

بررسی خواص آنتی باکتریالی نانوذرات اکسید آهن مغناطیسی سنتز شده به کمک عصاره گیاه شکرتیغال و پوشش دهی شده با داروی کلرامفینیکل

ریحانه احمدیه^۱، شراره محسنی*

(۱) گروه شیمی کاربردی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قوچان، قوچان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۱۴

چکیده

مقدمه: استفاده از گیاهان یکی از روش‌های مؤثر برای سنتز نانوذرات بر پایه شیمی سبز است. خواص مغناطیسی نانوذرات این امکان را فراهم می‌کند که داروهای متصل به آن‌ها، توسط میدان مغناطیسی در بدنه هدایت شوند. هدف از این پژوهش، استفاده از نانوذرات اکسید آهن مغناطیسی سنتز شده از طریق شیمی سبز، به عنوان حامل سیستم تحویل داروی کلرامفینیکل است.

مواد و روش‌ها: عصاره‌گیری از گیاه Echinops Persicus در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد، توسط حلال آب انجام شد. نانوذرات اکسید آهن به کمک عصاره گیاه، به عنوان عامل کاهنده سنتز گردیدند. نانوذرات اکسید آهن سنتز شده با طیف‌ستجی مرئی-ماوراء بنفش (UV-Vis)، پراش اشعه ایکس (XRD)، دستگاه اندازه‌ذرات (PSA) و طیف‌ستجی مادون‌قرمز تبدیل فوریه (FT-IR) شناسایی شدند. فعالیت ضدباکتریایی نانوذرات پوشش دهی شده بررسی گردید.

یافته‌های پژوهش: نتایج XRD نشان داد که نانوذرات اکسید آهن سنتز شده مکعبی شکل هستند. اندازه نانوذرات سنتز شده در محدوده ۱۳ تا ۵۶ نانومتر مشخص گردید. بارگذاری داروی کلرامفینیکل بر روی نانوذرات اکسید آهن به کمک نتایج TEM نشان داده شد. عملکرد کاربردی نانوذرات Fe_3O_4 را با کلرامفینیکل تأیید می‌کند. نانوذرات اکسید آهن پوشش دهی شده با کلرامفینیکل، خواص ضدباکتری مناسبی در برابر باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی نشان دادند. بیشترین فعالیت ضدمیکروبی، قطر هاله عدم رشد میکروارگانیسم‌های استافیلوکوکوس اورئوس ($11/25 \pm 0/35$) و اشرشیاکلی ($1/7 \pm 0/5$) در غلظت $100 \mu\text{g}/\text{ml}$ میکروگرم بر میلی‌لیتر تعیین شد.

بحث و نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج این مطالعه، پوشش نانوذرات اکسید آهن با آنتی‌بیوتیک کلرامفینیکل سبب افزایش خاصیت ضدمیکروبی نانوذرات می‌شود و مناسب بودن روش بارگذاری آنتی‌بیوتیک کلرامفینیکل را تأیید می‌کند.

واژه‌های کلیدی: سنتز سبز، فعالیت ضدباکتریایی، کلرامفینیکل، گیاه شکرتیغال، نانوذرات اکسید آهن

*نویسنده مسئول: گروه شیمی کاربردی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران

Email: sh_mohseni2003@yahoo.com

Copyright © 2019 Journal of Ilam University of Medical Science. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution international 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits copy and redistribute the material, in any medium or format, provided the original work is properly cited.

مقدمه

پارامغناطیسی و غیرسمی بودن و قابل تجزیه و زیستسازگار بودن، بیشتر از سایر اکسیدهای آهن توجه می شود (۸، ۷). از زمانی که بشر برای درمان عفونت های باکتریایی به استفاده از آنتی بیوتیک ها روی آورده است، مقاومت به درمان در باکتری ها مشاهده شده است و روند این مقاومت در دهه اخیر شتاب بیشتری گرفته است. از آنجاکه نانوذرات مغناطیسی توانایی رسیدن به سلول هدف در بدن را دارند، به کمک آن ها می توان آنتی بیوتیک ها را به جایگاه مدنظر در بدن هدایت کرد. از سویی، نانوذرات اکسید آهن مغناطیسی خواص آنتی باکتریالی نیز دارند. تثبیت فیزیکی ساده ترین روش در اتصال نانوذرات با ترکیبات شیمیایی است. در این روش، تنها با مخلوط کردن در یک محلول، تثبیت دارو بر سطح نانوذره انجام می شود (۹). در بررسی پژوهش های هم راست، پالانیکومار و همکارانش، خواص ضد باکتریایی آموکسی سیلین بارگذاری شده بر نانوذرات اکسید روی را انجام دادند. نانوذرات اکسید روی بارگذاری شده به وسیله آموکسی سیلین فعالیت ضد باکتری مناسبی در برابر باکتری های گرم ثابت و گرم منفی نشان دادند (۱۰)؛ همچنین خواص ضد باکتری نانوذرات اکسید آهن مغناطیسی نیز اثبات شده است (۱۱). در پژوهش حاضر، نانوذرات اکسید آهن به روش سبز سنتز شدن؛ سپس اصلاح سطح و پوشش دهی توسط آنتی بیوتیک کلرامفینیکل صورت گرفت. خواص آنتی باکتریالی نانوذرات پوشش دهی شده نیز مطالعه گردید.

مواد و روش ها

گیاه شکرتیغال با نام علمی *Echinops Persicus*، از شهرستان قوچان جمع آوری شد. این گیاه توسط مرکز تحقیقات دانشگاه فردوسی مشهد (ایران) شناسایی گردید. دی متیل سولفوكساید، محیط کشت های مولر هیبتون برات، برد پارکر آگار، معرف تری فنیل تترزاولیوم کلراید و کلرید باریم از شرکت مرک تهیه شدن؛ همچنین میکروارگانیسم های استافیلوکوکوس اورئوس (PTTC 1112) و اشرشیاکلی (PTTC 1399) از سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران تهیه گردیدند.

نанوذرات مغناطیسی با داشتن خواص منحصر به فرد، یکی از کاربردی ترین انواع نانوذرات هستند. خاصیت مغناطیسی ذاتی آن ها که به هدف یابی آسان و ردبایی سلولی منجر می شود، سبب استفاده بیشترشان در دارورسانی های هدفمند شده است. مهم ترین ویژگی های این گروه از نانوذرات، زیست سازگاری، غیرسمی بودن، توزیع اندازه مناسب، بلورینگی بالا، امکان کنترل اندازه و سوپر پارامغناطیس بودن است (۱). از سوی دیگر، با استفاده از پوشش های سطحی می توان خواص زیستی مناسب و پایداری را برای این ذرات ایجاد کرد. سامانه های رهایش کنترل شده، نقش مؤثری در رساندن ترکیبات دارویی به نقاط مشخصی از بدن و رهایش آن ها با سرعت کنترل شده ایفا می کنند؛ درنتیجه، تأثیر درمانی دارو را افزایش می دهند و آثار جانبی آن را محدود می سازند. استفاده از نانوذرات مغناطیسی از راهکارهای موفق در زمینه رهایش کنترل شده است (۲). وجود خاصیت مغناطیسی در نانوذرات این امکان را فراهم می کند که داروهای متصل به آن ها، توسط میدان مغناطیسی در بدن هدایت و در محل مناسب آزاد شوند. امروزه، یکی از مهم ترین نانوذرات مغناطیسی، نانوذرات اکسید آهن هستند که سمتیت چندانی برای بافت های بدن ندارند و همچنین می توانند در تشخیص و درمان بیماری ها استفاده شوند (۳). با توجه به اهمیت شکل و اندازه نانوذرات مغناطیسی استفاده شده به عنوان حامل های دارویی که تحت تأثیر مؤلفه ها و شرایط واکنش قرار دارند، انتخاب روش سنتز نانوذرات نقش بسزایی در پیشبرد اهداف درمانی ایفا می کند (۴). در سال های اخیر، سنتز سبز با استفاده از عصاره گیاهان به علت سادگی و کار کرد بالا، توجه بیشتری را نسبت به روش های فیزیکی و شیمیایی به خود اختصاص داده است (۵). عصاره گیاهانی که خاصیت آنتی اکسیدانی دارند، می توانند سبب احیای نمک فلزات و تولید نانوذرات شوند. در پژوهش های مختلفی، سنتز سبز نانوذرات به کمک گیاهانی مانند آبه، چربی، گزنه و چای سیلان انجام شده است (۶). در میان اکسیدهای آهن، به نانوذرات مگنتیت (Fe_3O_4) به علت خاصیت سوپر

آزمون ضد میکروبی؛ تهیه سوسپانسیون میکروبی معادل ۰/۵ مکفارلنند: برای تهیه سوسپانسیون میکروبی، به کشت ۲۴ ساعته از هر باکتری نیاز است؛ بنابراین، ۲۴ ساعت پیش از انجام آزمایش، از کشت مادر به محیط کشت شیب‌دار آغاز مغذی تلخیق انجام گردید. پس از رشد کشت مربوطه، سطح آن با محلول رینگر شسته شد و سوسپانسیون غلیظ میکروبی به دست آمد. آنگاه مقداری از سوسپانسیون میکروبی به داخل لوله استریل درب‌دار حاوی رینگر ریخته و کدورت آن با اسپیکتروفوتومتر در طول موج ۵۳۰ nm اندازه‌گیری شد و تا هنگام برابر شدن کدورت محلول با کدورت محلول ۰/۵ مکفارلنند، با رینگر رقيق گردید. به این ترتیب، سوسپانسیونی با غلظت تقریبی $10^8 \text{ cfu/ml} \times 1/5$ (میکروارگانیسم در هر میلی‌لیتر) به دست می‌آید که از آن در تلخیق استفاده شد (۱۵).

روش انجام آزمون‌های میکروبی: به منظور بررسی خواص خداباکتری نانوذرات اکسید آهن پوشش‌دهی شده با داروی کلرامفینیکل روی باکتری‌های استافیلوکوکوس اورئوس و اشرشیاکلی اثوزین، از روش دیسک استفاده گردید.

انتشار دیسک: غلظت نهایی استفاده شده ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر از نمونه بود. در این آزمون، از دیسک‌های استریل ۶ میلی‌متری استفاده شد. پس از آماده‌سازی محیط کشت اختصاصی هر باکتری (استافیلوکوکوس اورئوس، برد پارکر آغاز و اشرشیاکلی اثوزین، متیلن بلو)، حدود ۱۵ سی‌سی از هر محیط کشت در پلیت‌های استریل یکبار مصرف ریخته، از سوسپانسیون میکروبی معادل نیم مکفارلنند ($10^8 \text{ cfu/ml} \times 1/5$) که از کشت میکروبی ۲۴ ساعته تهیه شده بود، بر روی محیط کشت به صورت چمنی کشت داده و دیسک‌های ۶ میلی‌متری بر روی سطح محیط کشت قرار داده شد. بر روی دیسک، به میزان ۸ ماکرو‌لیتر نمونه مورد آزمون (محلول در دی‌متیل سولفونکساید) افروده گردید. دیسک آگسته به ۸ ماکرو‌لیتر DMSO به عنوان کنترل منفی و دیسک آگسته به آنتی‌بیوتیک کلرامفینیکل به عنوان کنترل مثبت تهیه گشت. پس از ۲ ساعت قرار گرفتن در

تهیه عصاره: همه اجزای گیاه را خشک کرده و مقدار ۵ گرم از گیاه خشک شده را پودر و با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و سپس به مدت ۲۰ دقیقه، روی دستگاه هیتر تحت دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد هم‌زده شد. عصاره به دست آمده به سهیله کاغذ صافی واتمن شماره ۱ جدا گردید و برای ماندگاری بیشتر، تا زمان استفاده در یخچال نگهداری شد (۱۲).

سنتز نانوذرات آهن به روش سبز به کمک عصاره شکرتیغال: برای سنتز نانوذرات آهن به روش سبز با عصاره شکرتیغال، ابتدا ۱/۱۱ گرم از $\text{FeCl}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ با ۰/۵۳ گرم از $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ محلول گردید و در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شد؛ سپس محلول به دست آمده در دمای محیط، با استفاده از یک همزن مغناطیسی، روی هیتر تا رسیدن به دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد کاملاً هم‌زده شد. تحت این شرایط، ۵ میلی‌لیتر از عصاره شکرتیغال به دست آمده به آرامی به محلول افزوده گشت و پس از گذشت ۳۰ دقیقه و با حفظ دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد، به منظور ایجاد یکنواختی در اندازه نانوذرات، ۱۲۰ میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم ۱ مولار به این محلول اضافه گردید؛ سپس نانوذرات سنتز شده به کمک سانتریفیوژ، به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۵۰۰ جداسازی و سه مرتبه با آب شستشو شدند (۱۳).

بارگذاری آنتی‌بیوتیک کلرامفینیکل روی نانوذرات: در یک بالن ۵۰ میلی‌لیتری، ۱ میلی‌گرم (معادل ۰/۱ گرم) نانوذره اکسید آهن ریخته و به آن ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام اولتراسوند با دور متوسط قرار داده شد تا نانوذرات در آب مقطر به طور کامل پراکنده گردند؛ سپس قطره قطره محلول کلرامفینیکل با غلظت ۱۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر به داخل ظرف محتوی نانوذرات منتقل شد و به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسید. پس از آن، به مدت ۲۴ ساعت در شیکر انکوباتور با سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از طی این مدت، محتويات بالن با سرعت ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵-۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند و رسوبات حاصل جمع‌آوری گردید (۱۴).

نانوذرات اکسید آهن بارگذاری شده به هر چاه حاوی ۳۰ میکرولیتر از محلول هیتتون (مرک، آلمان) افزوده و سپس به مدت ۲۴ ساعت، در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد انکوبه شد. سرانجام، میزان رشد باکتری ها در صفحات کشت حاوی سوسپانسیون باکتریایی با نانوذرات و آنتیبیوتیک آزمایش گردید و MIC و MBC نانوذرات تعیین شد (۱۷).

یافته های پژوهش

سنتز نانوذرات اکسید آهن به کمک عصاره گیاه شکرتیغال صورت گرفت. در اثر احیای یون های آهن و تولید نانوذرات، رنگ نمونه از زرد کمرنگ به رنگ قرمز مایل به قهوه ای تبدیل شد (شکل شماره ۱).

محیط و جذب عصاره ها، محیط کشت ها به انکوباتور منتقال داده شد (۱۶).

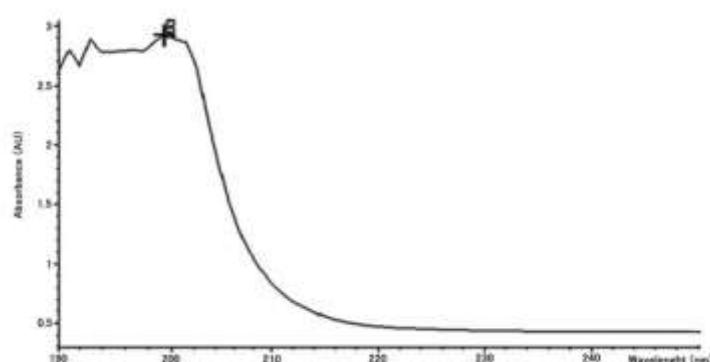
تعیین حداقل غلظت بازدارندگی (MIC) و حداقل غلظت کشنندگی (MBC): تعیین حداقل غلظت بازدارندگی (MIC) نمونه های به دست آمده به روش میکرودایلوشن، با استفاده از پلیت های علیه انجام شد. برای تهیه رقت های سریالی، ابتدا غلظت اولیه برابر با $100 \mu\text{g}/\text{ml}$ و سپس رقت های بعدی از نمونه ها تهیه گردیدند که شامل 200 ، 100 ، 50 ، 25 ، 12.5 ، 6.25 ، 3.125 ، 1.56 ، 0.78 ، 0.39 و 0.19 میکروگرم بر میلی لیتر بود. به منظور تعیین MIC و MBC از نانوذرات، 50 میکرولیتر از آنتیبیوتیک و 50 میکرولیتر از غلظت های مختلف



شکل شماره ۱. الف. عصاره تهیه شده از گیاه شکرتیغال؛ ب. محلول حاوی نانوذرات اکسید آهن سنتز شده (تغییر رنگ محلول نشان دهنده سنتز نانوذرات اکسید آهن است).

تغییر می کند؛ بنابراین، طیف جذب UV-Vis نسبت به تشکیل نانوذرات حساس است (۱۸). در آنالیز نانوذرات آهن، پیک جذبی، در طول موج 200 نانومتر مشاهده شد که بیانگر وجود نانوذرات اکسید آهن در محلول و اکنش است (شکل شماره ۲). بر اساس منابع معتبر، محدوده پیک جذبی نانوذرات اکسید آهن، در طول موج های 200 تا 300 نانومتر است.

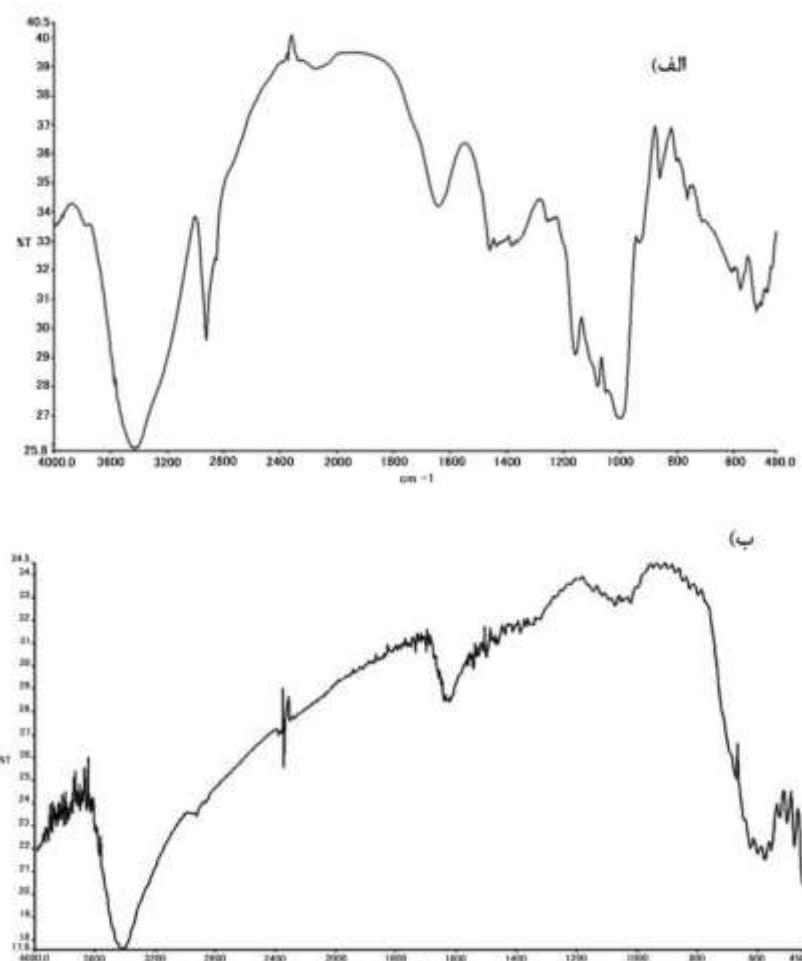
تجزیه و تحلیل UV-Vis یکی از مهم ترین روش های شناسایی نانوذرات است. رزونانس پلاسمون سطح نانوذرات اکسید آهن سنتز شده توسط اسپکتروفوتومتر (Perkin Elmer 25) UV-Vis جذب پرتوهای قابل مشاهده به علت تحریک رزونانس پلاسمون سطح، رنگ های گوناگونی را به نانوذرات منتقل می کند. با تغییر اندازه نانوذرات، رنگ محلول نیز



شکل شماره ۲: طیف اسپکتروفوتومتر مرئی - ماوراء بنتش (UV-Vis) نانوذرات اکسید آهن سنتز شده با کمک عصاره گیاه شکرتیغال

پیوند خمی C-H آروماتیک است. باند 1384 cm^{-1} به علت پیوندهای نیترو N-O است، درحالی که پیک-های نانوذرات آهن سنتزشده در محدوده 3415 cm^{-1} ، 1623 cm^{-1} ، 1300 cm^{-1} ، 1065 cm^{-1} و 558 cm^{-1} قابل مشاهده است. پیک‌های در محدوده 420 cm^{-1} و 558 cm^{-1} و 450 cm^{-1} مربوط به ایجاد ارتعاشات کششی O است (شکل‌های شماره ۳.الف و ب). طیف مربوط به نانوذرات آهن پوشش‌دهی شده با کلرامنیکل پیک‌هایی در محدوده 3410 cm^{-1} ، $1074/23\text{ cm}^{-1}$ ، 2917 cm^{-1} ، $1158/7\text{ cm}^{-1}$ ، 1628 cm^{-1} ، $893/54\text{ cm}^{-1}$ ، $975/5\text{ cm}^{-1}$ و $799/5\text{ cm}^{-1}$ دارد. پیک 3415 cm^{-1} با پیوندهای O-H و N-H مرتبط است. پیک 1622 cm^{-1} مربوط به گروه کربونیل اسیدی و پیک 1494 cm^{-1} مربوط به ارتعاش کششی کربن-نیتروژن است که پوشش‌دهی را تأیید می‌کند (شکل شماره ۳.ج) (۱۹).

طیف‌سنجدی مادون قرمز بر اساس جذب تابش و بررسی جهش‌های ارتعاشی مولکول‌ها و یون‌های چندانی صورت می‌گیرد. این روش به عنوان ابزاری پیشرفته برای تعیین ساختار و گروه‌های عاملی موجود در ترکیبات شیمیایی استفاده می‌شود. نمونه‌ها به کمک (Perkin Elmer) طیف‌سنج مادون قرمز مدل اندازه‌گیری شدند. طیف مربوط به عصاره گیاه شکرتیغال پیک‌هایی در محدوده 3464 cm^{-1} ، 2922 cm^{-1} ، 1670 cm^{-1} ، 2073 cm^{-1} ، 1384 cm^{-1} و 1419 cm^{-1} دارد. باند 3464 cm^{-1} نشان‌دهنده ارتعاش کششی گروه هیدروکسیل (O-H) است که می‌تواند مربوط به گروه‌های فلزی موجود در عصاره باشد. باند 2922 cm^{-1} به سبب کشش کربن-هیدروژن (C-H) آلکان است. باند 1670 cm^{-1} مربوط به اورتون C-H خمی ترکیبات آروماتیک است. باند 1384 cm^{-1} و 868 cm^{-1} دارند.

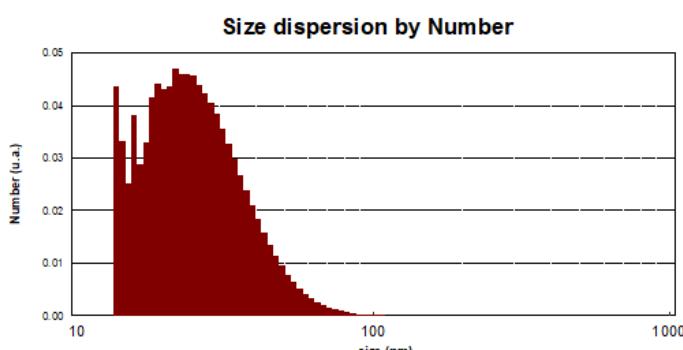




شکل شماره ۳. طیف FTIR؛ а. عصاره گیاه شکرتیغال؛ ب. نانوذرات اکسید آهن سنتزشده به کمک عصاره گیاه شکرتیغال؛ ج. نانوذرات اکسید آهن پوشش دهی شده با داروی کلرامفینیکل

نانوذرات آهن سنتزشده با عصاره تهیه شده از گیاه شکرتیغال بین ۱۳-۵۶ نانومتر و به طور میانگین حدود ۲۶ نانومتر است. شاخص پراکندگی (PDI) برای نانوذرات سنتزشده با عصاره ۰/۹۷ است (۲۰).

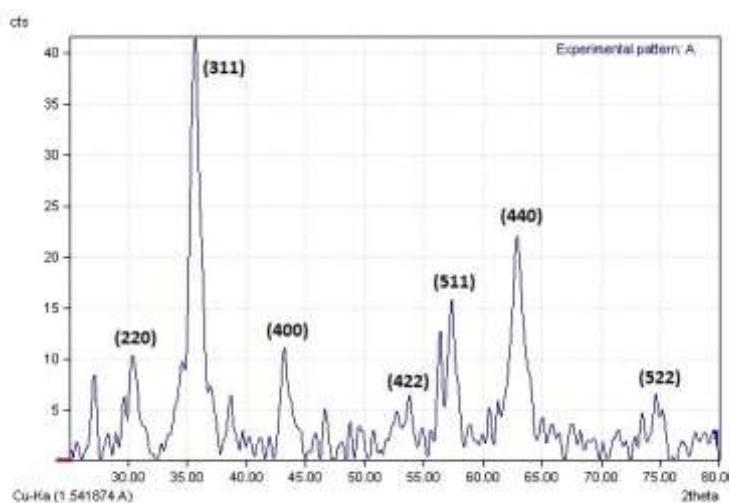
خصوصیات Malvern ZEN 1600 مدل PSA برای تعیین سایز و توزیع اندازه نانوذرات انجام شد. داده های به دست آمده از بررسی نمونه ها در شکل شماره ۴ ارائه شده است. بر اساس این نتایج، محدوده اندازه



شکل شماره ۴. نمودار پارتنیکل سایز آنالایزر (PSA) نانوذرات اکسید آهن سنتزشده به کمک عصاره گیاه شکرتیغال

۴۰۰، ۴۲۲، ۴۴۰، ۵۱۱، ۵۲۲ و قابل مشاهده است که تأییدی بر تشکیل نانوذرات آهن با ساختار بلوری مکعبی است. اندازه ذرات از داده XRD با استفاده از معادله دبای شرر محاسبه شد. بر اساس معادله دبای شرر، در مورد نانوذرات اکسید آهن، اندازه محاسبه شده کریستالیت ها برابر ۱۴ نانومتر برآورد شده است (۲۱). نتایج حاصل از XRD با نتایج به دست آمده از آنالیز اندازه ذرات هم خوانی داشته و سایز نانوذرات تولید شده قابلیت استفاده در دارو رسانی های هدفمند را دارد.

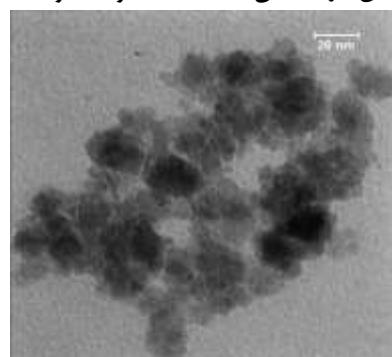
آنالیز XRD (PW1730, Philips) به منظور اثبات تشکیل نانوذرات اکسید آهن انجام گرفت. پراش پرتو ایکس در این پژوهش نشان داد که نانوذرات Fe_3O_4 تولید شده ساختار منظم و کریستالی دارد. الگوی پراش از زوایای پراش ۸۵° تا ۲۵° درجه است. پیک ها در شکل شماره ۵ نشان داده شده است. همه قله های پراش را می توان از با داده های استاندارد JCPDS (77-1545) مقایسه کرد. بر اساس این شکل، در ۲۰ زوایای ۳۶°، ۳۰°/۳۶°، ۳۵°/۶۴°، ۴۳°/۲۱°، ۵۶°/۳۰°، ۵۳°/۷۹° و ۷۴°/۶۷° با ایندکس ۳۱۱، ۲۲۰، ۵۶/۳۸°، ۵۶/۴۵° و ۶۳/۴۵° با ایندکس



شکل شماره ۵. الگوی پراش پرتوی ایکس (XRD) نانوذرات اکسید آهن سنتز شده به کمک عصاره گیاه شکرتیغال

می‌دهد. تصاویر TEM ذراتی کروی‌شکل و ابرمانند در فرم‌های تجمع‌یافته را نشان می‌دهد که پوشش‌دهی با کلرامفینیکل در آن قابل مشاهده است. پراکندگی یکنواخت و ابعاد بین ۲۰ تا ۴۰ نانومتر است (۲۲).

پوشش‌دهی نانوذرات به کمک میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM, CM30, Philips) بررسی شد. شکل شماره ۶ تصویر TEM نانوذرات اکسید آهن بارگذاری شده با آنتی‌بیوتیک کلرامفینیکل را نشان



شکل شماره ۶. تصویر TEM نانوذرات اکسید آهن بارگذاری شده با آنتی‌بیوتیک کلرامفینیکل

آنتی‌بیوتیک کلرامفینیکل بر روی نانوذرات و تأثیر آن بر روی میکروارگانیسم‌های بررسی شده است. بر اساس نتایج، بیشترین خاصیت ضدمیکروبی مربوط به نانوذرات اکسید آهن پوشش داده شده با کلرامفینیکل، بر روی استافیلوکوکوس اورئوس در غلظت ۱۰۰ (قطر هاله عدم رشد ۱۱/۲۵ میلی‌متر) و کمترین میزان خاصیت ضدمیکروبی مربوط به نانوذرة اکسید آهن در مورد اشرشیاکلی در غلظت ۵۰ (قطر هاله عدم رشد ۷ میلی‌متر) گزارش شد (جدول شماره ۱).

پس از سنتز نانوذرات و بررسی ساختاری آن‌ها، فعالیت ضدمیکروبی نانوذرات اکسید آهن بررسی شد. قطر هاله عدم رشد در روش دیسک‌گذاری، برای سویه‌های مورد آزمون (استافیلوکوکوس اورئوس و اشرشیاکلی) اندازه‌گیری گردید (۲۳). نتایج به دست آمده بیانگر آن بود که با افزایش غلظت، خاصیت ضدمیکروبی افزایش معناداری نشان داد و میزان خاصیت ضدمیکروبی در نانوذرات اکسید آهن پوشش‌دهی شده با کلرامفینیکل بالاتر گزارش شد که بیانگر بارگذاری صحیح

جدول شماره ۱. قطر هاله عدم رشد میکروبی در غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسید آهن با روش انتشار دیسک (برحسب میلی‌متر)

میکروارگانیسم	غلظت	نانوذرة اکسید آهن	نانوذرة اکسید آهن پوشش داده شده با کلامفینیکل	جنتامایسین	کلامفینیکل
۱۸±۱/۳۱	۲۵	-	-	۷±۰/۲۴	۱۵±۰/۸۵
	۵۰	۸/۲۵±۰/۳	۹/۵±۰/۳۳	۱۰/۷۵±۰/۵۱	۱۸±۱/۳۱
	۷۵	۹±۰/۲۷	۱۱/۲۵±۰/۳۵	۱۱/۲۵±۰/۲۵	۱۶±۱/۲۵
	۱۰۰	۱۰/۰±۰/۲۵	-	-	۱۳±۰/۹۰
۱۶±۱/۲۵	۲۵	-	-	۷/۵±۰/۲۴	۱۳±۰/۹۰
	۵۰	۷±۰/۳۲	۸/۵±۰/۳۲	۹/۵±۰/۱۷	۱۶±۱/۲۵
	۷۵	۸±۰/۲۱	۹/۵±۰/۲۸	۹/۵±۰/۱۷	-
۱۰۰	۱۰۰	۹/۵±۰/۲۸	-	-	-

کلامفینیکل بر روی باکتری استافیلوکوکوس اورئوس ($MIC=۰/۳۹$) و کمترین تأثیر مهارکنندگی مربوط به نانوذرة اکسید آهن بر روی باکتری اشرشیاکلی ($3.12 MIC=۰.24$) بوده است.

جدول شماره ۲. حداقل غلظت مهارکننده رشد میکروب (MIC) در غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسید آهن (برحسب میکروگرم/میلی‌لیتر)

میکروگرم/میلی‌لیتر	نمونه	نانوذرة اکسید آهن	نانوذرة اکسید آهن پوشش داده شده با کلامفینیکل
۰/۳۹	استافیلوکوکوس اورئوس	۱/۵۶	-
۰/۷۸	اشرشیاکلی	۳/۱۲	-

کلامفینیکل بر روی باکتری استافیلوکوکوس اورئوس ($MBC=۰/۷۸$) و کمترین تأثیر مهارکنندگی مربوط به نانوذرة اکسید آهن و بر روی باکتری اشرشیاکلی ($MBC=۱۲/۵$) بوده است.

جدول شماره ۴. حداقل غلظت کشنده میکروب (MBC) در غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسید آهن (برحسب میکروگرم/میلی‌لیتر)

میکروگرم/میلی‌لیتر	نمونه	نانوذرة اکسید آهن	نانوذرة اکسید آهن پوشش داده شده با کلامفینیکل
۰/۷۸	استافیلوکوکوس اورئوس	۶/۲۵	-
۱/۵۶	اشرشیاکلی	۱۲/۵	-

زیستسازگار است و کاربرد بیشتری یافته است. سنتز نانوذرات به کمک روش‌های زیستی جایگزین مناسبی نسبت برای روش‌های فیزیکی و شیمیایی است و به نظر می‌رسد سازگاری بیشتری با بدن دارد (۲۷). یکی از ویژگی‌های مهم نانوذرات اکسید آهن خواص آنتی‌باکتریالی آن‌ها است. این نانوذرات به علت داشتن سطح ویژه بالا و اندازه کوچک قادر به برهمکنش با سطح باکتری‌ها هستند و بر همین اساس، خواص ضدباکتری مناسبی از خود نشان می‌دهند (۲۸).

بحث و نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر، نانوذرات اکسید آهن به علت ویژگی‌های قابل توجه الکتریکی، شیمیایی و مغناطیسی که از خود نشان داده‌اند، مورد توجه بسیاری قرار گرفته‌اند (۲۶). اهمیت آن‌ها در داروسرانی‌های هدفمند و مصارف پزشکی، از علل بررسی‌های متعدد بر روی آن‌ها است. سنتز نانوذرات اکسید آهن به روش‌های مختلفی صورت می‌پذیرد. از میان آن‌ها، سنتز سبز به انرژی کمتر و هزینه پایین‌تری نیاز دارد،

ضایعات گیاه چای، با پیک جذبی مشاهده شده در این پژوهش مطابقت دارد (۳۳).

تعیین گروههای عاملی عوامل احیاکننده یون‌های فلزی از مقایسه طیف FTIR عصاره و نانوذرات و تغییر پیک‌های ایجادشده انجام گردید. باند cm^{-1} ۳۴۶۴ تأییدی بر حضور گروه هیدروکسیل ترکیبات فنلی موجود در عصاره گیاه است که می‌تواند از عوامل فعال پایدارکننده نانوذرات اکسید آهن باشد. بر اساس مطالعات انجام شده به نظر می‌رسد ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی، آنتوسیانین‌ها، پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌های موجود در عصاره گیاهان، نقش مهمی در تولید نانوذرات دارند (۳۴).

ارتعاشات کششی O-Fe در طیف FTIR به دست آمده از نانوذرات سنتزشده در محدوده $450\text{--}558\text{ cm}^{-1}$ قابل رؤیت است که تأیید دیگری بر تولید نانوذرات است.

اندازه، شکل و خواص سطحی نانوذرات بر عملکرد آن‌ها تأثیر مهمی دارد. بر اساس همین، در این مطالعه، نانوذرات سنتزشده به وسیله تکنیک‌های XRD و پارتیکل سایز برای تعیین اندازه و فاز کریستالی نیز بررسی شدند. تجزیه و تحلیل طیف XRD نشان داد نانوذرات تولید شده، بلوری و مکعبی شکل هستند. نتایج به دست آمده با یافته‌های مطالعات پیشین هم‌خوانی دارد (۳۵). متوسط اندازه ذرات که به کمک پارتیکل سایز مشخص شده است، ۲۶ نانومتر محاسبه شد. این اندازه می‌تواند بستر مناسبی برای پوشش‌دهی و استفاده در کاربردهای پزشکی باشد. نانوذرات بارگذاری شده با اندازه کمتر از ۵۰ نانومتر می‌توانند به راحتی وارد بیشتر سلول‌ها شوند و از طریق رگ‌های خونی در بدن گردش کنند (۱۰).

نسبت فراوان سطح به حجم در نانوذرات، آن‌ها را برای اتصال به مولکول‌های دارویی مناسب می‌کند. سامانه‌های انتقال دارو به کمک نانوذرات مغناطیسی، توانایی به حداقل رساندن عوارض جانبی و غلظت موردنیاز داروها و همچنین کاهش آسیب به بافت‌های طبیعی را دارند. بدین منظور، پوشش‌دهی نانوذرات توسط داروی کلرآمفینیکل انجام شد. از فن‌های طیف‌سنجدی IR و TEM، برای تأیید پوشش‌دهی بر

نانوذره بیانگر میزان سطح تماس نانوذرات با باکتری است؛ به این معنا که با کاهش اندازه ذره نسبت مساحت سطح، تماس به حجم افزایش می‌یابد و به از دید سطح تماس نانوذرات با سلول‌های باکتری منجر می‌گردد؛ درنتیجه، خواص آنتی‌باکتریال نانوذرات بهبود می‌یابد (۲۹).

در این پژوهش برای اولین بار، سنتر سبز نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن با استفاده از عصاره گیاه شکرتیغال انجام شد و اثر پوشش‌دهی با آنتی‌بیوتیک کلرآمفینیکل مطالعه گردید. نانوذرات اکسید آهن به طور مؤثر می‌تواند حامل ترکیبات دارویی مانند آنتی‌بیوتیک‌ها باشد. کنترل و هدایت دارو از مزایای استفاده از نانوذرات مغناطیسی در بدن است (۳۰).

نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان می‌دهد، عصاره گیاه شکرتیغال توانایی تولید نانوذرات اکسید آهن را دارد. حضور گروههای احیاکننده در عصاره گیاه عامل تولید این ذرات است. در پژوهشی، خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره گیاه شکرتیغال بررسی شده است. نتایج این بررسی نشان می‌دهد، شکرتیغال منبع مناسبی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی است. این ویژگی عاملی برای احیای نمک فلزات و تولید نانوذرات است (۳۱). بر اساس مطالعات صورت گرفته مشخص شده است که گیاهان گزینه مناسب‌تری برای سنتر نانوذرات در مقایسه با سایر میکروارگانیسم‌ها هستند (۳۲). آسان بودن روش انتخابی، تولید سریع نانوذرات، دسترسی به مواد اولیه گیاهی، استفاده نکردن از مواد شیمیایی خط‌طرنگ در این روش به کمک گیاه شکرتیغال امکان‌پذیر شده است.

در پژوهش اخیر، ظاهر شدن رنگ قرمز مایل به قهوه‌ای، اولین نشانه از احیای یون فلزی و سنتر نانوذرات اکسید آهن است. تغییر رنگ و تشکیل رسوب نانوذرات در مدت زمان کوتاهی انجام شد که نشانگر ساده و کارآمد بودن روش انتخابی است. نتایج طیف‌سنجدی مرئی-ماوراء بنفس پیک جذبی در ۲۰۰ نانومتر را نشان می‌دهد. حضور پیک جذبی در محدوده ۳۰۰-۳۰۰ نانومتر تأییدی بر سنتر نانوذرات اکسید آهن است. نتایج به دست آمده از طیف‌سنجدی مرئی-ماوراء بنفس نانوذرات اکسید آهن سنتزشده به کمک

مناسب دارو است. بر اساس نتایج MBC نیز، نانوذرات اکسید آهن و نانوذرات اکسید آهن پوشش داده شده با کلرامفینیکل، توانایی مهار رشد باکتری‌های مطالعه شده را داشتند. بیشترین تأثیر باکتری‌کشی به نانوذرات اکسید آهن پوشش داده شده با کلرامفینیکل به باکتری‌های استافیلکوکوس اورئوس تعلق داشت. نانوذرات اکسید آهن بدون پوشش، کمترین تأثیر مهارکنندگی بر روی باکتری اشرشیاکلی را نشان دادند؛ همچنین بر اساس نتایج به دست آمده در این پژوهش، پوشش دهی نانوذرات اکسید آهن با آنتیبیوتیک کلرامفینیکل سبب افزایش خاصیت ضد میکروبی نانوذرات شد که تأییدی بر مناسب بودن روش بارگذاری است. با توجه به افزایش خاصیت آنتیباکتریالی نانوذرات پوشش دهی شده با کلرامفینیکل می‌توان از آن در دارورسانی‌های هدفمند استفاده کرد. از سویی، با توجه به افزایش مقاومت به آنتیبیوتیک‌های مختلف در اثر مصرف روزافزون آن‌ها، ایجاد سامانه‌های قابل کنترل و سازگار با بدن که خواص ضد باکتری بالاتری از خود بروز می‌دهند، اهمیت بیشتری پیدا کرده است؛ درنتیجه، نانوذرات سنتزشده می‌توانند بستر مناسبی برای ترکیبات دارویی از جمله داروی کلرامفینیکل باشند. مطالعات آینده می‌تواند شامل تجزیه و تحلیل میزان سمیت نانوذرات پوشش دهی شده باشد؛ همچنین میزان تخریب DNA و RNA سلولی در معرض نانوذرات می‌بایست بررسی گردد.

روی نانوذرات استفاده گردید. با استفاده از تصاویر TEM پوشش دهی نانوذرات اکسید آهن به کمک داروی کلرامفینیکل قابل اثبات است. ماهیت و اندازه نانوذرات سنتزشده تأثیر بسیاری در کارایی آن‌ها دارد. در مطالعه انجام شده در سال ۲۰۱۷، بارگذاری داروی جنتامایسین بر روی نانوذرات اکسید آهن انجام شده بود که با نتایج پژوهش ما هم خوانی دارد (۳۶). در این تحقیق، به منظور بررسی کارایی نانوذرات حامل دارو، خواص آنتیباکتریالی نانوذرات پوشش دهی شده با آنتیبیوتیک کلرامفینیکل با نانوذرات بدون پوشش مقایسه گردید. نتایج پژوهش بالا بیانگر آن بود که نانوذرات سنتزشده اکسید آهن به روش سبز با متوسط اندازه ۲۶ نانومتر، خاصیت ضد میکروبی نسبتاً چشمگیری دارند، ضمن آنکه تأثیر مهارکنندگی و کشندگی نانوذرات بالا بر باکتری‌های گرم مثبت استافیلکوکوس اورئوس بیشتر از باکتری‌های گرم منفی اشرشیاکلی گزارش شد. اجزای دیواره سلولی باکتری‌های گرم منفی و گرم مثبت سازوکارهای متفاوتی در جذب نانوذرات دارند (۳۷). این نتایج با مطالعات سانتوoshی و همکاران مطابقت دارد. نانوذرات اکسید آهن سنتزشده با کمک عصاره گیاه در تحقیق آن‌ها، فعالیت ضد باکتری نیرومندی در برابر باکتری‌های گرم مثبت از خود نشان دادند (۳۸). یکی از مهم‌ترین مزیت‌های سنتز انجام شده در مطالعه‌ما، تولید نانوذرات با ابعاد مناسب و یکنواخت به منظور بارگذاری

References

1. Predoi D, Crisan O, Jitianu A, Valsangiacom MC, Raileanu M, Crisan M, et al. Iron oxide in a silica matrix prepared by the sol gel method. *Thin Sol Film* 2007; 515: 6319-23. doi: 10.1016/j.tsf.2006.11.148
2. Panyam J, Labhasetwar V. Biodegradable nanoparticles for drug and gene delivery to cells and tissue. *Adv Drug Del Rev* 2012; 64:61-71. doi: 10.1016/S0169-409X(02)00228-4
3. Veiseh O, Gunn JW, Zhang M. Design and fabrication of magnetic nanoparticles for targeted drug delivery and imaging. *Adv Drug Del Rev* 2010; 62: 284-304. doi: 10.1016/j.addr.2009.11.002
4. Manuel A, Rodrigo FP, Ricardo Ibarra M, Jesus S. Magnetic nanoparticles for drug delivery. *Nanotoday* 2007; 2: 22-32. doi:10.1016/S1748-0132(07)70084-1
5. Baniasadi M, Tajabadi M, Nourbakhsh M, Kamali M. Synthesis and characterization of core-shell nanostructure containing super paramagnetic magnetite and PAMAM. *Dendrimers* 2014; 8: 51-63.
6. Rajendran SP, Sengodan K. Synthesis and characterization of zinc oxide and iron oxide nanoparticles using Sesbania

- grandiflora leaf extract as reducing agent. *J Nanosci* 2017; 2017: 1-7. doi. 10.1155/2017/8348507
7. Sivakumar D, Mohamed Rafi M, Sathyaseelan B, Prem Nazeer K, Ayisha Begam A. Synthesis and characterization of superparamagnetic Iron Oxide nanoparticles stabilized by glucose and fructose and sucrose. *Int J Nano Dim* 2017; 8: 257-64.
 8. Wei Y, Han B, Hu X, Lin Y, Wang X, Deng X. Synthesis of Fe_3O_4 Nanoparticles and their Magnetic Properties. *Procedia Engineering* 2012; 27: 632-637. doi. 10.1016/j.proeng.2011.12.498
 9. Ozturk Atay N, Akgol S, Arisoy M, Denizli A. Reversible adsorption of lipase on novel hydrophobic nanospheres. *Sep Purif Technol* 2007; 58: 83-90. doi. 10.1016/j.seppur.2007.07.037
 10. Palanikumar L, Ramasamy S, Hariharan G, Balachandran C. Influence of particle size of nano zinc oxide on the controlled delivery of Amoxicillin. *Appl Nanosci* 2013; 3 441-51.
 11. Saqib S, Munis MFH, Zaman W, Ullah F, Shah SN, Ayaz A, et al. Synthesis characterization and use of iron oxide nano particles for antibacterial activity. *Microsc Res Tech* 2019; 82:415-20. doi.10.1002/jemt.23182
 12. Anupam R, Onur B, Sudip S, Amit Kumar M, Yilmaz MD. Green synthesis of silver nanoparticles: biomolecule nanoparticle organizations targeting antimicrobial activity. *Rsc Adv*2019; 9: 2673-2702. doi. 10.1039/C8RA08982E
 13. Karpagavinayagam P, Vedhi C. Green synthesis of iron oxide nanoparticles using *Avicennia marina* flower extract. *Vacuum* 2019; 160: 286-92. doi. 10.1016/j.vacuum.2018.11.043
 14. Ruparelia JP, Chatterjee AK, Duttagupta SP, Mukherji S. Strain specificity in antimicrobial activity of silver and copper nanoparticles. *Acta Biomate* 2008; 4:707-16. doi. 10.1016/j.actbio.2007.11.006
 15. Sepehri Z, Hassanshahian M, Shahi Z, Nasiri A, Baigi S. Antibacterial Effect of Ethanol Extract of *Camellia Sinensis* L Against *Escherichia Coli*. *Asian Pac J Microbiol Res*2014; 2:6-8.
 16. Sarker SD, Nahar L, Kumarasamy Y. Microtitre plate based antibacterial assay incorporating resazurin as an indicator of cell growth, and its application in the in vitro antibacterial screening of phytochemicals. *Methods* 2007; 42: 321-324. doi. 10.1016/j.ymeth.2007.01.006
 17. Qasim Sh, Zafar A, Saqib Saif M, Zeeshan A, Nazar M, Waqas M, et al. Green synthesis of iron oxide nanorods using *Withania coagulans* extract improved photocatalytic degradation and antimicrobial activity. *J Photochem Photobiol Biol*2020; 204: 111784. doi. 10.1016 /j.jphotobiol .2020.111784
 18. Yuvakkumar R, Hong SI. Green synthesis of spinel magnetite iron oxide nanoparticles. *Adv Mate Res* 2014; 1051: 39-42. doi.10.4028/www.scientific.net/AMR.1 051.39
 19. Yulizar Y, Ariyanta HA, Abduracman L. Green synthesis of gold nanoparticles using aqueous garlic *Allium sativum* L. extract and its interaction study with melamine. *Bull Chem Reac Eng Catal* 2017; 12: 212-218. doi.10.9767/bcrec.12.2.770.212-218
 20. Abdullah JAA, Salah Eddine L, Abderrhmane B, Alonsogonzalez M, Guerrero A, Romero A. Green synthesis and characterization of iron oxide nanoparticles by *pheonix dactylifera* leaf extract and evaluation of their antioxidant activity. *Sus Chem Pharm* 2020; 17:100280. doi.10.1016/j.scp.2020.100280
 21. Sivakumar D, Mohamedrafi M, Sathyaseelan B, Premnazeer KM, Meenanayisha BA. Synthesis and characterization of superparamagnetic iron oxide nanoparticles stabilized by Glucose and fructose and sucrose. *Int J Nano Dim* 2017; 8: 257-64.
 22. Viju Kumar VG, Ananthu AP. Green synthesis and characterization of iron oxide nanoparticles using *phyllanthus niruri* extract. *Orien J Chem* 2018; 34: 2583-9. doi. 10.13005 /ojc/34054
 23. Palanikumar L, Ramasamy S, Hariharan G, Balachandran C. Influence of particle

- size of nano zinc oxide on the controlled delivery of Amoxicillin. *Appl Nanosci* 2013; 3:441-51.
24. Djeussi DE, Noumedem JAK, Seukep JA, Fankam AG, Voukeng IK, Tankeo SB, et al. Antibacterial activities of selected edible plants extracts against multidrug resistant Gram-negative bacteria. *BMC Comple Alt Med* 2013; 13:164.
25. Leisha MA, Stephen JW, Michael K, Yekaterina IB, Antonio CR, Nathan JW, et al. Antibacterial activity of iron oxide, iron nitride, and tobramycin conjugated nanoparticles against *Pseudomonas aeruginosa* biofilms. *J Nanobiotechnol* 2020; 18: 35.
26. Buazar F, Baghlaninejazd MH, Badri M, Kashisaz M, Khaledinasab A, Kroshawi F. Facile one pot phytosynthesis of magnetic nanoparticles using potato extract and their catalytic activity. *Starch* 2016; 68:1-9. doi:10.1002/star.201500347
27. Castillohenriquez L, Alfaroaguilar K, Ugaldealvarez J, Vegafernandez L, Montes G, Baudrit JR. Green synthesis of gold and silver nanoparticles from plant extracts and their possible applications as antimicrobial agents in the agricultural area. *Nanomaterials* 2020; 10: 1763. doi:10.3390/nano10091763
28. Charbgoo F, Ahmad MB, Darroudi M. Cerium oxide nanoparticles: green synthesis and biological applications. *Int J Nanomed* 2017; 12: 1401-13. doi:10.2147/IJN.S124855
29. Pal S, Tak YK, Song JM. Does the antibacterial activity of silver nanoparticles depend on the shape of the nanoparticle? *Appl Environmental Microbiol* 2007; 6: 1712-20. doi: 10.1128/AEM.02218-06
30. Gao Z, Zhang L, Sun Y. Nanotechnology applied to overcome tumor drug resistance. *J Cont Rel* 2012; 162: 45-55. doi:10.1016/j.jconrel.2012.05.051
31. Mohseni Sh, Mohamadi Sani A, Tavakoli M, Raoufi AM. Effect of extraction conditions on antioxidant activities of *Echinops persicus*. *J Ess Oil Bear Plant* 2017; 20:1633-44. doi:10.1080/0972060X.2017.1399088
32. Iavani S. Green synthesis of metal nanoparticles using plants. *Green Chem* 2011;13: 2638-50. doi:10.1039/C1GC15386B
33. Azizi A. Green synthesis of Fe_3O_4 nanoparticles and its application in preparation of Fe_3O_4 /cellulose magnetic nanocomposit: a suitable proposal for drug delivery systems. *J Inorg Org Polyme Mate* 2020; 30: 3552-61. doi:10.1007/s10904-020-01500-1
34. Firooz S, Jamzad M, Yari M. Biologically synthesized silver nanoparticles by aqueous extract of *Satureja intermedia* and the evaluation of total phenolic and flavonoid contents and antioxidant activity. *J Nanostruc Chem* 2016; 6: 357-64. doi:10.1007/s40097-016-0207-0
35. Sulaiman MG, Tawfeeq AT, Naji AS. Biosynthesis, characterization of magnetic ironoxide nanoparticles and evaluations of thecytotoxicity and DNA damage of human breastcarcinoma cell lines. *Art Cell Nanomed Biotechnol* 2017; 46:1215-1229. doi: 10.1080/21691401.2017.1366335
36. Bhattacharya P, Neogi S. Gentamicin coated iron oxide nanoparticles as novel antibacterial agents. *Mate Res Exp* 2017; 4:095005.
37. Gabrielyan L, Trchounian A. Antibacterial activities of transient metals nanoparticles and membranous mechanisms of action. *World J Microbiol Biotechnol* 2019; 35:162. doi: 10.1007/s11274-019-2742-6
38. Santoshi V, Banu AS, Kurian GA. Synthesis, characterization and biological evaluation of iron oxide nanoparticles prepared by *Desmodium gangeticum* root aqueous extract. *Int J Pharm Pharmaceut Sci* 2015; 7:75-80.



Evaluation of Antibacterial Properties of Magnetic Iron Oxide Nanoparticles Synthesized using Echinops Persicus Extract Coated with Chloramphenicol

Ahmadiyah R¹, Mohseni S^{1*}

(Received: August 04, 2020 Accepted: May 29, 2021)

Abstract

Introduction: The use of plants is one of the most effective methods for the synthesis of nanoparticles based on green chemistry. The magnetic properties of nanoparticles let the attached drugs conduct by a magnetic field in the body. This study aimed to use the magnetic iron oxide nanoparticles synthesized via green chemistry as a carrier for the chloramphenicol drug delivery system.

Materials & Methods: Extraction of Echinops Persicus was performed at 60°C by water solvent. Iron oxide nanoparticles were synthesized using plant extract as a reducing agent. The synthesized iron oxide nanoparticles were characterized by ultraviolet-visible spectroscopy (UV-Vis), X-ray diffraction (XRD), particle size analyzer (PSA), and fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR). The antibacterial activity of coated nanoparticles was also investigated in this study.

Findings: The results of the XRD showed the cubic shape of iron oxide nanoparticles. The mean size of the nanoparticles was determined to be in

the range of 16-56 nm. The coating of chloramphenicol on iron oxide nanoparticles was confirmed by transmission electron microscopy (TEM). Moreover, FT-IR confirmed the functionalization of Fe₃O₄ nanoparticles with chloramphenicol. The magnetic iron oxide nanoparticles coated with chloramphenicol showed good antibacterial activity against infectious Gram-positive and Gram-negative bacteria. The highest antimicrobial activity and the diameter of the growth inhibition zone of *Staphylococcus aureus* (11.25±0.35) and *Escherichia coli* (9.5±0.17) were determined at a concentration of 100 µg/ml.

Discussions & Conclusions: According to the results of this study, the coating of Iron oxide nanoparticles with chloramphenicol antibiotics increased the antimicrobial properties of nanoparticles and confirmed the appropriateness of the loading method of chloramphenicol antibiotics.

Keywords: Antibacterial, Chloramphenicol, Echinops echinatus plant, Green synthesis, Iron oxide nanoparticles

1.Dept of Applied Chemistry, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran

*Corresponding author Email: sh_mohseni2003@yahoo.com