

An Investigation of Antibacterial Activity of ZnO Nanoparticle on *Streptococcus iniae* and *Escheria coli*

Parvaneh Mohammadbeigi^{1*}, Mohammad Sodagar¹, Mohammad Mazandarani¹, Seyedeh Sedigheh Hoseini²

¹Faculty of Fisheries & Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Gorgan, Iran.

²Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

***Corresponding Author:**

Parvaneh Mohammadbeigi, Faculty of Fisheries & Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Gorgan, Iran.

Email:
parvanemohammadbeigi68@gmail.com

Received: 9 Aug, 2015

Accepted: 16 Sep, 2015

Abstract

Background and Objectives: In recent years, in order to prevent excessive use of antibiotics, disinfectant agents have gained particular significance. There are several reports on the antimicrobial effect of ZnO on Gram-positive and Gram-negative bacteria and fungi. In this study, the antibacterial effects of ZnO nanoparticles on Gram-negative bacterium *Escherichia coli* (because of importance of human health) and Gram-positive bacterium *Streptococcus iniae* (because of high pathogenicity in fishes), have been investigated.

Methods: In this study, minimum bactericidal concentration (MBC) and minimum inhibitory concentration (MIC) of this substance were determined using standard liquid dilution and disk diffusion methods for Gram-positive strain (*S. iniae*) and Gram-negative strain (*E. coli*) have calculated according to. Data analysis was performed using one-way ANOVA and Duncan tests at the level of $p < 0/05$.

Results: According to the results of this study, MBC values of ZnO nanoparticle for *S. iniae* and *E. coli* bacteria were calculated to be 0.095 and 0.6µg/ml, respectively, and MIC values for *S. iniae* and *E. coli* were calculated 0.015, 0.095µg/ml, respectively.

Conclusion: The Results of this study showed that ZnO nanoparticle has acceptable antibacterial and bactericidal effects on *S. iniae* and *E. coli* bacteria, and can be used as an antibacterial agent in aqueous environments.

Keywords: ZnO nano-particle, *Streptococcus*; *Escherichia coli*; Anti - bacterial agents.

بررسی فعالیت ضدباکتریایی نانوذره اکسید روی، بر باکتری *استرپتوکوکوس اینیایی* و *اشرشیاکلی*

پروانه محمدیگی^{۱*}، محمد سوداگر^۱، محمد مازندرانی^۱، سیده صدیقه حسینی^۲

چکیده

زمینه و هدف: در طی سالهای اخیر، به منظور جلوگیری از استفاده بی رویه آنتی بیوتیک ها، مواد ضد عفونی کننده جایگاه ویژه ای یافته است. گزارشهای متعددی در رابطه با خاصیت ضد میکروبی اکسید روی بر باکتری های گرم مثبت، گرم منفی و قارچ ها وجود دارد. در این تحقیق، اثرات ضد باکتریایی نانوذره اکسید روی بر دو باکتری گرم منفی *اشرشیاکلی* (به علت اهمیت سلامت انسانی) و باکتری گرم مثبت *استرپتوکوکوکوس اینیایی* (به دلیل بیماری زایی بالا در ماهیان) مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی: در این مطالعه، حداقل غلظت باکتری کشی (Minimum Bactericidal Concentrations) و حداقل غلظت مهار رشد (Minimum Inhibitory Concentrations) این ماده با استفاده از روش های محیط کشت مایع (لوله گذاری) و دیسک گذاری به روش استاندارد برای سوش باکتری گرم مثبت (*استرپتوکوکوکوس اینیایی*) و سوش باکتری گرم منفی (*اشرشیاکلی*) تعیین گردید. داده ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه و آزمون دانکن در سطح $p < 0.05$ تجزیه و تحلیل شدند.

یافته ها: براساس نتایج این بررسی، مقادیر MBC نانوذره اکسید روی برای باکتری *استرپتوکوکوکوس اینیایی* و *اشرشیاکلی* به ترتیب برابر با ۰/۰۹۵ و ۰/۶ میکرو گرم بر میلی لیتر و مقادیر MIC این ماده برای باکتری *استرپتوکوکوکوس اینیایی* و *اشرشیاکلی* به ترتیب برابر با ۰/۰۱۵ و ۰/۰۹۵ میکرو گرم بر میلی لیتر محاسبه گردید.

نتیجه گیری: نتایج این مطالعه نشان داد نانوذره اکسید روی اثر مهار کنندگی و **باکتری کشی** قابل قبولی بر باکتری های *اشرشیاکلی* و *استرپتوکوکوکوس اینیایی* دارد و می تواند به عنوان یک ماده ضد باکتریایی در محیط های آبی مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه ها: نانوذره اکسید روی؛ *استرپتوکوکوکوس*، *اشرشیاکلی*؛ عوامل آنتی باکتریال.

^۱دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

^۲دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس تهران، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول مکاتبات:

پروانه محمدیگی، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران؛

آدرس پست الکترونیکی:

parvanemohammadbeigi68@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۴/۵/۱۸

تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۲۵

لطفاً به این مقاله به صورت زیر استناد نمایید:

Mohammadbeigi P, Sodagar M, Mazandarani M, Hoseini SS. An investigation of antibacterial activity of ZnO nanoparticle on *Streptococcus iniae* and *Escheria coli*. Qom Univ Med Sci J 2016;10(5):55-63. [Full Text in Persian]

مقدمه

استفاده از مواد ضدباکتریایی مناسب همواره قادر است عوامل پاتوژن و بیماری‌زا را تا حد زیادی کنترل کند که این امر منجر به کاهش آلودگی و بیماری محصولات دامی شده و در نتیجه نیاز به مصرف آنتی‌بیوتیک‌ها را کاهش می‌دهد. در صنعت آبرزی پروری علاوه بر مشکل مقاومت‌های دارویی، باقیمانده‌های آنتی‌بیوتیکی نیز همراه با مصرف محصولات به انسان منتقل می‌شود، از این رو معرفی مواد ضدعفونی‌کننده به جای آنتی‌بیوتیک‌ها، به‌خصوص در محصولات آبرزی بسیار ضروری به‌نظر می‌رسد (۱).

معمولاً از ضدعفونی‌کننده‌ها برای کنترل عفونت‌های ناشی از عوامل بیماری‌زا در کارگاه‌های پرورش ماهی استفاده می‌کنند. کاربرد این ترکیبات می‌بایست در غلظت‌هایی صورت گیرد که برای ماهیان کشنده نباشد. تأثیر یک ماده ضدعفونی‌کننده، بستگی به نسبت زمان - غلظت آن ماده دارد. در این حالت باید ماهی را در آبی با نسبتی از زمان - غلظت قرار داد تا بدون اینکه به آن صدمه وارد شود، موجودات زنده عفونی را از بین ببرد (۲). از طرفی، استفاده زیاد از مواد ضدباکتریایی مانند آنتی‌بیوتیک‌ها در آبرزی پروری به‌عنوان یک مشکل در حال گسترش مطرح بوده و یافتن راه‌حلی برای کنترل پاتوژن‌ها نیز همواره از دغدغه متولیان این صنعت بوده است (۳). لذا ترکیبات ضدعفونی‌کننده غیردارویی می‌تواند یکی از راه‌حل‌ها باشد (۴).

یکی از مهم‌ترین بیماری‌های عفونی شایع در اکثر مزارع پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان در سالهای اخیر در بسیاری از کشورهای دنیا، استرپتوکوکوزیس بوده است (۵). مطالعات متعددی درخصوص بیماری‌زایی، شناسایی و جداسازی بیماری از مزارع تکثیر و پرورش قزل‌آلای کشور انجام گرفته (۶)، که بیانگر گسترش بیماری در مزارع قزل‌آلای کشور بوده و تاکنون موجب خسارات زیادی بر این صنعت شده است. استرپتوکوکوزیس، زیان‌های اقتصادی فراوانی را به صنعت آبرزی پروری کشور وارد کرده است (۴). امروزه، استفاده از نانو تکنولوژی و محصولات نانو در صنایع مختلف، از جمله ضدعفونی‌کننده‌ها، به‌طور وسیعی در حال گسترش است (۷). نانوذرات‌ها، رایج‌ترین مواد در علم و فناوری نانو بوده که خواص جالب توجه آنها باعث شده تا

کاربردهای بسیار متنوعی در صنایع شیمیایی، پزشکی و دارویی شیلات و کشاورزی داشته باشند. در بین نانوذرات‌ها، نانوذرات اکسید روی، جزء مهم‌ترین نانوذراتی است که در تصفیه بیولوژیکی آب و فاضلاب مورد استفاده قرار می‌گیرد. یک نانوذره، ذره‌ای است که ابعاد آن در حدود ۱۰۰-۱ نانومتر باشد. نانوذره اکسید روی یکی از موادی است که به‌علت پتانسیل بالا در کاربردهای مختلف در دو دهه اخیر بسیار مورد توجه بوده (۸)، و به‌عنوان یکی از پرکاربردترین نانوذرات‌ها، برای مقابله با باکتری‌های گرم منفی و گرم مثبت استفاده می‌شود (۹). درعین حال، این ترکیب علاوه بر خاصیت ضدباکتریایی، به‌عنوان یک عامل ضدقارچی نیز کاربرد دارد (۱۰). تحقیقات زیادی روی این نانوذره انجام شده است، Atmaca و همکاران (سال ۱۹۹۸)، اثر ضد میکروبی اکسید روی علیه ایزوله‌های *استافیلوکوکوس اورئوس*، *استافیلوکوکوس اپیدرمیدیس* و *سودوموناس آئروژینوزا* در محیط MHB (مولر هینتون براث) را مورد بررسی قرار دادند. براساس نتایج این تحقیق، اکسید روی دارای خاصیت ضدباکتریایی بالایی بر علیه باکتری‌های *استافیلوکوکوس اورئوس* و *استافیلوکوکوس اپیدرمیدیس* نسبت به *سودوموناس آئروژینوزا* می‌باشد (۱۱). در مطالعه‌ای دیگر، این ترکیب رشد/شرشیاکلی و *سالمونلا* را مهار کرده و غلظت ذرات و اندازه ذرات این ترکیب نیز در میزان مهار رشد میکروارگانیسم‌ها مؤثر بوده است (۱۲). نانوذرات اکسید روی و اکسید مس قادر به حذف ۹۹/۵-۹۰/۶٪ از آلاینده‌های میکروبی هستند (۱۳) در مطالعه دیگری مشخص گردید نانوذرات اکسید مس قادر به نابود کردن ۹۳٪ باکتری *شرشیاکلی* می‌باشد (۱۴). در طی مطالعات انجام‌شده، غلظت بازدارنده رشد، در حدود ۵۰٪ از باکتری‌های *شرشیاکلی* در غلظت ۱۰۰ppm از نانوذرات اکسید روی به دست آمده است (۱۵).

روش بررسی

این مطالعه تجربی در آزمایشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان طی سال ۱۳۹۳ انجام شد. ابتدا پودر پیش‌ساز استات روی از شرکت Merck تهیه گردید و برای سنتز نانوذره اکسید روی مورد استفاده قرار گرفت.

سپس ۵ گرم استات روی با ۵۰ میلی لیتر آب مقطر دیونیزه در ارلن ریخته شد و در حرارت ۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۷-۸ ساعت؛ به نحوی مخلوط گردید تا به یک پنجم حجم اولیه برسد (محلول به دست آمده محلول کلونیدی بود). در ادامه، به مدت ۱۲ ساعت در فور با دمای 100 ± 5 درجه سانتیگراد قرار گرفت تا به تدریج خشک شود. سپس در کوره الکتریکی در دمای 300 ± 5 درجه سانتیگراد به مدت ۲۴-۱۲ ساعت قرار گرفت تا کریستال ها کامل شوند (۱۶). رقت های ۳۰-۵۰۰ میکرولیتر از محلول کلونیدی اکسید روی در آب مقطر تهیه و با استفاده از فیلتر سرنگی ۰/۲ میکرومتری استریل گردید (۱۶). سویه های باکتریایی مورد استفاده در این بررسی شامل باکتری گرم منفی اشرشیاکلی و باکتری گرم مثبت استرپتوکوکوس اینیایی بود. باکتری استرپتوکوکوس اینیایی از ایزوله های لیوفلیزه شده باکتریایی دانشکده شیلات و محیط زیست تهیه گردید. این باکتری قبلاً از بیماری ماهیان قزل آلا در استان گلستان جداسازی و در سطح گونه با روش PCR تأیید شده بود. باکتری گرم منفی اشرشیاکلی به صورت لیوفلیزه با کد شناسایی PTCC1399 از سازمان پژوهش های علمی صنعتی ایران تهیه گردید. پس از پاساز دادن، سویه های استاندارد باکتری ها روی محیط کشت اختصاصی، به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور ۳۷ درجه سانتیگراد گذاشته شدند، و پس از طی مدت انکوباسیون، از پاساز سوم نمونه باکتری ها، برای تهیه سوسپانسیون باکتری استفاده شد.

برای تهیه سوسپانسیون باکتریایی، ۲۴ ساعت پس از کشت اولیه، باکتری ها از سطح محیط کشت جمع آوری و در یک لوله آزمایش استریل (حاوی ۵ میلی لیتر سرم فیزیولوژی استریل)، کاملاً مخلوط شدند تا سوسپانسیون یکنواختی برای هر کدام از باکتری های مورد مطالعه حاصل شود. سپس لوله ها به مدت ۳۰ دقیقه در انکوباتور ۳۷ درجه سانتیگراد قرار گرفتند. در ادامه، از لوله ها رقت سریالی تهیه گردید تا کدورتی مشابه لوله استاندارد 0.5×10^8 مک فارلند ایجاد شود. این سوسپانسیون معادل 1.5×10^8 باکتری در نظر گرفته شد. به منظور مشاهده فعالیت ضدباکتریایی این ترکیب، با استفاده از روش انتشار دیسک (۱۷)، از تمام سویه های باکتریایی، ۱۰۰ میکرولیتر از سوسپانسیون مذکور بر سطح محیط کشت نوترینت آگار به صورت یکنواخت پخش شد.

با استفاده از غلظت های سریالی، سوسپانسیون حاوی نانوذره اکسید روی به ترتیب با غلظت های ۳۱/۲، ۶۲/۵، ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰ میکروگرم بر میلی لیتر تهیه گردید. ۵۰ میکرولیتر از هر کدام از غلظت های مذکور بر روی دیسک های کاغذی با قطر ۷ میلی متر اضافه شد که بدین ترتیب دیسک حاوی ماده مؤثره ۰/۲، ۰/۴، ۰/۷، ۱/۵، ۳/۷، تهیه و در گروه شاهد نیز از دیسک بلانک فاقد نانوذره استفاده شد. پس از ۳۰ دقیقه به وسیله پنس استریل، دیسک ها با فاصله معین بر روی سطح محیط کشت آگار قرار گرفتند. سپس پلیت ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد قرار داده شدند و نتایج فعالیت ضد میکروبی با اندازه گیری قطر هاله عدم رشد بر حسب میلی متر به وسیله کولیس ثبت گردید. تمام آزمایشها با ۶ تکرار صورت گرفت.

MIC و MBC به روش ماکرودایلوشن بر اساس روش Anukoo و همکاران (سال ۲۰۰۶) انجام شد. در این مطالعه برای تعیین MIC نانوذره، سریال های ۲۱ تایی از محیط کشت نوترینت براث تهیه گردید که از ۱۰ لوله برای آزمایش رقت های مختلف نانوذره، ۱۰ لوله به عنوان کنترل مثبت و ۱ لوله به عنوان کنترل منفی استفاده شد. هر لوله حاوی ۵ میلی لیتر از محیط کشت نوترینت براث بود، برای وارد کردن نانوذره اکسیدروی، یک میلی لیتر از استوک محلول نانوذره (به مقدار ۱۲۳ میلی گرم بر لیتر نانوذره) به لوله اول وارد شد و از آن سریال های ۱/۶ رقت، تهیه و تا لوله دهم انجام گرفت (۱۸). برای کنترل مثبت، ۱۰ لوله در نظر گرفته شد که حاوی نانوذره، فاقد باکتری و لوله شاهد منفی، فاقد نانوذره و حاوی باکتری بود. بعد از کشت، تمام لوله های آزمایش به مدت ۲۴ ساعت، در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد قرار گرفتند. بعد از طی این مدت زمان (۲۴ ساعت)، لوله ها از نظر کدورت ناشی از رشد میکروارگانیسم های تلقیح شده به وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتری، بررسی و بعد از مقایسه آن با لوله های شاهد، MIC نانوذره اکسید روی بر اساس کاهش رشد باکتری مشخص گردید. جهت تعیین حداقل غلظت کشندگی این ترکیب، مقدار ۱۰ میکرولیتر از لوله MIC و سایر لوله های فاقد کدورت برداشته و در محیط نوترینت آگار کشت داده شد و پس از گذشت زمان لازم (۲۴ ساعت)، شمارش کلنی انجام گرفت و MBC تعیین گردید. کمترین غلظتی که در آن رشدی مشاهده نشده یا به عبارتی، کمترین غلظتی که

تعداد باکتری‌ها از یک هزارم تعداد اولیه کمتر باشد، به عنوان MBC در نظر گرفته می‌شود (۱۹). این آزمون با ۳ تکرار صورت گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۸ و آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (جهت مقایسه میانگین‌ها) و آزمون دانکن (جهت بررسی اختلاف بین میانگین‌ها) در سطح $p < 0.05$ استفاده گردید.

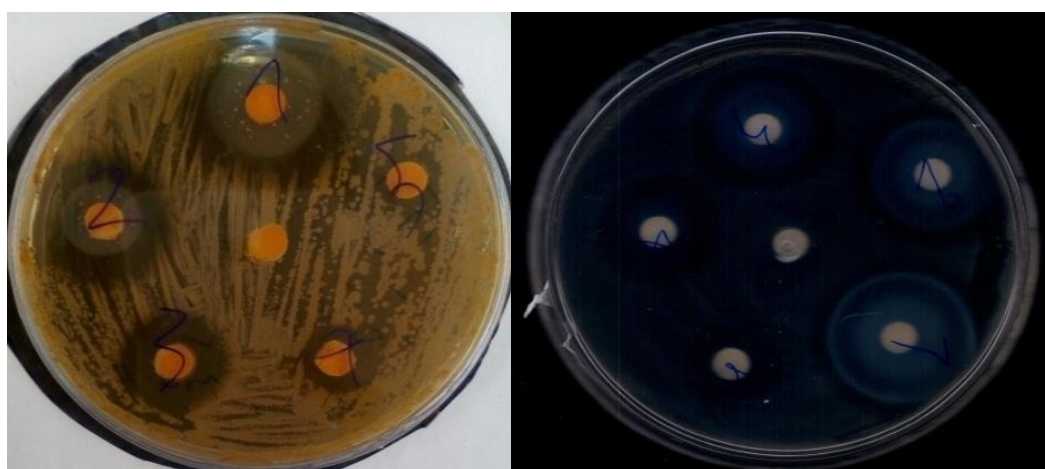
یافته‌ها

نانوذره اکسید روی در ۵ غلظت (۰/۷، ۰/۴، ۰/۲، ۰/۱، ۰/۰۵) و ۰/۲

جدول: تأثیر نانوذره اکسید روی بر روی باکتری‌های *استرپتوکوکوس اینیایی* و *اشرشیاکلی*، براساس قطر هاله عدم رشد بر حسب میلی‌متر

شاهد	غلظت نانوذره (میکروگرم بر میلی‌لیتر)					باکتری
	۰/۲	۰/۴	۰/۷	۱/۵	۳/۷	
-	۵±۱/۲۶ ^e	۹±۰/۸۹ ^d	۱۳/۸۳±۲/۱ ^c	۲۳±۱/۷۸ ^b	۲۸/۵±۱/۸۷ ^a	<i>استرپتوکوکوس اینیایی</i>
-	۴/۵±۱/۲۸ ^e	۸/۵±۱/۲۰ ^d	۱۲/۵۰±۱/۲۳ ^c	۱۹±۱/۷۴ ^b	۲۲/۵۶±۰/۶۵ ^a	<i>اشرشیاکلی</i>

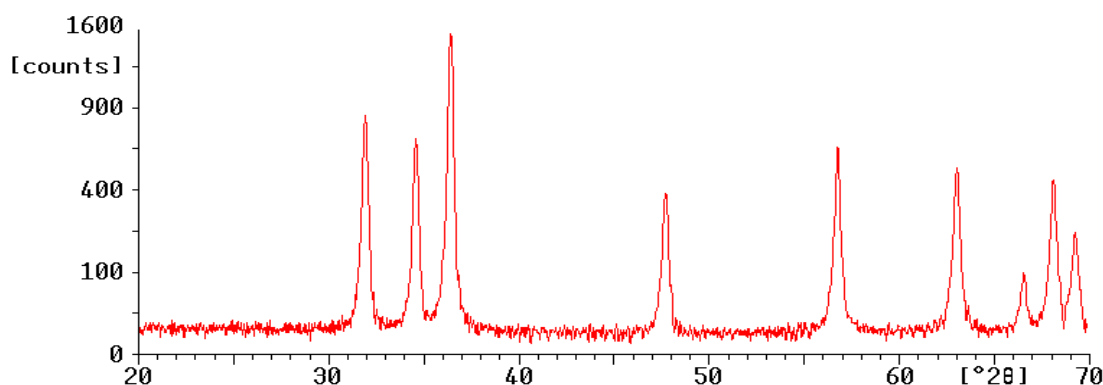
شاهد: دیسک آغشته به آب مقطر، * (-): عدم مشاهده هاله، * حروف مختلف در ردیف‌های افقی، نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار است ($p < 0.05$)



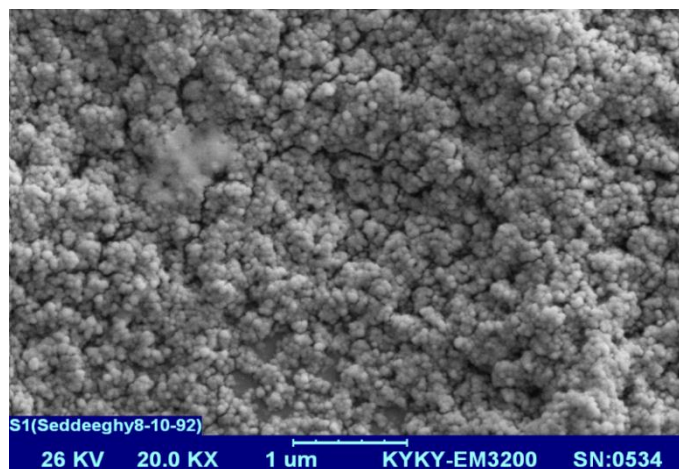
شکل شماره ۱: تست تعیین حساسیت با روش دیسک (شکل سمت راست باکتری *اشرشیاکلی*، شکل سمت چپ باکتری *استرپتوکوکوس اینیایی*)

حساسیت باکتری *استرپتوکوکوس اینیایی* نسبت به باکتری *اشرشیاکلی*، بیشتر است. برای بررسی ساختار کریستالی نانوساختارهای اکسید روی، از روش XRD (نمودار) و جهت شناسایی اندازه نانوذرات از میکروسکوپ الکترونی استفاده شد. طبق شکل شماره ۲، ذرات به صورت کروی و قدرت تفکیک SEM در حد نانومتر است (20 ± 5 نانومتر).

حداقل غلظت بازدارندگی (MIC) این ماده بر باکتری *استرپتوکوکوس اینیایی*، ۰/۰۱۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر و بر باکتری *اشرشیاکلی*، ۰/۰۹۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر محاسبه گردید. حداقل غلظت باکتری‌کشی (MBC) این ماده بر باکتری *استرپتوکوکوس اینیایی*، ۰/۰۹۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر و بر باکتری *اشرشیاکلی*، ۰/۰۶ میکروگرم بر میلی‌لیتر به دست آمد. این نتایج نشان می‌دهد



نمودار: شمای XRD از نانوذره ZnO



شکل شماره ۲: میکروسکوپ الکترونی اسکینینگ روشی از نانوذره ZnO

بحث

در مطالعه حاضر، نانوذره اکسید روی دارای خاصیت ضدباکتریایی قابل قبول و مناسبی در باکتری‌های/استرپتوکوکوس اینیایی و/شرشیاکلی بوده است و در طی این بررسی، با افزایش غلظت محلول کلونیدی نانوذره، فعالیت ضدباکتریایی افزایش یافت. اثرات ضدباکتریایی اکسید روی در بررسی‌های مختلفی مورد ارزیابی قرار گرفته است. آزمایشهای باکتریولوژیک نشان داده‌اند اثرات باکتری‌کشی نانوذرات اکسید روی بیشتر از ذرات پودر اکسید روی بوده و با کاهش ابعاد ذرات اکسید روی، فعالیت باکتری‌کشی آنها نیز افزایش می‌یابد (۲۰). در مطالعه Khani و همکاران (سال ۲۰۱۱) نشان داده شد با استفاده از نانوذرات می‌توان رشد باکتری‌های بیماری‌زایی چون شیگلا دیسنتری را مهار کرد (۲۱). براساس این بررسی، این ماده می‌تواند به عنوان یک ضد عفونی کننده مناسب مورد استفاده قرار گیرد.

در صنعت پرورش ماهیان، همواره پیشگیری و کنترل پاتوژن‌ها، آسان‌تر و کم‌هزینه‌تر از درمان بوده است. به همین دلیل استفاده از ضد عفونی‌کننده‌ها برای کنترل جمعیت باکتری‌های پاتوژن و فرصت طلب، به خصوص در زمان شیوع بیماری در منطقه، امری معمول است. /شرشیاکلی یکی از باکتری‌هایی است که به لحاظ بهداشت انسانی و سلامت مصرف کنندگان، همواره مدنظر بوده است. این باکتری قادر به تولید آنزیم‌های بتالاکتازهای متنوع بوده و عامل بسیاری از عفونت‌های بیمارستانی همانند سپتیسمی، گاستروانتریت، مننژیت نوزاد و به خصوص عفونت‌های ادراری می‌باشد (۲۲) در عین حال، این باکتری پتانسیل نسبی بالایی را برای ایجاد مقاومت آنتی‌بیوتیکی دارد. به عنوان مثال در سال ۲۰۰۲ در ایالات متحده، سویه مقاوم به آمپی‌سیلین و سیپروفلوکساسین گزارش گردید (۲۳).

باکتری /ستریتوکوکوس/ینیایی نیز از مهم‌ترین باکتری‌های پاتوژن و آسیب‌رسان در صنعت آبی‌پروری، به‌خصوص ماهیان سردابی است؛ به‌گونه‌ای که سالانه میلیون‌ها ریال خسارت در اثر آلودگی به این باکتری به مزارع قزل‌آلای کشور وارد می‌شود که تقریباً از تمام نقاط کشور گزارش شده است (۴). بنابراین، این باکتری عمده‌ترین عامل بیماری /ستریتوکوکوزیس/ در مزارع ماهیان مختلف در دنیا بوده که شرایط بد محیطی را به‌خوبی تحمل می‌کند و موارد بیماری‌زایی آن در انسان نیز گزارش شده است (۲۴). به‌همین دلیل کنترل جمعیت باکتری‌های نام‌برده در محیط‌های آبی بسیار مفید و پراهمیت است. خاصیت ضدباکتریایی اکسید روی در باکتری /شرشیاکلی/ در برخی گزارش‌ها پیشین به اثبات رسیده است (۱۰، ۲۵)، اما در رابطه با خاصیت باکتری‌کشی این ماده در باکتری /ستریتوکوکوس/ینیایی، اطلاعی در دست نیست، لذا در مطالعه حاضر مشخص گردید نانوذره اکسید روی خاصیت باکتری‌کشی بالاتری برای باکتری /ستریتوکوکوس/ینیایی در مقایسه با باکتری /شرشیاکلی/ دارد؛ به‌گونه‌ای که نتایج نشان داده است میزان MIC و MBC ثبت شده برای /ستریتوکوکوس/ینیایی، پایین‌تر از مقادیر ثبت شده برای /شرشیاکلی/ می‌باشد. دلیل این تفاوت را شاید بتوان مربوط به تفاوت در ساختار دیواره سلولی باکتری‌های گرم منفی و گرم مثبت دانست؛ زیرا مکانیسم عمل این ترکیب همانند سایر نانوذرات بوده و از طریق تخریب دیواره باکتری نیز عمل می‌کند (۸)، اما مکانیسم اصلی تأثیر نانوذرات بر روی باکتری‌ها از طریق آسیب به DNA، پروتئین و تخریب دیواره سلولی است (۲۰، ۲۶). در مجموع، نانوذره اکسید روی (ZnO) می‌تواند به‌عنوان یکی از کاربردی‌ترین ضدعفونی‌کننده‌ها در مقیاس صنعتی استفاده شود (۹، ۲۷). در مطالعه حاضر، طبق نتایج تحلیل آنالیز واریانس یک‌طرفه، با افزایش غلظت نانوذره اکسید روی قطر هاله عدم رشد، به‌طور معنی‌داری در سطح $p < 0.05$ افزایش یافت. بنابراین، می‌توان در صورت بررسی‌های زیست محیطی و یا تعیین آستانه سمیت این ماده، در آبزیان از دوزهای بالاتر نیز در کنترل بار

باکتریایی استفاده کرد. علاوه بر خاصیت ضدباکتریایی، خواص قارچ‌کشی نیز برای این ماده بیان شده است به‌عنوان مثال، Hosseini و همکاران (سال ۲۰۱۳)، اثر ضدقارچی نانوذره اکسیدروی را بر مهار رشد سویه استاندارد *کاندیدا/آلیکس/* با روش میکرو برات دایلوشتن در مقایسه با داروی فلوکونازول بررسی کردند و محدوده MIC برای این قارچ را بین ۲۹۶-۱/۰۱۳ میکروگرم بر میلی‌لیتر محاسبه کردند. همچنین در این بررسی از نانوذره اکسید روی به‌عنوان گزینه مناسب برای حذف *کاندیدا/آلیکس/* در حیطه پزشکی، به‌ویژه در ارتباط با وسایل پزشکی استفاده شد (۱۱). در بررسی دیگری، Darabi و همکاران (سال ۲۰۱۲)، اثر ضدقارچی نانوذره اکسید روی بر مهار رشد بیوفیلم سویه استاندارد *کاندیدا/آلیکس/* در کاتر را بررسی کردند و MIC این ماده را برای قارچ مذکور، ۱/۰۲۷ میکروگرم بر میلی‌لیتر در کاتر اعلام کردند (۲۸).

نتیجه بررسی حاضر نیز حاکی از این امر است که نانوذره اکسیدروی می‌تواند به‌عنوان یک ضدعفونی‌کننده مناسب در درمان آب پرورش ماهیان و کنترل جمعیت برخی باکتری‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد نانوذره اکسید روی، اثر ضدباکتریایی مناسبی بر باکتری‌های /ستریتوکوکوس/ینیایی و/شرشیاکلی دارد. بنابراین، می‌تواند به‌عنوان گزینه مناسبی برای ضدعفونی کردن محیط آکواریوم و یا درمان محیط‌های آبی مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از دانشگاه علوم کشاورزی، منابع طبیعی گرگان و ستاد ویژه توسعه فناوری نانو به‌خاطر پرداخت هزینه‌های پروژه تحقیقاتی (کد ۷۸۹۳۴)، همچنین از کارشناس محترم آزمایشگاه شیمی، آقای مهندس نعیمی کمال تشکر و قدردانی را داریم.

References:

1. Hahm DH, Yeom MJ, Lee EH, Shim I, Lee HJ, Kim HY. Effect of scutellariae radix as a novel antibacterial herb on the ppk (polyphosphate kinase) mutant of Salmonella typhimurium. J Microbiol Biotechnol 2001;11(6):1061-5.
2. Moshtaqi B, Nezami SH, Khara H, Pazhand Z, Shenaver Masuleh E, Halajian E, et al. Determining of fatal density of $KmNo_4$ and $Cuso_4H_2o$ in acipenser persian bordin. Biology Magazine 2009;3(4):67-78.
3. Reynolds GH. Environmental regulation of nanotechnology: Some preliminary observations. Environ Law Rep 2001;31(6):10681-8.
4. Soltani M, Jamshidi S, Sharifpour I. Streptococcosis caused by Streptococcus iniae in farmed rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) in Iran: Biophysical characteristics and pathogenesis. Bull Eur Assoc Fish Pathol 2005;25(3):95-106.
5. Austin B, Austin DA. Bacterial fish pathogens: Disease of farmed and wild fish. 4th ed. New York: Springer Pub; 2007.
6. Akhlaghi M, Keshavarz M. Occurring Streptococcosis salmon in farms province. Iranian J Vet Res 2002;3(2):183-9.
7. Bar-Ilan O, Albrecht RM, Fako VE, Furgeson DY. Toxicity assessments of multisized gold and silver nanoparticles in zebrafish embryos. Small 2009;5(16):1897-910.
8. Reeves JF, Davies SJ, Dodd NJ, Jha AN. Hydroxyl radicals (OH) are associated with titanium dioxide (TiO₂) nanoparticle-induced cytotoxicity and oxidative DNA damage in fish cells. Mutat Res 2008;640(1-2):113-22.
9. Handy R, von der Kammer F, Lead J, Hassellöv M, Owen R, Crane M. The ecotoxicology and chemistry of manufactured nanoparticles. Ecotoxicology 2008;17(4):287-314.
10. Zhang L, Jiang Y, Ding Y, Daskalakis N, Jeuken L, Povey M, et al. Mechanistic investigation into antibacterial behaviour of suspensions of ZnO nanoparticles against E. Coli. J Nanopart Res 2010;12(5):1625-36.
11. Gül K, Çiçek R. The effect of zinc on microbial growth. Tr J Med Sci 1998;28(1998):595-7.
12. Lara HH, Ayala-Núñez NV, Turrent LdCI, Padilla CR. Bactericidal effect of silver nanoparticles against multidrug-resistant bacteria. World J Microbiol Biotechnol 2010;26(4):615-21.
13. Mortimer M, Kasemets K, Kahru A. Toxicity of ZnO and CuO nanoparticles to ciliated protozoa Tetrahymena thermophila. Toxicology 2010;269(2-3):182-9.
14. Raffi M, Mehrwan S, Bhatti TM, Akhter JI, Hameed A, Yawar W, et al. Investigations into the antibacterial behavior of copper nanoparticles against Escherichia coli. Ann Microbiol 2010;60(1):75-80.
15. Adams LK, Lyon DY, Alvarez PJ. Comparative eco-toxicity of nanoscale TiO₂, SiO₂, and ZnO water suspensions. Water Res 2006;40(19):3527-32.
16. Hosseini SS, Mohammadi SH, Joshagani HR, Eskandari M. Colorimetric MTT assessment of antifungal activity of ZnO nanowires against candida dubliensis biofilm. Jondishapur Med Sci 2013;12(1):69-70.
17. Hellio C, Pons AM, Beaupoil C, Bourgougnon N, Le Gal Y. Antibacterial, antifungal and cytotoxic activities of extracts from fish epidermis and epidermal mucus. Int J Antimicrob Agents 2002;20(3):214-9.
18. Anuko U. Antimicrobial susceptibility test and assay, Clinical microbiology reviews. AMS Chiang Mai University; 2006.
19. Ernst JE. Antifungal agents (Methods in Molecular Medicine). New York: Humana Press; 2005. p. 9.
20. Padmavathy N, Vijayaraghavan R. Enhanced bioactivity of ZnO nanoparticles—an antimicrobial study. Sci Technol Adv Mater 2008;9(3):035004.

21. Hosseinkhani P, Zand AM, Imani S, Rezayi M, Rezaei Zarchi S. Determining the antibacterial effect of ZnO nanoparticle against the pathogenic bacterium, *Shigella dysenteriae* (type 1). *Int J Nano Dimens* 2011;7(4):279-85.
22. Paterson DL, Bonomo RA. Extended-spectrum β -lactamases: A clinical update. *Clin Microbiol Rev* 2005;18(4):657-86.
23. Karlowsky JA, Jones ME, Draghi DC, Thornsberry C, Sahm DF, Volturo GA. Prevalence of antimicrobial susceptibilities of bacteria isolated from blood cultures of hospitalized patients in the United States in 2002. *Ann Clin Microbiol Antimicrob* 2004;3:7.
24. Agnew W, Barnes AC. *Streptococcus iniae*: An aquatic pathogen of global veterinary significance and a challenging candidate for reliable vaccination. *Vet Microbiol* 2007;122(1-2):1-15.
25. Naddafi K, Zare MR, Younesian M, Almohammadi M, Rastkari N, Mousavi N. Bioassay for toxicity assessment of Zinc Oxide and titanium oxideto *Escherichia Coli* ATCC 35218 and *Staphylococcus aureus* ATCC25923 bacteria. *Iranian J Health Environ* 2011;4(2):171-80.
26. Heinlaan M, Ivask A, Blinova I, Dubourguier H-C, Kahru A. Toxicity of nanosized and bulk ZnO, CuO and TiO₂ to bacteria *Vibrio fischeri* and crustaceans *Daphnia magna* and *Thamnocephalus platyurus*. *Chemosphere* 2008;71(7):1308-16.
27. Ostrowski AD, Martin T, Conti J, Hurt I, Harthorn BH. Nanotoxicology: Characterizing the scientific literature, 2000–2007. *J Nanopart Res* 2009;11(2):251-57.
28. Darabi N, Roudbar Mohammadi Sh, Naderi Manesh H, Mostafai A, Mahmood Vahidi M. Antifungal effect of Zinc oxide nano_particlees of the standard strains of *candida albicans* biofilm growth on catheters. *J Army Univ Med Sci* 2012;10(3):207-12. [Full Text in Persian]