مجله علوم پزشکی رازی دوره ۳۲، شماره پیوسته ۴۹، ۱۸ خرداد ۱۴۰۴ https://doi.org/10.47176/rjms.32.49

پژوهشی

بررسی اثرات نانوساختار گرافن سلولزعلیه میکروب‌های بیماریزای انتروکوک فکالیس، سالمونلا، کلبسیلا پنومونیه، استافیلوکوکوس اورئوس

فاطمه قنبری: گروه شیمی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران (* نویسنده مسئول) ghanbary83@yahoo.com
داوود ستمدیده: گروه شیمی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران
پروانه ناصرزاده: مرکز تحقیقات کولورکتال، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
آرش جواد موسوی: دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: در طول دو دهه گذ شته، بیماری‌های عفونی در حال ظهور سلامت عمومی جهانی را تهدید می‌کند. نکته مهم در رابطه با کلیه بیماری‌های عفونی این ا ست که باکتری‌ها به دلیل توانایی سریع و موثر در سازگاری با تغییرات محیطی مکانیسم‌های زیادی برای فرار از اثرات دارو ایجاد می کنند . ۴۰ تا ۶۰ درصد از سویه‌های استافیلوکوکوس اورئوس که در بیمارستان‌های ایالات متحده و بریتانیا یافت می‌شوند به متی سیلین (MRSA) مقاوم هستند، و بیشتر این سویه‌ها به چندین آنتی‌بیوتیک نیز مقاوم هستند. بیشتر آنتی بیوتیک ها ده ها سال پیش ساخته شده اند، بنابراین دیگر به عنوان عوامل ضد باکتریایی برای محل اتصال صحیح باکتری ها مورد هدف قرار نمی گیرند زیرا باکتری ها ژنوم خود را به عنوان یک ابزار محافظتی تکامل داده اند. مقاومت میکروبی به آنتی بیوتیک های رایج منجر به افزایش تلاش ها برای کشف و سنتز عوامل میکروبی برای جایگزینی داروهای فعلی شده ا ست.همانطور که نانوپز شکی به طور مداوم پیشرفت می کند، رویکردهای نوآورانه متمرکز بر بهبود انتقال داروهای ضد میکروبی محلی در حال ظهور هستند. نانوذرات می‌توانند در برخورد با عوامل پاتوژن محتوای خود را که شامل انتی بیوتیک ها می با شند را آزاد بنمایند. یکی از نانوذراتی که در مطالعه ی پیش رو بر آن تمرکز شده ا ست نانوذرات سلولز می با شند. نانو سلولز به دلیل سازگاری و خواص عالی از جمله داشتن سطح به حجم بالا، زیست تخریب پذیر بودن، تجدید پذیر بودن، امکان عملکرد سطحی و برخورداری از ا ستحکام مکانیکی بالا، توجه زیادی را به خود جلب کرده ا ست. بر ا ساس گزارش‌ها، نانو سلولز یکی از موثرترین موادی ا ست که می تواند ویژگی ضد میکروبی برای چندین سوبه ی باکتریایی داشته باشد.

روش کار: در این مطالعه، نانوکامپوزیت سلولز–گرافن را از منابع ارزان قیمت تهیه کردیم و فعالیت ضد باکتریایی آن را در برابر باکتری‌های بیماری‌زای ا نسانی برر سی کردیم. ساختار سلولز–گرافن با طیف سنجی فرو سرخ تبدیل فوریه (FTIR) و میکرو سکوپ الکترونی رو بشی (SEM) مشخص شد. در مرحله دوم، برای تعیین فعالیت ضد باکتریایی نانوکامپوزیت سنتز شده، از روش انتشار در آگار استفاده شد و فعالیت ضد باکتریایی نانوکامپوزیت سلولز گرافن را با نانوذرات نیترات نقره مقایسه کردیم.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که نانوکامپوزیت سلولز–گرافن دارای فعالیت ضدباکتریایی خوبی روی سویه های باکتریایی آزمایش شده بود و در همه موارد فعالیت نانوکامپوزیت سلولز–گرافن بیشتر از نیترات نقره بود.

نتیجه‌گیری: در آینده ترکیبات نانوکامپوزیت سلولز گرافن می توانند برای پانسمان زخمها و سوختگی ها با کمترین سمیت جایگزین نانوذرات نقره شوند.

تعارض منافع: گزارش نشده است.
منبع حمایت‌کننده: حامی مالی ندارد.

کلیدواژه‌ها
نانو کامپوزیت،
سلولزگرافن،
فعالیت ضد باکتریایی،
استافیلوکوکوس اورئوس مقاوم به متیسیلین،
انتروکوک ائروژینوزا

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۱
تاریخ چاپ: ۱۴۰۴/۰۳/۱۸

شیوه استناد به این مقاله:
Ghanbary F, Naserzadeh P, Setamdideh D, Mosavi AJ. Investigating the Effects of Graphene Nanostructures Against Pathogenic Microbes, Enterococcus faecalis, Salmonella, Klebsiella pneumoniae, Staphylococcus aureus. Razi J Med Sci. 2025(8 Jun);32.49.

Copyright: ©2024 The Author(s); Published by Iran University of Medical Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.en).

*انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 4.0 صورت گرفته است.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-18]
[DOI: 10.47176/rjms.32.49]

Razi Journal of Medical Sciences. 2025(8 Jun);32.49. https://doi.org/10.47176/rjms.32.49

Original

Investigating the Effects of Graphene Nanostructures Against Pathogenic Microbes, Enterococcus faecalis, Salmonella, Klebsiella pneumoniae, Staphylococcus aureus

Fatemeh Ghanbary: PhD, Department of Chemistry, MAH.C. Islamic Azad University, Mahabad, Iran (* Corresponding Author) ghanbary83@yahoo.com
Davood Setamdideh: PhD, Department of Chemistry, MAH.C, Islamic Azad University, Mahabad, Iran
Parvaneh Naserzadeh: PhD, Colorectal Research Center, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
Arash Javad Mosavi: MD, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract

Background & Aims: The past two decades have witnessed a significant and ongoing threat to global public health posed by emerging infectious diseases. A critical aspect of combating these infections lies in understanding the remarkable adaptability of bacteria. These microscopic organisms possess an extraordinary ability to evolve and develop numerous mechanisms to evade the effects of antimicrobial drugs, often with remarkable speed and efficiency. This evolutionary arms race has led to a alarming rise in antimicrobial resistance (AMR), rendering many conventional antibiotics less effective, or even completely ineffective, against common bacterial pathogens. A prime example of this escalating crisis is the widespread resistance observed in Staphylococcus aureus, a bacterium notorious for causing a range of infections, from mild skin infections to life-threatening conditions like sepsis and endocarditis. A staggering 40% to 60% of Staphylococcus aureus strains isolated in hospitals across the United States and the United Kingdom are now resistant to methicillin (MRSA). What's more concerning is that a significant proportion of these MRSA strains exhibit multidrug resistance, meaning them are resistant to several other classes of antibiotics as well. This widespread resistance poses immense challenges to clinical practice, limiting treatment options and increasing morbidity and mortality rates. The unfortunate reality is that many of the antibiotics currently in use were developed decades ago. Consequently, bacteria have had ample time to evolve sophisticated protective mechanisms within their genomes, allowing them to circumvent the intended antibacterial action of these older drugs. This inherent adaptability of bacteria has significantly diminished the efficacy of many conventional antimicrobial agents. The growing problem of microbial resistance to common antibiotics has thus intensified global efforts to discover and synthesize novel antimicrobial agents that can serve as effective replacements for existing medications. The urgency for new therapeutic strategies is paramount to safeguard public health and ensure that treatable infections do not become untreatable. In this context, nanomedicine has emerged as a promising field, offering innovative approaches focused on improving the targeted delivery of antimicrobial drugs. Nanoparticles, due to their unique physical and chemical properties, hold immense potential in this regard. They can be engineered to encapsulate antimicrobial agents and selectively release their payload upon encountering pathogenic microorganisms, thereby increasing the local concentration of the drug at the site of infection and minimizing systemic side effects. This targeted delivery mechanism not only enhances the therapeutic efficacy but also potentially reduces the selective pressure that drives the development of resistance. Among the various types of nanoparticles, cellulose-based nanoparticles have garnered significant attention, and they are a key focus of the present study. Nanocellulose, derived from abundant and renewable natural resources, boasts a compelling combination of properties that make it an attractive candidate for biomedical applications, particularly in the realm of antimicrobial therapy. These properties include excellent biocompatibility, biodegradability, and renewability, making them environmentally friendly and safe for biological systems. Furthermore, nanocellulose exhibits a high surface-area-to-volume ratio, which provides ample sites for functionalization and drug loading. Its remarkable mechanical strength and the ease with which its surface can be functionalized further enhance its utility. Importantly, numerous reports have highlighted the inherent antimicrobial properties of nanocellulose

Keywords
Nanocomposite,
Cellulose-graphene,
Antibacterial activity,
Methicillin-resistant,
Staphylococcus aureus,
Enterococcus aeruginosa

Received: 01/03/2025
Published: 08/06/2025

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.47176/rjms.32.49]

against several bacterial strains, positioning it as a potent and versatile antimicrobial agent in its own right, even before incorporating other active compounds.

Methods: In this pioneering study, we embarked on a systematic investigation to synthesize a cellulose-graphene nanocomposite from cost-effective and readily available sources. The primary objective was to thoroughly evaluate its antibacterial activity against a panel of human pathogenic bacteria. The structural characteristics of the synthesized cellulose-graphene nanocomposite were meticulously elucidated using two advanced analytical techniques. Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) was employed to identify the functional groups present and confirm the successful formation of the composite by analyzing vibrational modes of the chemical bonds. Simultaneously, scanning electron microscopy (SEM) was utilized to visualize the morphology, size, and dispersion of the nanocomposite particles, providing crucial insights into their physical structure and potential interactions with bacterial cells. Following the thorough structural characterization, the antibacterial efficacy of the synthesized nanocomposite was rigorously assessed using the agar diffusion method, a well-established and widely accepted technique in microbiology. This method involves placing discs impregnated with the test substance onto agar plates inoculated with specific bacterial strains. The formation of a zone of inhibition around the disc, where bacterial growth is suppressed, indicates antimicrobial activity. For a comprehensive comparative analysis, the antibacterial activity of the cellulose-graphene nanocomposite was directly compared with that of silver nitrate nanoparticles, a well-known antimicrobial agent, under identical experimental conditions. This direct comparison allowed us to ascertain the relative potency and effectiveness of our novel nanocomposite.

Results: The results of our comprehensive investigation were highly encouraging and demonstrably showcased the potent antibacterial activity of the cellulose-graphene nanocomposite. The nanocomposite exhibited significant antibacterial effects against all the bacterial strains tested in this study. What was particularly noteworthy was that, in every single instance, the antibacterial activity demonstrated by the cellulose-graphene nanocomposite surpassed that of silver nitrate nanoparticles. This superior performance underscores the potential of our novel composite as a more effective antimicrobial agent compared to a conventional and widely used alternative. The consistent and robust antibacterial action across various bacterial strains highlights its broad-spectrum efficacy.

Conclusion: Based on these compelling findings, we confidently conclude that cellulose-graphene nanocomposites hold immense promise for future biomedical applications, particularly in the development of advanced wound dressings and burn treatments. Their superior antibacterial activity, coupled with the potential for minimal toxicity, positions them as a highly viable and potentially safer alternative to silver nanoparticles, which are currently a common component in many wound care products. The prospect of replacing silver nanoparticles with a more effective and less toxic material like cellulose-graphene nanocomposites represents a significant advancement in the field of antimicrobial biomaterials. This research paves the way for the development of innovative and highly effective therapeutic strategies to combat bacterial infections, ultimately improving patient outcomes and addressing the global challenge of antimicrobial resistance. The future appears bright for these versatile nanocomposites in revolutionizing wound care and infection control.

Conflicts of interest: None
Funding: None

Cite this article as:
Ghanbary F, Naserzadeh P, Setamdideh D, Mosavi AJ. Investigating the Effects of Graphene Nanostructures Against Pathogenic Microbes, Enterococcus faecalis, Salmonella, Klebsiella pneumoniae, Staphylococcus aureus. Razi J Med Sci. 2025(8 Jun);32.49.

Copyright: ©2024 The Author(s); Published by Iran University of Medical Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.en).

*This work is published under CC BY-NC-SA 4.0 licence.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.47176/rjms.32.49]

مقدمه

یکی از چالش های بسیار مهم در سال های اخیر مدیریت بیماری های عفونی است. مراکز کنترل عفونت‌های میکروبی و پیشگیری از بیماری و سازمان بهداشت جهانی (WHO) (World Health Organization) در ۳۱ دسامبر ۲۰۱۹، مجموعه‌ای از موارد ذات‌الریه را گزارش کرد که از یک بازار عمده فروشی غذاهای دریایی و حیات وحش در شهر ووهان چین نشات می گرفت که بعد ها با نام کووید-۱۹ شناخته شد و به سرعت در سرا سر جهان گسترش یافت (۱). در ۱۲ مارس ۲۰۲۰ ، WHO شیوع کووید-۱۹را به عنوان یک بیماری همه گیر اعلام کردکه در رابطه با منشاء دقیق، ساختار، ترکیب، تست های تشخیصی سریع و ایمونولوژیک مناسب، واکسن های مناسب و مواد ضد میکروبی موثر ابهامات زیادی وجود دارد (۲و۳).

عفونت با پاتوژن‌ها (باکتری‌ها ، قارچ‌ها و ویروس‌های بیماری زا)، به ویژه زخم‌های سوختگی، آسیب های جدی و روش های جراحی، می تواند روند بهبود زخم را طولانی تر کرده و از طرفی منجر به بقا و چسبندگی سطحی پاتوژن های باکتریایی بر روی سطح زخم ها شود. شیوع این عفونت غالبا از انتقال مستقیم کارکنان مراقبت‌های بهداشتی به بیماران و همچنین از طریق تعامل غیرمستقیم بین عوامل بیماری‌زا از محیط بیمارستان و کارکنان مراقبت‌های بهداشتی نشأت می‌گیرد. مطالعات انجام شده توسط کرامرو اوتو نشان داده است که پاتوژن های بیمارستانی، از جمله اسینتوباکتربومانی (baumannii Acinetobacter) و استافیلوکوکوس اورئوس (Staphylococcus aureus) می توانند برای چند هفته تا چند ماه روی یک سطح بی جان زنده بمانند. بنابراین، دستیابی به مقاومت آنتی بیوتیکی همراه با گندزدایی ، استراتژی مبارزه ای موثرتری را در برابر مقاومت بیماریزا ارائه می دهد. از این رو مطالعات در زمینه ی ترکیبات جایگزین ضد میکروبی بسیار مورد توجه قرار گرفته است زیرا می توانند ضمن ضدعفونی کردن و علیرغم تماس فیزیکی مکرر با انسان، مقاومت قابل توجهی علیه عفونت ایجاد کنند (۴و۵).

امروزه نانو مواد به عنوان آنتی باکتریال‌های جایگزین، بسیار مورد توجه قرار گرفته اند و نانو سلولز می تواند به عنوان یک ماده ی ضد میکروبی در برابر میکروب‌ها گزینه ی مناسب باشد (۶). این ماده به دلیل انطباق پذیری و خواص عالی خود، مانند داشتن سطح ویژه بالا، زیست تخریب پذیر بودن، تجدیدپذیر بودن، امکان عملکرد سطحی و داشتن استحکام مکانیکی بالا بسیار مورد توجه قرار گرفته است. طبق گزارشات انجام شده نانوسلولز یکی از مؤثرترین موادی است که می تواند چندین میکروب را فیلتر کند .در سال های اخیر مواد ضدمیکروبی مبتنی بر نانوسلولز کاربردهای زیادی را در زمینه‌های مختلف صنعت به خود جلب کرده است.

مطالعه ی انجام گرفته در سال ۲۰۱۹ نشان می دهد که فعالیت‌های ضد باکتریایی نانومواد مبتنی بر گرافن مانند کامپوزیت های مواد کربنی ، کامپوزیت های گرافن - فلز، کامپوزیت‌های اکسید فلزی و کامپوزیت‌های-GN پلیمر در برابر بسیاری از شاخص‌های باکتریایی، از جمله سودوموناس، ای کولای، انتروکوکوس فکالیس، سالمونلا تیفی و استپرتوکوکوس اورئوس به روش های متفاوت آ از ماهیت ضد باکتریایی چشمگیری برخوردارهستند (۷).

در مطالعه ی انجام گرفته در سال ۲۰۲۰ مکانیسم‌های ضد باکتریایی گرافن مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق با استفاده از شبیه‌سازی‌های دینامیکی مولکولی، تعاملات بین مواد گرافن انجام شده است . نتایج نشان می دهد که به دلیل فعل و انفعالات فیزیکی، سلول باکتری بدون تغییر در پارامترهای رشد خود به دام می افتد .این ممکن است منجر به افزایش فشار داخلی سلول، پارگی دیواره و در نتیجه مرگ آن شود (۸).

راجا پاکشا و همکاران در سال ۲۰۱۹ نانوذرات اکسید مس (CuONPs) دوپ شده در اکسید گرافن (GO) را به عنوان یک روش جدید جهت تولید عوامل ضدباکتریایی معرفی کردند. هدف از این مطالعه، ارزیابی خواص ضد باکتریایی مواد هیبرید شده GO-CuONP در برابر اشرشیاکلی بیماری‌زا و سالمونلا تیفی موریوم بود. GO با استفاده از روش اصلاح شده هامر سنتز شد و با استفاده از یک سری واکنش های شیمیایی حرارتی با ۴۰ درصد وزنی بر وزن CuONPs

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.47176/rjms.32.49]

ذوب شـد. سـپس هیبریدهای حاصـل با اسـتفاده از میکروسـکوپ الکترونی روبشـی (SEM) و مطالعات طیف‌سـنجی تایید شـدند. باکتری‌های زنده و مرده متصل به مواد GO-CuONP با استفاده از میکروسکوپ اسـکن لیزری کانفوکال (CLSM) شـناسـایی شـدند. سـنجش فعالیت ضـد باکتریایی مواد GO-CuONP با ا ستفاده از روش شمارش صفحه ا ستاندارد انجام شد. نتایج نشان دادکه نانوکامپوزیت GO-CuONP یک نانو ماده ضـد باکتری موثر اسـت که به طور قابل‌توجهی رشـد باکتری‌های E. coli و S. typhimurium را در مقایسـه با آنچه روی ماده بکر GO مشـاهده می‌شـود، مهـار می‌کنـد. این مطـالعـه نشـــان می‌دهـد کـه کامپوز یت های GO-CuONP یک نانومواد ضـــد باکتریایی با کارایی بالا هستند (۹).

محققان در سـال ۲۰۲۳ کارایی اکسـید گرافن رادر برابر بیوفیلم‌ها و استافیلوکوکوس اورئوس درون سلولی مورد آزمایش قرار داد و در ادامه مکانیسم فعالیت‌های ضـد میکروبی داخل سـلولی و سـمیت‌های GO رامشـخص کرد. خواص آنتی‌بیوفیلم M GO بر اسـاس اختلال در سـاختار بیوفیلم مورد ارزیابی قرار گرفت و فعالیت های ضـد میکروبی درون سـلولی با بقای اسـتافیلوکوکوس اورئوس در سـلول‌های پسـتانی گاو آلوده که در تماس مسـتقیم با GO بود مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در غلظت ۱۰۰ mg/Ml GO، بین ۳۰ تـا ۷۰ درصـد از توده بیوفیلم اسـتافیلوکوکوس اورئوس را کاهش می دهد که نشـان دهنده توانایی GO در تخریب سـاختار بیوفیلم اسـت. فعالیت های ضد میکروبی زمانی که سلول ها از قبل با سیتوکالاسین درمان شدند، مهار شد، و این امر نشان می دهد که فعالیت های ضـد میکروبی داخل سـلولی GOوابسـته به پلیمریزاسـیون اکتین غشـای سـلولی است (۱۰).

در این مطالعه ی دیگر ، GO سنتز و خا صیت ضد میکروبی آن در برابر میکروب‌های مختلف بیمارسـتانی مقاوم به چند داروی گرم منفی و گرم مثبت (MDR) بررسی و با قابلیت باکتری کشی برخی از آنتی بیوتیک های رایج مقایسـه شـد و در همه موارد درجه مهار گرافن اکسیدچشمگیر بود .داده‌های ارائه‌شده نشان داد کـه GO یـک عـامـل بـاکتری‌کش مؤثر در برابر ابر میکروب‌های مختلف اسـت و می‌تواند به عنوان یک عامل ضـد باکتری در آینده مورد اسـتفاده قرار گیرد (۱۰).

در سال ۲۰۲۲ کاظمی و همکاران با استفاده از روش فرسـایش لیزر با پالس (PLA) نانوکامپوزیت MOF-5 (ترکیبات با چهارچوب آلی فلزی) کوبل شـده با گرافن را در محیط مایع برای اولین بار مورد بررسـی قرار دادند .در این روش نانوسـاختارهای MOF-5 با تابش صـفحه روی با خلوص بالا (Zn) در محلول دی متیل فرمامید (DMF) حاوی اسـید لیگاند ترفتالیک با لیزر Nd:YAGپالس سنتز شد. و سپس با استفاده از طول موج بنیادی لیزر Nd:YAG در ۱۰۴۶ نانومتر و عرض پالس ns۷ ، سـه نمونه از نانوسـاختارهای MOF-5 در محلول‌هایی با سـه غلظت لیگاند تولیدشـد. همچنین، فعالیت ضـد باکتریایی نمونه‌ها علیه باکتری اشـریشـیا کلی به عنوان یک باکتری گرم منفی و استافیلوکوکوس اورئوس به عنوان یک باکتری گرم مثبت مورد ارزیابی قرار گرفت. مورفولوژی نانوسـاختارهای MOF-5 به دلیـل وجود نـانو ورقـه‌هـای گرافن در سـاختـار نانوکامپوزیت ا صلاح شد. تصاویر TEM نشان می‌دهد که ذرات مربع شکل MOF-5 وی سطح نانو صفحات گرافن قرار دارند. غلظت نمونه‌های سـنتز شـده با افزایش غلظت لیگاند در محیط مایع فرسـایش افزایش یا فت و نتایج اثرات ضـد باکتر یایی چشـمگیر نانوکامپوزیت را در علیه باکتری گرم منفی نشـان داد که این امر می توان با گرانش بارهای مخالف در ارتباط باشد (۱۱).

در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۲۲ انجام گرفت ساخت و خصـوصـیات کامپوزیت گرافن اکسـید/کلسـیم هیدروک سی آپاتیت/پلی‌کاپرولاکتون برر سی شد. پلی کاپرولاکتون به دلیل خواص پزشـکی عالی و مقاومت شـیمیایی مورد توجه اسـت. اکسـید گرافن (GO) و هیدروکسـی آپاتیت کلسـیم (HAp) هر دو به دلیل زیسـت سـازگاری برتر، خواص مکانیکی بالا، رسـانایی الکتریکی قابل توجه و رسـانایی حرارتی به کرات در

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.47176/rjms.32.49]

مطالعات مورد استفاده قرار گرفته اند. در این مطالعه کامپوزیت Hap در پلیمر تجزیه‌ناپذیر پلی‌کاپرولاکتون (PCL) پراکنده شد تا یک داربست کامپوزیتی با هدف افزایش تمایز استخوان‌زایی استئوبلاست‌ها برای کاربردهای پزشکی بالقوه ایجاد کند. کامپوزیت سنتز شده با استفاده از روش‌های مختلف شیمی‌فیزیکی مشخص شد. در این مطالعه اثر سیتوتوکسیک با استفاده از تکثیر سلولی با رده سلولی پیش استئوبلاست MC3T3-E1 و اثر باکتریواستاتیک GO با استفاده از سویه‌های استافیلوکوکوس اورئوس و اشریشیا کلی ارزیابی شد. نتایج نشان داد که داربست کامپوزیتی PCL GO/HAp/ می‌تواند به عنوان ماتریکس سازگار با بیولوژیک برای بازسازی بافت استخوانی با اثر ضد میکروبی عمل کند (۱۲).

ما در این مطالعه نانوکامپوزیت سلولوز گرافن را از منابع با قیمت پایین سنتز کردیم و ماهیت ضد باکتریایی آن را علیه باکتری های بیماریزای استافیلوکوکوس اورئوس مقاوم به متی سیلین و انتروکوک فکالیس و گرم منفی سالمونلا، کلبسیلا مورد بررسی قرار دادیم. در واقع ساختار انعطاف پذیر گرافن که باعث تشکیل یک ساختار لانه زنبوری برای گرافن شده و در نتیجه منجر به دام انداختن باکتری ها می شود و عامل دیگر خاصیت استرس اکسیداتیو گرافن هست که می تواند توجیح مکانیسم میکروب کشی گرافن باشد.

روش کار

مواد مورد نیاز: پرمنگنات پتاسیم، بوروهیدریدسدیم،گرافیت، مالاشیت سبز، نیترات سدیم، اسید سولفوریک، هیدروکلریک اسید، دی متیل سولفوکسید و آب اکسیژنه همگی از شرکت مرک آلمان تهیه شدند. سالین استریل در لوله های ۲ میلی لیتری، استاندارد ۰/۵ مک فارلند کارت ویکرهام، صفحات آگار مولر-هینتون ۱۰۰ میلی متر یا ۱۵۰ میلی متر و باکتری های انتروکوک فکالیس (ATCC 25923)، سالمونلا (ATCC 14990)، کلبسیلا پنومونیه (ATCC 259) و استافیلوکوکوس اورئوس (ATCC 27853) همگی از سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران تهیه شد. در کل مراحل انجام آزمایش از آب دیونیزه استفاده شد.

سنتز سلولز گرافن: گرافن اکسید با روش هامرز از گرافیت طبیعی سنتز شد. گرافیت (۵ گرم) و NaNO3 (۵/۲ گرم) با ۱۲۰ میلی لیتر H2SO4نودو پنج درصد در یک فلاسک ۵۰۰ میلی لیتری مخلوط شدند. مخلوط به مدت ۳۰ دقیقه در یک حمام یخ هم زده شد. تحت هم زدن شدید، پرمنگنات پتاسیم (۱۵ گرم) به سو سپانسیون اضافه شد. سرعت افزودن به دقت کنترل شد تا دمای واکنش زیر ۲۰درجه سانتیگراد حفظ شود. مخلوط به مدت یک شب در دمای اتاق هم زده شد. سپس، ۱۵۰ میلی‌لیتر H2O به آهستگی تحت هم‌زن شدید اضافه شد. دمای واکنش با جوشاندن به سرعت به ۹۸ درجه سانتیگراد افزایش یافت و رنگ آن به زرد تغییر یافت. سوسپانسیون رقیق شده در دمای ۹۸ درجه سانتیگراد به مدت یک روز هم زده شد. سپس ۵۰ میلی لیتر H2O2 سی درصد به مخلوط اضافه شد. برای خالص سازی، مخلوط با شستشو و سانتریفیوژ با HCl پنج درصد و سپس آب دیونیزه شد طی چندین مرتبه شسته شد. و در انتها گرافن اکسید پس از فیلترا سیون و خشک شدن در خلاء، به دست آمد. گرافن کاهش یافته (rGO) با احیای شیمیایی GOبا بوروهیدرید سدیم تهیه شد. ۳/۰ گرم GOدر ۵۰ میلی لیتر آب دیونیزه حل شد. سپس ۵/۰گرم بوروهیدرید سدیم اضافه شده و مخلوط به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد حرارت داده شد. پس از اتمام واکنش، rGO جامد سانتریفیوژ شده، بارها با آب دیونیزه شسته شد و محصول نهایی در یک آون خلاء در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد یک شبه خشک شد. برای تهیه ی سلولزگرافن ۵/۴ گرم سلولز و ۵/۰ گرم گرافن را در ظرف ریخته، سپس مقداری استون به عنوان حلال به آن اضافه می کنیم و روی هیتر قرار داده و با همزن مغناطیسی هم می زنیم تا خشک شود. پس از خشک شدن، محصول نانوکامپوزیت های سلولز-گرافن به دست آمد. برای بررسی ساختار نانوکامپوزیت سنتز

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.47176/rjms.32.49]

شـده از طیف های پراش اشـعه پرتو ایکس (X-ray diffraction: XRD)، طیف سـنجی فتوالکتریکی پرتو ایکس (X-ray photoelectron spectroscopy :XPS) ، طیف‌سـنجی تبدیل فوریه فروسـرخ (Fourier-transform infrared spectroscopy :FTIR) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (Scanning Electron Microscopy: SEM) استفاده شد.

آزمون های میکروبیولوژی: آزمون های میکروبیولوژی جهت بررسی قدرت ضد میکروبی نانوکامپوزیت انجام گرفت. این آزمون در دو مرحله ی کیفی (روش انتشار از چاهک) و کمی (روش رقیق سازی لوله ای در محیط کشت آگار) انجام شد.

روش انتشار از چاهک: برای تعیین کیفی قدرت آنتی باکتریالی نانوذرات گرافن سلولز و نیترات نقره ابتدا از روش انتشار از چاهک استفاده کردیم. در این روش ابتدا محلولی از هر یک از نانوذرات در حلال DMSO در غلظت های ۳و۷میلی گرم برمیلی لیتر تهیه کردیم. پلیت های مولر هینتون آگار با استفاده از ۱۰۰ میکرولیتر از سوسپانسیون باکتریایی نیم مک فارلند تلقیح شدند. سپس با استفاده از یک پیپت پاستورا استریل، چاهک ها (قطر ۸ میلی متر) در پلیت ها پانچ شدند. سپس این چاهک ها با ۵۰ میکرولیتر محلول حاوی نانوذرات در غلظت های ۳و ۷میلی گرم بر میلی لیتر پر شدند. چاهک های شاهد با ۵۰ میکرولیتر دی متیل سولفوکسید پر شدند. این پلیت‌ها در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد به مدت ۱۸ ساعت انکوبه شدند. پس از این مدت، فعالیت ضد باکتریایی این نانوذرات با اندازه‌گیری قطر ناحیه مهار در اطراف چاهک ها مورد ارزیابی قرار گرفت.

روش رقیق سازی آگار جهت تعیین حداقل غلظت بازدارندگی وکشندگی نانوذرات: در این روش، سنجش‌ها در حجم‌های بسیار کوچک ا میلی لیتری در میکروپلیت های ۲۴ خانه ای استریل ته گرد انجام شد. غلظت های ۵، ۱۲۵/۵،۱/۲، ۷۵/۰، ۳۵/۰و ۱۸/۰میلی گرم بر میلی لیتر از نانوذرات جهت تعیین حداقل غلظت بازدارندگی (MIC) مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه هر کدام از سوسپانسیون های باکتریایی مجددا داخل پلیت ها که حاوی غلظت های متفاوتی از نانوذرات بودندکشت داده و به مدت ۲۴ ساعت انکوبه شدند. و تست حداقل غلظتی از نانوذرات که باکتری ها را از بین می برد (MBC) پس از۲۴ ساعت مواجه برای هر نانوذره انجام گردید.

یافته‌ها

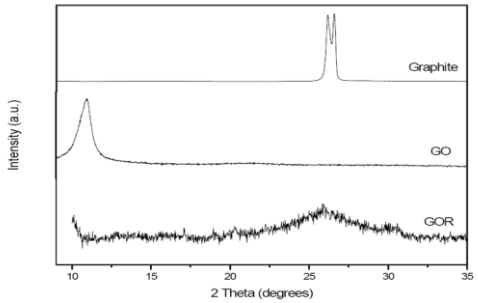
نتایج بررسی طیف‌های XPS، XRD و FTIR اکسید گرافن و اکسید گرافن احیا شده: شکل ۱ طیف XRD گرافیت، اکسید گرافن و اکسید گرافن احیا شده را نشان می دهد .طیف XRD گرافیت دارای یک قله تیز در ۲ θ = 26.50 مطابق با گرافیت است که از لایه گرافن منظم با فضای داخلی ۳۵/۳ آنگستروم تشکیل شده است .این اوج برای GO ظاهر نمی شود .نمونه GO یک پیک قوی در ۲ θ = 11.60 را نشان می دهد که با فضای بین لایه ای در حدود ۷۶/۰ نانومتر سازگار است و نشان دهنده وجود اکسیژن است که هیدراتاسیون و لایه برداری ورقه‌های GO را در محیط آبی تسهیل می کند.

شکل ۲ طیف XPS و FTIR اکسید گرافن و اکسید گرافن احیا شده را نشان می دهد .طیف C1s XPS باز سازی پیوندهای C = C در GOR را تایید می کند . پیک دو مشاهده شده XPS در نمونه GO نشان دهنده وجود گروه های عاملی است .پس از کاهش، پیوند C =C پیوند غالب ا ست به طوری که با تک پیک در eV ۵/۲۸۴ آشکار می شود .اوج کوچک مشاهده شده در حدود eV ۲۸۴/۵ به دلیل حضورکربن کربونیل در rGO است.

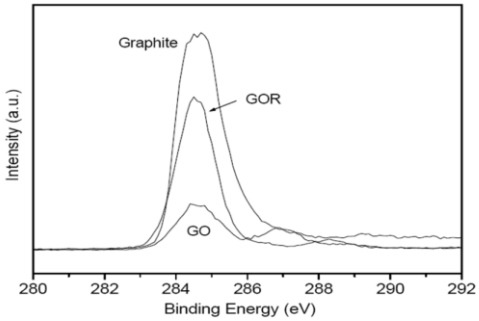
در شکل ۳ طیف FTIR به وضوح نشان می دهد که rGO به طور قابل توجهی دارای گروه های عاملی کمتری نسبت به GO است. گروه های عاملی و طول موج آنها در طیف FTIR نشان داده شده است. حضور قله در $3432cm^{-1}$ به دلیل -OH، قله ظاهر شده در $1711cm^{-1}$ به دلیل گروه های C = O و قله ظاهر شده در $1627cm^{-1}$ مربوط به گروه C = C است. گروه C = O با کاهش اکسید گرافن به گرافن ناپدید می شود.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-18]

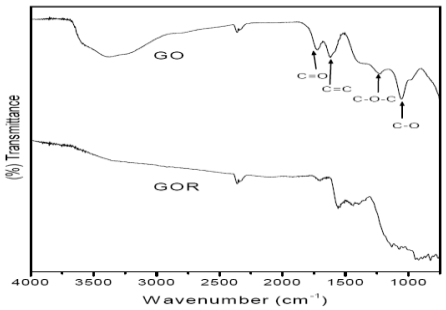
[DOI: 10.47176/rjms.32.49]



شکل ۱- طیف XRD گرافیت، اکسید گرافن و اکسید گرافن احیا شده



شکل ۲- طیف XPS گرافیت، اکسید گرافن و اکسید گرافن احیا شده

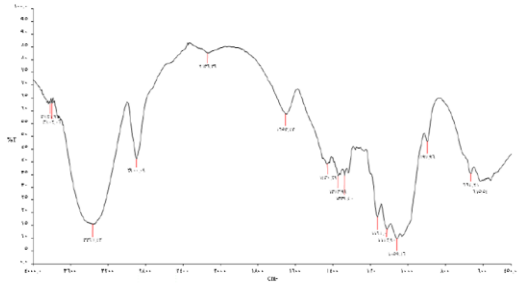


شکل ۳- طیف FTIR اکسید گرافن و اکسید گرافن احیا شده

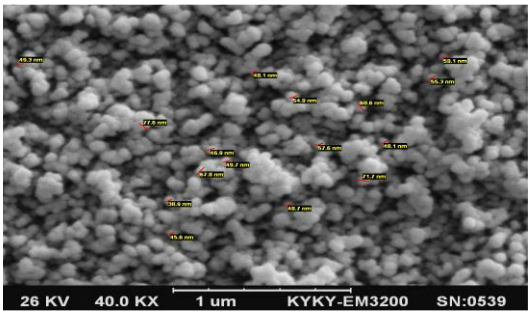
شکل ۴ طیف FTIR سلولز خالص است.

پیک ظاهر شـــده در cm^{-1} ۳۳۶۷ مربوط به ارتعاش OH، پیک مشـــاهده شـــده در cm^{-1} ۱۴۳۰ مربوط به CH_2، پیک ظاهر شـــده در cm^{-1} ۱۳۷۲ مربوط به گروه OHو پیک ظاهر شـــده در cm-1 ۲۹۰۰ مربوط به گروه CH است.

بررسی مورفولوژی جاذب سلولز-گرافن: شکل ۵ تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی جاذب سلولز - گرافن را نشان می دهد .در اینجا سوبسترای سلولز و نانوذرات گرافن بر روی ســـلولز پراکنده می شـــوند . کوچکترین انـدازه ذرات گرافن ۸/۹ و بزرگترین ذره



شکل ٤ – طیف FTIR سلولوز خالص



شکل ۵– تصویر SEM نانوکامپوزیت های سلولز-گرافن

۹/۳۸ نانومتر اســت .می توان یکنواختی و توزیع بهینه ذرات را در تصویر مشاهده کرد.

نتایج آزمون انتشـــار از چاهک نانوذرات نقره و سـلولز گرافن علیه باکتری: نتایج حاصـــل از روش انتشار از چاهک علیه چهار باکتری بیماری زای انسانی با اســتفاده از نانوذرات نقره و سـلولز گرافن ، در جدول شماره ی ۱ خلاصه شده است. آزمون آنتی بیوگرام در این مطالعه با ســـه مرتبه تکرار و در دو غلظت ۷ و ۳ میلی گرم بر میلی لیتر برای هر نانوذره تکرار شـــده اســت. نتایج به صـورت میانگین ســه روش در جدول گزارش شده است.

نتایج آزمون رقیق سـازی آگار نانوذرات نقره و سـلولز گرافن علیه باکتری: نتایج مربوط به روش رقیق ســـازی آگار که در شـــش رقت ۵، ۵/۲، ۲۵/۱، ۷۵/۰، ۳۵/۰و ۱۸/۰میلی گرم بر میلی لیتر علیه چهار باکتری بیماریزای انســـانی انجام گرفته در جدول شـــماره‌ی ۳ ارائه شـــده اســـت. در این جدول برای نانوذرات نقره و ســـلولز گرافن مقادیر عددی حداقل غلظت بازدارندگی بیان شـــده اســـت. در واقع این عدد

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.47176/rjms.32.49]

جدول ۱- نتایج آنتی بیوگرام برای نانوذرات نقره و سلولوز گرافن در غلظت ۳mg/ml

نام ترکیب	انتروکوک فکالیس ATCC 25923	سالمونلا ATCC 14990	کلبسیلا پنومونیه ATCC 259	استافیلوکوکوس اورئوس ATCC 27853
سلولوز گرافن	۱۳±۰/۸	۱۴±۰/۵	۱۲±۰/۸	۰
نقره	۱۲±۰/۷	۰	۱۲±۰/۹	۰
دی متیل سولفوکسید	۰	۰	۰	۰

جدول ۲- نتایج آنتی بیوگرام برای نانوذرات نقره و سلولوز گرافن در غلظت 7mg/ml

نام ترکیب	انتروکوک فکالیس ATCC 25923	سالمونلا ATCC 14990	کلبسیلا پنومونیه ATCC 259	استافیلوکوکوس اورئوس ATCC 27853
سلولوز گرافن	۱۲±۰/۸	۱۴±۰/۸	۱۴±۰/۸	۰
نقره	۱۲±۰/۸	۱۲±۰/۸	۱۳±۰/۸	۰
دی متیل سولفوکسید	۰	۰	۰	۰

جدول ۳- نتایج حداقل غلظت بازدارندگی برای نانوذرات نقره و سلولوز گرافن با استفاده از روش رقیق سازی آگار،

نام ترکیب	انتروکوک فکالیس ATCC 25923	سالمونلا ATCC 14990	کلبسیلا پنومونیه ATCC 259	استافیلوکوکوس اورئوس ATCC 27853
گرافن سلولوز	≥۵	۵	≥۵	NA
نقره	۵	NA	۵	NA
دی متیل سولفوکسید	NA	NA	NA	NA

گویای این مطلب اســـت که نانوذرات حاصـــل در این غلظت قادرند ۹۰ درصد از باکتری هارا از بین برده و از ر شد آن ها جلوگیری کنند. نتایج ت ست MBC با MIC یکسان بدست آمد (NA: non-significant).

اعداد در جدول ۳ نشـــان دهنده ی ماهیت ضـــد باکتریایی نقره و سلولز گرافن است. مقایسه اعداد نشان می دهد که تقریبا در تمامی موارد قدرت ضد میکروبی نانوذره ی گرافن سلولز بیشتر از نانوذره ی نقره است. و تقریبا هر دو نانوذره نسـبت به باکتری های گرم منفی از قدرت ضد میکروبی بیشتری نسبت به باکتری های گرم مث بت برخوردار بود ند. بین این چ هار باکتری بیماری زا دو باکتری کلبســـیلا پنومونیه و انتروکوک فکالیس از حساسیت بیشتر نسبت به نانوذره ی سلولز گرافن برخوردار بودند. و در هر دو مورد قدرت ضـــد میکروبی نانوذره ی ســـلولز گرافن بیشـــتر از نانوذره ی نقره بود. در این آزمایش از دی متیل ســـولفوکســـید ده درصـــد طی انجام آزمون رقیق ســـازی اســـتفاده شـــد و همانطور که شـــکل ها و جدول نشـــان می دهد، این حلال در این غلظت ازفعالیت ضـــد باکتریایی برخوردار نبود.

بحث

امروزه ما شاهد رشد روزافزون مطالعات آزمایشـگاهی برای طراحی و ســـاخت ترکیبات دارویی جدید که در درمان بیماریه ـ ـای مختل ـ ـف مورد استفاده قرار می گیرد، هســـتیم . در مطالعه ای در ســـال ۲۰۰۸ اثرات ســـمیت نانوگرافن از طریق افزایش تولید آنزیم های گلوتاتیون پراکســـیداز، دسموتاز وکاتالاز بر روی سلول های ایزوله شـــده از بافت کلیه ی موش آزمایشـــگاهی نشـان داده شـد (۱۳). لیائو وهمکارانش طی تحقیقاتی که انجام دادند نشـــان دادندکه نانوذرات گرافنی اثرات سمیت سلولی برفیبروبلاست، گلبول های قرمزاز طریق تولید گونه های فعال اکســـیژن داشـــتند (۱۴) در تحقیقاتی که لیو و همکارانش(۱۵) و در تحقیقات

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.47176/rjms.32.49]

مشـــا به پاتلالو و هم کارانش (۱۶) بر روی خواص میکروب کشـی سـوسـپانسـیون گرافن بر روی باکتری های ا شر شیا کلای انجام دادند، به این نتیجه ر سیدند که باکتری پس از موا جه با غل ظت های مختلف سـوسـپانسـیون گرافن دچار کاهش تکثیر باکتری از طریق افزایش گونه های آزاد اکسـیژن و به دنبال آن افزایش قدرت باکتری کشـی گرد یده بود ند. ن تایج مطالعه ی ما نشان دادند که نانوذرات گرافن سلولز ونیز نقره توانایی باکتری کشی بالاتر از ۹۰ درصد را دارنند. که در جهت تایید یافته های پیش از خود بودند. طی مطـالعـاتی والنتینـا پـالمیری وتیم او انجـام دادنـد، ورقه‌های ۲۰۰ نانومتری از اکسیدگرافن ، ۹۰ در صد از باکتری های اورئوس و فکالیس و حدود ۵۰ درصـــد باکتری های اشرشیاکلی را در کمتر از دو ساعت از بین می بردند. اکسـیدگرافن حتی در غلظت هایی کمتر از ۱۰ میکروگرم در میلی لیتر نیز درمقابله ی با باکتری‌ها نقش موثری دا شت (۱۷). نتایج ما بر ا ساس مطالعات پیشـین، ویژگی های باکتری کشـی نانوذرات گرافن سلولز ونیز نانوذرات نقره را با تست‌های MIC و MBC و آنتی بیوگرام ثابت وتایید نمود.در ادامه محققین در خصـوص مکانیسـم های اثرگذاری ورقه های گرافنی ثابت نمودند که نانو ورقه ها قادرند به غشـای باکتری ها آ سیب وارد نموده و سبب کاهش تکثیر ودر نهایت مرگ آنها گردند همچنین با ادامه ی مطالعات خود دریافتند که اکسید گرافن دارای خواص ضد باکتریایی در مقابل باکتریِ کاندیدا آلبیکنس (عامل عفونت های قارچی مانند برفک) نیز دارد که مکانیسم اثرگذاری آن مشابه مکانیسم باکتری کشی اشرشیا کلای بوده است (۱۷). نتایج بدسـت آمده از پژوهش ما نشـان داد که نانوذرات سـنتز شـده اثرات باکتری کشـی قوی در باکتری های انتروکوک فکالیس، سـالمونلا، کلبسـیلا پنومونیه، ا ستافیلوکوکوس اورئوس دارد که البته میزان اثرگذاری در هرگونه ی باکتری متفاوت بوده اسـت و هر دو نانوذره نسـبت به باکتری های گرم منفی از قدرت ضـد میکروبی بیشـتری نسـبت به باکتری های گرم مث بت برخوردار بود ند. بین این چ هار باکتری بیماری زا دو باکتری کلبسـیلا پنومونیه و انتروکوک فکالیس از حساسیت بیشتر نسبت به نانوذره ی گرافن سـلولز برخوردار بودند. و در هر دو مورد قدرت ضـد میکروبی نانوذره ی گرافن سـلولز بیشـتر از نانوذره ی نقره بود.

در خصـوص مکانیسـم های اثرگذاری نانوذرات بر پایه‌ی ساختارهای گرافنی مطالعات بسیار زیادی انجام گردیده اسـت. طبق آنچه به طور خلاصـه در مطالعات مختلفی که در سطور بالا و بر ا ساس نتایج حا صل از پژوهش مذکور در توجیه قدرت ضـد باکتریایی بیشـتر گرافن سـلولز نسـبت به نانو ذره ی نقره به این نتیجه رسـیده شـد که ظرفیت اکسـیداتیو مواد گرافنی می تواند به ر سانایی بالای این ذرات مرتبط با شد. مانگادلو وهمکارانش نشان دادند که مکانیسم ضد میکروبی مواد گرافنی از انتقال الکترون سـرچشـمه می گیرد و نه ازگونه های فعال اکسـیژن بنابراین، با اسـتفاده از یک ورقه گرافن، یک هادی مس، یک نیمه هادی و عایق SiO_2، فعالیت ضد میکروبی گرافن را علیه ا شرشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس بررسی کردند .آنها دریافتند که ر شد باکتری در ارتباط با فیلم‌های G-Cu و G-Ge مهار گردید در حالی که$G-SiO_2$ نتایج معکوس ن شان داد. ظرفیت ورقه‌های اکسید گرافنِ احیا شده (rGO) برای اک سید کردن گلوتاتیون احیا (GSH) از ر سانایی بسیار بالاتر rGO در مقایسه با ورقه‌های اکسید گرافن (GO) ناشـی می گردید، که در آن rGO در فرآیند انتقال الکترون از محیط درون سلولی باکتری به محیط خارجی به عنوان یک پل رسـانا بر روی دولایه لیپیدی عایق عمل نمود (۱۸). طبق این نظریه مواد گرافنی ها به عنوان گیرنده های الکترون می با شند و سبب فعال نمودن م سیر ا سترس اک سیداتیو (م ستقل از ح ضور گونه های فعال اکسـیژن) می گردند (۱۸). تعامل بین باکتری ها و نانوذرات گرافن، منجر به کاهش تعداد باکتری ها می شـود که مرسـوم به اثر خودکشـی باکتریایی ا ست و وقتی باکتری‌های زنده با نانو صفحات GO انکو به می گرد ند باکتری ها با نانوذرات گرافن برهمکنش ایجـاد نموده وگروه‌هـای عـاملی حـاوی اکسـیژن را با واکنش های گلیکولیز کاهش می‌دهند و منجر به مهار بیشـتری از تکثیر باکتریایی می شـوند

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.47176/rjms.32.49]

(۱۸). زو وهم‌کارانش طی مطالعه دیگری که انجام دادند اثبات نمودند که باکتری دریایی شـــوانلا در هر دو شـــرایط هوازی و بی‌هوازی تحت مواجه با نانوذرات گرافنی، میزان تکثیرش کاهش می‌یابد (۱۹) ودر ادامه محققین خاطر نشان نمودند که عملکرد مذکور با سه مکانیســم پیشــنهادی قابل توجیه می باشــد، گرافن با ساختار متصل به آن مانند سلولزبه عنوان نانوچاقو از طریق لبه های تیز سبب آسیب به غشای باکتری ها می گردد (استرس غشای سلولی) , امکان فعال شدن مکانیســم های اســترس اکســیداتیو و به دام انداختن باکتری توســط لایه نازک انعطاف پذیر می گردد که به دنبال چنین فرایند هایی باکتری قدرت تکثیر خود را از دست می دهد (۱۹).

نتیجه‌گیری

طی یافته هایی که در پژوهش پیش رو انجام گردید نشان داده شد که سلولز گرافن علیه باکتریهای پاتوژن انســانی مخصــوصــا کلبســیلا پنومونیه و انتروکوک فکالیس از قدرت ضـد باکتریایی قابل توجهی برخوردار اســت. نکته ی قابل توجه این اســت که این نانوذره به مراتب در مقایســـه با نانوذره ی نقره از ماهیت ضـــد باکتری موثرتری برخوردار بود. چنانچه در بالا نیز اشاره شده نانوذره ی گرافن سلولز با مکانیسم کاملا متفاوت و مجزا می تواند منجر به مرگ باکتریایی شـــود در نتیجه می تواند نوید بخش جانشـینی با ترکیبات ضـد میکروبی با شد که بر اساس مقاومت باکتریایی ماهیت ضـد میکروبی خود را از دسـت داده اند. از طرف دیگر قیمت مقرون به صرفه ی این نانوذره می تواند آن را به گزینه ای مناســـب جهت ورود به دنیای صـــنعت و پزشـکی تبدیل کند. البته با مطالعات بیشـتر می توان امکان ورود این نانوذره به دنیای داروسـازی را بررسـی کرد.

ملاحظات اخلاقی

تمامی ملاحظات اخلاقی مرتبط به پروژه مطابق موازین مصـوب در دانشـگاه آزاد اسـلامی انجام شـده اســت.تمامی نویســندگان مشــارکت کننده در طرح قوانین مذبور را رعایت نموده اند.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: تنظیم پروژه را انجام داده اند.

نویســندگان دوم ،ســوم وچهارم: انجام پروژه وجمع آوری داده ها را در محیط آزمایشگاهی انجام داده اند.

کارسپاند : تایید صحت داده های جمع آوری شده ، آنالیز آماری وتنظیم مقاله ودر نهایت ارســال مقاله را انجام داده است.

References

1. Mahira S, Jain A, Khan W, Domb AJ. Antimicrobial Materials for Biomedical Applications. Royal Society of Chemistry. 2019:1–37.
2. Zheng J. an Emerging Coronavirus that Causes a Global Threat Int. J. Biol. Sci. 2020:1678–1685.
3. Leung W, Sun Q. Electrostatic charged nanofiber filter for filtering airborne novel coronavirus and nano-aerosols. Technol. 2020:116-886.
4. Kramer A, Schwebke I, Kampf G. How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces. BMC Infectious Diseases. 2006:1–8.
5. Kuhkan M, Ghanbary F, Karimi F. Antimicrobial activity of various nanocomposites against important pathogens. Avicenna Journal of Clinical Microbiology and Infection. 2021:94-97.
6. Li J, Cha R, Mou K, Zhao X. Nanocellulose-Based Antibacterial Materials. Adv. Healthcare Mater. 2018:112- 116.
7. Xie Y, Hu X, Zhang Y. Development and antibacterial activities of bacterial cellulose/ graphene oxide-CuO nanocomposite films. Carbohydr. Polym. 2019:115-456.
8. Olborska A, Janas-Naze A, Kaczmarek L.Antibacterial Effect of Graphene and Graphene Oxide as a Potential Material for Fiber Finishes.AUTEX Research Journal. 2020:506 –516.
9. Rajapaksha P, Cheeseman S, Hombsch S.Antibacterial Properties of Graphene Oxide–Copper Oxide Nanoparticle Nanocomposites. ACS Appl. Bio Mater.2019:5687–5696.
10. Aunkor T, Raihan T, Malik S. Antibacterial activity of graphene oxide nanosheet against multidrug resistant superbugs isolated from infected patients. R Soc Open Sci. 2020: 200640.
11. Motakef-Kazemi N, Ataei F, Dorranian D. Laser ablation produced graphene/MOF-5 nanocomposite: antibacterial propertie. JTAP.2023:1-9.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.47176/rjms.32.49]

12. Daulbayev CH, Sultanov F, Korobeinyk A. Effect of graphene oxide/hydroxyapatite nanocomposite on osteogenic differentiation and antimicrobial activity. Surfaces and Interfaces. 2022:101683.
13. Ronald RN. Nanotechnology and undefined, Graphene: Calling all chemists. Nature. 2008: 1-6.
14. Liao KH, Lin YS, Macosko CW, Haynes CL. Cytotoxicity of Graphene Oxide and Graphene in Human Erythrocytes and Skin Fibroblasts. ACS Appl Mater Interfaces.2011:2607–2615.
15. Liu S. Antibacterial Activity of Graphite, Graphite Oxide, Graphene Oxide, and Reduced Graphene Oxide: Membrane and Oxidative Stress. ACS Nano. 2011:6971–6980.
16. Patlolla A, Randolph J. Toxicity evaluation of graphene oxide in kidneys of Sprague-Dawley rats. Mdpi.com. 2016:77-79.
17. Palmieri V. Tapping into graphene-oxide's antibacterial properties to fight. Physics World. 2015: 99-112.
18. Mangadlao JD, Santos CM, Felipe M. On the antibacterial mechanism of graphene oxide (GO) Langmuir–Blodgett films. Chem Commun. 2015:2886–2889.
19. Zou X, Zhang L, Wang Z, and Luo Y. Mechanisms of the antimicrobial activities of graphene materials. J. Am. Chem. Soc. 2016:2064–2077.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.47176/rjms.32.49]