biosensor with a microneedle array for minimally invasive in vivo glucose measurements. *ACS sensors*. 2020;5(6):1777-85.
8. Zhang Y, Mi X, Tan X, Xiang R. Recent progress on liquid biopsy analysis using surface-enhanced Raman spectroscopy. *Theranostics*. 2019;9(2):491.
9. Zhang X, Liu C, Pei Y, Song W, Zhang S. Preparation of a novel Raman probe and its application in the detection of circulating tumor cells and exosomes. *ACS applied materials & interfaces*. 2019;11(32):28671-80.
10. Liu C, Xu T, Cheng G, Zhang X. Target-triggered regioselective assembly of nanoprobe for Raman imaging of dual cancer biomarkers in living cells. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 2021;330:129319.
11. Shen Y, Liang L, Zhang S, Huang D, Zhang J, Xu S, et al. Organelle-targeting surface-enhanced Raman scattering (SERS) nanosensors for subcellular pH sensing. *Nanoscale*. 2018;10(4):1622-30.
12. Jaworska A, Malek K, Kudelski A. Intracellular pH—Advantages and pitfalls of surface-enhanced Raman scattering and fluorescence microscopy—A review. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 2021;251:119410.
13. Bi L, Wang X, Cao X, Liu L, Bai C, Zheng Q, et al. SERS-active Au@ Ag core-shell nanorod (Au@ AgNR) tags for ultrasensitive bacteria detection and antibiotic-susceptibility testing. *Talanta*. 2020;220:121397.
14. Lin D, Qin T, Wang Y, Sun X, Chen L. Graphene oxide wrapped SERS tags: multifunctional platforms toward optical labeling, photothermal ablation of bacteria, and the monitoring of killing effect. *ACS applied materials & interfaces*. 2014;6(2):1320-9.
15. Markina NE, Ustinov SN, Zakharevich AM, Markin AV. Copper nanoparticles for SERS-based determination of some cephalosporin antibiotics in spiked human urine. *Analytica Chimica Acta*. 2020;1138:9-1

Extraction of silk fibroin protein from *Bombyx Mori* cocoon by an optimized solvent system

Saeed Ghanbari Hassan Kiadeh¹, Somayeh Rahaiee^{1*}

1. Department of Microbial Biotechnology, Faculty of Biotechnology, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran

* Corresponding author: s.rahaiee@gmail.com

Abstract

Silk fibroin protein (SFP) has become an attractive option for biomedical applications due to its low cost, controllable biodegradability facilitates, unique mechanical properties, and high abundance. For all these applications; it needs to be extracted from its sources. In this study, we used an optimized solvent system to extract SFP from *Bombyx mori* silk cocoons, and then the optical properties and quality of the extracted protein were evaluated by UV-Vis and SDS-PAGE analysis. Based on the results obtained, the presence of a maximum absorption peak in the range of 273 nm confirmed the presence of SFP. Also, by analyzing the prominent bands formed on the SDS-PAGE polyacrylamide gel and comparing it with the protein ladder, the presence of SFP in the solution was confirmed. These results can indicate the success of the method used in the solubilization and regeneration of SFP in the present study.

Key words: Silk fibroin protein, *Bombyx mori*, Optimized solvent, Solubilization, SDS-PAGE

1. Introduction

Silk fibroin protein (SFP) is one of the most popular natural polymers, which is used to make biomass due to its low-cost, great biocompatibility, outstanding mechanical qualities, and high abundance (1). The silk produced by the *Bombyx mori* (*B. mori*) is composed of SFP and a glue-like glycoprotein called sericin, which in total includes about 25 to 30% of the weight of the silk cocoon (2). The SFP is a protein with 5507 amino acids, which is mainly composed of glycine (43%), alanine (30%) and serine (12%) (3). In general, this protein includes heavy-chain fibroin (350 kDa), light-chain fibroin (25 kDa), and P25 protein. The heavy chain is hydrophobic and responsible for the formation of β -sheets, the light chain is hydrophilic, which is connected to the heavy chain by a disulfide bond, and the P25 protein also causes integration in this complex (4). Sericin also has an amorphous and adhesive structure that is responsible for connecting two fibroin chains to each other (5). One of the main advantages of SFP is loading delicate drugs and biomolecules with therapeutic properties using a mild aqueous technique that provides great resistance to enzymatic degradation. Due to the unique characteristics of SFP, it can be used to design drug delivery systems such as biofilms, hydrogels, scaffolds, nanoparticles, and nanocapsules (6). Unfortunately, the presence of sericin significantly reduces the biocompatibility of SFP and limits many of its applications. Studies have shown that sericin is an allergic substance that can cause problems in the body. Therefore, a process is required to separate the sericin from the fibroin (7). Since sericin is soluble in water, it is easily separated from fibroin by using boiling water or using sodium carbonate, this process is called degumming (8). The properties of regenerated fibroin are largely influenced by the regeneration process and the extent of sericin removal (9). However, SFP is mostly insoluble in water or weak

alkaline solvents (2). The SFP dissolution is itself a complex and sometimes difficult process, depending on the source of the cocoon.

Up to now, several solvent systems like LiBr, NaOH, and CaCl₂/ethanol/water have been used for solubilization of SFP. However, studies have shown that choosing a suitable solvent system can greatly increase the quality of regenerated SFP. In this study, an optimized solvent system was used to extract SFP from *B. mori* cocoons, and then the quality of extracted protein was evaluated.

2. Materials and Methods

2-1. Materials

B. mori cocoons were procured from the Iran Silk Research Center. Dialysis membrane (cut-off 12 kDa), Coomassie Brilliant Blue R-250 and G-250 were purchased from Sigma-Aldrich, USA. Lithium bromide (LiBr), tetramethylethylenediamine (TEMED) and sodium dodecyl sulfate (SDS) were acquired from Merck, Germany. Formic acid, ethanol, and sodium carbonate (Na₂CO₃) were purchased from Scharlau, Spain. All reagents used were of analytical grade.

2-2. Isolation of SFP

For this purpose, about 3 g of *B. mori* cocoons were boiled for 20 min in 0.02 M Na₂CO₃ solution and then washed several times with deionized water to remove the sericin. After degumming, a mixed solvent system consisting of 2 mL formic acid and 9.3 M LiBr was prepared and silk fibers were dissolved in this optimal solvent at 60 °C for 4 h. The resulting SFP solution was dialyzed using a dialysis bag (cut-off 12 kDa) for 3 days and then was stored at 4 °C for further analysis.

2-3. Measurement of total protein concentration by Bradford assay

Briefly, about 100 µL of SFP solution was added to 5 mL of Bradford's reagent (containing 100 mg of Coomassie Brilliant Blue G-250, 50 mL of 95% ethanol, and 100 mL of 85% phosphoric acid in a final volume of 1 L) and after 5 min, its absorbance was read by a UV-Vis spectrophotometer at a wavelength of 595 nm. Bovine serum albumin protein (BSA) with different concentrations of 2 to 40 µg/µL was used as the standard protein and based on the standard curve, the concentration of SFP was measured (10).

2-4. UV-Vis spectroscopy

UV-visible spectra of SFP were investigated using a UV-Vis spectrophotometer (Thermo Biomate, USA) in a range of 200-800 nm.

2-5. Determination of protein molecular weights

The molecular weight of regenerated SFP was determined by SDS-PAGE according to the method reported by Laemmli (11). Briefly, a polyacrylamide gel was prepared with a 5% stacking gel and a 10% resolving gel. Then, 20 µL of SFP solution was loaded onto a polyacrylamide gel and electrophoresed at a constant current of 40 mA for 1.5 h. The molecular weight of SFP was estimated using a protein ladder (Thermo scientific prestained protein ladder) as the marker.

2-6. Statistical analysis

All the tests were performed in triplicates (n=3), and the experimental data were reported as means ± standard deviation (SD). The data analyses were performed using Image j and Origin 2019 software.

3. Results

3.1 Measurement of total protein concentration

The total protein concentration of SFP was evaluated by Bradford assay. Based on the standard curve obtained from different BSA concentrations (figure 1), the total protein concentration of the sample was determined to be 4.75 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$.

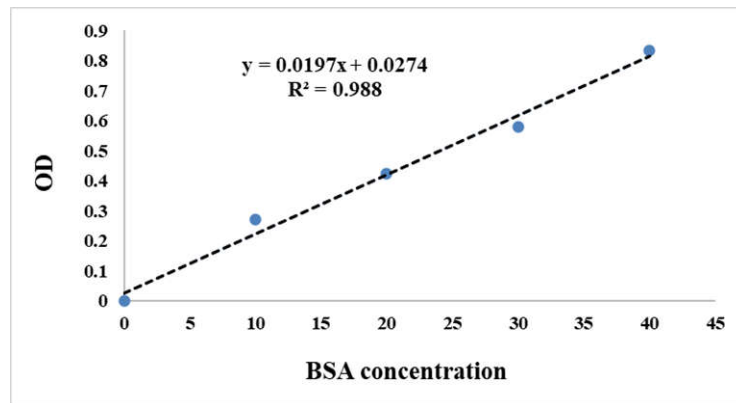
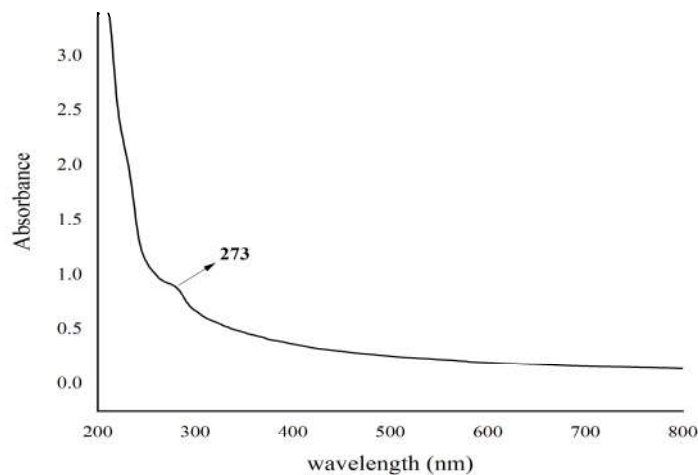


Figure 1: Standard curve of BSA

3-2. UV-Vis analysis

The optical properties of the protein were investigated by UV-Vis spectroscopy. As shown in Figure 2, the presence of a maximum absorption peak in the range of 273 nm confirmed the presence of SFP.



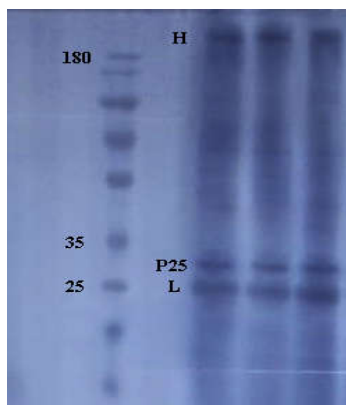
UV-Vis

spectra of SFP

Figure 2:

3-3. SDS-PAGE analysis

In order to measure the quality of extracted protein, the SFP solution obtained was analyzed on SDS-PAGE polyacrylamide gel. In this method, proteins are separated based on the difference in their molecular weight. As shown in Figure 3, three prominent bands with molecular weights of about 25, 30, and more than 200 kDa were detected, which correspond to light chain fibroin, p25 and heavy chain fibroin, respectively.



heavy chain, L; light chain)

Figure 3: SDS-PAGE of SFP (H;

4. Discussion

In the present study, an optimized solvent system was used to extract SFP. As a renewable biopolymer, this protein has found potential applications in medical and therapeutic purposes (12). Briefly, after cleaning, degumming, dissolution and purification, the *B. mori* silk cocoons were converted into an aqueous solution of silk, which contained significant amounts of total protein. The results of UV-Vis analysis showed a prominent peak in the range of 273 nm. This can be due to the presence of tyrosine amino acid in the protein structure (13). This finding was in full agreement with the results described by Passi et al. (2020) (14). The SFP is a semi-crystalline protein surrounded by several layers of sericin. The outermost layer of sericin (sericin A) is easily soluble in water, while the innermost layer (sericin C) is located near fibroin and is difficult to dissolve in boiling water. A suitable solution to facilitate the degumming process is to use a common alkaline solution such as Na_2CO_3 (8). But its uncontrolled use can change the molecular structure of SFP and reduces its mechanical properties (15). Therefore, after preparing the aqueous solution of SFP, a process is necessary to check the quality of the extracted protein. SDS-PAGE analysis is one of the most basic and common experimental methods for analyzing molecular weights of protein subunits (11). However, the results of SFP electrophoresis have often been unsatisfactory. Zhang et al. (2018) considered the main reason for this to be the high molecular weight of fibroin. In addition, the method of preparing liquid SFP from silk fibers and especially the type of solvent used can be significant effective on the range of molecular mass of the regenerated SFP (16). Aznar et al. (2013) stated in a comparative study that the aqueous solubility of SFP in LiBr solvent is higher than $\text{CaCl}_2/\text{ethanol}/\text{H}_2\text{O}$ solvent (17). Kundu et al. (2014) reported that the age of silk cocoons can also affect their solubility (9). Due to the instability in the aqueous solution, the regenerated SFP easily coagulates and changes color, which has an adverse effect on the results of electrophoresis (16).

In this study, an easy and practical solution was used to solve this problem. Creating a good SDS-PAGE profile for SFP can be achieved by rapid loading of the samples as well as reducing the time and temperature when mixing the sample with the dye. The results of this test clearly showed bands within a certain range. By analyzing the created bands and comparing them with the protein ladder, the presence of SFP in the solution was confirmed. Also, the clarity of the bands indicated the quality of the extracted protein. On the other hand, the absence of bands with unknown molecular weight can indicate the purity of the SFP solution (18). These results can indicate the success of the method used in the solubilization and regeneration of SFP in the present study.

5. Conclusions

In summary, this study was based on the efficient extraction of SFP from *B. mori* silk cocoons using an optimized solvent system. UV-Vis spectroscopy confirmed the presence of SFP in the obtained aqueous solution. Next, the efficiency of the used solvent and the quality of the extracted protein were evaluated by the SDS-PAGE method. The presence of clear bands with certain molecular weights indicated the successful degumming, solubilization, and regeneration of SFP. These findings

can provide a promising method to improve the extraction of SFP for various applications such as bio-integrated devices, drug delivery and tissue engineering scaffolds.

References

1. Qi Y, Wang H, Wei K, Yang Y, Zheng R-Y, Kim IS, et al. A review of structure construction of silk fibroin biomaterials from single structures to multi-level structures. *International journal of molecular sciences*. 2017;18(3):237.
2. Zhang F, Zuo BQ, Bai L. Study on the structure of SF fiber mats electrospun with HFIP and FA and cells behavior. *Journal of Materials Science*. 2009;44:5682-7.
3. Kapoor S, Kundu SC. Silk protein-based hydrogels: Promising advanced materials for biomedical applications. *Acta biomaterialia*. 2016;31:17-32.
4. Nguyen TP, Nguyen QV, Nguyen V-H, Le T-H, Huynh VQN, Vo D-VN, et al. Silk fibroin-based biomaterials for biomedical applications: A review. *Polymers*. 2019;11(12):1933.
5. Ho M-p, Wang H, Lau K-t. Effect of degumming time on silkworm silk fibre for biodegradable polymer composites. *Applied Surface Science*. 2012;258(8):3948-55.
6. Mottaghitalab F, Farokhi M, Shokrgozar MA, Atyabi F, Hosseinkhani H. Silk fibroin nanoparticle as a novel drug delivery system. *Journal of Controlled Release*. 2015;206:161-76.
7. Altman GH, Diaz F, Jakuba C, Calabro T, Horan RL, Chen J, et al. Silk-based biomaterials. *Biomaterials*. 2003;24(3):401-16.
8. Wenk E, Merkle HP, Meinel L. Silk fibroin as a vehicle for drug delivery applications. *Journal of controlled release*. 2011;150(2):128-41.
9. Kundu B, Kurland NE, Yadavalli VK, Kundu SC. Isolation and processing of silk proteins for biomedical applications. *International journal of biological macromolecules*. 2014;70:70-7.
10. Bradford MM. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*. 1976;72(1-2):248-54.
11. He F. Laemmli-SDS-PAGE, Bio-101, e80. 2011.
12. Omenetto FG, Kaplan DL. New opportunities for an ancient material. *Science*. 2010;329(5991):528-31.
13. Moghri SAHMH, Kiadeh SGH, Rahaiee S. In silico investigation of lysostaphin-producing novel strains as an enzybiotic against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Informatics in Medicine Unlocked*. 2021;24:100623.
14. Passi M, Kumar V, Packirisamy G. Theranostic nanozyme: Silk fibroin based multifunctional nanocomposites to combat oxidative stress. *Materials Science and Engineering: C*. 2020;107:110255.
15. Wang H-Y, Zhang Y-Q. Effect of regeneration of liquid silk fibroin on its structure and characterization. *Soft Matter*. 2013;9(1):138-45.
16. Zhang Y-Q. SDS-PAGE for silk fibroin protein. *Bio-protocol*. 2018:e3054-e.
17. Aznar-Cervantes SD, Vicente-Cervantes D, Meseguer-Olmo L, Cenis JL, Lozano-Perez AA. Influence of the protocol used for fibroin extraction on the mechanical properties and fiber sizes of electrospun silk mats. *Materials Science and Engineering: C*. 2013;33(4):1945-50.
18. Mohammadi M, Ghanbari S, Emamgholi A, Hashemzadeh MS. Utilization of Freeze-Thawing Method for High-level Expression of Functional Human Epidermal Growth Factor (hEGF). *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*. 2023;29(3):38.

مروری بر موسیلاژها، کاربرد و فرآوری آنها در صنایع

زهرا عزیزى داغیان^۱، مجى د عزیزى^{۲*} گیتی حسن‌پور فرد^۳

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه فردوسی مشهد، zahra.azizi.131170@gmail.com

۲- استاد دانشگاه فردوسی مشهد، azizi@um.ac.ir

۳- دانشجوی دکتری دانشگاه فردوسی مشهد، giti.hpf@gmail.com

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: azizi@um.ac.ir

An overview of mucilages, their application and processing in industries

Zahra Azizi Dagian¹, Majid Azizi^{2*} Giti Hassanpourfard³

1- Graduated from Ferdowsi University of Mashhad, zahra.azizi.131170@gmail.com

2- Professor at Ferdowsi University of Mashhad, azizi@um.ac.ir

3- PhD student of Ferdowsi University of Mashhad, giti.hpf@gmail.com

*Corresponding author: azizi_majid@yahoo.com

Abstract

Mucilages are plant saccharides that, due to their unique properties, are used as plastics for a wide range of industrial applications. Materials and methods: The articles used in this research were extracted from the external sites of Science-Hop and Google-Scale by using the keyword mucilage and their application. The studies carried out in this research have investigated mucilage, plant organs containing mucilage, structure, function and application of mucilage and its extraction methods. The articles used in this research are related to the years 2006 to 2023. Mucilages have various applications in food, cosmetics and health care industries. American and Asian markets have too much mucilage in the ink industry. The global market of cosmetics is growing and natural products are also growing. Therefore, the purchase of mucilage for cosmetics will also increase in the coming years.

Keywords: cosmetics, polysaccharides, medicinal properties, mucilage

چکیده

موسیلاژها پلی ساکاریدهای گیاهی هستند که به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد خود به طور گسترده برای طیف وسیعی از کاربردهای صنعتی استفاده می‌شوند. مواد و روش: مقالات مورد استفاده در این پژوهش با استفاده از کلیدواژه موسیلاژ و کاربرد آنها از سایت‌های خارجی ساینس‌هاپ و گوگل اسکالر استخراج گردید. مطالعات در این پژوهش به بررسی موسیلاژ، اندام‌های گیاهی حاوی موسیلاژ، ساختار شیمیایی، خواص عملکردی و کاربرد موسیلاژ و روش‌های استخراج آن پرداخته شده است. مقالات استفاده شده در این تحقیق مربوط به سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۳ می‌باشد. موسیلاژها کاربردهای متنوعی در صنایع غذایی، آرایشی و بهداشتی و مراقبت‌های بهداشتی دارد. بازارهای آمریکایی و آسیایی استفاده بیش از حد از موسیلاژ در صنایع

جوهر و چسب دارند. بازار جهانی لوازم آرایشی در حال رشد است و همچنین استفاده از محصولات طبیعی نیز در حال رشد می‌باشد. بنابراین، تقاضا برای موسیلاژ برای لوازم آرایشی نیز در سال‌های آینده افزایش خواهد یافت.

کلیدواژه: آرایشی و بهداشتی، پلی‌ساکاریدها، خواص دارویی، موسیلاژ

۱- مقدمه

موسیلاژ ماده‌ای غلیظ و چسبنده است که تقریباً توسط همه گیاهان و برخی میکروارگانیسم‌ها تولید می‌شود. صمغ‌ها و موسیلاژها شباهت‌های خاصی به یکدیگر دارند. هر دو هیدروکلوئید گیاهی هستند. آنها همچنین مخلوطی از پلیمرهای آمورف شفاف و پلیمرهای مونوساکارید هستند و با اسید اورونیک ترکیب می‌شوند. صمغ‌ها و موسیلاژها حاوی مولکول‌های آبدوست هستند که می‌توانند با آب ترکیب شوند و محلول‌های چسبناک یا ژل مانند تشکیل دهند (۱). مزایای استفاده از صمغ‌ها و موسیلاژها در صنعت داروسازی می‌توان به: زیست تخریب پذیر بودن، زیست سازگار بودن، غیرسمی بودن، تحمل بهتر بیمار و عوارض جانبی کمتر، عدم ایجاد آلرژی غیرانسانی، تحریک‌کننده پوست و هزینه تولید پایین اشاره کرد. موسیلاژها پلی-ساکاریدهای کمپلکسی هستند که از آرابینوز، گالاکتوز، رامنوز و اسید گالاکترونیکی تشکیل شده و در محلول، توده‌های مولکولی بزرگی را تشکیل می‌دهند. موسیلاژ موجود در گیاهان به ذخیره آب و غذا کمک می‌کند و همچنین در جوانه‌زنی بذر و ضخیم شدن غشاها نقش دارد (۲).

۲- منشاء و نقش موسیلاژ در قسمت‌های مختلف گیاه

موسیلاژ یک ماده چسبنده خوراکی محلول در آب است که واحدهای کربوهیدرات و اسید اورانیک موجود در قسمت‌های مختلف گیاهان از جمله اپیدرم مخاطی لایه بیرونی دانه‌ها، پوست، برگ‌ها و جوانه‌ها را تشکیل می‌دهد شکل ۱ نشان داده شده است (۳). اکثر گیاهان از پوسته بذر موسیلاژ تولید می‌کنند و این فرآیند تولید موسیلاژ را میکسوسپرمی^۱ می‌نامند و برخی از گونه‌های گیاهی آن را از اپی‌کارپ میوه تولید می‌کنند، به میکسوکارپی^۲ معروف است. گیاهان تولیدکننده موسیلاژ از پوشش بذر می‌توان به تیره‌های گیاهی نظیر *Plantaginaceae*, *Acanthaceae*, *Linaceae* و *Brassicaceae* اشاره نمود، در حالی که گیاهان میکسوکارپی (موسیلاژ میوه) معمولاً به خانواده‌هایی مانند *Poaceae*, *Asteraceae* و *Lamiaceae* را نام برد (۴). وجود موسیلاژ روی پوشش بذر از رشد اولیه گیاهچه و تنش خشکی گیاه در طول جوانه‌زنی جلوگیری می‌کند (۵). موسیلاژ یک ساختار ژله مانند در اطراف میوه ایجاد می‌کند و رطوبت را حفظ می‌کند و از خشک شدن کامل دانه‌ها جلوگیری می‌کند و بنابراین به عنوان یک عامل آبرسان عمل می‌کند و همچنین به عنوان یک منبع انرژی عمل می‌کند (۶). موسیلاژ ریشه نقش بسیار مهمی برای رشد گیاه، نظیر حفظ تماس ریشه با خاک، تثبیت ریزدانه‌های خاک، توانایی ذخیره آب، ذخیره-سازی انتخابی و جذب یون‌های (Na^+ , Cd^{2+} , Pb^{2+} و Al^{3+}) از طریق سلول‌های ریشه ایفا می‌کند (۷). موسیلاژ همچنین در برگ و جوانه چندین گونه گیاهی تولید می‌شود. ممکن است به برگ‌ها اجازه دهد که ظرفیت آب خود را در هنگام ظهور کمبود آب حفظ کنند. بنابراین به ذخیره آب و غذا کمک می‌کند (۸).

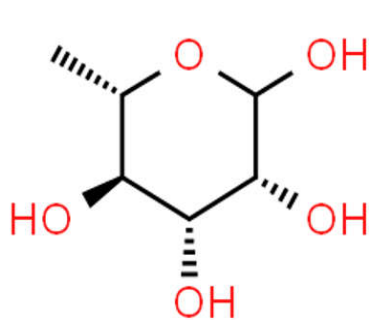
¹ Myxospermy

² Myxocarpy

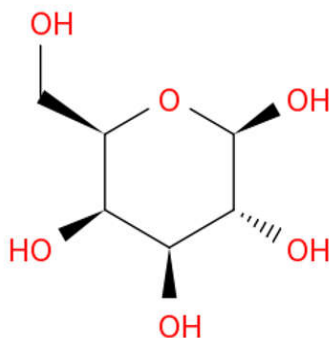
ساقه	پوسته	برگ	بذر
			
اسفناج مالابار <i>Basella alba</i>	اسفرزه <i>Plantago ovata</i>	اسفناج مالابار <i>Basella alba</i>	کتان <i>Linum usitatissimum L.</i>

۳- ساختار شیمیایی موسیلاژ شکل ۱. قسمت‌های مختلف گیاهان حاوی موسیلاژ

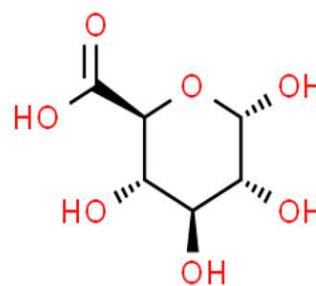
موسیلاژ یک جزء محلول در آب است که اجزای شیمیایی، عملکرد متفاوتی را با مزایای ناشناخته‌ای برای سلامت انسان تشکیل می‌دهد (۹). موسیلاژ زیرگروهی از هیدروکلوئیدهای حاوی مونوساکاریدهای مرتبط با اسیدهای آلی هستند که به دلیل ترکیبات آبدوست و هیدروکلوئیدی نزدیک به یکدیگر هستند که در مجاورت آب محلول یا ژل چسبنده ایجاد می‌کنند (۱۰). هیدروکلوئیدهای گیاهی حاوی پنتوز، گالاکتوز و قند متیل پنتوز هستند که توسط پیوندهای گلیکوزیدی به بقایای اسید اورانیک متصل شده‌اند. اتم انتهایی کربن (در طرف مقابل زنجیره کربونیل) واحد مونوساکارید ممکن است به شکل اکسید شده (اسید کربوکسیلیک) باشد. شش کربن با آلدوهگزوز به شکل یک اسید کربوکسیلیک اسید اورانیک نامیده می‌شود (۱۱). علاوه بر این، مونوساکاریدها رایج‌ترین مولکول‌های کربوهیدراتی هستند که نمی‌توانند با هیدرولیز به مولکول‌های قند ساده‌تر تجزیه شوند و گاهی اوقات به‌عنوان قندهای ساده از آن‌ها یاد می‌شوند. موسیلاژ موجود در گیاه از دو پلی‌ساکارید اصلی پکتین و همی‌سلولز تشکیل شده است که هر کدام به ترتیب از رامنوگالاکتورونان و آرابینوکیسیلان تشکیل شده است (۱۲). شکل ۲ ساختار شیمیایی موسیلاژ را به نمایش گذاشته است.



L- rhamnose (C₆H₁₂O₅)



D-Galactose (C₆H₁₂O₆)



D-Glucuronic acid (C₆H₁₀O₇)

شکل ۲. ساختار شیمیایی موسیلاژهای از چپ به راست ال-رامنوز (C₆H₁₂O₅)، دی-گالاکتوز (C₆H₁₂O₆) و دی گلوکورونیک اسید (C₆H₁₀O₇) می‌باشد که ششمین کربن اسید شده به اتم کربوکسیک H10 یک گروه آلدئید در C1 و یک گروه کربوکسیلیک اسید در C6 دارد (۱۳).

۴- خواص عملکردی و کاربرد موسیلاژها

۴-۱- خواص عملکردی موسیلاژها

پلیمرهای هیدروکلوئیدی در صنایع غذایی و صنعت داروسازی عموماً از بیوپلیمرهای مولکولی بزرگ تشکیل شده است. یک بیوپلیمر حاوی یک گروه هیدروکسیل است که منجر به پراکندگی ویسکوز می‌شود و جذب آب را افزایش می‌دهد. همچنین، این هیدروکلوئیدها به طور گسترده به عنوان تثبیت کننده، غلیظ کننده، فیبر رژیمی، عامل سبک و جایگزین چربی استفاده می‌شوند (۱۴).

۴-۲- خاصیت آنتی‌اکسیدانی موسیلاژها

فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنلی کل موسیلاژ دانه بالنگو در پژوهش Liguori و همکاران (۲۰۲۰)، مورد مطالعه قرار گرفت، فعالیت آنتی‌اکسیدانی ۵۲۸.۵۴ میکروگرم بر میلی لیتر DPPH و محتوای فنلی کل 1.6 ± 82.56 میکروگرم بر GAE را گزارش کردند (۱۴).

۴-۳- فعالیت ضد میکروبی موسیلاژها

موسیلاژ دارای خاصیت ضد باکتریایی و ضدقارچی است که می‌تواند از ابتلا به بیماری‌های ناشی از غذا و فساد مواد غذایی جلوگیری یا باعث کاهش آن شود. بسیاری از موسیلاژهای مبتنی بر دانه دارای خاصیت ضد میکروبی هستند که می‌تواند دانه چیا، دانه شاهی، دانه بامیه، و دانه به را نام برد (۱۵ و ۱۶). موسیلاژ دانه و میوه فعالیت بسیار خوبی در برابر باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی بیماری‌زا نشان می‌دهد که می‌تواند به کاربرد موسیلاژ بامیه در برابر باکتری گرم مثبت (استافیلوکوکوس اورئوس) و باکتری گرم منفی (اشرشیاکلی) (۱۷)، موسیلاژ دانه چیا در برابر باکتری گرم مثبت (استافیلوکوکوس اورئوس، استافیلوکوک موتانس، باسیلوس تورنجینسیس) اشاره نمود (۱۸ و ۱۳).

۴-۵- خاصیت امولسیون کنندگی موسیلاژها

پلی‌ساکاریدهای مشتق شده از گیاه مانند صمغ، موسیلاژ و نشاسته و همچنین کربوکسی متیل سلولز (CMC) به طور گسترده در محصولات امولسیون استفاده می‌شوند. موسیلاژ و صمغ پلی‌ساکارید به دلیل خاصیت امولسیون کنندگی عالی که دارند برای تعلیق ذرات، تثبیت امولسیون‌ها، کنترل کریستالیزاسیون، ضخیم شدن و تشکیل لایه‌ها، کپسوله کردن مورد استفاده قرار می‌گیرند، توجه تجاری را در صنایع دارویی و غذایی به خود جلب می‌کنند (۱۹).

۴-۶- خاصیت کف کردن موسیلاژها

خاصیت کف کنندگی خوب با ساختار الاستیک موسیلاژ مرتبط است، خاصیت کف کنندگی موسیلاژ به عوامل زیادی مانند وجود ترکیبات بیشتر در هیدروکلوئید، وزن مولکولی، پروتئین، ساختار و کربوهیدرات‌ها بستگی دارد. ظرفیت کف کردن خوب موسیلاژ به شدت با ساختار انعطاف پذیر موسیلاژ مرتبط است که می‌تواند فشار سطحی را کاهش دهد (۲۰).

۴-۷- کاربرد موسیلاژها

چندین گونه از گیاهان موسیلاژی‌نی بیش از ۴۰۰۰ سال است که در سیستم‌های پزشکی سنتی در سراسر جهان استفاده می‌شوند (۲۱). در حال حاضر، در فرمولاسیون‌های دارویی، موسیلاژهای متنوعی به عنوان یک عامل اتصال و یک مکمل دارویی استفاده شده است. موسیلاژ در مقایسه با مواد مصنوعی متعدد فعالیت‌های پیوند خوبی دارد (۲۲). به طور کلی، استفاده از موسیلاژها در فرمولاسیون دارویی شامل استفاده از آنها در تولید قرص‌ها، به عنوان ضد امولسیون کننده و معلق کننده، به عنوان یک عامل چسبنده زیستی و همچنین عوامل ژل کننده و غلیظ کننده است (۲۳). علاوه بر این، آنها همچنین کاربردهایی در مهار تبلور، پوشش‌های خوراکی، فیلم‌های خوراکی و کپسوله کردن طعم‌ها دارند. خواص عملکردی مختلف موسیلاژ در جدول ۱ نشان داده شده است. همچنین برخی از کاربردهای موسیلاژ در شکل ۳ آورده شده است.

جدول ۱. انواع موسیلاژهای گیاهی به عنوان ماده پوششی در صنایع غذایی

منبع موسیلاژ	پوشش روی مواد غذایی	رفرنس
آلوئه ورا	کاربرد روی گوجه	(۱۳)
موسیلاژ آلوئه‌ورا و ریحان	کاربرد روی زردآلو	(۱۳)

پوشش روی برش‌های کیوی	(۱۳ و ۲۴)
روی گوشت گاو تازه	(۱۳)
کاربرد روی برش‌های گوشت گاو	(۱۳)
کاربرد روی گوجه	(۱۳ و ۲۴)
کاربرد روی پنیر چدار	(۱۳)
کاربرد روی برش‌های سیب	(۱۳ و ۲۴)
موسیلاژ انجیر، زرشک	
موسیلاژ شاهی	
موسیلاژ دانه شهری بالنگو با اسانس زیره سبز	
موسیلاژ چای ترش	
موسیلاژ بذر کتان و صمغ xanthan	
ژل آلوئه ورا	



شکل ۳. کاربرد موسیلاژ

۵- استخراج موسیلاژ گیاهی

موسیلاژ را می‌توان از هر قسمتی از گیاه استخراج کرد که یک منبع طبیعی با ارزش پلی‌ساکارید با پتانسیل عالی در کاربردهای دارویی و غذایی محسوب می‌شود. چندین مطالعه بیان کردند که عملکرد و خواص رئولوژیکی موسیلاژ به شدت به روش استخراج و شرایط استخراج بستگی دارد (۲۴). به طور کلی، روش استخراج موسیلاژ شامل دو روش متوالی خیساندن و رسوب است. معمولاً روش استخراج خیساندن موسیلاژ ساده و با ارزش است، اگرچه عیب خیساندن راندمان پایین و زمان استخراج طولانی است (۲۵). این روش شامل خیساندن مواد خام در حلال انتخابی در دمای اتاق با هم زدن منظم است. خیساندن برای استخراج موسیلاژ معمولاً با استفاده از نسبت کم جامد به مایع و تصفیه آب گرم انجام می‌شود. محلول‌های اسید، اگزالات آمونیوم و EDTA نیز برای بهبود استخراج موسیلاژ استفاده می‌شوند (۲۶). استخراج با حلال یک تکنیک مرسوم موسیلاژ است. به طور کلی، روش آبی شامل موسیلاژ استخراج شده از قسمت خشک گیاه (دانه، برگ، ریشه، ساقه) با استفاده از آب مقطر گرم است. این روش تحت تکان دادن مداوم و هم زدن محلول انجام می‌شود. سپس محلول فیلتر می‌شود، این مراحل را می‌توان اغلب تکرار کرد. در نتیجه، موسیلاژ با افزودن الکل به فیلتر رسوب می‌کند. سپس، موسیلاژ رسوب‌شده از طریق خشک کردن انجمادی یا در کوره خشک می‌شود تا پودر موسیلاژ نهایی به دست آید (۲۷). روش‌های مرسوم استخراج آبی شامل اثرات حلال، pH و دما است که ارزش غذایی، ویژگی‌های عملکردی و ساختاری موسیلاژ را تغییر می‌دهد (۲۸). در جدول ۲ استخراج تعداد محدودی از گیاهان حاوی موسیلاژ نمایش داده شده است.

جدول ۲. گیاهان حاوی موسیلاژ و روش استخراج آنها

نام فارسی گیاه	نام علمی گیاه	تیره	روش استخراج اندام حاوی موسیلاژ	رفرنس
آلوئه‌ورا	<i>Aloe vera</i>	Liliaceae	برگ	(۱۳)
کونه ای از مریم گلی	<i>Salvia hispanica</i>	Lamiaceae	بذر استخراج حرارتی	(۲۵ و ۱۳)
سپستان	<i>Cordia dichotoma</i>	Boraginaceae		(۱۳)
اسفناج مالابار	<i>Basella alba</i>	Basellaceae	برگ‌ها و ساقه استخراج با آب گرم	(۲۵ و ۱۳)
اسفرزه	<i>Plantago psyllium</i>	Plantaginaceae	بذر استخراج حمام اولتراسونیک	(۲۵ و ۱۳)
کتان	<i>Linum usitatissimum</i>	Linaceae	بذر، استخراج توسط سانتریفیوژ استخراج با استون	(۲۵ و ۱۳)

منابع

- Goswami S, Naik S. Natural gums and its pharmaceutical application. Journal of Scientific and Innovative Research. 2014;3(1):112-21.
- AlSaidy HA, Alhasan DA, Ali AA. Reviews on plants gum and mucilage I: The composition and pharmacological significance of turmeric (*Curcuma longa*) rhizomes polysaccharides and mucilage/their aqueous extracts commercial products. University of Thi-Qar Journal of Science. 2021 Apr 20;8(1):14-25.
- Mukherjee T, Lerma-Reyes R, Thompson KA, Schrick K. Making glue from seeds and gums: Working with plant-based polymers to introduce students to plant biochemistry. Biochemistry and Molecular Biology Education. 2019 Jul;47(4):468-75.
- Viudes S, Burlat V, Dunand C. Seed mucilage evolution: Diverse molecular mechanisms generate versatile ecological functions for particular environments. Plant, Cell & Environment. 2020 Dec;43(12):2857-70.
- Prajapati VD, Jani GK, Moradiya NG, Randeria NP. Pharmaceutical applications of various natural gums, mucilages and their modified forms. Carbohydrate polymers. 2013 Feb 15;92(2):1685-99.
- Cai M, Wang N, Xing C, Wang F, Wu K, Du X. Immobilization of aluminum with mucilage secreted by root cap and root border cells is related to aluminum resistance in *Glycine max* L. Environmental Science and Pollution Research. 2013 Dec;20:8924-33.
- Coorey R, Tjoe A, Jayasena V. Gelling properties of chia seed and flour. Journal of food science. 2014 May;79(5):E859-66.
- Tavares LS, Junqueira LA, de Oliveira Guimarães ÍC, de Resende JV. Cold extraction method of chia seed mucilage (*Salvia hispanica* L.): effect on yield and rheological behavior. Journal of food science and technology. 2018 Feb;55:457-66.
- Soukoulis C, Gaiani C, Hoffmann L. Plant seed mucilage as emerging biopolymer in food industry applications. Current Opinion in Food Science. 2018 Aug 1;22:28-42.
- Vardhanabhuti B, Ikeda S. Isolation and characterization of hydrocolloids from monoi (*Cissampelos pareira*) leaves. Food hydrocolloids. 2006 Aug 1;20(6):885-91.
- Naji-Tabasi S, Razavi SM. Functional properties and applications of basil seed gum: An overview. Food Hydrocolloids. 2017 Dec 1;73:313-25.

12. Hesarinejad MA, Jokandan MS, Mohammadifar MA, Koocheki A, Razavi SM, Ale MT, Attar FR. The effects of concentration and heating-cooling rate on rheological properties of *Plantago lanceolata* seed mucilage. *International journal of biological macromolecules*. 2018 Aug 1;115:1260-6.
13. Tosif MM, Najda A, Bains A, Kaushik R, Dhull SB, Chawla P, Walasek-Janusz M. A comprehensive review on plant-derived mucilage: Characterization, functional properties, applications, and its utilization for nanocarrier fabrication. *Polymers*. 2021 Mar 28;13(7):1066.
14. Liguori G, Gentile C, Gaglio R, Perrone A, Guarcello R, Francesca N, Fretto S, Inglese P, Settanni L. Effect of addition of *Opuntia ficus-indica* mucilage on the biological leavening, physical, nutritional, antioxidant and sensory aspects of bread. *Journal of bioscience and bioengineering*. 2020 Feb 1;129(2):184-91.
15. Petitjean M, Isasi JR. Locust Bean Gum, a Vegetable Hydrocolloid with Industrial and Biopharmaceutical Applications. *Molecules*. 2022 Nov 26;27(23):8265.
16. Sangeethapriya M, Siddhuraju P. Health related functional characteristics and antioxidant potential of mucilage (dietary fiber) from *Zizyphus mauritiana* fruits. *Food Science and Human Wellness*. 2014 Jun 1;3(2):79-88.
17. Jouki M, Mortazavi SA, Yazdi FT, Koocheki A. Characterization of antioxidant-antibacterial quince seed mucilage films containing thyme essential oil. *Carbohydrate polymers*. 2014 Jan 2;99:537-46.
18. Tantiwatcharothai S, Prachayawarakorn J. Property improvement of antibacterial wound dressing from basil seed (*O. basilicum* L.) mucilage-ZnO nanocomposite by borax crosslinking. *Carbohydrate polymers*. 2020 Jan 1;227:115360.
19. Tavares LS, Junqueira LA, de Oliveira Guimarães ÍC, de Resende JV. Cold extraction method of chia seed mucilage (*Salvia hispanica* L.): effect on yield and rheological behavior. *Journal of food science and technology*. 2018 Feb;55:457-66.
20. Mahfoudhi N, Sessa M, Chouaibi M, Ferrari G, Donsi F, Hamdi S. Assessment of emulsifying ability of almond gum in comparison with gum arabic using response surface methodology. *Food Hydrocolloids*. 2014 Jun 1;37:49-59.
21. Gheribi R, Puchot L, Verge P, Jaoued-Grayaa N, Mezni M, Habibi Y, Khwaldia K. Development of plasticized edible films from *Opuntia ficus-indica* mucilage: A comparative study of various polyol plasticizers. *Carbohydrate Polymers*. 2018 Jun 15;190:204-11.
22. Cakmak H, Ilyasoglu-Buyukkestelli H, Sogut E, Ozyurt VH, Gumus-Bonacina CE, Simsek S. A review on recent advances of plant mucilages and their applications in food industry: Extraction, functional properties and health benefits. *Food Hydrocolloids for Health*. 2023 Mar 18:100131.
23. Mir SA, Dar BN, Wani AA, Shah MA. Effect of plant extracts on the techno-functional properties of biodegradable packaging films. *Trends in Food Science & Technology*. 2018 Oct 1;80:141-54.
24. Nayak AK, Pal D, Pradhan J, Hasnain MS. Fenugreek seed mucilage-alginate mucoadhesive beads of metformin HCl: Design, optimization and evaluation. *International journal of biological macromolecules*. 2013 Mar 1;54:144-54.
25. Souza G, Siqueira dos Santos S, Bergamasco R, Antigo J, Madrona GS. Antioxidant activity, extraction and application of psyllium mucilage in chocolate drink. *Nutrition & Food Science*. 2020 Oct 28;50(6):1175-85.
26. Rashid F, Ahmed Z, Hussain S, Huang JY, Ahmad A. *Linum usitatissimum* L. seeds: Flax gum extraction, physicochemical and functional characterization. *Carbohydrate polymers*. 2019 Jul 1;215:29-38.
27. Elboutachfai R, Delattre C, Quéro A, Roulard R, Duchêne J, Mesnard F, Petit E. Fractionation and structural characterization of six purified rhamnogalacturonans type I from flaxseed mucilage. *Food Hydrocolloids*. 2017 Jan 1;62:273-9.
28. Pereira GA, Silva EK, Araujo NM, Arruda HS, Meireles MA, Pastore GM. Mutamba seed mucilage as a novel emulsifier: Stabilization mechanisms, kinetic stability and volatile compounds retention. *Food Hydrocolloids*. 2019 Dec 1;97:105190.

اثر افزایش حجم ترکیبات فرار میکروبی القاء کننده کروموسنسینگ بر افزایش

بازده تولید پلی ساکارید داخل سلولی گنودرما لوسید یوم

فاطمه اسدی^۱، محمد بر شان تشنیزی^{۲*}، اشرف السادات حاتمیان زارمی، بهمن ابراهیمی حسین زاده

۱- کارشناس ارشد، گروه مهندسی علوم زیستی، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران، asadi_fa@ut.ac.ir

۲- استادیار، گروه مهندسی علوم زیستی، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران، mbarshan@ut.ac.ir

۳- استادیار، گروه مهندسی علوم زیستی، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران، hatamian_a@ut.ac.ir

۴- استادیار، گروه مهندسی علوم زیستی، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران، bahman.ebrahimi@ut.ac.ir

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: mbarshan@ut.ac.ir

Volume enhancement effect of microbial volatile compounds Quromosensing inducing on increasing of the intracellular polysaccharide production of *Ganoderma lucidum*

Fatemeh Asadi¹, Mohammad Barshan-Tashnizi^{2*}, Ashrafalsadat Hatamian-Zarmi³, Bahman Ebrahimi-Hosseinzadeh⁴

1. Department of Life Science Engineering, Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran. Electronic address: asadi_fa@ut.ac.ir
2. Department of Life Science Engineering, Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran. Electronic address: mbarshan@ut.ac.ir.
3. Department of Life Science Engineering, Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran. Electronic address: hatamian_a@ut.ac.ir
4. Department of Life Science Engineering, Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran. Electronic address: bahman.ebrahimi@ut.ac.ir

* Corresponding author: mbarshan@ut.ac.ir.

ABSTRACT

The biotechnological process of submerge microbial volatile compounds co-culture (SVCC) of *Ganoderma lucidum* is a suitable method for the production of intracellular polysaccharides (IPS). In this study, volume enhancement of the microbial volatile compounds (increasing the effect of Quromosensing) has been investigated. The phenomenon of Quromosensing has affected the intracellular polysaccharide production of the medicinal mushroom *Ganoderma lucidum* without direct contact with *Pleurotus stratus* mushroom in the co-culture of submerged growth. The four parameters of agitation, inoculation, initial pH, and co-culture volume were optimized in three levels using a Taguchi L9 orthogonal array for favoring IPS production in SVCC of *G. lucidum* and *P. ostreatus*. The highest concentration of IPS (0.397 mg/ml) was obtained in initial pH 5.2, inoculation rate 9.39 (%), Stirrer (150 rpm), and 3-fold co-culture volume of *P. ostreatus*.

Key words: *Ganoderma lucidum*, Quromosensing, IPS submerge volatile microbial compounds co-culture.

چکیده

فرآیند بیوتکنولوژیکی کشت همزمان غوطه‌ور ترکیبات میکروبی فرار (SVCC) گنودرما لوسیدوم روشی مناسب برای تولید پلی‌ساکاریدهای درون سلولی (IPS) است. در این مطالعه افزایش حجم ترکیبات فرار میکروبی (افزایش اثر کروموسنسینگ) بررسی شده است. پدیده کروموسنسینگ باعث تحت تاثیر قرار گرفتن تولید پلی‌ساکارید داخل سلولی قارچ دارویی گنودرما لوسیدوم بدون تماس مستقیم با قارچ پلوروتوس استراتوس در کشت همزمان فراز غوطه‌ور شده است. چهار پارامتر هم‌زدن، تلقیح، pH اولیه، و حجم کشت همزمان در سه سطح با استفاده از یک آرایه متعامد تاگوچی L9 برای حمایت از تولید IPS در کشت همزمان غوطه‌ور ترکیبات میکروبی فرار گنودرما لوسیدوم و پلوروتوس استراتوس بهینه شدند. بیشترین غلظت (0.397 mg/ml) IPS در pH اولیه ۵/۲، سرعت تلقیح ۹/۳۹ (%/)، دور هم‌زدن ۱۵۰ rpm و افزایش ۳ برابری حجم کشت پلوروتوس استراتوس به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: کشت همزمان غوطه‌ور ترکیبات میکروبی فرار، گنودرما لوسیدوم، کروموسنسینگ، پلی‌ساکارید داخل سلولی.

۱- مقدمه

کشت همزمان دو میکروارگانیسم مختلف سعی در تقلید از وضعیت فیزیولوژیکی و اکولوژیکی دارد که در آن میکروارگانیسم‌ها همیشه در جوامع میکروبی پیچیده وجود دارند. مطالعات اخیر اهمیت و کارایی این استراتژی را برای افزایش تولید متابولیت ثانویه (SMS) در شرایط آزمایشگاهی ثابت کرده است [۱، ۴]. کشت همزمان میکروارگانیسم‌ها به عنوان یک استراتژی امیدوارکننده برای القای فعال‌سازی احتمالی ژن معرفی شده است که ترکیبات شیمیایی و بیولوژیکی بسیار متنوع‌تری را نسبت به آنچه تا به امروز شناخته شده است تولید می‌کند [۴، ۵]. همچنین، رویارویی یک گونه قارچی با یک قارچ یا میکروارگانیسم باکتری دیگر همیشه باعث تغییر در مورفولوژی میسلیم و ترشح متابولیت‌های خارج سلولی برای دفاع یا رقابت برای منابع می‌شود [۶، ۷]. در همین حال، ترکیبات آلی فرار (VOCs) نقش اساسی در فرآیندهای تکاملی قارچ‌ها و باکتری‌ها در بافت جوامع آنها ایفا کرده‌اند [۸]. این ترکیبات می‌توانند به عنوان مولکول‌های سیگنال دهی بین میکروارگانیسم‌ها عمل کنند [۹، ۱۰]. تاکنون، بسیاری از VOCها در گونه‌های باکتریایی و قارچی مشخص شده‌اند، محققان گزارش کرده‌اند که این ترکیبات به عنوان مولکول‌های کروموسنسینگ (QSMs) عمل می‌کنند [۱۱، ۱۲] به طور کلی، میکروارگانیسم‌ها می‌توانند پلی‌ساکارید را به عنوان یک متابولیت ثانویه با پیچیدگی‌های ساختاری مختلف سنتز کنند. EPSها و IPSهای قارچی به دلیل الگوهای پیوند، درجه انشعاب (DB)، طول شاخه، وزن مولکولی متفاوت و غیره بسیار متنوع هستند [۱۳، ۱۴]. بسیاری از مطالعات بر روی تولید پای ساکارید توسط بازیدیومیست‌ها متمرکز شده‌اند، زیرا آنها پلی‌ساکارید را در حالی که روی یک بستر ارزان و به راحتی در دسترس رشد می‌کنند ترشح می‌کنند [۱۵]. پلی‌ساکارید استخراج شده از کشت غوطه‌ور بازیدیومیست‌های فعالیت‌های بیولوژیکی جالبی مانند اثرات ضد التهابی، تقویت سیستم ایمنی، اثرات ضد سرطانی، تاثیر بر سیستم قلبی عروقی، کنترل سیستم عصبی را نشان داده است [۱۳، ۱۶-۲۱]. گنودرما لوسیدوم یا "گانودرما براق" به عنوان یک قارچ منبعی برای تولید برخی از ترکیبات کاربردی مفید از جمله پلی‌ساکاریدها و تری‌ترپن‌ها است [۲۱]. گنودرما لوسیدوم به دلیل تاثیر آن بر ارتقای سلامت و طول عمر، بیش از ۲۰۰۰ سال است که در طب سنتی چینی به عنوان قارچ جاودانگی استفاده می‌شود [۲۲، ۲۳]. همچنین فانگ و همکاران آزمایش نشان داد که کاهش pH اولیه می‌تواند به تدریج تولید EPS و IPS را در کشت غوطه‌ور گنودرما لوسیدوم افزایش دهد [۲۴]. در این کار، یک کشت همزمان فرار غوطه‌ور (SVCC) برای مطالعه اثر افزایش حجم ترکیبات آلی فرار (VOCs) قارچ پلوروتوس استراتوس^۱ بر تولید IPS در قارچ

¹ Pleurotus ostreatus

گنودرما لوسیدیوم ایجاد شد. چهار پارامتر دور همزن، مقدار مایع تلقیح، pH اولیه و حجم کشت همزمان در سه سطح با استفاده از یک آرایه متعامد تاکوچی^۱ L9 برای افزایش تولید IPS بهینه شد.

۲- مواد و روش‌ها

به این منظور قارچ گنودرما لوسیدیوم با pH، دور و میزان مایع تلقیح‌های مختلف و حجم‌های مختلف از قارچ منتخب از کشت همزمان هوایی به صورت آرایه‌های متعامد مطابق جدول ۱-۲ کشت داده شد.

جدول ۱-۲: چیدمان طراحی آزمایش برای بررسی تاثیر pH، دور، دما و میزان مایع تلقیح بر میزان تولید IPS

Std	Run	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
		A: دور همزن rpm	B: pH اولیه میزان	C: میزان مایه تلقیح %	D: حجم کشت همزمان
1	2	130	5	1	1
2	7	130	6	5	2
3	1	130	7	10	3
4	5	150	5	5	3
5	9	150	6	10	1
6	8	150	7	1	2
7	4	180	5	10	2
8	3	180	6	1	3
9	6	180	7	5	1

به منظور انجام آزمایش‌ها مطابق و شکل ۱-۲، در هر یک از آزمون‌های ۹ گانه، کشت گنودرما لوسیدیوم پس از تنظیم pH مورد نظر و تلقیح به میزان تعیین شده، توسط لوله‌های رابط به ظرف کشت پلوروتوس استرتوس بومی ایران متصل شده و در دور تعیین شده در شیکر انکوباتور قرار داده شد. نتایج حاصله بر روی سه متغیر میزان پلی‌ساکارید خارج سلولی، میزان پلی‌ساکارید داخل سلولی و میزان زیست توده، بعد از ۵ روز مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۱-۲: نمونه سه سطح از آزمون آرایه‌های متعامد به صورت سه بار تکرار به منظور بهینه سازی پارامترهای pH، دور، نسبت حجم کشت همزمان هوایی و میزان مایع تلقیح.

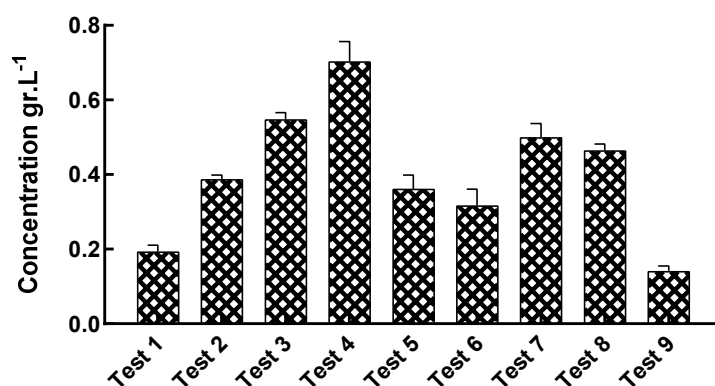
تولید پلی‌ساکارید داخل سلولی توسط گنودرما لوسیدیوم در طول رشد میسلیم در شرایط مشابه اندازه‌گیری شد [۲۴]. میسلیم‌های گنودرما لوسیدیوم سانتی‌فیوژ شدند (۱۰ دقیقه، ۱۱۰۰۰ دور در دقیقه) و دو بار با آب مقطر دوبار شسته شدند. پلی‌ساکارید داخل سلولی (IPS) از زیست توده خشک شده با محلول ۱ مولار NaOH در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد (یک

¹ Taguchi

ساعت) جدا شد. مخلوط سانتریفیوژ شد (۱۰ دقیقه، ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه)، و از روش اسید فنل سولفوریک برای اندازه‌گیری محتوای پلی‌ساکارید در مایع رویی استفاده شد [۲۵].

۳- نتایج

آزمایش‌ها نشان داد بیشترین میزان تولید پلی‌ساکارید داخل سلولی در آزمون چهارم (دور ۱۵۰ rpm، pH برابر ۵، مایع تلقیح پنج درصد و حجم سه برابری کشت همزمان) تولید شد. کمترین میزان پلی‌ساکارید داخل سلولی در آزمون یک دور rpm ۱۳۰، pH برابر ۵، مایع تلقیح یک درصد و حجم یک برابری تولید شد.



شکل ۲-۲: نمودار میزان پلی‌ساکارید داخل سلولی در بهینه‌سازی پارامترهای مؤثر بر تولید گلوکان از گنودرما لوسیدیوم بومی ایران به روش آرایه‌های متعامد L9

آنالیز آماری پاسخ‌های حاصله برای سه متغیر وابسته مورد بررسی نشان داد که مدل بدست آمده برای تاثیر چهار متغیر در صورت انتخاب میزان pH اولیه ۵/۲۰۳، حجم کشت همزمان سویه منتخب ۳ برابر، میزان مایع تلقیح ۹/۳۹۵ درصد و انجام کشت در دور ۱۵۱/۲۲۴، مقدار بیشینه ۰/۳۹۷ میلی‌گرم پلی‌ساکارید داخل سلولی توسط قارچ گنودرما لوسیدیوم تولید خواهد می‌شود.

جدول ۲-۲: انتخاب مقادیر بهینه برای دستیابی به بیشینه تولید IPS

Number	Agitation	P _I	Inoculation %	volume	IPS (gr.L ⁻¹)	Desirability	
1	15.224	5.2	9.395	3	0.397	1	Selected

۵- بحث

این مطالعه اولین پژوهش برای بررسی اثر افزایش حجم ترکیبات فرار میکروبی بر روی افزایش تولید پلی‌ساکارید قارچ دارویی گنودرما لوسیدیوم است. در بسیاری از مقالات، همانطور که در اینجا نشان داده شده است، pH اولیه محیط کشت در تولید

IPS توسط قارچ‌ها موثر بوده است. در حالی که برخی از قارچ‌ها حداکثر پلی‌ساکارید را در pH خنثی یا قلیایی تولید می‌کنند، اکثر آنها pH های پایین (۳ تا ۶/۵) را برای تولید پلی‌ساکارید ترجیح می‌دهند [۲۵]. در این آزمایش‌ها، حداکثر پلی‌ساکارید داخل سلولی در سرعت هم‌زدن ۱۵۰ دور در دقیقه به دست آمد. پلی‌ساکارید معمولاً توسط قارچ‌های بی‌هوازی اختیاری یا هوازی تولید می‌شود. بنابراین بیشترین غلظت پلی‌ساکارید زمانی انتظار می‌رود که سلول‌ها مقادیر کافی اکسیژن دریافت کنند. علیرغم وابستگی تولید پلی‌ساکارید به اکسیژن، به نظر می‌رسد محدوده مطلوبی برای سرعت هم‌زدن وجود دارد که فراتر از آن ممکن است تولید پلی‌ساکارید کاهش یابد [۲۶]. به نظر می‌رسد در سرعت‌های هم‌زدن بالاتر، فعالیت سلول‌های تنفسی، رشد سلولی و زیست‌توده نسبتاً افزایش می‌یابد، با این وجود، لزوماً با افزایش تولید پلی‌ساکارید همراه نیست. چنین پدیده‌ای را می‌توان به اثر مضر افزایش تنش برشی بر روی میسلیم نسبت داد [۲۷]. این مطالعه اولیه نشان می‌دهد که فناوری نوآورانه، سیستم کشت هم‌زمان فرار غوطه‌ور، می‌تواند محتوای پلی‌ساکارید گنودرمالوسیدیوم را در کشت هم‌زمان این قارچ با یک قارچ خوراکی دیگر، پلوروتوس آسترآتوس افزایش دهد. علاوه بر این، طراحی آرایه متعامد در ارائه مدل مناسب سرعت هم‌زدن، pH اولیه، اندازه تلقیح و حجم کشت هم‌زمان برای تولید پلی‌ساکارید موثر بود. این تحقیق یک استراتژی کم‌هزینه، عملکرد بالا و موثر برای افزایش تولید پلی‌ساکارید توسط گنودرمالوسیدیوم را پیشنهاد می‌کند، اما برای ارزیابی دقیق این نوآوری به مطالعات بیشتری نیاز است.

۴- نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان می‌دهد که کشت هم‌زمان غوطه‌ور ترکیبات فرار میکروبی (SVCC) می‌تواند تولید پلی‌ساکارید داخل سلولی (IPS) را افزایش دهد. افزایش حجم ترکیبات فرار میکروبی قارچ پلوروتوس آسترآتوس می‌تواند میزان تولید پلی‌ساکارید داخل سلولی را در قارچ گنودرمالوسیدیوم افزایش دهد. این مطالعه می‌تواند در طراحی بیوراکتور و تولید پلی‌ساکارید از قارچ گنودرمالوسیدیوم مورد استفاده قرار بگیرد.

۵- قدردانی

این اثر با حمایت مالی پارک علم و فناوری دانشگاه تهران (به شماره گرنت ۵۴۳۶۵۷۵) انجام شده است.

مراجع

- [1] Serrano R, González-Menéndez V, Rodríguez L, Martín J, Tormo JR, Genilloud O: Co-culturing of fungal strains against botrytis cinerea as a model for the induction of chemical diversity and therapeutic agents. *Frontiers in microbiology* 2017, 8:649.
- [2] Ali SR, Anwar Z, Irshad M, Mukhtar S, Warraich NT: Bio-synthesis of citric acid from single and co-culture-based fermentation technology using agro-wastes. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences* 2016, 9(1):57-62.
- [3] Azzollini A, Boggia L, Boccard J, Sgorbini B, Lecoultre N, Allard P-M, Rubiolo P, Rudaz S, Gindro K, Bicchi C: Dynamics of Metabolite Induction in Fungal Co-cultures by Metabolomics at Both Volatile and Non-volatile Levels. *Frontiers in microbiology* 2018, 9:72.
- [4] Marmann A, Aly A, Lin W, Wang B, Proksch P: Co-cultivation—a powerful emerging tool for enhancing the chemical diversity of microorganisms. *Marine drugs* 2014, 12(2):1043-1065.
- [5] Bertrand S, Schumpp O, Bohni N, Monod M, Gindro K, Wolfender J-L: De novo production of metabolites by fungal co-culture of *Trichophyton rubrum* and *Bionectria ochroleuca*. *Journal of natural products* 2013, 76(6):1157-1165.
- [6] Luo F, Zhong Z, Liu L, Igarashi Y, Xie D, Li N: Metabolomic differential analysis of interspecific interactions among white rot fungi *Trametes versicolor*, *Dichomitus squalens* and *Pleurotus ostreatus*. *Scientific reports* 2017, 7(1):5265.

- [7] Moussa M, Ebrahim W, Bonus M, Gohlke H, Mándi A, Kurtán T, Hartmann R, Kalscheuer R, Lin W, Liu Z: Co-culture of the fungus *Fusarium tricinctum* with *Streptomyces lividans* induces production of cryptic naphthoquinone dimers. *RSC advances* 2019, 9(3):1491-1500.
- [8] Wheatley R: The consequences of volatile organic compound mediated bacterial and fungal interactions. *Antonie Van Leeuwenhoek* 2002, 81(1-4):357-364.
- [9] Hung R, Lee S, Bennett JW: Fungal volatile organic compounds and their role in ecosystems. *Applied microbiology and biotechnology* 2015, 99(8):3395-3405.
- [10] Timm CM, Lloyd EP, Egan A, Mariner R, Karig D: Direct Growth of Bacteria in Headspace Vials Allows for Screening of Volatiles by Gas Chromatography Mass Spectrometry. *Frontiers in microbiology* 2018, 9:491.
- [11] Asadi F, Barshan-Tashnizi M, Hatamian-Zarmi A, Davoodi-Dehaghani F, EbrahimiHosseinzadeh B. Enhancement of exopolysaccharide production from *Ganoderma lucidum* using a novel submerged volatile co-culture system. *Fungal Biology*. 2021;125(1):25-31.
- [12] Mehmood A, Liu G, Wang X, Meng G, Wang C, Liu Y. Fungal quorum-sensing molecules and inhibitors with potential antifungal activity: a review. *Molecules*. 2019;24(10):1950.
- [13] Mahapatra S, Banerjee D: Fungal exopolysaccharide: production, composition and applications. *Microbiology insights* 2013, 6:MBI. S10957.
- [14] Synytsya A, Novák M: Structural diversity of fungal glucans. *Carbohydrate polymers* 2013, 92(1):792-809.
- [15] Mehta S, Jandaik S, Gupta D: Effect of cost-effective substrates on growth cycle and yield of lingzhi or reishi medicinal mushroom, *Ganoderma lucidum* (higher Basidiomycetes) from Northwestern Himalaya (India). *International journal of medicinal mushrooms* 2014, 16(6).
- [16] Barbieri A, Quagliarello V, Del Vecchio V, Falco M, Luciano A, Amruthraj N, Nasti G, Ottaiano A, Berretta M, Iaffaioli R: Anticancer and anti-inflammatory properties of *Ganoderma lucidum* extract effects on melanoma and triple-negative breast cancer treatment. *Nutrients* 2017, 9(3):210.
- [17] Bohn JA, BeMiller JN: (1→3)-β-D-Glucans as biological response modifiers: a review of structure-functional activity relationships. *Carbohydrate polymers* 1995, 28(1):3-14.
- [18] Cheng S, Sliva D: *Ganoderma lucidum* for cancer treatment: we are close but still not there. *Integrative cancer therapies* 2015, 14(3):249-257.
- [19] Fazenda ML, Harvey LM, McNeil B: Effects of dissolved oxygen on fungal morphology and process rheology during fed-batch processing of *Ganoderma lucidum*. *J Microbiol Biotechnol* 2010, 20(4):844-851.
- [20] Rajasekar S, Selvakumar P, Periasamy K, Raaman N: Polysaccharides from Basidiomycetes: A promising source for immunostimulating and anticancerous activity. *Biotechnology: Concepts and Applications Capitulo XII Narosa Publishing House* 2008:232-269.
- [21] Zhao R, Chen Q, He Y-m: The effect of *Ganoderma lucidum* extract on immunological function and identify its anti-tumor immunostimulatory activity based on the biological network. *Scientific reports* 2018, 8(1):12680.
- [22] Huang S-Q, Li J-W, Wang Z, Pan H-X, Chen J-X, Ning Z-X: Optimization of alkaline extraction of polysaccharides from *Ganoderma lucidum* **and their effect on immune** function in mice. *Molecules* 2010, 15(5):3694-3708.
- [23] Ma Z, Ye C, Deng W, Xu M, Wang Q, Liu G, Wang F, Liu L, Xu Z, Shi G: Reconstruction and analysis of a genome-scale metabolic model of *Ganoderma lucidum* for improved extracellular polysaccharide production. *Frontiers in microbiology* 2018, 9:3076.
- [24] Fang Q-H, Zhong J-J: Effect of initial pH on production of ganoderic acid and polysaccharide by submerged fermentation of *Ganoderma lucidum*. *Process Biochemistry* 2002, 37(7):769-774.
- [25] Masuko, T., Minami, A., Iwasaki, N., Majima, T., Nishimura, S.I., Lee, Y.C., 2005. Carbohydrate analysis by a phenol-sulfuric acid method in microplate format. *Anal. Biochem.* 339, 69e72.
- [26] Mahapatra, S., Banerjee, D., 2013. Fungal exopolysaccharide: production, composition and applications. *Microbiol. Insights* 6MBI.S10957.
- [27] Cui, M., He, G., 2012. Enhanced production of mycelia biomass and bioactive metabolite of the american *Ganoderma lucidum* in submerged culture. In: *Proceedings - 2012 International Conference on Biomedical Engineering and Biotechnology. ICBEB*, pp. 252e255.

Isolation and Characterization of *Kocuria rhizophila* as emerging opportunist pathogen in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Poulin shohreh¹ *, Sara Mehdizadeh Mood²

1. Department of Clinical Science, Faculty of Veterinary Medicine, Amol University of Special Modern Technologies, p.shohreh@ausmt.ac.ir
2. Faculty of Veterinary Medicine, Semnan University, Semnan.

*Corresponding author: p.shohreh@ausmt.ac.ir

Abstract

Rainbow trout as an important commercial fish has been exposed to a phylogenetically diverse group of bacterial pathogens. A farm in Amol reported heavy mortalities of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). The current study aimed to identify the etiological agent responsible for that. The moribund and freshly dead fish were analyzed for clinical changes. Biochemical and molecular characterizations were performed to identify the etiological agents of the disease. The results of the biochemical tests and Polymerase chain reaction (PCR) assay confirmed that *Kocuria rhizophila* was responsible for the disease severity. These findings indicate that the disease outbreak in rainbow trout farm occurred as a result of *Kocuria rhizophila*. Proper understandings about the new etiological agents and the relationship of stress-related environmental component are necessary for effective management and control of diseases.

Keyword: Iran, *Kocuria rhizophila*, Rainbow Trout, Emerging Pathogen

1. Introduction

Keeping up with the global development of the aquaculture industry, fish bacterial infections have become a serious problem in fish farming throughout the world. To increase the aquaculture production, traditionally extensive fish farms have been changed to intensive ones and this intensification caused stress, which reduces the fish immunity and enhances their susceptibility to pathogenic bacteria. A disease outbreak can cause high mortality in fish that decreases their production, causing high economic loss to the fish farmers. In addition, sub-lethal diseases may affect growth rate and flesh quality and can cause undesirable visual changes. *Kocuria* is a Gram-positive bacteria in the family Micrococcaceae. This bacterium was first identified and described by Miroslav Kosur, a Slovakian microbiologist. *Kocuria* species are commonly found in soil and water and usually considered as non-pathogenic bacteria which inhabit the normal skin and mucous membrane of human and animals (1). *Kocuria* was also isolated from various environmental and ecological niches (2).

Many of the bacterial species present in the aquatic habitat are vital to the natural aquatic environment, with no direct effect in inducing fish disease. In the world, there are various species of different families of bacteria that have been related to fish infections. Most of the bacterial pathogens responsible for induction of diseases in fish are Gram negative rods, but some are 'Gram-Positive' rods, while a few are acid-fast rods in the aquatic ecosystem. Bacterial populations in the environment affect not only the health status of fish stocks, but also increase public health concerns because fish and their products are the potent reservoirs of human infectious bacteria. Several bacterial species have been transmitted from fish to humans by eating raw or poorly cooked food or handling the affected fish. Human infections mainly depend on the time of

year, contact of patient with fish and the environment, diet and the immunity of the exposed person. Control of infectious diseases in aquaculture is more complex than that of animal diseases of terrestrial environment due to difficulty in fish observation because fish are not close enough like terrestrial animals. The aquatic environment can favor quick disease transmission, fish catching can cause stress and disease in the fish is often difficult to identify and diagnose. There are some knowledge about the characteristics, geographical distribution, host range, and epizootiology of common fish pathogenic bacteria, but new etiological agents are being identified every year. The most common fish bacterial species that can cause diseases belong to the genera *Vibrio*, *Flavobacterium*, *Aeromonas*, *Yersinia*, *Edwardsiella*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Renibacterium* and *Mycobacterium*. There are flourishing indications that different infective bacterial species have broad geographic distribution and host range, causing the emergence of new bacterial pathogens. At last, the conventional and modern disease prevention methods and their control strategies are also addressed. Hence, basic knowledge of pathogen profiles and diseases, in addition to their fundamental economic background of the operational costs, is a primary requisite in the designing of strategies to control most common bacterial diseases. It is strongly recommended that all the possible limitations in control methods must be addressed critically before employing in the aquaculture sectors. Comparative pathogenomics provide important information that how similar bacterial species show different virulence, adapted to various ecological niches and new host species. The determination of main virulence factors in disease-causing strains can assist us to plan effective therapeutic and vaccines strategies to control fish diseases (3).

2. Material and methods

2-1- Sampling and bacteriological study

The affected fish demonstrate symptoms such as anorexia, melanosis, lethargy, erratic swimming, exophthalmia, and mucosal hemorrhage. Samples were collected from 20 moribund fish (100-200 gram) suspected to bacterial septicemia of a rainbow trout farm located in Amol of Iran during summer 2022. Fish kidney samples were cultured aseptically onto trypticase-soy agar (TSA) (HiMedia, India) incubated at 25°C for 48 h before Gram staining of the grown colonies. The Gram-positive isolates were first identified by phenotyping and biochemical tests including oxidase, catalase, sorbitol utilization on phenol red broth (Quelab, Canada), motility, indole, H₂S production on SIM media (Merck, Germany), urease (Merck, Germany), methyl red, Voges-Proskauer tests on MR-VP broth (Merck, Germany), citrate utilization on Simmon citrate agar (Merck, Germany), and type of hemolysis on 5% sheep blood agar (Merck, Germany) (4). Finally due to the kind of presumptive isolated identified bacteria additional tests were performed and Stock cultures of the bacteria were maintained at -70°C in trypticase-soy broth (TSB) (HiMedia, India) containing 15% glycerol for further identification by molecular works (5).

2-2- DNA Extraction and PCR assay

DNA samples were obtained from 10 isolates identified as presumptive *Kocuria risophyla*.

For this purpose, the sample DNA was placed in the digestion buffer containing SDS5, STE6 buffer and proteinase K enzyme. The separation process with phenol, chloroform, isoamyl alcohol (1-24/25) was done in two steps and DNA precipitation with ethanol. Finally, the DNA was dissolved in 50 microliters of sterile distilled water.

The multiplication process was carried out in a thermocycler (PeQlab, Germany). Materials used in Tables 1 are given. PCR temperature conditions include initialization of 95 °C for a period of time 5 minutes, 94 degrees for 20 seconds, 59 degrees for 40 seconds and 72 degrees. The duration is 120 seconds. Finally, enzymatic expansion was done at 72 degrees for 5 minutes. Table 2-3 is displayed. Amount of 5 µl of product on 2% agar gel in buffer. TBE11X were stained in the presence of Green fluorescent dye. PCR product by kit method. The column was washed and for sequencing by the method (6) from both sides of the primer in ABI3730xl device was sequenced. A pair of specific primers shown in Table 1 were used for detection of the 16S rDNA gene and fragment size was 1100 bp.

Table 1: Primers used in gene sequencing

Primer name	Primer sequence (5-3)	Product (bp)
27F	AGAGTTTGATCCTGGCTCAG	1500
1492R	TACGGYTACCTTGTTACGACTT	

3. Results

3-1- Phenotypic and biochemical results

Phenotypic and biochemical characterization of yellowish, round, raised colonies (Fig. 1) on isolation resulted in presumptive identification of isolates as *Kocuria risophyla*. These isolates were Gram-positive non-hemolytic cocci, arranged in pairs, and irregular clusters (Fig. 2). Oxidase positive, catalase positive, mannitol fermentation and coagulase enzyme negative, non-motile, indole negative, H₂S production negative, citrate utilization negative, methyl red negative, and Voges-Proskauer negative.



Figure 1: Appearance of *Kocuria spp* on blood agar after 24 hours of aerobic incubation

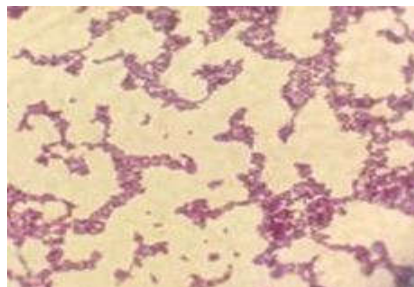


Figure 2: Gram's stain of *Kocuria spp* showing large sized cocci arranged in pairs, short chains, tetrads, clusters

In this research due to non-availability of molecular and advanced laboratory methods, *Kocuria* differentiated from *Staphylococci* and *Micrococci* by using morphological

and cultural characteristics. Furthermore antimicrobial susceptibility patterns against selective antibiotics could be used to presumptively identify *Kocuria* spp. *Kocuria* spp. were sensitive to bacitracin, lysozyme and resistant to nitrofurantoin, furazolidone and lysostaphin (7, 8).

4. Conclusion

Accurate understandings about the etiological agents, biochemistry, and the relationship of stress-related environmental component are crucial for effective management and control of diseases. The improvement in diagnosing tools can provide an opportunity to identify new infective agents. Some Gram-positive bacteria have become pathogens of particular importance in fish pathology in Iran. Some studies have noted that although *Kocuria* spp are commensals of humans, animals and are present in the environment, they should be considered as potential pathogens in immunocompromised individuals. The present research has highlighted the presence of *Kocuria* in fish infections. This bacterium has not been known until now to be pathogenic to fish. Therefore, this infection could be called an emergent pathogene (2).

Recent studies indicate that bacteria belonging to the family Micrococcaceae In addition to humans, are also pathogenic in the aquaculture industry As *Micrococcus luteus* was previously known as the cause of rainbow trout syndrome (RTFS2) in salmonid Fishes (9). Until 2016, the data in the gene bank showed that *K. rhizophila* had never been isolated from fish before and the isolates studied by Pekala et al. were very similar to the strains from the Food processing environments were isolated. Thus, the first report on bacterial pathogenicity *K. rhizophila* was registered in the Polish aqua culture industry in 2018 (10).

This bacterium is normally misidentified in the clinical microbiology laboratories as coagulase-negative *Staphylococci* (CoNS) based on its gram reaction, catalase positive and coagulase negative properties. The major drawback faced by many laboratories in accurately identifying this bacterium is the need for advanced techniques like 16S rRNA and Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry (MALDI-TOF-MS). Although many clinical microbiology laboratories are now equipped with automated identification systems that include VITEK (BioMe'rieux Inc., Durham, NC, USA), VITEK 2 (BioMe'rieux Inc., Durham, NC, USA), API (BioMe'rieux Inc., Durham, NC, USA) and the BD Phoenix™ Automated Microbiology System (BD Diagnostic Systems, Sparks, MD) identification systems, there are studies that have noted false identification of CoNS as *Kocuria* spp and its limitations to identify all the species of *Kocuria* (11).

Identification of *Kocuria* spp remains elusive because most clinical microbiology laboratories have limited or no access to advanced molecular techniques. Laboratory identification of *Kocuria* spp can be made conventionally only after high laboratory suspicion. An interesting observation in Gram's stained smear includes the presence of darkly stained and abnormally large clones of cocci, which are not observed in the case of *Staphylococci* and *Micrococci*.

The cause of concern is that this bacterium appears to be as a zoonotic pathogene and have a broad host range involving both immunocompromised as well as immunocompetent individuals. Reports of infection with *Kocuria* species in human have gained prominence in the late twentieth century and are showing an increased trend, signifying its pathogenic potential. Infections associated with isolation of *Kocuria* include urinary tract infections, cholecystitis, catheter-associated bacteremia, dacryocystitis, canaliculitis, keratitis, native valve endocarditis, peritonitis, descending necrotizing mediastinitis, brain abscess and

meningitis (12, 13). Further studies emphasizing the determination of the virulence, pathogenic potential, predisposing factors and antimicrobial susceptibility patterns of *Kocuria* spp are warranted.

Acknowledgment

This research was funded by a grant from the research council of the Faculty of Veterinary Medicine, Amol University of Modern Technologies.

References

1. Stackebrandt E, Koch C, Gvozdiak O, Schumann P. Taxonomic Dissection of the Genus *Micrococcus*: *Kocuria* gen. nov., *Nesterenkonia* gen. nov., *Kytococcus* gen. nov., *Dermacoccus* gen. nov., and *Micrococcus* Cohn 1872 gen. emend. *International journal of systematic bacteriology*. 1995 Oct; 45(4):682-92
2. Park EJ, Kim MS, Roh SW, Jung MJ, Bae JW. *Kocuria atrinae* sp. nov., isolated from traditional Korean fermented seafood. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*. 2010 Apr; 60(4):914-8.
3. Aziz S, Abdullah S. Common bacterial diseases of fish: prevention and control strategies. *Veterinary pathobiology & public health*. 2021:352-366.
4. Soltani M, Nikbakht G, Ebrahimzadeh Moussavi HA, Ahmadzadeh N. Epizootic outbreak of lactococcosis caused by *Lactococcus garvieae* in farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Iran. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 2008 Jan 1;28(5):95-106.
5. Didinen, B.I., Yardimci, B., Onuk, E.E., Metin, S. and Yildirim, P., Naturally *Lactococcus garvieae* infection in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792): new histopathological observations, phenotypic and molecular identification, *Revue de Médecine Vétérinaire*. 2014; 165(1):12-19.
6. Sanger F. DNA sequencing with chain-terminating inhibitors 1977 (classical article). *Biotech*. 1992; 24: 104-8.
7. Purty S, Saranathan R, Prashanth K, Narayanan K, Asir J, Sheela Devi C, Kumar Amarnath S. The expanding spectrum of human infections caused by *Kocuria* species: a case report and literature review. *Emerging microbes & infections*. 2013 Jan 1; 2(1):1-8.
8. Ben-Ami R, Navon-Venezia S, Schwartz D, Carmeli Y. Infection of a ventriculoatrial shunt with phenotypically variable *Staphylococcus epidermidis* masquerading as polymicrobial bacteremia due to various coagulase-negative *Staphylococci* and *Kocuria varians*. *Journal of clinical microbiology*. 2003 Jun; 41(6):2444-7.
9. Austin B, Stobie M. Recovery of *Micrococcus luteus* and presumptive *Planococcus* sp. from moribund fish during an outbreak of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), fry syndrome in England. *Journal of Fish Diseases*. 1992; 15(2):203-6.
10. Pękala-Safińska A. Contemporary threats of bacterial infections in freshwater fish. *Journal of veterinary research*. 2018 Sep; 62(3):261.
11. Boudewijns M, Vandeven J, Verhaegen J. Vitek 2 automated identification system and *Kocuria kristinae*. *Journal of clinical microbiology*. 2005 Nov; 43(11):5832.
12. Mashouf RY, Babalhavaeji H, Yousef J. Urinary tract infections: bacteriology and antibiotic resistance patterns. *Indian pediatrics*. 2009 Jul 1; 46(7).
13. Sipahi OR, Mermer S, Aydemir S, Ozgiray E, Cilli F, Oner K. *Kocuria rosea* meningitis. *Surgical Infections*. 2014 Oct 1; 15 (5):659-.

استفاده از فناوری بیوفلاک در آبی پروری

پولین شهره^۱، فاطمه خواجه پور^{۲*}

۱- گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تخصصی فناوری های نوین آمل

۲- دکتری تخصصی شیلات

* آدرس ایمیل نویسنده مسئول: fatemekhajepour@yahoo.com

Applying biofloc technology in aquaculture

Poulin Shohreh¹, Fateme Khajepour^{2*}

1. Department of Clinical Science, Faculty of Veterinary Medicine, Amol University of Special Modern Technologies

2. PhD of fishery, researcher

*Corresponding author: fatemekhajepour@yahoo.com

ABSTRACT

Biofloc technology is highly regarded as a strategic tool in aquaculture to improve food conversion rate, biological security, and wastewater treatment. It causes the cultivation of microorganisms which convert organic waste into protein-rich biomass. The important aspect of this technology in aquaculture is related to the high density of breeding with a minimum water exchange rate, which not only improves water quality by removing nitrogen, but also acts as a suitable food supplement and source of probiotics for the breeding species. This technology is usually used to grow shrimp and tilapia and it can be used in dense and ultra-dense culture systems. Nutrients in this system are continuously recycled and reused, and this technology can be considered a cost-effective, efficient alternative cycle in the current aquaculture method that prevents the introduction of disease and improves the stability of aquaculture.

Key words: Aquaculture, Biofloc technology, Sustainability, Water Exchange

چکیده

فناوری بیوفلاک به عنوان یک ابزار استراتژیک در آبی پروری جهت بهبود ضریب تبدیل غذایی، امنیت زیستی و تصفیه فاضلاب بسیار مورد توجه قرار گرفته است. این فناوری موجب کشت میکروارگانیسمهایی می شود که مواد زاید غیر آلی آب را مصرف می کنند و به توده های زیستی سرشار از پروتئین تبدیل می کنند. اهمیت این فناوری در آبی پروری بعلا امکان تراکم بالای پرورش با حداقل نرخ تعویض آب است که نه تنها کیفیت آب با حذف نیتروژن بهبود می یابد بلکه به عنوان یک مکمل غذایی مناسب و منبع پروبیوتیک برای گونه های در حال پرورش عمل می کند. این فناوری معمولاً برای پرورش میگو و تیلپیا استفاده می شود و می توان از آن در سیستم کشت متراکم و فوق متراکم استفاده کرد. مواد مغذی در این سیستم به طور مداوم بازیافت و مورد استفاده مجدد قرار می گیرند و می تواند به عنوان یک چرخه کارآمد و مقرون بصرفه جایگزین در آبی پروری کنونی مورد توجه قرار گیرد که از ورود بیماری جلوگیری می کند و باعث پایداری و بهبود آبی پروری می گردد.

واژه های کلیدی: آبی پروری، فناوری بیوفلاک، پایداری، تعویض آب

۱- مقدمه

با وجود جمعیت تقریباً ۷/۸ میلیارد نفر روی زمین، تقاضا برای آبیان روز به روز در حال افزایش است. از این رو توسعه سیستم‌های آبی‌پروری بسیار ضروری است. در عین حال سیستم‌های پرورش متراکم مقدار زیادی آلاینده‌های کربنی ایجاد می‌کند که باعث ایجاد اثرات سمی و خطرات زیست‌محیطی می‌گردد (۱). خطرات این ترشحات سمی را می‌توان با تعویض آب به طور مداوم کاهش داد (۲). روش دیگر برای از بین بردن این آلاینده‌ها بدون صدمه زدن به محیط زیست، آبی‌پروری با سیستم بازچرخش آب است که روزانه تنها ۱۰ درصد از حجم کل آب تعویض می‌شود اما به دلیل هزینه‌های عملیاتی بالای آن، این تکنیک به ندرت مورد قبول واقع می‌گردد (۳). بنابراین نیاز اساسی به یک فناوری با هزینه کم و سازگار با محیط زیست برای پذیرش در مقیاس بزرگ محسوس می‌باشد. "فناوری بیوفلاک" یک سیستم جایگزین کارآمد است و با هزینه‌های عملیاتی کم تاسیس می‌شود. در آن مواد مغذی آب به طور مداوم بازیافت می‌شوند و استفاده مجدد باعث رشد میکروارگانیسم‌ها می‌شود و حداقل تعویض آب اتفاق می‌افتد. میکروارگانیسم‌ها با جذب نیتروژن در تولید ترکیبات پروتئینی نقش مهمی در حفظ کیفیت آب دارند و امکان پرورش متراکم را از نظر اقتصادی به صرفه‌تر و ضریب تبدیل غذایی را کاهش می‌دهند.

آبی‌پروری یک صنعت در حال گسترش است و چالش‌های اصلی آن از یک سو آسیب به محیط زیست و از سوی دیگر وابستگی بیش از حد موجودات آبی به ترکیبات پودر ماهی و روغن ماهی بابت تغذیه در شرایط کنترل شده می‌باشد (۴، ۵). این ترکیبات از اجزای اصلی خوراک برای آبی‌پروری در مقیاس تجاری است (۶). هزینه خوراک در آبی‌پروری به دلیل قیمت بالای اجزای پروتئینی در غذای تجاری بالاست (۷). فناوری بیوفلاک راهکار جدیدی برای حل این مشکلات در جهت رسیدن به اهداف توسعه آبی‌پروری پایدار با استفاده از سیستم بدون تعویض آب می‌باشد. در این فناوری از ضایعات مواد غذایی استفاده می‌شود. از طریق میکروارگانیسم‌هایی که با استفاده از منبع کربن خارجی و هوادهی بالا تکثیر می‌شوند، مواد آلی تولید می‌شود (۸). این فناوری نتایج بسیار موفقیت‌آمیز و مقرون به صرفه‌ای جهت پرورش ماهی و سخت‌پوستان نشان داده است.

۲- فناوری بیوفلاک

در فناوری بیوفلاک با افزودن کربوهیدرات به آب استخرهای آبی‌پروری و تنظیم نسبت کربن به نیتروژن (C/N)، میکروارگانیسم‌ها مواد مغذی را جذب کرده و نیتروژن غیر آلی آب را مصرف می‌کنند و توده‌های زیستی تشکیل می‌شود. و در نتیجه منجر به حذف نیتروژن آمونیاکی کل و نیتريت می‌گردند. اگر نسبت کربن به نیتروژن بخوبی در مخزن پرورش متعادل شود، مواد زائد نیتروژن دار به بیومس میکروبی تبدیل خواهد شد که توسط آبی‌پرورش بعنوان خوراک مصرف می‌شود. رابطه میان افزودن کربوهیدرات، کاهش میزان آمونیاک و تولید پروتئین میکروبی بستگی به کارایی تبدیل میکروبی، نسبت کربن به نیتروژن در بیومس میکروبی و محتوای کربن مواد اضافه شده، دارد. بیوفلاک‌ها در سیستم‌های پرورشی چند نقش اساسی ایفا می‌کنند ۱- حفظ کیفیت آب به کمک مصرف نیتروژن و در نتیجه به حداقل رسیدن تعویض آب تا نزدیک به صفر درصد ۲- ایجاد بیوفلاک و تولید پروتئین میکروبی قابل مصرف برای آبی‌پروری که در نتیجه هزینه تامین خوراک کم میشود (کاهش ضریب تبدیل غذایی). ۳- به دنبال کاهش تعویض آب ورود عوامل بیماری‌زا به مزرعه و آلودگی زیست‌محیطی کاهش می‌یابد.

فناوری بیوفلاک یک سیستم کارآمد اقتصادی با تراکم بالا و فناوری زیستی است که در یک سیستم بسته اجرا می‌شود، یکی از مزایای آن کاهش خطر زیست‌محیطی می‌باشد چون آب مصرفی به آب طبیعی رها نمی‌شود و از

بیوتریفیکاسیون مناطقی مانند مصب رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و رودخانه‌ها جلوگیری می‌شود، نسبت کربن به نیتروژن در منابع طبیعی دستکاری نمی‌شود.

سیستم بیوفلاک در ابتدا برای پرورش عاری از آلودگی، تولید مقرون به صرفه و بهبود شرایط محیط زیستی اغلب در مناطقی که کمبود آب دارند توسعه داده شد. برای ارزی پروری پایدار در این سیستم، باکتری‌ها ضایعات ماهی را به توده‌های زیستی (بیوفلاک) تبدیل کرده، در نهایت کیفیت آب را از طریق افزودن کربن اضافی به سیستم ارزی پروری بهبود می‌بخشند که منجر به حداقل مصرف آب می‌شود. معمولاً در حوضچه‌های آب، تقریباً ۷۰ تا ۸۰ درصد پروتئین‌های تغذیه شده به شکل متابولیت‌های نیتروژن دار هدر می‌روند. اگر در سیستم، تعادل کامل کربن و نیتروژن محلول وجود داشته باشد، آمونیوم و سایر ضایعات نیتروژن دار تبدیل به زیست توده باکتریایی می‌شود (۹). علاوه بر این، با اضافه کردن یک منبع کربوهیدرات به یک حوضچه، به رشد باکتری هتروتروف و جذب نیتروژن و تولید پروتئین‌های میکروبی کمک می‌کند (۱۰، ۱۱). حفظ نسبت کربن به نیتروژن بیش از ۱۰ در سیستم بیوفلاک ضروری است که با افزودن مواد آلی منبع کربن مانند ملاس، نشاسته و آرد گندم یا با کاهش سطح پروتئین خوراک فعالیت باکتری‌های هتروتروف افزایش می‌یابد (۱۲). این در نهایت منجر به تولید میکروب و پروتئین می‌گردد و کیفیت آب را بهبود می‌بخشد و به عنوان منبعی از پروتئین‌های غذایی توسط میگوها یا ماهی‌های پرورشی مصرف می‌شود (۱۲).

فناوری بیوفلاک ابتدا در اوایل دهه ۱۹۷۰ در فرانسه در پژوهشکده اکتشاف دریا مرکز اقیانوسی اقیانوس آرام آغاز شد که در آن برای پرورش گونه‌های پناپذیر از جمله میگوی سفید غربی و میگوی آبی مورد بررسی قرار گرفت (۱۰). این روش به دلیل مسائل اقتصادی، زیست محیطی و بازاریابی آن نسبت به پرورش بصورت معمول ارجحیت دارد و با توسعه فناوری پایدار در ارزی پروری همراه است (۵، ۱۳). این فناوری از امنیت زیستی و کنترل محیطی بالاتر برخوردار است و سیستم ایمنی بدن را افزایش می‌دهد (۱۴) و بطوریکه وضعیت میگوی سفید غربی پرورش یافته در سیستم بیوفلاک مقاومت بیشتر در برابر عفونت مایکونکروز ویروسی (IMNV) (۱۵) و ویبریو نشان داده است (۱۶).

۳- جامعه میکروبی در بیوفلاک

بیوفلاک فرمی از مواد آلی بصورت ذرات معلق با چگالی بالا است (۱۷) که ۶۰ تا ۷۰ درصد آن مواد آلی با ترکیبی از قارچ‌ها، جلبک‌ها، باکتری‌ها، تک‌یاخته‌ها، روتیفرها، نماتدها و سایر مواد معدنی می‌باشد (۱۸). در این سیستم تبادل آب اتفاق نمی‌افتد، کیفیت آب توسط عملکرد دو نوع جمعیت باکتریایی یعنی، هتروتروف جذب کننده آمونیاک و شمیواتوتروف باکتری‌های نیتروفاکس کننده حفظ می‌شود، (۱۹). با پیشرفت یا ادامه دادن کشت، رنگ از سبز به قهوه‌ای تغییر می‌کند، که نشانه این انتقال سیستم جلبک به سیستم غالب باکتری‌های بیوفلاک می‌باشد.

تعداد باکتری‌ها در حوضچه‌های بیوفلاک می‌تواند بین ۱۰۶ تا ۱۰۹ در میلی لیتر بیوفلاک باشد، که این ۱۰ تا ۳۰ میلی گرم در ماده خشک است این استخر را به یک صنعت بیوفناوریک تبدیل می‌کند (۲۰). خانجانی و همکاران (۲۱) تصریح کرد که بلوغ یا مراحل بیوفلاک را می‌توان با تعداد باکتری‌های هتروتروف در میلی لیتر تعیین کرد که $3/36 \times 10^7$ است. نوع کربن منبع، سطح شوری و گونه‌هایی که باید کشت شوند، عوامل تعیین کننده اصلی موجودات مختلف در بیوفلاک می‌باشند (۲۲). بیوفلاک جمع آوری شده از مخازن پرورش میگوی سفید غربی حاوی $24/6\%$ فیتوپلانکتون (که توسط دیاتومها غالب می‌شود مانند تالاسیوسیرا، چائتوسروس و نایکولا)، ۳ درصد باکتریایی (دو سوم گرم منفی و یک سوم گرم مثبت بود)، مقدار کمی از تک‌یاخته‌ها (۹۸٪ تاژک‌ها، ۱/۵٪ روتیفرها و ۰/۵٪ آمیب) و ۳۳/۲٪ باقی مانده مواد غذایی؛ ۳۹/۲۵ درصد باقیمانده خاکستر بود (۱۶). با این حال، این ترکیب ممکن است در سیستم‌های مختلف پرورش متفاوت باشد. در کل لجن‌های ارگانیک، تنها ۲ تا ۲۰ درصد سلول‌های میکروبی هستند و مابقی را ماده آلی تشکیل می‌دهد (۲۳). برخی از گونه‌های غالب یافت شده در بیوفلاک شامل (پروتئوباکترها، باسیل‌ها و اکتینوباکترها) و چند گونه دیگر که به تعداد کم (روزئوباکتری و سیتوفاژ) در سیستم وجود دارند (۲۴). برای گونه‌های باکتری انجام فرایند مکانیسم سلولی نیاز به نیتروژن

نظیر یون آمونیوم و منابع کربن مانند شکر، نشاسته و سلول دارند تا سمیت آمونیاک را از سیستم آبی پروری از بین ببرند. توانایی جذب به ذرات معلق و سطوح مواد آلی توسط باکترهای بیوفلاک از مهمترین خواص فیزیولوژیکی آن‌ها می‌باشد. در اینجا نقش باکتری در انتقال اشکال سمی از نیتروژن به نوع دیگر که فقط در غلظت بالا سمی است را نیتروفیکاسیون می‌گویند. رشد این باکتری‌ها از طریق افزایش جذب نیتروژن غلظت آمونیوم را سریعتر از نیتروفیکاسیون کاهش می‌دهد (۲۵). مقدار بیومس میکروبی برای باکترهای هتروتروف در حدود ۰/۵ گرم توده کربن به گرم کربن استفاده شده است (۲۶). گزارش شده که جوامع میکروبی نظیر پseudomonas، basillus ها، اسفینوموناس، میکروکوکوس، نیتروسپیرا، نیتروباکتر و مخمر می‌توانند کیفیت آب را حفظ کنند و سلامت فیزیولوژیکی گونه‌های پرورشی در بیوفلاک مدیریت و حفظ کنند (۲۷). نسبت کربن به نیتروژن در سیستم بیوفلاک نقش حیاتی در محدود کردن ترکیبات نیتروژنی سمی توسط باکتری‌های مفید فعال تبدیل آن به منبع غذایی برای موجودات پرورشی دارد (۱۰).

۴- احیای فاضلاب با سیستم بیوفلاک

علاوه بر بهبود پرورش گونه‌های هدف، فناوری بیوفلاک به حفظ میزان آب مورد نیاز در آبی پروری کمک می‌کند. بیوفلاک در مقایسه با سایر روشهای آبی پروری روشی با پایداری بیشتر برای حداقل تعویض آب و حداقل غذای دریافتی، تبدیل شدن آبی پروری به یک فناوری مدرن با پایداری بیشتر را فراهم می‌کند (۵، ۱۳). در مقایسه با سیستم مدار بسته، سیستم بیوفلاک برای پرورش تیلاپیا ۴۰٪ مصرف آب کمتر داشت (۲۸). امنیت زیستی و سیستم بیوفلاک دو کلید اساسی هستند که باید برای پایداری پرورش متراکم آبی پروری در دراز مدت مورد بررسی قرار گیرد. فناوری بیوفلاک با محدود کردن تعویض آب و افزایش کنترل محیطی و کنترل فیزیکی و بیولوژیکی عوامل عفونی، امنیت زیستی را بهبود می‌بخشند.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

برای صرفه اقتصادی آبی پروری نیاز است هزینه تولیدات کاهش و سود بخشی افزایش یابد. فاکتورهای کلیدی تصمیم‌گیرنده برای صنعت آبی پروری کاهش مصرف آب، حفظ قیمت غذا و حمایت از محیط زیست است. سیستم بیوفلاک باعث افزایش نرخ رشد و کاهش ضریب تبدیل غذایی و در نهایت افزایش سود و کاهش هزینه آبی پروری می‌گردد. مگاهد (۲۹) دریافت که تولید هر کیلوگرم میگوی ببری سبز و تیلاپیا از ۳۳ به ۱۰ درصد به ترتیب کاهش می‌یابد، استفاده از فناوری بیوفلاک وابسته به جیره، گونه و قیمت کربوهیدرات است. سیستم بیوفلاک هزینه کودهای آلی و معدنی را کاهش می‌دهد و هزینه منبع کربنی را پوشش می‌دهد. فناوری بیوفلاک باعث کاهش هزینه تیمار آب تا ۳۰٪ و افزایش کارایی پروئین در مقایسه با فناوری مدار بسته دوبرابر می‌گردد (۵). ویسیلسکی و همکاران (۳۰) جنبه‌های مختلف داخلی، رشد، الگوی غذایی و ضریب تبدیل غذایی میگوی وانمی در سیستم بیوفلاک را مورد مطالعه قرار دادند و همبستگی مثبتی بین رشد میگو و محتوای پروتئین وجود داشت. چندین مطالعه مشابه این نتایج وجود دارد. هانگ و همکاران (۳۱) نشان دادند در میگوی رشد یافته در سیستم بیوفلاک تراکم باکتری اکتینوباکتر، آلتروموناسه و رودوباکتر افزایش یافت و تعداد سیانوباکتر، ماکوپلاسما تاسه و ویبریو کاهش یافت که نشانه بر نسبت بالای کربن به نیتروژن در سیستم می‌باشد که مسئول افزایش باکتری‌های مفید و کاهش پاتوژن‌های مضر می‌باشد. بطور کلی، با رویکرد حفاظت از محیط زیست و منابع طبیعی، فناوری بیوفلاک از طریق تعادل نسبت کربن و نیتروژن به دنبال دستیابی به کیفیتی از آب در آبی پروری است که پیامد آن استفاده بهینه از آب، حفظ کیفیت آب، ارزش افزوده در تولید پروتئین و در نهایت توسعه پایدار آبی پروری است.

مراجع

1. Piedrahita RH. Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. *Aquaculture*. 2003 Oct 31;226(1-4):35-44.
2. Gutierrez-Wing MT, Malone RF. Biological filters in aquaculture: trends and research directions for freshwater and marine applications. *Aquacultural engineering*. 2006 May 1;34(3):163-71.
3. Twarowska JG, Westerman PW, Losordo TM. Water treatment and waste characterization evaluation of an intensive recirculating fish production system. *Aquacultural engineering*. 1997 May 1;16(3):133-47.
4. Browdy CL, Bratvold D, Stokes AD, McIntosh RP. Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. In: Jory ED, Browdy CL, editors. *The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture*, J World Aquac Soc. Baton Rouge, LA: The World Aquaculture Society. 2001; p. 20-34.
5. De Schryver P, Crab R, Defoirdt T, Boon N, Verstraete W. The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. *Aquac*. 2008; 277:125-37. doi: 10.1016/j.aquaculture.2008.02.019
6. Naylor RL, Goldburg RJ, Primavera JH, Kautsk N, Beveridge MCM, Clay J, et al. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*. 2000; 405:1017-24. doi: 10.1038/350165007.
7. Bender J, Lee R, Sheppard M, Brinkley K, Philips P, Yeboah Y, et al. waste effluent treatment system based on microbial mats for black sea bass *Centropristis striata* recycled water mariculture. *Aquac Eng*. 2004; 31:73-82. doi: 10.1016/j.aquaeng.2004.02.001
8. Ferreira GS, Bolivar NC, Pereira SA, Guertler C, do Nascimento Vieira F, Mouriño JL, et al. Microbial biofloc as source of probiotic bacteria for the culture of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*. 2015; 448:273-9. doi: 10.1016/j.aquaculture.2015.06.006
9. Schneider O, Sereti V, Eding EH, Verreth JAJ. Analysis of nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems. *Aquac Eng*. 2005; 32:379-401. doi: 10.1016/j.aquaeng.2004.09.001
10. Avnimelech Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*. 1999; 176:227-35. doi: 10.1016/S0044-8486(99)00085-X
11. Crab R, Lambert A, Defoirdt T. The application of bioflocs technology to protect brine shrimp, *Artemia franciscana* from pathogenic *Vibrio harveyi*. *J Appl Microbiol*. 2010; 5:1643-9. doi: 10.1111/j.1365-2672.2010.04791.x
12. Crab R, Defoirdt T, Bossier P, Verstraete W. Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*. 2012; 356:351-6. doi: 10.1016/j.aquaculture.2012.04.046
13. Avnimelech Y, Kochba M. Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in biofloc tanks, using 15N tracing. *Aquac*. 2009; 287:163-8. doi: 10.1016/j.aquaculture.2008.10.009
14. Ju Z, Forster I, Conquest L, Dominy W. Enhanced growth effects on shrimp (*Litopenaeus vannamei*) from inclusion of whole shrimp floc or floc fractions to a formulated diet. *Aquac Nutr*. 2008; 14:533-43. doi: 10.1111/j.1365-2095.2007.00559.x
15. Ekasari J. Biofloc Technology as an Integral Approach to Enhance Production and Ecological Performance of Aquaculture, (Dissertation) Ghent University. 2014; p. 207.
16. Liu G, Zhu S, Liu D, Guo X, Ye Z. Effects of stocking density of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) on immunities, antioxidant status, and resistance against *Vibrio harveyi* in a biofloc system. *Fish Shellfish Immunol*. 2017; 67:19-26. doi: 10.1016/j.fsi.2017.05.038
17. Cuzon G, Lawrence A, Gaxiola G, Rosas C, Guillaume J. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. *Aquaculture*. 2004; 235:513-51. doi: 10.1016/j.aquaculture.2003.12.022
18. Chu C, Lee D. Multiscale structures of biological flocs. *Chem Eng Res Des*. 2004; 59:1875-83. doi: 10.1016/j.ces.2004.01.040
19. Ebeling JM, Timmons MB, Bisogni JJ. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*. 2006; 257:346-58. doi: 10.1016/j.aquaculture.2006.03.019
20. Avnimelech Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*. 2007; 264:140-7. doi: 10.1016/j.aquaculture.2006.11.025
21. Khanjani MH, Alizadeh M, Sharifinia M. Rearing of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* in a biofloc system: the effects of different food sources and salinity levels. *Aquac Nutr*. 2020; 26:328-37. doi: 10.1111/anu.12994
22. Ray AJ, Lewis BL, Browdy CL, Leffler JW. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. *Aquaculture*. 2010; 299:89-98. doi: 10.1016/j.aquaculture.2009.11.021

23. Wilén BM, Jin B, Lant P. The influence of key chemical constituents in activated sludge on surface and flocculating properties. *Water Res.* 2003; 37:2127–39. doi: 10.1016/S0043-1354(02)00629-2
24. Zhao P, Huang J, Wang XH, Song XL, Yang C, Zhang XG, et al. The application of biofloc technology in high-intensive, zero exchange farming systems of *Marsupenaeus japonicus*. *Aquaculture.* 2012; 354- 355:97–106. doi: 10.1016/j.aquaculture.2012.03.034
25. Hargreaves JA. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquac Eng.* 2006; 34:344–63. doi: 10.1016/j.aquaeng.2005.08.009
26. Eding EH, Kamstra A, Verreth JAJ, Huisman EA, Klapwijk A. Design and operation of nitrifying trickling filters in recirculating aquaculture: a review. *Aquac Eng.* 2006; 34:234–60. doi: 10.1016/j.aquaeng.2005.09.007
27. Monroy-Dosta MDC, De Lara-Andrade R, Castro-Mejia J. Castro- Mejia G, Coelho-Emerenciano MG. Microbiology community composition and abundance associated to biofloc in tilapia aquaculture. *Revista de Biología Marina y Oceanografía.* 2013; 48:511–20. doi: 10.4067/S0718-19572013000300009
28. Luo Y, Guo W, Ngo HH, Nghiem LD, Hai FI, Zhang J, et al. A review on the occurrence of micro-pollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment. *Sci Total Environ.* 2014; 473:619–41. doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.12.065
29. Megahed ME, Mohamed K. Sustainable growth of shrimp aquaculture through biofloc production as alternative to fishmeal in shrimp feeds. *J Agric Sci.* 2014; 6:176–88. doi: 10.5539/jas.v6n6p176
30. Wasielesky W Jr, Atwood H, Stokes A, Browdy CL. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based superintensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture.* 2006; 258:396–403. doi: 10.1016/j.aquaculture.2006.04.030
31. Huang L, Guo H, Chen C, Huang X, Chen W, Bao F, et al. The bacteria from large-sized bioflocs are more associated with the shrimp gut microbiota in culture system. *Aquaculture.* 2020; 523:735159. doi: 10.1016/j.aquaculture.2020.735159

مطالعه هیستوپاتولوژیک اثرات التیامی اسانس مریم گلی (*Salvia officinalis*) در زخم تجربی پوست در کبوتر (*Columba livia domestica*)

نویده میرزاخانی^{۱*}، ناصر وجدی^۲، سعید سیفی^۳

- ۱- استادیار گروه پاتوبیولوژی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، ایران.
- ۲- استادیار گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، ایران.
- ۳- دانشیار گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، ایران.

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: n.mirzakhani@ausmt.ac.ir

Histopathological study of of lemon grass (*Cymbopogon citratus*) essential oil protective effects on 5-Fluorouracil-induced kidney damage in murine model

Navideh Mirzakhani^{*1}, Naser Vajdi², Saeed Seifi³

- 1- Assistant Professor, Department of Pathobiology, Faculty of Veterinary Medicine, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran, n.mirzakhani@ausmt.ac.ir
- 2- Assistant Professor, Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran n.vajdi@ausmt.ac.ir
- 3- Associate Professor, Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran s.seifi@ausmt.ac.ir

*Corresponding author: n.mirzakhani@ausmt.ac.ir

ABSTRACT

Salvia officinalis is known to have antibacterial, antioxidative, and anti-inflammatory properties. This study aimed to evaluate the healing effects of an ointment containing *Salvia officinalis* (SO) essential oil (SOO) on the excisional full-thickness wound on pigeon. For this purpose, 18 healthy pigeons were utilized and two full-thickness 5-milimeter diameter cutaneous wounds were induced on the dorsal area of their neck of them. Then they were classified into 3 groups, control (Eucerin ointment), SOO2% (Eucerin ointment containing EOO 2%), and SOO 4% (Eucerin ointment containing SOO4%). Every day the wound surface of all groups was covered by the ointment for 14 days. On days 3, 7, and 14 biopsy specimens were dissected out from the wound area and further investigations were induced. Macroscopical observation revealed the faster healing process of the wound area in the treated groups with SOO, specially SOO4%. Moreover, microscopical examinations were supportive of the macroscopic results indicating less inflammation, more neovascularization, more complete re-epithelialization, and more mature granulation tissue production and collagen deposition in the area of wound tissue in SOO-treated animals, specially SOO 4%.

We can conclude that the administration of *Salvia officinalis* essential oil can be effective in wound healing and accelerate its process.

Keywords: . *Salvia officinalis*, Pigeon, Wound, skin, Histopathology

چکیده

گیاه مریم گلی دارای خواص ضد باکتریایی، آنتی اکسیدانی و ضد التهابی می باشد. این مطالعه با هدف بررسی اثرات درمانی پماد حاوی اسانس مریم گلی (SO) بر زخم تجربی تمام ضخامت کبوتر انجام شد. بدین منظور از ۱۸ کبوتر سالم استفاده شد

و دو زخم پوستی تمام ضخامت به قطر ۵ میلی متر در ناحیه پشتی گردن آنها ایجاد شد. سپس به ۳ گروه کنترل (پماد اوسرین)، گروه تیمار با SOO ۲٪ (پماد اوسرین حاوی SOO ۲٪) و گروه SOO ۴٪ (پماد اوسرین حاوی SOO ۴٪) تقسیم شدند. هر روز سطح زخم تمام گروه‌ها به مدت ۱۴ روز با پماد پوشانده شد. در روزهای ۳، ۷ و ۱۴ نمونه بیوپسی از ناحیه زخم جدا شد و مطالعات بیشتر روی آن‌ها انجام شد. مشاهدات ماکروسکوپی روند بهبود سریع‌تر ناحیه زخم را در گروه‌های تحت درمان با SOO، به‌ویژه SOO ۴٪ نشان داد. علاوه بر این، بررسی‌های میکروسکوپی از نتایج ماکروسکوپی حمایت می‌کنند که نشان‌دهنده التهاب کمتر، نفوواسکولاریزاسیون بیشتر، اپیتلیال‌سازی مجدد کامل‌تر، و تولید بافت گرانوله بالغ‌تر و رسوب کلاژن در ناحیه بافت زخم در حیوانات تحت درمان با SOO بود، به‌ویژه SOO ۴٪. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تجویز SOO در ناحیه زخم می‌تواند در بهبود زخم و تسریع روند آن موثر باشد.

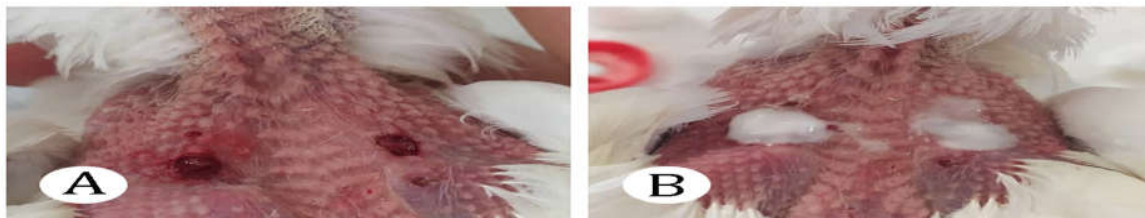
واژه‌های کلیدی: مریم گلی، کیوتر، زخم، پوست، هیستوپاتولوژی

۱- مقدمه

پوست کلید بقای انسان و دام است. از وظایف آن می‌توان به درک و دریافت محیط، ایجاد خون‌بندی فیزیکی، شیمیایی و حرارتی، منبعی از مواد مغذی ضروری، و پاسخ فعال و غیر فعال به آسیب‌های پوستی اشاره کرد (۱). حفظ این عملکردهای حیاتی مستلزم وجود مکانیسم‌های موثر جهت محافظت از آن در برابر انواع آسیب‌ها است؛ به این معنی که با تخریب و از دست رفتن اعمال حیاتی پوست امکان ترمیم و جایگزینی آن وجود داشته باشد (۲) زخم به عنوان گسستگی در ساختار بافت‌های نرم تعریف شده که منجر به از بین رفتن پیوستگی آن بافت می‌شود (۳). التیام زخم‌های پوستی، فرآیندی است که طی آن پوست آسیب دیده توسط جراحی، تروما و سوختگی، خود را ترمیم نماید (۴). ترمیم زخم پوستی یک فرآیند فیزیولوژیک است به منظور نوسازی بافت که شامل مراحل مختلف کاتابولیک و آنابولیک است (۵). این پروسه بیولوژیکی را می‌توان به چهار مرحله متوالی تقسیم نمود. اولین مرحله هموستاز است که در زمان آسیب به مدت یک ساعت رخ می‌دهد، دومین مرحله ایجاد التهاب است که مدت کوتاهی بعد از هموستاز به مدت ۲۴ تا ۷۲ ساعت بعد از آسیب شروع می‌شود و طی این مرحله سلول‌های بافت آسیب دیده، مویرگ‌ها، پلاکت‌های خونی و سیتوکین‌ها فعال می‌شوند، سومین مرحله پرولیفراسیون است که ۱ تا ۳ هفته پس از آسیب رخ می‌دهد و چهارمین مرحله بازسازی یا شکل‌گیری کلاژن است که ۳ هفته پس از آسیب آغاز می‌گردد و طی این مرحله بلوغ کامل بافتی یا اسکار ایجاد می‌شود (۶). فاز التهابی طولانی مدت منجر به ایجاد اسکار زیاد و عدم التیام زخم خواهد شد (۷). سایتوکاین‌های التهابی متعددی در روند ترمیم زخم دخالت دارند و مراحل اولیه بهبود زخم را مدیریت می‌کنند. اینترلوکین ۶ در موش، طی فرآیند التیام به طور خاص در مراحل اولیه التهاب و پاسخ‌های التهابی نقش دارد (۸). فاکتور نکروز توموری آلفا به عنوان یک سایتوکین التهابی، در مراحل ابتدایی التهاب شرکت دارد، در حالی که اینترلوکین ۱بتا سلول‌های نوتروفیل را به سوی محل عفونت هدایت خواهد کرد (۹). یکی دیگر از فاکتورهای موثر در روند ترمیم زخم پوست، سیکلین دی است که واسطه انتقال چرخه سلولی به مرحله جی ۱ خواهد بود به نحوی که چرخه سلولی را با پیشرفت سریعتر به سمت مرحله جی ۱ در حین تکثیر و تزاید سلولی هدایت خواهد کرد. علاوه بر این قادر است تکثیر و تزاید سلول‌ها را کنترل کند (۱۰). بی سل لنفوما ۲ با مهار مرگ سلولی و حفظ نفوذ پذیری غشای میتوکندری منجر به تقویت تقسیم سلولی خواهد شد (۱۱). در مراحل اولیه جراحی پوست غلظت بالای فاکتور رشد فیبروبلاست ۲ در مایع بافت زخم، قابل مشاهده است (۱۲). از دیگر عوامل موثر فاکتور رشد اندوتلیال عروقی است که در عروق‌زایی، مهاجرت سلولی و تکثیر سلول‌های اندوتلیال نقش دارد. بررسی مقالات نشان می‌دهد اسانس طبیعی برخی از گیاهان با خواص آنتی‌باکتریال و آنتی‌اکسیدانی می‌تواند به عنوان یک کاندیدای مناسب برای تسریع بهبود زخم استفاده شود (۴ و ۵). گیاه مریم گلی با نام علمی *Salvia officinalis* گیاهی بوته‌ای، از تیره نعناع به ارتفاع ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر و دارای ظاهر پرپشت است که به حالت خودرو در اماکن خشک یا سنگلاخی و دامنه‌های بایر غالب نواحی آسیا و شمال آفریقا می‌روید. برگ گیاه دارای اسانس، تانن و ماده‌های تلخ است. این گیاه با ارزش‌ترین نوع دارویی تیره نعناع و دارای اختصاصات درمانی مهمی است. برگ آن به علت دارا

بودن اسانس و تانن مقوی است (۱۳). گیاه مریم گلی دارای ترکیبات مختلف شیمیایی از قبیل *cis-thujone*, *Camphor*، *trans-thujone* و *cineole*-۱,۸ می باشد. فعالیت ضد التهابی این گیاه به وجود اسید اورسولیک نسبت داده شده است (۱۴). همچنین مطالعات گذشته نشان داده که کاربرد موضعی انواع پمادهای حاصل از این گیاه قادر به درمان زخم‌های التیام نیافته و زخم‌های دیابتی هستند و خواص ضد میکروبی و پتانسیل آنتی‌اکسیدانی آن در درمان بیماری‌های عفونی که توسط میکوباکتریوم توپرکلوزیس و آسینتوباکتر بومانی آلوده شده بودند مفید بود (۱۵ و ۱۶). علاوه بر این گیاه فوق دارای خاصیت تسهیل کننده هضم، مدر، ضد تشنج، تب بر و کاهش دهنده مقدار قند خون است. استعمال مریم گلی در درمان بیماری‌های نقرس، رماتیسم مزمن، آلزایمر، سرگیجه‌های عصبی، سردردهای با منشأ عصبی یا ناشی از سوء هاضمه، سرماخوردگی و دردهای ناحیه شکمی اثرات نافع دارد (۱۴). به دلیل خواص بر شمرده شده از این گیاه دارویی و عدم اطلاعات کافی در زمینه ترمیم زخم پوستی در کبوتر توسط این گیاه، در مطالعه پیش رو بر آن شدیم تا مطالعه هیستوپاتولوژیک اثرات التیامی اسانس مریم گلی در زخم تجربی پوست در کبوتر را مورد ارزیابی قرار دهیم.

۲- مواد و روش انجام کار

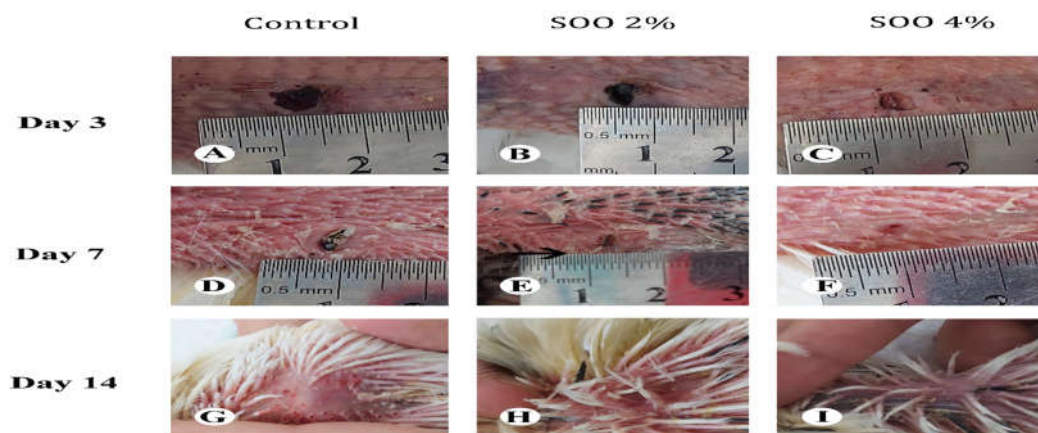


تصویر شماره ۱- القا زخم در ناحیه پشت گردن کبوتر (A) و پوشاندن کامل سطح زخم با یک لایه نازک از پماد (B)

تعداد ۱۸ کبوتر اهلی، پس از معاینه بالینی و اطمینان از سلامت، خریداری شده، دسترسی به آب و غذای استاندارد به صورت آزاد برای تمام کبوتران مهیا بود. از اوسرین به عنوان پماد پایه استفاده شد و غلظت‌های ۲ و ۴ درصد از اسانس گیاه مریم گلی توسط آن تهیه شد. برای القای زخم در ناحیه پشت گردن ابتدا پرنده‌ها توسط تزریق عضلانی ترکیب کتامین (۲۵ میلی‌گرم / کیلوگرم) و دیازپام (۰/۵ میلی‌گرم / کیلوگرم) بی‌هوش شده و ناحیه مورد نظر پرکنی و به روش جراحی اسکراب شد. سپس توسط یک عدد پانچ بیوپسی استریل به قطر ۵ میلی‌متر دو زخم در طرفین ناحیه گردن پرنده به طور تمام ضخامت ایجاد شد. در این مرحله پوست کاملاً از محل مورد نظر جدا شد و سپس پرنده‌ها از نظر خونریزی در محل زخم کنترل و به طور تصادفی به ۳ گروه ۶ تایی تقسیم شدند. پمادها با ترکیب اوسرین با اسانس مریم گلی تجاری (شرکت لاوندر) بر روی دستگاه شیکر اتوماتیک کاملاً یکنواخت شد و پمادهای حاوی اسانس ۲٪ و ۴٪ از آن‌ها تهیه شد. گروه‌ها شامل: (۱) گروه کنترل مثبت (درمان با اوسرین)، (۲) گروه درمان با اسانس ۲٪ گیاه مریم گلی (۳) گروه درمان با اسانس ۴٪ گیاه مریم گلی بود. روزانه ناحیه زخم با پمادهای مورد نظر کاملاً پوشانده می‌شد (تصویر ۱). نهایتاً هر پرنده به طور جداگانه در قفس قرار داده شد. این تیمار درمانی هر روز به مدت ۱۴ روز انجام شد و در روزهای ۳، ۷ و ۱۴ از هر گروه دو پرنده به طور تصادفی انتخاب شده و نمونه برداری از آنها با القای بی‌هوشی صورت گرفت. نمونه‌های بیوپسی پوست تهیه شده به داخل فرمالین ۱۰ درصد بافری منتقل شد و پس از تثبیت و قالب‌گیری نمونه‌های بافتی در پارافین، مقاطعی به ضخامت ۷ میکرون توسط میکروتوم تهیه و به روش هماتوکسلین- ائوزین رنگ آمیزی شد.

۳- نتیجه گیری

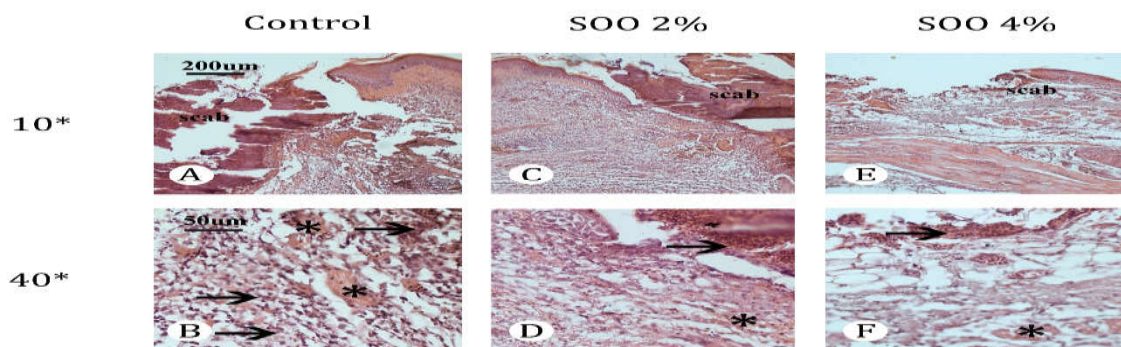
الف- نتایج حاصل از بررسی ماکروسکوپی زخم‌ها در گروه‌های مورد آزمایش: تصاویر ماکروسکوپی زخم‌های ایجاد شده توسط پانچ در پوست ناحیه پشت گردن کیوترها در روزهای ۳، ۷ و ۱۴ در تصویر شماره ۲ مشاهده می‌شود. بررسی این تصاویر نشان‌دهنده ترمیم سریع تر زخم‌های القا شده در گروه‌های درمان با اسانس مریم گلی (EOO) در روزهای ۳ و ۷ می‌باشد. این تسریع در ترمیم زخم در گروه درمان با EOO ۴٪ بیشتر از گروه دریافت کننده EOO ۲٪ بود. در روز ۱۴ بعد از القا زخم تمامی زخم‌ها کاملاً ترمیم یافته و اپیتلیوم کامل سطح زخم‌ها را پوشانده بود ولی میزان انقباض زخم در گروه‌های درمان با SOO بیشتر از گروه کنترل بود، بطوریکه ناحیه زخم ترمیم شده در گروه‌های درمان با اسانس به صورت ماکروسکوپی قابل تشخیص نبود (تصویر شماره ۲).



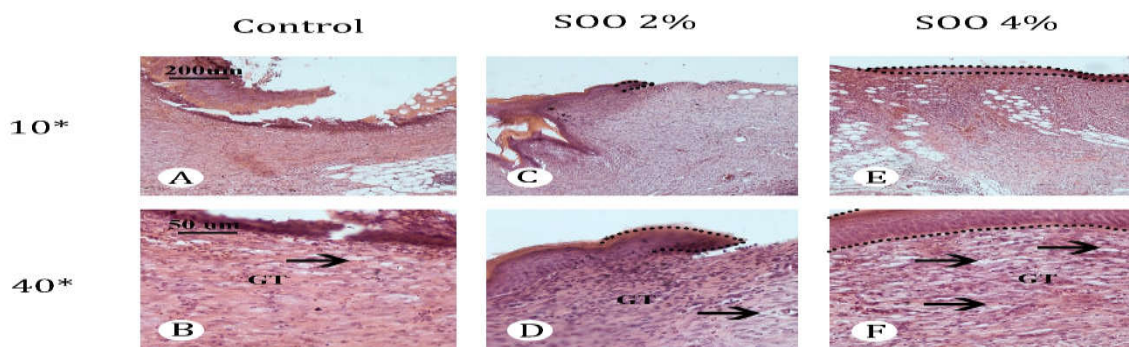
تصویر شماره ۲: تصاویر گراس زخم‌های تجربی در ناحیه پشت گردن کیوتر در روز ۳، ۷ و ۱۴ در گروه بدون درمان و درمان با اسانس مریم گلی (SOO) با دو دوز ۲ و ۴ درصد (کنترل A، اسانس مریم گلی ۲٪ B، عصاره اسانس مریم گلی ۴٪ C)، روز ۷ (کنترل D، اسانس مریم گلی ۲٪ E، اسانس مریم گلی ۴٪ F)، روز ۱۴ (کنترل G، اسانس مریم گلی ۲٪ H، اسانس مریم گلی ۴٪ I) پس از القا زخم.

ب- نتایج حاصل از بررسی میکروسکوپی زخم‌ها در گروه‌های مورد آزمایش: مقاطع تهیه شده از زخم‌های در حال ترمیم در روزهای ۳، ۷ و ۱۴ پس از القا زخم، مورد مطالعه ریز بینی قرار گرفت و نتایج بدست آمده در تصاویر ۳، ۴ و ۵ ارائه شده است. مطالعه میکروسکوپی اسلایدهای تهیه شده از ناحیه زخم در روز ۳ پس از القا زخم نشان دهنده تشکیل دلمه (scab) در سطح زخم می‌باشد. همچنین نفوذ سلول‌های التهابی و پرخونی در ناحیه قابل مشاهده بود. میزان التهابی و پرخونی در گروه‌های درمان با اسانس در مقایسه با گروه کنترل به میزان کمتری مشاهده می‌شد و این میزان کاهش در گروه درمان با EOO ۴٪ نسبت به گروه درمان با EOO ۲٪ بیشتر بود. (تصویر ۳). نتایج حاصل از بررسی میکروگراف‌های تهیه شده از نمونه‌های روز ۷ پس از القا زخم (تصویر ۴) نشان دهنده تشکیل بافت جوانه‌ای قابل توجه در ناحیه زخم شده بود. نوزایش عروقی (neovascularization) در داخل بافت جوانه‌ای در تمامی گروه‌ها مشاهده شد که تعداد مقاطع عروقی جدید در گروه درمان با EOO ۴٪ نسبت به گروه‌های درمانی دیگر بیشتر بود. همچنین سطح زخم در گروه‌های درمان با اسانس EOO دوباره اپیتلیالیزه شده بودند ولی در گروه کنترل میزان اپیتلیالیزه شدن مجدد (re-epithelialization) بسیار پایین بود. همچنین اپیتلیالیزه شدن مجدد در گروه درمان با EOO ۴٪ نسبت به EOO ۲٪ رشد بیشتری داشت (تصویر ۴). بررسی

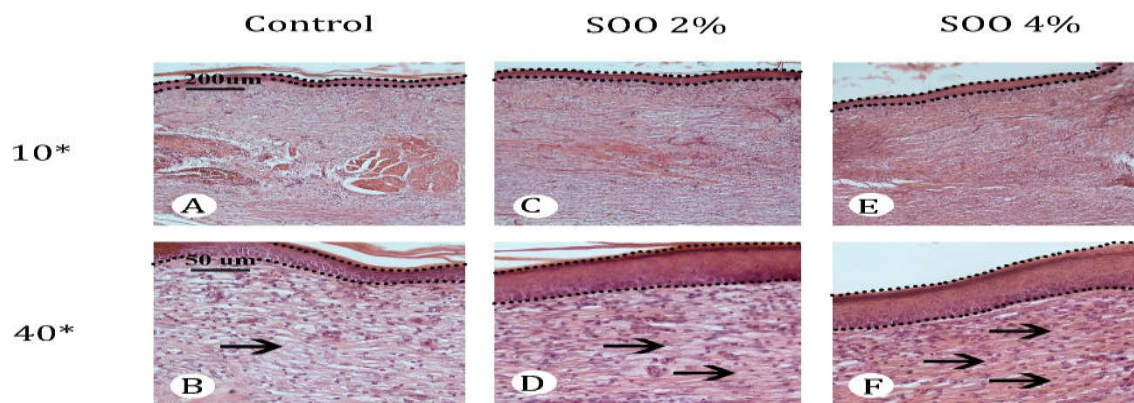
میکروگراف‌های مربوط به نمونه زخم ترمیم شده در روز ۱۴ پس از القا زخم در گروه‌های کنترل و درمانی در تصاویر ۵ نشان داده شده است. اپیتلیالیزاسیون مجدد در تمامی گروه‌ها به طور کامل انجام شده است اما در گروه درمان با EOO ۴٪ و ۲٪ بافت پوششی تشکیل شده بر سطح بافت جوانه‌ای ضخیم‌تر از گروه کنترل ایجاد بود. همچنین میزان بافت همبندی و نیز بلوغ آن در روز ۱۴ افزایش یافته است و این افزایش در گروه‌های درمان با EOO ۲ و ۴٪ نسبت به گروه کنترل قابل توجه‌تر می‌باشد به طوری که بافت همبند تشکیل شده در ناحیه کاملاً انقباض یافته و کوچک شده بود (تصویر ۵).



تصویر شماره ۳: میکروگراف‌های مربوط به مقاطع زخم پوستی تجربی در روز سوم بعد از القا زخم در گروه کنترل (A): بزرگنمایی ۱۰۰× و (B: بزرگنمایی ۴۰۰×)، گروه درمان با اسانس ۲٪ مریم گلی (SOO2%) (C): بزرگنمایی ۱۰۰× و (D: بزرگنمایی ۴۰۰×)، گروه درمان با اسانس ۴٪ مریم گلی (SOO4%) (E): بزرگنمایی ۱۰۰× و (F: بزرگنمایی ۴۰۰×) تشکیل دلمه (scab) بر سطح زخم و نفوذ فراوان سلول‌های التهابی (فلش) و پرخونی (*) در گروه کنترل که در گروه‌های درمانی با اسانس مریم گلی کاهش یافته است. رنگ آمیزی هماتوکسیلین و اتوزین (H & E)



تصویر شماره ۴- میکروگراف‌های مربوط به مقاطع زخم پوستی تجربی در روز هفتم بعد از القا زخم در گروه کنترل (A): بزرگنمایی ۱۰۰× و (B: بزرگنمایی ۴۰۰×)، گروه درمان با اسانس ۲٪ مریم گلی (SOO2%) (C): بزرگنمایی ۱۰۰× و (D: بزرگنمایی ۴۰۰×)، گروه درمان با اسانس ۴٪ مریم گلی (SOO4%) (E): بزرگنمایی ۱۰۰× و (F: بزرگنمایی ۴۰۰×) تشکیل بافت جوانه‌ای به میزان قابل توجه در تمامی گروه‌ها (GT). مشاهده میزان بالای عروق زائی در بافت جوانه‌ای با شدت بالا در گروه درمان با اسانس ۴٪ (فلش)، اپیتلیالیزاسیون مجدد (خط چین) در گروه‌های درمانی به ویژه درمان با دوز ۴٪ SOO مشاهده می‌شود. بافت جوانه‌ای (Granulation Tissue). رنگ آمیزی هماتوکسیلین و اتوزین (H & E)



تصویر شماره ۵: میکروگراف های مربوط به مقاطع زخم پوستی تجربی در روز چهاردهم بعد از القا زخم در گروه کنترل (A): بزرگنمایی ۱۰۰× و B: بزرگنمایی ۴۰۰×، گروه درمان با اسانس ۲٪ مریم گلی (SOO2%) (C): بزرگنمایی ۱۰۰× و D: بزرگنمایی ۴۰۰×، گروه درمان با اسانس ۴٪ مریم گلی (SOO4%) (E): بزرگنمایی ۱۰۰× و F: بزرگنمایی ۴۰۰×). بافت پوششی کامل بر سطح بافت جوانه ای در تمامی گروه ای درمانی تشکیل شده است که در گروه های درمان با اسانس مریم گلی ضخیمتر می باشد (خط چین). افزایش مقدار و ضخامت رشته های بافت همبند در بافت جوانه ای که در گروه های درمان با اسانس بیشتر می باشد (فلش). رنگ آمیزی هماتوکسیلین و ائوزین (H & E) نتیجه گیری کلی:

می توان چنین نتیجه گرفت که درمان با اسانس گیاه مریم گلی از طریق کاهش میزان التهاب، افزایش نوزایی عروقی و تسریع در اپیتلیالیزه شدن مجدد سبب بهبود و تسریع روند ترمیم زخم می شوند و این روند با افزایش غلظت اسانس از ۲٪ به ۴٪ بیشتر می شود. شاید بتوان این تاثیر را به خاصیت آنتی اکسیدانتی، ضد التهابی و ضد میکروبی این اسانس ارتباط داد.

مراجع

- Xu R, Luo G, Xia H, He W, Zhao J, Liu B, Tan J, Zhou J, Liu D, Wang Y, Yao Z. Novel bilayer wound dressing composed of silicone rubber with particular micropores enhanced wound re-epithelialization and contraction. *Biomaterials*. 2015 Feb 1;40:1-1.
- Talbott JH. A short history of medicine. *JAMA*. 1962 Jun 2;180(9):794.
- Atiyeh BS, Ioannovich J, Al-Amm CA, El-Musa KA. Management of acute and chronic open wounds: the importance of moist environment in optimal wound healing. *Current pharmaceutical biotechnology*. 2002 Sep 1;3(3):179-95.
- Ghahary A, Ghaffari A. Role of keratinocyte-fibroblast cross-talk in development of hypertrophic scar. *Wound Repair and Regeneration*. 2007 Sep;15:S46-53.
- Manzuoerh R, Farahpour MR, Oryan A, Sonboli A. Effectiveness of topical administration of Anethum graveolens essential oil on MRSA-infected wounds. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2019 Jan 1;109:1650-8.
- Strodtback F.(2001). Physiology of woung healing. *Newborn and Infant Nursing Reviews*, 1(1):pp43-52.
- Modarresi M, Farahpour MR, Baradaran B. Topical application of Mentha piperita essential oil accelerates wound healing in infected mice model. *Inflammopharmacology*. 2019 Jun 1;27:531-7.
- Kopf M, Baumann H, Freer G, Freudenberg M, Lamers M, Kishimoto T, Zinkernagel R, Bluethmann H, Köhler G. Impaired immune and acute-phase responses in interleukin-6-deficient mice. *Nature*. 1994 Mar 24;368(6469):339-42.
- Eo H, Lee HJ, Lim Y. Ameliorative effect of dietary genistein on diabetes induced hyper-inflammation and oxidative stress during early stage of wound healing in alloxan induced diabetic mice. *Biochemical and biophysical research communications*. 2016 Sep 23;478(3):1021-7.

10. Matsushime H, Roussel MF, Ashmun RA, Sherr CJ. Colony-stimulating factor 1 regulates novel cyclins during the G1 phase of the cell cycle. *Cell*. 1991 May 17;65(4):701-13.
11. Lei K, Davis RJ. JNK phosphorylation of Bim-related members of the Bcl2 family induces Bax-dependent apoptosis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2003 Mar 4;100(5):2432-7.
12. Grayson LS, Hansbrough JF, Zapata-Sirvent RL, Dore CA, Morgan JL, Nicolson MA. Quantitation of cytokine levels in skin graft donor site wound fluid. *Burns*. 1993 Oct 1;19(5):401-5.
۱۳. عیدی، اکرم، عیدی، بدیعی. بررسی اثر ضددردی اسانس برگ گیاه مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) با استفاده از آزمایش فرمالین در موش کوچک آزمایشگاهی نر بالغ. فصلنامه علمی پژوهشی گیاهان دارویی. ۲۰۰۸. 9-94:7(28):10-Nov.
14. Baricevic D, Sosa S, Della Loggia R, Tubaro A, Simonovska B, Krasna A, Zupancic A. Topical anti-inflammatory activity of *Salvia officinalis* L. leaves: the relevance of ursolic acid. *Journal of ethnopharmacology*. 2001 May 1;75(2-3):125-32.
15. Karimzadeh, S., & Farahpour, M. R. (2017). Topical application of *Salvia officinalis* hydroethanolic leaf extract improves wound healing process.
16. Güzel S, Özay Y, Kumaş M, Uzun C, Özkorkmaz EG, Yıldırım Z, Ülger M, Güler G, Çelik A, Çamlıca Y, Kahraman A. Wound healing properties, antimicrobial and antioxidant activities of *Salvia kronenburgii* Rech. f. and *Salvia euphratica* Montbret, Aucher & Rech. f. var. *euphratica* on excision and incision wound models in diabetic rats. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2019 Mar 1;111:1260-76.

تحلیل عملکرد حرارتی حفره ذوزنقه‌ای با سطح موج دار حاوی نانوسیال هیبریدی در حضور میدان مغناطیسی

نوید عالی پورا^{۱*}، بهرام جعفری^۱، خشایار حسین زاده^۲

۱- دانشکده مهندسی فناوری‌های نوین، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، آمل، ایران

۲- گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: n.alipour@ausmt.ac.ir

Thermal Performance Analysis of Trapezoidal Cavity with Wavy Surface Containing Hybrid Nanofluid in the Presence of a Magnetic Field

Navid Alipour^{1*}, Bahram Jafari¹, Kh. Hosseinzadeh²

1- Faculty of Engineering Modern Technologies, Amol University of Special Modern Technologies (AUSMT), Amol, Iran

2- Department of Mechanical Engineering, Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran

*Corresponding author: n.alipour@ausmt.ac.ir

ABSTRACT

Enhancing thermal efficiency and preventing heat loss are crucial in energy conversion systems, particularly in newly developed and intricate products that intensify this necessity. Thus, to address this challenge, a trapezoidal cavity with a wavy upper wall containing water/ethylene glycol GO-Al₂O₃ nanofluid is simulated using Galerkin finite element method. The research examines the impact of the number of waves on the upper wall of the chamber, while taking into account physical parameters such as porosity (ϵ), thermal radiation (R_d), magnetic field angle (α), Rayleigh number (Ra) and Hartmann number (Ha), in specific ratios. The findings suggest that the absence of a magnetic field leads to a more efficient fluid flow and heat transfer inside the enclosure, as determined by the applied boundary conditions. Therefore, the primary objective of this study, which is to develop an optimal design, is achieved by improving the thermal performance.

Key words: Composite Nanofluid, Wavy Trapezoidal Cavity, Porous Medium, Heat Transfer

چکیده

افزایش راندمان حرارتی و جلوگیری از اتلاف حرارت در سیستم‌های تبدیل انرژی، به ویژه در محصولات جدید و پیچیده‌ای که این ضرورت را تشدید می‌کنند، بسیار مهم است. بنابراین، برای پرداختن به این چالش، یک حفره ذوزنقه‌ای با دیواره بالایی موج‌دار حاوی نانوسیال آب/اتیلن گلیکول GO-Al₂O₃ با استفاده از روش المان محدود گالرکین شبیه‌سازی شده است. این تحقیق با در نظر گرفتن پارامترهای فیزیکی مانند تخلخل (ϵ)، تابش حرارتی (R_d)، زاویه میدان مغناطیسی (α)، عدد رایلی (Ra)، عدد هارتمن (Ha) و تاثیر تعداد امواج

بر روی دیواره بالایی محفظه را در نسبت های مشخص بررسی می‌کند. یافته ها نشان می‌دهد که عدم وجود میدان مغناطیسی منجر به جریان سیال کارآمدتر و انتقال حرارت بیشتر در داخل محفظه می‌شود، همانطور که توسط شرایط مرزی اعمال شده تعیین می‌شود. بنابراین، هدف اصلی این مطالعه، که توسعه یک طراحی بهینه است، با بهبود عملکرد حرارتی به دست می‌آید.

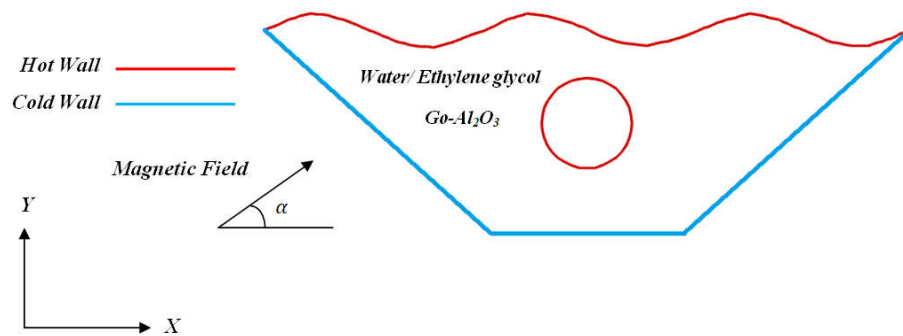
واژه‌های کلیدی: نانوسیال ترکیبی، حفره ی دوزنقه ای موجدار، محیط متخلخل، انتقال حرارت

۱- مقدمه

تحلیل همرفت طبیعی و جریان سیال در حفره هایی با اشکال مختلف یکی از موضوعات مهم و پرکاربرد در مهندسی و صنعت است. بررسی مطالعات انجام شده در این زمینه نشان می‌دهد که شکل پیکربندی های مختلف مانند حفره های مثلثی، مربعی، دوزنقه ای و غیره بر انتقال حرارت، جریان سیال و اتلاف انرژی تأثیر می‌گذارد. برای کاهش مقدار انرژی از دست رفته در یک محفظه دوزنقه ای پر از نانوسیال و آب، جریان ترکیبی آب و همرفت، انتقال حرارت و همچنین میدان مغناطیسی توسط موندال و ماهاپاترا [۱] مورد مطالعه قرار گرفت. علاوه بر این، آنها به این نتیجه رسیدند که یک محفظه مستطیلی با ابعاد کوچک و میدان مغناطیسی کم به طور موثر آنتروپی کل را کاهش می‌دهد. یوسف و عثمان [۲] همرفت طبیعی را در یک حفره مربعی در فضایی دو بعدی با ناهمواری روی دیوار عمودی به دقت بررسی کردند. زبری سینوسی به طور قابل توجهی بر رفتار حرارتی و هیدرودینامیک سیال مورد نظر تأثیر می‌گذارد. بیشترین کاهش در انتقال حرارت ۲۸ درصد محاسبه شد. بارنون و همکاران [۳] همرفت طبیعی را در یک حفره با یک نانوسیال غیر نیوتنی شامل دو استوانه در داخل آن تحت تابش حرارتی و بدون آن بررسی کرد. با توجه به شبیه سازی های انجام شده در شرایط مختلف، تغییر زاویه حفره می‌تواند در انتقال حرارت موثر باشد. همچنین افزایش اندازه سیلندرها با توجه به زاویه حفره می‌تواند باعث کاهش یا افزایش انتقال حرارت شود. قلمباز و همکاران [۴] اثرات فرو-هیدرودینامیکی و مغناطیسی-هیدرودینامیکی داخل یک محفظه شش ضلعی را با استفاده از نانوسیالات مختلف در یک میدان مغناطیسی غیریکنواخت ارزیابی کرد. بر اساس نتایج، با افزایش عدد مغناطیسی، سرعت انتقال گرما و جرم افزایش می‌یابد، در حالی که افزایش نیروی لورنتس سرعت انتقال حرارت را کاهش می‌دهد. با توجه به بررسی متون، تحلیل انتقال حرارت طبیعی و جریان سیال در حضور میدان مغناطیسی در حفره‌هایی با هندسه‌های مختلف در چندین مقاله بررسی شده است. با توجه به کاربردهای مختلف انتقال حرارت طبیعی در حفره های حاوی سیال در مهندسی و صنعت به ویژه کلکتورهای خورشیدی، مطالعه ای با رویکردی جدید در این زمینه انجام شد. نوآوری این مطالعه طراحی یک هندسه منحصر به فرد است که هنوز مورد مطالعه قرار نگرفته است و با طراحی عملی کلکتورهای خورشیدی با توجه به شرایط مرزی انتخاب شده در هندسه قابل مقایسه است. بسیاری از سیستم ها و دستگاه های مهندسی و صنعتی، از جمله کلکتورهای خورشیدی، خشک کن های خورشیدی، سیستم های ذخیره انرژی حرارتی، مبدل های حرارتی و غیره می‌توانند از درک طراحی و عملکرد مطالعه حاضر بهره مند شوند. این حفره متخلخل و حاوی اتیلن گلیکول بر پایه آب است و برای حل معادلات حاکم از روش GFEM استفاده می‌شود.

۲- شرح مسئله و معادلات حاکم

در این مطالعه، یک حفره دوزنقه ای با دیواره بالایی موج دار و یک منبع گرم استوانه ای داخلی در نظر گرفته شده است. (شکل ۱) حفره مورد مطالعه حاوی نانوسیال هیبریدی اتیلن گلیکول مبتنی بر آب $Go_Al_2O_3$ است. از قانون داریسی برای مدل سازی محیط متخلخل استفاده شده است و معادلات ناویر-استوکس و معادله بقای جرم مسائل مربوط به سیالات را حل می‌کند. معادلات پیوستگی و تکانه (معادل ۱-۳) در زیر برای کنترل جریان سیال حاوی یک نانوسیال هیبریدی در حوزه مرزی تعریف شده و برای بررسی رفتار آن در حالت دو بعدی نشان داده شده است.



شکل ۱: هندسه و شرایط مرزی

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\mu_{nf}}{K} u - \sigma_{hnf} B_0^2 [v(\sin \gamma)(\cos \gamma) - u(\sin \gamma)^2] = -\frac{\partial p}{\partial x} \quad (2)$$

$$\frac{\mu_{nf}}{K} v - \sigma_{hnf} B_0^2 [u(\sin \gamma)(\cos \gamma) - v(\cos \gamma)^2] = -\frac{\partial p}{\partial y} + g(\rho\beta)_{hnf} (T - T_c) \quad (3)$$

در این مطالعه، خواص ترموفیزیکی نانوسیال هیبریدی با استفاده از معادلات مرتبط محاسبه شد:

$$\rho_{hnf} = \rho_f (1 - \phi_2) \left((1 - \phi_1) + \phi_1 \left(\frac{\rho_{s1}}{\rho_f} \right) \right) + \phi_2 \rho_{s2} \quad (4)$$

$$(\rho\beta)_{hnf} = (\rho\beta)_f (1 - \phi_2) \left((1 - \phi_1) + \phi_1 \left(\frac{(\rho\beta)_{s1}}{(\rho\beta)_f} \right) \right) + \phi_2 (\rho\beta)_{s2} \quad (5)$$

$$(\rho c_p)_{hnf} = (\rho c_p)_f (1 - \phi_2) \left((1 - \phi_1) + \phi_1 \left(\frac{(\rho c_p)_{s1}}{(\rho c_p)_f} \right) \right) + \phi_2 (\rho c_p)_{s2} \quad (6)$$

در نتیجه، شکل نهایی معادلات بدون بعد در معادله ۷ و ۸ ارائه شده است. پارامترهای فیزیکی بدون بعد در معادلات وارد شده و از این معادلات به دست آمده برای انجام شبیه سازی استفاده می شود:

$$(7)$$

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial Y^2} = -\frac{A_6}{A_5} Ha \left[\frac{\partial^2 \Psi}{\partial Y^2} (\sin^2 \gamma) + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial X^2} (\cos^2 \gamma) + 2 \frac{\partial^2 \Psi}{\partial X \partial Y} (\sin \gamma)(\cos \gamma) \right] - \frac{A_3 A_2}{A_4 A_5} \frac{\partial \theta}{\partial X} Ra$$

$$\varepsilon \left(\left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial X^2} \right) + \left(1 + \frac{4}{3} \left(\frac{k_f}{k_{hnf}} \right) Rd \right) \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial Y^2} \right) \right) = -\frac{\partial \theta}{\partial Y} \frac{\partial \Psi}{\partial X} + \frac{\partial \Psi}{\partial Y} \frac{\partial \theta}{\partial X} \quad (8)$$

پارامترهای ثابت در معادلات فوق به صورت زیر مشخص می‌شوند:

$$A_1 = \frac{\rho_{hnf}}{\rho_f}, A_2 = \frac{(\rho C_p)_{hnf}}{(\rho C_p)_f}, A_3 = \frac{(\rho \beta)_{hnf}}{(\rho \beta)_f}, A_4 = \frac{k_{hnf}}{k_f}, A_5 = \frac{\mu_{hnf}}{\mu_f}, A_6 = \frac{\sigma_{hnf}}{\sigma_f},$$

$$Ra = \frac{gK (\rho \beta)_f L \Delta T}{\mu_f \alpha_f}, Ha = \frac{\sigma_f K B_0^2}{\mu_f}, \delta_s = \frac{k_{hnf}}{[k_s (1 - \varepsilon)]} \quad (9)$$

شرایط مرزی را می‌توان به صورت زیر در نظر گرفت:

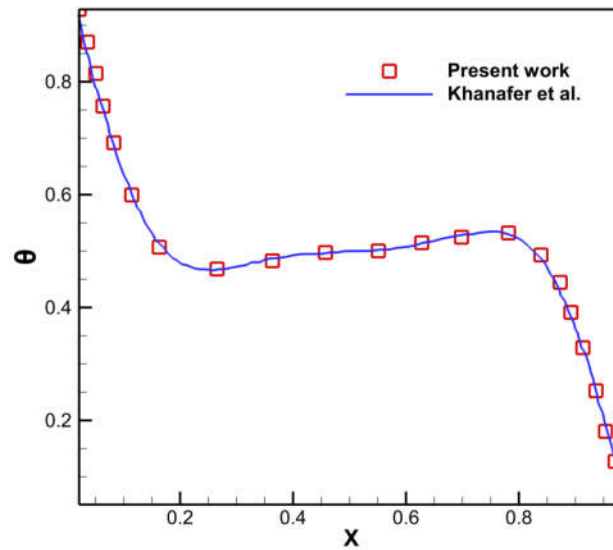
$$\begin{aligned} \Psi &= 0.0 && \text{on all walls} \\ \theta &= 0.0 && \text{on outer wall} \\ \theta &= 1.0 && \text{on inner wall and outer wavy wall} \end{aligned} \quad (10)$$

۳- روش حل عددی

در این تحقیق از روش المان محدود گالرکین برای حل معادلات جریان استفاده شده است. این روش به دلیل استحکام و انعطاف پذیری بالا نتایج قابل اعتمادی را ارائه می‌دهد. شبیه‌سازی‌ها با استفاده از نرم افزار FlexPDE که یک نرم افزار متن باز است، انجام شده است. روش المان محدود مبتنی بر حجم کنترل (CVFEM) نیز یک روش عددی قدرتمند است که روش‌های حجم محدود و اجزای محدود را برای گسسته کردن هندسه‌های پیچیده با فرمول‌بندی منحصر به فرد ترکیب می‌کند. در نهایت، متغیرها به راحتی از نظر شار، قدرت و منابع تحلیل می‌شوند.

۴- اعتبار سنجی

برای ارزیابی دقت روش حل عددی، مقایسه نتایج تحقیق حاضر با نتایج مقالات قبلی ضروری است. بنابراین، شکل ۲ مقایسه‌ای بین این مطالعه و نتایج تحقیق خنافر و همکاران را نشان می‌دهد، واضح است که نتایج هر دو مطالعه با یکدیگر همسو بوده و به خوبی تطبیق دارند، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که خروجی‌های به دست آمده از روش مورد بحث دقیق و پایدار است.

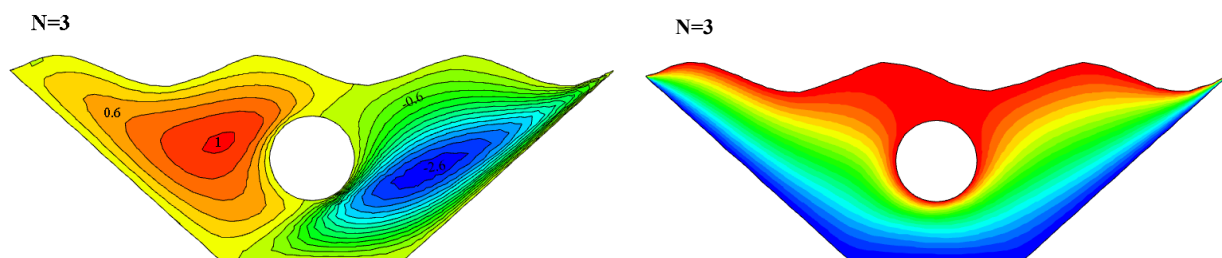
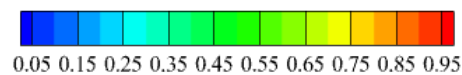


شکل ۲: اعتبار سنجی مطالعه حاضر با خانافر و همکاران.

۵- بحث و نتایج

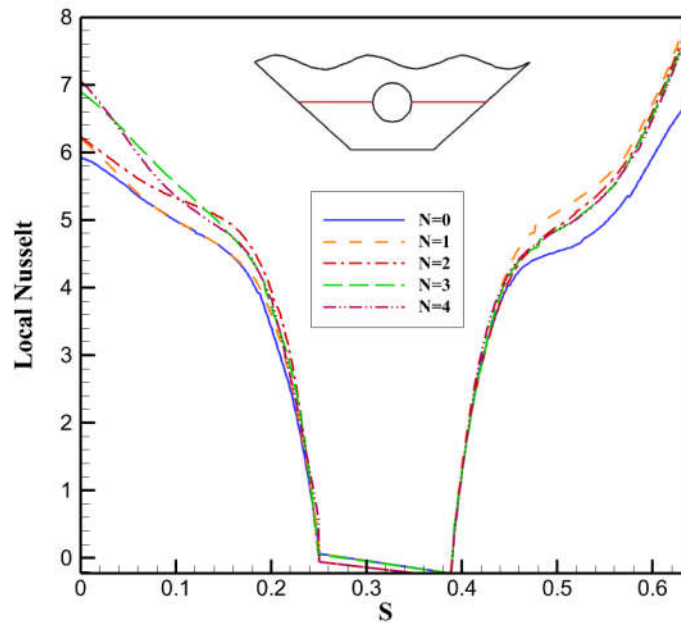
۵-۱ تاثیر تعداد موج‌های دیواره‌ی بالایی حفره

در این مطالعه، تأثیر تعداد موج‌های دیواره‌ی بالایی بر توزیع جریان و ایزوترم‌ها، با توجه به تأثیر عواملی مانند عدد هارتمن، عدد رایلی، تخلخل و زاویه میدان مغناطیسی در شکل ۳ بررسی شده است. با افزایش تعداد موج‌ها، شکل خطوط جریان تغییر می‌کند و بهترین انتقال حرارت و توزیع دما با توجه به خطوط و اطلاعات به دست آمده در تعداد موج‌های $N=3$ اتفاق می‌افتد. همچنین، برای انتخاب هندسه مناسب، عدد ناسلت محلی بر حسب تعداد موج‌ها در شکل ۴ بررسی شده و بالاترین عدد ناسلت محلی مربوط به هندسه با $N=3$ مشخص شده است.



شکل ۳: توابع جریان و ایزوترم برای تعداد موج‌های مختلف (N) در $(\epsilon) = 0.7$ ، $(Ra) = 500$ عدد رایلی،

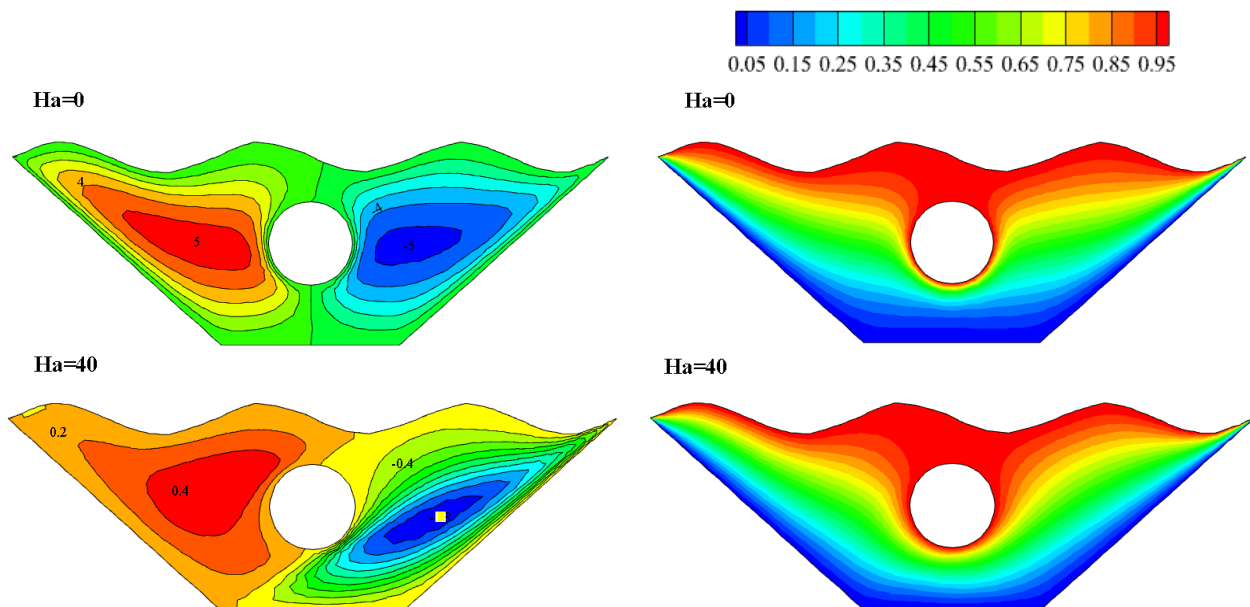
$$(Rd) = 0.5 \text{ تشعشع و زاویه میدان مغناطیسی } (\alpha) = \pi/6$$



شکل ۴: نمودار ناسلت محلی برای تعداد مختلف امواج دیواره

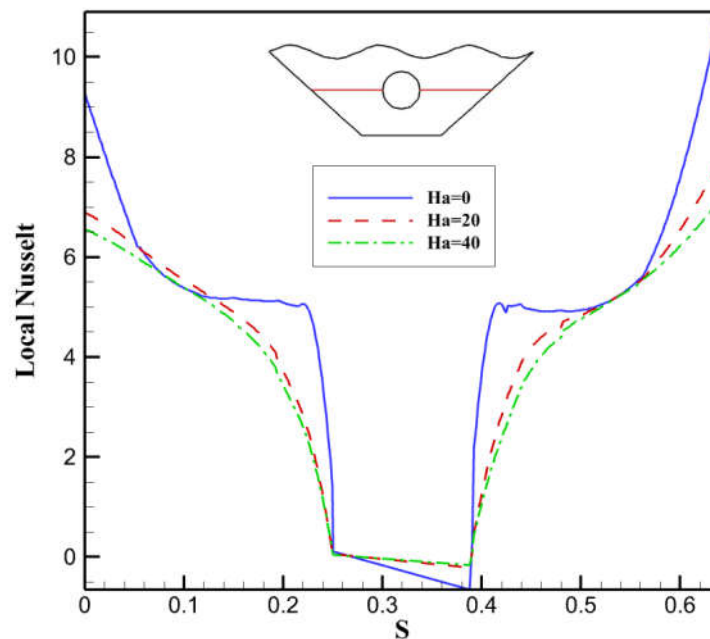
۲-۵ تاثیر اعمال میدان مغناطیسی

این مطالعه اثرات تغییر عدد هارتمن که نشان دهنده ی قدرت میدان مغناطیسی می باشد را بر روی نانوسیال داخل حفره بررسی کرد. همانطور که در شکل ۵ مشاهده میشود، نتایج نشان داد که افزایش عدد هارتمن منجر به گردابه های ضعیف تر، حرکت سیال کندتر و کاهش انتقال حرارت می شود و در مقابل عدم وجود میدان مغناطیسی منجر به انتقال گرمای همرفتی موثرتر می شود. با توجه به شکل ۶ بالاترین عدد ناسلت محلی زمانی بدست آمد که مقدار عدد هارتمن صفر بود.



شکل ۵: توابع جریان و ایزوترم برای مقادیر مختلف اعداد هارتمن (Ha) در $(\epsilon) = 0.7$ تخلخل، $(Ra) = 500$ عدد رایلی،

$$(Rd) = 0.5 \text{ تشعشع و زاویه میدان مغناطیسی } (\alpha) = \pi/6$$



شکل ۶: نمودار ناسلت محلی برای مقادیر مختلف عدد هارتمن

۶- نتیجه‌گیری

با توجه به کاربردهای گسترده این موضوع، هندسه انتخابی مشابه عملکرد یک کلکتور خورشیدی در اینجا در نظر گرفته شد، جایی که سیال داخل با جذب نور خورشید از طریق دیواره موجدار بالایی گرم می‌شود. همرفت طبیعی با توجه به عوامل موثر بر آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. محفظه با تعداد موج $N=3$ برای دیواره بالایی بهترین عملکرد حرارتی را دارد و با اعمال میدان مغناطیسی، با افزایش مقادیر مختلف عدد هارتمن، نیروی لورنتس حاصل افزایش می‌یابد که باعث کاهش حرکت توده‌های سیال می‌شود. بنابراین جریان سیال و انتقال حرارت در داخل محفظه بدون میدان مغناطیسی موثرتر است. باید بر مسیری که این مطالعه در آینده در پیش خواهد گرفت تاکید بیشتری شود. در نتیجه، به لطف تغییرات توپولوژیکی محفظه‌هایی با میدان مغناطیسی مشابه، محیط متخلخل و پارامترهای نانوذره، درک عمیق‌تر و کامل‌تر از طراحی به عنوان یک عامل ورودی امکان‌پذیر است.

مراجع

1. Mondal P, Mahapatra TR. MHD double-diffusive mixed convection and entropy generation of nanofluid in a trapezoidal cavity. *International Journal of Mechanical Sciences*. 2021 Oct 15;208:106665.
2. Yousaf M, Usman S. Natural convection heat transfer in a square cavity with sinusoidal roughness elements. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2015 Nov 1;90:180-90.
3. Barnoon P, Toghraie D, Dehkordi RB, Afrand M. Two phase natural convection and thermal radiation of Non-Newtonian nanofluid in a porous cavity considering inclined cavity and size of inside cylinders. *International Communications in Heat and Mass Transfer*. 2019 Nov 1;108:104285.
4. Ghalambaz M, Sabour M, Sazgara S, Pop I, Trâmbițaș R. Insight into the dynamics of ferrohydrodynamic (FHD) and magnetohydrodynamic (MHD) nanofluids inside a hexagonal cavity in the presence of a non-uniform magnetic field. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 2020 Mar 1;497:166024.

تحلیل عملکرد حرارتی حفره ی دایره ای حاوی نانوسیال ترکیبی سه گانه با توجه به ضریب شکل نانوذرات

نوید عالی پورا^{۱*}، بهرام جعفری^۱، خشایار حسین زاده^۲

۱- دانشکده فنی و مهندسی فناوریهای نوین، دانشگاه تخصصی فناوری های نوین آمل، آمل، ایران

۲- گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: n.alipour@ausmt.ac.ir

Thermal Performance Analysis of Circular Cavity Containing Ternary Hybrid Nanofluid with respect to Nanoparticles shape factor Coefficient

Navid Alipour^{1*}, Bahram Jafari¹, Kh. Hosseinzadeh²

1- Faculty of Engineering Modern Technologies, Amol University of Special Modern Technologies (AUSMT), Amol, Iran

2- Department of Mechanical Engineering, Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran

*Corresponding author: n.alipour@ausmt.ac.ir

ABSTRACT

This study focuses on the advantages of ternary hybrid nanofluids for heat transfer and fluid dynamics utilizing natural convection. It can improve the performance of many technical systems, including heat exchangers, cooling systems, and energy storage devices. The study investigates a circular enclosure with a complicated internal heat source in the presence of a magnetic field. In an innovative method, water-based ternary nanofluid (water/Cu-Mgo-Zno) has been used, coupled with modifications in the form factor of nanoparticles dispersed in the chamber. The system was correctly non-dimensionalized and then solved using the Finite Element Method. The results showed that by increasing the shape factor of nanoparticles, a higher Nusselt number is obtained, which indicates an increase in the heat transfer rate inside the cavity.

Key words: Ternary Composite Nanofluid, Shape Factor Of Nanoparticles, Heat Transfer, Finite Element Method

چکیده

این مطالعه بر روی مزایای نانوسیالات هیبریدی سه تایی بر انتقال حرارت و دینامیک سیالات با استفاده از همرفت طبیعی تمرکز دارد. این رویکرد می تواند عملکرد بسیاری از سیستم های فنی از جمله مبدل های حرارتی، سیستم های خنک کننده و دستگاه های ذخیره انرژی را بهبود بخشد. این مطالعه به بررسی یک محفظه دایره ای با منبع حرارت داخلی پیچیده در حضور میدان مغناطیسی می پردازد. در یک روش ابتکاری، از نانوسیال سه تایی مبتنی بر آب (آب / مس - منیزیم - روی) همراه با تغییراتی در ضریب شکل نانوذرات پراکنده در محفظه استفاده شده است. این سیستم به درستی بی بعدسازی و سپس

با استفاده از روش اجزای محدود حل شد. نتایج نشان داد با افزایش فاکتور ضریب شکل نانوذرات، عدد ناسلت بالاتری به دست می‌آید که نشان دهنده ی افزایش میزان انتقال حرارت درون حفره می باشد.

واژه‌های کلیدی: نانوسیال ترکیبی سه تایی، ضریب شکل نانوذرات، انتقال حرارت، روش المان محدود

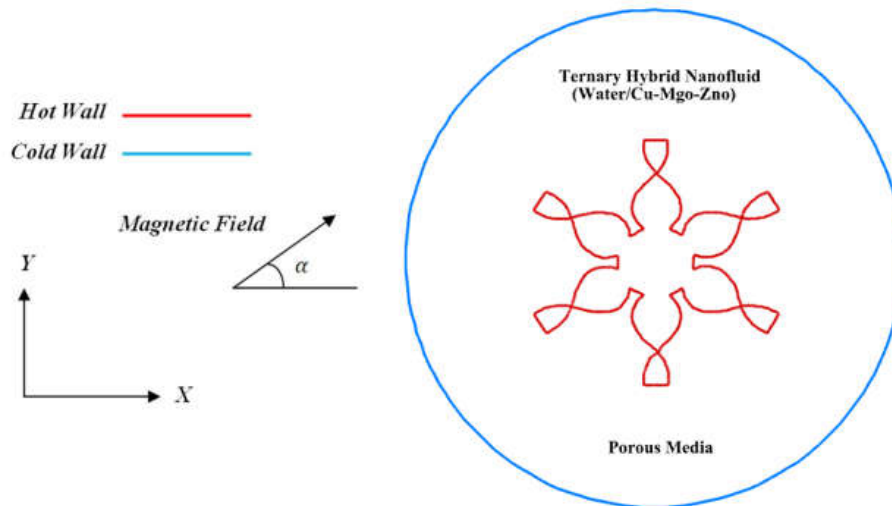
۱- مقدمه

انتقال حرارت از طریق همرفت در کاربردهای مهندسی مختلف که شامل کانال ها و فضاهای بسته می شود، حیاتی است. اهمیت آن را می توان در افزایش انتقال حرارت در چندین سیستم، مانند کلکتورهای خورشیدی، ریزپردازنده ها، دستگاه های الکترونیکی خنک کننده، راکتورهای شیمیایی و مبدل های حرارتی، و همچنین در سینک های حرارتی و سایر تجهیزات مرتبط مشاهده کرد. اگرچه تغییر هندسه حفره برای افزایش سطح انتقال حرارت یک استراتژی موفق برای بهبود انتقال حرارت خواهد بود، اما محققان همیشه به دنبال بهبود عملکرد چنین فرآیندهایی بوده‌اند. این حوزه تحقیقاتی حیاتی به دلیل کاربردهای عملی اجتناب ناپذیر آن است. به همین دلیل سومرو و همکاران [۱] تجزیه و تحلیل عددی را با استفاده از PDE و FEM بر روی یک حفره مثلثی با یک مانع داخلی انجام داد تا سطح انتقال حرارت در فضای بسته را افزایش دهد. یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد که نرخ انتقال حرارت مستقیماً با افزایش عدد ریچاردسون مرتبط است، اما افزایش عدد Ha نشان‌دهنده کاهش نرخ انتقال حرارت است. زعیب و همکاران [۲] تحقیقاتی را در مورد همرفت طبیعی در یک حفره U شکل حاوی نانوسیال در صورت وجود میدان مغناطیسی انجام داد. آنها نشان دادند که انتقال حرارت در داخل حفره با افزایش عدد رایلی و کسر حجمی نانوذرات بهبود می‌یابد، در حالی که اعداد هارتمن بزرگتر اثر معکوس دارند. رستمی و همکاران [۳] مدلی را برای شبیه سازی فرآیند همرفت طبیعی در یک محفظه متخلخل انجام داد. این محفظه در مرکز آن به شکل دانه های برف است و از نانوذرات آن استفاده شده است. یافته ها نشان داد که عدد رایلی به طور قابل توجهی در خطوط جریان افزایش یافته است و عدد ناسلت محلی به طور مستقیم با حجم نانوذرات مرتبط است. بندارا و همکاران [۴] اثر حفره مربعی پر از نانوسیال را بررسی کرد. و کدی را بر اساس FDM توسعه داد. نتایج نشان داد که برای تمام مقادیر عدد گراشوف افزایش یافته، مقدار عدد ناسلت موجود در دیواره گرم شده همبستگی واضحی با مقدار نانوذرات موجود در حجم نشان می‌دهد. در نهایت با اعتبارسنجی کد مشخص شد که شیب حفره باعث افزایش انتقال حرارت می شود. این مقاله به بررسی مطالعات مختلف بر روی همرفت آزاد درون حفره‌ها با دیواره‌های سرد و گرم می‌پردازد که در صنایع مختلف از اهمیت بالایی برخوردار است. همرفت آزاد می تواند بر توزیع دما در ساختمان ها، بارهای گرمایی برای سیستم های HVAC و خنک کننده قطعات الکترونیکی تأثیر بگذارد. نیاز به کاهش انتقال گرمای همرفت آزاد در حفره های بسته و در عین حال پایین نگه داشتن هزینه های خنک کننده دستگاه های الکترونیکی وجود دارد. با این حال، تنها چند مطالعه بررسی عددی اشکال هندسی پیچیده را تجزیه و تحلیل کرده‌اند که برای صنعت پرهزینه است. این تحقیق بر روی عوامل تعیین کننده اهمیت تعامل در یک سطح متخلخل دایره ای با یک مانع پیچیده با استفاده از یک تکنیک عددی جدید تمرکز دارد. یک نانوسیال ترکیبی سه تایی برای افزایش انتقال حرارت استفاده شد و یک تحلیل برای تعیین تاثیر مقادیر مختلف ضریب شکل نانوذرات انجام گرفت. یافته های این مطالعه می تواند عملکرد سیستم های گرمایش و سرمایش را بهبود بخشد.

۲- مدل فیزیکی و معادلات حاکم

برای ارائه یک نمایش دقیق از دامنه مربوطه، شکل ۱ پیکربندی یک محفظه دایره ای شکل با یک مانع پیچیده و شرایط مرزی مرتبط با آن را نشان می دهد. این محفظه حاوی نانوذرات هیبریدی سه تایی Cu-Mgo-Zno است که در آب توزیع شده و توسط محیط متخلخل محصور شده است. غلظت حجمی نانوذرات ۰.۰۵ یا ۵ درصد است. شرایط مرزی برای تولید پروفیل های گرادیان حرارتی در داخل دامنه با یک محفظه داخلی گرم و یک سطح بیرونی با دمای پایین تنظیم شده است. با استفاده از ترکیبی از متغیرهای عددی مختلف، این طرح می تواند بینش‌هایی را در مورد جنبه‌های ناشناخته فیزیک انتقال

حرارت همرفتی در هندسه‌های منحنی پیچیده ارائه دهد. برای پرداختن به موضوع بهبود عملکرد حرارتی محفظه با استفاده از منافذ یکپارچه، اثربخشی تخلخل با استفاده از قانون داری ارزیابی می‌شود. معادلات پیوستگی و تکانه (معادلات ۱-۳) در زیر برای کنترل جریان یک نانوسیال هیبریدی در ناحیه مرزی تعریف شده است که رفتار آن را در حالت دو بعدی بررسی می‌کنند.



شکل ۱: هندسه و شرایط مرزی

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\mu_{nf}}{K} u - \sigma_{hnf} B_0^2 [v(\sin \gamma)(\cos \gamma) - u(\sin \gamma)^2] = -\frac{\partial p}{\partial x} \quad (2)$$

$$\frac{\mu_{nf}}{K} v - \sigma_{hnf} B_0^2 [u(\sin \gamma)(\cos \gamma) - v(\cos \gamma)^2] = -\frac{\partial p}{\partial y} + g(\rho\beta)_{hnf} (T - T_c) \quad (3)$$

معادلات مرتبط با محاسبه ویژگی‌های حرارتی نانوسیال هیبریدی سه تایی مورد استفاده در این مطالعه به صورت زیر به کار گرفته شد:

$$\rho_{mf} = (1 - \phi_3) [(1 - \phi_2) [(1 - \phi_1) \rho_f + \phi_1 \rho_{s1}] + \phi_2 \rho_{s2}] \phi_3 \rho_{s3} \quad (4)$$

$$(\rho\beta)_{mf} = (1 - \phi_3) (1 - \phi_2) [(1 - \phi_1) (\rho\beta)_f + \phi_1 (\rho\beta)_{s1}] + \phi_2 (\rho\beta)_{s2} + \phi_3 (\rho\beta)_{s3} \quad (5)$$

$$(\rho c_p)_{mf} = (1 - \phi_3) (1 - \phi_2) [(1 - \phi_1) (\rho c_p)_f + \phi_1 (\rho c_p)_{s1}] + \phi_2 (\rho c_p)_{s2} + \phi_3 (\rho c_p)_{s3} \quad (6)$$

رسانایی حرارتی نانوسیال هیبریدی سه تایی به شکل زیر نشان داده شده است: (معادلات ۷-۹ و ۸)

$$\frac{k_{nf}}{k_f} = \frac{k_{s1} + (sf - 1)k_f - (sf - 1)\phi_1(k_f - k_{s1})}{k_{s1} + (sf - 1)k_f + \phi_1(k_f - k_{s1})} \quad \text{nanofluid}$$

$$\frac{k_{hnf}}{k_{nf}} = \frac{k_{s2} + (sf - 1)k_{nf} - (sf - 1)\phi_2(k_{nf} - k_{s2})}{k_{s2} + (sf - 1)k_{nf} + \phi_2(k_{nf} - k_{s2})} \quad \text{hybrid nanofluid}$$

$$\frac{k_{tnf}}{k_{hnf}} = \frac{k_{s3} + (sf - 1)k_{hnf} - (sf - 1)\phi_3(k_{hnf} - k_{s3})}{k_{s3} + (sf - 1)k_{hnf} + \phi_3(k_{hnf} - k_{s3})} \quad \text{tri - hybrid nanofluid}$$

بنابراین، فرمت نهایی معادلات نشان داده شده در معادله ۱۰ و معادله ۱۱ ارائه شده است:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial Y^2} = -\frac{A_6}{A_5} Ha \left[\frac{\partial^2 \Psi}{\partial Y^2} (\sin^2 \gamma) + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial X^2} (\cos^2 \gamma) + 2 \frac{\partial^2 \Psi}{\partial X \partial Y} (\sin \gamma)(\cos \gamma) \right] - \frac{A_3 A_2}{A_4 A_5} \frac{\partial \theta}{\partial X} Ra \quad (10)$$

$$\varepsilon \left(\left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial X^2} \right) + \left(1 + \frac{4}{3} \left(\frac{k_f}{k_{hnf}} \right) Rd \right) \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial Y^2} \right) \right) = -\frac{\partial \theta}{\partial Y} \frac{\partial \Psi}{\partial X} + \frac{\partial \Psi}{\partial Y} \frac{\partial \theta}{\partial X} \quad (11)$$

در زیر تعاریفی از پارامترهای ثابت در معادلات فوق ارائه شده است:

$$A_1 = \frac{\rho_{mf}}{\rho_f}, A_2 = \frac{(\rho C_p)_{mf}}{(\rho C_p)_f}, A_3 = \frac{(\rho \beta)_{mf}}{(\rho \beta)_f}, A_4 = \frac{k_{mf}}{k_f}, A_5 = \frac{\mu_{mf}}{\mu_f}, A_6 = \frac{\sigma_{mf}}{\sigma_f}, \quad (12)$$

$$Ra = \frac{gK(\rho\beta)_f L \Delta T}{\mu_f \alpha_f}, Ha = \frac{\sigma_f K B_0^2}{\mu_f}, \delta_s = \frac{k_{mf}}{[k_s(1 - \varepsilon)]}$$

موارد زیر را می‌توان به عنوان شرایط مرزی در نظر گرفت:

$$\begin{aligned} \Psi &= 0.0 && \text{on all walls} \\ \theta &= 0.0 && \text{on outer wall} \\ \theta &= 1.0 && \text{on inner wall} \end{aligned} \quad (13)$$

گرمای همرفتی روی دیواره داغ نانوسیال می تواند با استفاده از ناسلت محلی محاسبه شود و معادلات مربوطه نیز می تواند

ناسلت میانگین را ارائه دهد:

(14)

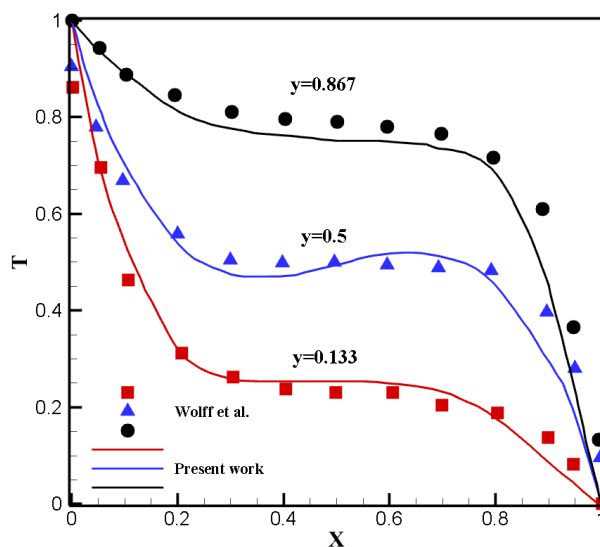
$$Nu_{loc} = \left(\frac{k_{mf}}{k_f} \right) \frac{1}{\theta} \left(1 + \frac{4}{3} \left(\frac{k_f}{k_{mf}} \right) Rd \right) \quad (16), \quad Nu_{ave} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} Nu_{loc} dr$$

۳- روش حل عددی

درباره مدل‌سازی تحلیلی بسیاری از مسائل مهندسی، GFEM به طور فزاینده‌ای مفیدتر می‌شود. این تا حدی به قدرت و سازگاری این استراتژی نسبت داده می‌شود، که تمایل به ارائه نتایجی دارد که بسیار قابل اعتماد هستند و به احتمال زیاد مطابق با یافته‌های تجربی هستند. FlexPDE، یک کامپایلر منبع باز، با رابط کاربری پسند و فرآیند حل سریع خود، راه حلی سریع ارائه می‌دهد. با افزودن یک دامنه مش پویا که به طور مداوم مناطق محلی را بر اساس نزدیکی راه حل به همگرایی در سلول‌های مجاور پالایش یا درشت می‌کند، این برنامه همچنین تولید شبکه‌های شبکه را آسان تر می‌کند. با توجه به عوامل موثر در تعیین کننده پیچیده، تکنیک CVFEM، که شامل حجم محدود با المان محدود برای محاسبات بهبود یافته و قابل اطمینان تر است، نیز استفاده می‌شود.

۴- اعتبار سنجی

برای اعتبارسنجی مدل شبیه‌سازی عددی پیشنهادی و اطمینان از نتایج قابل اعتماد، نتایج با مطالعه Wolff و همکاران مقایسه می‌شوند. مطالعه آن‌ها برای همرفت طبیعی در یک محفظه با شکل مکعبی و دماهای مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همانطور که در شکل ۲ مشخص است، مقایسه نتایج نشان داد که توزیع دما در مناطق مختلف مطابقت قابل توجهی دارد.

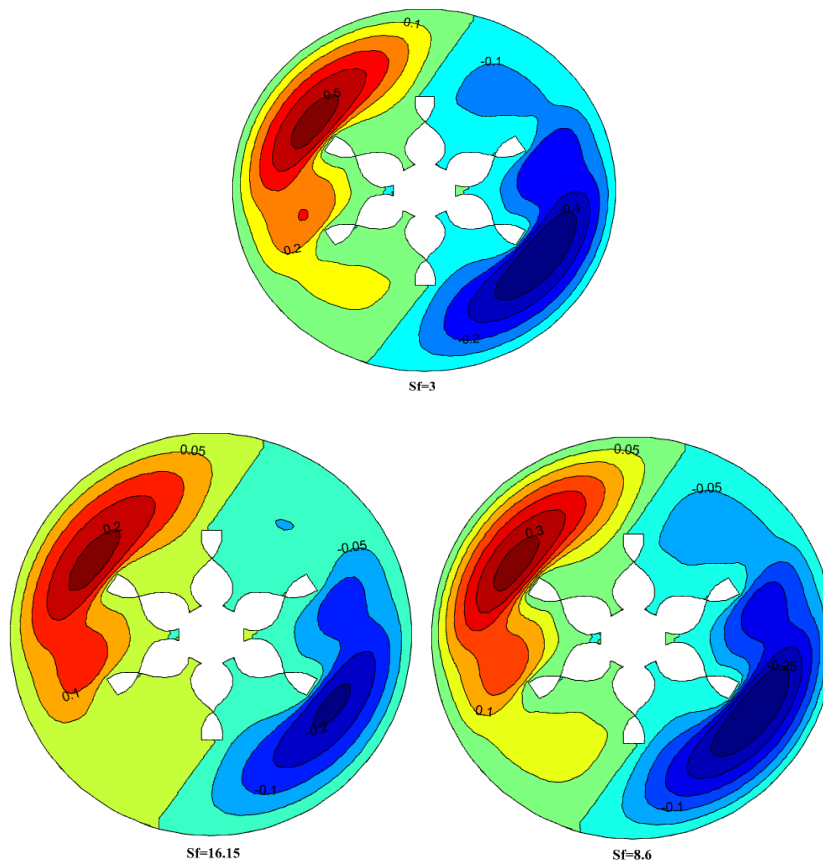


شکل ۲: اعتبار سنجی نتایج عددی با نتایج ولف و همکاران [5]

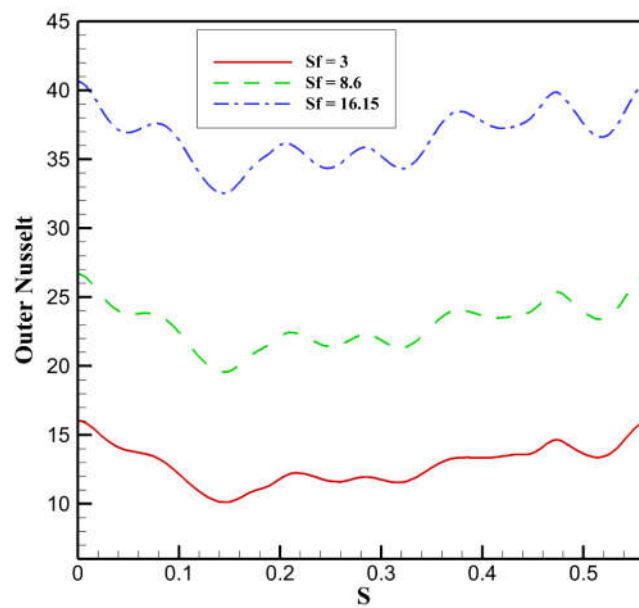
۵- بحث و نتایج

۱-۵ بررسی تاثیر تغییر ضریب شکل نانوذرات

فاکتور ضریب شکل نانوذرات که در جدول ۱ نشان داده شده است، می‌تواند به طور قابل توجهی بر جریان سیال و انتقال حرارت در یک محفظه تأثیر بگذارد. ضریب شکل به نسبت مساحت سطح نانوذره به حجم آن اشاره دارد. به طور کلی، نانوذرات با فاکتورهای شکل بالاتر (به عنوان مثال، نانوذرات با سطح بزرگتر نسبت به حجمشان) در افزایش انتقال حرارت و جریان سیال موثرتر از آنهایی هستند که فاکتورهای شکل کمتری دارند. یکی از دلایل این است که نانوذرات با فاکتورهای شکل بالاتر، سطح بیشتری برای برهمکنش با سیال دارند که می‌تواند منجر به انتقال حرارت همرفتی بیشتر شود. علاوه بر این، افزایش سطح می‌تواند منجر به نرخ انتقال جرم بالاتر، افزایش اختلاط سیال و بهبود دینامیک جریان کلی حفره شود. با بررسی خطوط جریان در شکل ۳ می‌توان دریافت که تحمیل شرایط مرزی در حفره باعث ایجاد سلول‌های گردش متقارن می‌شود. با بررسی دقیق نمودار جریان، می‌توان استنباط کرد که افزایش ضریب شکل نانوذرات به طور قابل توجهی از شدت سلول‌های چرخش در جهت عقربه‌های ساعت و خلاف جهت عقربه‌های ساعت در داخل حفره می‌کاهد. وقتی ضریب شکل کمتر باشد، اثر شناوری قوی‌تر می‌شود و در نتیجه حلقه‌های شدیدتری در نمودار ظاهر می‌شوند و اندازه بولوس افزایش می‌یابد. در شکل ۴ یک نوسان تکراری در پروفیل عدد ناسلت در سطح بیرونی برای تمام مقادیر ضریب شکل انتخاب شده وجود دارد که به هندسه دیواره داخلی گرم شده نسبت داده می‌شود. این به این دلیل است که هدایت حرارتی با ضریب شکل بالاتر افزایش می‌یابد که منجر به افزایش عملکرد انتقال حرارت می‌شود. می‌توان اشاره کرد که افزایش ضریب شکل نانوذرات از ۳ به ۱۶.۱۵ منجر به افزایش ۶۱ درصدی مقدار ناسلت خارجی می‌شود. این یافته تأیید می‌کند که ضریب شکل نانوذرات در مقایسه با سایر متغیرهای کنترل‌شده، عامل مؤثرتری در افزایش انتقال حرارت است.

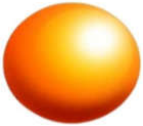
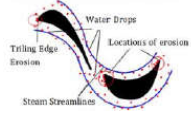
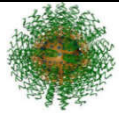


شکل ۳: خطوط جریان برای مقادیر مختلف ضریب شکل در $(Ra) = 1500$ عدد رابلی، $(Ha) = 30$ عدد هارتمن، $(Rd) = 0.4$ تشعشع، $(\alpha) = \pi/6$ زاویه ی میدان مغناطیسی و تخلخل $(\epsilon) = 0.6$



شکل ۴: نمودار ناسلت خارجی برای مقادیر مختلف ضریب شکل

جدول ۴: فاکتور ضریب شکل برای انواع مختلف نانوذرات

ضریب شکل	شکل	نوع نانو ذره
S = 3		Spherical
S = 8.6		blades
S = 16.15		Lamina

۶- نتیجه‌گیری

این مقاله یک شبیه‌سازی عددی همرفت طبیعی در یک محفظه دو بعدی پر از آب حاوی نانوذرات هیبریدی سه‌گانه (Cu-Mgo-Zno) تحت یک نیروی مغناطیسی خارجی ارائه می‌کند. شبیه‌سازی با استفاده از روش المان محدود انجام شد. علی‌رغم بهبود مکانیسم‌های رسانایی و همرفتی با افزودن نانوسیال به سیال پایه، تأثیر انتقال حرارت همرفتی بر روی ناسلت میانگین بیشتر از تأثیر انتقال حرارت رسانا است. در نتیجه، استفاده از یک نانوسیال هیبریدی سه‌تایی می‌تواند به دستیابی به این نتیجه کمک کند. همچنین در این مطالعه فاکتور ضریب شکل نانوذرات مهم‌ترین عنصر مؤثر بر ناسلت میانگین است. این نشان می‌دهد که فاکتور ضریب شکل نقش مهمی در تنظیم سرعت انتقال حرارت دارد، به این صورت که با افزایش ضریب شکل نانوذرات، عملکرد انتقال حرارت درون حفره به طور چشم‌گیری افزایش پیدا می‌کند.

مراجع

1. Soomro FA, Haq RU, Algehyne EA, Tlili I. Thermal performance due to magnetohydrodynamics mixed convection flow in a triangular cavity with circular obstacle. *Journal of Energy Storage*. 2020 Oct 1;31:101702.
2. Zaim A, Aissa A, Mebarek-Oudina F, Mahanthesh B, Lorenzini G, Sahnoun M, El Ganaoui M. Galerkin finite element analysis of magneto-hydrodynamic natural convection of Cu-water nanofluid in a baffled U-shaped enclosure. *Propulsion and Power Research*. 2020 Dec 1;9(4):383-93.
3. Rostami AK, Hosseinzadeh K, Ganji DD. Hydrothermal analysis of ethylene glycol nanofluid in a porous enclosure with complex snowflake shaped inner wall. *Waves in Random and Complex Media*. 2022 Jan 2;32(1):1-8.
4. Bendaraa A, Charafi MM, Hasnaoui A. Numerical modeling of natural convection in horizontal and inclined square cavities filled with nanofluid in the presence of magnetic field. *The European Physical Journal Plus*. 2019 Sep 26;134(9):468.
5. Wolff F, Beckermann C, Viskanta R. Natural convection of liquid metals in vertical cavities. *Experimental Thermal and Fluid Science*. 1988 Jan 1;1(1):83-91.

مروری بر کاربرد مهندسی شیمی در درمان سرطان

فرحناز عسگری^{۱*}، محدثه قاسمی ارکمی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی مهندسی شیمی، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، frh.asgariiii@gmail.com

۲- دانشجوی کارشناسی مهندسی شیمی، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل،

mohadeseh.qasemi.82@gmail.com

* آدرس ایمیل نویسنده مسئول: mohadeseh.qasemi.82@gmail.com

A review of the application of chemical engineering in cancer treatment

Farahnaz Asgari^{1*}, Mohadeseh qasemi²

3- Chemical engineering undergraduate student, Amol University of Special Modern Technologies,

Amol, Iran, frh.asgariiii@gmail.com

4- Chemical engineering undergraduate student, Amol University of Special Modern Technologies,

Amol, Iran, mohadeseh.qasemi.82@gmail.com

* Corresponding author: mohadeseh.qasemi.82@gmail.com

ABSTRACT

Chemical engineering has changed human civilization through its services and products to improve the quality of human life. Cancer and cardiovascular diseases are the main causes of death. Chemotherapy is one of the most important treatments currently available for cancer and other diseases. The current state of chemotherapy is far from satisfactory. Its effectiveness is limited and patients have to suffer serious side effects, some of which are life-threatening. Chemotherapy engineering is emerging to help solve the problems of delivering chemotherapy with the best effect and least side effects. Progress in the development of various drug delivery systems is reviewed with an emphasis on lipid bilayer vesicles (liposomes). A new drug delivery system, liposomes-in-microspheres, is used as an example for possible combinations of lipids.

Key words: Chemotherapy, cancer, chemotherapy engineering, blood-brain barrier, liposome, anticancer

چکیده

مهندسی شیمی تمدن بشری را از طریق خدمات و محصولات خود تغییر داده است تا کیفیت زندگی انسان را بهبود بخشد. سرطان و بیماری‌های قلبی عروقی دلایل اصلی مرگومیر است. شیمی‌درمانی یکی از مهم‌ترین روش‌های درمانی است که در حال حاضر برای سرطان و سایر بیماری‌ها در دسترس است. وضعیت فعلی شیمی‌درمانی از رضایت‌بخش بودن فاصله زیادی دارد. اثربخشی آن محدود است و بیماران باید از عوارض جانبی جدی رنج ببرند که برخی از آنها تهدیدکننده زندگی است. مهندسی شیمی‌درمانی برای کمک به حل مشکلات برای انجام شیمی‌درمانی با بهترین اثر و کمترین عوارض در حال ظهور است. پیشرفت در توسعه سیستم‌های مختلف دارو با تأکید بر وزیکول‌های دولایه لیپید (لیپوزومها) بررسی می‌شود. یک سیستم تحویل داروی جدید، لیپوزوم‌ها-در میکروسفرها، به‌عنوان نمونه‌ای برای ترکیب‌های احتمالی لیپیدها استفاده می‌شود.

واژه‌های کلیدی: شیمی‌درمانی، سرطان، مهندسی شیمی‌درمانی، سد خونی مغزی، لیپوزوم، ضد سرطان

۱- مقدمه

سرطان در اثر رشد کنترل نشده و گسترش سلول‌های غیرطبیعی ایجاد می‌شود. مکانیسم‌های شکل‌گیری و شیوع سرطان هنوز به خوبی درک نشده است، اما اعتقاد دارند به عوامل خارجی (سیگار کشیدن، پرتودرمانی و...) و عوامل داخلی (جهش‌های متابولیسم ارثی، هورمون‌ها و غیره) مرتبط است. ممکن است بیش از ۱۰ سال از شروع جهش سلولی تا شکل‌گیری سرطان قابل تشخیص طول بکشد. یک هدف ارزشمند در حال حاضر توسعه درمان‌هایی است که باعث بهبودی و/یا تسکین می‌شود. زمانی گفته می‌شود که سرطان در حال بهبودی است که تمام شواهد بالینی سرطان ناپدید شود. با این حال، قابل توجه است که کانون‌های میکروسکوپی سلول‌های سرطانی ممکن است همچنان باقی بماند. درمان‌های مؤثر شامل جراحی، رادیوتراپی، شیمی‌درمانی، هورمون درمانی و ایمونوتراپی است. هر یک از این روش‌های درمانی دارای مزایا و معایبی هستند و معمولاً ترکیب آن‌ها بسیار مؤثر است. تشخیص زودرس، جراحی برداشتن کامل و رادیوتراپی، شیمی‌درمانی و سایر درمان‌ها عوامل مهمی در تعیین پیشگیری بیماری هستند. در میان این موارد، تشخیص زودرس و دقیق مهم‌ترین عامل است و معاینات غربالگری منظم نقش مهمی در پیشگیری و درمان سرطان دارند. اگرچه پیش‌بینی اینکه چه کسی در معرض خطر ابتلا به سرطان قرار دارد، دشوار است، اما شواهد روشنی وجود دارد که نشان می‌دهد با کنترل مصرف دخانیات، قرار گرفتن در معرض آفتاب، تغذیه مناسب و غیره می‌توان شیوع سرطان را کاهش داد.^(۱)

۲- مشکلات در شیمی‌درمانی

شیمی‌درمانی روشی پیچیده است که در آن عوامل زیادی در تعیین موفقیت یا شکست آن دخیل هستند. به دلیل سمی بودن، خطر بالایی دارد و داروهای مؤثرتر سمی‌تر هستند. مشکلات حتی برای شیمی‌درمانی موفقیت‌آمیز هم وجود دارد و بیماران باید عوارض جانبی شدید را تحمل کنند و کیفیت زندگی خود را قربانی کنند. در واقع، برخی افراد این تصور را دارند که شیمی‌درمانی مترادف با شکنجه است. اثربخشی شیمی‌درمانی به عوامل زیادی بستگی دارد، از جمله دارو(های) مورد استفاده، وضعیت بیمار، دوز و شکل و زمان‌بندی آن و غیره. اکثر داروهای ضد سرطان به شدت هیدروفوبیک هستند و از این رو در آب و بیشتر حلال‌های دارویی محلول نیستند. برای تجویز بالینی بسیاری از داروهای ضد سرطان باید از ادجوانت‌ها استفاده کرد و این ممکن است باعث عوارض جانبی جدی شود که برخی از آن‌ها تهدیدکننده زندگی هستند^(۲). سایر داروهای ضد سرطان نیز ممکن است در شکل دوز خود مشکلاتی داشته باشند. توسعه حامل‌های مؤثر با عوارض جانبی کمی برای داروهای ضد سرطان، موجود یا تازه ساخته‌شده، می‌تواند به اندازه کشف داروهای ضد سرطان جدید (یا شاید حتی مهم‌تر از آن) باشد. این یک منطقه آینده‌نگر حیاتی در مهندسی شیمی‌درمانی است. هدف ایده آل برای شیمی‌درمانی این است که دارو(های) با اثربخشی بالا را در زمان مناسب به محل مورد نظر با غلظت کافی در یک دوره طولانی مدت تحویل دهد. بنابراین مهندسی شیمی‌درمانی می‌تواند به یک راه اصلی برای مهندسی شیمی تبدیل شود تا سهم مهمی در مراقبت از سلامت انسان داشته باشد.^(۳)

۳- لیپوزوم‌ها در میکروسفرها^۱ (LIM)

سیستم‌های مختلف تحویل دارو برای شیمی‌درمانی و سایر اقدامات پزشکی را می‌توان به دودسته تقسیم کرد، سیستم‌های مبتنی بر پلیمر و سیستم‌های مبتنی بر لیپید (۴) از آنجایی که مولکول‌های پلیمر معمولاً بسیار بزرگ‌تر از مولکول‌های لیپیدی هستند، پلیمرها معمولاً یک فاز جامد مانند میکروسفرهای پلیمری یا نانوذرات، گلوله‌ها و غیره تشکیل می‌دهند، در حالی که

¹ Liposomes in microspheres

لیپیدها یک فاز کریستالی مایع یا مایع مانند لیپوزوم‌ها، مکعب‌ها را تشکیل می‌دهند. ، میسل‌ها و امولسیون‌ها برای کنترل بهبودی دارو و آماده‌سازی سیستم‌های مبتنی بر پلیمر و مبتنی بر لیپید را تعیین مشخصات و کاربرد آن را پیدا می‌کنند ، اما تفاوت‌های زیادی نیز بین این دو وجود دارد. به‌عنوان مثال، سیستم‌های مبتنی بر پلیمر به‌طور کلی پایدارتر از سیستم‌های مبتنی بر لیپید هستند. ترکیب مناسبی از سیستم‌های مبتنی بر پلیمر و لیپید می‌تواند مزایای آن‌ها را ادغام کند و منجر به کاربردهای جدید شود. برخی از سیستم‌ها بر اساس این مفهوم توسعه یافته‌اند. به‌عنوان مثال، در لیپوزوم‌های مخفی، که به‌طور موفقیت آمیزی برای تحویل عوامل ضد سرطان استفاده شده‌اند، سطح لیپوزوم‌ها با پلیمر پوشش داده می‌شود تا پایداری آن‌ها بهبود یابد (۵، ۶). زیست‌فعال پروتئین‌ها و پپتیدها را می‌توان در لیپوزوم‌ها حفظ کرد، پایداری آن‌ها در ماتریکس پلیمری محافظت می‌شود. لیپوزوم‌ها از میکروسفرها آزاد می‌شوند و به دنبال آن دارو از لیپوزوم‌ها آزاد می‌شود و سینتیک انتشار دارو را می‌توان با تعدیل عوامل مختلف در تهیه LIM کنترل کرد. LIM می‌تواند برای تحویل ژن هدفمند تومور اعمال شود. پس از تحویل درون شریانی LIM در بالادست به تومور، LIM در عروق تومور به دلیل کموامبولیزاسیون به دام می‌افتد، (۷). سپس لیپوزوم‌های حامل ژن‌های درمانی از ماتریکس پلیمری آزاد شده و وارد سلول‌های تومور می‌شوند. لیپوزوم‌ها قبل از کپسوله شدن در میکروسفرهای PLGA^۱ با کیتوزان ۱٪ پوشانده شدند (۸). ترکیب‌های دیگر از دستگاه‌های مختلف دارورسانی نیز امکان‌پذیر است. به‌عنوان مثال، مک‌فیل، تتلی و دوفس و همکاران (۹) یک سیستم وزیکول در وزیکول را گزارش کرده‌اند که در آن لیپوزوم‌های کوچک در وزیکول‌های لیپیدی بزرگ محصور می‌شوند تا آزادسازی دوز مرحله‌ای از داروی بارگذاری شده را محقق کنند. امکان دیگر ساخت ذرات جامد از لیپوزوم‌های کم آب برای تحویل داروهای ضد سرطان آب‌گریز است. تاکنون هیچ گزارشی از این رویکرد پیدا نشده است.

۴- شیمی درمانی دهان

شیمی‌درمانی دهان چالش‌های زیادی دارد و موفقیت آن می‌تواند انقلابی در تاریخ شیمی‌درمانی باشد. شیمی‌درمانی خوراکی می‌تواند غلظت مناسبی را در گردش خون برای دستیابی به مواجهه طولانی‌مدت سلول‌های سرطانی با دارو(ها) حفظ کند. این کار باعث افزایش اثربخشی و کاهش عوارض جانبی داروهای ضد سرطان می‌شود. مزیت مهم شیمی‌درمانی خوراکی این است که درمان می‌تواند در خانه انجام شود اکثر داروهای ضد سرطان، به‌ویژه آن‌هایی که دارای اثرات ضد سرطانی عالی مانند پاکلیتاکسل در دستگاه گوارش (GI)^۲ قابل جذب/تعامل نیستند. مهندسی شیمی‌درمانی راه‌حل‌های بهتری برای شیمی‌درمانی دهان ارائه می‌دهد. مانند استفاده از نانوذرات با پوشش مناسب و اندازه کوچک برای بهبود چسبندگی و جذب به سلول‌های روده و فرار از تشخیص P-gp^۳ است. از طریق لنفوای (۱۰)، ذرات ۵۰۰ نانومتر می‌توانند از غشای سلول‌های اپیتلیال از طریق اندوسیتوزیس (S) عبور کنند (۱۱). ، و قطعات ۵۰ نانومتر می‌توانند به عبور پاراسلولی بین سلول‌های اپیتلیال روده دست یابند (۱۲). شیمی‌درمانی خوراکی نیز ممکن است با استفاده از سایر دستگاه‌های دارورسانی مانند لیپوزوم‌ها و میسل‌ها به دست آید (۱۳). تحقیقات بسیار کمی در این زمینه موجود است. در مقابل، تغییرات دارویی برای حلالیت، نفوذپذیری و پایداری بیشتر برای شیمی‌درمانی خوراکی توجه بسیار بیشتری را به خود جلب کرده است.

۵- سد خونی مغزی (BBB)^۴

یک سد خونی مغزی (BBB) بین خون و سیستم عصبی مرکزی (مغز و نخاع) وجود دارد. عملکرد BBB تأمین نیازهای تغذیه‌ای دقیق کنترل‌شده نورون‌ها، حفظ تعادل مناسب یون‌ها و سایر ترکیبات شیمیایی، و جداسازی سیستم عصبی مرکزی

^۱ Poly lactic-co-glycolic acid

^۲ Gastrointestinal

^۳ Pulmonary gas pressure

^۴ Blood brain barrier

از برخی مواد شیمیایی سمی در خون است. موانع مختلف از سیستم زندگی حیوان و انسان در برابر تغییرات محیطی و تهاجم مولکول‌های خارجی سمی محافظت می‌کنند، اما ممکن است برای دسترسی به عوامل شیمی‌درمانی نیز مشکل ایجاد کنند. مفهوم BBB برای اولین بار توسط باکتری‌شناس آلمانی پل ارلیش در اواخر قرن نوزدهم مطرح شد، زمانی که دریافت که رنگ‌های رنگی تزریق شده به گردش خون حیوانات همه بافت‌ها به جز مغز را رنگ‌آمیزی می‌کند. با این حال، هنگامی که همان رنگ‌ها به کوید مغزی نخاعی وارد شدند، سلول‌های مغز و نخاع به راحتی رنگ‌آمیزی شدند. این مفهوم در اواخر دهه ۱۹۶۰ تأیید شد. با استفاده از میکروسکوپ الکترونی، می‌توان فهمید که سد خونی-مغزی شامل یک لایه منفرد از سلول‌های اندوتلیال، با اتصالات بین سلولی محکم است که سطح داخلی مویرگ‌های مغز را می‌پوشاند. علاوه بر این، سلول‌های گلیال نزدیک به هم مرتبط هستند. از نظر BBB، داروها مولکول‌های خارجی هستند که اجازه ورود به مغز نخاعی و دسترسی به سلول‌های مغز را ندارند. در حالی که حذف مولکول‌های خارجی در شرایط عادی بسیار مطلوب است، اما حذف عوامل شیمی‌درمانی یک مشکل جدی برای درمان پزشکی سرطان سر و سایر بیماری‌های مغز می‌باشد. مهندسی شیمی‌درمانی می‌تواند سهم قابل توجهی در این زمینه داشته باشد (۱۴). استفاده از نانوذرات پلیمری برای رساندن دارو به مغز در سراسر BBB ممکن است مزیت قابل توجهی برای استراتژی‌های فعلی ایجاد کند. مزیت اصلی فناوری نانو ذرات این است که ذرات بسیار ریز می‌توانند از پوشش اندوتلیال عبور کنند. همچنین، نانوذرات با پوشش مناسب می‌توانند از BBB عبور کرده و مولکول‌های درمانی را وارد مغز کنند. علاوه بر این، رهاسازی کنترل شده و هدفمند دارو از نانوذرات می‌تواند غلظت مورد نظر را فقط در سلول‌های تومور فراهم کند و در نتیجه عوارض جانبی را تا حد زیادی کاهش دهد.

۶- نتیجه‌گیری

تاکنون صدها عامل ضد سرطانی برای استفاده بالینی وجود داشته است. برخی از آن‌ها مواد شیمیایی مصنوعی و برخی دیگر عصاره‌های طبیعی هستند. ترکیب شیمی‌درمانی با سایر درمان‌ها به درمان‌های اولیه و استاندارد برای سرطان‌ها و همچنین سایر بیماری‌های ناشی از رشد کنترل نشده سلول‌ها و تهاجم به سلول‌ها یا ویروس‌های خارجی تبدیل شده است. مهندسی شیمی‌درمانی را می‌توان به‌کارگیری و توسعه اصول مهندسی (به‌ویژه مهندسی شیمی) و دستگاه‌ها برای شیمی‌درمانی سرطان و سایر بیماری‌ها برای دستیابی به بهترین اثر با کمترین عوارض تعریف کرد. شیمی‌درمانی تقریباً همیشه شامل داروهای سمی است که برای از بین بردن سلول‌های جهش‌یافته یا کنترل رشد سلول استفاده می‌شود.

مراجع

1. Society AC. Cancer prevention and early detection: American Cancer Society; 2002.
2. Wani MC, Taylor HL, Wall ME, Coggon P, McPhail AT. Plant antitumor agents. VI. Isolation and structure of taxol, a novel antileukemic and antitumor agent from *Taxus brevifolia*. *Journal of the American Chemical Society*. 1971;93(9):2325-7.
3. Kratz F, Schütte M. Anticancer metal complexes and tumour targeting strategies. *The Cancer journal (Print)*. 1998;11(4):176-82.
4. Langer R. Drug delivery and targeting. *Nature*. 1998;392(6679 Suppl):5-10.
5. Lasic DD. *Liposomes: from physics to applications*: Elsevier Science Limited; 1993.
6. Feng S-s, Huang G. Effects of emulsifiers on the controlled release of paclitaxel (Taxol®) from nanospheres of biodegradable polymers. *Journal of controlled release*. 2001;71(1):53-69.
7. Dass CR, Walker TL, Kalle WH, Burton MA. A microsphere-lipoplex (microplex) vector for targeted gene therapy of cancer. I. Construction and in vitro evaluation. *Drug Delivery*. 1999;6(4):259-69.
8. Feng S-S, Ruan G, Li Q-T. Fabrication and characterizations of a novel drug delivery device liposomes-in-microsphere (LIM). *Biomaterials*. 2004;25(21):5181-9.
9. McPhail D, Tetley L, Dufes C, Uchegbu IF. Liposomes encapsulating polymeric chitosan based vesicles—a vesicle in vesicle system for drug delivery. *International journal of pharmaceutics*. 2000;200(1):73-86.

10. Hillery A, Jani P, Florence A. Comparative, quantitative study of lymphoid and non-lymphoid uptake of 60 nm polystyrene particles. *Journal of drug targeting*. 1994;2(2):151-6.
11. Florence AT, Hillery AM, Hussain N, Jani PU. Nanoparticles as carriers for oral peptide absorption: studies on particle uptake and fate. *Journal of Controlled Release*. 1995;36(1-2):39-46.
12. Volkheimer G. Persorption of particles: physiology and pharmacology. *Advances in Pharmacology*. 1977;14:163-87.
13. Rogers JA, Anderson KE. The potential of liposomes in oral drug delivery. *Critical ReviewsTM in Therapeutic Drug Carrier Systems*. 1998;15(5).
14. Lockman P, Mumper R, Khan M, Allen D. Nanoparticle technology for drug delivery across the blood-brain barrier. *Drug development and industrial pharmacy*. 2002;28(1):1-13.

ساخت نقاط کوانتومی گرافن آلاییده شده با نیتروژن و کاربرد آنها در تجزیه نوری متیلن بلو

مژگان رستمی^{۱*}، مصطفی زاهدیفار^{۱،۲}، احسان صادقی^{۱،۲}

۱- پژوهشکده علوم و فناوری نانو، دانشگاه کاشان، کاشان، mozghanrostami22@gmail.com

۲- گروه فیزیک، دانشگاه کاشان، کاشان، zhdf@kashanu.ac.ir

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: mozghanrostami22@gmail.com

Synthesis of nitrogen doped graphene quantum dots and their application in photodegradation of methylene blue

Mojgan Rostami^{1*}, Mostafa Zahedifar^{1,2}, Ehsan Sadeghi^{1,2}

1- Institute of Nanoscience and Nanotechnology, University of Kashan, Kashan,

mozghanrostami22@gmail.com

2- Department of Physics, University of Kashan, Kashan, zhdf@kashanu.ac.ir

*Corresponding author: mozghanrostami22@gmail.com

ABSTRACT

In this study, nitrogen doped graphene quantum dots (N-GQDs) were prepared by a simple and cost effective method using citric acid and urea. Optical characterization showed that N-GQDs are highly photoluminescent. The effect of nitrogen concentration on the absorption spectrum and energy gap of N-GQDs was investigated. The results showed that combining nitrogen with graphene quantum dots extends the absorption spectrum of GQDs to the visible region and reduces the energy gap. Therefore, a significant increase in photocatalytic activity for the degradation of methylene blue was obtained.

Key words: Graphene Quantum Dots, Photodegradation, Methylene Blue, Photoluminescent

چکیده

در این مطالعه، نقاط کوانتومی گرافن آلاییده شده با نیتروژن (N-GQDs) با روشی ساده و مقرون به صرفه با استفاده از اسید سیتریک و اوره تهیه شد. مشخصه‌یابی نوری نشان داد که N-GQDs بسیار فوتولومینسانس هستند. اثر غلظت نیتروژن بر طیف جذب و گاف انرژی نقاط کوانتومی گرافن (GQDs) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ترکیب نیتروژن با GQDs، طیف جذب آنها را به ناحیه مرئی گسترش می‌دهد و گاف انرژی را کاهش می‌دهد. به این ترتیب، افزایش قابل توجهی در فعالیت فوتوکاتالیستی N-GQDs برای تخریب متیلن بلو به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: نقاط کوانتومی گرافن، تجزیه نوری، متیلن بلو، فوتولومینسانس

۱- مقدمه

امروزه بودجه عظیمی برای تصفیه فاضلاب کارخانه‌ها و آب آشامیدنی هزینه می‌شود. اکثر روش‌های تصفیه به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه کارایی کافی را ندارند و مشکل جدی زیست محیطی ایجاد می‌کنند. سالانه ۶ تا ۸ میلیون نفر در اثر پیامدهای ناشی از این مشکل و بیماری‌های مرتبط با آب جان خود را از دست می‌دهند. تاکنون فوتوکاتالیست‌های مختلفی برای حذف رنگ‌های ارگانیک و بیماری‌زا مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در بین فوتوکاتالیست‌های مختلف، نانومواد بر پایه کربن به‌دلیل سمیت کم، زیست‌سازگاری بالا، پایداری فیزیکی و شیمیایی، تهیه آسان و هزینه کم مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند [۱]. در میان این نانومواد، نقاط کوانتومی گرافن، یکی از خانواده‌های کربن صفر بعدی، به‌دلیل کاربرد آن‌ها در زمینه‌های مختلف از جمله تصویربرداری سلولی، دارورسانی، سلول‌های خورشیدی و تصفیه فاضلاب، توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند، اما به‌دلیل طیف جذب ضعیف آن‌ها در ناحیه مرئی نور، GQDs انتخاب خوبی برای تخریب فوتوکاتالیستی نیستند. برای تنظیم مؤثر ناحیه جذب GQDs، یک روش امیدوارکننده، آلیس GQDs با هترواتم‌هایی مانند نیتروژن و گوگرد است [۲]. آلائیده شده به‌طور قابل توجهی برای سنجش و کاربرد کاتالیزوری ساخته شده‌اند و انتخاب عناصر آلیس به ساختار و اندازه هترواتم‌ها بستگی دارد [۳]. امروزه N-GQDs با روش‌های مختلفی تهیه می‌شوند. هیدروترمال یک روش بسیار ساده، ارزان و دقیق است که ما برای تهیه GQDs لومینسانس آلائیده شده با نیتروژن گزارش می‌کنیم. عناصر نیتروژن می‌توانند با کربن در وسط یا روی لبه‌های ساختار جایگزین شوند و خواص نوری GQDs را با تغییر لبه‌های گاف انرژی یا ایجاد سطوح جدید انرژی بین آن‌ها اصلاح کنند [۴]. این فرآیند به بهینه‌سازی محل پیک لومینسانس و میزان فوتون‌های منتشر شده برای کاربردهای خاص کمک می‌کند. در این تحقیق N-GQDs با استفاده از اسید سیتریک و اوره به‌عنوان پیش‌ماده تهیه شدند. ما از مقدار زیادی آلیس نیتروژن برای گسترش طیف جذب در کل ناحیه نور (UV، Vis و IR) برای کاربردهای فوتوکاتالیستی استفاده کرده‌ایم. سپس فعالیت فوتوکاتالیستی نقاط کوانتومی گرافن آلائیده شده با نیتروژن با تخریب متیلن بلو به‌عنوان آلودگی آلی ارزیابی شد.

۲- بخش تجربی

۲-۱- ساخت N-GQDs

N-GQDs با استفاده از روش هیدروترمال تهیه شدند. در این روش، اسید سیتریک و اوره به‌ترتیب به‌عنوان منابع کربن و نیتروژن استفاده شدند. ابتدا ۰/۶ گرم اسید سیتریک و ۰/۷ گرم اوره در ۵۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه شده در دمای اتاق هم‌زده شد تا یک محلول شفاف به‌دست آید. سپس محلول در یک اتوکلاو قرار داده شد و به‌مدت ۵ ساعت در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد، در یک آون الکتریکی حرارت داده شد. سپس اتانول به محلول حاصل اضافه شد و به‌مدت ۲۰ دقیقه در ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و مایع رویی حاوی N-GQDs جمع‌آوری شد.

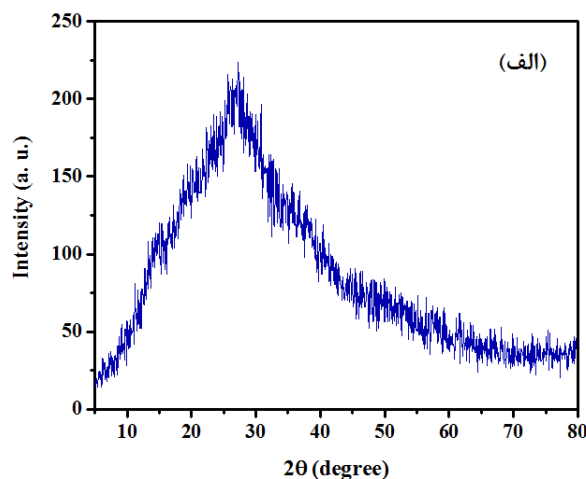
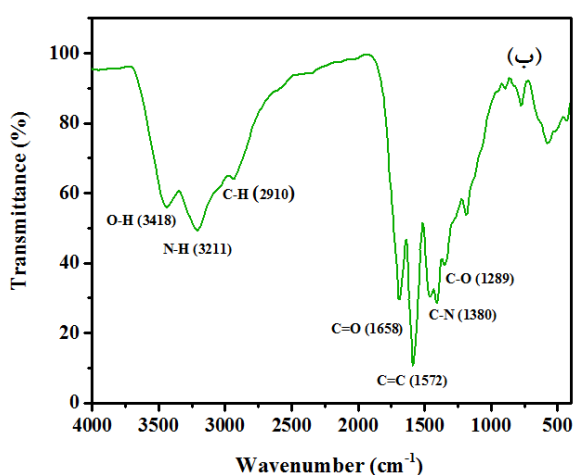
۲-۲- اندازه‌گیری فعالیت فوتوکاتالیستی

فعالیت فوتوکاتالیستی N-GQDs با تهیه مخلوطی حاوی ۰/۰۴ گرم N-GQDs در ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول آبی متیلن‌بلو، (۰/۶ میلی‌گرم در لیتر) مورد مطالعه قرار گرفت. مخلوط در دمای اتاق تحت تابش لامپ زنون (با توان ۵۰۰ وات) به‌عنوان منبع نور مرئی هم‌زده شد. غلظت متیلن بلو در محلول در فواصل زمانی مختلف توسط طیف‌سنجی UV-vis تعیین شد.

۳- بحث و نتایج

۳-۱- مورفولوژی و ترکیب شیمیایی N-GQDs

ماهیت کریستالی N-GQDs با استفاده از آنالیز XRD مورد بررسی قرار گرفت که نتایج به‌دست آمده در شکل ۱ الف ارائه شده است. الگوی پراش اشعه ایکس^۱ (XRD) یک پیک وسیع متمرکز در $2\theta \sim 27^\circ$ ، متعلق به صفحه کریستالوگرافی (۰۰۲) را نشان می‌دهد که به آرایش صفحات گرافن مانند مرتبط است و ساختار گرافیتی N-GQDs را تایید می‌کند. گستردگی پیک پراش مشاهده شده از ساختار آمورف و اندازه کوچک N-GQDs ناشی می‌شود [۵]. براساس گزارش‌ها، پیک (۰۰۲) برای N-GQDs در مقایسه با گرافیت بالک به زاویه کمتری منتقل می‌شود، که نشان می‌دهد N-GQDs فاصله بین لایه‌های بیشتری دارند. در واقع، حضور گروه‌های عاملی حاوی اتم‌های اکسیژن و نیتروژن روی سطح N-GQDs منجر به فاصله بین لایه‌های بیشتر در آن‌ها می‌شود [۶]. علاوه‌براین برای نمایش نوع پیوندهای شیمیایی N-GQDs از طیف‌سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز^۲ (FTIR) استفاده شد. همان‌طور که در شکل ۱ ب مشاهده می‌شود، طیف FTIR باند جذب گسترده‌ای را در حدود 3418 cm^{-1} نشان می‌دهد که به دلیل ارتعاش کششی O-H است. در این طیف، پیک واقع در 2910 cm^{-1} مربوط به ارتعاش کششی C-H است و یک پیک جذب ارتعاشی در 1658 cm^{-1} وجود دارد که به پیوند C=O در گروه کربوکسیل اختصاص دارد، در حالی که پیک‌های مشاهده شده در 1572 cm^{-1} و 1380 cm^{-1} ، به ترتیب به ارتعاشات خمشی C=C و C-O نسبت داده می‌شوند [۷]. همچنین، وجود پیک‌ها در 3211 cm^{-1} و 1380 cm^{-1} ، که مربوط به ارتعاش خمشی N-H و ارتعاش خمشی درون صفحه C-N است، آرایش موفق نیتروژن در شبکه GQDs را تایید می‌کند [۸]. شکل ۱ ج نیز تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی^۳ (FESEM) مربوط به N-GQDs و نتایج توزیع اندازه مربوطه را نشان می‌دهد. نانوذرات کروی شکل یکنواخت در تصویر کاملاً مشهود هستند. همچنین مشاهده می‌شود که توزیع اندازه ذرات در محدوده ۱۲-۴ نانومتر و اندازه متوسط ذرات حدود ۷ نانومتر است. از سوی دیگر، برای بررسی ترکیب عنصری N-GQDs طیف‌سنجی تفکیک انرژی پرتو ایکس^۴ (EDX) مورد استفاده قرار گرفت. همان‌طور که در شکل ۱ د نشان داده شده است، حضور عناصر N، O و C در ترکیب N-GQDs تایید می‌شود. همچنین درصد وزنی عناصر نشان می‌دهد که ۲۳ درصد نیتروژن با موفقیت در نمونه آلاینده شده است که ساخت نقاط کوانتومی گرافن آلاینده شده با نیتروژن زیاد را همان‌طور که انتظار می‌رفت تایید می‌کند.

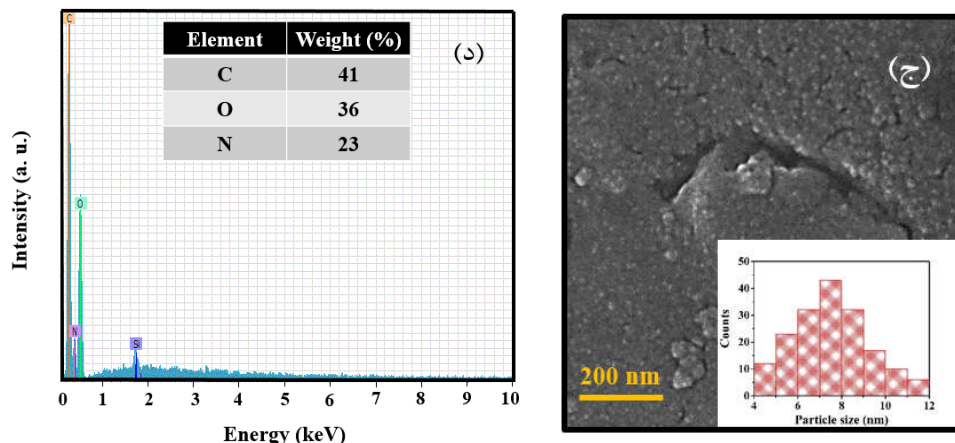


¹ X-Ray Diffraction

² Fourier Transforms Infrared

³ Field Emission Scanning Electron Microscope

⁴ Energy Dispersive X-ray



شکل ۱: الف) الگوی XRD، ب) طیف‌سنجی FTIR، ج) تصویر FESEM، د) طیف‌سنجی EDX نقاط کوانتومی گرافن آلائیده شده با نیتروژن

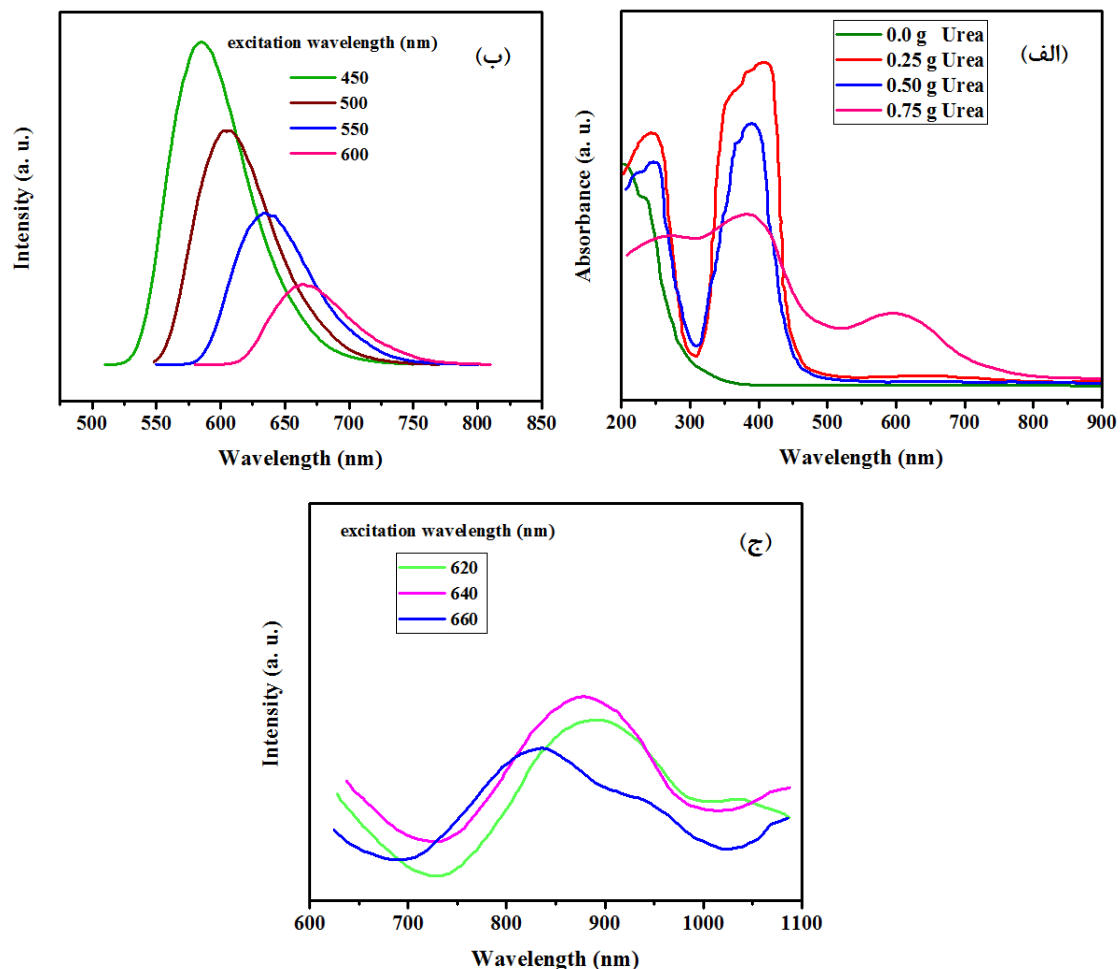
۳-۲- آنالیز نوری

در این تحقیق، به منظور بررسی اثر غلظت نیتروژن بر طیف جذب و گاف انرژی N-GQDs، از مقادیر مختلف اوره به هنگام تهیه N-GQDs استفاده شد و سپس خواص نوری نمونه‌ها توسط طیف‌سنجی UV-vis و فوتولومینسانس مورد مطالعه قرار گرفت. شکل ۲ الف طیف جذب UV-vis محلول N-GQDs با غلظت‌های مختلف اوره را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، دو پیک جذب در حدود ۲۴۱ و ۳۸۰ نانومتر وجود دارد. پیک در ۲۴۱ نانومتر مربوط به گذار $\pi-\pi^*$ پیوند دوگانه آروماتیک C=C است، در حالی که پیک در ۳۸۰ نانومتر به گذار $n-\pi^*$ پیوند دوگانه C=O یا C-N نسبت داده می‌شود [۹]. پیک جدید ظاهر شده در ۶۱۰ نانومتر و همچنین جذب ناحیه NIR به تشکیل الکترون‌های π مزدوج جزئی در N-GQDs با آرایش نیتروژن زیاد نسبت داده می‌شود. اندازه متوسط N-GQDs در حدود ۷ نانومتر برای ایجاد سیستم الکترون‌های π مزدوج جزئی برای جذب باند NIR کافی است. رابطه بین الکترون π و حوزه‌های^۱ ماکرومولکولی بزرگ با مکانیسم جذب NIR در اکسید گرافن مشاهده شد [۱۰]. این پیک‌ها می‌توانند منجر به سرعت بالاتر فعالیت فوتوکاتالیستی N-GQDs شوند. علاوه بر این همان‌طور که شکل ۲ الف نشان می‌دهد نمونه با بالاترین غلظت اوره، شدت پیک بالاتری در ناحیه مرئی داشت، غلظت‌های بالاتر (بیش از ۰/۷ گرم اوره) نیز آنالیز شد اما ترکیب ماده را مختل کرد و منجر به تشکیل ذراتی شد که نقطه کوانتومی نبودند. هدف از این کار افزایش جذب ساختار نقاط کوانتومی گرافن در ناحیه مرئی بود که با آرایش نیتروژن بررسی شد. به این ترتیب می‌توان تحریک را با فوتون‌های با انرژی کمتر انجام داد و تا حد امکان از نور مرئی در کاربردهای فوتوکاتالیستی استفاده کرد. بنابراین نمونه با بیشترین شدت جذب در ناحیه مرئی به عنوان نمونه بهینه انتخاب شد و آنالیزهای بعدی روی این نمونه انجام شد.

شکل ۲ ب و ج طیف فوتولومینسانس N-GQDs با طول موج‌های تحریک متفاوت را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود طیف فوتولومینسانس (PL) نشان‌دهنده انتشار وابسته به تحریک است. تحریک با طول موج‌های ۴۵۰-۶۰۰ نانومتر منجر به انتشار فوتولومینسانس با طول موج‌های بین ۶۰۰-۷۰۰ نانومتر شد (شکل ۲ ب) و تحریک با طول موج‌های ۶۴۰-۶۰۰ نانومتر منجر به انتشار فوتولومینسانس با طول موج حدود ۸۵۰ نانومتر شد (شکل ۲ ج) که به آرایش نیتروژن نسبت داده می‌شود و سطوح انرژی جدیدی را در میان گاف انرژی N-GQDs ایجاد می‌کند. به‌طور کلی، جذب نور مرئی در ساختار N-GQDs، منجر به انتشار فوتولومینسانس مرئی ناشی از آرامش ارتعاش و انتقال بین نوار الکترون‌های برانگیخته می‌شود و انتشار

¹ Domains

فوتولومینسانس NIR مربوط به پیوندهای جدید π ایجاد شده بین C و N است، زیرا الکترون‌های π برای برانگیختگی به انرژی کمتری نیاز دارند. در نمای ساختار نواری، حضور نیتروژن منجر به ایجاد حالت‌های انرژی جدید برای اکسیتون‌ها می‌شود. این حالات انرژی جدید می‌تواند احتمال بازترکیب الکترون-حفره را تغییر دهند. بنابراین فوتون‌های ساطع شده طیف وسیع‌تری از طول موج‌ها را پوشش خواهند داد.



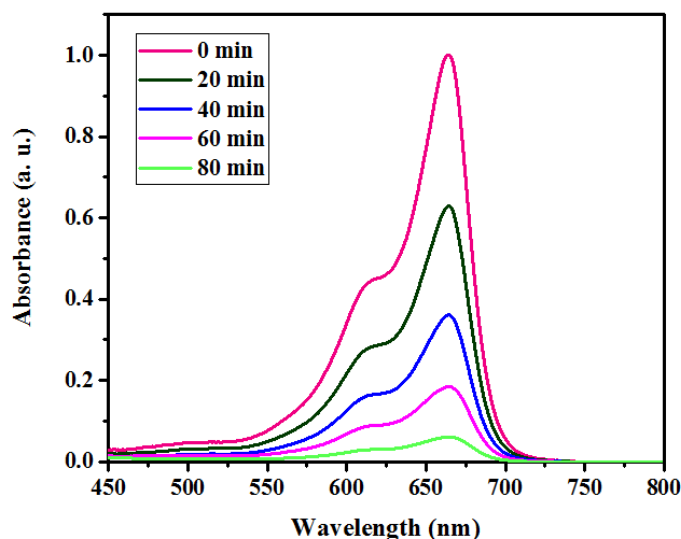
شکل ۲: (الف) طیف جذب UV-vis محلول N-GQDs با غلظت‌های مختلف اوره و (ب-ج) طیف نشر فوتولومینسانس N-GQDs با طول موج‌های تحریک مختلف

۳-۳- فعالیت فوتوکاتالیستی

عملکرد فوتوکاتالیستی N-GQDs برای تجزیه متیلن‌بلو به‌عنوان یک رنگ آلی بررسی شد. طیف جذب UV-vis محلول متیلن‌بلو تخریب شده در حضور N-GQDs در زمان‌های مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود شدت پیک جذب مشخصه متیلن‌بلو در طول موج ۶۷۰ نانومتر با افزایش زمان تابش نور مرئی کاهش می‌یابد، که نشان‌دهنده تخریب متیلن‌بلو توسط N-GQDs تهیه شده است. درصد تخریب متیلن‌بلو با استفاده از معادله زیر محاسبه شد [۱۱]:

$$\text{Degradation}\% = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 \quad (9)$$

که C_0 و C_t به ترتیب غلظت متیلن‌بلو در زمان ۰ و t هستند. حدود ۹۵٪ رنگ متیلن‌بلو پس از ۸۰ دقیقه تابش نور مرئی توسط N-GQDs تجزیه شد. درصد تخریب بالای متیلن‌بلو با نور مرئی مربوط به جذب گسترده، وجود یک پیک جدید PL در محدوده مرئی و موقعیت مناسب سطوح انرژی HOMO و LUMO در N-GQDs است. آرایش نیتروژن، سطوح انرژی را افزایش می‌دهد و با تشکیل پیوندهای جدید با کربن، حالت‌های غیرمحلی^۱ ایجاد می‌کند. برای توضیح نقش N-GQDs در تخریب نوری متیلن‌بلو، گاف انرژی N-GQDs اندازه‌گیری شد.

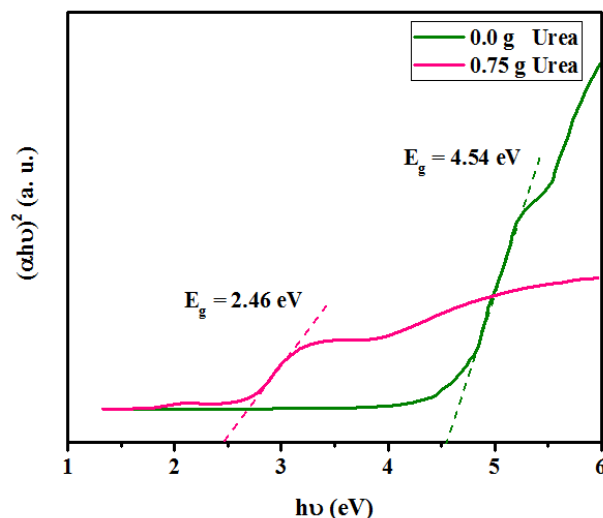


شکل ۳: طیف UV-vis محلول متیلن‌بلو در حضور N-GQDs تحت تابش نور مرئی

۳-۴- اندازه‌گیری گاف انرژی

برای بررسی تأثیر غلظت نیتروژن بر گاف انرژی نقاط کوانتومی گرافن، گاف انرژی با استفاده از رابطه تائوک^۲ [۱۲] تخمین زده شد که نتایج به‌دست‌آمده در شکل ۴ ارائه شده است. همان‌طور که شکل ۴ نشان می‌دهد، گاف انرژی برای GQDs و N-GQDs با بیشترین غلظت اوره به ترتیب ۴/۵۴ و ۲/۴۶ الکترون-ولت محاسبه شد که نشان می‌دهد با آرایش نیتروژن و افزایش سهم آن در ساختار، گاف انرژی در مقایسه با GQDs کاهش می‌یابد. این نتایج ارتباط بین غلظت بالای نیتروژن و ردشفت پیک جذب در بخش آنالیز تجربی را تأیید می‌کند.

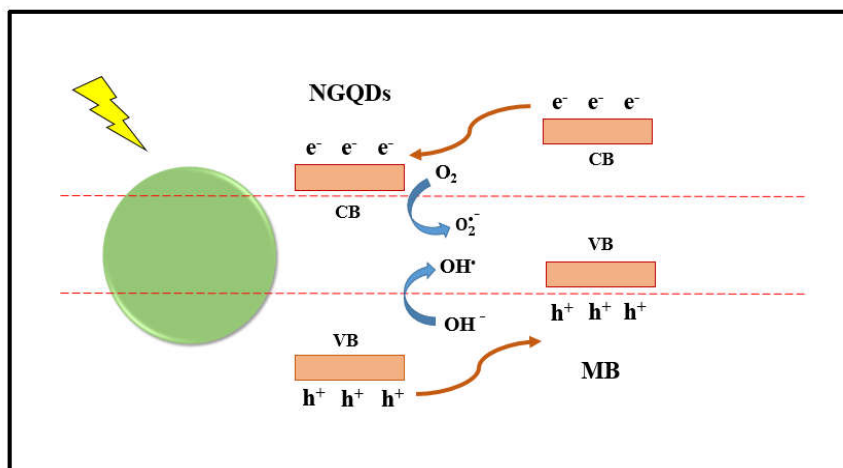
¹ Delocalized
² Tauc



شکل ۴: محاسبه گاف انرژی برای GQDs (نمودار سبز) و N-GQDs با بیشترین غلظت اوره (نمودار صورتی)

۳-۵- مکانیسم تخریب نوری متیلن‌بلو

مکانیسم فوتوکاتالیستی N-GQDs در شکل ۵ نشان داده شده است. N-GQDs با مساحت سطح بزرگ قادر به اتصال مولکول‌های متیلن‌بلو هستند. بنابراین رنگ متیلن‌بلو بیشتر می‌تواند با ترکیب فوتوکاتالیست برهمکنش داشته باشد که منجر به راندمان تخریب نوری بالا می‌شود. با تابش نور، الکترون‌های برانگیخته شده نوری از باند LUMO متیلن‌بلو به سمت باند LUMO در N-GQDs حرکت می‌کنند و حفره‌ها در جهت مخالف حرکت می‌کنند، این فرآیند با به دام انداختن الکترون‌ها از ساختار آن، متیلن‌بلو را تخریب می‌کند. از طرف دیگر، الکترون‌ها با اکسیژن محلول واکنش می‌دهند و رادیکال‌های سوپراکسید فعال تولید می‌کنند و حفره‌ها توسط یون‌های هیدروکسیل در سطح فوتوکاتالیست به دام می‌افتند تا رادیکال‌های هیدروکسیل (OH^\bullet) تولید کنند. رادیکال‌های فعال تولید شده با متیلن‌بلو جذب شده روی سطح فوتوکاتالیست واکنش داده و مولکول‌های رنگ را تجزیه می‌کنند. سطوح جدید ایجاد شده توسط نیتروژن، گاف انرژی را کوچک‌تر می‌کند و به الکترون‌های با انرژی کمتر کمک می‌کند تا در این فرآیند شرکت کنند، بنابراین منجر به ایجاد حفره‌های بیشتری می‌شود که می‌توانند الکترون‌های متیلن‌بلو را به دام ببندازند.



شکل ۵: مکانیسم فوتوکاتالیستی N-GQDs

۶- نتیجه‌گیری

نقاط کوانتومی گرافن آلانید شده با نیتروژن با طیف جذب گسترده با استفاده از روش هیدروترمال و با اسید سیتریک و اوره تهیه شد. رابطه تائوک برای اندازه‌گیری گاف انرژی مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به اندازه گاف انرژی و انتشار نور N-GQDs تهیه شده، آن‌ها می‌توانند در طیف گسترده‌ای از کاربردها مانند فوتوکاتالیست‌ها، سلول‌های خورشیدی، تصفیه آب و دستگاه‌های ساطع کننده نور مورد استفاده قرار گیرند. به‌عنوان مثال، عملکرد فوتوکاتالیستی N-GQDs برای تجزیه متیلن‌بلو به‌عنوان یک رنگ آلی مورد بررسی قرار گرفت و حدود ۹۵٪ متیلن‌بلو پس از ۸۰ دقیقه تابش نور مرئی تخریب شد. درصد تخریب بالای متیلن‌بلو با نور مرئی مربوط به جذب گسترده، وجود یک پیک جدید PL در محدوده مرئی و موقعیت مناسب سطوح انرژی HOMO و LUMO در N-GQDs است.

مراجع

1. Patel KD, Singh RK, Kim HW. Carbon-based nanomaterials as an emerging platform for theranostics. 2019;6:434-69.
2. Qu D, Zheng M, Li J, Xie Z, Sun Z. Tailoring color emissions from N-doped graphene quantum dots for bioimaging applications. 2015;4:e364-.
3. Liu ML, Chen BB, Li CM, Huang CZ. Carbon dots: synthesis, formation mechanism, fluorescence origin and sensing applications. 2019;21:449-71.
4. Bulusheva LG, Okotrub AV, Fedoseeva YV, Kurenaya AG, Asanov IP, Vilkov OY, Koós AA, Grobert N. Controlling pyridinic, pyrrolic, graphitic, and molecular nitrogen in multi-wall carbon nanotubes using precursors with different N/C ratios in aerosol assisted chemical vapor deposition. 2015;17:23741-7.
5. Wei B, Dong F, Yang W, Luo C, Dong Q, Zhou Z, Yang Z, Sheng L. Synthesis of carbon-dots@SiO₂@TiO₂ nanoplatform for photothermal imaging induced multimodal synergistic antitumor. 2020;23:13-23.
6. Shen C, Wang J, Cao Y, Lu Y. Facile access to B-doped solid-state fluorescent carbon dots toward light emitting devices and cell imaging agents. 2015;3:6668-75.
7. Giovannetti R, Rommozzi E, Zannotti M, D'Amato CA. Recent advances in graphene based TiO₂ nanocomposites (GTiO₂Ns) for photocatalytic degradation of synthetic dyes. 2017;7:305.
8. Van Tam T, Trung NB, Kim HR, Chung JS, Choi WM. One-pot synthesis of N-doped graphene quantum dots as a fluorescent sensing platform for Fe³⁺ ions detection. 2014;202:568-73.
9. Sun X, Li HJ, Ou N, Lyu B, Gui B, Tian S, Qian D, Wang X, Yang J. Visible-light driven TiO₂ photocatalyst coated with graphene quantum dots of tunable nitrogen doping. 2019;24:344.
10. Sun X, Liu Z, Welsher K, Robinson JT, Goodwin A, Zaric S, Dai H. Nano-graphene oxide for cellular imaging and drug delivery. 2008;1:203-12.
11. Jassal V, Shanker U, Kaith BS, Shankar S. Green synthesis of potassium zinc hexacyanoferrate nanocubes and their potential application in photocatalytic degradation of organic dyes. 2015;5:26141-9.
12. Martins NC, Ângelo J, Girão AV, Trindade T, Andrade L, Mendes A. N-doped carbon quantum dots/TiO₂ composite with improved photocatalytic activity. 2016;193:67-74.

Synthesis of Titanium dioxide nanoparticles using turnip extract and investigating the effect of extract concentration on the size of nanoparticles

Hourie Zareie^{1*}, Sousan Rasouli¹, Vania Omidvarfard¹

1-Department of Nanomaterials & Nanocoatings, Institute for Color Science and Technology, Tehran, Iran

*Corresponding author: nanomehraban@yahoo.com

Abstract

Green synthesis is considered to be an eco-friendly and sustainable approach. Various plant parts and their extracts are used. The green synthesis procedure is an easy process to produce nanoparticles. The present study deals with the synthesis of titanium dioxide nanoparticles using turnip extract. Also, the effect of two different extract concentrations on the property of nanoparticles is investigated. In this research, green synthesis as an eco-friendly and cost-effective method is used. The white color dispersion shows the formation of TiO₂ NPs during the chemical process. The SEM image of titanium NPs in both samples reveals the spherical-shaped NPs. The obtained results have revealed that the property of TiO₂ nanoparticles was similar in both processes except for the size of the nanoparticles. More turnip extract concentration results in bigger titanium NPs. The EDS analysis shows the presence of titanium and oxygen.

Key words: Green synthesis, Nanoparticles, Turnip, TiO₂

1. Introduction

Titanium dioxide (TiO₂) is majorly consisting of two forms (crystalline and amorphous). Titanium dioxide nanoparticles (TiO₂ NPs) are used widely because of features like inexpensiveness, high chemical stability, and strong oxidizing power. The oxygen vacancies present in the lattice of TiO₂ are due to oxygen separation and emission of electrons. The main limitations of using TiO₂ NPs are the electron-hole recombination and the small surface area [1]. TiO₂ is the most used photocatalyst to degrade antibiotics and other organic pollutants. Due to its high energy efficiency, high photocatalytic activity, low cost, non-toxic, and high stability. TiO₂ is an N-type semiconductor, having an energy gap of 3.2 electron volts. Due to this reason, TiO₂ uses UV light rather than visible light [2]. Despite the drawbacks, TiO₂ NPs have a wide range of applications in cosmetics in lotions, creams, skin ointments, ultraviolet radiation, papers, food colorants, paints, and inks. It has a wide range of applications in the electronic field, such as solar cells, various types of electrodes, and photovoltaic cells. TiO₂ NPs are also used in the catalysis food industry.

Another application of TiO₂ NPs is biomedical, for example, in cancer therapy, drug delivery, cell imaging, and biosensors [3]. As the surface area of TiO₂ NPs is very small, the surface area must be increased for the electrical optical properties. The physical and chemical properties of TiO₂ NPs can be changed by particle size crystalline phase. In organic reactions, TiO₂ NPs are used as a catalyst that enhances the reaction rate [4]. Green synthesis of nanoparticles using different biological metabolites can help overcome chemical and physical methods because there is little use of chemicals and other agents during biological synthesis. Green synthesis is the most skillful, normally flexible, biologically sound, and practical technique for the synthesis of nanoparticles. Regular concentrates from various plants are being utilized as the reducing and capping agent in green science. In the green synthesis of

nanoparticles, the correlation between chemical science, biological science, and industrial engineering is used to produce nanoparticles that can be used for commercial activities [5].

2. Experimental

Fresh Turnips were well washed with the flowing water to remove the dust particles from their surface. The Turnips were further rinsed with the DI water followed by the drying process at room temperature. The chopped Turnips were kept at room temperature for 10 days and transferred to the grinder to crush into a fine powder. For the first sample, it is used 1gm of prepared Turnip powder was well mixed with 50 ml of Etanol for 15 min at 50 °C. After the color change in liquid, the extract was cooled until attaining room temperature and filtered using Whatman filtersheets. Then 20cc of obtained solution extract is added to 4cc of Titanium Isopropoxide and kept under stirring for 15min by 3rpm. For the second sample, 10 grams of prepared Turnip powder was well mixed with 50 ml of Etanol for 15 min at 50 °C. After the color change in liquid, the extract was cooled until attaining room temperature and filtered using Whatman filtersheets. Then 20cc of obtained solution extract is added to 4cc of Titanium Isopropoxide and kept under stirring for 15min by 3rpm. During the green synthesis process, the colloidal solution turns from white to yellowish-grey, which indicates the formation of titanium dioxide nanoparticles. The white color dispersion shows the formation of TiO₂ NPs during the chemical process.

3. Results and discussion

3-1- Scanning Electron Microscope

The Surface morphology of TiO₂ nanoparticles was visualized using FESEM. TiO₂ nanoparticles are spherical shapes in both samples as fig 1 and 2 show. Therefore, concentration of extract does not change their shapes. But in sample1 with less concentration it can be seen that the size of TiO₂ nanoparticles are smaller than those in sample2. Meanwhile, concentration of turnip extract changes the size of TiO₂ NPs. More turnip extract concentration results bigger TiO₂ NPs.

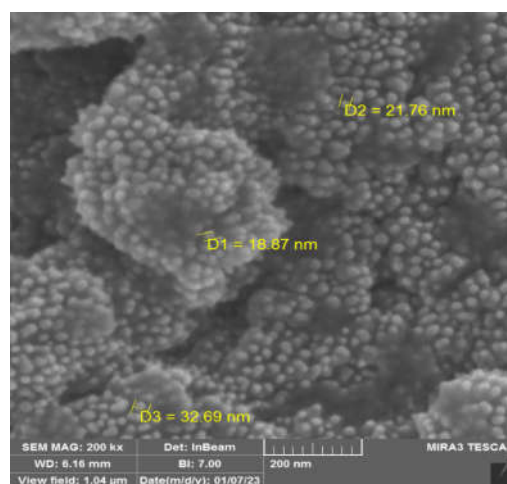


Fig. 1: FESE image of TiO₂ nanoparticles of sample 1.

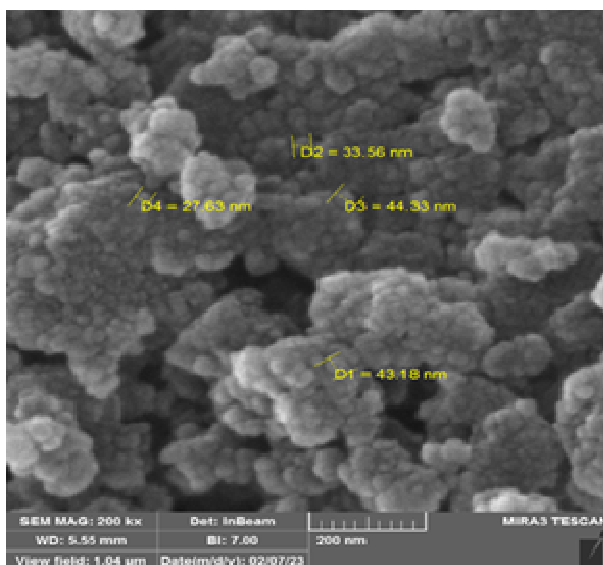


Fig. 2: FESE image of TiO_2 nanoparticles of sample2

3-2- EDS analyzing

EDS spectrum is used to determine its homogeneity and its elemental distribution of elements in the investigated compound. The elemental analysis of the chemical compounds was investigated through EDS spectra. Figures 3 and 4 show the EDS spectra of samples. The elements present in the synthesized TiO_2 NPs are Titanium (Ti), and oxygen (O). In both samples, peaks of Ti element are highly more compared to the peak of oxygen. EDS shows 40.65 for atomic weight percentage of Ti and 52.23 for atomic weight percentage of O in sample 1. But it shows 48.65 for atomic weight percentage of Ti and 50.24 for atomic weight percentage of O in sample 2. The atomic weight percentage of the Ti and O of NPs in samples 1 and 2 are tabulated in Table1 and 2.

Table 1: Weight percentage of elements in sample1

Element	W%
Ti	40.65
O	52.23

Table 2: Weight percentage of elements in sample2

Element	W%
Ti	48.65
O	50.24

The elemental analysis of the chemical compounds was investigated through EDS spectra. Figures 3 and 4 show the EDS spectra of TiO_2 NPs. The elements present in the synthesized TiO_2 NPs are Titanium (Ti), and Oxygen (O). In the sample2, TiO_2 NPs, the composition of the titanium element is high compared to oxygen content.

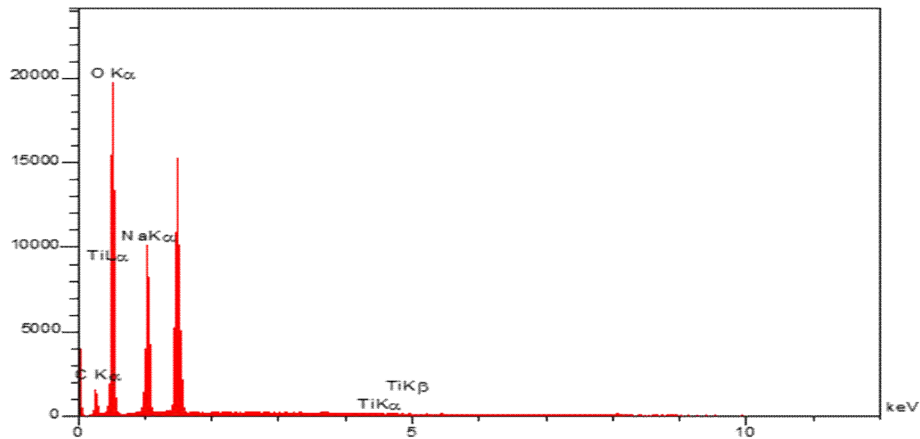


Fig. 3. EDS of sample1

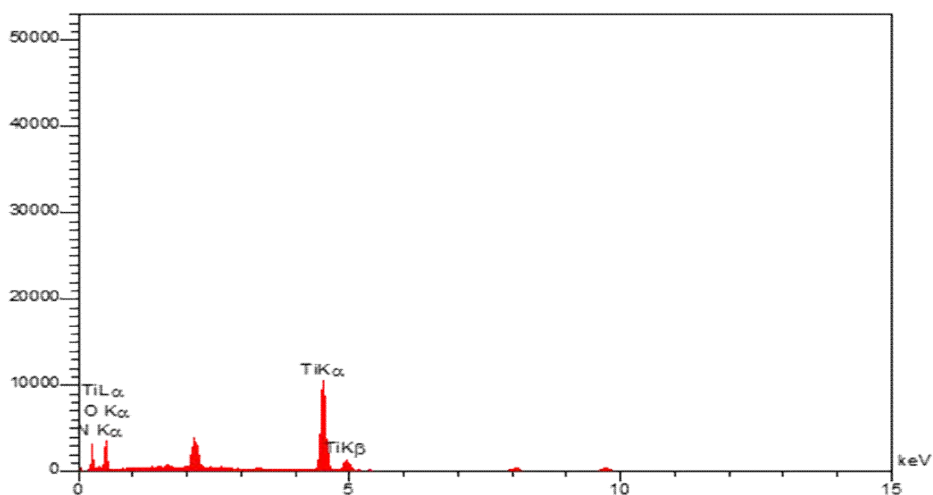


Fig. 4. EDS of sample2

4. Conclusions

In this work it was demonstrated that green synthesis procedure is an easy process to produce TiO₂ nanoparticles using turnip extract. Investigation of the effect of two different extract concentrations on the property of nanoparticles showed that more turnip extract concentration results in bigger titanium NPs. The SEM image of titanium NPs reveals the spherical-shaped NPs. In any concentration. It could be concluded that green synthesis is considered to be an eco-friendly and sustainable approach.

5. Acknowledgments

Thank Narges Bahadorifar for her support.

References

1. Nabi G, Raza W, Tahir M.B. Green synthesis of TiO₂ nanoparticle using cinnamon powder extract and the study of optical properties. *J.Inorg. Organomet. Polym Mater*, 2018;1425.

2. Duong Th, Minh I, High efficiency degradation of tetracycline antibiotic with TiO₂ - SiO₂ photocatalyst under low power of simulated solar light irradiation. AIP Conference Proceedings 2085, American Institute of Physics,2019; 020020.
3. Nabi G, Qurat-ul-Aain, Khalid N.R, Bilal Tahir M, Rafique M, Rizwan M, Hussain S, Tahir I, Majid A. A review on novel eco-friendly green approach to synthesis TiO₂ nanoparticles using different extracts. J. Inorg. Organomet. Polym. Mater, 2018 ;28:1552.
4. Swathi N, Sandhiya D, Rajeshkumar S, Lakshmi T. Green synthesis of titanium dioxide nanoparticles using Cassia Fistula and its antibacterial activity. Int. J. Res. Pharm. Sci., 102019 ;10:856.
5. Salem S.S, Fouda A. Green synthesis of metallic nanoparticles and their prospective biotechnological applications: an overview, Biol. Trace Elem. Res.,2021; 199:344.

تأثیر سرخ کردن در مایکروویو بر کاهش جذب روغن قارچ خوراکی پوشش دهی شده با آرد ذرت

عباسعلی ساری^{۱*}، حدیث کهریزی^۲، امیر دارائی گرمه خانی^۳

۱- استادیار، گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکده پیرادامپزشکی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران،
sari@basu.ac.ir

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکده پیرادامپزشکی، دانشگاه بوعلی سینا،
همدان، ایران.

۳- دانشیار، گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده فنی و منابع طبیعی تويسرکان، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: sari@basu.ac.ir

The effect of microwave assisted frying on the oil reduction of edible mushroom coated with corn flour

Abbas Ali Sari^{1*}, Hadis Kahrizi², Amir Daraei Garmakhani³

1 -Assistant Professor, Department of Food Hygiene and Quality Control, Faculty of Veterinary Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, sari@basu.ac.ir

2 -MSc graduated, Department of Food Hygiene and Quality Control, Faculty of Veterinary Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

3-Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Engineering and Natural Resources of Toyserkan, Bu-Ali Sina University, Hamadan

*Corresponding author: sari@basu.ac.ir

ABSTRACT

With increasing awareness of consumers, the demand for food products has increased with less oil. Coating foods before frying is one of the most desirable methods to reduce oil absorption in fried products. In this study, the effect of different corn flour concentrations (0, 1, 2 and 3%), on reducing oil reduction of fried edible mushroom was investigated. The results showed that the used coatings significantly reduced oil uptake in the final product ($P < 0.05$). The highest amount of fat reduction was related to the samples coated with 3% corn flour and the lowest fat reduction was related to control samples. It can be concluded that natural coatings can be used in the production of frying products.

Key words: Edible mushrooms, Corn flour, Microwave frying, Oil uptake.

چکیده

با افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان درخواست و تقاضا برای محصولات غذایی با مقدار روغن کمتر افزایش پیدا کرده است. پوشش دهی مواد غذایی قبل از سرخ کردن یکی از روش‌های مطلوب جهت کاهش جذب روغن در محصولات سرخ شده هست. در این تحقیق تأثیر پوشش‌های متفاوت آرد ذرت (صفر، ۱، ۲ و ۳ درصد)، بر کاهش

جذب روغن قارچ خوراکی سرخ‌شده مورد بررسی قرار گرفت. بررسی‌ها نشان داد که پوشش دهی به‌طور معنی داری موجب کاهش جذب روغن در محصول نهایی شد ($P < 0.05$). بیشترین مقدار کاهش چربی مربوط به نمونه‌های پوشش داده‌شده با آرد ذرت ۳ درصد و کمترین کاهش چربی مربوط به نمونه‌های شاهد بود. می‌توان نتیجه گرفت که پوشش‌های طبیعی در تولید محصولات سرخ‌کردنی قابلیت مصرف را دارند.

واژه‌های کلیدی: قارچ خوراکی، آرد ذرت، سرخ کردن در مایکروویو، جذب روغن.

۱- مقدمه

با افزایش جمعیت و بالا رفتن قیمت مواد غذایی خصوصاً منابع پروتئینی باکیفیت بالا باعث شده در سال‌های اخیر توجه شایانی به منابع غذایی کشاورزی گردد (۱). قارچ‌ها با دارا بودن ارزش غذایی بالا و منبع سرشار از پروتئین نسبت به سایر محصولات باغی و داشتن بافت نرم، فعالیت آبی بالا و نداشتن پوشش محافظ طبیعی پس از برداشت محصول عمر کوتاهی دارند و در برابر صدمات و آسیب‌های مکانیکی بسیار حساس و ظریف‌اند (۲). امروزه انواع مختلف قارچ‌های خوراکی به‌عنوان یک غذای پروتئین‌دار در رژیم غذایی انسان‌ها خصوصاً کشورهای در حال توسعه که گوشت کم است مورد توجه قرار گرفته است. قارچ‌ها از جهت ارزش غذایی برتر از سایر انواع سبزیجات هستند. برای مثال قارچ‌های کوچک صدفی از ۱۰ درصد ماده خشک تشکیل شده است؛ که دو سوم آن از پروتئین و یک‌سوم مانده از کربوهیدرات‌ها تشکیل شده (۳). قارچ دکمه‌ی (*Agaricus Bisporus*) در حال حاضر در هشتاد کشور جهان به‌عنوان یک منبع غذایی و پروتئینی مهم و مناسب برای انسان کشت می‌شود همچنین برای پیشگیری و درمان برخی از بیماری‌ها مانند سرطان و بیماری‌های قلبی شناخته‌شده است (۱).

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد مورد استفاده

در این تحقیق قارچ خوراکی از بازار شهر همدان خریداری شد. آرد ذرت در غلظت‌های (۱، ۲، ۳ درصد) و آرد سوخاری در غلظت‌های (۱، ۲، ۳ درصد) استفاده شد. روغن مایع مخصوص سرخ کردن (شرکت آفتاب، ایران) تهیه شد. دستگاه ماکروویو ۹۰۰ وات (مدل MWS-280GS ساخت شرکت اسماری ایران)، آون (ساخت شرکت فن آزما گستر کشور ایران)، شیکر لوله (مدل لایبیکو شرکت پارس خزر، ایران)، ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۱ (ساخت شرکت A&D ژاپن).

۲-۲- تهیه‌ی محلول‌های پوششی

برای تهیه‌ی محلول‌های پوشش دهی از آرد ذرت و آرد سوخاری به این صورت انجام شد که ابتدا محلول‌ها در غلظت‌های ۱، ۲، ۳ درصد به‌صورت وزنی حجمی با آب مقطر در دمای محیط تهیه شد و برای جلوگیری از ته‌نشین شدن آرد محلول‌های تهیه‌شده را بر روی شیکر تا زمان استفاده قرار داده شد.

۲-۳- تهیه نمونه‌ها و شرایط سرخ کردن

برای تهیه نمونه‌ها، قارچ‌ها را شستشو داده و چند دقیقه زمان داده شد که رطوبت اضافی آن‌ها خشک شود و پس از گرفتن رطوبت برای هر تیمار مقداری قارچ انتخاب شد. نمونه‌ها توزین شد و به مدت ۱ دقیقه در پوشش‌ها (نسبت محلول به قارچ ۳ به ۱) غوطه‌ور شده، سپس روی صافی قرار گرفتند تا محلول اضافی آن‌ها خارج شود و مجدداً توزین شدند، بعد از پوشش دهی و توزین نمونه‌ها در مایکروویو در روغن سرخ‌کردنی آفتابگردان در پاور ۱۸۰ و به مدت زمان‌های مختلف سرخ شدند. نمونه‌ها پس از سرخ شدن روی صافی قرار گرفتند تا روغن اضافی خارج شد، پس از حذف روغن اضافی، نمونه‌ها توزین شدند. پس‌ازاین مرحله نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت درون آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و مجدداً توزین

شدند پس از مرحله آون گذاری نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت به منظور حذف روغن اضافی درون آن‌ها قرار داده شدند و سپس بار دیگر درون آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و توزین گردیدند.

۲-۴- اندازه گیری میزان کاهش چربی به علت پوشش دهی

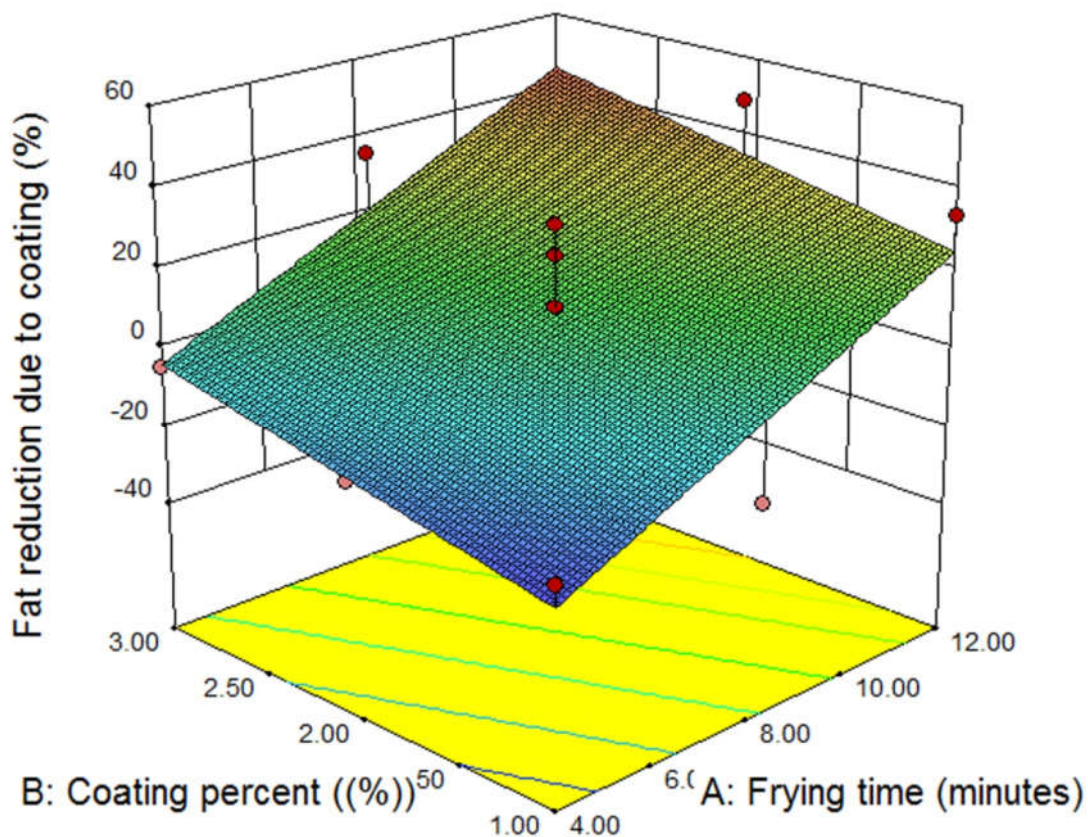
کاهش چربی به علت پوشش دهی از فرمول زیر محاسبه می‌گردد (۴).

$$100 \times (\text{میزان چربی شاهد} / \text{میزان چربی نمونه پوشش‌دار} - \text{میزان چربی بدون پوشش}) = \text{کاهش چربی به علت پوشش دهی}$$

پوشش دهی

۳- نتایج

منحنی سه‌بعدی تغییرات درصد کاهش چربی به علت پوشش دهی در شکل ۱ ارائه شده است. همان‌طوری که ملاحظه می‌شود در زمان ثابت سرخ کردن با افزایش غلظت پوشش دهی میزان درصد کاهش چربی به علت پوشش دهی افزایش می‌یابد. در غلظت ثابت پوشش دهی با افزایش زمان سرخ کردن نمونه‌های قارچ میزان درصد کاهش چربی به علت پوشش دهی افزایش می‌یابد به گونه‌ای که ماکزیمم میزان درصد کاهش چربی به علت پوشش دهی در زمان (۱۱.۹) اتفاق افتاده است. با توجه به شکل مشاهده شد که تأثیر زمان سرخ کردن و غلظت پوشش بر روی فاکتور درصد کاهش چربی به علت پوشش دهی به یک اندازه بوده است.



شکل ۱- نمودار سه بعدی تأثیر میزان پوشش دهی با آرد ذرت و زمان سرخ کردن در مایکروویو بر کاهش چربی

بعلت پوشش دهی

۴- بحث و نتیجه‌گیری

مقدار جذب روغن و کاهش رطوبت دو عامل اصلی و مهم در پدیده جابجایی جرم طی سرخ کردن عمیق می‌باشند که مستقیم به دما و زمان سرخ کردن بستگی دارد. دمای بالای سرخ کردن عمیق سبب تبخیر تدریجی آب از ماده غذایی به محیط سرخ شونده می‌شود و در مقابل بر طبق مکانیسم جابجایی و انتقال جرم، جذب روغن از طریق ماده غذایی صورت می‌گیرد. با توجه به اینکه جذب روغن یک پدیده سطحی است روغن می‌تواند در جاهایی که آب تبخیر می‌شود نفوذ کند. در مطالعه ای، استفاده از پوشش‌های خوراکی و هیدرو کلئیدها را در تولید خلال سیب‌زمینی سرخ‌شده کم‌چرب (french fries) بررسی شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داده که نمونه‌های پوشش دهی شده با صمغ زانتان و پکتین و ترکیب پکتین و کریوکسی متیل سلولز حاوی بیشترین رطوبت بوده است (۵). شواهد نشان می‌دهد که افزایش تبخیر آب در حین سرخ شدن سبب آسیب زیاد به پوسته می‌شود که نشان دهنده ارتباط بین میزان تخلخل و جذب روغن با مقدار رطوبت محصول قبل از سرخ کردن است. در حقیقت میزان رطوبت تبخیر شده از محصول پس از سرخ کردن کنترل کننده‌ی مقدار روغن جذب شده می‌باشد. از آنجا که روغن تنها می‌تواند در جاهائیکه آب تبخیر شده است نفوذ کند، بنابراین نفوذ روغن تنها در جاهائیکه دما به طور قابل توجهی بالا است یعنی در پوسته رخ می‌دهد. برخی مطالعات نشان می‌دهند که روغن به سختی به مرکز ماده سرخ شده نفوذ می‌کند و ساختار میکروسکوپی پوسته فاکتور تعیین کننده اصلی در جذب روغن می‌باشد (۵، ۶، ۷، ۸ و ۹). در تحقیقی در فرمولاسیون خمیرهای پوششی از صمغ گوار (۱-۲۵ درصد) استفاده کردند. نتایج نشان داد که مقدار روغن نمونه‌های پوشش‌دهی شده در حین سرخ کردن نسبت به نمونه‌های کنترل ۲۲-۹/۷ درصد کاهش یافت (۱۰). در مطالعه ساری و همکاران (۲۰۲۰) نمونه‌های دارای پوشش با غلظت ۵ درصد آرد گندم، مقدار روغن کمتری را نیز جذب کرده و بالاترین میزان کاهش چربی به علت پوشش دهی را دارا بودند و بنابراین پیشنهاد نمودند که می‌توان از پوشش آرد گندم به عنوان عاملی جهت کاهش میزان جذب روغن در حین سرخ کردن قطعات گوشت مرغ استفاده نمود بدون اینکه تأثیر نامطلوبی بر روی خواص حسی و ظاهری محصول به جا بگذارد (۱۱). نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه حاضر نشان می‌دهد که پوشش‌دهی با پوشش‌های آرد ذرت و آرد سوخاری به سبب خاصیت سد کنندگی باعث کاهش اتلاف رطوبت قارچ‌ها در هنگام سرخ کردن شده و با توجه به نقش کنترل‌کنندگی آن در میزان جذب روغن، در کلیه نمونه‌های پوشش دهی شده در مقایسه با نمونه شاهد کمتر است. در پوشش‌های مورد مطالعه آرد ذرت ۳٪ میزان کاهش چربی بالایی را نشان داد. پوشش‌دهی سبب افزایش رطوبت قارچ‌های سرخ‌شده در مقایسه با نمونه‌های شاهد شد. تقریباً کلیه‌ی پوشش‌های استفاده شده سبب افزایش حفظ رطوبت قارچ‌های سرخ‌شده در مایکروویو شدند؛ که در این میان پوشش آرد ذرت ۳٪ بیشترین مقدار افزایش رطوبت را داشت و پوشش ۱/۵٪ آرد سوخاری کمترین مقدار را دارا بود.

مراجع

- ۱- سیاهرودی سجاد، آریایی. علی، فتحی، اسماعیل. ۱۳۹۴. اثر پوشش ژل آلونته ورا به همراه عصاره گزنه بر روی عمر نگهداری قارچ خوراکی در شرایط سرد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت ا...آملی.
- 2-Ares, G., C. Lareo & P. Lema. 2007. Modified atmosphere packaing for postharrest storage of mushrooms. Review Fresh production 1:32-40.
- ۳- نسیمی، علی ضرورت تحول در کشاورزی کاربردی نیاز اهمیت غذایی ایران و دیگر کشورهای درحال توسعه. ۱۳۸۷. پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشور. صفحات ۷-۱۴.
- 4-Gamble M.H. Rice P. & Selman, J.D. 1987b. Distribution and morphology of oil deposits in some deep-fried products. Journal of Food Science, 52, 1742.
- 5-Daraei Garmakhany, A., Aghajani, N, Kashiri. M. 2011. Use of hydrocolloids as edible covers to produce low fat French fries. Latin American Applied Research. 41, 211-216.

6-Pinthus, E. J. Weinberg, P. & Saguy, I. S. 1993. Criterion for oil uptake during deep-fat frying. Journal of Food Science, 58, 204-205.

۷-عابد پور، ل. دهقان نیا، ج. ۱۳۹۵. بررسی میزان جذب روغن طی فرآیند سرخ کردن عمیق قطعات سیب زمینی پیش تیمار شده با فراصوت و آبیگری اسمزی، مجله ی علوم و صنایع غذایی، دوره ۱۳، شماره ۵۰، ۹۴-۷۹.

۸- زمانی قلعه شاهی، ع. فرهوش، ر. رضوی، م. ع. ۱۳۹۴. ارزیابی اثر صمغ دانه ریحان بر میزان جذب روغن و خواص فیزیکی خلال‌های سیب‌زمینی طی سرخ‌کردن عمیق، پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، سال ۱۱، شماره ۴، ۳۱۸-۳۰۹.

9-Stier, R. & Blumenthal, M. 1990. Heat transfer in frying. Baking and snack systems. Journal of Food Engineering. 12, 15-19.

10-Patil, S. J. Singhal, R. S. & Kulkarni, P. R. 2001. Screening of different hydrocolloids for improving the quality of fried Papad. European Journal of Lipid Science and Technology, 103, 722-728.

11-Sari, A.A., Mirmoeini, S., & Daraei Garmakhani, A. 2020. Effect of Wheat Flour and Salt Coating on Oil Uptake and Sensory Properties of Fried Chicken Meat. Journal of Food Technology and Nutrition, 17(Spring 2020), 81-90.

هوش مصنوعی در مدیریت ارتباط با مشتریان

سهیلا محمدزاده ونستان^{۱*}، رحیم عابدی^۲

۱- کارشناسی ارشد مدیریت بازرگانی دانشگاه ارومیه

۲- استادیار دانشگاه ارومیه

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: r_abedi111@yahoo.com

Artificial intelligence in customer relationship management

Soheila Mohammadzadeh Vanestan^{1*}, Rahim Abedi²

1. MSC of Business Administration, Department of Management, Urmia University
so.mohammadzadeh@yahoo.com

2. Ph.D. strategic Management, Assistant Professor, Department of Management, Urmia University

*Corresponding author: r_abedi111@yahoo.com

ABSTRACT

The customer relationship management system integrated with artificial intelligence is one of the latest technology applications in management, which has transformed the power of organizations to analyze a huge amount of customer data. The output of the customer relationship management system integrated with artificial intelligence is used to better understand the customer and the business environment, and as a result, effectively respond to environmental opportunities and challenges and manage them. By using this system, organizations develop their agility in customer-related processes and succeed in gaining an advantage by accurately responding to their demands in a better way than other competitors, that is, by providing them with a distinct value and creating a win-win situation. They will be stable competitive and improve their performance. In this research, the application of artificial intelligence in customer relationship management systems has been investigated and expressed.

Key words: Artificial intelligence, customer relationship management system, customer relationship management integrated with artificial intelligence

چکیده

سیستم مدیریت روابط با مشتری ادغام شده با هوش مصنوعی از جدیدترین کاربردهای فناوری در مدیریت می‌باشد که قدرت سازمان‌ها را برای تجزیه و تحلیل حجم عظیمی از داده‌های مشتریان متحول کرده است. از خروجی سیستم مدیریت روابط با مشتری ادغام شده با هوش مصنوعی، برای شناخت بیشتر مشتری و محیط کسب و کار و در نتیجه پاسخگویی مؤثر به فرصت‌ها و چالش‌های محیطی و مدیریت آن‌ها استفاده می‌شود. سازمان‌ها با استفاده از این سیستم، چابکی خود را در فرآیندهای مربوط به مشتری توسعه می‌دهند و از طریق پاسخگویی دقیق به خواسته‌های آن‌ها، به نحوی بهتر از سایر رقبا یعنی با ارائه‌ی ارزشی متمایز برای آن‌ها و ایجاد حالت برنده _ برنده، موفق به کسب مزیت رقابتی پایدار و ارتقاء عملکرد خود خواهند شد. در این تحقیق به بررسی و بیان کاربردهای هوش مصنوعی در سیستم‌های مدیریت روابط با مشتری پرداخته شده است.

کلمات کلیدی: هوش مصنوعی، سیستم مدیریت روابط با مشتری، مدیریت روابط با مشتری ادغام شده با هوش مصنوعی

۱- مقدمه

در گذر زمان، پیشرفت تکنولوژی و ظهور فناوری‌های دیجیتال، تحولات گسترده‌ای را در پی داشته است که یکی از مهمترین این تحولات، به حوزه کسب‌وکار مربوط می‌شود. روند این تحولات که از انقلاب صنعتی اول آغاز شده به تدریج و با وقوع انقلاب صنعتی چهارم سیر صعودی به خود گرفته است. ظهور اینترنت و پیدایش تجارت الکترونیک، عرصه رقابت جدیدی را برای کسب‌وکارها رقم زده است. مالکین و مدیران اغلب کسب‌وکارها، در مواجهه با این رقابت سنگین، در سطوح مختلف وارد حوزه تجارت الکترونیک شدند. اما نفوذ تکنولوژی در حوزه کسب‌وکار به توسعه تجارت الکترونیک ختم نمی‌شود، فناوری‌های نوظهور به تدریج در سایر ابعاد مدیریت کسب‌وکارها همچون تولید، برنامه‌ریزی، تصمیم‌گیری، بازاریابی و فروش نیز به کار گرفته شدند. هوش مصنوعی یا هوش ماشینی به عنوان یکی از این فناوری‌های نوظهور، پتانسیل بسیار بالایی برای کسب‌وکارها ایجاد کرده است.

یکی از مهمترین تغییرات رویکردی در سایه استفاده از روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، به حوزه ارتباط با مشتری مربوط می‌شود. مدیریت ارتباط با مشتری \square اختصاراً CRM^۱ \square استراتژی اصلی کسب و کار است که عملکردها و فرایندهای داخلی را با شبکه‌های خارجی تلفیق می‌کند تا برای مشتریان هدف، ارزشی سودآور ایجاد کند. سیستم مدیریت روابط با مشتری بر پایه داده‌های با کیفیت، در مورد مشتریان که توسط فناوری اطلاعات میسرگردیده، بنا شده است (حیدرزاده، ۱۳۹۰).

رقابت روز افزون، چالش جذب و حفظ مشتری را برای کسب‌وکارها در پی داشته است. امروزه مشتری به عنوان اصلی‌ترین سرمایه و مهمترین دارایی هر کسب‌وکار مورد توجه بوده و به عاملی تبدیل شده است که حیات و موفقیت کسب‌وکارها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در شرایط کنونی اهمیت مشتری و تأثیرات رضایتش در موفقیت کسب‌وکارها بر کسی پوشیده نیست. به هر میزان که یک کسب‌وکار بتواند انتظارات مشتریان را تأمین نماید و خدمات جذاب‌تری ارائه کند در کسب رضایت و در نتیجه وفادار ساختن آن‌ها موفق‌تر خواهد بود. از طرفی دیگر، جذب مشتریان بالقوه نیز، به ارائه ارزشی فراتر از آنچه سایر رقبا عرضه می‌کنند نیاز دارد. برای پیشبرد هر دو این اهداف (حفظ مشتریان فعلی و جذب مشتریان جدید)، شناخت عمیق از نیازها، خواسته‌ها، توقعات، عادات، ترجیحات خرید و نظرات مشتریان ضروری به نظر می‌رسد که این نوع شناخت، جز با برقراری روابط مستمر با آن‌ها حاصل نمی‌شود. در این راستا سیستمی مورد نیاز است تا بتواند به نحوی کارآمد، روابط بین سازمان و مشتریان را مدیریت کند. سیستم مدیریت روابط با مشتری، یک رویکرد جدید و پیشرو در تجارت است که امروزه در ادبیات بازاریابی تثبیت شده است. نرم افزارهایی نیز با عنوان سیستم مدیریت روابط با مشتری به بازار وارد شده است که سازمان‌ها را در راستای اجرای هرچه مؤثرتر برنامه‌های مرتبط با مشتریان و در نهایت نیل به اهداف عملکردی یاری می‌رساند.

¹ Customer Relationship Management

۲- مدیریت روابط با مشتری

مدیریت روابط با مشتری رویکردی استراتژیک و تاکتیکی است که با اقداماتی مؤثر و با محوریت مشتری، به کسب‌وکارها در جهت نیل به بقا و سودآوری بلند مدت، که دو هدف اصلی هر کسب‌وکاری می‌باشد، یاری می‌رساند. تمرکز برنامه‌های مدیریت روابط با مشتری بر افزایش ارزش مشتری و شرکت، از طریق برقراری روابط بلندمدت و مؤثر می‌باشد. پویایی محیط و افزایش رقابت در میان کسب‌وکارها از یک سو و گسترش استفاده از تکنولوژی ارتباطات و اطلاعات از سوی دیگر، منجر به ارتقاء سطح آگاهی و در نتیجه افزایش سطح انتظارات مشتریان شده و در نتیجه قدرت از فروشندگان به مشتریان انتقال یافته است. بنابراین جذب، حفظ و توسعه مشتریان، راه‌حلهایی را فراتر از روش‌های سنتی فروش و بازاریابی می‌طلبد. در این شرایط سیستم‌های مدیریت روابط با مشتری، با تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به مشتریان همچون عادات، سلیق و خواسته‌ها، سعی در ارائه خدمات متمایز، همچون افزایش راحتی و سادگی در مراحل مختلف ارتباطی و فروش، شخصی‌سازی و سفارشی‌سازی خدمات دارند و از طریق بهبود رضایت مشتریان و افزایش وفاداری آن‌ها با بهبود عملکرد سازمانی مرتبط می‌شود (چاترجی و دیگران، ۲۰۱۹).

۳- هوش مصنوعی

هوش مصنوعی به عنوان یکی از روندهای فناورانه انقلاب صنعتی چهارم، در مقابل هوش طبیعی در انسان‌ها قرار دارد. علم هوش مصنوعی ساخت تجهیزات و نرم افزارهای کاربردی است که بسیاری از رفتارهای خاص انسان مانند استدلال، یادگیری، حل مسأله و شناخت را تقلید می‌کند (عرب مازار یزدی و دیگران، ۱۳۸۵).

برای توضیح جامع‌تر در مورد هوش مصنوعی تعریفی از هوش در بافت انسانی ارائه می‌شود. هوش توانایی فرد برای یادگیری، مواجهه با موقعیت‌های جدید، درک و مدیریت مفاهیم انتزاعی و استدلال، برای اشراف و دستکاری بر محیط خود تعریف می‌شود. در واقع هوش به عنوان توانایی درک و پردازش داده‌ها، تبدیل داده‌ها به اطلاعات، تبدیل اطلاعات به دانش و استفاده از این دانش در جهت رفتار هدفمند اطلاق می‌شود. از این منظر هوش مصنوعی بر عملکرد هوشمندانه ماشین‌ها تمرکز دارد، بدین‌صورت که فرآیندهای ذکر شده همچون یادگیری، استدلال و... توسط ماشین‌ها و در جهت رفتار منطقی و هدفمند انجام می‌شود (پاشن و کیتزمن، ۲۰۱۹).

در مورد تفاوت بین هوش انسان و ماشین می‌توان گفت انسان با مشاهده و تجزیه و تحلیل مسائل، قضاوت و تصمیم‌گیری می‌کند اما هوش مصنوعی براساس قوانین و رویه‌های مشخص کامپیوتری تجزیه و تحلیل کرده و عمل می‌کند (رضایی کیایی و مرادی، ۱۴۰۰). ماشین‌ها می‌توانند بر اساس تجارب گذشته و دانش موجود یاد بگیرند، این یادگیری که بر اساس پاسخ‌های دریافت شده و بر اساس معیارهای مشخص و تعریف شده روی می‌دهد، ماشین‌ها را قادر می‌سازد با محیط پویا سازگار شده و به تغییرات آن پاسخ دهند. این رویه با رویکردهای سنتی که در آن‌ها از قوانین ثابت و از پیش تعیین شده استفاده می‌شود، بسیار متفاوت است (آلوین یاو و همکاران، ۲۰۲۱). برخی به توانایی‌های ماشین‌های هوشمند اشاره می‌کنند که اوقات فراغت بیشتری برای افراد ایجاد می‌کنند و به آن‌ها این امکان را می‌دهد که از زندگی لذت بیشتری ببرند، گروهی دیگر نسبت به حذف شغل‌های گوناگون، افزایش بیکاری گسترده و افزایش نابرابری در جهان ابراز نگرانی می‌کنند چرا که معتقدند افشار کمتر برخوردار در آخرین صف‌های بهره‌مندی از ثمرات هوش مصنوعی قرار دارند. اما چیزی که مسلم است تکنولوژی‌های مبتنی بر هوش مصنوعی به صورت هوشمندانه‌ای، زندگی انسان‌ها را ساده‌تر می‌کند. هسته هوش مصنوعی، بر توسعه راه‌حل‌های ارزشی و خودکار، برای مشکلات انسان‌ها که نیاز به مداخله هوش دارد تمرکز می‌کند (چاترجی و همکاران، ۲۰۲۱).

۳-۱- شاخه‌های هوش مصنوعی

هوش مصنوعی دارای شاخه‌های متعددی است که هرکدام از این شاخه‌ها، کاربردهای خاصی در علوم مختلف دارند (زارع‌پور، ۱۳۹۴ و سایت اینترنتی عامراندیش- شاخه‌های هوش مصنوعی).

۱- سیستم خبره

سیستم خبره در واقع یک نرم‌افزار مبتنی بر هوش مصنوعی است که با گردآوری دانش تخصصی انسانی، از این دانش برای تصمیم‌گیری تقلید می‌کند و با استفاده از منطق، به یاری متخصصان در ارائه خدمات تخصصی می‌پردازد. این شاخه عمدتاً در زمینه پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲- رباتیک

این شاخه‌ی پرطرفدار و جذاب هوش مصنوعی، از تکنیک‌های مهندسی و علمی برای طراحی، ساخت و بهره‌برداری از ماشین‌ها جهت یاری رساندن به انسان‌ها در انجام کارهای سخت و حساس استفاده می‌کند. از جمله‌ی این وظایف پراهمیت می‌توان به کنترل سیستم‌های کامپیوتری، تبدیل اطلاعات و ساخت اتومبیل‌ها اشاره کرد.

۳- یادگیری ماشینی

یادگیری ماشینی، علمی است که به سیستم‌های کامپیوتری و ماشین‌ها این امکان را می‌دهد تا به صورت خودکار، یادگیری و پیشرفت داشته باشند و با تفسیر داده‌ها راه‌حل‌های مناسبی برای مسائل ارائه دهند و یا بر اساس وقایع تاریخی، نتایج را پیش‌بینی کنند. یکی از الگوهای مهم یادگیری ماشینی، الگوریتم ژنتیک است که الگوریتمی مبتنی بر تکرار بوده و اصول اولیه آن از علت ژنتیک اقتباس شده است. این الگوریتم در مسائل متنوعی نظیر بهینه‌سازی، شناسایی و کنترل سیستم، پردازش تصویر و مسائل ترکیبی، تعیین توپولوژی و آموزش شبکه‌های عصبی مصنوعی و سیستم‌های مبتنی بر تصمیم و قاعده به کار می‌رود. هدف اصلی الگوریتم‌های یادگیری ماشینی، تعمیم یادگیری‌ها به فراتر از نمونه‌های آموزش داده شده و تفسیر صحیح و مناسب داده‌هاست.

۴- شبکه عصبی

شبکه عصبی شاخه‌ای از هوش مصنوعی است که از نورون‌های مصنوعی مغزی برای حل مسائل پیچیده استفاده می‌کند. شبکه‌های عصبی به نام یادگیری عمیق نیز شناخته می‌شود. سیستم پردازش داده‌هایی که از تعداد زیادی عناصر پردازشگر ساده و بسیار مرتبط با هم تشکیل شده است، شبکه‌ی عصبی مصنوعی است که به عنوان یکی از روش‌های هوش مصنوعی به دنبال تقلید از عملکرد مغز انسان است.

۵- منطق فازی

منطق فازی شاخه‌ای از هوش مصنوعی، برای اصلاح و تغییر اطلاعات نامطمئن، با تجزیه و تحلیل میزان صحت فرضیه است. منطق فازی در مواجهه با عدم اطمینان، پیشنهادی منعطف و ارزشمند ارائه می‌کند. منطق فازی از منطق ارزش‌های «صفر و یک» نرم‌افزارهای کلاسیک فراتر رفته و درگاهی جدید برای دنیای علوم نرم‌افزاری و رایانه‌ها می‌گشاید. از مطلق گویی دوری می‌گزیند و فضای شناور و نامحدود بین اعداد صفر و یک را نیز در منطق و استدلال‌های خود به کار برده و به چالش می‌کشد. از منطق فازی در گیربکس‌های اتومات و داروهایی که بر قدرت تصمیم‌گیری اثر می‌گذارند، استفاده می‌شود.

۶- تشخیص گفتار طبیعی

پردازش زبان طبیعی به توانایی رایانه در درک گفتار انسان گفته می‌شود. این ماشین‌ها صدای انسان را دریافت و به صورت متن درمی‌آورند و سپس این متن به صورت مؤلفه‌هایی قابل درک برای رایانه درمی‌آید.

۳-۲- هوش مصنوعی در مدیریت روابط با مشتری

انقلاب مدیریت روابط با مشتری که در دهه ۹۰ میلادی آغاز شد، به طور مشهودی به فناوری بستگی داشت. فناوری‌هایی که شرکت‌ها را قادر به جمع‌آوری و ذخیره داده‌های مشتریان ساخت تا بتوانند در طول زمان مشتریان را تجزیه و تحلیل کنند. به تدریج، تزریق فناوری به مدیریت روابط با مشتری سرعت می‌گیرد. از آنجایی که سیستم‌های مدیریت روابط با مشتری برای بسیاری از کسب‌وکارها معنای مهمی دارند، محیط جالبی را برای برنامه‌های هوش مصنوعی فراهم می‌کنند. ارائه‌دهندگان

سیستم مدیریت روابط با مشتری مانند Salesforce، Zoho و Sugar در حال حاضر برنامه‌های کاربردی هوش مصنوعی را در مجموعه خدمات خود ارائه می‌دهند (چاترجی و همکاران، ۲۰۲۱).

۴- مدیریت روابط با مشتری ادغام شده با هوش مصنوعی

هر سیستم مدیریت روابط با مشتری که به اندازه‌ی کافی سازگاری و انعطاف پذیری نشان دهد، می‌تواند یک سیستم مدیریت با مشتری ادغام شده با هوش مصنوعی یا AICS¹ نامگذاری شود. سیستم‌های مدیریت ارتباط با مشتری ادغام شده با هوش مصنوعی، ابزارهای سازمان‌ها را برای تجزیه و تحلیل حجم عظیمی از داده‌های مشتری متحول کرده است. AICS با توصیه‌های دقیق و تصمیم‌گیری بی‌عیب و نقص به سازمان کمک می‌کند، چرا که فروشنده می‌تواند دقیقاً مشتری را هدف قرار دهد، رابطه ایجاد کند و در نهایت معاملات را ببندد. برای پاسخگویی مؤثر به فرصت‌ها و چالش‌های ناشی از این امر و مدیریت آن‌ها، سازمان‌ها در حال توسعه شایستگی‌ها و فرآیندهایی هستند که چابکی آن‌ها را تکامل می‌دهد. اساساً سیستم‌های مدیریت روابط با مشتری ادغام شده با هوش مصنوعی، مدیران را قادر می‌سازند تا با بخش بندی، اولویت بندی و تحلیل صحیح، پیش‌بینی‌های بهبودیافته‌ای را براساس حجم عظیمی از داده‌های جمع‌آوری شده انجام دهند. قرار است هوش مصنوعی مکمل فعالیت‌های سیستم مدیریت روابط با مشتری باشد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها با سیستم AICS، فناوری هوش مصنوعی به سازمان‌ها کمک می‌کند تا تصمیم‌گیری خودکار را به روشی دقیق و مقرون به‌صرفه انجام دهند و از این طریق عملکرد سازمان بهبود یابد (چاترجی و همکاران، ۲۰۱۹).

۴-۱- کاربردهای اصلی AICS

- خودکارسازی فعالیت‌های روزمره: به روزرسانی و بازیابی داده‌ها، تعیین فهرست تماس‌ها و توصیه به فروشندگان.
- مدیریت سرنخ‌ها، تقسیم بندی مناسب و اولویت بندی: با یادگیری از روی الگوهای تاریخی به اولویت‌بندی بهترین سرنخ‌ها کمک می‌کند.
- حفظ مشتری: با ارائه بینش مناسب از طریق داده کاوی، به افراد کمک می‌کند بهترین روش ارتباطی با مشتری را انتخاب و با ارائه خدمات شخصی‌سازی شده رضایت او را کسب کنند.
- راهنمایی تیم فروش: از طریق کمک به برنامه ریزی نقشه راه فروش برای کسب بهترین نتایج.
- دستیار مجازی: از طریق ارسال پاسخ‌های مناسب به مشتریان، دریافت و تحلیل نظرات آن‌ها، رزرو زمان تماس و... (چاترجی و همکاران، ۲۰۱۹).

۵- نتیجه‌گیری

درک داده‌های بدون ساختار یک کار چالش برانگیز است. ابزارهای هوش مصنوعی می‌توانند داده‌های بدون ساختار را به داده‌های ساختاریافته تبدیل کنند. سپس الگوریتم‌های یادگیری ماشینی می‌توانند الگوهای چنین داده‌هایی را شناسایی کنند و بینش‌های مفیدی را برای کسب‌وکارها ارائه دهند. بنابراین، فناوری هوش مصنوعی می‌تواند راه‌حل‌های مقیاس‌پذیری را برای سازمان‌ها فراهم کند و آن‌ها را قادر سازد تا حجم زیادی از داده‌های مشتریان را به سرعت مدیریت و تجزیه و تحلیل کنند (چاترجی و همکاران، ۲۰۱۹). از این رو، در سناریوی تجاری تغییر یافته، نیاز به استفاده از سیستم مدیریت روابط با مشتری یکپارچه با هوش مصنوعی، برای تقویت روابط بین سازمان‌ها و مشتریان وجود دارد.

¹ AI-integrated CRM system

مراجع

۱. باتل، فرانسیس و ترن بول، جان (۱۳۹۰). مدیریت ارتباط با مشتریان. کامبیز حیدرزاده و رضا رادفر، نشر سیته، چاپ نخست، تهران، ص ۵۴.
۲. رضایی کیایی، مازیار و مرادی، مهرگان، (۱۴۰۰). هوش مصنوعی (شبکه‌های عصبی. الگوریتم ژنتیک) و نقش آن در بازاریابی. نهمین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های نوین در مدیریت، اقتصاد، حسابداری و بانکداری، <https://civilica.com/doc/1319195>.
۳. عرب مازار یزدی، محمد، احمدی، علی و عبدلی، محمود (۱۳۸۵)، سیستم‌های هوشمند و حسابداری. ماهنامه حسابداری، سال بیست و یکم، شماره ۴.
4. Alvin Yau, K., Mat Saad, N. & Chong, Y.(2021). Artificial Intelligence Marketing (AIM) for Enhancing Customer Relationships. Appl. Sci. 2021, 11, 8562.
5. Chatterjee, S., Nguyen, B., Ghosh, S. K., Bhattacharjee, K. K., & Chaudhuri, S. (2020). Adoption of artificial intelligence integrated CRM system: An empirical study of Indian organizations. The Bottom Line, 33(4), 359–375.
6. Chatterjee, S., Ghosh, S. K., Chaudhuri, R., & Nguyen, B. (2019). Are CRM systems ready for AI integration? A conceptual framework of organizational readiness for effective AI_CRMintegration. The Bottom Line, 32(2), 144–157.
7. Paschen, J., Kietzmann, J. & Kietzmann, T.(2019). Artificial intelligence (AI) and its implications for market knowledge in B2B marketing. Journal of Business & Industrial Marketing, Vol. 34 No. 7, pp. 1410-1419.

الیاف معجزه آسا: ابزاری امیدوارکننده برای تشخیص و درمان سرطان

پوریا حسین آبادی^{۱*}، محمدرضا رضائی^۲، محمدحسین صیادی^۳، حسین بارانی^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زیست‌فناوری (گرایش صنعت و محیط زیست)، دانشگاه بیرجند،
poorya.hosseinabadi@birjand.ac.ir

۲- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند،
mrrezaei@birjand.ac.ir

۳- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند،
mh_sayadi@birjand.ac.ir

۴- دانشیار گروه فرش، دانشکده هنر، دانشگاه بیرجند،
barani@birjand.ac.ir

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: poorya.hosseinabadi@birjand.ac.ir

Miraculous Fibers: A Promising Tool for Cancer Diagnosis and Treatment

Poorya Hosseinabadi^{1*}, Mohammadreza Rezaei², Mohammad Hossein Sayadi³, Hossein Barani⁴

1-Master's student in Biotechnology (Industry and Environment), Birjand University.

2- Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Birjand University. mrrezaei@birjand.ac.ir

3- Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Birjand University. mh_sayadi@birjand.ac.ir

4- Associate Professor of Carpet Department, Faculty of Arts, Birjand University. barani@birjand.ac.ir

*Corresponding author: poorya.hosseinabadi@birjand.ac.ir

ABSTRACT

Cancer is a deadly disease that requires regulated and continuous drug release effectively while minimizing damage to normal cells. Nanotechnology is an increasingly important field with significant potential for creating new materials with unique properties through electrospinning for producing nanofibers. Nanofibers have numerous potential applications in cancer detection and treatment. Anticancer drug-laden nanofibers produced using nanotechnology have been shown to require less drug and have a tunable drug release profile. Electrospun nanofibers are promising candidate for cancer therapy due to their numerous advantages and rapidly evolving technology. However, research specifically focused on the use of nanofibers for cancer care is limited. This analysis provides a fundamental understanding of the electrospinning process and nanostructured fibrous materials, as well as highlights the potential of electrospinning for fabricating polymeric nanofibers for cancer therapy.

Key words: Electrospinning, Drug Delivery, Nanofibers, Cancer

چکیده

سرطان یک بیماری کشنده است که نیاز به انتشار منظم و مداوم دارو دارد تا در عین به حداقل رساندن آسیب به سلول‌های طبیعی موثر باشد. تحقیقات اخیر نشان داده است که نانوالیاف مملو از داروی ضدسرطانی تولید شده با استفاده از فناوری نانو به داروی کمتری نیاز دارند و همچنین آزادسازی دارو قابلیت تنظیم شدن دارد. نانوتکنولوژی یک زمینه فزاینده مهم با پتانسیل قابل توجه برای ایجاد مواد جدید با خواص منحصر به فرد از طریق الکتروریسی است، فرآیندی که نانوالیاف را تولید می‌کند. این نانوالیاف کاربردهای بالقوه زیادی در تشخیص و درمان سرطان دارند. نانوالیاف الکتروریسی شده به دلیل مزایای

بی شمار و فناوری به سرعت در حال تکامل، یک کاندید امیدوارکننده برای درمان سرطان هستند. با این حال، تحقیقات به طور خاص بر روی استفاده از نانوالیاف برای مقابله با سرطان محدود است. این تجزیه و تحلیل یک درک اساسی از فرآیند الکترورسی و مواد فیبری نانوساختار ارائه می‌کند و همچنین پتانسیل الکترورسی را برای ساخت نانوالیاف پلیمری برای درمان سرطان برجسته می‌کند.

واژه‌های کلیدی: الکترورسی، دارورسانی، نانوالیاف، سرطان

۱- مقدمه

مواد نانوساختار که به نام نانومواد نیز شناخته می‌شوند، در زندگی روزمره ما رایج‌تر شده‌اند و به عنوان مرسوم‌ترین مواد اولیه در نظر گرفته می‌شوند همچنین این نانومواد در چند دهه اخیر علاقه زیادی را در تحقیقات و کاربردهای صنعتی برانگیخته است. نانومواد، که معمولاً از اندازه ۱ تا ۱۰۰ نانومتر، تعریف می‌شوند، به دلیل کاربرد بالقوه در حوزه مراقبت‌های بهداشتی و زیست‌پزشکی از اهمیت قابل توجهی برخوردار هستند (1). تحقیقات در مورد داروهای جدید یکی از چالش برانگیزترین وظایف دانشگاهیان و صنایع است. تخمین زده می‌شود که در سال ۲۰۱۸ صنایع داروسازی ۱۷۹ میلیارد دلار در سطح جهان برای تحقیق و توسعه داروهای جدید هزینه کرده‌اند. با این حال، تقریباً تنها ۱۱ درصد از داروهای جدید احتمال رسیدن به بازار را دارند. با این وجود، داروهایی که به بازار می‌رسند عاری از عوارض جانبی احتمالی نیستند. برای مثال، به دلیل سمیت ذاتی، داروهای مورد استفاده در شیمی‌درمانی هم در کادر درمان و هم در بیماران نگران‌کننده هستند. علاوه بر این که قدرت و انتخاب هدف آن‌ها در طول سال‌ها بهبود یافته است، عوارض جانبی شدید مانند عفونت، استفراغ، خستگی، از دست دادن چشایی، کم خونی و تخریب سیستم ایمنی همچنان وجود دارد (2). یکی دیگر از تهدیدهای رو به افزایش در ارتباط با استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها، انتخاب سویه باکتری مقاوم به چند دارو (MDR¹) است (6). در طول چند دهه گذشته، مشخص شد که روش تحویل بر مزایای درمانی یک دارو تأثیر می‌گذارد و بر عوامل متعددی از جمله فارماکوکینتیک، توزیع، فارماکودینامیک، متابولیسم و همچنین سمیت تأثیر می‌گذارد. همراه با کشف فناوری‌های نانو مانند نانوذرات، نانوالیاف، نانوزل‌ها، میسل‌ها و میکروسفرها، توسعه رویکردهای جدید برای سیستم‌های دارورسانی به ابزار نویدبخش جدیدی در زمینه داروسازی تبدیل شد. نانوحامل‌ها را می‌توان برای بسته‌بندی و تحویل داروهایی که بیش از حد سمی، نامحلول، به سرعت پاک‌شونده یا ناپایدار هستند، به عنوان مولکول‌های آزاد استفاده کرد (5). به عنوان مثال، یک رویکردی که اخیراً توسعه یافته است شامل استفاده از یک سیستم تحویل مبتنی بر سلول‌ها یا محصولات مشتق از آن‌ها مانند گلبول‌های قرمز، پلاکت‌ها، سلول‌های بنیادی و وزیکول‌های خارج سلولی به عنوان نانوحامل برای دارورسانی است که اخیراً در بسیاری از زمینه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. در میان همه این جایگزین‌ها، نانوالیاف تولید شده با پلیمرهای زیست تخریب‌پذیر و زیست سازگار به دلیل انعطاف‌پذیری گسترده، اثربخشی و ویژگی‌های منحصر به فرد فیزیکی‌شیمیایی مانند سطح بزرگ، قطر کوچک و نسبت سطح به حجم بالا مورد توجه فزاینده‌ای قرار گرفته‌اند. همچنین، کاربرد هدفمند داربست‌های نانوالیافی در محل می‌تواند با رهایش کنترل‌شده و پایدار در محل اثر، عملکرد دارویی دارو را به حداکثر برساند (6). همچنین داربست‌های نانوالیافی می‌توانند تهدید باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک و مقاومت دارویی را در درمان سرطان با انتشار مکان‌های خاص، دوز خاص و زمان‌بندی انواع مختلف داروها کاهش دهند. مزیت بزرگ دیگر شباهت الیاف با ماتریکس خارج سلولی فیبری طبیعی (ECM²) است که اتصال و تکثیر سلول را برای کاربردهای زیست‌پزشکی تسهیل می‌کند. طی سال‌ها، الکترورسی یکی از مقرون‌به‌صرفه‌ترین، ساده‌ترین و انعطاف‌پذیرترین روش‌های ساخت برای تولید نانوالیاف پلیمری بوده است. الکترورسی با اعمال میدان الکتریکی از طریق ولتاژ بالا به محلول پلیمری مناسبی که از طریق یک سوزن جریان می‌یابد، انجام می‌شود.

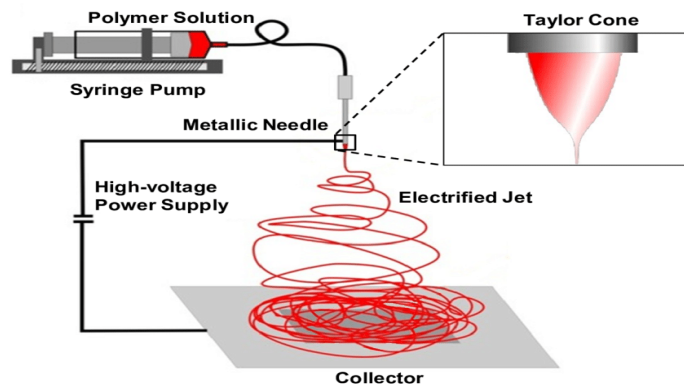
¹ Multi-drug resistant

² Extracellular matrix

ویژگی خاص الیاف الکترورسی شده این است که پارامترهایی مانند تخلخل، مورفولوژی و مساحت سطح را می‌توان به راحتی با اصلاح شرایط محیطی و پارامترهای فرایند، مطابق با الزامات خاص برای شرایط تحویل دارو، تنظیم کرد (7). داروها را می‌توان با رویکردهای مختلف در فیبر گنجانده: با مخلوط کردن مستقیم بین دارو و محلول پلیمری، با تثبیت سطح پس از فرایند ریسندگی، با استفاده از امولسیون که هر روش مشخصات متفاوتی از انتشار دارو را ارائه می‌دهد. انواع زیادی از مولکول‌ها و ماکرومولکول‌ها با موفقیت در الیاف الکترورسی شده گنجانده شده‌اند؛ از مولکول‌های کوچک گرفته تا پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک (8). هدف از این بررسی ارائه یک نمای کلی از کاربردهای نانوالیاف الکترورسی شده برای اهداف دارورسانی و درمان سرطان می‌باشد.

۲- فرایند الکترورسی

الکترورسی فرآیندی است که از یک میدان الکتریکی برای کشیدن الیاف بسیار ریز از محلول مایع استفاده می‌کند. این فرآیند شامل اعمال میدان الکتریکی به قطره‌ای از محلول پلیمری است که سپس با تبخیر حلال، فیبر نازکی را بیرون می‌کشد. به طور جزئی، دافعه الکترواستاتیک که توسط میدان خارجی ایجاد می‌شوند، نیروهای محرک اصلی برای القای فوران یک محلول پلیمری باردار از طریق نوک اسپینر هستند. دستگاه الکترورسی دارای پنج جزء است که عبارتند از منبع تغذیه با ولتاژ بالا، سرنگ برای تغذیه محلول پلیمری، اسپینر فلزی یا سوزن برای انتقال محلول پلیمری، پمپ سرنگ برای پمپ کردن محلول پلیمری از مخزن سرنگ و بخش جمع‌کننده که الیاف پلیمری خارج شده را جمع‌آوری می‌کند (9). از طریق افزایش قدرت میدان الکترواستاتیک، مایع سطحی دارای بار الکتریکی می‌شود و با رسیدن میدان الکتریکی به نقطه بحرانی، مخروطی به نام مخروط تیلور ایجاد می‌شود. پس از آن، یک جت تقریباً مستقیم از مخروط ایجاد می‌شود. همزمان با حرکت جت به سمت جمع‌کننده، محلول پلیمری تحت کشش قرار می‌گیرد در حالی که حلال تبخیر می‌شود. در پایان، نانوالیاف الکترورسی شده روی جمع‌کننده جمع می‌شود (10). شکل ۱ شماتیکی از فرایند الکترورسی را نشان می‌دهد.



شکل ۱: شماتیک فرایند الکترورسی (11)

مورفولوژی الیاف الکترورسی شده می‌تواند تحت تأثیر پارامترهای زیر تغییر کند: الف) متغیرهای فرایند از قبیل ولتاژ اعمال شده، نرخ تغذیه، نوع و شکل جمع‌کننده و فاصله سوزن تا جمع‌کننده. ب) متغیرهای محلول از قبیل وزن مولکولی پلیمر، ویسکوزیته، هدایت الکتریکی و کشش سطحی محلول پلیمری. ج) شرایط محیطی مانند دما و رطوبت. ولتاژ اعمال شده، اساسی‌ترین پارامتر پردازش الکترورسی است. به طور کلی، ولتاژ بالا برای کشش فیبر، افزایش چگالی بار سطحی جت و کاهش قطر فیبر مفید است. با این حال، ولتاژ بیش از حد بالا باعث ایجاد پدیده سرخ کردن می‌شود که منجر به کاهش راندمان جمع‌آوری فیبر می‌شود. سرعت تزریق محلول یا نرخ تغذیه یکی دیگر از پارامترهای مهم فرایند الکترورسی است که با تنظیم سرعت پمپ سرنگ قابل کنترل است. علاوه بر این، فاصله بین سرنگ و جمع‌کننده بر انجماد و گسترش جت تأثیر می‌گذارد. فاصله خیلی کم برای تبخیر حلال مفید نیست و در نتیجه باعث چسبندگی بین الیاف، افزایش قطر فیبر و کاهش عملکرد فیبر می‌شود. با افزایش فاصله چرخش، جت فرصت بیشتری برای شکاف بدست می‌آورد و قطر الیاف به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. به طور خلاصه، شکل‌گیری و قطر نانوالیاف الکترورسی شده تا حد زیادی به پارامترهای فرایند

بستگی دارد. بنابراین، برای به دست آوردن نانوالیاف ایده آل، تمام پارامترهای فرایند باید تنظیم شوند. شرایط محیطی (مانند رطوبت نسبی و دما) نیز عوامل مهمی هستند که می‌توانند بر مورفولوژی نانوالیاف تأثیر بگذارند. به طور کلی، رطوبت نسبی کم، سرعت تبخیر حلال در جت را تسریع می‌کند، که منجر به تشکیل الیاف نازک تر می‌شود. دما دو اثر متضاد بر قطر متوسط نانوالیاف دارد. افزایش دما سرعت تبخیر حلال را تسریع می‌کند و کشش بیشتر جت را محدود می‌کند. دمای پایین و اسکوزیته محلول را کاهش می‌دهد و تشکیل الیاف نازک تر را تسهیل می‌کند. بنابراین برای دستیابی به شرایط بهینه الکتروریسی، لازم است دما و رطوبت محیط را به طور معقول تنظیم کرد. علاوه بر پارامترهای فرآیند و شرایط محیطی، غلظت، رسانایی و فراریت محلول نیز بر قطر و مورفولوژی فیبر تأثیر می‌گذارد. غلظت پلیمر یکی از پارامترهای مهم در الکتروریسی است. در غلظت‌های پایین، درهم‌تنیدگی زنجیره باعث ناپایدار شدن جت می‌شود و قطر جت تحت تأثیر کشش سطحی کاهش می‌یابد و باعث می‌شود محلول دانه‌ها یا الیاف مهره‌ای را تشکیل دهد (12). با این حال، اگر غلظت محلول برای تشکیل جت مایع خیلی زیاد باشد، نمی‌توان الکتروریسی انجام داد. بنابراین، تمام پلیمرها را فقط می‌توان در محدوده غلظت مناسب الکتروریسی کرد. به طور کلی و در یک کلام، نانوالیاف الکتروریسی شده تحت تأثیر پارامترهای زیادی قرار می‌گیرند و الیاف ایده آل را می‌توان با تنظیم معقول پارامترهای مختلف به دست آورد (13).

۳- نانوالیاف الکتروریسی شده برای دارورسانی

به منظور ایجاد اثر درمانی مورد نظر، یک دارو باید از طریق سیستم دارورسانی مناسب تجویز شود، که تضمین می‌کند مشخصات دقیق رهایش دارو حفظ می‌شود. مکان، مدت و سرعت انتشار دارو باید تا حد امکان با هدف درمانی دارو متناسب باشد. از بین راه‌های متعدد برای ایجاد غشای نانوالیافی، الکتروریسی یکی از روش‌های نویدبخش است زیرا اجازه می‌دهد داروها را در غشای نانوالیافی قرار داده و آزادسازی آن‌ها را در دوره‌های مختلف تنظیم کرد. ثابت شده است که الکتروریسی یک روش ساده و سودمند برای تولید مواد فیبر از میکرومتر تا مقیاس نانو برای اجرا در بازسازی بافت، حامل‌های دارو و پانسمان زخم است. نانوالیاف می‌تواند برای ایجاد آزادسازی آبی و کنترل شده دارو در شرایط مختلف مورد استفاده قرار گیرند. الکتروریسی مذاب نوعی الکتروریسی است که توسط دما هدایت می‌شود و از دمای بالاتری استفاده می‌کند. در این روش به جای محلول پلیمری از مذاب پلیمری استفاده می‌شود تا داربست‌های سه بعدی با بالاترین سطح کنترل بر تخلخل آن‌ها ساخته شوند. سیستم اسپینر دوگانه مبتنی بر الکتروریسی مذاب، تکنیک جدیدی را برای ساخت داربست با عملکرد بالا برای تحویل دارو ارائه می‌کند. علاوه بر این، الکتروریسی با واسطه اولتراسوند یک روش الکتروریسی نوآورانه است که در تولید نانوالیاف استفاده می‌شود (14). به عنوان مثال، پارتنیادیس و همکارانش یک نانوالیاف تتوفیلین با اکسید پلی اتیلن با استفاده از تکنیک الکتروریسی ساختند (15). برای دستیابی به سینتیک آزادسازی دارو، با در نظر گرفتن ویژگی‌های دارویی که باید تجویز شود، باید یک تکنیک مناسب برای بارگذاری دارو ایجاد شود. قبل از انجام الکتروریسی، داروها ممکن است به سادگی در محلول پلیمری حل یا پخش شوند، یا در شرایط نادر، می‌توانند به صورت فیزیکی یا شیمیایی به سطح نانوالیاف متصل شوند (16). در درجه اول، ترکیب نانوالیاف و ساختار داخلی آن برای دستیابی به الگوهای آزادسازی داروی مورد نظر حیاتی است. بسیاری از داروها پیامدهای درمانی دارند که به توانایی آن‌ها در ایجاد اثرات سریع بستگی دارد. در نتیجه، فرم دوز باید به گونه‌ای ایجاد شود که دارو بلافاصله یا با حداکثر سرعت ممکن پس از تجویز آزاد شود. بسیاری از داروها با فعالیت‌های دارویی سریع در آب نامحلول هستند و از این رو تجزیه ضعیفی دارند. بنابراین، برای اطمینان از آزادسازی سریع دارو، چنین داروهایی باید به گونه ای ذخیره شوند که تجزیه سریع را فراهم کند. از این رو، نانوالیاف یک تکنیک تحویل خوب و امیدوارکننده برای چنین داروهایی است. شناسایی یک پلیمر مناسب محلول در آب به عنوان ماتریس نانوالیاف برای محافظت از دارو بسیار مهم است. جدول ۱ فهرستی از این پلیمرها را نشان می‌دهد. ویژگی‌های اولیه ای که نانوالیاف را تشکیل می‌دهد و آن‌ها را کاندیدهای جذابی برای دستیابی به رهاسازی فوری دارو می‌کند، نسبت سطح به حجم ویژه بالای آن‌ها است که منطقه تماس قابل توجهی را برای انحلال تشکیل می‌دهد. علاوه بر این، اگر از یک پلیمر مناسب محلول در آب برای گنجاندن یک دارو در

نانوالیاف استفاده شود، مشخصات انحلال و خواص حلالیت دارو و همچنین فراهمی زیستی آن ممکن است به طور قابل توجهی افزایش یابد (17).

جدول ۱: فهرستی از پلیمرهای مورد استفاده در دارورسانی

دارو یا عامل شیمیایی فعال	پلیمر
1,4 trans aminohexanoic acid drug	Ketoprofen (کتیروفن)
Ciprofloxacin	Polyvinylpyrrolidone and ethyl cellulose
Alpha-arbutin	Cellulose acetate
Meloxicam	Polyvinylpyrrolidone and Soluplus

۴- تشخیص سرطان با استفاده از فناوری نانوالیاف الکترورسی شده

معمولاً تشخیص سرطان در مراحل اولیه با بهبود بقای بیمار همراه است. در واقع، شناسایی محل تومور بدخیم قبل از گسترش و ظهور متاستاز می‌تواند مسیر را برای شیمی‌درمانی یا برداشتن توده جامد تومور با جراحی باز کند. با توجه به نسبت سطح به حجم بالا و ساختار متخلخل نانوالیاف الکترورسی شده، حسگرهای مبتنی بر این نوع نانوالیاف ویژگی و حساسیت بالاتری نسبت به سنسورهای مبتنی بر فیلم جامد معمولی ارائه می‌کنند. هیپوکسی، یک وضعیت کمبود اکسیژن، به طور کلی در تومورهای جامد به دلیل عدم تعادل بین رشد غیرقابل کنترل تومور و کمبود اکسیژن توسط عروق خونی تومور دیده می‌شود. غلظت کم اکسیژن به عنوان یک شاخص سلول سرطانی در نظر گرفته می‌شود و بنابراین می‌توان آن را به صورت محلی توسط یک حسگر اکسیژن مبتنی بر نانوالیاف مشخص کرد (18). یک حسگر نانوالیاف زیست‌سازگار توسط Xue و همکاران توسعه داده شد که امکان مکان‌یابی و تصویربرداری از مناطق هیپوکسیک را در زیر مجموعه‌های رده سلولی گلیوبلاستوما کشت شده فراهم می‌کند. الیاف به صورت هم محور الکترورسی شدند و از یک پوسته زیست‌سازگار و یک هسته پلی کربنات قابل نفوذ به گاز تشکیل شده بودند. یک کاوشگر لومینسانس حساس به اکسیژن، در داخل ماده اصلی تعبیه شده که می‌تواند سنجش اکسیژن در مقیاس میکرو را ارائه دهد. در مقایسه با اکثر سنسورهای اکسیژن نوری مبتنی بر فیلم گزارش شده، یک حسگر مبتنی بر نانوالیاف الکترورسی شده که شناسایی دقیق‌تری از شرایط اکسیژن موضعی و تشخیص سرطان ارائه می‌کند (19). سطوح بالایی از گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) در سلول‌های سرطانی در مقایسه با سلول‌های غیر سرطانی نشان داده شده است. تشخیص ROS، مانند پراکسید هیدروژن (H₂O₂)، نویدبخش تشخیص سرطان است. به عنوان مثال، ژانگ و همکاران، یک حسگر نانوالیاف دو فلزی Au-Ag/Co₃O₄ برای تشخیص حساس پراکسید هیدروژن آزاد شده از سلول‌های سرطان سینه انسان طراحی کردند. نانوالیاف Au-Ag/Co₃O₄ با استفاده از مزیت نسبت سطح به حجم زیاد، به عنوان الکتروکاتالیست کارآمد برای اکسیداسیون H₂O₂ عمل کردند و حساسیت تشخیص بالایی نسبت به H₂O₂ نشان دادند (20). انواع دیگر حسگرها نیز برای تشخیص H₂O₂ مورد بررسی و بازبینی قرار گرفته اند، از جمله سنسورهای مبتنی بر اسپکتروفتومتری و کروماتوگرافی. ژن‌های مرتبط با تومور، مانند ژن p53، نشانگرهای بیولوژیکی توسعه سرطان هستند. وانگ و همکاران، یک حسگر زیستی الکتروشیمیایی p53 متشکل از نانولوله‌های کربنی چند جداره کربوکسیله و نانوالیاف کامپوزیتی نایلون ۶ را توسط الکترورسی ساختند. DNA تک رشته ای روی نانوالیاف الکترورسی شده تثبیت شده و می‌تواند با توالی‌های نوع وحشی p53 هیبرید شود که توسط یک نشانگر الکتروشیمیایی متیلن بلو قابل شناسایی خواهد بود. این سنسور می‌تواند با یک سطح خاص بزرگ و زیست‌سازگاری خوب ۵۰ توالی p53 وحشی را تشخیص دهد. این پژوهش امکان تشخیص سایر ژن‌های مرتبط با تومور را فراهم می‌کند (21).

۵- کاربردهای دارویی و درمانی نانوالیاف الکترورسی شده

ویژگی منحصر به فرد و قابلیت تنظیم آسان داربست‌های نانوالیافی آن‌ها را به ابزاری بسیار انعطاف پذیر برای دارورسانی تبدیل کرده است. از آنجایی که تفاوت ذاتی در آسیب‌شناسی‌ها وجود دارد، هر زمینه، کاربردی متفاوت نسبت به آزادسازی و ویژگی‌های مکانیکی خاصی از نانوالیاف دارد. علیرغم پیشرفت‌های قابل توجه در درمان، تشخیص و پیشگیری، سرطان یکی از

مخوف‌ترین بیماری‌هایی است که دنیای بشر امروزی را آزار می‌دهد و همچنان یکی از علل اصلی مرگ و میر در سراسر جهان است (22).

پس از برداشتن سلول‌های تومور در طی جراحی، پتانسیل عود حفظ می‌شود و شیمی‌درمانی به یک جزء حیاتی برای حل این مشکل تبدیل می‌شود. با توجه به ویژگی ضعیف داروها، آن‌ها باید مانع از بین بردن سلول‌های طبیعی در هنگام حمله به سلول‌های سرطانی شوند. برای اطمینان از اینکه سمیت روی سلول‌های طبیعی تأثیر نمی‌گذارد، ناحیه موضعی بعد از جراحی در غلظت مناسبی از داروهای ضد سرطان حفظ می‌شود. بنابراین، نانوالیاف مملو از داروهای ضد سرطان به گونه‌ای طراحی شده‌اند که دارو را به شیوه‌ای پایدار در محل‌های مورد نظر تحویل دهند و آن‌ها را به یک کاندید ایده‌آل برای کاشت در سلول‌های تومور جامد تبدیل کنند. آن‌ها نه تنها خطر عود موضعی سرطان را پس از جراحی کاهش می‌دهند، بلکه می‌توانند مستقیماً به محل تومور هدایت شوند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که پلیمرهای متعددی داروهای ضد سرطان را به دام می‌اندازند و به مکان‌های خاصی با مشخصات آزادسازی دارو می‌رسانند. هنگام کار با سلول‌های سرطانی، انتخاب پلیمر، فرآیند ساخت و دارو به همراه آن بسیار مهم است. وانگ و همکاران طی پژوهشی موفق به تولید نانوالیاف پلی وینیل‌پیرولیدون (PVP) با کورکومین صاف و همگن شدند. نانوالیاف PVP بارگذاری شده با کورکومین فعالیت ضد سرطانی افزایش یافته‌ای را در هنگام آزمایش در شرایط آزمایشگاهی علیه رده سلولی ملانوم موشی B16 نشان داد (23). ژانگ و همکاران، برای جداسازی سلول‌های سرطانی از نمونه‌های خون سلول‌های تومور در گردش مصنوعی با استفاده از یک دنباله از یک بستر نانوالیاف TiO_2 با کلسینه کردن titanium n-butoxide (TBT) توسط الکتروریسی آن با الیاف پلی وینیل‌پیرولیدون (PVP) استفاده کردند (24). در پژوهش دیگری آکپان و همکاران، داربستی متشکل از پلی (D, L-لاکتیک کولیکولیک اسید)، ژلاتین و پلورونیک F127 برای درمان سرطان سینه با پرودیزبوزین طراحی کردند (25). داربست‌های الکتروریسی می‌توانند به جلوگیری از عود سرطان کمک کنند. به عنوان مثال، رسولی و همکاران، کارایی نانوالیاف الکتروریسی شده مخلوط ساده همراه با دو ترکیب طبیعی ضد سرطانی کورکومین و کریزین را در برابر عود سرطان سینه ارزیابی کردند. در نتیجه، نانوالیاف‌های دوگانه بارگذاری شده با دارو، ظرفیت بسیار خوبی برای مهار سلول‌های سرطان سینه در شرایط آزمایشگاهی نشان دادند (26).

۶- نتیجه گیری

طی چند دهه اخیر، الکتروریسی به طور قابل توجهی تغییر کرده است. الکتروریسی روشی سریع و آسان برای ساختن سیستم‌های دارورسانی هوشمند و قابل کنترل است. امکانات بی‌پایان الکتروریسی یک پلتفرم استثنایی برای توسعه سیستم‌های نوآورانه تحویل دارو است که می‌تواند مزایای درمانی داروها را به حداکثر برساند و در عین حال عوارض جانبی نامطلوب آن‌ها را به حداقل برساند. انتخاب دارو و پلیمر را می‌توان به سادگی برای حوزه کاربرد خاص یا نیاز دقیق تنظیم کرد. با تغییر خواص مکانیکی یا جنبشی انتشار، داربست‌های الکتروریسی شده می‌توانند به افق جدیدی برای پزشکی شخصی تبدیل شوند. علاوه بر این، پیشرفت مداوم فناوری و ایجاد سیستم‌های ترکیبی پیچیده‌تر نیز می‌تواند به توسعه دستگاه‌های هوشمند نوآورانه‌ای که قادر به تعدیل دقیق مقدار داروی آزاد شده از داربست در پاسخ به محرک‌های بدن هستند، کمک کند. در نهایت، نانوالیاف‌های الکتروریسی شده را می‌توان در زمینه‌های نسبتاً ناشناخته مانند دیابت، درمان‌های هورمونی و بیماری‌های خودایمنی به کار برد. اگرچه تکنیک‌های موجود برای درمان سلول‌های سرطانی با استفاده از نانوالیاف در مقایسه با شیمی‌درمانی سنتی بسیار سودمند هستند، اما نقطه ضعف اصلی؛ حلال‌های مضر است که ممکن است با دارو تداخل داشته باشد و هدفی را که برای آن انتخاب شده‌اند از بین ببرد. یک رویکرد چند رشته‌ای می‌تواند به حل مسائل اصلی مربوط به نانوالیاف الکتروریسی شده کمک کند. در آینده، داربست‌های بهینه‌شده می‌توانند ابزاری قدرتمند برای کلینیک‌ها و بیماران باشند که قادر به ترکیب مهندسی بافت غیرتهاجمی با آزادسازی دقیق دارو هستند. ویژگی‌های منحصر به فرد و سادگی نانوالیاف سفارشی شده می‌تواند گام مهمی به سمت پزشکی شخصی سازی شده باشد.

مراجع

1. Ramos AP, Cruz MAE, Tovani CB, Ciancaglini P. Biomedical applications of nanotechnology. Biophys

- Rev 9: 79–89. 2017.
2. Nurgali K, Jagoe RT, Abalo R. Adverse effects of cancer chemotherapy: Anything new to improve tolerance and reduce sequelae? Vol. 9, *Frontiers in pharmacology*. Frontiers Media SA; 2018. p. 245.
 3. O'Neill J. Review on antimicrobial resistance. *Antimicrob Resist tackling a Cris Heal wealth nations*. 2014;2014(4).
 4. Woyda R, Oladeinde A, Abdo Z. Reads2Resistome: an adaptable and high-throughput whole-genome sequencing pipeline for bacterial resistome characterization. *bioRxiv*. 2020;2005–20.
 5. Dogra P, Butner JD, Chuang Y, Caserta S, Goel S, Brinker CJ, et al. Mathematical modeling in cancer nanomedicine: a review. *Biomed Microdevices*. 2019;21:1–23.
 6. Narayanaswamy R, Torchilin VP. Hydrogels and their applications in targeted drug delivery. *Molecules*. 2019;24(3):603.
 7. Wang C, Wang J, Zeng L, Qiao Z, Liu X, Liu H, et al. Fabrication of electrospun polymer nanofibers with diverse morphologies. *Molecules*. 2019;24(5):834.
 8. Islam MS, Ang BC, Andriyana A, Afifi AM. A review on fabrication of nanofibers via electrospinning and their applications. *SN Appl Sci*. 2019;1:1–16.
 9. پوریا ج، محمدرضا ر، محمدحسین ص، حسین ب. نانوالیاف؛ از سنتز تا کاربرد در تصفیه آب. اولین همایش بین‌المللی و دومین همایش ملی مدل‌سازی و فناوری‌های جدید در مدیریت آب. بیرجند؛ ۱۴۰۱.
 10. Ke P, Jiao X-N, Ge X-H, Xiao W-M, Yu B. From macro to micro: structural biomimetic materials by electrospinning. *RSC Adv*. 2014;4(75):39704–24.
 11. Nalbandian M. Development and Optimization of Chemically-Active Electrospun Nanofibers for Treatment of Impaired Water Sources. 2014.
 12. Yadav A, Verma N. Carbon bead-supported copper-dispersed carbon nanofibers: An efficient catalyst for wet air oxidation of industrial wastewater in a recycle flow reactor. *J Ind Eng Chem*, 2018;67:448–60
 13. Cui J, Li F, Wang Y, Zhang Q, Ma W, Huang C. Electrospun nanofiber membranes for wastewater treatment applications. *Sep Purif Technol*. 2020;250:117116.
 14. Laidmäe I, Nieminen H, Salmi A, Paulin T, Rauhala T, Falck K, et al. Device and method to produce nanofibers and constructs thereof. *Google Patents*; 2018.
 15. Partheniadis I, Athanasiou K, Laidmäe I, Heinämäki J, Nikolakakis I. Physicomechanical characterization and tablet compression of theophylline nanofibrous mats prepared by conventional and ultrasound enhanced electrospinning. *Int J Pharm*. 2022;616:121558.
 16. Yan X, Yu M, Ramakrishna S, Russell SJ, Long Y-Z. Advances in portable electrospinning devices for in situ delivery of personalized wound care. *Nanoscale*. 2019;11(41):19166–78.
 17. Kajdič S, Vrečer F, Kocbek P. Preparation of poloxamer-based nanofibers for enhanced dissolution of carvedilol. *Eur J Pharm Sci*. 2018;117:331–40.
 18. Muz B, de la Puente P, Azab F, Azab AK. The role of hypoxia in cancer progression, angiogenesis, metastasis, and resistance to therapy. *Hypoxia*. 2015;3:83.
 19. Xue R, Nelson MT, Teixeira SA, Viapiano MS, Lannutti JJ. Cancer cell aggregate hypoxia visualized in vitro via biocompatible fiber sensors. *Biomaterials*. 2016;76:208–17.
 20. Zhang Y, Deng D, Zhu X, Liu S, Zhu Y, Han L, et al. Electrospun bimetallic Au-Ag/Co3O4 nanofibers for sensitive detection of hydrogen peroxide released from human cancer cells. *Anal Chim Acta*. 2018;1042:20–8.
 21. Wang X, Wang X, Wang X, Chen F, Zhu K, Xu Q, et al. Novel electrochemical biosensor based on functional composite nanofibers for sensitive detection of p53 tumor suppressor gene. *Anal Chim Acta*. 2013;765:63–9.
 22. Siegel RL, Miller KD, Jemal A. Cancer statistics, 2018. *CA Cancer J Clin*. 2018;68(1):7–30.
 23. Wang C, Ma C, Wu Z, Liang H, Yan P, Song J, et al. Enhanced bioavailability and anticancer effect of curcumin-loaded electrospun nanofiber: in vitro and in vivo study. *Nanoscale Res Lett*. 2015;10(1):1–10.
 24. Zhang N, Deng Y, Tai Q, Cheng B, Zhao L, Shen Q, et al. Electrospun TiO2 nanofiber-based cell capture assay for detecting circulating tumor cells from colorectal and gastric cancer patients. *Adv Mater*. 2012;24(20):2756–60.
 25. Akpan UM, Pellegrini M, Obayemi JD, Ezenwafor T, Browl D, Ani CJ, et al. Prodigiosin-loaded electrospun nanofibers scaffold for localized treatment of triple negative breast cancer. *Mater Sci Eng C*. 2020;114:110976.
 26. Rasouli S, Montazeri M, Mashayekhi S, Sadeghi-Soureh S, Dadashpour M, Mousazadeh H, et al. Synergistic anticancer effects of electrospun nanofiber-mediated codelivery of Curcumin and Chrysin: Possible application in prevention of breast cancer local recurrence. *J Drug Deliv Sci Technol*. 2020;55:101402.

بررسی اثرات ضد درد نانوامولسیون اسانس شمع‌دانی عطری در موش سوری حکیمه گاوزن درونکلا^{۱*}، محدثه ابو حسینی طبری^۲، محمد امین مشایخ پور^۳، محمدرضا شایسته مهر^۴

- ۱- استادیار گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فناوری‌های نوین آمل، آمل، ایران
h.gavzan@hotmail.com
- ۲- دانشیار گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فناوری‌های نوین آمل، آمل، ایران
m_abuhoseini@yahoo.com
- ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم جانوری، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، بابل‌سر، ایران
Mashayekh.amin6775@yahoo.com
- ۴- دانشجوی کارشناسی گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فناوری‌های نوین آمل، آمل، ایران
www.rezashayestehmehr@gmail.com

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: h.gavzan@hotmail.com

Evaluation of antinociceptive effects of *Pelargonium Roseum* essential oil nanoemulsion in mice

hakimeh gavzan daronkola^{۱*}، Mohaddeseh Abouhosseini Tabari^۲، Mohammad Amin Mashayekhpour^۳،
Reza Shayesteh mehr^۴

1. Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran
h.gavzan@hotmail.com
2. Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran
m_abuhoseini@yahoo.com
3. MSc Student, Department of Animal Sciences, Faculty of Basic Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran
Mashayekh.amin6775@yahoo.com
4. Undergraduate student, Faculty of Veterinary Medicine, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran
www.rezashayestehmehr@gmail.com

*Corresponding author: h.gavzan@hotmail.com

ABSTRACT

Pain is an unpleasant sensory with the physiological damage, which is considered a serious problem in the world. The common painkillers are associated with the wide range of side effects that limit their long-term use. Therefore, it is necessary to find the new, effective and safe medications. In the present study, the analgesic effects of *Pelargonium Roseum* essential oil nanoemulsion (PEO-nano) were investigated in the pain induction model caused by formalin injection in the paw of mice. PEO and its effective components have many therapeutic effects. Nanoemulsions as the carrier of essential oils, also improve their solubility and stability. The study was performed in 5 groups of mice (n=6). Groups 1-3 received 25, 50, 100 mg/kg dosage of PEO-nano, respectively. Group 4-5 received diclofenac sodium (10 mg/kg) and normal saline (vehicle), respectively. All injections were performed intraperitoneally. PEO-nano and vehicle were injected 15 minutes and sodium diclofenac 30 minutes before formalin injection. Then 25 microliters of 5% formalin was injected into the

surface of the right foot. The duration of biting/licking the injected paw was measured in primary (0-5min) and secondary (10-45min) phases and considered as indication of nociception.

PEO-nano was able to reduce the duration of paw licking/biting in both phases of pain induced by formalin in a dose-dependent manner as well as diclofenac, compared to the control group. The antinociceptive activity was significant in doses of 25 ($p<0.05$) and doses of 50 and 100 ($p<0.001$) in the phase-1 and, doses of 50 and 100 ($p<0.01$) in the phase-2.

Therefore, *Pelargonium Roseum* essential oil nanoemulsion can significantly reduce pain parameters in both primary and secondary phases, like the standard drug, and is suggested as a new antinociceptive agent for further studies.

Keywords: *Pelargonium Roseum*, essential oil, nanoemulsion, antinociceptive, formalin

چکیده

درد حسی ناخوشایند همراه با آسیب‌های فیزیولوژیکی می‌باشد که بعنوان یک مشکل جدی در جهان محسوب می‌شود. داروهای ضد درد رایج دارای، طیف وسیعی از عوارض جانبی می‌باشند که مصرف طولانی مدت آنها را محدود می‌سازد. بنابراین یافتن درمان‌های جدید، موثر و ایمن ضروری می‌باشد. در مطالعه حاضر اثرات ضد درد نانوامولسیون اسانس گل شمعدانی عطری در مدل القا درد ناشی از تزریق فرمالین در پنجه پا در موش سوری بررسی شد. اسانس گل شمعدانی و ترکیبات موثر آن دارای اثرات درمانی متعددی می‌باشند. نانوامولسیون‌ها نیز به عنوان حامل اسانس‌ها، حلالیت و پایداری آنها را بهبود می‌بخشند.

مطالعه در ۵ گروه ۶ تایی از موش سوری انجام گرفت. گروه‌های ۱-۳، بترتیب نانو اسانس *P. roseum* را در دوزهای ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم دریافت کردند. گروه ۴ و ۵ نیز بترتیب دیکلوفناک سدیم (۱۰ میلی‌گرم/کیلوگرم) و نرمال سالین (حلال) دریافت کردند. تمامی تزریقات به روش داخل صفاقی انجام شدند. تزریقات نانو اسانس و حلال، ۱۵ دقیقه و دیکلوفناک سدیم ۳۰ دقیقه قبل از تزریق فرمالین صورت گرفت. سپس ۲۵ میکرولیتر فرمالین ۵ درصد به سطح پنجه پا راست تزریق شد. مدت زمان گاز گرفتن/لیسیدن پنجه پا در فاز اولیه (۰-۵ دقیقه) و فاز ثانویه (۱۰-۴۵ دقیقه) اندازه‌گیری و به عنوان نشانه درد در نظر گرفته شد.

نانوامولسیون اسانس گل شمعدانی عطری توانست بصورت وابسته به دوز همانند دیکلوفناک، نسبت به گروه کنترل مدت زمان لیسیدن/گازگرفتن پنجه پا را در هر دو فاز درد ناشی از فرمالین کاهش دهد. اثرات ضد درد در دوزهای ۲۵ ($p<0.05$) و دوزهای ۵۰ و ۱۰۰ ($p<0.001$) در فاز اولیه و در دوزهای ۵۰ و ۱۰۰ ($p<0.01$) در فاز ثانویه معنی‌دار بود. بنابراین، نانوامولسیون اسانس گل شمعدانی عطری می‌تواند همانند داروی استاندارد، پارامترهای درد را در هر دو فاز اولیه و ثانویه بطور معنی‌دار کاهش دهد و بعنوان عامل ضد درد جدید برای مطالعات بیشتر پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: گل شمعدانی عطری، نانوامولسیون، اسانس، ضد درد، فرمالین

۱- مقدمه

درد یک ادراک حسی ناخوشایند همراه با آسیب فیزیولوژیکی است که شامل آسیب بافتی واقعی یا بالقوه است (1). درد روشی برای محافظت از بدن در برابر آسیب احتمالی است. تخمین زده شده است که از هر ۵ بزرگسال، ۱ نفر از درد رنج می‌برد. درد نه تنها کیفیت زندگی را کاهش می‌دهد بلکه هزینه‌های بالایی را به جامعه تحمیل می‌کند (2). پاسخ درد با مشارکت چند واسطه عصبی یا التهابی ایجاد می‌شود. در هنگام آسیب احتمالی، محرک‌های شیمیایی (هیستامین، برادی‌کینین، پروستاگلاندین‌ها، سروتونین و اکسید نیتریک) می‌توانند فیبرهای درد را تحریک و پیام‌های عصبی درد را به CNS منتقل کنند و بدین ترتیب منجر به القای درد و التهاب شوند. در این زمینه، التهاب را می‌توان به عنوان یک واکنش دفاعی اساسی

بدن در برابر تهاجم پاتوژن‌ها، آسیب و سایر محرک‌های مضر در نظر گرفت(۳). در حال حاضر، درمان‌های دارویی مورد استفاده برای مدیریت درد و التهاب شامل داروهای ضد التهابی غیر استروئیدی (NSAIDs)، گلوکوکورتیکوئیدها، مسکن‌های مرکزی (افیون‌ها) و داروهای کمکی (ضد تشنج‌ها، ضد افسردگی‌ها) می‌باشند. علیرغم تنوع زیاد داروهای ضد التهابی و ضد درد، محدودیت‌هایی نظیر عوارض جانبی و بی‌اثر بودن آن‌ها در برخی شرایط، نیاز برای یافتن مولکول‌های فعال زیستی جدید را ضروری می‌سازد. بنابراین، بسیاری از مطالعات بر جستجوی ترکیبات جدید به عنوان جایگزین‌های درمانی تمرکز دارند(۴). هزاران سال است که از عصاره‌های مختلف گیاهان به عنوان مسکن استفاده می‌شود معمولاً عصاره یک گیاه حاوی ترکیبات مختلفی است که برخی از آنها دارای فعالیت‌های بیولوژیکی هستند. بنابراین، بکارگیری عصاره‌های گیاهی به عنوان مسکن می‌تواند به عنوان یک راهکار جایگزین مناسب در درمان درد و التهاب پیشنهاد گردد (۵):

در این مطالعه با هدف کشف عوامل جدید برای مهار درد و التهاب، اثرات اسانس گل شمعدانی عطری در مدل درد التهابی ناشی از فرمالین مورد مطالعه قرار گرفت. گل شمعدانی عطری^۱ گونه‌ای متعلق به خانواده ژرانیاسه^۲، بومی آفریقای جنوبی است و به دلیل رایحه دلپذیر آن در بسیاری از نقاط جهان توزیع و کشت می‌شود. برگ‌های این گیاه با ترکیب‌های غده‌ای^۳ پوشیده شده‌اند که اسانس را ترشح می‌کنند و عطر دلپذیری از گل رز می‌دهند (۶، ۷). *P. roseum* دارای ساقه‌های مستقیم چوبی و برگ‌های پوشیده از کرک‌های خشن کوتاه است که به گیاه رایحه‌ای شیرین می‌دهد. شمعدانی با رایحه گل رز، به طور گسترده به عنوان یکی از گیاهان دارویی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی بسیار بالا شناخته می‌شود. اسانس‌ها یکی از اشکال داروهای طب سنتی هستند و اخیراً استفاده از آنها در سراسر جهان برای درمان انواع مختلف بیماری‌ها از جمله درد و التهاب گسترش یافته است (۸). این گیاه چندین فعالیت زیستی از جمله اثرات ضد میکروبی، ضد درد و ضد التهابی دارد. اثر ضد میکروبی اسانس *P. roseum* بر روی چندین باکتری گرم منفی و گرم مثبت و همچنین قارچ‌ها آزمایش شد. نشان داده شد که اسانس این گیاه دارای فعالیت‌های ضد باکتریایی و ضد قارچی است (۹). اسانس گل شمعدانی معروف به روغن گل شمعدانی دارای اثرات درمانی متعددی می‌باشد. ترکیبات اصلی آن شامل سیترونلول، ژرانیول، لینالول و ایزو منتون می‌باشد که مسئول فعالیت‌های بیولوژیکی این اسانس هستند (۱۰). سو و همکاران (۲۰۱۰) همچنین اثر ترکیبات اصلی روغن شمعدانی، سیترونلول و ژرانیول را بر تولید اکسید نیتریک و پروستاگلاندین ناشی از لیپوپولی ساکارید در ماکروفاژهای RAW 264.7 ارزیابی کردند (۱۱). در مدل التهاب روده ناشی از اسیداستیک در موش سوری نشان داده شد که اسانس گل سرخ منجر به مهار التهاب در کولون می‌شود (۱۲). ابو حسینی و همکاران نشان دادند که اسانس گل سرخ در موش سوری دارای اثرات ضد اضطرابی و ضد افسردگی است. از آنجاییکه پیش‌درمانی با آنتاگونیست سروتونین منجر به مهار اثرات این اسانس شد، بنابراین ثابت شد که اسانس گل سرخ اثرات ضد اضطرابی و ضد افسردگی خود را از طریق تعدیل در مسیر سروتونرژیک اعمال می‌کند (۱۱). نوروترانسمیتر سروتونین نقش مهمی در تعدیل درد محیطی و مرکزی دارد. بطوریکه مطالعات بسیاری، نقش موثر آگونیست‌ها و آنتاگونیست‌های زیرگروه‌های مختلف گیرنده HT-5 و مهارکننده‌های بازجذب آن برای درمان درد نشان داده‌اند (۱۳). با این حال، اسانس‌ها دارای معایبی مانند حساسیت به تبخیر، حلالیت کم در آب، ناپایداری در برابر حضور اکسیژن و نور هستند که علاوه بر آسیب رساندن به عملکرد درمانی آن، تولید فرمولاسیون موثر را مختل می‌سازند. برای غلبه بر این محدودیت‌ها می‌توان از نانوکپسولاسیون اسانس‌ها استفاده کرد (۱۴). در زمینه گیاهان دارویی، کاربرد نانوتکنولوژی دارای مزایایی چون افزایش حلالیت ظاهری، فراهمی زیستی، زیست‌سازگاری، محافظت در برابر تخریب فیزیکی و شیمیایی ماده فعال است که در نتیجه باعث افزایش عملکرد دارویی و محافظت در برابر سمیت می‌شود (۱۵). نانومولسیون‌ها از جمله نانوذراتی هستند که به عنوان حامل اسانس‌ها بکار می‌روند که به دلیل میل ترکیبی بالا به راحتی در غشاهای بیولوژیکی حل می‌شوند. (۱۶). استفاده از نانومولسیون‌ها می‌تواند یک رویکرد موفقیت‌آمیز باشد زیرا آنها می‌توانند پایداری فیزیکی و حرارتی مواد فعال، حلالیت، فراهمی زیستی و همچنین آزادسازی کنترل‌شده آنها را بهبود بخشند. (۱۷)

¹. *Pelargonium roseum* Willd

². Geraniaceae

³. capitate trichomes

تست درد ناشی از تزریق فرمالین در پنجه حیوانات یکی از رایج‌ترین روش‌های غربالگری استاندارد در کشف داروهای ضد درد جدید می‌باشد. آزمایش پنجه فرمالین یک پاسخ درد دو فازی مشخص و مستقل از یکدیگر ایجاد می‌کند (۱۲). فاز اولیه در ۵ دقیقه اول و فاز ثانویه از ۱۰ تا ۴۵ دقیقه پس از تزریق فرمالین رخ می‌دهد. پاسخ فاز اولیه ناشی از درد غیر التهابی ناشی از تحریک مستقیم گیرنده‌های درد است و فاز ثانویه درد ناشی از التهاب است که با سیتوکین‌های التهابی در محیط و نخاع همراه است. به طور کلی، داروهای با اثر مرکزی هر دو فاز را مهار می‌کنند، در حالی که داروهای دارای اثر محیطی تنها فاز دوم را مهار می‌کنند. از سوی دیگر مشخص شده است که تزریق موضعی فرمالین یک پاسخ التهابی ایجاد می‌کند که منجر به تورم پنجه می‌شود. آسیب سلولی ناشی از فرمالین در روند التهاب حاد، متجر به آزاد شدن واسطه‌های التهابی در پنجه پا می‌شوند که در ایجاد حساسیت به درد ناشی از التهاب نقش دارند.

بنابراین مطالعه حاضر به بررسی خواص ضد درد نانومولسیون P. roseum در مدل درد ناشی از تزریق فرمالین در پنجه پا موش سوری پرداخته است.

۲- روش کار

موش‌های نر بالغ با وزن ۲۵-۳۵ گرم از مرکز حیوانات انستیتو پاستور شمال (آمل) برای استفاده در این مطالعه خریداری شدند. حیوانات در دمای 23 ± 2 درجه سانتیگراد و شرایط ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی نگهداری شدند و آب و غذا به میزان کافی در اختیار آنها قرار گرفت. کار با موشها بر اساس موازین "کمیته اخلاق کار با حیوانات آزمایشگاهی دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل" انجام شد.

- آزمایش پنجه فرمالین

این آزمون در ۵ گروه ۶ تایی از موش سوری انجام گرفت. گروه‌های ۱-۳، بترتیب نانو اسانس P. roseum را در دوزهای ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ میلی‌گرم/کیلوگرم دریافت کردند. گروه ۵ دیکلوفناک سدیم (۱۰ میلی‌گرم/کیلوگرم) و گروه کنترل نیز نرمال سالین (حلال) دریافت کردند. تمامی تزریقات به روش داخل صفاقی انجام شدند. تزریقات نانو اسانس و حلال، ۱۵ دقیقه و دیکلوفناک سدیم ۳۰ دقیقه قبل از تزریق فرمالین صورت گرفت. سپس ۲۵ میکرولیتر از محلول فرمالین ۵ درصد به سطح کف پای پنجه عقب راست هر موش تزریق شد. تعداد و مدت زمانی که حیوانات برای گاز گرفتن و یا لیسیدن پنجه تزریق شده صرف کردند با کرومومتر اندازه‌گیری و به عنوان نشانه درد در نظر گرفته شد. (۱۸)

- تهیه نانواسانس گل شمعدانی عطری

فرآیند وارونگی فاز امولسیون برای فرمولاسیون نانومولسیون P. roseum انجام شود. به طور خلاصه، ۱۰ میلی‌لیتر P. roseum و ۲۰ میلی‌لیتر Tween 80 به عنوان سورفکتانت در ۸۰۰ دور در دقیقه با هم زدن به مدت ۱۵ دقیقه مخلوط شدند. حجم ۷۰ میلی‌لیتر آب مقطر به فاز روغن و مخلوط سورفکتانت با سرعت ۱ میلی‌لیتر در دقیقه تیترا شده و پس از تیتراسیون، سیستم به مدت ۳۰ دقیقه به طور مداوم روی یک همزن مغناطیسی هم زده شد. سپس نانومولسیون P. roseum در دمای یخچال نگهداری و برای آزمایش‌های تکمیلی، تعیین پتانسیل زتا و پراکندگی نور پویا جهت تایید ابعاد نانومتری آماده شد. (۱۹)

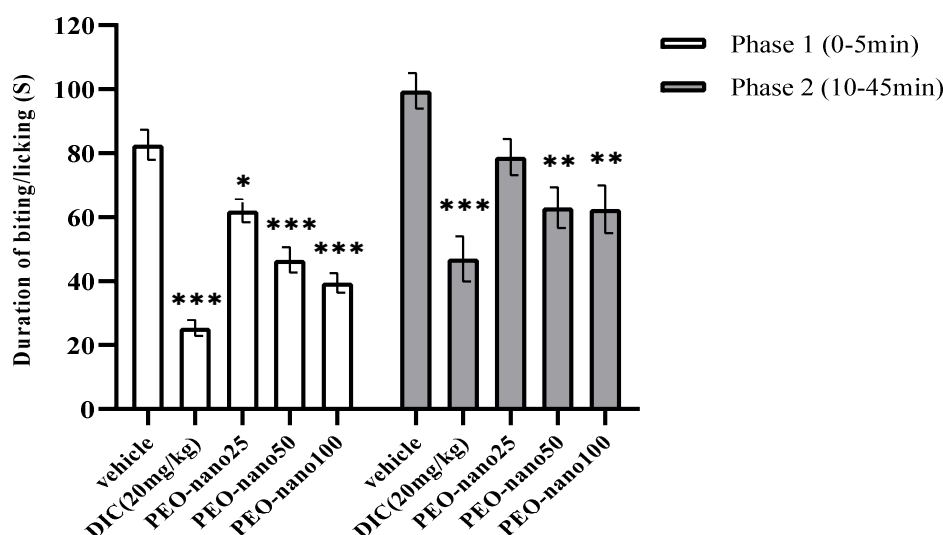
- آنالیز آماری

داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام مورد بررسی آماری قرار گرفتند. اختلاف معنی‌داری میانگین داده‌ها در گروه‌های آزمایش بوسیله آنالیز واریانس یک طرفه و تست تکمیلی توکی داده‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج بر اساس میانگین \pm انحراف معیار ارائه و $p < 0.05$ از نظر آماری معنی‌دار در نظر گرفته شد.

۳- نتایج

تزریق داخل صفاقی نانومولسیون اسانس گل شمعدانی عطری در دوزهای ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ (میلی گرم/کیلوگرم) توانست بصورت وابسته به دوز نسبت به گروه کنترل مدت زمان لیسیدن/گازگرفتن پنجه پا را در تست درد ناشی از تزریق داخل پنجه‌ای فرمالین را در هر دو فاز کاهش داد. در فاز اولیه این کاهش در دوزهای ۲۵ ($p < 0.05$) و دوزهای ۵۰ و ۱۰۰ ($p < 0.001$) نسبت به گروه کنترل معنی‌دار بود. در فاز ثانویه دوزهای ۵۰ و ۱۰۰ ($p < 0.01$) نسبت به گروه کنترل کاهش معنی‌داری نشان دادند و در دوز ۲۵ این کاهش معنی‌دار نبود.

شکل ۱. اثرات ضددردی نانومولسیون اسانس گل شمعدانی عطری در مدل القا درد ناشی از تزریق فرمالین در فازهای اولیه و ثانویه.



*; $p < 0.05$; **; $p < 0.01$; ***; $p < 0.001$ در مقایسه با گروه کنترل

۴. نتیجه‌گیری

در این مطالعه برای اولین بار اثرات ضد دردی نانومولسیون اسانس گل شمعدانی عطری در مدل القا درد ناشی از تزریق فرمالین در پنجه پا در موش سوری بررسی شد. دوزهای مختلف این نانومولسیون توانستند همانند داروی استاندارد دیکلوفناک، بطور معنی‌دار و وابسته به دوز پارامترهای درد را در هر دو فاز اولیه و ثانویه کاهش دهند. اسانس‌ها از مخلوطی از مولکول‌های فرار با منشأ طبیعی و با طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های بیولوژیکی تشکیل شده‌اند. استفاده از اسانس‌های گیاهی همیشه جایگاه ویژه‌ای در طب سنتی داشته است و امروزه بسیاری از محققان علاقه‌مند به بررسی اثرات بالقوه بیولوژیکی و کاربردهای احتمالی آنها در طب سنتی هستند (۲۰). مطالعات قبلی، خواص ضددردی اسانس‌ها را گزارش کرده‌اند (۲۱). برای

بهبود حلالیت اسانس‌ها در آب، نانوامولسیون‌ها به روش کم‌انرژی با استفاده از ترکیب وارونگی فاز ساخته شدند. تکنیک نانوکپسوله‌سازی دارای مزایایی نظیر عدم بکارگیری حرارت و حلال، کم هزینه بودن و سازگاری با محیط زیست می‌باشد (۱۴). در پی تزریق فرمالین در پنجه پا، یک الگوی درد دوفازی ایجاد می‌شود. فاز اولیه که فاز نوروزنیک می‌باشد و ناشی از درد غیر التهابی است و از تحریک مستقیم گیرنده‌های درد ایجاد می‌شود. فاز ثانویه که درد ناشی از التهاب است که با سیتوکین های التهابی در محیط و نخاع همراه است. به طور کلی، داروهایی با اثرات مرکزی هر دو فاز را مهار می‌کنند، در حالی که داروهای دارای اثرات محیطی تنها فاز دوم را مهار می‌کنند (۳، ۲۲).

از آنجاییکه نانواسانس بکاررفته در این مطالعه توانست هر دو فاز درد را مهار کند، پس احتمالاً قادر به اعمال اثرات ضددردی مرکزی و مهار واسطه‌های التهابی در محیط و نخاع می‌باشد. نتایج مطالعه حاضر همراستا با مطالعات قبلی است. نشان داده شد که ژرانیول، یکی از ترکیبات موثر و اصلی اسانس گل شمعدانی عطری، مدت زمان لیسیدن پنجه پا را در مدل درد ناشی از فرمالین در هر دو فاز اولیه و ثانویه کاهش داد که این کاهش در فاز ثانویه معنی‌دار بوده است (۲۳). همچنین گزارش شده است که ژرانیول و سیترانلول، ماد موثره‌های مهم اسانس گل شمعدانی عطری، مدت زمان لیسیدن پا را در مدل القا درد ناشی از تزریق گلوتامات در پنجه پا در موش سوری کاهش دهد (24) - گلوتامات دارای نقش کلیدی در پاسخ‌های درد محیطی است. بطوریکه آنتاگونیست های گلوتاماترژیک می‌توانند درد ناشی از تزریق گلوتامات را کاهش دهند (۲۴، ۲۵). در مطالعه دیگر اثرات ضددردی و ضدالتهابی سیترانلول، ماده موثر مهم این اسانس گزارش شده است. تجویز داخل صفاقی دوزهای مختلف سیترانلول توانست بطور قابل ملاحظه‌ای، درد ناشی از فرمالین را در هر دو فاز اولیه و ثانویه مهار کند و التهاب ناشی از تزریق کاراژینان را کاهش دهد.

در مطالعه دیگری نشان داده شد که اسانس *P. roseum* منجر به اثرات ضداضطرابی و ضدافسردگی در مدل‌های EPM و FST می‌شود. پیش‌درمانی با WAY-100635، آنتاگونیست گیرنده HT-5 سروتونین، توانست اثرات اسانس را در EPM و FST معکوس کند. بنابراین فعالیت اسانس گل شمعدانی عطری از طریق تعدیل انتقال سروتونرژیک رخ می‌دهد. (۶). HT-5 نقش مهمی در پیشرفت و تنظیم مسیرهای مرکزی و محیطی درد دارد. سروتونین بعنوان یک انتقال دهنده عصبی توسط نورون‌های سروتونرژیک در مغز و نخاع ترشح می‌شود. همچنین در سیستم محیطی نیز به هنگام آسیب بافتی یا التهاب، سروتونین از پلاکت‌ها و ماست سل‌ها آزاد و در تسکین و تشدید درد شرکت می‌کند. اثرات درمانی آگونیست‌ها و آنتاگونیست‌های گیرنده‌های HT-5 و مهارکننده بازجذب‌کننده‌های سروتونین در درد نوروپاتیک به طور گسترده‌ای مورد توجه می‌باشند (۲۶).

در مطالعه دیگر نشان داده شد که تجویز ژرانیول در مدل القا آلودگی باکتریایی موش سوری توانست پارامترهای التهابی اینترلوکین-۱، اینترلوکین-۲ و TNF و پارامترهای استرس اکسیداتیو نظیر مالون دی‌آلدئید را نسبت به گروه آلوده بطور معنی‌داری کاهش دهد (۲۷). همچنین پیش‌درمانی با سیترانلول در مدل التهاب ریوی ناشی از کاراژینان منجر به کاهش نفوذپذیری و تجمع نوتروفیل‌ها و لکوسیت‌ها در محل التهاب شد. علاوه بر این سیترانلول توانست تولید نیتریک اکسید، پارامتر استرس اکسیداتیو، را در ماکروفاژهای تحت تیمار با لیپوپلی‌ساکارید کاهش دهد (۲۵).

در پی بروز التهاب، واسطه‌های التهابی مانند پروستاگلاندین‌ها همچنین برخی نوروترانسمیترها آزاد شده و در نهایت منجر به تحریک گیرنده‌های درد می‌شوند. از سوی دیگر متعاقب تحریک گیرنده‌های درد، واکنش‌های آبخاری رخ می‌دهد که منجر به تولید سیتوکین‌ها می‌شود. همچنین بین تولید سیتوکین‌ها و وقوع استرس اکسیداتیو ارتباط وجود دارد. بطوریکه TNF و اینترلوکین-۱ بتا با فعال کردن آنزیم NADPH اکسیداز، منجر به تولید آنیون سوپراکسید می‌شوند. از سوی دیگر آنیون سوپراکسید نیز مسیرهای تولیدکننده سیتوکین‌ها را فعال می‌سازند (۲۸).

بنابراین براساس گزارشات قبلی می‌توان اینطور نتیجه گرفت که در مطالعه حاضر اثرات ضددردی نانوامولسیون اسانس گل شمعدانی عطری در مدل القا درد فرمالین احتمالاً ناشی از تعدیل در مسیرهای عصبی مرکزی و محیطی درد نظیر مسیرهای انتقال سروتونرژیک و گلوتاماترژیک و مهار واسطه‌های محیطی نظیر پارامترهای التهابی و استرس اکسیداتیو می‌باشد. پیشنهاد

می‌گردد، مطالعات بعدی با هدف بررسی عملکرد دقیق نانومولسیون اسانس حاضر در مدل‌های مختلف درد و التهاب انجام گیرد.

مراجع

1. Shajib, M. S., Rashid, R. B., Ming, L. C., Islam, S., Sarker, M. M. R., Nahar, L., ... & Rashid, M. A. (2018). Polymethoxyflavones from *Nicotiana plumbaginifolia* (Solanaceae) exert antinociceptive and neuropharmacological effects in mice. *Frontiers in pharmacology*, 9, 85.
2. Yin, Z. Y., Li, L., Chu, S. S., Sun, Q., Ma, Z. L., & Gu, X. P. (2016). Antinociceptive effects of dehydrocorydaline in mouse models of inflammatory pain involve the opioid receptor and inflammatory cytokines. *Scientific reports*, 6(1), 27129.
3. Pace, M. C., Mazzariello, L., Passavanti, M. B., Sansone, P., Barbarisi, M., & Aurilio, C. (2006). Neurobiology of pain. *Journal of cellular physiology*, 209(1), 8-12.
4. Silva, J. C., Oliveira Júnior, R. G. D., Silva, M. G. E., Lavor, É. M. D., Soares, J. M. D., Lima-Saraiva, S. R. G. D., ... & Almeida, J. R. G. D. S. (2018). LASSBio-1586, an N-acylhydrazone derivative, attenuates nociceptive behavior and the inflammatory response in mice. *Plos one*, 13(7), e0199009.
5. De Sousa, D. P. (2011). Analgesic-like activity of essential oils constituents. *Molecules*, 16(3), 2233-2252.
6. Abouhosseini Tabari, M., Hajizadeh Moghaddam, A., Maggi, F., & Benelli, G. (2018). Anxiolytic and antidepressant activities of *Pelargonium roseum* essential oil on Swiss albino mice: possible involvement of serotonergic transmission. *Phytotherapy research*, 32(6), 1014-1022.
7. Tabari, M. A., Youssefi, M. R., Nasiri, M., Hamidi, M., Kiani, K., Samakkhah, S. A., & Maggi, F. (2019). Towards green drugs against cestodes: Effectiveness of *Pelargonium roseum* and *Ferula gummosa* essential oils and their main component on *Echinococcus granulosus* protoscoleces. *Veterinary parasitology*, 266, 84-87.
8. Development and Challenges of Diclofenac-Based Novel Therapeutics: Targeting Cancer and Complex Diseases.
9. Tabari, M. A., & Youssefi, M. R. (2018). In vitro and in vivo evaluations of *Pelargonium roseum* essential oil activity against *Trichomonas gallinae*. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 8(2), 136.
10. Lis-Balchin, M., Steyrl, H., & Krenn, E. (2003). The comparative effect of novel *Pelargonium* essential oils and their corresponding hydrosols as antimicrobial agents in a model food system. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 17(1), 60-65.
11. Abouhosseini Tabari, M., Hajizadeh Moghaddam, A., Maggi, F., & Benelli, G. (2018). Anxiolytic and antidepressant activities of *Pelargonium roseum* essential oil on Swiss albino mice: possible involvement of serotonergic transmission. *Phytotherapy research*, 32(6), 1014-1022.
12. Bastani, M., Mousavi, Z., Asgarpanah, J., & Assar, N. (2019). Biochemical and histopathological evidence for beneficial effects of *Pelargonium graveolens* essential oil on the rat model of inflammatory bowel disease. *Research Journal of Pharmacognosy*, 6(2), 77-84.
13. Liu, Q. Q., Yao, X. X., Gao, S. H., Li, R., Li, B. J., Yang, W., & Cui, R. J. (2020). Role of 5-HT receptors in neuropathic pain: potential therapeutic implications. *Pharmacological Research*, 159, 104949.
14. Giongo, J. L., de Almeida Vaucher, R., Sagrillo, M. R., Santos, R. C. V., Duarte, M. M., Rech, V. C., ... & Steppe, M. (2017). Anti-inflammatory effect of geranium nanoemulsion macrophages induced with soluble protein of *Candida albicans*. *Microbial pathogenesis*, 110, 694-702.
15. Saraf, S. (2010). Applications of novel drug delivery system for herbal formulations. *Fitoterapia*, 81(7), 680-689.
16. Giongo, J. L., Vaucher, R. D. A., Borin, D. I. E. G. O., Correa, M. S., Dos Santos, V. B., Santos, R. C., ... & Steppe, M. (2015). Antimycobacterial, antimicrobial and antifungal activities of geranium oil loaded nanocapsules. *Int J Pharm Sci*, 7, 414-419.
17. Sampaio, C. I., Bourbon, A. I., Gonçalves, C., Pastrana, L. M., Dias, A. M., & Cerqueira, M. A. (2022). Low energy nanoemulsions as carriers of thyme and lemon balm essential oils. *Lwt*, 154, 112748.

18. Tsai, D. S., Huang, M. H., Tsai, J. C., Chang, Y. S., Chiu, Y. J., Lin, Y. C., ... & Peng, W. H. (2015). Analgesic and anti-inflammatory activities of *Rosa taiwanensis* nakai in mice. *Journal of medicinal food*, 18(5), 592-600.
19. Hien, L. T. M., & Dao, D. T. A. (2022). Antibacterial Activity of Black Pepper Essential Oil Nanoemulsion Formulated by Emulsion Phase Inversion Method. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 10(1), 311-320.
20. Biological Activities of Essential Oils: From Plant Chemoecology to Traditional Healing Systems. *Molecules*
21. Simões, R. R., dos Santos Coelho, I., Junqueira, S. C., Pigatto, G. R., Salvador, M. J., Santos, A. R. S., & de Faria, F. M. (2017). Oral treatment with essential oil of *Hyptis spicigera* Lam. (Lamiaceae) reduces acute pain and inflammation in mice: Potential interactions with transient receptor potential (TRP) ion channels. *Journal of ethnopharmacology*, 200, 8-15
22. Silva, J. C., Oliveira Júnior, R. G. D., Silva, M. G. E., Lavor, É. M. D., Soares, J. M. D., Lima-Saraiva, S. R. G. D., ... & Almeida, J. R. G. D. S. (2018). LASSBio-1586, an N-acylhydrazone derivative, attenuates nociceptive behavior and the inflammatory response in mice. *Plos one*, 13(7), e0199009.
23. La Rocca, V., da Fonsêca, D. V., Silva-Alves, K. S., Ferreira-da-Silva, F. W., de Sousa, D. P., Santos, P. L., ... & de Almeida, R. N. (2017). Geraniol induces antinociceptive effect in mice evaluated in behavioural and electrophysiological models. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*, 120(1), 22-29.
24. La Rocca, V., da Fonsêca, D. V., Silva-Alves, K. S., Ferreira-da-Silva, F. W., de Sousa, D. P., Santos, P. L., ... & de Almeida, R. N. (2017). Geraniol induces antinociceptive effect in mice evaluated in behavioural and electrophysiological models. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*, 120(1), 22-29.
25. Brito, R. G., Guimarães, A. G., Quintans, J. S., Santos, M. R., De Sousa, D. P., Badaue-Passos, D., ... & Quintans, L. J. (2012). Citronellol, a monoterpene alcohol, reduces nociceptive and inflammatory activities in rodents. *Journal of natural medicines*, 66, 637-644.
26. Liu, Q. Q., Yao, X. X., Gao, S. H., Li, R., Li, B. J., Yang, W., & Cui, R. J. (2020). Role of 5-HT receptors in neuropathic pain: potential therapeutic implications. *Pharmacological Research*, 159, 104949.
27. Lin, L., Long, N., Qiu, M., Liu, Y., Sun, F., & Dai, M. (2021). The inhibitory efficiencies of geraniol as an anti-inflammatory, antioxidant, and antibacterial, natural agent against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infection in vivo. *Infection and drug resistance*, 2991-3000.
28. Borghi, S. M., Carvalho, T. T., Staurengo-Ferrari, L., Hohmann, M. S., Pinge-Filho, P., Casagrande, R., & Verri Jr, W. A. (2013). Vitexin inhibits inflammatory pain in mice by targeting TRPV1, oxidative stress, and cytokines. *Journal of natural products*, 76(6), 1141-1149.

گزارش یک مورد ورید میان‌خالی خلفی دوتایی و قرارگیری حالب در سطح پشتی آن در کالبدگشایی یک قلاده گربه

قاسم اکبری یوزبند^۱، محدثه الهیاری^۲، اتابک شکراللهی^{۳*}، برهان شمسایی^۳

۱- گروه علوم پایه، دانشکده‌ی دامپزشکی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۲- فارغ‌التحصیل دکترای عمومی دامپزشکی، دانشکده‌ی دامپزشکی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۳- دانشجوی دکترای عمومی دامپزشکی، دانشکده‌ی دامپزشکی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: a.shokrollahi2000@gmail.com

A Case Report of Duplicated Caudal Vena Cava and a Retrocaval Ureter in a DSH Cat

Ghasem Akbari Yuzband¹, Mohaddeseh Allahyari², Atabak Shokrollahi^{3*}, Borhan Shamsae³

1- Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

2- Graduated of Veterinary Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, University of Urmia, Urmia, Iran.

3- Dvm student of veterinary Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

*Corresponding author: a.shokrollahi2000@gmail.com

ABSTRACT

A dead adult cat was referred to Nabz Pet Clinic in Tabriz city, and the cause of death was found to be severe pulmonary infection during the necropsy. In the examination of the abdominal cavity, the Caudal Vena Cava was located in pairs on both sides of midline of the body from the entry point of the renal veins to the caudal side. In such a way that the veins on the right and left sides related to the abdominal and pelvic cavity and also hindlimbs entered their ipsilateral branches. The ureter passed through the dorsal surface of the Caudal Vena Cava on both sides, and the dilatation of the ureter indicated its chronic obstruction.

Key words: Double Posterior Vena Cava, Cat, Necropsy

چکیده

یک قلاده گربه ماده بالغ مرده به کلینیک حیوانات خانگی نبض در شهر تبریز برای تشخیص علت مرگ ارجاع داده شد که در کالبدگشایی، علت مرگ عفونت شدید ریوی مشخص گردید. در بررسی محوطه بطنی، ورید میان‌خالی خلفی از محل ورود وریدهای کلیوی به سمت خلف به صورت دوتایی در دو طرف خط میانی بدن قرار گرفته بود. به صورتی که وریدهای سمت راست و چپ مربوط به محوطه بطنی، لگنی و اندام خلفی هرکدام به شاخه همسوی خود وارد می‌شدند. حالب در هر دو طرف از سطح پشتی ورید میان‌خالی خلفی عبور می‌کرد که اتساع حالب نشان از انسداد مزمن آن داشت.

واژه‌های کلیدی: ورید میان‌خالی خلفی دوتایی، گربه، کالبدگشایی

۱- مقدمه

در گربه در حالت نرمال ورید میان‌خالی خلفی، پس از اتحاد دو ورید ایلپاک عمومی چپ و راست در محل مهره کم‌ری هفتم (L7) و مهره خاجی اول (S1) آغاز می‌شود. ورید میان‌خالی خلفی درناژ وریدهای ایلپاک پیچ‌خورده عمقی، تخمدانی یا بیضوی، کلیوی، دیافراگمی-شکمی، وریدهای کم‌ری و همچنین وریدهای کبدی را نیز دریافت می‌کند. ورید تخمدانی یا بیضوی سمت چپ غالباً به ورید کلیوی چپ وارد می‌شود. [۱]

در یکی از بررسی‌های انجام شده روی اجساد ۳۰۱ عدد از گربه‌های یک پناهگاه، ۲۱ عدد از گربه‌ها (۷/۰ درصد) واجد ورید میان‌خالی خلفی دوتایی بوده و در ۱۰۶ مورد (۳۵/۲ درصد) حالب در پشت ورید میان‌خالی خلفی قرار داشت که ۹۲ مورد مربوط به حالب سمت راست، ۴ مورد مربوط به حالب سمت چپ و ۱۰ مورد مربوط به حالب هر دو طرف بود. در مواردی که تنها حالب سمت راست پشت ورید میان‌خالی خلفی قرار داشت، طول کلیه سمت راست به شکل قابل توجهی بیشتر از طول کلیه چپ اندازه‌گیری شده بود. [۲]

بر اساس سایر گزارشات دوتایی شدن ورید میان‌خالی خلفی به ندرت در حیوانات اهلی گزارش شده است. [۳] معمولاً عامل اصلی بروز دوتایی شدن ورید میان‌خالی خلفی باقی ماندن ورید سوپراکاردینال چپ در دوران جنینی در نظر گرفته می‌شود. [۴]

۲- روش کار

یک قلاده گربه مرده به کلینیک حیوانات خانگی نبض در شهر تبریز برای تشخیص علت مرگ ارجاع داده شد. این گربه طبق تکنیک استاندارد، کالبدگشایی، و علت مرگ عفونت حاد ریوی اعلام شد. بعد از برش محوطه بطنی و کنار زدن روده‌ها، ورید میان‌خالی خلفی به صورت دوتایی در بخش پشتی حفره شکم دیده شد. برای مشاهده بیشتر، تمام انشعابات منتهی به ورید میان‌خالی خلفی بررسی گردید و همچنین نحوه ارتباط این ورید با ساختارهای مجاور مانند حالب، آئورت و ورید باب مورد بررسی قرار گرفت. در انتها تصاویر مورد نیاز تهیه گردید.

۳- شرح کیس

در این مشاهده، ورید میان‌خالی خلفی از محل ورود وریدهای کلیوی در سطح مهره‌های کم‌ری سوم و چهارم (L3 و L4) [۵] به سمت خلف دوشاخه شده و در دو طرف شریان آئورت و ستون مهره قرار گرفته بود. به صورتی که وریدهای کلیوی، تخمدانی، ایلپاک پیچ‌خورده عمقی و ایلپاک عمومی سمت چپ و راست هر کدام به صورت مجزا به ورید میان‌خالی خلفی هم-سوی خود وارد می‌شدند. درحالی که آناتومی بخش‌های قدامی تر ورید میان‌خالی خلفی طبیعی بوده و وریدهای دیافراگمی-شکمی از دوطرف به تنه اصلی این ورید درناژ می‌شوند.

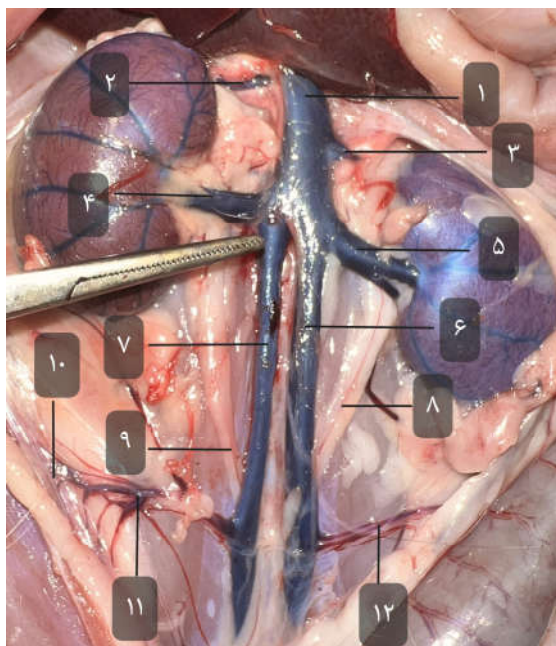
در این مورد، هم حالب سمت چپ و هم حالب سمت راست از پشت ورید میان‌خالی خلفی عبور می‌کنند. و بر اثر انسداد مزمن، دچار اتساع گشته‌اند. (شکل ۱)

کلیه‌ها در اندازه طبیعی خود می‌باشند. (شکل ۲)

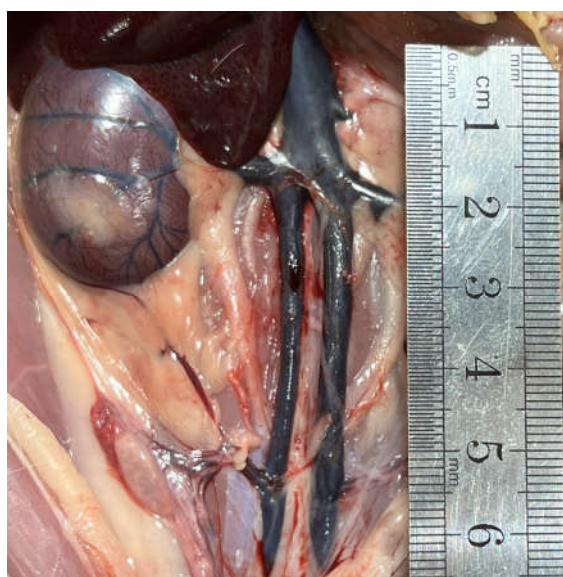
در بررسی ارتباطات بین ورید میان‌خالی خلفی و ورید باب، شانت پورتوسیسستمیک خارج کبدی مشاهده نشد.

۴- بحث

مطابق یک بررسی انجام شده روی ۳۰۱ عدد از اجساد گربه‌های یک پناهگاه، ۷/۰ درصد موارد دارای ناهنجاری ورید میان‌خالی خلفی دوتایی و ۳۵/۲ درصد موارد دارای ناهنجاری قرارگیری حالب پشت ورید میان‌خالی خلفی بوده‌اند. [۲] درحالی که طبق یک تحقیق شیوع ناهنجاری ورید میان‌خالی خلفی دوتایی در گونه انسان ۰/۲ تا ۳/۰ درصد گزارش شده است. [۶]



شکل ۱. ورید میان‌خالی خلفی دوتایی و حالب قرار گرفته در پشت آن؛ ۱. ورید میان‌خالی خلفی؛ ۲. ورید دیافراگمی-شکمی راست؛ ۳. ورید دیافراگمی-شکمی چپ؛ ۴. ورید کلیوی راست؛ ۵. ورید کلیوی چپ؛ ۶. ورید میان‌خالی خلفی چپ؛ ۷. ورید میان‌خالی خلفی راست؛ ۸. حالب چپ که در ادامه پشت ورید میان‌خالی خلفی چپ قرار می‌گیرد؛ ۹. حالب راست که در ادامه پشت ورید میان‌خالی خلفی راست قرار می‌گیرد، به اتساع این حالب در بخش پروکسیمال دقت شود؛ ۱۰. تخمدان راست؛ ۱۱. ورید تخمدانی راست؛ ۱۲. ورید تخمدانی چپ



شکل ۲. ابعاد و اندازه‌های کلیه و ورید میان‌خالی خلفی. طول کلیه سمت راست حدوداً ۳ سانتی‌متر و در محدوده نرمال می‌باشد.

مراجع

- 1- Hamilton W. P. Hudson L. C., (2010), Atlas of Feline Anatomy for Veterinarians, 2nd Edition, Teton Newmedia
- 2- Bélanger R, Shmon CL, Gilbert PJ, Linn KA. Prevalence of circumcaval ureters and double caudal vena cava in cats. Am J Vet Res. 2014 Jan;75(1):91-5. doi: 10.2460/ajvr.75.1.91. PMID: 24370251.
- 3- Stocco, Anieli & Souza Junior, Paulo & Toledo, Karen & Abidu-Figueiredo, Marcelo & Stocco, A. (2019). Duplicity of caudal vena cava and renal veins in a Brazilian shorthaired cat -a case report. Veterinarski Arhiv. 89. 257-265. 10.24099/vet.arhiv.0140.
- 4- MAO, Y. Q., S. X. ZHU, W. ZHANG (2015): The iatrogenic injury of double vena cava due to misdiagnosis during the radical nephroureterectomy and cystectomy. World J. Surg. Oncol., 13, 41. DOI: 10.1186/s12957-015-0469-x
- 5- Nickel, R. (1981). The circulatory system, the skin, and the cutaneous organs of the domestic mammals/by August Schummer, Helmut Wilkens, Bernd Vollmerhaus, and Karl-Heinz Habermehl; translation by Walter G. Siller and Peter AL Wright. Berlin: Verlag Paul Parey.
- 6- BASS, J. E., M. D. REDWINE, L. A. KRAMER, P. T. HUYNH, J. H. JR. HARRIS (2000): Spectrum of congenital anomalies of the inferior vena cava: Crosssectional imaging findings. Radiographics 20, 639- 652. DOI: 10.1148/radiographics.20.3.g00ma09639

اثر استفاده از پوشش نانو سیلور در اسفنج و تزریق پروبیوتیک در واژن بر جمعیت

میکروبی واژن پس از هم‌زمان‌سازی فحلی در میش

محمد بابائی^۱، علی گودرز^۳ و فرنوش کاویانی^۲* فاطمه گنجی هرسینی^۱، مرتضی یآوری^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

۲- گروه علوم درمانگاهی، دانشکده پیرادامپزشکی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

۳- گروه پاتوبیولوژی، دانشکده پیرادامپزشکی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

* آدرس ایمیل نویسنده مسئول: m.yavari@basu.ac.ir

The effect of using nano-silver coated sponge and vaginal injection of probiotics on the microbial flora of the vagina during ewe estrus synchronization

F. Ganji harsini¹, M. Yavari^{2*}, M. Babaei², A. Gudarz³, B. Kaviani²

1- MS student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

2- Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

3- Department of Pathobiology, Faculty of Veterinary Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

* Corresponding author: m.yavari@basu.ac.ir

Abstract

Intravaginal implantation of the sponge may cause abnormal vaginal secretions when the device is removed and microbial contamination, which is associated with reduced fertility. Current study was conducted to investigate the efficacy of using a sponge coated with Nanosilver and intravaginal injecting probiotics and the effects on fertility and pregnancy as well. This study was conducted on seventy-five Mehraban breeds ewes in the three treatments groups ($n=25$) i. e treatment 1- standard sponge (without Nano coating and no probiotic injection), treatment 2- with Nanosilver coating sponge and treatment 3- sponge with intravaginal injection of probiotic containing lactobacillus bacteria. On the zero day of the experiment, (sponge insertion) and on the 14th day (removing the sponge), blood samples were collected of the ewe for analyze the percentage of white blood cells and vaginal swab samples for bacterial counting and cytological examination. The pregnancy rate of ewes was determined using ultrasound on the 45th day of pregnancy. The results of this study revealed that the use of Nanosilver coating sponge can decrease the vaginal microbial count compared to the control group, and the logarithm of the CFU/mL in group 2 decreased from 3.93 at the time of sponge insertion to 1.27 at the time of removing the sponge. However, in the control group, this index increased from 3.9 to 5.5. In addition, the use of a Nanosilver-coated sponge and intravaginal probiotic injection had no significant effect on the percentage of white blood cells, but in the cytologic evaluation of samples, the number of neutrophil cells on the day of sponge removal in the Nanosilver group was significantly higher than control and probiotic groups ($P<0.05$). The other cytological parameters, e.g. epithelial cells and macrophages, were not significantly difference. The health condition of the ewes was not affected in none of different groups, and 24 hours after sponging, hyperthermia was not occurred among the three groups. In the evaluation of the pregnancy percentage of ewes in 45 days showed that the pregnancy percentage was 87% in the control group, 86.4% in the Nanosilver group and 90% in the probiotic group, which no significant difference was observed between the studied groups, ($P > 0/05$). The results of present study indicated that the use of Nanosilver coating sponges and probiotic injection during the use of sponges can be a suitable and alternative

solution instead of using antibiotics during the reproduction protocols in the small ruminants to increase the efficiency of estrus synchronization with sponge and improve the fertility rate.

Keywords: Nanosilver coating sponge, probiotic, ewe, reproduction

چکیده

کاشت داخل واژنی اسفنج ممکن است باعث ترشحات غیرطبیعی واژن در هنگام خارج کردن آن و آلودگی میکروبی شود که این امر با کاهش باروری همراه است. این مطالعه به منظور بررسی اثر استفاده از اسفنج پوشش داده شده با نانوسیلور و تزریق پروبیوتیک در داخل واژن همزمان با اسفنج گذاری و تاثیر آن بر باروری و نرخ آبستنی در گوسفند انجام شد. این تحقیق بر روی هفتاد و پنج راس میش نژاد مهربان در قالب ۳ تیمار (۲۵ راس) انجام شد. تیمارها شامل: تیمار ۱- اسفنج معمولی (بدون پوشش نانو و بدون تزریق پروبیوتیک)، تیمار ۲- اسفنج دارای پوشش نانوسیلور و تیمار ۳- اسفنج با تزریق واژنی پروبیوتیک حاوی باکتری‌های لاکتوباسیل بودند. در روز صفر آزمایش یعنی روز اسفنج گذاری و روز ۱۴ (اسفنج برداری) نمونه خون از میش‌ها به منظور آنالیز درصد گلبول‌های سفید و سواب واژنی جهت بررسی جمعیت میکروبی و سیتولوژی واژن گرفته شد. درصد آبستنی میش‌ها با استفاده از اولتراسونوگرافی در روز ۴۵ آبستنی مشخص شد. نتایج این مطالعه نشان داد استفاده از پوشش نانوقره در زمان کاربرد اسفنج کاهش فلور میکروبی واژن نسبت به گروه کنترل را بدنبال داشت بطوریکه لگاریتم تعداد کلونی در هر میلی‌لیتر (CFU/ml) در گروه نانو از ۳/۹۳ در زمان اسفنج گذاری به ۱/۲۷ در زمان خارج کردن اسفنج کاهش یافت درحالیکه در گروه کنترل این شاخص از ۳/۹ به ۵/۵ افزایش نشان داد. همچنین استفاده از اسفنج با پوشش نانو و تزریق پروبیوتیک در واژن تاثیر معنی‌داری بر درصد گلبول‌های سفید (لنفوسیت، نوتروفیل، ائوزینوفیل، بازوفیل و مونوسیت) نداشت اما در نمونه سیتولوژی تعداد سلول‌های نوتروفیل در مرحله اسفنج برداری در گروه نانو نقره به صورت معنی‌داری بیشتر از مقادیر آن در گروه‌های شاهد و پروبیوتیک بود ($P < 0/05$). ولی تفاوت در بقیه پارامترها در نمونه سیتولوژی مثل سلول‌های اپیتلیال و ماکروفاژها معنی‌دار نبودند. وضعیت سلامت عمومی میش‌ها تحت تاثیر قرار نگرفته و ۲۴ ساعت پس از اسفنج گذاری هیپرترمی در بین گروه‌ها مشاهده نشد. در ارزیابی درصد آبستنی دام‌ها در ۴۵ روزگی در گروه شاهد ۸۷٪ در گروه نانو نقره ۸۶/۴٪ و در گروه پروبیوتیک ۹۰٪ بود که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($P > 0/05$). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از پوشش نانوقره بر روی اسفنج‌ها و تزریق پروبیوتیک در طول استفاده از اسفنج می‌تواند به عنوان راهکاری مناسب و جایگزین به جای استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها در طول پروتکل‌های تولید مثل در نشخوارکنندگان کوچک برای افزایش کارایی همزمان سازی فحلی با اسفنج و بهبود نرخ باروری باشد.

واژه های کلیدی: نانو نقره، پروبیوتیک، اسفنج، فلور میکروبی، میش.

۱- مقدمه

همزمان سازی فحلی روش مدیریتی ارزشمندی در افزایش کارایی تولیدمثل گوسفند می‌باشد (۵). همزمان سازی فحلی به عنوان بخشی از برنامه تلقیح مصنوعی با متراکم ساختن زایش‌ها در مدت زمان محدود این امکان را ایجاد می‌کند که زمان دقیق زایش میش بر اساس فصل مناسب از جهت بازاریابی گوشت، کاهش تلفات و در کل مدیریت دقیق گله تعیین گردد (۱۲). القا و همزمانی فحلی و تخمک‌گذاری برای مدیریت تولیدمثل گوسفند به طور گسترده بر اساس استفاده از دستگاه‌های داخل مهبل مثل سیدر و اسفنج آغشته به پروژسترون به مدت ۱۴-۱۲ روزه دنبال تزریق عضلانی گنادوتروپین کوریونی اسب (eCG) در زمان برداشتن ابزار داخل مهبل انجام می‌شود (۱ و ۱۲). استفاده از وسایل داخل مهبل به دلیل استقرار آنها در مهبل نیازمند اتخاذ تمهیدات بهداشتی و صرف زمان بیشتری است. کاشت داخل مهبل اسفنج‌های پلی اورتان ممکن است باعث ترشحات مهبل و ترشحات غیرطبیعی در هنگام خارج شدن دستگاه و آلودگی میکروبی شود که این امر با کاهش باروری همراه است (۸). استفاده از این وسایل داخل مهبل باعث ایجاد تغییرات بافتی و سیتولوژیکی (هیپرپلازی، هیپرتروفی، خونریزی و التهاب

پیرامون عروقی، تعداد و فعالیت فاگوسیت‌ها) در زمان خروج می‌شود که واکنش‌های التهابی را برانگیخته و باعث تحریک مهبل می‌شود (۷). مشاهده ترشحات چرکی خونابه‌ای در هنگام خروج وسایل مذکور موجب ناراضی‌تی دامپروران خواهد شد. بنابراین برای کاهش احتمال عفونت مهبل‌ی راهکارهایی همچون استفاده از آنتی‌بیوتیک در زمان قرار دادن اسفنج در مهبل استفاده می‌شود، لیکن استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها به علت امکان باقی ماندن در محصولات دامی مانند گوشت و همچنین مقاومت پاتوژن‌ها، کمتر مورد توجه قرار گرفته و ممنوعیت‌هایی برای استفاده از آنها اعمال می‌گردد (۴). از این رو جامعه جهانی همواره به دنبال یافتن جایگزین مناسبی برای آنتی‌بیوتیک‌ها است. روشی که امروزه مورد توجه قرار گرفته است، استفاده از مواد جایگزینی می‌باشد که علاوه بر طبیعی بودن، به نسبت ارزان قیمت و کم‌خطر هستند و در حفظ سلامتی حیوان و کاهش ابتلا به بیماری‌ها نیز نقش مؤثری دارند. پروبیوتیک‌ها مکمل‌های میکروبی زنده‌ای هستند که از طریق بهبود تعادل میکروبی روده اثرات مفیدی را بر میزان اعمال می‌کنند (۲). پروبیوتیک‌ها با استفاده از مکانیسم‌هایی مانند تحریک سیستم ایمنی، رقابت با میکروب‌های بیماری‌زا و تولید آنزیم‌های گوارشی سبب بهبود عملکرد حیوان می‌شوند (۱۱). از طرفی نانوتکنولوژی به‌عنوان یکی از پیشرفته‌ترین علوم در عصر حاضر در تمام زوایای حیات جانوری، گیاهی، زیست‌محیطی و صنعتی نفوذ نموده و افق جدیدی را در علوم طبیعی باز کرده است (۳ و ۱۰). نانو ذرات نقره یکی از دستاوردهای جدید فناوری نانو است که به دلیل فعالیت ضد میکروبی در زمینه‌های مختلف مانند پزشکی، دامپزشکی، کشاورزی و داروسازی کاربرد دارد (۱۰). نانو سیلور به دلیل نسبت سطح به حجم زیاد آن در برابر طیف وسیعی از باکتری‌ها کارایی زیادی دارد و به‌طور گسترده‌ای در مورد بالینی مانند لباس کار، پانسمان زخم و زل‌های دستی ضد باکتری استفاده شده است (۹). بر اساس اطلاعات موجود تاکنون گزارشی از استفاده از این نانوذره در اسفنج‌های مصرفی برای همزمانی فعلی در گوسفند گزارش نشده است. بر این اساس هدف از این مطالعه بررسی اثر استفاده از اسفنج پوشش داده‌شده با نانو سیلور و تزریق پروبیوتیک داخل مهبل‌ی در زمان سیدرگذاری میش بر کاهش جمعیت میکروبی مهبل و تأثیر آن بر باروری گوسفند بود.

۲- مواد و روش‌ها

این پژوهش در یک مجتمع دامپروری در شهرستان همدان در پاییز سال ۱۴۰۰ به مدت ۳ ماه برنامه‌ریزی و انجام شد. پس از انجام معاینه سونوگرافی اولیه میش‌ها و تأیید عدم آبستنی آن‌ها، ۷۵ رأس میش نژاد مهربان به‌صورت تصادفی جهت انجام آزمایش انتخاب شدند. میش‌های مورد استفاده در این آزمایش به‌صورت تصادفی در زمان اسفنج‌گذاری به سه گروه (۲۵ رأسی) به شرح زیر تقسیم شدند: ۱- گروه شاهد: اسفنج معمولی (بدون پوشش نانو و بدون تزریق پروبیوتیک) ۲- گروه نانو: اسفنج دارای پوشش نانو سیلور ۳- گروه پروبیوتیک: اسفنج با تزریق مهبل‌ی پروبیوتیک حاوی باکتری‌های لاکتوباسیل

هم‌زمان‌سازی فعلی در میش

به منظور هم‌زمان‌سازی فعلی میش‌ها، از اسفنج با نام تجاری Flurojest (شرکت دانش بنیان رادین دام فرتاک) حاوی ۴۰ میلی‌گرم فلوروجستون استات به طول ۳۰ و قطر ۳۸ میلی‌متر استفاده شد. اسفنج‌ها با استفاده از اپلیکاتور مخصوص ضدعفونی شده با محلول یک درصد بتادین به مدت ۱۴ روز در داخل مهبل همه میش‌های گروه آزمایشی قرار داده شد. قبل از قرار دادن اسفنج، ناحیه فرج میش‌ها ضدعفونی شده و تمام مواد و وسایل مورد استفاده برای اسفنج‌گذاری بین دام‌ها ضدعفونی شد. پس از طی مدت ۱۴ روز، اسفنج از مهبل میش‌ها خارج شده و به منظور افزایش نرخ تخمک‌گذاری و باروری، هم‌زمان با خروج اسفنج هورمون PMSG (فالوین شرکت دانش بنیان رادین دام فرتاک) به میزان ۴۰۰ واحد بین‌المللی به‌صورت عضلانی تزریق گردید. ۴۸ ساعت بعد از خارج سازی اسفنج از مهبل میش‌ها و تزریق هورمون، قوچ‌های انتخاب‌شده بین میش‌ها رهاسازی شدند.

تهیه اسفنج باروکش نانو سیلور

اسفنج‌های حاوی پروژسترون قبل از استفاده در برنامه هم‌زمان‌سازی فحلی جهت ایجاد روکش نانو نقره به آزمایشگاه زیست محصول پرشین ارسال شد.

طریقه تهیه پروبیوتیک و استفاده از آن

پروبیوتیک مورد استفاده در این آزمایش با نام تجاری پروبایوسین بود. این محصول حاوی ۴ سویه باکتری پروبیوتیکی (انتروکوکوس فاسیوم، استریپتوکوکوس ترموفیلوس، باسیلوس لیکنیفورمیس، باسیلوس سوبتلیس) است که حاوی حداقل $10^{13} \times 3$ سویه اسپودار می‌باشد. جهت آماده‌سازی و استفاده از پروبیوتیک مقدار ۲.۵ گرم پودر پروبیوتیک را با ۲۵ سی‌سی سرم فیزیولوژی مخلوط کرده و به هر گوسفند ۱ سی‌سی از محلول با استفاده از سرنگ استریل و یک کتر تفلون به داخل مهبل تزریق شد.

جمع‌آوری نمونه به منظور ارزیابی باکتری‌های مهبل

نمونه‌های مخاطی از ناحیه خلفی مهبل هر میش به‌صورت جداگانه، با استفاده از سواب‌های پنبه‌ای فشرده استریل جمع‌آوری شد. به منظور نمونه‌گیری پس از تمیز و ضدعفونی کردن ناحیه پرینه، سواب‌های استریل شده با محلول سرم فیزیولوژی استریل مرطوب شد و پس از ورود و مالش به دیواره مهبل در قسمت انتهایی مهبل سواب خارج شده و وارد لوله آزمایش حاوی محیط انتقال گردید. سپس نمونه‌های تهیه‌شده به کمک یک فوم باکس در کنار یخ در کوتاه‌ترین زمان ممکن به آزمایشگاه میکروبیولوژی منتقل شد. نمونه‌برداری از تمام میش‌های تحت درمان در روز قرار دادن اسفنج، در زمان خروج اسفنج و ۴۸ ساعت بعد از قوچ اندازی جمع‌آوری شد.

سیتولوژی مهبل

نمونه برای مطالعات سیتولوژی با استفاده از سواب پنبه‌ای مرطوب با چرخش ملایم روی دیواره مهبل جمع‌آوری شد. از مخاط مهبل میش‌ها در ۳ زمان مختلف روز اسفنج گذاری، روز اسفنج برداری و روز تشخیص آبستنی (روز ۴۵ آبستنی) نمونه گرفته شد. برای بررسی اسمیر مهبل با چرخاندن سواب پنبه‌ای بر روی یک لام شیشه‌ای تمیز تهیه شد. پس از خشک شدن و تثبیت نمونه با متانول بر روی هر لام اطلاعات مربوط هر میش درج شد و به آزمایشگاه هماتولوژی منتقل گردید. اسلایدهای اسمیر مهبل با رنگ گیمسا رنگ‌آمیزی شده و با میکروسکوپ نوری مورد بررسی قرار گرفت. کل سطح لام با بزرگنمایی $400 \times$ به منظور شناسایی و شمارش سلول‌ها بررسی شد و تعداد سلول‌های اپیتلیال (سلول اینترمدیت، سلول سوپرفشیا و سلول بازال) و التهابی (نوتروفیل‌ها و ماکروفاژها) و گلبول قرمز بررسی شد.

تشخیص آبستنی

وضعیت آبستنی میش‌های مورد مطالعه در روز ۴۵ پس از جفت‌گیری به روش سونوگرافی سطح شکمی با استفاده از دستگاه سونوگرافی (Siui CTS-800, SIUI, China) مجهز به پروب خطی (Linear Rectal L7FVC (50mm, 6.5 –) (9MHz) بررسی شد.

آنالیز آماری داده‌ها

کلیه داده‌های جمع‌آوری شده در طول آزمایش با استفاده از نرم‌افزار Excel وارد رایانه گردیده و ویرایش‌های لازم برای محاسبه کلیه پارامترهای اندازه‌گیری شده برای تیمارهای مختلف انجام شد و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS ورژن ۲۰ انجام شد.

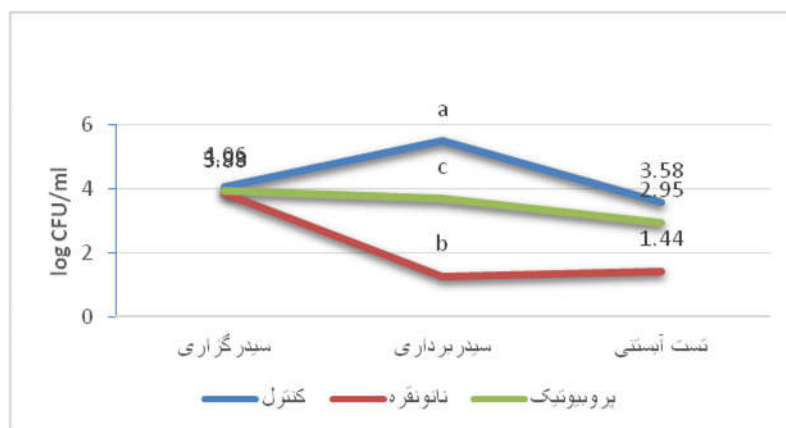
۳- نتایج

نتایج کشت میکروبی نمونه‌های مهبل

در گروه کنترل، کشت میکروبی سواب مهبل میش‌ها در مرحله اسفنج گذاری در ۱۰۰٪ موارد (۱۰/۱۰) و در هر دو مرحله اسفنج برداری و در مرحله تشخیص آبستنی در ۸۰٪ موارد (۱۰/۸) رأس از میش‌ها مثبت گزارش شد. تعداد کلونی در هر میلی‌لیتر در گروه کنترل در مراحل اسفنج گذاری، اسفنج برداری و تشخیص آبستنی به ترتیب $۷۶/۰ \pm ۰۶/۴$ ، $۲۶/۰ \pm ۵۰/۵$ و $۵۸/۳ \pm ۵۴/۰$ بود.

در گروه نانو نقره کشت میکروبی سواب مهبل میش‌ها در مرحله اسفنج گذاری در ۱۰۰٪ موارد (۱۰/۱۰) و در هر دو مرحله اسفنج برداری در ۵۰/۵۴٪ موارد (۱۱/۶) و در مرحله تشخیص آبستنی در ۸۰٪ موارد (۱۰/۸) رأس از میش‌ها مثبت گزارش شد. تعداد کلونی در هر میلی‌لیتر در گروه کنترل در مراحل اسفنج گذاری، اسفنج برداری و تشخیص آبستنی به ترتیب $۶۷/۰ \pm ۸۸/۳$ ، $۲۷/۱ \pm ۵۰/۰$ و $۴۴/۱ \pm ۵۴/۰$ بود.

در گروه پروبیوتیک کشت میکروبی سواب مهبل میش‌ها در مرحله اسفنج گذاری در ۱۰۰٪ موارد (۱۰/۱۰) و در مرحله اسفنج برداری در ۹۰٪ موارد (۱۰/۹) و در مرحله تشخیص آبستنی در ۹/۸۸٪ موارد (۹/۸) رأس از میش‌ها مثبت گزارش شد. تعداد کلونی در هر میلی‌لیتر در گروه کنترل در مراحل اسفنج گذاری، اسفنج برداری و تشخیص آبستنی به ترتیب $۷۷/۰ \pm ۹۳/۳$ ، $۶۹/۳ \pm ۸۳/۱$ و $۱۷/۱ \pm ۹۵/۲$ بود. روند تغییرات لگاریتم تعداد کلونی جمعیت باکتری مهبل در سه گروه آزمایشی در نمودار ۱ نمایش داده شده است.



نمودار شماره ۱: لگاریتم تعداد کلونی باکتری‌ها در میلی‌لیتر سه گروه آزمایشی در زمان‌های مختلف

تغییرات سیتولوژی مهبل

بررسی سیتولوژی سلول‌های مهبل در گروه‌های مختلف در جدول شماره ۱ ارائه شده است. نتایج بدست آمده نشان داد تعداد سلول‌های نوتروفیل در مرحله اسفنج برداری در گروه پروبیوتیک به صورت معنی‌دار بیشتر از مقادیر آن در گروه‌های شاهد و نانوقره بود ($p < 0/05$). در گروه نانوقره کمترین تعداد سلول‌های نوتروفیل در مرحله اسفنج برداری مشاهده شد هرچند از نظر آماری این تفاوت معنی‌دار نبود ($P > 0/05$). تعداد نوتروفیل‌ها در هر سه گروه آزمایشی در زمان اسفنج گذاری و تست آبستنی کمتر از مرحله خارج کردن اسفنج بود. از نظر تعداد سلول‌های پوششی اینترمدیت، سوپرفیشیال و بازال در مراحل مختلف آزمایش بین سه گروه آزمایشی اختلاف آماری معنی‌داری نشان داده نشد ($P > 0/05$).

جدول شماره ۱: سیتولوژی سلول‌های مهبل در گروه‌های مختلف در سه مرحله اسفنج گذاری، اسفنج برداری و تست آبستنی در میش‌های مورد آزمایش

نوع سلول	زمان نمونه‌گیری	گروه درمانی	
		شاهد	نانوقره
اینترمدیت	اسفنج گذاری	۱۱۱±۴۲/۶۳	۰۰/۰۰±۶۵/۴۲
	اسفنج برداری	۳۰/۲۲±۶۷/۳۷	۶۰/۲۷±۵۲/۳۴
	تست آبستنی	۴۹/۳۵±۴۴/۴۵	۷۲/۲۲±۶۱/۳۷
سوپرفیشیال	اسفنج گذاری	۰/۰±۰۰/۱۰	۰/۰±۴۵/۱۵
	اسفنج برداری	۷۰/۱۱±۵۶/۱۳	۷۴/۱۰±۳۸/۱۲
	تست آبستنی	۲۲/۱۴±۶۲/۱۴	۳۲/۱۶±۷۸/۱۶
بازال	اسفنج گذاری	۰	۱۰/۰۰±۴۴/۰۰
	اسفنج برداری	۰	۰/۰±۵۷/۵
	تست آبستنی	۰	۰
نوتروفیل	اسفنج گذاری	۰۰/۰۰±۳۶/۸۳	۰/۰±۷۲/۳۵
	اسفنج برداری	^a ۴۹/۲۰±۱۱/۵۲	^b ۳۶/۳۳±۹۰/۳۴
	تست آبستنی	۸۹/۲۸±۴۳/۳۹	۴۵/۳۲±۰۴/۳۶
گلبول قرمز	اسفنج گذاری	۷/۲(۲۸/۵۷٪)	۲۱/۱(۴/۷۶٪)
	اسفنج برداری	۹/۴(۴۴/۴۴٪)	۲۱/۶(۲۸/۱۵۷٪)
	تست آبستنی	۹/۰(۰٪)	۲۳/۰(۰٪)
حضور باکتری	اسفنج گذاری	۷/۴(۵۷/۱۴٪)	۲۱/۸(۰۹/۳۸٪)
	اسفنج برداری	۹/۳(۳۳/۳۳٪)	۲۱/۱۰(۴۷/۶۱٪)
	تست آبستنی	۸/۳(۳۷/۵۰٪)	۲۳/۷(۳۰/۴۳٪)

بررسی هماتولوژیک نمونه‌های خون

اطلاعات بدست آمده از بررسی نمونه‌های خون میش‌های مورد مطالعه در جدول شماره ۲ گزارش شده است و کلیه پارامترها در بین گروه‌های آزمایش معنی‌دار نبوده است.

جدول شماره ۲: بررسی نمونه‌های خون میش‌های مورد مطالعه در سه مرحله اسفنج گذاری، اسفنج برداری و تست آبستنی.

گروه درمانی			زمان نمونه‌گیری	سلول‌های خونی
پروبیوتیک	نانونقره	شاهد		
۲۵/۱۱±۰/۵۰	۰۶/۱۴±۷۱/۴۸	۳۱/۱۳±۶۵/۴۳	اسفنج گذاری	نوتروفیل
۳۳/۲۲±۷۱/۵۴	۳۴/۱۷±۰۶/۵۰	۹۷/۱۱±۸۹/۵۲	اسفنج برداری	
۰	۲۴/۰±۰۶/۰	۲۳/۰±۰۶/۰	اسفنج گذاری	بازوفیل
۰	۰	۰	اسفنج برداری	
۰۸/۱±۷۴/۱	۷۸/۰±۴۹/۱	۱۰/۲±۴۱/۱	اسفنج گذاری	ائوزینوفیل
۸۲/۰±۴۷/۱	۵۹/۰±۱۲/۱	۴۷/۰±۹۲/۰	اسفنج برداری	
۴۰/۱۶±۲۸/۴۶	۳۶/۱۵±۱۲/۴۷	۱۲/۱۲±۸۲/۴۹	اسفنج گذاری	لنفوسیت
۳۴/۲۱±۴۱/۴۱	۹۲/۱۴±۱۲/۵۱	۰۱/۱۳±۶۴/۴۵	اسفنج برداری	
۹۶/۶±۹۱/۲	۱۰/۲±۵۹/۱	۶۷/۴±۲۳/۳	اسفنج گذاری	مونوسیت
۴۷/۰±۳۷/۱	۰	۳۳/۰±۰۳/۱	اسفنج برداری	
۲۰۵۰۰±۷۸۸۰	۲۷۸۰±۱۰۸۴۰	۹۵۰±۹۱۰۰	اسفنج گذاری	تعداد کل گلبول سفید
۴۸۲۳±۹۴۶۱	۶۰۸۴±۱۴۳۶۸	۶۸۶۰±۱۳۷۳۳	اسفنج برداری	

جدول شماره ۲: بررسی نمونه‌های خون میش‌های مورد مطالعه در سه مرحله اسفنج گذاری، اسفنج برداری و تست آبستنی.

۴- بحث

بر اساس نتایج این مطالعه استفاده از پوشش نانونقره در اسفنج در زمان کاربرد اسفنج باعث کاهش فلور میکروبی مهبل نسبت به گروه کنترل شد بطوریکه لگاریتم تعداد کلونی در هر میلی‌لیتر در گروه نانو از ۹۳/۳ در زمان اسفنج گذاری به ۲۷/۱ در زمان خارج کردن اسفنج کاهش یافت. در حالیکه در گروه کنترل این شاخص از ۹/۳ به ۵/۵ افزایش نشان داد. مطالعه کوئیردا و همکاران (۸) در گوسفند نشان داد که لگاریتم تعداد کلونی باکتری در واحد حجم در گروه پروبیوتیک داخل مهبل نسبت به گروه شاهد در زمان‌های مختلف تفاوتی نداشته و باکتری‌های شناسایی شده در هر دو گروه از خانواده انترباکتریاسه بوده است که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد.

نرخ باوری میش‌های همزمان شده در این مطالعه در سه گروه درمانی کنترل، نانونقره و پروبیوتیک به ترتیب ۸۷، ۸۶ و ۹۰ درصد بدست آمد. در مطالعه اخیر توسط کوئیردا و همکاران (۸)، تزریق مهبل ترکیبی از گونه‌های پروبیوتیک در زمان تزریق اسفنج‌های فلوروژستون استات (FGA) برای همگام‌سازی فحلی در میش‌ها، میکرو فلور طبیعی مهبل را بازسازی کردند و باروری را بهبود بخشیدند (۶۰٪ در مقابل ۹۱٪؛ $p = 0.097$).

۵- نتیجه‌گیری

اسفنج‌های داخل مهبل منجر به تغییر اکوسیستم مهبل میش و افزایش بی‌ثباتی در زمان لقاح (دو روز پس از خروج اسفنج) می‌شود. نتایج حاضر نشان می‌دهد که استفاده از روکش نانونقره بر روی اسفنج‌ها و تزریق پروبیوتیک داخل مهبل در زمان استفاده از اسفنج می‌تواند به‌عنوان راهکاری مناسب و یک استراتژی جایگزین جدید به‌جای استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها در طول پروتکل‌های تولیدمثل در نشخوارکنندگان کوچک برای افزایش کارایی همزمان‌سازی فحلی با اسفنج و بهبود نرخ باروری باشد.

مراجع

- 1- Abecia, J.A., Forcada, F., Gonzalez-Bulnes, A. (2012) "Hormonal control of reproduction in small ruminants". *Anim. Reprod. Sci.* 130: 173-179.
- 2- Collins JK, O'sullivan GC, Thornton GM and O'sullivan MM (2007) "Probiotic strains from *Lactobacillus salivarius* and antimicrobial agents obtained therefrom". *International Dairy Journal*, 7: 65-45.
- 3- Choi, O., Clevenger, T. E., Deng, B., Surampalli, R.Y., Ross, J. L. & Hu, Z. (2009) "Role of sulfide and ligand strength in controlling nanosilver toxicity". *Water Research*, 43, 1879-1886.
- 4- Erdogan Z, Erdogan S, Aslantaş O and Celik S, (2010) "Effects of dietary supplementation of synbiotics and phytobiotics on performance, caecal coliform population and some oxidant/antioxidant parameters of broilers". *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 94: 40-48.
- 5- Gordon, I (1975) "Hormonal control of reproduction in sheep. In proceeding of the society of animal production". 4: 79-93.
- 7- Hashem, N.M.; Gonzalez-Bulnes, A. (2021) "Nanotechnology and Reproductive Management of Farm Animals". *Challenges and Advances. Animals* 11, 1932.
- 8- Juan J. Quereda Empar García-Roselló, Marta Barba, María L. Mocé, Jesús Gomis, Estrella Jiménez-Trigos, Esther Bataller, Rebeca Martínez-Boví, Ángel García-Muñoz and Ángel Gómez-Martín. (2020) "Use of Probiotics in Intravaginal Sponges in Sheep". A Pilot Study" *Animals*. 10: 719.
- 9- Liya, Guo., Weiyong, Yuanc., Zhisong, Lua., Chang, Ming Li. (2013) "Polymer/nanosilver composite coatings for antibacterial applications". *journal homepage*. 439: 69-83.
- 10- Sosnik A., Carcaboso AM., Glisoni RJ., Moretton MA and Chiappetta DA., (2010) "New old challenge in tuberculosis is: potentially effective nanotechnologies in drug delivery". *Advanced Drug Delivery Reviews* 62: 547-59.
- 11- Teshfam M, Rahimi S and Karimi K (2004) "Effect of various levels of Probiotic on Morphology of Intestinal Mucosa in Brioler chicks". *Journal of Tehran veterinary faculty*, 60: 205-211.
- 12- Whittrly, N. and Jackson, D. (2004) "An update on estrus synchronization in goats" A minor species. *Journal of Animal Science*. 82: E270-E276.

بررسی تاثیر آنتی باکتریایی نانوذرات مختلف بر مقاومت آنتی بیوتیکی مهديه حر^۱، الهه درویشی^{۲*}

۱- کارشناسی ارشد، گروه زیست فناوری میکروبی، دانشکده زیست فناوری، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، آمل، ایران
۲- استادیار، گروه نانوزیست فناوری، دانشکده زیست فناوری، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، آمل، ایران

آدرس ایمیل نویسنده مسئول: *e.darvishi@ausmt.ac.ir

Investigating the antibacterial effect of different nanoparticles on antibiotic resistance

Mahdie Hor¹, Elahe Darvishi^{2*}

- 1- Master Student of Department of Microbial Biotechnology, college of Biotechnology, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran
- 2- Assistant Professor of Department of Nanobiotechnology, college of Biotechnology, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran

*Corresponding author : e.darvishi@ausmt.ac.ir

ABSTRACT

In recent years, the drug resistance in many pathogenic bacteria increases significantly, which has made the treatment of infections difficult. There are four mechanisms through which bacteria become resistant to antibiotics, three main types of antibiotic adjuvants have been developed to block these antibiotic resistance mechanisms, and we will discuss each of them. Also today, the use of nanotechnologies, especially nanostructures with antimicrobial potential, is presented as a new possibility in the fight against infectious organisms. One of the important products of this field is metal nanoparticles, which have received attention due to their unique properties. In this article, we discuss the effectiveness of nanoparticles such as gold, silver and iron oxide as an antimicrobial mechanism that reduces antibiotic resistance.

Key words: Nanoparticles, Antibiotic Resistance, Antibacterial Effect, Antibiotic Adjuvants, Enzymes, Medicinal Purposes

چکیده

در سال‌های اخیر، مقاومت دارویی (Drug Resistance) در بسیاری از باکتری‌های پاتوژن (Pathogen) به طور قابل توجهی افزایش یافته که درمان عفونت‌ها را دشوار کرده است. چهار مکانیسم وجود دارد که از طریق آن‌ها باکتری‌ها به آنتی بیوتیک‌ها مقاوم می‌شوند، سه نوع اصلی از ادجوانت‌های آنتی بیوتیکی برای مسدود کردن این مکانیسم‌های مقاومت آنتی بیوتیکی ایجاد شده است که به شرح هر یک از آن‌ها خواهیم پرداخت. هم‌چنین امروزه، استفاده از فناوری‌های نانو، به ویژه نانو ساختارهای با پتانسیل ضد میکروبی، به عنوان یک امکان جدید در مبارزه با ارگانیسم‌های عفونی ارائه شده است. یکی از محصولات مهم این حوزه نانوذرات فلزی است که به دلیل خواص منحصر به فردی که دارند مورد توجه قرار گرفته‌اند. در این مقاله به تاثیر گذاری نانوذراتی چون طلا، نقره و اکسید آهن به عنوان یک مکانیسم ضد میکروبی که باعث کاهش مقاومت آنتی بیوتیکی می‌شوند، می‌پردازیم.

واژه‌های کلیدی: نانوذرات، مقاومت آنتی بیوتیکی، تاثیر آنتی باکتریال، ادجوانت‌های آنتی بیوتیکی، آنزیم‌ها، اهداف دارویی

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، مقاومت دارویی در بسیاری از باکتری‌های پاتوژن (Pathogen) به طور قابل توجهی افزایش یافته که درمان عفونت‌ها را دشوار کرده است. بنابراین ما به داروهای بی‌خطر و موثر برای درمان عفونت‌های مقاوم به دارو نیاز داریم [1-2]. مقاومت ضد میکروبی که اغلب به عنوان مقاومت دارویی شناخته می‌شود، هنگامی اتفاق می‌افتد که میکروارگانیسم‌هایی مانند باکتری، ویروس، قارچ و انگل به گونه‌ای تغییر کنند که ارائه داروهایی که قبلاً برای درمان عفونت‌های حاصل از آنها استفاده می‌شده، بی‌اثر شود [1-3]. چهار مکانیسم وجود دارد که از طریق آن‌ها باکتری‌ها به آنتی‌بیوتیک‌ها مقاوم می‌شوند [4]:

۱) غیر فعال سازی آنزیمی: یک آنزیم باکتریایی موجود برای تعامل با یک آنتی‌بیوتیک اصلاح می‌شود تا آنها را نسبت به باکتری‌ها غیرفعال کند. این به دلیل انتقال ژن مقاومت آنتی‌بیوتیکی بر روی پلاسمیدها است. مهم‌ترین مثال آن آنزیم‌های بتالاکتاماز هستند که بتالاکتام‌ها (پنی‌سیلین‌ها، سفالوسپورین‌ها) را هیدرولیز می‌کنند.

۲) اکستروژن دارو توسط پمپ‌های خروجی: این پروتئین‌ها که قادرند طیف گسترده‌ای از ترکیبات (از جمله آنتی‌بیوتیک‌ها) را از سلول خارج کنند، توسط باکتری‌ها بیشتر از حد بیان می‌شوند تا آنتی‌بیوتیک‌ها را اکستروند کنند.

۳) کاهش جذب با تغییر در نفوذ پذیری غشای خارجی یا وجود پورین‌ها: این تغییرات با ورود آنتی‌بیوتیک‌ها تداخل می‌کند.

۴) اصلاح اهداف دارویی: این تغییرات مانع از اتصال آنتی‌بیوتیک شده و قدرت آن را محدود می‌کند.

تا به امروز سه نوع اصلی از ادجوانت‌های آنتی‌بیوتیکی برای مسدود کردن مکانیسم‌های فوق‌الذکر مقاومت آنتی‌بیوتیکی ایجاد شده است:

الف) مهارکننده‌های بتالاکتاماز، ب) مهارکننده‌های پمپ جریان و ج) نفوذ پذیرهای غشای خارجی هدف قرار دادن بتالاکتامازها: تولید آنزیم‌هایی که قادر به غیر فعال کردن آنتی‌بیوتیک‌ها هستند، یکی از مکانیسم‌های مقاومتی است که توسط باکتری‌ها برای مقاومت در برابر اثر داروهای آنتی‌بیوتیک استفاده می‌شود [5]. مکانیسم اثری که از طریق آن این آنتی‌بیوتیک‌ها کار می‌کنند شامل غیر فعال کردن ترانس‌پپتیدازهایی است که برای آخرین مرحله بیوسنتز دیواره سلولی باکتری لازم است. سوبه‌های باکتریایی بتالاکتاماز تولید می‌کنند که حلقه بتالاکتام را از بین می‌برد و منجر به از دست دادن کارایی آنتی‌بیوتیک‌های حاوی این گروه عملکردی می‌شود [4].

ب) هدف‌گیری پمپ‌های جریان: پمپ‌های جریان یکی از معروف‌ترین نمونه‌های مکانیسم‌های باکتریایی هستند که به آنتی‌بیوتیک‌های مختلف، مقاومت متقاطع می‌دهند [6]. این نوع مکانیسم مقاومت شامل آنتی‌بیوتیک‌هایی است که فعالیت ضد باکتریایی خود را در داخل سلول باکتری اعمال می‌کنند، به ویژه ماکرولیدها، فلوروکینولون‌ها و تتراسایکلین‌ها [7]. سیستم‌های جریان می‌توانند به طور فعال آنتی‌بیوتیک‌های معمولی را اکستروند کنند که منجر به افزایش حداقل غلظت مهاری آنها یا در برخی موارد، از دست دادن فعالیت ضد میکروبی آنها می‌شود [8].

ج) هدف قرار دادن غشای خارجی: به طور کلی، آنتی‌بیوتیک‌های مورد استفاده در درمان، اثر ضد باکتریایی خود را اعمال می‌کنند و به اهداف مربوطه در داخل سلول برخورد می‌کنند. این امر مستلزم آن است که آنتی‌بیوتیک‌ها از غشا‌های

باکتریایی عبور کنند تا بتوانند به هدف های خود برسند. برای مقاومت در برابر نفوذ آنتی بیوتیک ها، گرم منفی ها با حضور یک سطح دفاعی بیشتر که غشای بیرونی است، محافظت می شوند. در واقع، غشای بیرونی گرم منفی که عمدتاً از لیپوپلی ساکارید های پلی آنیونی و پورین تشکیل شده است، ورود آنتی بیوتیک ها را محدود می کند [9].

برای نفوذ به دیواره باکتری، آنتی بیوتیک ها بسته به ماهیت شیمیایی مولکول کوچک از دو استراتژی متفاوت استفاده می کنند: ترکیبات آب گریز (مانند ماکرولیدها و ریفامپیسین) از طریق مکانیسم های انتقال غیر فعال از دو لایه لیپیدی عبور می کنند. مولکول های آب دوست (مانند بتالاکتام ها، فلوروکینولون ها و آنتی بیوتیک های فنیکل) از طریق مکانیسم های انتقال فعال منتشر می شوند و از توانایی خود در تعامل با پورین های خاص بهره می برند [9-10].

۲- نانوذرات

هم چنین امروزه، استفاده از فناوری نانو، به ویژه نانوساختارهای با پتانسیل ضد میکروبی، به عنوان یک امکان جدید در مبارزه با ارگانسیم های عفونی ارائه شده است [11-12].

یکی از محصولات مهم این حوزه نانوذرات فلزی است که در اندازه کمتر از ۱۰۰ نانومتر تعریف می شود. نانوذرات فلزی به دلیل خواص نوری منحصر به فرد، خاصیت کاتالیتیک، کاربرد های الکتریکی و مغناطیسی مورد توجه قرار گرفته اند [13-14].

نانوذره طلا

از مهم ترین خواص بحث بر انگیز نانو ذرات طلا اندازه بسیار کوچک و در مقابل فضای سطحی بزرگشان است که باعث افزایش فعالیت های شیمیایی و بیولوژیکی، انحلال پذیری، تحرک بسیار زیاد در بدن انسان، توانایی نفوذ به غشا سلول و خاصیت ضد باکتریایی آن است [15]. مطابق تحقیقات محققان مختلف مکانیسم های از بین بردن باکتری ها توسط نانوذرات طلا بدین ترتیب می باشد: ابتدا نانوذرات پیوند محکمی با غشای خارجی باکتری برقرار می کنند و مانع فعالیت های سلولی از جمله انتقال فعال، فعالیت های آنزیم های پری پلاسمیک و دهیروژناز شده و در نهایت از سنتز DNA، RNA و پروتئین جلوگیری می کند و موجب لیز سلولی می گردند [16].

نانوذره نقره

از جمله خواص ضد باکتریایی نانوذرات نقره می توان به حمله به سطح غشای باکتری از طریق تعامل با پروتئین های حاوی گوگرد، اخلاص در نفوذ پذیری و تنفس سلول و در نتیجه مرگ سلولی، مهار آنزیم های تنفسی سلول های باکتری با ترکیب شدن با گروه تیول و همچنین بازداشتن سلول از همانندسازی DNA و در نتیجه جلوگیری از تولیدمثل اشاره کرد [19-20]. [17-18].

نانوذره اکسید آهن

این نانوذرات به دلیل سمیت اندک، سازگاری زیستی بالا، سهولت نسبی سنتز نسبت به نانوذرات دیگر بیشتر مورد توجه محققین بوده اند [21-22]. این ترکیبات دارای خواص ضد میکروبی نیز هستند و گزارشات متعددی مبنی بر اثرات ضد میکروبی این نانوذرات علیه باکتری های گرم منفی و گرم مثبت و قارچ ها وجود دارد [24-25].

۳- نتیجه گیری

استفاده مفرط از آنتی بیوتیک ها برای از بین بردن باکتری ها سبب مقاوم شدن آن ها به آنتی بیوتیک و گسترش بیماری های عفونی شده است. بنابراین، امروزه جستجوی مواد جدیدی که خاصیت ضد باکتری داشته باشند به این منظور که مانع رشد

باکتری‌ها شوند بسیار ضروری است که در این میان، نانوذراتی چون طلا و نقره به دلیل اندازه بسیار ریز و نسبت سطح به حجم بالا، فعالیت ضد باکتری بیشتری از خود نشان می‌دهند.

مراجع

- ۱- رحیم زاده ترابی، ل، دودی، م؛ نوری، ع. بررسی تأثیر آنتی باکتریایی نانوذرات طلا بر روی اشرشیاکلاهی و کلبسیلاپنومونیه مقاوم به چندین آنتی بیوتیک و تأثیر آن بر روی کبد موش‌های Balb/C. ۱۳۹۴. ۲۳(۱۰)؛ (۱۰۱۷-۱۰۰۱)
- 2-Babypadmini S, Appalaraju B. Extended spectrum – lactamases in urinary isolates of Escherichia coli and Klebsiella pneumoniae – prevalence and susceptibility pattern in a tertiary care hospital. Indian J Med Microbiol 2004; 22 (3): 172 -74.
- 3-Altöparlaku E, Akcay M.N, Celebi F, Kadanali A. The time-related changes of antimicrobial resistance patterns. Body flora of burned patients. Burns 2004; 7: 660 – 64.
- 4-Walsh C. Molecular mechanisms underlying antibacterial drug resistance. Nature. 2000;406: 775-781.
- 5-Bush K. Beta-lactamase inhibitors from laboratory to clinic. Clin. Microbiol. Rev. 1988;1 :109-123.
- 6-Nikaido H, Zgurskaya H.I. Antibiotic efflux mechanisms. Curr. Opin. Infect. Dis. 1999;12:529-536.
- 7-Webber M.A. The importance of efflux pumps in bacterial antibiotic resistance. J. antimicrob. Chemother. 2003;51 :9-11.
- 8-Ramos J.L, Duque E, Gallegos M.T, Godoy P, Ramos-gonzalez M.I, Rojas A, Teran W, Segura A. Mechanisms of solvent tolerance in gram-negative bacteria. Annu. Rev. Microbiol. 2002;56:743-768.
- 9-Delcour A.H. Outer membrane permeability and antibiotic resistance. Biochim. Biophys. Acta. 2009;1794:808-816.
- 10-Nikaido H. Molecular basis of bacterial outer membrane permeability revisited. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 2003;76:593-656.
- 11-Pelgrift R, Friedman A. Nanotechnology as a therapeutic tool to combat microbial resistance. Adv Drug Deliv Rev. 2013;65(13-14):1803-1805. 10.101.
- 12-Cordis. New weapons to combat antibiotic resistance. Community research and development information service (cordis), european union luxembourg; 2018.
- 13-Ghani S, Rafiee B, Sadeghi D, Ahsani M. Biosynthesis of iron nanoparticles by basillus megaterum and its antibacterial properties. J babol univ med sci. 2017;19(7):13-19
- 14-Ankamvar B, Damle C, Ahmad A, Sastry M. biosynthesis of gold and silver nanoparticles using emblica officinalis fruit extract, their phase transfer and transmetallation in an organic solution. J nanosci nanotechnol. 2005;5(10): 1665-71
- 15-Green V.L, verma A, Owens R.J, Phillips S.E, carr S.B. Structure of new delhi metallo-beta-lactamase1(NDM-1). Acta crystallogr sect F struct biol cryst commun 2011;67(10): 1160-64
- 16-Cai W, Gao T, Hong H, Sun J, Application of gold nanoparticles in cancer nanotechnology. Nanotechnol sci 2008;1: 17-32

- 17-Kvitek L, Panacek A, Soukupova J, Kolar M, Vecerova R, Pucek R, Holecova M, Zboril R. Effect of surfactants and polymers on stability and antibacterial activity of silver nanoparticles (NPs). The journal of physical chemistry C 2008;112:5825-5834.
- 18-Savithamma N, Lingarao M, Rukmini K, Suvamalathadevi P. antimicrobial activity of silver nanoparticles synthesized by using medicinal plants. International journal of chemtech research. 2011; 3(3): 1394-1402
- 19-Morones J.R, Elechiguerra J.L, Camacho A, Holt K, Kouri J, Ramirez J.T, Yacaman M.J. The bactericidal effect of silver nanoparticles. Nanotechnology. 2005; 16: 2346-2353
- 20-Li W.R, Xie X.B, Shi Q.S, Duan S.S, Quyang Y.S, Chen Y.B. Antibacterial effect of silver nanoparticles on staphylococcus aureus. Biometals .2011;24: 135-141
- 21-Ge Y.Q, Zhang Y, Xia J.G, Ma M, He S.Y, Nie F, Gu N. effect of surface charge and agglomerate degree of magnetic iron oxide nanoparticles on KB cellular uptake in vitro. Colloid surface B. 2009;73(2):294-301
- 22-Colombo M, Carregal-Romero S, Casula M.F, Gutierrez L, Morales M.P, Bohm I.B, Heverhagen J.T, Prosperi D, Parak W.J. biological applications of magnetic nanoparticles. Chem Soc Rev. 2012;41(11):4306-34
- 23-Ramteke C, Ketan Sarangi B, Chakrabarti T, Mudliar S, Satpute D, Avatar Pandey R. synthesis and broad spectrum antibacterial activity of magnetic ferrofluid. Curr Nanosci. 2010;6(6):587-91
- 24-Grumezescu A.M, Mihaiescu D.E, Mogosanu D.E, Chifiriuc M.C, Lazar V, Calugarescu I, Traistaru V. in vitro assay of the antimicrobial activity of Fe₃O₄ and CoFe₂O₄ / oleic acid – core/shell on clinical isolates of bacterial and fungal strains. Optoelectron Adv Mat. 2010;4(11):1798-1801
- 25-Chifiriuc C, Lazar V, Bleotu C, Calugarescu I, Grumezescu A.M, Mihaiescu D.E, Mogosanu D.E, Buteica A.S, Buteica E. bacterial adherence to the cellular and inert substrate in the presence of CoFe₂O₄ and Fe₃O₄/oleic acid – core/shell. Dig J Nanomater Bios. 2011;6(1):37-42

سنتز، شناسایی، بررسی رفتار دمایی و خواص ضد میکروبی تعدادی از

کمپلکس‌های کادمیوم (II) کلرید، برمید و یدید جدید

فاطمه یوسلیانی^۱، مرتضی منتظر ظهوری^{۲*}، رضا نقی‌ها^۳

۱- گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه یاسوج، یاسوج ایران، sheidausl12354@gmail.com

۲- گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه یاسوج، یاسوج ایران، mmzohori@yu.ac.ir

۳- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج ایران

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: mmzohori@yu.ac.ir

Synthesis, characterization, thermal behavior and antimicrobial properties of some new cadmium (II) chloride, bromide and iodide complexes

Fatemeh ioseliani¹, Morteza Montazerzohori^{2*}, Reza Naghiha³

1- Department of Chemistry, Faculty of Science, Yasouj University, Yasouj Iran, sheidausl12354@gmail.com

2- Department of Chemistry, Faculty of Science, Yasouj University, Yasouj Iran, mmzohori@yu.ac.ir

3- Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj Iran

*Corresponding author: mmzohori@yu.ac.ir

ABSTRACT

In this research firstly, the bidentate ligand N,N-bis((E)-3-(2-methoxyphenyl allylidene)-2-methyl-1,5-diaminopentane) under laboratory condition in ethanol solvent was synthesized and then through direct reaction with cadmium halide salts, the desired Schiff base complexes with the general formula MLX_2 ($X=Cl, Br, I$) were synthesized in ethanol solvent. Schiff base ligand and its complexes were characterized by elemental analysis, FT-IR, UV-Visible spectra and conductometry measurement. Conductometry results of the cadmium compounds showed that they are non-electrolyte and as molecular complexes. Finally, the antibacterial and antifungal activity of free Schiff base ligand and its cadmium complexes were investigated. The results showed that all compounds have antibacterial and antifungal activity and especially, the complexes are more active than free ligand through directre.

Keyword: Cadmium (II), thermal behavior, antimicrobial, Schiff base.

چکیده:

در این پژوهش ابتدا لیگاند دو دندانه ای باز شیف N,N-bis((E)-3-(2-متوکسی فنیل الیلیدین)-2-متیل-1,5-دی آمینو پنتان) در شرایط آزمایشگاهی در حلال اتانل سنتز شده و سپس از طریق واکنش مستقیم با نمک کمپلکس‌های باز شیف مورد نظر با فرمول عمومی $CdLX_2$ ($X= Cl, Br, I$) در حلال اتانول سنتز شدند. لیگاند باز شیف و کمپلکس‌های آن با روش‌های تجزیه عنصری، طیف بینی‌های FT-IR، UV-Vis و نیز هدایت سنجی مورد بررسی و شناسایی قرار گرفتند. نتایج هدایت سنجی غیرالکترولیت بودن ترکیبات را نشان می‌دهد. در نهایت فعالیت ضد باکتریایی و ضد قارچی لیگاند باز شیف آزاد و کمپلکس‌های فلزی آن مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تمامی ترکیبات دارای فعالیت ضد باکتریایی و ضد

قارچی قابل قبولی هستند ضمن اینکه کمپلکسها فعالیت ضد باکتری بیشتری از لیگاند آزاد از خود نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: کادمیوم (II)، رفتار حرارتی، ضد میکروبی، باز شیف.

۱- مقدمه

باز های شیف لیگاندهای انعطاف‌پذیری هستند که نقش مهمی در شیمی کئوردیناسیون بازی می‌کنند (۱). بازهای شیف، ترکیباتی دارای گروه عاملی $C=N-R$ با فرمول عمومی $R^3-N=C-R^1R^2$ می‌باشد که R3 می‌تواند یک گروه آلکیلی یا آریلی باشد. تشکیل پیوند دوگانه $C=N$ نقش مهمی را در سنتز آلی ایفا می‌کند که این را می‌توان به وسیله‌ی واکنش بین آلدئیدها و آمین‌های نوع اول بدست آورد. این ترکیبات می‌توانند از طریق جفت الکترون نیتروژن به فلزات واسطه کئوردینه شوند. ترکیبات باز شیف نخستین بار توسط دانشمند آلمانی به نام هوگو شیف^۱ کشف شدند و به افتخار وی این دسته ترکیبات با این نام شناخته می‌شوند. بازهای شیف دارای اهمیت قابل توجهی در شیمی آلی فلزی بوده و به خاطر سهل‌الوصل بودن نیتروژن آن‌ها به فلزات واسطه، معمولاً به عنوان لیگاند بکار می‌روند. از طرفی باز های شیف⁻ توجه شیمی‌دانان آلی را نیز به خود جلب کرده‌اند چرا که دارای فعالیت‌های بیولوژیکی مهمی چون: خاصیت ضد سرطانی، ضد توموری، ضد التهاب، ضد میکروبی، ضد باکتریایی، ضد سل، ضد تشنج و غیره می‌باشند. کمپلکس‌های باز شیف یک مجموعه برجسته از ترکیبات کئوردیناسیونی هستند. انواع زیادی از یون‌های فلزی در سنتز این نوع ترکیبات شرکت کرده‌اند. ساختار ترکیبات فلز-باز شیف می‌توانند با تغییر در قسمت باز شیف یا با تغییر در یون‌های فلزی مرکزی تغییر کند. بنابراین پتانسیل زیادی، برای طراحی ساختارهای مختلف برای اهداف خاص دارند (۲-۴). در شیمی پزشکی کمپلکس‌های باز شیف به دلیل توانایی‌شان در تقسیم رشته‌های DNA و تخریب سلول سرطانی به عنوان ترکیبات جدید ضد سرطانی مشهور هستند (۵، ۶). DNA نقش مهمی در زندگی ایفا می‌کند، چون شامل تمام اطلاعات ژنتیکی برای کارکرد سلولی است. با این حال، مولکول‌های DNA در شرایط مختلف از جمله تعامل با برخی مولکول‌ها، آسیب می‌بینند. این آسیب ممکن است منجر به تغییرات پاتولوژیکی مختلف در ارگانیسم‌های زنده شوند (۷). در سال ۲۰۱۷ حسن کیپور، معصومه محمود آبادی، امیر شوشتری، مهدی بیات، فریبا محسن زاده و روبرت ویلیام گابل، درباره‌ی خاصیت ضد باکتری دو کمپلکس ماکروسیکل کادمیوم علیه تعدادی از باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی مطالعه کردند. این کمپلکس‌ها به خاطر خواص ضد باکتری در آزمایشگاه در برابر برخی از باکتری‌ها مورد توجه قرار گرفتند. این کمپلکس‌ها دارای خواص ضد باکتری قابل توجه و در برخی موارد حتی بیش از حد استاندارد ارزیابی شدند (۸). در سال ۲۰۲۰ منتظرظهوری، موسوی، نقی‌ها، مسعودی اصل، مجاهدی، یک سری از ترکیبات کادمیوم (II) با فرمول کلی $CdLX_2$ که در آن $X = Cl^-, Br^-, I^-, SCN^-, N_3^-$ با لیگاندهای چهار دندانه باز شیف حاصل از واکنش تراکمی تری اتیلن تترا آمین و سینامالدئید را سنتز کردند. در این بررسی خاصیت ضد باکتری کمپلکس‌های کادمیوم با سویه‌های گرم مثبت استافیلوکوکوس اورئوس و باسیلوس سابتیلیس و گرم منفی اشیریشیاکلی و سودوموناس آئروژینوزا انجام شد. علاوه بر این، فعالیت‌های ضد قارچی در برابر دو دسته قارچ آسپرژیلوس اوریزا و کاندیدا آلبیکنز نیز مورد بررسی قرار گرفت (۹). نتایج حاکی از خواص ضد میکروبی قابل قبول این ترکیبات بود. در ادامه تحقیقات گذشته، در این پژوهش تعدادی از کمپلکسهای باز شیف جدید کادمیوم سنتز و شناسایی شده و سپس خواص میکروبی آنها مورد ارزیابی قرار میگیرد.

۲- بخش تجربی

۱-۲- سنتز لیگاند باز شیف N,N' -بیس (E)-۳-۲- متوکسی فنیل الیلیدین) -۲-متیل-۵،۱-دی آمینو پنتان

¹ Hugo Schiff

مقدار ۰/۵ میلی مول از ۲-متیل-۵،۱-دی آمینو پنتان (۵۸ میلی گرم) در ۵ میلی لیتر اتانل حل شده، قطره قطره به ۱ میلی مول از ۲-متوکسی سینام آلدهید (۱۶۱/۸ میلی گرم) در ۵ میلی لیتر اتانل حل شده بر روی همزن مغناطیسی و در دمای محیط اضافه گردید. این ترکیب بر روی همزن مغناطیسی به مدت ۵ ساعت به خوبی همزده شد. در نهایت لیگاند (بدون تشکیل رسوب) به شکل مایع روغنی زرد رنگ تشکیل شد.

M.W (g.mol⁻¹): ۴۰۴/۵

Λ_M [(DMF), ($\mu\text{S.cm}^{-1}$): ۰/۳۳

IR(KBr,cm⁻¹): ۳۷۵۲ (w), ۳۴۱۷(m), ۲۹۲۷(s), ۲۸۳۴(s), ۲۴۹۱(w), ۲۳۶۸(w), ۲۳۳۷(w), ۱۹۳۶(w), ۱۸۰۱(w),

۱۶۳۱(s), ۱۵۹۶(s), ۱۴۸۴(s), ۱۴۶۱(s), ۱۳۷۶(w), ۱۲۹۵(m), ۱۲۴۵(s),

۱۱۶۴(m), ۱۰۲۵(s), ۹۸۳(m), ۷۵۲(s), ۴۵۸(m).

UV-Visible: [(DMF), λ (nm), (ϵ , M⁻¹cm⁻¹): ۲۸۰ (12400), ۳۲۴(۷۳۰۰)

۲-۲ سنتز کمپلکس CdLX₂ (دید، برمید، کلرید) (X=)

مقدار ۰/۵ میلی مول لیگاند به دست آمده را به آرامی و قطره قطره به ۰/۵ میلی مول نمک کادمیوم کلرید، کادمیوم برمید و کادمیوم یدید حل شده در ۵ میلی لیتر اتانل، اضافه شده (هر کدام از نمک ها به صورت جداگانه) و به مدت ۳ ساعت روی همزن مغناطیسی به خوبی همزده شدند. با پیشرفت واکنش کمپلکس ها به شکل رسوب های زرد رنگی حاصل شدند. در پایان کمپلکس های رسوب شده با کاغذ صافی جدا شده و با کمی اتانل شستشو داده و خشک میگرد. اطلاعات فیزیکی و طیفی کمپلکسها به شرح زیر است:

-[CdLCl₂]

M.W (g.mol⁻¹): ۵۸۷/۹۱۱

Melting point (°C): ۱۸۰-۱۹۰

Λ_M [(DMF), ($\mu\text{S.cm}^{-1}$): ۱۰/۱۶

IR(KBr,cm⁻¹): ۳۱۴۳(w), ۳۰۱۲(w), ۲۹۳۱(m), 2846w, ۲۳۲۹(w), ۲۲۶۰(w), ۲۰۲۴(w), ۱۹۲۴(w), ۱۷۲۰(w), ۱۵۹۶(s),

۱۴۸۱(w), ۱۴۵۷(s), ۱۳۸۸(m), ۱۲۹۵(m), ۱۲۴۵(s), ۱۱۶۴(s), ۱۱۱۴(m), ۱۰۲۲(s), ۷۵۵(s), ۶۸۶(m), ۵۰۵(w)

۴۷۴(w), ۴۱۲(w).

UV-Visible: [(DMF), λ (nm), (ϵ , M⁻¹cm⁻¹): ۲۷۸ (۱۵۰۰۰), ۳۲۵(۴۸۰۰).

-[CdLBr₂]

M.W (g.mol⁻¹): ۶۷۶/۷۱۹

Melting point (°C): ۱۵۷-۱۶۳

Λ_M [(DMF), ($\mu\text{S.cm}^{-1}$): ۶/۴۳

IR(KBr,cm⁻¹): ۳۰۱۲(w), ۲۹۳۱(m), 2846w, ۲۴۹۹(w), ۲۴۱۰(w), ۲۳۳۷(w), ۲۰۲۴(w), ۱۹۱۶(w), ۱۸۱۲(w), ۱۶۱۶(s),

۱۴۵۷(s), ۱۳۸۸(w), ۱۲۹۹(m), ۱۱۶۸(s), ۱۰۱۸(s), ۸۶۳(w), ۷۵۲(s), ۴۷۴(w)

UV-Visible: [(DMF), λ (nm), (ϵ , M⁻¹cm⁻¹): ۲۸۱(۱۱۲۰۰), ۳۲۴(۶۳۰۰).

-[CdLI₂]

M.W (g.mol⁻¹): ۷۷۰/۷۱۹۹۴

Melting point (°C): ۱۵۰-۱۵۴

Λ_M [(DMF), ($\mu\text{S.cm}^{-1}$): ۵/۳

IR(KBr, cm⁻¹): ۳۴۶۳(w), ۲۹۲۷(s), ۲۸۴۲(w), ۲۵۵۳(w), ۲۳۲۹(w), ۱۹۰۹(w), ۱۸۰۸(w), ۱۶۱۶(s), ۱۴۸۱(w), ۱۴۵۷(s), ۱۳۸۸(w), ۱۲۹۹(m), ۱۲۴۹(s), ۱۱۶۸(s), ۱۰۲۲(s), ۸۶۰(m), ۷۵۲(s), ۶۰۹(w), ۵۶۶(w), ۴۱۶(w)
UV-Visible: [(DMF), λ(nm), (ε, M-1cm-1)]: ۲۸۱(۱۱۴۰۰), ۳۲۴(۶۶۰۰).

۳- خواص ضد باکتریایی و ضد قارچی

فعالیت آنتی باکتری در برابر چهار باکتری بیماری زا ، دو باکتری گرم مثبت استافیلوکوکوس اورئوس و باسیلوس سوبتیلیس و دو باکتری گرم منفی اشیریشیا کلای و سودوموناس آئروژینزا مورد ارزیابی قرار گرفت. علاوه بر این، فعالیت‌های ضد قارچی در برابر دو دسته قارچ آسپرژیلوس اوریزا و کاندیدا آلبیکنز نیز مورد بررسی قرار گرفت.

۳-۱- روش تجربی ارزیابی فعالیت ضد میکروبی

برای ارزیابی خواص ضد میکروبی کمپلکس‌های سنتز شده از محیط کشت جامد به روش انتشار چاهک استفاده شد. در این روش از پلیت‌های حاوی ۲۰ میلی لیتر محیط کشت آگار استفاده گردید. دو باکتری گرم مثبت استافیلوکوکوس اورئوس و باسیلوس سوبتیلیس و دو باکتری گرم منفی اشیریشیای کلای و سودوموناس آئروژینزا برای ارزیابی فعالیت ضد میکروبی لیگاند و کمپلکس‌ها انتخاب شد. از این ترکیبات، محلول‌هایی با غلظت‌های ۱۲/۵، ۲۵، ۵۰ میلی گرم بر لیتر در حلال DMSO تهیه گردید و در مرحله بعد روی محیط کشت چاهک زده شد و از هر یک از محلول‌ها درون چاهک‌ها ریخته شد. در آخر پلیت‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد در گرم خانه قرار داده شدند. با گذشت زمان محدوده عدم رشد باکتری با ابزار دقیق اندازه گیری شد و ثبت گردید (جدول ۴). برای ارزیابی فعالیت ضد قارچی از دو قارچ آسپرژیلوس اوریزا و مخمر کاندیدا آلبیکنز استفاده شد. برای تهیه‌ی محیط کشت مورد نیاز برای کشت قارچ کاندیدا آلبیکنز در ابتدا از قارچ‌های رشد کرده در محیط کشت جامد به کمک لوپ درکنار شعله یک پرکنه از قارچ را برداشته و به درون ارلن حاوی محیط کشت مولر هینتون برات (مایع) از قبل تهیه شده اضافه شد. در جهت تکثیر قارچ به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد در گرم خانه قرار داده شد. جهت تهیه محیط کشت قارچ آسپرژیلوس اوریزا از محیط PDA یا SDA استفاده گردید. در اینجا نیز محلول‌های با غلظت‌های ۱۲/۵، ۲۵، ۵۰ میلی گرم بر لیتر در حلال DMSO از ترکیبات تهیه شد. مرحله بعد، فعالیت ضد قارچی ترکیبات با روش انتشار چاهک مورد آزمون قرار گرفت. بعد از آماده شدن محیط کشت از هر کدام از محلول‌ها به درون چاهک‌ها ریخته و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه نگهداری شد. در پایان قطر هاله‌های ایجاد شده با ابزار دقیق (کولیس) اندازه گیری شد (جدول ۲).

۴- نتایج و بحث

۴-۱- بررسی طیف‌های زیر قرمز (IR)

پدیدار شدن نوار جذبی در ۱۶۳۱ cm⁻¹ مربوط به گروه عاملی ایمین C=N حاکی از سنتز لیگاند باز شیف مورد نظر می باشد. در طیف مادون قرمز مربوط به کمپلکس‌ها جابه‌جایی این نوار جذبی به اندازه ۱۵ تا ۲۷ عدد موج (cm⁻¹) دیده شد که حاکی از کوئوردینه شدن فلز به گروه آزومتین لیگاند می باشد. وجود نداشتن نوار جذبی در ۱۶۷۳ cm⁻¹ مربوط به سینام آلدئید و نوار جذبی در ناحیه ۳۴۰۰-۳۲۰۰ cm⁻¹ مربوط به گروه آمین تاییدی بر عدم وجود مواد اولیه به عنوان ناخالصی می باشد. طیف IR کمپلکس‌های سنتز شده سایر ارتعاشات مربوط به لیگاند را نیز نشان می‌دهد ولی با این تفاوت که نوارهای جذبی لیگاند با کوئوردینه شدن لیگاند به یون فلز تغییر کرده است.

۴-۲- طیف‌سنجی مرئی - ماورای بنفش (UV-Vis)

در طیف سنجی مرئی - بنفش، در اثر جذب تابش الکترومغناطیسی، اتم‌ها یا مولکول‌ها از یک حالت انرژی کم (حالت اولیه با پایه) به یک حالت انرژی بالاتر (حالت برانگیخته) منتقل می‌گردند. برای اتمی که در ناحیه ی ماورای بنفش جذب

میکنند، طیف جذبی اغلب شامل خطوط بسیار تیز است. اما در مولکول‌ها، (بر خلاف اتم‌ها) معمولاً دارای خطوط پهن هستند. لیگاند باز شیف دو دندانه و همه‌ی کمپلکس‌های سنتز شده فلز کادمیوم مربوط به آن در حلال DMF (دی متیل فرمالدهید) حل شده و داده‌های طیفی بدست آمده از طیف الکترونی آن‌ها در بخش تجربی گزارش شده است. مطالعه و بررسی طیف UV-Vis لیگاند مذکور بر اساس داده‌ها نشان دهنده این است که لیگاند دارای دو جذب است، یک جذب در ناحیه‌ی ۲۸۰ نانومتر مربوط به انتقالات پیوندهای دوگانه‌ی الکترونی و اروماتیک و انتقال در ناحیه‌ی ۳۲۴ نانومتر مربوط به انتقالات پیوند ایمنی موجود در ترکیب می‌باشد. بررسی طیف‌های الکترونی کمپلکس‌ها نشان دهنده‌ی دو انتقال همراه با اندکی جابجایی می‌باشد. این جابجایی مربوط به کئوردینه شدن نیتروژن‌های گروه آزومتین لیگاند باز شیف دودندانه به فلز می‌باشد.

۲-۴- هدایت مولی ترکیبات

در این پژوهش هدایت الکتریکی لیگاند و ترکیبات سنتز شده با غلظت ۰/۰۰۰۱ مولار در حلال DMF مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصل از هدایت الکتریکی در مقایسه با محدوده استاندارد در دمای ۲۵ درجه نشان می‌دهد که تمام ترکیبات سنتز شده مولکولی و غیر الکترولیت هستند. نتایج این آزمون (جدول ۱) کمپلکس $CdLI_2$ را با بیشترین پایداری و کمپلکس $CdLCl_2$ را با کمترین پایداری نشان معرفی می‌نماید.

جدول ۱: هدایت مولی لیگاند و کمپلکس‌های کادمیوم در دمای محیط

ترکیبات	لیگاند	$CdLCl_2$	$CdLBr_2$	$CdLI_2$
$\Lambda_M(\mu S.cm^{-1})$	۰/۳۳	۱۰/۱۶	۶/۴۳	۵/۳

۳-۴- بررسی فعالیت ضد باکتریایی لیگاند و کمپلکس‌ها

۱-۳-۴- ارزیابی فعالیت ضد باکتریایی لیگاند

با توجه به نتایج فعالیت آنتی باکتریایی لیگاند در برابر باکتری اشرشیا کلای نسبت به باسیلوس سوبتیلیس اثر بیشتری داشت. این اثربخشی در برابر باکتریهای سودوموناس آئروژینزا و استافیلوکوکوس اورئوس به ترتیب کاهش داشت (جدول ۲).

۲-۳-۴- بررسی فعالیت ضد باکتری کمپلکس $CdLCl_2$

طبق جدول ۲ بیشترین فعالیت آنتی باکتریایی کمپلکس $CdLCl_2$ را به ترتیب بر روی باکتری‌های باسیلوس سوبتیلیس و اشرشیا کلای نشان میدهد. همچنین فعالیت خوبی بر روی باکتری سودوموناس آئروژینزا داشته و کمترین فعالیت را بر روی باکتری استافیلوکوکوس اورئوس نشان میدهد.

۳-۳-۴- بررسی خواص باکتری کمپلکس $CdLBr_2$

مطابق با جدول ۲ این ترکیب بیشترین فعالیت آنتی باکتریایی را بر روی باکتری باسیلوس سوبتیلیس نشان میدهد. سپس به ترتیب در برابر باکتریهای اشرشیا کلای و سودوموناس آئروژینزا فعالیت مهار کنندگی خوبی را نشان میدهد. این کمپلکس کمترین اثر را بر روی باکتری استافیلوکوکوس اورئوس نشان داد.

۴-۳-۴- بررسی خواص باکتری کمپلکس $CdLI_2$

باتوجه به جدول ۲ این ترکیب بیشترین فعالیت را بر روی باکتری استافیلوکوکوس اورئوس نشان داده و همچنین فعالیت خوبی را به ترتیب بر روی باکتریهای باسیلوس سوبتیلیس و سودوموناس آئروژینزا نشان ارایه میدهد. این ترکیب کمترین اثربخشی را بر روی باکتری اشیریشیا کلای دارد.

جدول ۲: فعالیت ضد باکتریایی لیگاند و کمپلکس‌های کادمیوم در مقابل دو سویه باکتری گرم مثبت و گرم منفی

محدوده‌ی ممانعت کننده‌ی رشد باکتری‌ها (میلی متر)												
	سودوموناس آئروژینزا			اشیریشیا کلای			استافیلوکوکوس اورئوس			باسیلوس سوبتیلیس		
ترکیبات	۵۰	۲۵	۱۲/۵	۵۰	۲۵	۱۲/۵	۵۰	۲۵	۱۲/۵	۵۰	۲۵	۱۲/۵
Ligand	۱۷/۵	۱۳/۵	۶	۲۸/۷	۱۷	۱۰/۵	۱۲/۵	۱۲	۶	۱۹	۱۶	۱۲
CdLCl ₂	۲۰	۱۴	۱۳	۲۴	۱۲	۲۳	۲۰	۱۶	۱۴	۲۵	۲۲	۱۳
CdLBr ₂	۱۹	۱۲	۱۱	۲۰	۱۴	۱۲	۱۶	۱۴	-	۲۹	۲۱	۱۵
CdLI ₂	۲۱	۱۵	۱۰	۱۸	۱۸	۱۳	۲۵	۱۸	۱۳	۲۰	۱۸	۱۲

۴-۴- بررسی خواص ضد قارچی لیگاند و کمپلکس‌ها

مطابق با نتایج حاصل در جدول ۳ اثر ضدقارچی لیگاند بر علیه قارچ کاندیدا آلبیکنز به وضوح دیده شد. کمپلکس‌های CdLBr₂ و CdLCl₂ اثر مهارکنندگی بیشتری را بر روی قارچ اسپرژیلوس اوریزا نشان دادند. در نهایت کمپلکس CdLI₂ فعالیت خوبی را بر روی قارچ کاندیدا آلبیکنز نشان می‌دهد. به طور کلی نتایج نشان داد با افزایش غلظت اثر بخشی ضد قارچی بیشتر می‌شود.

جدول ۳: فعالیت ضد قارچی لیگاند و کمپلکس‌های کادمیوم

محدوده‌ی ممانعت کننده‌ی رشد قارچ‌ها (میلی متر)						
	کاندیدا آلبیکنز			اسپرژیلوس اوریزا		
ترکیبات	۵۰	۲۵	۱۲/۵	۵۰	۲۵	۱۲/۵
Ligand	۱۲	۱۰	۹	۶	۶	۶
CdLCl ₂	۲۱	۱۶	۱۵	۳۰	۲۲	۱۵
CdLBr ₂	۱۵	۱۳	۱۰	۲۵	۱۸	۱۲
CdLI ₂	۲۳	۱۸	۱۵	۲۱	۲۰	۱۵

۵- نتیجه گیری

در این مطالعه لیگاند دو دندان‌ای باز شیف جدید N,N'-بیس ((E)-۳-(۲-متوکسی فنیل الیلیدین) -۲-متیل-۵،۱-دی آمینو پنتان و همچنین کمپلکس‌های کادمیوم آن سنتز و با روش‌های تجزیه عنصری، طیف بینی های FT-IR، UV-vis و نیز هدایت سنجی شناسایی و مورد مطالعه قرار گرفتند. کمپلکس‌های باز شیف مورد نظر با فرمول عمومی CdLX₂ که X شامل یون های I⁻, Br⁻, Cl⁻ میباشد در حلال اتانول سنتز شدند. فلز از طریق نیتروژن‌های آزومتین لیگاندودندان‌ای باز

شیف به فلز کئوردینه می شود. نتایج حاصل از هدایت مولی غیر الکترولیت بودن ترکیبات را نشان داد. در طیف های مرئی – ماورا بنفش مربوط به لیگاند و ترکیبات دو انتقال دیده می شود که مربوط به انتقال π به π^* گروه آزومتین و دیگری مربوط به π به π^* بنزن و دیگر پیوندهای دوگانه می باشد. در طیف مادون قرمز مربوط به کمپلکس ها جابه جایی پیک ایمنی دیده میشود که حاکی از کئوردینه شدن فلز به گروه آزومتین لیگاند می باشد. فعالیت ضد باکتریایی و ضد قارچی لیگاند و ترکیبات سنتز شده مورد مطالعه قرار گرفت. در نتیجه ی این مطالعه لیگاند و ترکیبات فعالیت ضد باکتریایی و ضد قارچی خوبی را نشان دادند.

مراجع

1. Boyle TJ, Perales D, Rimsza JM, Alam TM, Boye DM, Sears JM, et al. Synthesis and characterization of thallium–salen derivatives for use as underground fluid flow tracers. 2018;47:4162.
2. Çakır S, Biçer E. Synthesis, spectroscopic and electrochemical characteristics of a novel Schiff-base from saccharin and tryptophan. 2010;7:394.
3. Brahmkhatri VP, Chandra K, Dubey A, Atreya HS. An ultrastable conjugate of silver nanoparticles and protein formed through weak interactions. 2015;7:12921.
4. Kusamoto T, Yamamoto HM, Kato R. Utilization of σ -holes on sulfur and halogen atoms for supramolecular cation anion interactions in bilayer Ni (dmit) 2 anion radical salts. 2013;13:4533.
5. Lo R, Ganguly B. Exploiting Weak Noncovalent Cation π Interaction for Designing a Molecular Container for Storage of Methane Molecules with Lithiated Carbene Superbases. 2014;118:6680.
6. Qin D-D, Yang Z-Y, Zhang F-H, Du B, Wang P, Li T-R. Evaluation of the antioxidant, DNA interaction and tumor cell cytotoxicity activities of Copper (II) complexes with Paeonol Schiff-base. 2010;13:727.
7. Nafie MS, Khodair AI, Hassan HAY, El-Fadeal NMA, Bogari HA, Elhady SS, et al. Evaluation of 2-thioxoimidazolidin-4-one derivatives as potent anti-cancer agents through apoptosis induction and antioxidant activation: In vitro and in vivo Approaches. 2022;27:83.
8. Keypour H, Mahmoudabadi M, Shooshtari A, Bayat M, Mohsenzadeh F, Gable RW. Cadmium (II) macrocyclic Schiff-base complexes containing piperazine moiety: Synthesis, spectroscopic, X-ray structure, theoretical and antibacterial studies. 2018;1155:196.
9. Mousavi S, Montazerzohori M, Naghiha R, Masoudiasl A, Mojahedi S, Doert T. Some novel hexa-coordinated cadmium Schiff base complexes: X-ray structure, Hirshfeld surface analysis, antimicrobial and thermal analysis. 2020;34:e5550.

Ultrasonographic And Radiographic Diagnosis Of Urolithiasis In Referred Cats To The Veterinary Hospital Of Ahvaz: A Comparative Study

Mohammad Javad Ghorbani^{1*}, Abdolvahed Moarabi², Alireza Ghadiri³, Bahman Mosallanejad⁴

2. Graduated from of Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, drghorbani6711@gmail.com
3. Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, a.moarabi@scu.ac.ir
4. Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, ar2012gh@gmail.com
5. Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, bmosallanejad@scu.ac.ir

* Corresponding author: drghorbani6711@gmail.com

Abstract

Urolithiasis is the presence of stones in any part of the urinary tract of a cat, and can vary in its mineral composition. Ultrasonography and radiography are the most commonly used methods for detecting urinary stones in dogs and cats. The purpose of this study was to compare the findings of ultrasonography and radiography in the diagnosis of urinary stones and to determine the prevalence of urinary stones in cats referred to the veterinary hospital of Shahid Chamran University of Ahvaz over a five-year period (from 2017 to 2022). 109 cats were evaluated in this study. The findings showed that the average prevalence of urinary stones over a five-year period is 9.17% and there was no statistically significant difference between the two methods used for detecting urinary stones ($P>0.05$). According to the literature, the bladder is where urinary stones are most likely to form. The findings of this study demonstrated that the prevalence of urinary stones in cats in this area is comparable to that in other parts of the world, where it has been reported to range from 7 to 28%. It was anticipated that the prevalence of stones would be relatively higher in the Ahvaz region due to the hot climate, but this hypothesis does not appear to have led to an increase in urinary stones, possibly because the referred cats were kept at home and were not exposed to heat or a lack of water, both of which are significant stone-forming factors.

Key words: Cat, Urolithiasis, Radiography, Ultrasonography, Ahvaz

1. Introduction

Among the diseases that affect urinary tract system, urolithiasis is the second largest cause of clinical signs compatible with feline urinary tract disease. The term urolithiasis refers to the presence of uroliths in any region of the urinary tract, but it is more commonly seen in the bladder and urethra. Uroliths are classified based on the type of mineral present in their composition (1). Specific metabolic conditions (e.g. nutritional factors [a protein-rich diet], hydration [lack of water], pH [pH modification], urine volume [low urine volume], hypercalcemia, or hypophosphatemia) influence their formation (2). The most common feline urolith types are struvite (magnesium ammonium phosphate) and calcium oxalate (CaOx) (each >40% of uroliths). Purine uroliths represent about 5% of cases (3).

Dietary, metabolic, genetic and infectious causes as well as factors such as breed, age, sex, age range, obesity, sedentary lifestyle, geographic region and climate potentiate the chance of development of uroliths (1).

The clinical signs of animals with urolithiasis may vary according to the affected segment, quantity, and format of uroliths. Patients usually present signs of urinary tract disease such as stranguria, dysuria and Nonspecific signs (vomiting and anorexia) or complete absence of signs may also be observed, especially when the calculus is located within the upper urinary tract (4).

The diagnosis is based on a thorough examination of specific causes. Accordingly, urine analyses (urine strips, urinary sediment and urine culture), radiography and abdominal ultrasonography are used (5). Diagnostic imaging is usually required to determine the presence of urolithiasis. Double-contrast cystography is more accurate than survey radiography and approximately as accurate as ultrasonography (6). Most uroliths are radiopaque on survey abdominal radiographs. Radiopaque uroliths include calcium phosphate, calcium oxalate, struvite and silicate. Survey radiography is suitable for identification of these radiopaque uroliths, provided they are greater than approximately 2–3 mm in diameter. Small uroliths are detected more reliably by double-contrast cystography or ultrasonography. However, ultrasound is superior to double-contrast cystogram in experienced hands and for very small stones and sand. Ultrasonographic examination can detect radiopaque and radiolucent uroliths. Therefore, for the diagnosis of urolithiasis radiography combined with ultrasonography are preferred over contrast radiography alone (7).

According to the diagnosis of urolithiasis randomly in cats that were referred to the radiology department of the veterinary hospital for other reasons and according to the hot climate of Ahvaz region (heat above 50 degrees in summer) (8) and subsequently, dehydration in animals, it is predicted that the prevalence of uroliths will be relatively high. In Ahvaz, no consistent research has been done on urolthiasis in cats. Therefore, The objective of this study was to compare two methods of ultrasonography and radiography in the diagnosis of urolithiasis in cats showing suspicious symptoms of urolithiasis or symptoms of lower urinary tract disease referred to the veterinary hospital of the Shahid Chamran University of Ahvaz. The percentage of urinary stone prevalence in referred cats was also determined.

2. Methodology

2.1. Sample collection

Between 2017 and 2022, 109 cats with symptoms of lower urinary tract disease or suspected to urolithiasis were referred to the veterinary hospital of Shahid Chamran University in Ahvaz. The data of each cat was recorded in medical center.

2.2. Physical examination

Clinical signs help localize the problem to the lower urinary tract. Information from the animal owners helps to determine the duration and severity of symptoms. Physical examination included evaluation of body temperature, heart rate, respiratory rate, depression rate, mucous membranes color, and abdominal palpation.

2.3. Imaging investigations

Ultrasonography and radiography were used simultaneously to diagnose urinary stones and differentiate them from other diseases of the urinary system. Also the location of stones were determined. Sedation was used for ease of imaging in a limited number of cats. Abdominal radiography was performed using X-ray machine (KCD-10M-6A1T JPN). Radiographs were processed using computed radiography system. The radiographs were taken on a ventral dorsal or lateral view. In this work, ultrasonography of all cats was performed

using Landwind ultrasound machine (Mirror2) with a 5-10 MHz linear probe. The animals were positioned on lateral or dorsal recumbency, scanning area was shaved, and ultrasonic gel was applied to the skin. During the ultrasound, all parenchyma of the kidney were evaluated; the size and location of calculi were determined.

Using the data obtained from the recorded images and patient records, a comparison was made between the findings of ultrasonography and radiography, and the percentage of uroliths prevalence was also obtained. Chi-square software and logistic regression were used for comparative evaluation.

3. Results

Urolithiasis was detected in 10 out of 109 cats with lower urinary tract diseases, were referred to the veterinary hospital over a five-year period (9.17%) based on cats medical histories and ultrasonographic and radiographic examinations. moreover, out of these 10 cases of uroliths, all 10 cases were confirmed by ultrasound, whereas 8 cases were radiopaque and were confirmed by radiography, and only 2 cases were radiolucent and were diagnosed only by ultrasound, although there was a difference between ultrasonography and radiography, no significant difference was determined ($P>0.05$). Table 1 displays the number of urinary stone sufferers for each of the last five years.

Table 1. The frequency and occurrence of Urolithiasis in cats in Ahvaz over the course of 5 years are displayed.

year	Number of referred cats	Number of cat with uroliths	Prevalence rate (%)
2017-2018	21	2	9.52
2018-2019	19	2	10.53
2019-2020	15	1	6.67
2020-2021	18	1	5.55
2021-2022	36	4	11.11
total	109	10	9.17

Uroliths were only found in the urinary bladder in 60% ($n = 6$) of cases, and only in the kidneys in 20% of cases ($n = 2$). Additionally, uroliths have been occasionally seen in the kidney and bladder at the same time. (20%; $n=2$). Radiographic and ultrasound images of some patients with Uroliths are shown in pictures 1 and 2.

Less than 5% of referred cats with lower urinary tract disease were spayed, which was insufficient for statistical analysis. In addition, all referred cases were cats which were kept indoors and were not exposed to a warm outdoor environment.

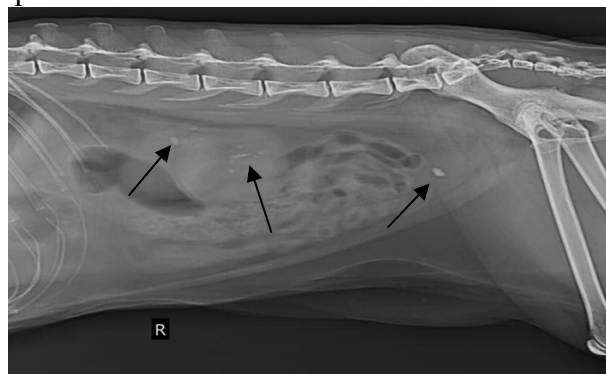


Figure 1: X-ray image of a cat with several stones in both kidneys and urinary bladder from the lateral view

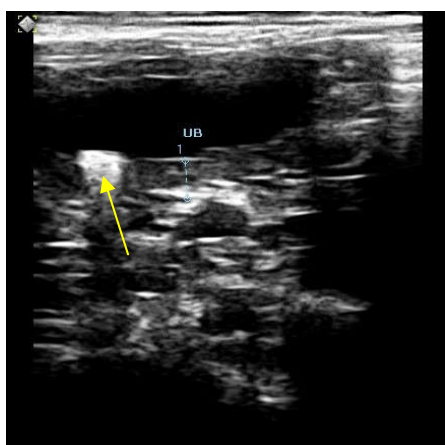


Figure 2- Ultrasound image of a cat with a stone in the bladder

4. Discussion

Until today, many studies have been conducted on lower urinary tract diseases and uroliths analysis, and many researchers have presented prevalence rate of urolithiasis. Some researchers analyzed the types of uroliths through surgery and stone removal, however in the present study it was not possible to analyze and check the types of stones.

On average Urolithiasis accounted for 9.17% of the cases presented to veterinary hospital in Ahvaz University. Recent studies have reported that 7-28% of cats presenting for lower urinary tract signs were diagnosed with urolithiasis (3). Hribova et al.(9) stated a 5% prevalence of uroliths, in a study on the diseases of the lower urinary tract of cats in the Czech Republic. The method and the number of referred cats in mentioned study were almost similar to the present study. This difference in percentage can be due to the different geographical area and probably the condition of their maintenance or the type of feeding. Kochan and Simsek (5) reported that the dietary regimens of the patients, especially drinking tap water, may account for the high incidence of urolithiasis (28.9%) in their research compared to present study. According to Nururrozi et al (10), the prevalence of uroliths was reported as 13 percent and the formation of crystal struvite and oxalates was observed in most urolithiasis cases. In the present study, it was not possible to analyze stones. Castration is a predisposing factor, with a description of 85% of analyzed uroliths coming from castrated cats, meaning a risk of 8.3 times greater than non castrated animals (1). Castrated males had an increased risk of urolithiasis compared to spayed females. Castration and spaying are considered risk factors associated with the inhibition of urethral growth, induction of weight gain, and a sedentary lifestyle (10). In the present study, less than 5% of cats had been spayed, and this could be a factor in the lower prevalence percentage compared to the higher prevalence percentage in some studies. It seems that the difference in the prevalence rate of uroliths in studies is due to different factors such as the type and amount of food and water rations, number of referred cats, the rate of castration and different geographical regions.

In 2021, a similar study was conducted on dogs in Ahvaz region, and the prevalence of uroliths was 4.65% (11). It seems that the prevalence of uroliths is higher in cats than in dogs.

The sensitivity of survey abdominal radiography for the diagnosis of ureterolithiasis in cats is 81%. abdominal ultrasonography has a sensitivity of 77%. A combination of survey radiography and ultrasonography has a sensitivity of 90% for the diagnosis of ureterolithiasis, so it is the preferred approach (12). In the present study, radiography and ultrasound were

used to diagnose urinary problems in all referred cats which is like the method used by many researchers to diagnose urinary disorders (5, 9, 10). According to the research of Hřibová et al. (9) abdominal ultrasound was performed on almost all cats, and radiography was performed on a small number of them, while in present study, radiography was performed first (to determine the location of stones in most cats with uroliths) and then ultrasound was performed. In present study Lithiasis was identified ultrasonographically by their hyperechogenic aspect, with the presence of rear acoustical shadow but there wasn't a significant difference between the results of the two techniques used.

In 2019, Mendóza-López et al. (13) reported the most common site of stone formation in the bladder (75.3%), the second most common location was the urethra (9.9%) and only a few were located in the kidney and urinary bladder simultaneously (6.2%). Burggraaf et al. (14) in a study on 3497 cats with uroliths reported that In 85.5% of cats, stones were removed from the bladder. Gomes et al. (4) stated that by comparing the anatomical location where urinary stones were removed, those found in the lower urinary tract were more common than those in the upper tract. In the present study, By ultrasonography, In 60% (n = 6) of cases, uroliths were located in the urinary bladder and in 20%, the stone was present only in the kidney or kidneys, and in the remaining 20%, the uroliths were located in both the kidney and the bladder at the same time. It seems that the urinary bladder is the most prone place for the formation of Uroliths.

Dehydration is related to abdominal discomfort and stress, resulting in lower water intake (4). It seems dehydration in the cats was not an issue in the present study, because all the referred cases were indoor cats and had enough drinking water at their disposal.

5. Conclusion

The present study demonstrated that the average prevalence of uroliths in cats in Ahvaz region was 9.17%, which was in line with recent studies that reported the prevalence of uroliths in cats. Also there was no statistically significant difference between radiography and ultrasonography in the diagnosis of urolithiasis. The site of formation of most uroliths was the urinary bladder. Considering the hot climate of Ahvaz region, it was expected that the prevalence of uroliths would be relatively higher. However, this theory does not seem to have led in an increase in urinary stones which can be due to keeping the cats at home and subsequently not exposing the referred cats to heat or lack of water.

References

1. Gomes VdR, Ariza PC, Borges NC, Schulz FJ, Fioravanti MCS. Risk factors associated with feline urolithiasis. *Veterinary research communications*. 2018;42:87-94.
2. Remichi H, Hani FA, Rebouh M, Benmohand C, Zenad W, Boudjellaba S. Lower urinary tract lithiasis of cats in Algeria: Clinical and epidemiologic features. *Vet World*. 2020;13(3):563-9.
3. Labato M. Lower urinary tract urolithiasis—feline. *The Textbook of Veterinary Internal Medicine, Expert Consult, 8th Edition St Louis, Mo: Elsevier Saunders*. 2017:2005-10.
4. Gomes V, Ariza P, Silva M, Schulz Jr F, Oliveira H, Queiroz L, et al. Mineral composition and clinical aspects of urolithiasis in cats in Brazil. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2022;74:649-61.

5. Kochan A, Simsek A. An Investigation of Risk Factors, Clinical Manifestations and Aetiology of Lower Urinary Tract Diseases in Cats in Diyarbakır, Turkiye. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*. 2022;53(4):451-7.
6. Langston C, Gisselman K, Palma D, McCue J. Diagnosis of urolithiasis. *Compendium*. 2008;30(8):447-50.
7. Defarges A, Evason M, Dunn M, Berent A. Urolithiasis in small animals. *Clinical small animal internal medicine*. 2020:1123-56.
8. MANSOURI NJS, Akbarzadeh K, JAHANIFARD E, VAZIRIANZADEH B, Rafinejad J. Species diversity and abundance of scorpions in Ahvaz city, Southwest Iran. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 2021;22(2).
9. Hřibová B, Cepelchová V, Řeháková K, Proks P, Gabriel V, Kohoutová L, et al. Causes of lower urinary tract disease in Czech cat population. *Acta Veterinaria Brno*. 2020;88(4):433-41.
10. Nururrozi A, Yanuartono Y, Sivananthan P, Indarjulianto S. Evaluation of lower urinary tract disease in the Yogyakarta cat population, Indonesia. *Veterinary World*. 2020;13(6):1182.
11. Moarabi A, Mossallanejad B, Ghadiri A, Hajizadeh F. Comparative Evaluation of Ultrasonographic and Radiographic in Diagnosis of Urolithiasis in Referred Dogs to Veterinary Hospital of Ahvaz. *Journal of Alternative Veterinary Medicine*. 2021;4(9):483-96.
12. Palm CA, Westropp JL. Cats and calcium oxalate: strategies for managing lower and upper tract stone disease. *Journal of Feline Medicine & Surgery*. 2011;13(9):651-60.
13. Mendoza-López CI, Del-Angel-Caraza J, Aké-Chiñas MA, Quijano-Hernández IA, Barbosa-Mireles MA. Epidemiology of feline urolithiasis in Mexico (2006–2017). *Journal of Feline Medicine and Surgery Open Reports*. 2019;5(2):2055116919885699.
14. Burggraaf ND, Westgeest DB, Corbee RJ. Analysis of 7866 feline and canine uroliths submitted between 2014 and 2020 in the Netherlands. *Research in Veterinary Science*. 2021;137:86-93.