

سنتز نانوذرات اکسید مس و بررسی خصوصیات باکتری کشی آن بر روی باکتری *آئروموناس هیدروفیلا*سیده فاطمه شفیعی^{۱*}، محمد احمدی^۱، سید رضا شفیعی^۲، مریم شاپوری^۱، حسین ورشویی^۱، فرشید آذری^۳

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سواد کوه، گروه منابع طبیعی، سواد کوه، ایران.

۲- باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائمشهر، قائمشهر، ایران.

۳- باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه، سوادکوه، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۱۱/۱۶

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۰۷/۰۳

چکیده

زمینه و هدف: CuO یکی از مهمترین اکسیدهای فلزی واسطه است که دارای خصوصیات منحصر به فردی می باشد، در مصارف فناورانه مختلفی نظیر ابر رساناها، حسگرهای گازی مورد استفاده قرار می گیرد. اخیراً، CuO به عنوان یک عامل ضد میکروبی بر علیه گونه های باکتریایی متعددی استفاده شده است. در تحقیق حاضر نانوذرات CuO را سنتز نموده و فعالیت ضد میکروبی آن مورد بررسی قرار دادیم.

مواد و روش ها: نانوذرات مس دارای اندازه تقریباً یکنواخت ۵-۶ nm مورد سنتز قرار گرفت. تکنیک مورد استفاده فاقد حلال های سمی آلی و آمین ها بوده و براساس واکنش ساده سولفات مس و آب دیونیزه انجام پذیرفته است. همچنین اثرات باکتری کشی نانوذرات اکسید مس بر روی باکتری (*ATCC 7966T Aeromonas hydrophila*) مورد بررسی قرار گرفت. حداقل غلظت مهارکنندگی رشد باکتری (MIC) و حداقل غلظت باکتری کشی (MBC) به وسیله روش نفوذ چاهی و محیط کشت مایع برای همه ی محیط های کشت حاوی *آئروموناس هیدروفیلا* تعیین شد.

نتایج: طیف XRD تشکیل نانوذرات CuO تک فاز را مورد تأیید قرار می دهد. حداقل اندازه کریستال نانوذرات CuO، ۵-۶ nm مشاهده شده، نتایج میکروسکوپ عبور الکترون، نتایج حاصل از طیف سنجی پرتو X-را تأیید می کند. نانوذرات CuO اثرات بازدارندگی را بر علیه باکتری گرم منفی نشان داده اند.

نتیجه گیری: مطالعه اخیر اثبات می کند که نانوذرات اکسید مس دارای توانایی بالقوه ای به عنوان یک عامل ضد میکروبی بر علیه باکتری *آئروموناس هیدروفیلا* می باشد.

کلمات کلیدی: نانوذرات، *آئروموناس هیدروفیلا*، اکسید مس، فعالیت ضد میکروبی

مقدمه

آب شیرین از جمله آزاد ماهیان پرورشی عبارتند از: *آئروموناس هیدروفیلا*^۲، *آئروموناس کاویا*^۳ و *آئروموناس ورونی بیوار سوربریا*^۴ می باشد. از جمله مشخصات این ارگانیسم ها عبارتند از: ارگانیسم های بی هوازی اختیاری، گرم منفی، متحرک به واسطه ی تنها تازک قطبی، میله ای با انتهای گرد تا کوکوییدی، به صورت تک، دوتایی و یا زنجیره های کوتاه که در گسترش های رنگ آمیزی دیده می شود (۱). این باور که نانوذرات تکنولوژی عصر دیگری از علوم

*آئروموناد*های متحرک^۱، بسیاری از مهره داران، از جمله قورباغه ها، سوسمارها و انسان را آلوده می کنند. گزارش های مربوط به عفونت دستگاه گوارش و عمومی در انسان در حال افزایش است، اما همه جایی بودن این باکتری ها به همراه مواجهه ی مکرر انسان با این عوامل بیماری زا نشان می دهد که ممکن است خطر عفونت مشترک بین ماهی و انسان نسبتاً پایین باشد. *آئروموناس* های متحرک عامل سپتی سمی هموراژیک در ماهیان

1 - Motile aeromonad infection

2- *Aeromonas hydrophila*3 - *A. caviae*4 - *A. veronii bivar sorberia*

* نویسنده مسئول: سیده فاطمه شفیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سواد کوه، گروه منابع طبیعی، سواد کوه، ایران. تلفن: ۰۹۳۷۰۰۱۶۰۴۹
Email: f.shaffiey@yahoo.in



که با افزایش pH به ۸ رسوب کاملاً آبی رنگ هیدروکسید مس $\text{Cu}(\text{OH})_2$ تشکیل شد. در این هنگام رسوب به دست آمده صاف گردید و برای از بین بردن ناخالصی‌ها ۴ مرتبه بوسیله‌ی آب دیونیزه مورد شستشو قرار گرفت. در ادامه رسوب $\text{Cu}(\text{OH})_2$ حاصل به مدت ۱ ساعت در آون با دمای 400°C قرار گرفت. و نهایتاً رسوب سیاه رنگ اکسید مس (CuO) تشکیل شد.

بررسی خصوصیات اکسید مس:

نانو ذرات CuO سنتز شده بوسیله‌ی روش پراش پرتو-X (XRD)، اسپکتروسکوپی مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR)، میکروسکوپ اسکن الکترونی (SEM) و میکروسکوپ عبور الکترون (TEM) مورد بررسی قرار گرفت. خاصیت کریستالی، ساختار و اندازه کریستال نانو ذرات CuO به وسیله تکنیک XRD با استفاده از Rigaku-Miniflex X-ray diffractometer (Rigaku Corporation, Tokyo, Japan) با تابش $\text{Cu-K}\alpha$ ($\lambda=0.15406\text{ nm}$) در گستره 2θ از 20° تا 80° تعیین شد. آنالیز SEM به وسیله‌ی سیستم (JEOL JSM5600) از شرکت (JEOL Ltd, Yokyo, Japan) صورت گرفت. طیف FTIR نمونه‌های به دست آمده بوسیله‌ی اسپکتروفتومتر FTIR (Perkin Elmer) از شرکت (Perkin Elmer Inc, Waltham, MA) به دست آمد. آنالیز TEM به وسیله میکروسکوپ عبور الکترون 200KVEOL (JEOL Ltd, Tokyo, Japan) انجام شد.

بررسی غلظت بحرانی و تأثیر گذاری نانو ذرات:

روش‌های مختلفی برای تعیین حساسیت باکتری‌ها به نانو ذرات و آنتی بیوتیک‌ها وجود دارد، در این مطالعه از روش نفوذ چاهی^۱ (ایجاد چاهک در پلیت) استفاده گردید (۱۱). در ابتدا باکتری (*Aeromonas hydrophila* ATCC 7966T) در محیط پپتون واتر کشت داده شد و با استفاده از محلول نیم مک فارلند و دستگاه اسپکتروفتومتر UV/Vis. محلول حاوی تعلیق باکتریایی به غلظت $10^8 \times 1/5\text{ cfu/ml}$ در محیط پپتون واتر تهیه گردید. سپس، $100\text{ }\mu\text{l}$ از این تعلیق باکتریایی بر روی ۳ عدد پلیت محیط کشت نوترینت آگار آماده شده عاری از آلودگی تزریق شد و پس از پخش تعلیق باکتریایی به تمام سطح محیط کشت، محیط‌های کشت به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه به حال خود گذاشته شدند تا

است و تلفیقی از مهندسی و زیست شناسی، شیمی، پزشکی و فیزیک می‌باشد را عموم دانشمندان پذیرفته‌اند (۲). بررسی‌ها نشان داده است که هر چه اندازه نانو ذرات کوچکتر باشد، خصوصیات و فعالیت‌های جدید و متفاوت‌تری از خود نشان می‌دهند. این ویژگی‌ها باعث شده است که امروزه سرعت استفاده از نانو مواد بسیار سریع گسترش یابد (۳-۵). تغییرات ضد میکروبی که از رشد باکتری‌های بیماری‌زا ممانعت می‌کنند، یک هدف مطلوب محسوب می‌شود. عوامل ایجاد کننده عفونت‌ها می‌توانند متعدد باشند. تشکیل کلنی، رشد سلول باکتری و تشکیل ماتریکس‌های بیوفیلیمی فشرده میکروبی، باکتری‌ها را در مقابل سیستم دفاعی میزبان مقاوم می‌کند؛ که نانو ذرات از تشکیل این عوامل دفاعی میکروب در برابر سیستم ایمنی میزبان جلوگیری می‌کنند. نانو مواد اکسید فلزی، دارای فعالیت سلول کشی گسترده‌ای هستند که علیه باکتری، قارچ و ویروس فعالیت دارند. اکسید مس (CuO) به واسطه‌ی خواص قابل توجه یکی از مهمترین اکسیدهای فلزات واسطه می‌باشد. اکسید مس به عنوان یک عامل ضد میکروبی بر روی گونه‌های مختلف باکتریایی مورد استفاده قرار گرفته است (۶-۹). اگر چه تنها مطالعات اندکی درباره خواص ضد میکروبی اکسید مس (CuO) گزارش شده با این حال، این گزارشات نشان داده‌اند که نانو ذرات اکسید مس توانایی بالقوه‌ای به عنوان یک عامل ضد باکتریایی دارند (۱۰).

مواد و روش‌ها

مواد و سوش باکتری مورد بررسی:

برای این مطالعه سوش باکتری *آئروموناس هیدروفیلا* ATCC 7966T استفاده گردید. جهت رشد محیط‌های کشت آگار مغذی (E. Merck Co; Darmstadt Germany) و پپتون واتر (E. Merck Co; Darmstadt Germany) مورد استفاده قرار گرفت.

تهیه نانو ذرات:

روش سنتز: محلول آبی سولفات مس (0.1 M) بوسیله‌ی آب دیونیزه تهیه گردید. سپس محلول غلیظ سود تا حد اشباع به محلول سولفات مس افزوده شد تا pH محلول به ۷ رسید. در این حالت مقدار رسوب تشکیل شده مجدداً شروع به حل شدن کرد

^۱ - Well diffusion

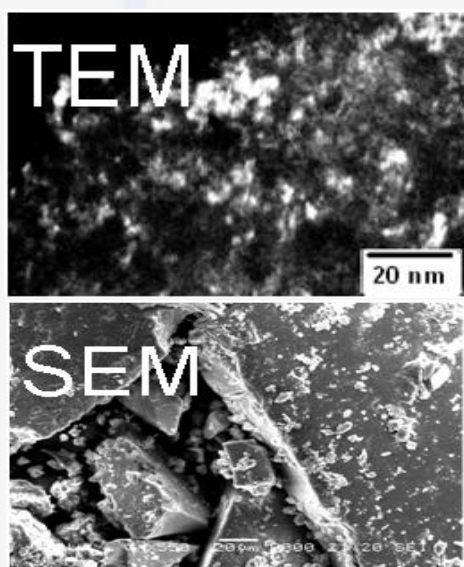
انکوباسیون مراحل شیک کردن هر دو ساعت تکرار گردید. میزان کاهش غلظت باکتری (باکتری کشی) به صورت بررسی کاهش جذب در ۶۰۰ nm با استفاده از اسپکتروفتومتر (Thermo, M5, Germany) تعیین شد. آزمایش‌ها همچنین شامل یک کنترل مثبت (لوله حاوی نانو ذرات و محیط پپتون واتر) و کنترل منفی (لوله حاوی باکتری و محیط پپتون واتر) بوده است. کنترل منفی رشد باکتری و افزایش میزان جذب را در عدم حضور نانو ذرات نشان می‌دهد. مقادیر جذب برای کنترل مثبت از طریق مقادیر تجربی استخراج شدند. روند ذکر شده در بالا ۳ مرتبه تکرار گردید و انحراف استاندارد مقادیر مورد محاسبه قرار گرفت.

بررسی اثر اختلاط نانو ذرات اکسید مس و آنتی بیوتیک تتراسایکلین:

به منظور بررسی اثر اختلاط نانو ذرات اکسید مس و آنتی بیوتیک تتراسایکلین و خواص ضد میکروبی آن‌ها با نسبت‌های حجمی ۵۰:۵۰ تهیه گردید که مطابق روش نفوذ چاهی میزان بازداري آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

به منظور بررسی مورفولوژی و قطر نانو ذرات و نسبت سطح به حجم این نانو ذرات تصاویر SEM و TEM این نانوذرات در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱: تصاویر SEM و TEM نانو ذرات اکسید مس

باکتری‌ها جذب محیط کشت نوترینت آگار شوند. در ادامه ۴ چاهک به قطر ۸ mm درون محیط‌های کشت پانچ شدند. چاهک‌های ایجاد شده به وسیله ۱ ml از نوترینت آگار مایع به منظور جلوگیری از نشت از انتهای پلیت نشت گیری شدند. در هر سه محیط کشت ۲ چاهک از ۴ چاهک، یکی به عنوان کنترل منفی و دیگری به عنوان کنترل مثبت قرار گرفت، که چاهک کنترل مثبت حاوی ۱۰۰ µl محلول تتراسایکلین با غلظت ۷mg/L و چاهک کنترل منفی حاوی ۱۰۰ µl آب مقطر بوده است. در دو چاهک باقیمانده از سه محیط کشت، در محیط کشت A درون چاهک یک ۱۰۰ µl از محلول نانو ذرات ۲۰ درصد (۲۰ µg/ml) و چاهک دو ۱۰۰ µl نانو ذرات ۴۰ درصد (۴۰ µg/ml) تزریق شد. در محیط کشت B نیز درون چاهک یک ۱۰۰ µl محلول نانو ذرات ۶۰ درصد (۶۰ µg/ml) و در چاهک دو ۱۰۰ µl از محلول نانو ذرات ۸۰ درصد (۸۰ µg/ml) تزریق گردید. در انتها در محیط کشت C در هر دو چاهک باقی مانده، ۱۰۰ µl از محلول نانو ذرات ۱۰۰ درصد (۱۰۰ µg/ml) تزریق شد و هر سه محیط کشت (A, B, C) به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور با دمای ۳۷°C قرار داده شدند تا مرحله‌ی انکوباسیون سپری شود. پس از گذشت ۲۴ ساعت، اندازه منطقه ممانعت از رشد، قطر هاله عدم رشد، به وسیله خط کش بر حسب میلی متر مورد بررسی قرار گرفت و میزان حساسیت باکتری آئروموناس هیدروفیلا نسبت به غلظت‌های متفاوت نانو ذرات اکسید مس تعیین گردید. تمام مراحل فوق ۳ مرتبه تکرار شد و انحراف استاندارد نتایج مورد ارزیابی قرار گرفت ($P < 0.04$).

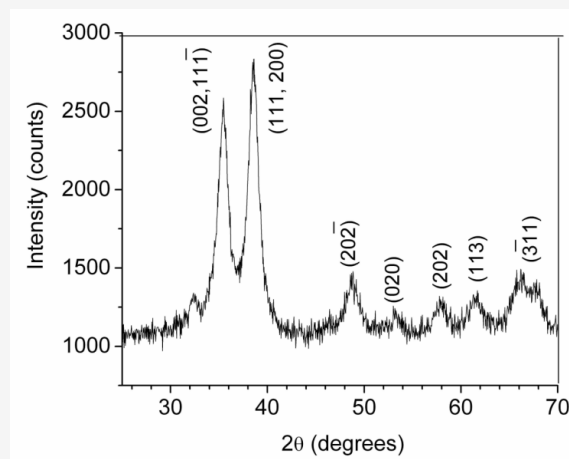
بررسی سینتیک کشندگی نانو ذرات:

حداقل غلظت باکتری کشی (MBC) بر اساس محیط‌های کشت مایع حاوی غلظت‌های متفاوت نانو ذرات اکسید مس به صورت ۰ - ۳۰۰ µg/ml مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور لوله‌های آزمایش استریل، هر کدام حاوی ۵۰ ml محلول پپتون واتر حاوی تعلیق باکتری با غلظت $1/5 \times 10^8$ cfu/ml تهیه شد. سپس مقادیر تعلیق کلونیدی نانو ذرات اکسید مس با نسبت‌های ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۲۴۰ و ۳۰۰ به لوله‌های آزمایش افزوده شد. به منظور جلوگیری از تجمع نانو ذرات و یکنواختی، ظروف حاوی محلول‌ها به وسیله‌ی شیکر یکنواخت شدند. در ادامه لوله‌ها به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور قرار داده شد و در طی مدت

جدول استاندارد تعیین می‌شود (۱۲)، و اندازه‌ی ناحیه ممانعت رشد تحت تاثیر فاکتورهایی نظیر میزان انتشار آنتی بیوتیک و میزان رشد ارگانیسم واقع می‌شود در خصوص آنتی بیوتیک تتراسایکلین که جز آنتی بیوتیک‌های گزینشی باکتری *آئروموناس هیدروفیلا* می‌باشد ناحیه ممانعت ۱۰mm شد، که با توجه به مقادیر گزارش شده این باکتری جز گونه‌های مقاوم طبقه بندی می‌شود. نواحی بازداري باکتری *آئروموناس هیدروفیلا* در غلظت‌های مختلف نانو ذرات CuO در شکل ۳ ارائه شده است. مقادیر حداقل غلظت بازداري (MIC) و باکتری کشی (MBC) نانو ذرات اکسید مس در جدول ۱ ارائه شده است.

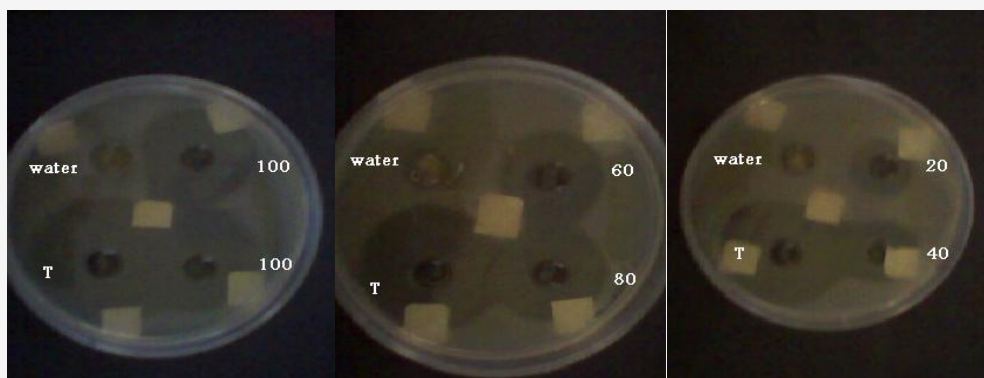
همان طور که از مقادیر مشاهده می‌گردد در غلظت ۲۴۰ µg/ml از نانو ذرات اکسید مس، میزان غلظت باکتریایی تا ۹۹/۹۹ درصد کاهش یافته است. قطر ناحیه بازداري، ممانعت از رشد، حاصل از ادغام نانو ذرات اکسید مس و آنتی بیوتیک تتراسایکلین ۱۲ میلی متر به دست آمد که افزایش قابل توجهی را در مقدار ناحیه بازداري از خود نشان می‌دهد که این بیانگر افزایش قدرت ضد باکتریایی ادغام نانو ذرات اکسید مس و آنتی بیوتیک تتراسایکلین می‌باشد.

از روی تصاویر گرفته شده اثبات شد که نانو ذرات اکسید مس دارای قطر تقریبی ۵-۶ نانومتر می‌باشد. همچنین به منظور بررسی خلوص نانو ذرات تولید شده طیف پراش پرتو-X (XRD) مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۲).



شکل ۲: طیف پراش پرتو X- (XRD) نانو ذرات CuO

با افزایش درصد نانو ذرات و در پی آن غلظت آن‌ها، ناحیه



شکل ۳: نواحی بازداري باکتری *آئروموناس هیدروفیلا* در غلظت‌های مختلف نانو ذرات CuO

بحث و نتیجه گیری

یکی از مهمترین زمینه‌های کاربرد نانو تکنولوژی که مزایای زیادی را برای بشریت در آینده فراهم می‌آورد در زمینه داروها می‌باشد (۱۳). همچنین توسعه‌های نانو تکنولوژیک علاقه زیادی را در زمینه میکروبیولوژی ایجاد کرده است، خصوصاً سنتز

بازداري گسترده تر شده و خاصیت ضد باکتریایی افزایش می‌یابد. در گستره ۸۰ تا ۱۰۰ درصد حجمی و درصد بازداري ثابت شده و نزدیک به ناحیه بازداري ایجاد شده توسط آنتی بیوتیک تتراسایکلین می‌باشد، که بیانگر توانایی بسیار بالای نانو ذرات CuO برای باکتری کشی در برابر باکتری *آئروموناس هیدروفیلا* می‌باشد. از آنجایی که MIC با مقایسه ناحیه ممانعت با معیارهای MIC در

جدول ۱: مقادیر حداقل غلظت بازداری (MIC) و حداقل غلظت باکتری کشی (MBC) نانوذرات CuO برای باکتری *آئروموناس هیدروفیلا*

غلظت نانوذرات CuO ($\mu\text{g/ml}$)	ناحیه بازداری MIC (mm)	غلظت MBC (Log CFU/ml)
کنترل منفی (فاقد نانوذرات CuO)	۰	$6/7 \pm 0/0$
۶۰	۳	$6/1 \pm 0/0$
۱۲۰	۵	$4/3 \pm 0/0$
۱۸۰	۶	$2/8 \pm 0/0$
۲۴۰	۸	$1/2 \pm 0/0$
۳۰۰	۸	NCD

NCD: سلول باکتری قابل کشت یافت نشد.

گرفتند که مشاهده شد این دسته از مواد دارای پتانسیل بالقوه‌ای برای استفاده در کاربردهای ضد میکروبی می‌باشند. در این تحقیق، بر روی نانوذرات اکسید مس (CuO) تمرکز گردید و خواص ضد میکروبی آن به عنوان یک داروی جایگزین جدید مورد بررسی قرار گرفت (۱۱). اطلاعات اندکی در مورد فعالیت ضد میکروبی نانوذرات CuO در دسترس است. CuO از ترکیبات نقره ارزانتر است و به آسانی با پلیمرها مخلوط می‌گردد و از لحاظ فیزیکی و شیمیایی نسبتاً پایدار است (۲۱). نانوذرات به شدت یونی اکسید فلزی نظیر CuO، دارای پتانسیل لازم برای کاربرد به عنوان عوامل ضد میکروبی می‌باشند و می‌توانند با ناحیه سطحی بسیار وسیع و مورفولوژی‌های کریستالی مختلفی تهیه شوند (۲۲). روپارلیا و همکاران غلظت یون‌های آزاد شده برای ۱۰ mg نانوذرات مس معلق در ۱۰۰ ml محیط نوترینت و آب مقطر را مورد بررسی قرار دادند (۲۳). آن‌ها دریافتند که غلظت یون‌های Cu^{2+} آزاد شده در محیط نوترینت بعد از ۲۴ ساعت انکوباسیون ۱۷ mg/l^{-1} بود، در حالی که در آب مقطر تحت شرایط مشابه بعد از دوره ۲۴ ساعته غلظت یون‌های آزاد شده ۰/۵ mg/l^{-1} بود. این نتایج نشان می‌دهد که محیط نوترینت می‌تواند آزاد شدن

داروها در ابعاد نانو با خواص فیزیکی و شیمیایی وابسته به هم که رویکرد مهمی برای مقابله با میکروب‌های عفونت‌زا می‌باشد (۱۴). در سال‌های اخیر، بررسی‌های آزمایشگاهی نشان داده‌اند که برخی از داروها در فرم نانومتری دارای فعالیت ضد باکتریایی مؤثرتری هستند (۱۵). یون و همکاران (۱۶) اثرات ضد باکتریایی اکسید مس و نقره را برای *اشریشیا کلی* و *باسیلوس ساب‌تیلیس* گزارش کردند، که نانوذرات اکسید مس فعالیت ضد باکتریایی بیشتری در مقایسه با نانوذرات نقره از خود نشان دادند. نانوذرات اکسید مس و نقره نشانده شده روی مواد مناسب مختلف از قبیل کربن، فوم پلی اورتان، پلیمرها نیز به طور مؤثری برای کاربردهای ضد باکتریایی مناسب می‌باشند (۲۰-۱۷). امیر اعظم و همکاران در سال ۲۰۱۲ در تحقیقات خود بر روی نانوذرات اکسید مس نشان دادند که نانوذرات اکسید مس فعالیت ضد میکروبی قابل توجهی را هم در مورد باکتری‌های گرم مثبت (*بی. ساب‌تیلیس* و *اس. آئروئوس*)^۱ و هم باکتری‌های گرم منفی (*اشریشیا کلی* و *پی. آئروگینوسا*)^۲ از خود نشان می‌دهد. خواص ممانعت از رشد باکتری مشاهده شده در این مطالعه به اندازه نانوذرات وابسته بودند. در این آزمایش‌ها، نانوذرات اکسید فلزی خصوصاً مورد بررسی قرار

^۱ - *S. Aureus*

^۲ - *P. aeruginosa*



مس و آنتی بیوتیک تتراسایکلین نواحی ممانعت بزرگتری را در مقایسه با اکسید مس و همچنین آنتی بیوتیک تتراسایکلین به تنهایی ایجاد کرده‌اند که این بیانگر افزایش اثر و قدرت ضد میکروبی مخلوط فوق می‌باشد. دلیل روشنی برای این افزایش فعالیت به طور واضح در نوشتارها بیان نگردیده است، اما گمان بر این است که این حالت به واسطه ادغام اثرات ضد باکتریایی نانو ذرات و آنتی بیوتیک و افزایش مکانیزم‌های اثر دارو باشد که در برابر باکتری‌های مقاوم به دارو مانع از سازگاری میکروارگانیسم می‌گردد (۳۲).

مکانیسم واکنش بین تتراسایکلین و اکسید مس به درستی روشن نشده است. از این رو، این تحقیق کاربرد این واکنش را مورد مطالعه قرار می‌دهد. با این وجود مشخص شده است که اولین گروه دهنده‌ای که با مس پیوند برقرار می‌کند اتم O3 است، که در pHهای نسبتاً پایین شروع به دپروتونه شدن می‌کند. زمانی که pH افزایش می‌یابد همان طور که گروه OH12 تفکیک می‌شود کیلیت شدن برای سیستم O 10 – O 12 رخ می‌دهد. دپروتونه شدن نهایی لیگاند در گروه C4 دی متیل آمونیوم، با تغییر جدید در وضعیت پیوند در مجموعه دهنده N4 – OH 12 منجر به تشکیل کیلیت می‌گردد (۳۳).

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از دانشگاه آزاد اسلامی واحد سواد کوه به سبب در اختیار قرار دادن امکانات آزمایشگاهی تشکر می‌گردد.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تعارض منافی را اعلام نکرده‌اند.

یون‌های Cu^{2+} را تسهیل نماید. رهایش قابل توجه یون‌های Cu^{2+} در محیط نوترینت احتمالاً می‌تواند ناشی از برهمکنش یون‌های کلرید محیط با لایه اکسید سطح نانو ذرات باشد (۱۰). بر این اساس، اثرات ضد باکتریایی نانو ذرات اکسید مس مشاهده شده در این تحقیق نیز ممکن است به واسطه‌ی رهایش یون‌های Cu^{2+} در محلول ایجاد شده باشد. حضور نانو ذرات در تعلیق می‌تواند رهایش پیوسته یون‌ها را به درون محیط نوترینت تضمین نماید. به علاوه حضور اتم‌های اکسیژن در ساختار نانو ذرات در پی رهایش یون‌های Cu^{2+} می‌تواند با تشکیل گونه‌های پر اکسید همراه باشد که این فاکتور نیز می‌تواند نقش مؤثری در فعالیت ضد باکتریایی به واسطه اثرات اکسیدی ایفا نماید.

یون‌های فلزات سنگین دارای اثرات متفاوتی بر روی عملکرد سلول باکتری می‌باشند. برای یون‌های Cu، مکانیزم می‌تواند شامل استرس‌های اکسیدی باشد (۱۰). چرخه ردوکس (اکسیداسیون و احیاء) یون‌های Cu در نتیجه کاهش گلووتاتیون و تأثیر بر گروه‌های سولفیدریل پروتئین‌ها سبب تخریب DNA و اکسید شدن لیپیدها می‌شود (۲۴). اثرات ضد باکتریایی نانو ذرات به غلظت نانو ذرات و غلظت ابتدایی باکتری وابسته است (۲۵). اکسی تتراسایکلین مانند تمامی اعضای گروه تتراسایکلین از طریق اتصال به واحد ۳۰S ریبوزوم و از طریق مهار سنتز پروتئین باکتری اثر می‌کند. بنابراین این دارو طبیعتاً باکتریو استاتیک است (۲۶). کمپلکس‌های تتراسایکلین با یون‌های فلزی در مطالعات بسیاری مورد بررسی قرار گرفته‌اند (۲۷-۳۱). تتراسایکلین آنتی بیوتیکی با گستره وسیع استفاده است که برای بیش از ۵۰ سال مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در این مطالعه مشاهده گردید که مخلوط نانو ذرات اکسید

References

1. Soltani M. Salmonid diseases. Tehran University Press; 2002. P. 77, 84 [In Persian].
2. Hatchett DW, Josowicz M. Composites of intrinsically conducting polymers as sensing nanomaterials. J Chem Rev. 2008; 108(2): 746-769.
3. Kumar A, Jakhmola A. RNA-mediated fluorescent Q-Pb nanoparticles. Langmuir. 2007; 23: 2915-2918.
4. Aslan K, Geddes CD. Metal-enhanced fluorescence: an emerging tool in biotechnology. Curr Opin Biotech. 2005; 16(1): 55-62.
5. Sosa I O, Noguez C, Barrera R G. Optical properties of metal nanoparticles with arbitrary shapes. J Phys Chem. 2003; B107(26): 6269-6275.
6. Horiguchi H. Chemistry of Antimicrobial Agents.



- Tokyo, Japan: Sankyo Press; 1980. P. 46.
7. Ojas M, Bhagat M, Gopalakrishnan C, Arunachalam KD. Ultrafine dispersed CuO nanoparticles and their antibacterial activity. *Journal of Experimental Nanoscience*. 2008; 3(3): 185–193.
 8. Li B, Yu S, Hwang JY, Shi S. Antibacterial vermiculite nano-material. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*. 2002; 1(1): 61–68.
 9. Condorelli GG, Costanzo IL, Fragala IL, Giuffrida S, Ventimiglia G. A single photochemical route for the formation of both copper nanoparticles and patterned nanostructured films. *J Mater Chem*. 2003; 13(10): 2409–2411.
 10. Cioffi N, Torsi L, Ditaranto N, Tantillo G, Ghibelli L, Sabbatini L. Copper nanoparticle/polymer composites with antifungal and bacteriostatic properties. *Chem Mater*. 2005; 17(21): 5255–5262.
 11. Azam A, Ahmed A, Oves M, Khan MS, Memic M. Size dependent antimicrobial properties of CuO nanoparticles against Gram-positive and -negative bacterial strains. *International Journal of Nanomedicine*. 2012; 7(1): 3527–3535.
 12. Malekzadeh F, Shahamat M. General microbiology. 3rd ed. Tehran University Press; 2008. P. 239 [In Persian].
 13. Jezowska-Bojczuk M, Lambs L, Kozłowski H, Berthon G. Metal ion-tetracycline interactions in biological fluids. 10. Structural investigations on copper (II) complexes of tetracycline, oxytetracycline, chlortetracycline, 4-(dedi-methylamino) tetracycline, and 6-desoxy -6- demethyltetra-cycline and discussion of their binding modes. *Inorg. Chem*. 1993; 32(4): 428–437.
 14. Neuberger T, Schopf B, Hofmann H, Hofmann M, Von Rechenberg B. Superparamagnetic nanoparticles for biomedical applications: possibilities and limitations of a new drug delivery system. *Magn. Mater*. 2005; 293(1): 483–496.
 15. Webb GF, DAgata EM, Magal P, Ruan S. A model of antibiotic-resistant bacterial epidemics in hospitals. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*. 2005; 102(37): 13343–13348.
 16. Raffi M, Hussain F, Bahtti TM, Akhter JI, Hameed A, Hassan MM. Antibacterial characterization of silver nanoparticles against *E. coli* ATCC- 15224. *J. Mater. Sci. Technol.* 2008; 24(2): 192–196.
 17. Yoon K, Byeon JH, Park J, Hwang J. Susceptibility constants of *Escherichia coli* and *Bacillus subtilis* to silver and copper nanoparticles. *Sci Total Environ*. 2007; 373(2-3): 572–575.
 18. Siva Kumar V, Nagaraja BM, Shashikala V, Padmasri AH, Madhavendra SS, Raju BD, et al. Highly efficient Ag/C catalyst prepared by electro-chemical deposition method in controlling microorganisms in water. *J Mol. Catal. A Chem*. 2004; 223(1): 313–319.
 19. Li Z, Lee D, Sheng X, Cohen RE, Rubner MF. Two-level antibacterial coating with both release-killing and contact-killing capabilities. *Langmuir*. 2006; 22(24): 9820–9823.
 20. Esteban-Cubillo A, Pecharroman C, Aguilar E, Santaren J, Moya JS. Antibacterial activity of copper monodispersed nanoparticles into sepiolite. *J Mater Sci*. 2006; 41(16): 5208–5212.
 21. Xu JF, JiW, Shen ZX, Tang SH, Ye XR, Jia DZ, Xin XQ. Preparation and characterization of CuO nanocrystals. *J Solid State Chem*. 1999; 147(2): 516–519.
 22. Stoimenov PK. Metal oxide nanoparticles as bactericidal agents. *Langmuir*. 2002; 18(17): 6679–6686.
 23. Ruparelia JP, Chatterjee AK, Duttgupta SP, Mukherji S. Strain specificity in antimicrobial activity of silver and copper nanoparticles. *Acta Biomater*. 2008; 4(3): 707–716.
 24. Stohs SJ, Bagchi D. Oxidative mechanisms in the toxicity of metal ions. *Radic Biol Med*. 1995; 18(2): 321–336.
 25. Colaizzi JL, Knevel AM, Martin AN. Biophysical Study of the Mode of Action of the Tetracycline Antibiotics. *J. Pharm. Sci*. 1965; 54(10): 1425–1436.
 26. Hahn, H. (Hrsg.), Antibiotics, Bd. 5, Springer Verlag, Berlin; 1979. P. 304–328.
 27. Menachery MD, Cava MP. Amino derivatives of Anhydrotetracycline. *Can. J. Chem*. 1984; 62(4): 2583–2585.
 28. Dürckheimer W. Tetracycline: Chemie, Biochemie und Struktur-Wirkungs-Beziehungen. *Angew. Chemie*. 1975; 87(21): 751–784.
 29. CD Römpp Chemie Lexikon, Version 1.0, Georg Thieme Verlag, Stuttgart/New York, 1995.
 30. Saber M. Iran generic drugs and drugs classification. 7th ed. Tehran University Press; 2008. P. 155 [In Persian].
 31. Pal S, Tak YK, Song JM. Does the antimicrobial activity of silver nanoparticles depend on the shape of the nanoparticles: A study of the gram-negative bacterium *Escherichia coli*. *Appl Environ Microbial* 2007; 73(6): 1712–1720.
 32. Shahverdi AR, Fakhimi A, Shahverdi HR, Minaian S. Synthesis and effect of silver nanoparticles on the antibacterial activity of different antibiotics against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Nanomed. Nanotechnol. Biol. Med*. 2007; 3(2): 168–171.
 33. Jain P, Pradeep T. Potential of silver nanoparticle-coated polyurethane foam as an antibacterial water filter. *Biotechnol Bioeng*. 2005; 90(1): 59–63.



Original Article

Synthesis of Copper Oxide (CuO) Nanoparticles and Surveying Its Bactericidal Properties against *Aeromonas Hydrophila* Bacteria

Shaffiey S.F.^{1*}, Ahmadi M.¹, Shaffiey S.R.², Shapoori M.¹, Varshoie H.¹, Azari F.³

1- Department of Natural Science, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran.

2- Young Researchers Club, Islamic Azad University, Qaemshahr Branch, Qaemshahr, Iran.

3- Young Researchers Club, Islamic Azad University, Savadkooh Branch, Savadkooh, Iran.

Received: 25 Sep 2014

Accepted: 05 Feb 2015

Abstract

Background & Objective: CuO is one of the most important transition metal oxides due to its exclusive properties. It is used in various technological applications such as superconductors and gas sensors. Recently, it has been used as an antimicrobial agent against various bacterial species. In this study, we synthesized CuO nanoparticles and evaluated their antibacterial property.

Materials & Methods: Single crystalline nanoparticles of copper oxide having almost uniform particle size of 5-6 nm have been synthesized. The used technique is free from toxic solvents and amines, and it is based on a simple reaction of copper sulfate and De-ionized water (DI). In addition, their bactericidal effects against *Aeromonas hydrophila* ATCC 7966T bacteria were investigated. Minimum Inhibitory Concentration (MIC) and Minimum Bactericidal Concentration (MBC) were determined with well diffusion method and liquid culture for all of the *Aeromonas hydrophila* culture medias.

Results: XRD(X Ray Diffraction) spectra confirmed the formation of single phase CuO nanoparticles. A minimum crystallite size of 5-6 nm was observed in the case of CuO nanoparticles. Transmission electron microscopy results corroborate well with XRD results. CuO nanoparticles exhibited inhibitory effects against Gram-negative bacteria.

Conclusion: The present study confirms that copper oxide nanoparticles have great ability as an antimicrobial agent against *Aeromonas hydrophila*.

Keywords: Nanoparticles, *Aeromonas hydrophila*, Copper oxide, Antimicrobial activity

*Corresponding author: Seyedeh Fatemeh Shaffiey, Department of Natural Science, Islamic Azad University, Savadkooh Branch, Savadkooh, Iran.

Tel:+989370016049

Email: f.shaffiey@yahoo.in