

## بررسی خواص آنتی‌باکتریالی نانوذرات اکسید آهن مغناطیسی سنتز شده به کمک عصاره گیاه شکر تیغال و پوشش دهی شده با داروی کلرامفنیکل

ریحانه احمدیه<sup>۱</sup>، شراره محسنی<sup>۱\*</sup>

(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 بدن هدایت شوند. هدف از این پژوهش، استفاده از نانوذرات اکسید آهن مغناطیسی سنتز شده از طریق شیمی سبز، به‌عنوان حامل سیستم تحویل داروی کلرامفنیکل 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، به‌عنوان عامل کاهنده سنتز گردیدند. نانوذرات اکسید آهن سنتز شده با طیف‌سنجی مرئی - ماوراءبنفش (UV-Vis)، پراش اشعه ایکس (XRD)، دستگاه اندازه ذرات (PSA) و طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FT-IR) شناسایی شدند. فعالیت ضدباکتریایی نانوذرات پوشش‌دهی 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 کلرامفنیکل بر روی نانوذرات اکسید آهن به کمک نتایج TEM نشان داده شد. FT-IR عملکرد کاربردی نانوذرات  $Fe_3O_4$  را با کلرامفنیکل تأیید می‌کند. نانوذرات اکسید آهن پوشش‌دهی شده با کلرامفنیکل، خواص ضدباکتری مناسبی در برابر باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی نشان دادند. بیشترین فعالیت ضد میکروبی، قطر هاله عدم رشد میکروارگانیسم‌های استافیلوکوکوس اورئوس ( $11/25 \pm 0/35$ ) و اشرشیاکلی ( $9/5 \pm 0/17$ ) در غلظت ۱۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر تعیین شد.

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

**واژه‌های کلیدی:** سنتز سبز، فعالیت ضدباکتریایی، کلرامفنیکل، گیاه شکر تیغال، نانوذرات اکسید آهن

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

Email: [sh\\_mohseni2003@yahoo.com](mailto:sh_mohseni2003@yahoo.com)

## مقدمه

نانوذرات مغناطیسی با داشتن خواص منحصر به فرد، یکی از کاربردی‌ترین انواع نانوذرات هستند. خاصیت مغناطیسی ذاتی آن‌ها که به هدف‌یابی آسان و ردیابی سلولی منجر می‌شود، سبب استفاده بیشترشان در دارورسانی‌های هدفمند شده است. مهم‌ترین ویژگی‌های این گروه از نانوذرات، زیست‌سازگاری، غیرسمی بودن، توزیع اندازه مناسب، بلورینگی بالا، امکان کنترل اندازه و سوپر پارامغناطیس بودن است (۱). از سوی دیگر، با استفاده از پوشش‌های سطحی می‌توان خواص زیستی مناسب و پایداری را برای این ذرات ایجاد کرد. سامانه‌های ره‌ایش کنترل شده، نقش مؤثری در رساندن ترکیبات دارویی به نقاط مشخصی از بدن و ره‌ایش آن‌ها با سرعت کنترل شده ایفا می‌کنند؛ در نتیجه، تأثیر درمانی دارو را افزایش می‌دهند و آثار جانبی آن را محدود می‌سازند. استفاده از نانوذرات مغناطیسی از راهکارهای موفق در زمینه ره‌ایش کنترل شده است (۲). وجود خاصیت مغناطیسی در نانوذرات این امکان را فراهم می‌کند که داروهای متصل به آن‌ها، توسط میدان مغناطیسی در بدن هدایت و در محل مناسب آزاد شوند. امروزه، یکی از مهم‌ترین نانوذرات مغناطیسی، نانوذرات اکسید آهن هستند که سمیت چندانی برای بافت‌های بدن ندارند و همچنین می‌توانند در تشخیص و درمان بیماری‌ها استفاده شوند (۳). با توجه به اهمیت شکل و اندازه نانوذرات مغناطیسی استفاده شده به‌عنوان حامل‌های دارویی که تحت تأثیر مؤلفه‌ها و شرایط واکنش قرار دارند، انتخاب روش سنتز نانوذرات نقش بسزایی در پیشبرد اهداف درمانی ایفا می‌کند (۴). در سال‌های اخیر، سنتز سبز با استفاده از عصاره گیاهان به علت سادگی و کارکرد بالا، توجه بیشتری را نسبت به روش‌های فیزیکی و شیمیایی به خود اختصاص داده است (۵). عصاره گیاهانی که خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارند، می‌توانند سبب احیای نمک فلزات و تولید نانوذرات شوند. در پژوهش‌های مختلفی، سنتز سبز نانوذرات به کمک گیاهانی مانند انبه، چریش، گزنه و چای سیلان انجام شده است (۶). در میان اکسیدهای آهن، به نانوذرات مگنتیت ( $Fe_3O_4$ ) به علت خاصیت سوپر

پارامغناطیسی و غیرسمی بودن و قابل تجزیه و زیست‌سازگار بودن، بیشتر از سایر اکسیدهای آهن توجه می‌شود (۷، ۸). از زمانی که بشر برای درمان عفونت‌های باکتریایی به استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها روی آورده است، مقاومت به درمان در باکتری‌ها 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 آن‌ها می‌توان آنتی‌بیوتیک‌ها را به جایگاه مدنظر در بدن هدایت کرد. از سوی دیگر، نانوذرات اکسید آهن مغناطیسی خواص آنتی‌باکتریالی نیز دارند. تثبیت فیزیکی ساده‌ترین روش در اتصال نانوذرات با ترکیبات شیمیایی است. در این روش، تنها با مخلوط کردن در یک محلول، تثبیت دارو بر سطح نانوذره انجام می‌شود (۹). در بررسی پژوهش‌های هم‌راستا، پالائیکومار و همکارانش، خواص ضدباکتریایی آموکسی‌سیلین بارگذاری شده بر نانوذرات اکسید روی را انجام دادند. نانوذرات اکسید روی بارگذاری شده به‌وسیله آموکسی‌سیلین فعالیت ضدباکتری مناسبی در برابر باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی نشان دادند (۱۰)؛ همچنین خواص ضدباکتری نانوذرات اکسید آهن مغناطیسی نیز اثبات شده است (۱۱). در پژوهش حاضر، نانوذرات اکسید آهن به روش سبز سنتز شدند؛ سپس اصلاح سطح و پوشش‌دهی توسط آنتی‌بیوتیک کلرامفنیکل صورت گرفت. خواص آنتی‌باکتریالی نانوذرات پوشش‌دهی شده نیز مطالعه گردید.

## مواد و روش‌ها

گیاه شکر تیغال با نام علمی *Echinops Persicus*، از شهرستان قوچان جمع‌آوری شد. این گیاه توسط مرکز تحقیقات دانشگاه فردوسی مشهد (ایران) شناسایی گردید. دی‌متیل سولفوکساید، محیط کشت‌های مولر هینتون برات، برد پارکر آگار، معرف تری‌فنیل تترازولیوم کلراید و کلرید باریم از شرکت مرک تهیه شدند؛ همچنین میکروارگانیسم‌های استفیلوکوکوس اورئوس (PTTC 1112) و اشرشیاکلی (PTTC 1399) از سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران تهیه گردیدند.

**آزمون ضد میکروبی؛ تهیه سوسپانسیون میکروبی معادل ۰/۵ مکفارلند:** 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 شیب دار آگار مغذی تلقیح 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 درب دار حاوی رینگر ریخته و کدورت آن با اسپکتروفوتومتر در طول موج ۵۳۰ nm اندازه گیری شد و تا هنگام برابر شدن کدورت محلول با کدورت محلول ۰/۵ مکفارلند، با رینگر رقیق گردید. به این ترتیب، سوسپانسیونی با غلظت تقریبی  $10^8 \text{ cfu/ml}$  (میکروارگانیزم در هر میلی لیتر) به دست می آید که از آن در تلقیح استفاده شد (۱۵).

**روش انجام آزمون های میکروبی:** به منظور بررسی خواص ضدباکتری نانوذرات اکسید آهن پوشش دهی شده با داروی کلرامفنیکل روی باکتری های استافیلوکوکوس اورئوس و اشرشیاکلی ائوزین، از روش دیسک استفاده گردید.

**انتشار دیسک:** غلظت نهایی استفاده شده ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میکروگرم بر میلی لیتر از نمونه بود. در این آزمون، از دیسک های استریل ۶ میلی متری استفاده شد. پس از آماده سازی محیط کشت اختصاصی هر باکتری (استافیلوکوکوس اورئوس، برد پارکر آگار و اشرشیاکلی ائوزین، متیلن بلو)، حدود ۱۵ سی سی از هر محیط کشت در پلیت های استریل یک بار مصرف ریخته، از سوسپانسیون میکروبی معادل نیم مکفارلند ( $10^8 \text{ cfu/ml}$ ) که از کشت میکروبی ۲۴ ساعته تهیه شده بود، بر روی محیط کشت به صورت چمنی کشت داده و دیسک های ۶ میلی متری بر روی سطح محیط کشت قرار داده شد. بر روی دیسک، به میزان ۸ ماکرولیترون نمونه مورد آزمون (محلول در دی متیل سولفوکساید) افزوده گردید. دیسک آغشته به ۸ ماکرولیترون DMSO به عنوان کنترل منفی و دیسک آغشته به آنتی بیوتیک کلرامفنیکل 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 میلی لیتر آب مقطر مخلوط و سپس به مدت ۲۰ دقیقه، روی دستگاه هیتر تحت دمای ۶۰ درجه سانتی گراد هم زده شد. عصاره به دست آمده به وسیله 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 شکر تیغال:** برای سنتز نانوذرات آهن به روش سبز با عصاره شکر تیغال، ابتدا ۱/۱۱ گرم از  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  با ۰/۵۳ گرم از  $\text{FeCl}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  مخلوط گردید و در ۱۰۰ میلی لیتر 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 سانتی گراد کاملاً هم زده شد. تحت این شرایط، ۵ میلی لیتر از عصاره شکر تیغال به دست آمده به آرامی به محلول افزوده گشت و پس از گذشت ۳۰ دقیقه و با حفظ دمای ۸۰ درجه سانتی گراد، به منظور ایجاد یکنواختی در اندازه نانوذرات، ۱۲۰ میلی لیتر هیدروکسید سدیم ۱ مولار به این محلول اضافه گردید؛ سپس نانوذرات سنتز شده به کمک سانتریفیوژ، به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۵۰۰۰ جداسازی و سه مرتبه با آب شستشو شدند (۱۳).

**بارگذاری آنتی بیوتیک کلرامفنیکل روی نانوذرات:** در یک بالن ۵۰ میلی لیتری، ۱ میلی گرم (معادل ۰/۱ گرم) نانوذره اکسید آهن ریخته و به آن ۲۰ میلی لیتر 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 کلرامفنیکل با غلظت ۱۰۰ میکروگرم در میلی لیتر به داخل ظرف محتوی نانوذرات منتقل شد و به حجم ۵۰ میلی لیتر رسید. پس از آن، به مدت ۲۴ ساعت در شیکر انکوباتور با سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه و دمای ۲۵ درجه سانتی گراد قرار گرفت. پس از طی این مدت، محتویات بالن با سرعت ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰-۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند و رسوبات حاصل جمع آوری گردید (۱۴).

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

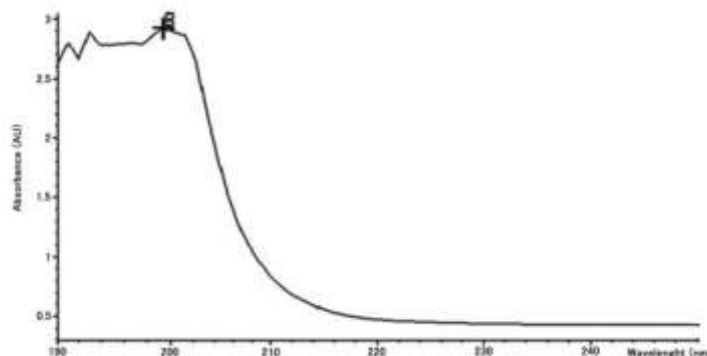
#### یافته‌های پژوهش

سنتز نانوذرات اکسید آهن به کمک عصاره گیاه شکر تیغال صورت گرفت. در اثر احیای یون‌های آهن و تولید نانوذرات، رنگ نمونه از زرد کم‌رنگ به رنگ قرمز مایل به قهوه‌ای تبدیل شد (شکل شماره ۱).



شکل شماره ۱. الف. عصاره تهیه شده از گیاه شکر تیغال؛ ب. محلول حاوی نانوذرات اکسید آهن سنتز شده (تغییر رنگ محلول نشان‌دهنده سنتز نانوذرات اکسید آهن است).

تغییر می‌کند؛ بنابراین، طیف جذب UV-Vis نسبت به تشکیل نانوذرات حساس است (۱۸). در آنالیز نانوذرات آهن، پیک جذبی، در طول موج ۲۰۰ نانومتر مشاهده شد که بیانگر وجود نانوذرات اکسید آهن در محلول واکنش است (شکل شماره ۲). بر اساس منابع معتبر، محدوده پیک جذبی نانوذرات اکسید آهن، در طول موج‌های ۲۰۰ تا ۳۰۰ نانومتر است.



شکل شماره ۲: طیف اسپکتروفوتومتر مرئی - ماورا بنفش (UV-Vis) نانوذرات اکسید آهن سنتز شده با کمک عصاره گیاه شکر تیغال

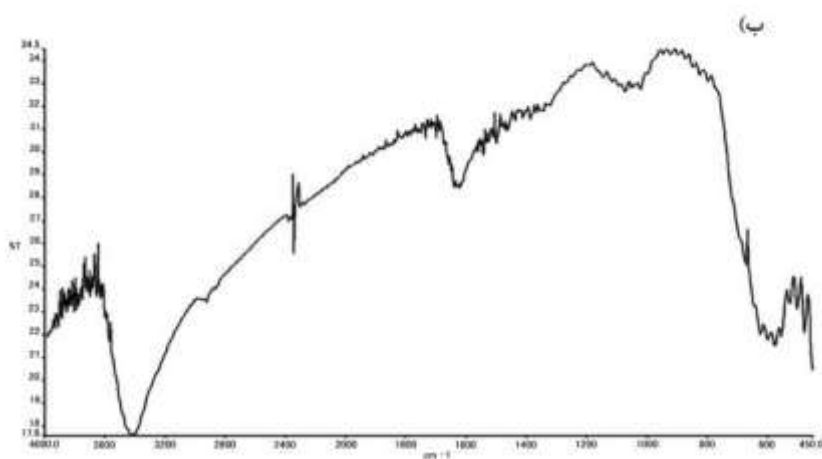
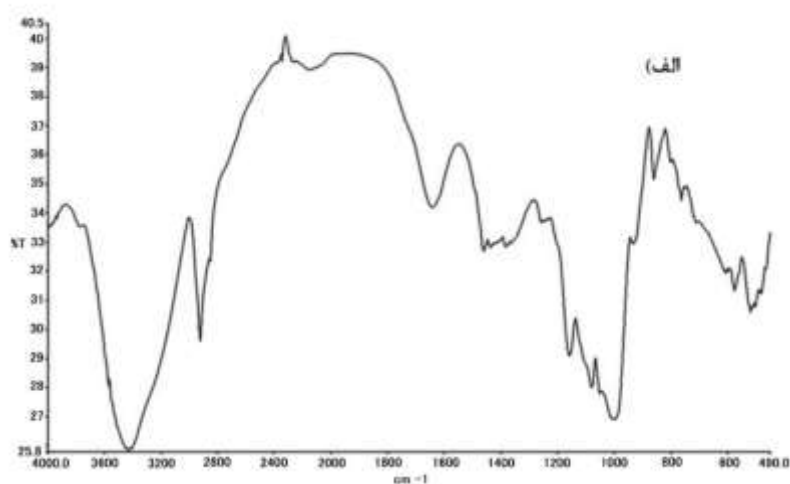
محیط و جذب عصاره‌ها، محیط کشت‌ها به انکوباتور انتقال داده شد (۱۶)

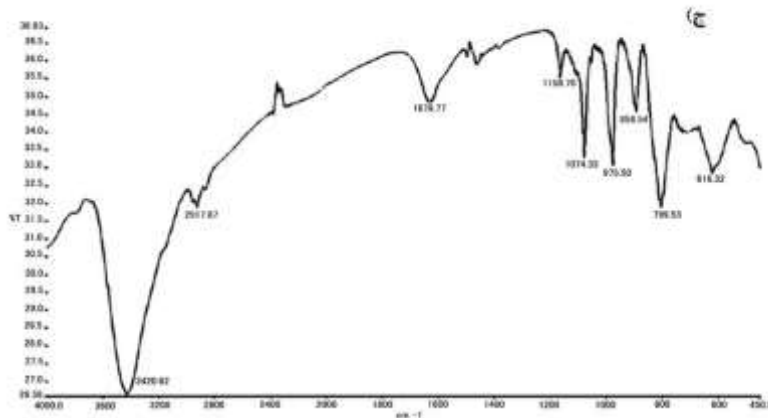
**تعیین حداقل غلظت بازدارندگی (MIC) و حداقل غلظت کشندگی (MBC):** تعیین حداقل غلظت بازدارندگی (MIC) نمونه‌های به دست آمده به روش میکرو دیلوشن، با استفاده از پلیت‌های ۹۶ خانه‌ای انجام شد. برای تهیه رقت‌های سریالی، ابتدا غلظت اولیه برابر با ۱۰۰ µg/ml و سپس رقت‌های بعدی از نمونه‌ها تهیه گردیدند که شامل ۲۰۰، ۱۰۰، ۵۰، ۲۵، ۱۲/۵، ۶/۲۵، ۳/۱۲۵، ۱/۵۶، ۰/۷۸، ۰/۳۹، ۰/۱۹ و ۰/۰۹ میکروگرم بر میلی‌لیتر بود. به منظور تعیین MIC و MBC از نانوذرات، ۵۰ میکرولیتر از آنتی‌بیوتیک و ۵۰ میکرولیتر از غلظت‌های مختلف

تجزیه و تحلیل UV-Vis یکی از مهم‌ترین روش‌های شناسایی نانوذرات است. رزونانس پلاسمون سطح نانوذرات اکسید آهن سنتز شده توسط اسپکتروفوتومتر UV-Vis (Perkin Elmer 25) مطالعه شده است. جذب پرتوهای قابل مشاهده به علت تحریک رزونانس پلاسمون سطح، رنگ‌های گوناگونی را به نانوذرات منتقل می‌کند. با تغییر اندازه نانوذرات، رنگ محلول نیز

پیوند خمشی C-H آروماتیک است. باند  $1384\text{ cm}^{-1}$  به علت پیوندهای نیترو N-O است، در حالی که پیک-های نانوذرات آهن سنتز شده در محدوده  $3415\text{ cm}^{-1}$ ،  $1623\text{ cm}^{-1}$ ،  $1300\text{ cm}^{-1}$ ،  $1065\text{ cm}^{-1}$  و  $558\text{ cm}^{-1}$  قابل مشاهده است. پیک‌های در محدوده  $420\text{ cm}^{-1}$  و  $558\text{ cm}^{-1}$  مربوط به ایجاد ارتعاشات کششی Fe-O است (شکل‌های شماره ۳ الف و ب). طیف مربوط به نانوذرات آهن پوشش‌دهی شده با کلرامفیکل پیک‌هایی در محدوده  $3410\text{ cm}^{-1}$ ،  $2917\text{ cm}^{-1}$ ،  $1628\text{ cm}^{-1}$ ،  $1158/7\text{ cm}^{-1}$ ،  $1074/33\text{ cm}^{-1}$ ،  $975/5\text{ cm}^{-1}$ ،  $893/54\text{ cm}^{-1}$  و  $799/5\text{ cm}^{-1}$  دارد. پیک  $3415\text{ cm}^{-1}$  با پیوندهای O-H و N-H مرتبط است. پیک  $1622\text{ cm}^{-1}$  مربوط به گروه کربونیل اسیدی و پیک  $1494\text{ cm}^{-1}$  مربوط به ارتعاش کششی کرین- نیتروژن است که پوشش‌دهی را تأیید می‌کند (شکل شماره ۳ ج (۱۹)).

طیف‌سنجی مادون قرمز بر اساس جذب تابش و بررسی جهش‌های ارتعاشی مولکول‌ها و یون‌های چنداتمی صورت می‌گیرد. این روش به‌عنوان ابزاری پیشرفته برای تعیین ساختار و گروه‌های عاملی موجود در ترکیبات شیمیایی استفاده می‌شود. نمونه‌ها به کمک طیف‌سنج مادون قرمز مدل (Perkin Elmer) اندازه‌گیری شدند. طیف مربوط به عصاره گیاه شکر تیغال پیک‌هایی در محدوده  $3464\text{ cm}^{-1}$ ،  $2922\text{ cm}^{-1}$ ،  $2290\text{ cm}^{-1}$ ،  $2073\text{ cm}^{-1}$ ،  $1670\text{ cm}^{-1}$ ،  $1419\text{ cm}^{-1}$ ،  $1384\text{ cm}^{-1}$ ،  $1072\text{ cm}^{-1}$  و  $868\text{ cm}^{-1}$  دارد. باند  $3464\text{ cm}^{-1}$  نشان‌دهنده ارتعاش کششی گروه هیدروکسیل (O-H) است که می‌تواند مربوط به گروه‌های فنلی موجود در عصاره باشد. باند  $2922\text{ cm}^{-1}$  به سبب کشش کرین- هیدروژن (C-H) آلکان است. باند  $1670\text{ cm}^{-1}$  مربوط به اورتون C-H خمش ترکیبات آروماتیک است. باند  $868\text{ cm}^{-1}$  و  $670\text{ cm}^{-1}$

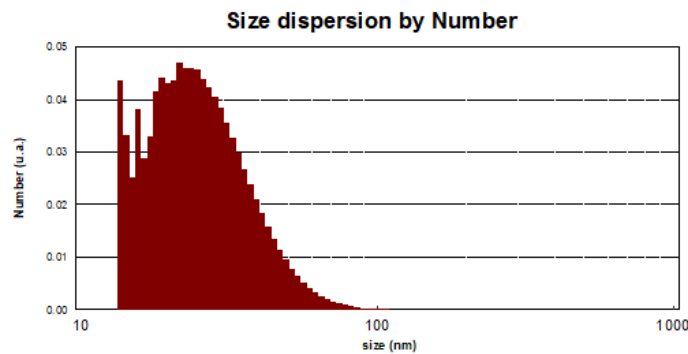




شکل شماره ۳. طیف FTIR: الف. عصاره گیاه شکر تیغال؛ ب. نانوذرات اکسید آهن سنتز شده به کمک عصاره گیاه شکر تیغال؛ ج. نانوذرات اکسید آهن پوشش‌دهی شده با داروی کلرامفتیکل

نانوذرات آهن سنتز شده با عصاره تهیه شده از گیاه شکر تیغال بین ۵۶-۱۳ نانومتر و به‌طور میانگین حدود ۲۶ نانومتر است. شاخص پراکندگی (PDI) برای نانوذرات سنتز شده با عصاره ۰/۱۹۷ است (۲۰).

خصوصیات Malvern ZEN 1600 مدل PSA برای تعیین سایز و توزیع اندازه نانوذرات انجام شد. داده‌های به‌دست آمده از بررسی نمونه‌ها در شکل شماره ۴ ارائه شده است. بر اساس این نتایج، محدوده اندازه

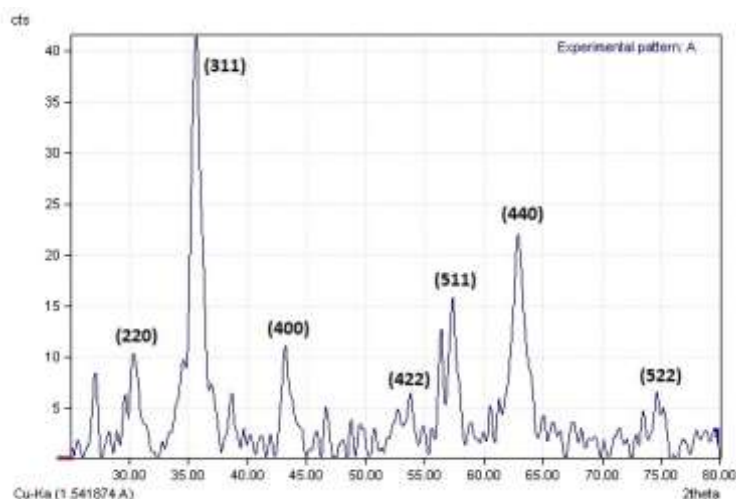


شکل شماره ۴. نمودار پارتیکل سایز آنالایزر (PSA) نانوذرات اکسید آهن سنتز شده به کمک عصاره گیاه شکر تیغال

۴۰۰، ۴۲۲، ۵۱۱، ۴۴۰ و ۵۲۲ قابل مشاهده است که تأییدی بر تشکیل نانوذرات آهن با ساختار بلوری مکعبی است. اندازه ذرات از داده XRD با استفاده از معادله دبی شرر محاسبه شد. بر اساس معادله دبی شرر، در مورد نانوذرات اکسید آهن، اندازه محاسبه شده کریستالیت‌ها برابر ۱۴ نانومتر برآورد شده است (۲۱). نتایج حاصل از XRD با نتایج به‌دست آمده از آنالیز اندازه ذرات همخوانی داشته و سایز نانوذرات تولید شده قابلیت استفاده در دارورسانی‌های هدفمند را دارد.

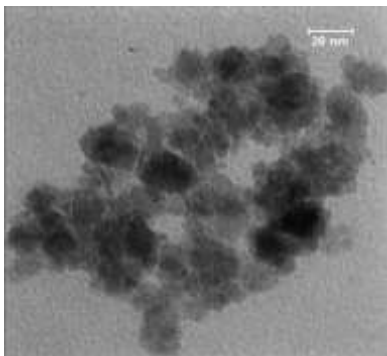
آنالیز XRD (PW1730, Philips) به‌منظور اثبات تشکیل نانوذرات اکسید آهن انجام گرفت. پراش پرتو ایکس در این پژوهش نشان داد که نانوذرات  $Fe_3O_4$  تولید شده ساختار منظم و کریستالی دارند. الگوی پراش از زوایای پراش  $25^\circ$  تا  $85^\circ$  درجه است. پیک‌ها در شکل شماره ۵ نشان داده شده است. همه قله‌های پراش را می‌توان از با داده‌های استاندارد JCPDS (77-1545) مقایسه کرد. بر اساس این شکل، در  $2\theta$  زوایای  $36^\circ/30^\circ$ ،  $64^\circ/35^\circ$ ،  $79^\circ/53^\circ$ ،  $38^\circ/56^\circ$  و  $67^\circ/74^\circ$  با ایندکس ۲۲۰، ۳۱۱،





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

می‌دهد. تصاویر TEM ذراتی کروی شکل و ابرمانند در فرم‌های تجمع یافته را نشان می‌دهد که پوشش‌دهی با کلرامفنیکل در آن قابل مشاهده است. پراکندگی یکنواخت و ابعاد بین ۲۰ تا ۴۰ نانومتر است (۲۲).



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

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

آنتی‌بیوتیک کلرامفنیکل بر روی نانوذرات و تأثیر آن بر روی میکروارگانیسم‌های بررسی شده است. بر اساس نتایج، بیشترین خاصیت ضد میکروبی مربوط به نانوذرات اکسید آهن پوشش داده شده با کلرامفنیکل، بر روی استافیلوکوکوس اورئوس در غلظت ۱۰۰ (قطر هاله عدم رشد ۱۱/۲۵ میلی‌متر) و کمترین میزان خاصیت ضد میکروبی مربوط به نانوذره 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 ضد میکروبی 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 ضد میکروبی افزایش معناداری نشان داد و میزان خاصیت ضد میکروبی در نانوذرات اکسید آهن پوشش‌دهی شده با کلرامفنیکل 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)

میکروارگانیزم	غلظت	نانوذرة اکسید آهن	نانوذرة اکسید آهن پوشش داده شده با کلرامفنیکل	کلرامفنیکل	جنتامایسین
استافیلوکوکوس اورئوس	۲۵	-	۷±۰/۲۴	۱۵±۰/۸۵	۱۸±۱/۳۱
	۵۰	۸/۲۵±۰/۳	۹/۵±۰/۳۳		
	۷۵	۹±۰/۲۷	۱۰/۷۵±۰/۵۱		
	۱۰۰	۱۰/۵±۰/۲۵	۱۱/۲۵±۰/۲۵		
اشرشیاکلی	۲۵	-	-	۱۳±۰/۹۰	۱۶±۱/۲۵
	۵۰	۷±۰/۳۲	۷/۵±۰/۳۴		
	۷۵	۸±۰/۲۱	۸/۵±۰/۳۲		
	۱۰۰	۹/۵±۰/۳۸	۹/۵±۰/۱۷		

کلرامفنیکل بر روی باکتری استافیلوکوکوس اورئوس (MIC = ۰/۳۹) و کمترین تأثیر مهارکنندگی مربوط به نانوذرة اکسید آهن بر روی باکتری اشرشیاکلی (3.12 MIC =) بوده است (۲۴).

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

نمونه	نانوذرة اکسید آهن	نانوذرة اکسید آهن پوشش داده شده با کلرامفنیکل
استافیلوکوکوس اورئوس	۱/۵۶	۰/۳۹
اشرشیاکلی	۳/۱۲	۰/۷۸

کلرامفنیکل 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 (۲۵).

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

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

بر اساس بررسی‌ها، نانوذرات اکسید آهن و نانوذرات اکسید آهن پوشش داده شده با کلرامفنیکل، قابلیت مهار رشد باکتری‌های بررسی شده را داشته‌اند. بیشترین تأثیر مربوط به نانوذرات اکسید آهن پوشش داده شده با

بر اساس نتایج MBC نیز مشخص شد، هم نانوذرات اکسید آهن و هم نانوذرات اکسید آهن پوشش داده شده با کلرامفنیکل قابلیت مهار رشد باکتری‌های بررسی شده را داشته‌اند. در عین حال، بیشترین تأثیر باکتری‌کشی مربوط به نانوذرات اکسید آهن پوشش داده شده با

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). اندازه

## 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 دارورسانی‌های 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 جذب 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 ایجاد شده انجام گردید. باند  $3464\text{ cm}^{-1}$  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 Fe-O در طیف FTIR به دست آمده از نانوذرات سنتز شده در محدوده  $450\text{ cm}^{-1}$  و  $558\text{ cm}^{-1}$  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 سنتز شده به وسیله تکنیک‌های XRD و پارتیکل سائز 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 سائز 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 مورد نیاز داروها و همچنین کاهش آسیب به بافت‌های طبیعی را دارند. بدین منظور، پوشش‌دهی نانوذرات توسط داروی کلرامفنیکل انجام شد. از فن‌های طیف‌سنجی IR و TEM، برای تأیید پوشش‌دهی بر

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

در این پژوهش برای اولین بار، سنتز سبز نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن با استفاده از عصاره گیاه شکر تیغال انجام شد و اثر پوشش‌دهی با آنتی‌بیوتیک کلرامفنیکل مطالعه گردید. نانوذرات اکسید آهن به طور مؤثر می‌توانند حامل ترکیبات دارویی مانند آنتی‌بیوتیک‌ها باشند. 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 شکر تیغال توانایی تولید نانوذرات اکسید آهن را دارد. حضور گروه‌های احیاکننده در عصاره گیاه عامل تولید این ذرات است. در پژوهشی، خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره گیاه شکر تیغال بررسی شده است. نتایج این بررسی نشان می‌دهد، شکر تیغال 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 سنتز 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 خطرناک در این روش به کمک گیاه شکر تیغال امکان پذیر شده است.

در پژوهش اخیر، ظاهر شدن رنگ قرمز مایل به قهوه‌ای، اولین نشانه از احیای یون فلزی و سنتز 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 طیف‌سنجی مرئی-ماوراءبنفش پیک جذبی در  $200-300$  نانومتر را نشان می‌دهد. حضور پیک جذبی در محدوده  $200-300$  نانومتر تأییدی بر سنتز نانوذرات اکسید آهن است. نتایج به دست آمده از طیف‌سنجی مرئی-ماوراءبنفش نانوذرات اکسید آهن سنتز شده به کمک

مناسب دارو است. بر اساس نتایج MBC نیز، نانوذرات اکسید آهن و نانوذرات اکسید آهن پوشش داده شده با کلرامفنیکل، توانایی مهار رشد باکتری‌های مطالعه شده را داشتند. بیشترین تأثیر باکتری‌کشی به نانوذرات اکسید آهن پوشش داده شده با کلرامفنیکل به باکتری‌های استافیلوکوکوس 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، پوشش‌دهی نانوذرات اکسید آهن با آنتی‌بیوتیک کلرامفنیکل سبب افزایش خاصیت ضد میکروبی نانوذرات شد که تأییدی بر مناسب بودن روش بارگذاری است. با توجه به افزایش خاصیت آنتی‌باکتریالی نانوذرات پوشش‌دهی شده با کلرامفنیکل 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 ضدباکتری بالاتری از خود بروز می‌دهند، اهمیت بیشتری پیدا کرده است؛ در نتیجه، نانوذرات سنتز شده می‌توانند بستر مناسبی برای ترکیبات دارویی از جمله داروی کلرامفنیکل باشند. مطالعات آینده می‌تواند شامل تجزیه و تحلیل میزان سمیت نانوذرات پوشش‌دهی شده باشد؛ همچنین میزان تخریب DNA و RNA سلولی در معرض نانوذرات می‌بایست بررسی گردد.

روی نانوذرات استفاده گردید. با استفاده از تصاویر TEM پوشش‌دهی نانوذرات اکسید آهن به کمک داروی کلرامفنیکل قابل اثبات است. ماهیت و اندازه نانوذرات سنتز شده 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 هم‌خوانی دارد (۳۶).

در این تحقیق، به منظور بررسی کارایی نانوذرات حامل دارو، خواص آنتی‌باکتریالی نانوذرات پوشش‌دهی شده با آنتی‌بیوتیک کلرامفنیکل با نانوذرات بدون پوشش مقایسه گردید. نتایج پژوهش بالا بیانگر آن بود که نانوذرات سنتز شده 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 استافیلوکوکوس 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 سانتوشی و همکاران مطابقت دارد. نانوذرات اکسید آهن سنتز شده با کمک عصاره گیاه در تحقیق آن‌ها، فعالیت ضدباکتری نیرومندی در برابر باکتری‌های گرم مثبت از خود نشان دادند (۳۸). یکی از مهم‌ترین مزیت‌های سنتز انجام شده در مطالعه ما، 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. Veisheh 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<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 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.1051.39
  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 phoenix *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, Meeranayisha 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, Baghlaninejazi 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. Charbgo 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<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles and its application in preparation of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/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. Firoozi 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 the cytotoxicity and DNA damage of human breast carcinoma 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

Ahmadiéh R<sup>1</sup>, Mohseni S<sup>1\*</sup>

(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 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 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