Archive of SID

10.30495/JFH.2020.1885047.1250 «مقاله پژوهشی»

اثر ضدباکتریایی نانوذره آلومینات روی بر باکتری‌های بیماری‌زای غذایی *اشریشیا کولای* و *سودوموناس آئروژینوزا*

علی طاهری[1*]، مرتضی ضیاءالدینی[2]، معصومه گهرامزئی[3]

۱. دانشیار فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران

۲. استادیار شیمی آلی، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: taherienator@gmail.com

(دریافت مقاله: ۹۸/۹/۱۹ پذیرش نهایی: ۹۹/۵/۷)

چکیده

مواد در ابعاد نانو که از نسبت سطح به حجم بالایی برخوردارند واکنش‌پذیری بهتری با سایر ترکیبات دارند. گسترش فناوری نانو در دهه‌ی اخیر، فرصت‌هایی برای کشف اثرات ضد باکتریایی نانو ذرات ایجاد کرده است. در این پژوهش خواص ضد باکتریایی نانوذره روی آلومینات ($ZnAl_2O_4$) علیه باکتری‌های عامل بیماری‌های غذازاد *اشریشیا کولای* و *سودوموناس آئروژینوزا* بررسی شد. با استفاده از نانوذره روی آلومینات سنتز شده فعالیت ضد باکتری به روش انتشار دیسک بر آگار مورد ارزیابی قرار گرفت. قطر هاله‌های عدم رشد نشان‌دهنده میزان حساسیت باکتری‌ها به نانو مواد مورداستفاده بود. حداقل غلظت مهارکنندگی از رشد باکتری‌ها (MIC) و حداقل غلظت کشندگی باکتری‌ها (MBC) به روش ماکرودایلوشن در لوله‌های استریل آزمایشگاهی انجام گرفت. بررسی آماری با آزمون T test انجام گرفت. با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده در این بررسی قطر هاله عدم رشد *سودوموناس آئروژینوزا* (۱/۸ ± ۱۶/۰۶ میلی‌متر) نسبت به *اشریشیا کولای* (۲/۲±۱۱/۶۴ میلی‌متر) بیشتر بود ($p<0.05$). کمترین غلظت مهارکننده رشد و غلظت کشندگی باکتری‌ها مربوط به باکتری *سودوموناس آئروژینوزا* بود و باکتری *اشرشیا کولای* فاقد آن بود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این مطالعه نانو ذرات روی آلومینات علیه باکتری *سودوموناس آئروژینوزا* فعالیت ضد باکتری بسیار خوبی نشان داد و می‌تواند به‌عنوان یک ترکیب ضدباکتریایی جدید در مطالعات بسته‌بندی مواد غذایی مورداستفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: خاصیت ضدباکتریایی، نانوذره، آلومینات روی، *اشریشیا کولای*، *سودوموناس آئروژینوز*

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

پاتوژن‌های مولد بیماری‌های غذازاد اهمیت بالایی در امنیت غذایی دارند. یکی از پاتوژن های تولیدکننده بیماری‌های غذازاد که در سال‌های اخیر بسیار موردتوجه قرارگرفته است *اشرشیا کولای* (*Escherichia coli*) می‌باشد. این پاتوژن در مواد گوشتی ازجمله فرآورده‌های گوشتی آبزیان یافت می‌شود و با مصرف فرآورده‌های گوشتی آلوده به این پاتوژن چندین مورد ابتلا به بیماری گزارش‌شده است. البته در میوه و سبزیجات، پنیر و آب‌میوه‌ها نیز گزارش‌شده است (Li *et al*., 2004; Rajkowski, 2012). همچنین *سودوموناس آئروژینوزا* (*Pseudomonas aeruginosa*) یکی دیگر از باکتری‌های مهم فساد محصولات غذایی نگه‌داری شده در یخچال است که شامل سبزیجات، گوشت، فرآورده‌های دریایی و مرغ می‌باشد (Nakai and Siebert, 2004). لذا مبارزه با چنین باکتری‌های عامل بیماری از اهمیت بالایی در صنایع غذایی برخوردار است.

امروزه تحقیق جهت یافتن روش‌های نوین مبارزه با باکتری‌های غذازاد جهت افزایش ایمنی مواد غذایی درحال‌توسعه است. دراین‌بین نانو مواد با خاصیت ضد قارچ، ضد جلبک و ضد باکتری می‌توانند برای آلودگی‌زدایی مواد غذایی به کار رود (Hamed *et al*., 2015). نانوذرات موادی هستند که حداقل در یک بعد کمتر از ۱۰۰ نانومتر می‌باشند (Zhang, 2013; Sodagar *et al*., 2016). مواد در ابعاد نانو از نسبت سطح به حجم بالایی برخوردارند و واکنش بهتری با سایر ترکیبات دارند (Verma *et al*., 2010). نانو ذرات اکسید فلزی با اندازه کمتر از ۱۰۰ نانومتر به دلیل خصوصیات ویژه مانند اندازه کوچک ذرات و نسبت سطح به حجم بزرگ‌تر نسبت به ذرات با اندازه میکرو و ماکرو فعالیت افزایشی ضد میکروبی نشان می‌دهند (Jin and He, 2011). بر اساس گزارش‌های قبلی با کاهش اندازه ذرات سرامیک‌های فلزی خاصیت ضد میکروبی افزایش می‌یابد (Yamamoto, 2001; Huang *et al*., 2005). عملکرد ضد میکروبی مواد با مقیاس نانو می‌تواند به دلیل مهارکننده رشد باکتری، عامل کشنده باکتری و یا عامل انتقال ترکیب ضد میکروبی باشد (Azeredo, 2012).

امروزه نانو فناوری در علوم و صنایع با سرعت بالایی در حال رشد است (Thakkar *et al*., 2010). این ذرات عوامل ضد باکتریایی مهمی علیه طیف گسترده‌ای از باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک‌ها هستند (Percival *et al*., 2007). محققان فعالیت ضد میکروبی نانو ذرات نقره را به‌تنهایی و در ترکیب با آنتی‌بیوتیک‌های مختلف علیه *استافیلوکوکوس اورئوس* و *اشرشیا کولای* ارزیابی کردند و افزایش قابل‌توجهی در فعالیت ضد میکروبی آنتی‌بیوتیک‌ها در حضور نانو ذرات نقره مشاهده نمودند (Shahverdi *et al*., 2007). نقش نانو مواد شگفت‌انگیز است زیرا آنتی‌بیوتیک‌ها تنها تعداد بسیار کمی از عوامل مسبب بیماری‌های مختلف را از بین می‌برند درحالی‌که نانو مواد حدود ٦٥٠ نوع از عوامل ایجادکننده بیماری‌ها را نابود می‌کنند (Poole and Owens, 2003; Jiang *et al*., 2004). در سال‌های گذشته تحقیقات ارزشمندی در زمینه‌ی نانو ذرات فلزی در بسته‌بندی فعال مواد غذایی مطالعات ضدمیکروبی این مواد انجام شده است که شامل نانو ذرات نقره، تیتانیوم دی اکساید، اکسید روی،

www.SID.ir

Archive of SID

اکسید منیزیم، اکسید آهن، اکسید مس، دی‌اکسید سیلیسیم، هیدروکسید کلسیم و هیدروکسید منیزیم می‌باشد (Azeredo, 2012; Huang *et al*., 2018). این مطالعات نشان از اثرات ضد میکروبی بسیار خوب نانو ذرات فلزی تولیدشده در کنترل پاتوژن های عامل بیماری‌های غذازاد دارند.

بر اساس یک تحقیق استفاده از نانو ذرات نقره در بسته‌بندی خشکبار به شکل معنی‌داری باعث افزایش مدت‌زمان ماندگاری فندق، بادام و پسته به مدت ۱۸ تا ۲۰ ماه گردید (Tavakoli *et al*., 2017). افزایش مدت‌زمان ماندگاری گوشت تورکی پوشش‌دار شده با فیلم خوراکی حاوی نانو ذرات نقره و بسته‌بندی‌شده در اتمسفر اصلاح‌شده و وکیوم شده برای ۱۲ روز گزارش گردید (Deus *et al*., 2017). در تحقیقی دیگر پلی لاکتیک اسید به‌عنوان فیلم ترکیبی با نانو ذرات نقره – مس و عصاره دارچین در بسته‌بندی گوشت مرغ نشان داد که این بسته‌بندی فعال باعث کنترل باکتری‌های پاتوژن و عامل فساد موجود در گوشت مرغ گردیده است (Ahmed *et al*., 2018).

نانوذره اکسید روی ماده نیمه رسانایی است که ساختار هگزاگونال دارد. نانو اکسید روی پایداری بسیار زیاد و خاصیت ضدباکتری گسترده و طولانی‌مدت و قیمت اندکی دارد (Yang *et al*., 2006) و به شکل گسترده به‌عنوان ماده ضدباکتری به کار می‌رود (Lu *et al*., 2013; Kuang *et al*., 2015). از سوی دیگر نانوذره اکسید آلومینیوم ساختاری با ٦ اتم اکسیژن در اطراف یک اتم آلومینیوم دارد. بازار اقتصادی این نانوذره در صنایع مختلف درحال‌توسعه است (Hassanpour *et al*., 2018). این نانوذره خواص گسترده ضد باکتریایی علیه باکتری‌هایی چون *اشریشیا کولای*، *باسیلوس سابتیلیس*، *سودوموناس فلوئورسنس* و *استافیلوکوکوس اپیدرمیدیس* از خود نشان داده است (Sadiq *et al*., 2009; Jiang *et al*., 2009; Bala *et al*., 2011). با توجه به این‌که نانو ذرات اکسید فلزی با خواص فیزیکوشیمیایی متفاوت خواص ضد میکروبی متفاوتی نشان می‌دهند نانو ذرات اکسیدی با ترکیب ۲ یا تعداد بیشتری فلز می‌تواند برای از بین بردن کارآمد سویه‌های مختلف باکتریایی به‌خصوص گونه‌های بسیار مقاوم به کار رود. برخی نانو ذرات اکسید چندفلزی خاصیت ضدمیکروبی بالاتری در مقایسه با ترکیب خالص تک فلزی با اندازه مشابه نشان داده است. برای مثال نانوذره اکسید منیزیم-روی خصوصیات ضد باکتری بالاتری از نانوذره اکسید روی و سمیت کمتری از نانوذره اکسید منیزیم نشان داد (Vidic *et al*., 2013). آلومینات روی با فرمول شیمیایی $ZnAl_2O_4$، از مهم‌ترین سرامیک‌های اکسید فلزی است. این ماده یک نیم‌رسانا با پایداری بالای حرارتی و شیمیایی و مقاومت مکانیکی است. ساختار آلومینات روی اسپینل نرمال با گروه فضایی FD3M است (Ziyaadini *et al*., 2018; Davar and Salavati-Niasari, 2011; Chen *et al*., 2004). آلومینات روی کاربردهای وسیعی در زمینه کاتالیست‌ها برای عملکردهای انتقالی مانند دهیدراسیون، استیلاسیون و هیدروژناسیون دارد همچنین در مواد رسانای الکتریکی و نیز در ابزارهای فتوالکترونی کاربرد دارد (Ziyaadini *et al*., 2018; Menon *et al*., 2017). بر اساس این خصوصیات نانوذره روی آلومینات می‌تواند یک عامل ضد باکتریایی بالقوه باشد. اما تاکنون تحقیقی روی اثر این نانوذره در کنترل پاتوژن های بیماری‌زا

www.SID.ir

Archive of SID

جهت بسته‌بندی مواد غذایی گزارش نشده است. لذا در این پژوهش به مطالعه خواص ضد باکتریایی نانوذره روی آلومینات ($ZnAl_2O_4$) علیه باکتری‌های *اشریشیا کولای* و *سودوموناس آئروژینوزا* پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

- سنتز و بررسی نانوذره آلومینات رویمحلولی

از نیترات روی (۱۰ میلی‌مول) و نیترات آلومینیوم (۲۰ میلی‌مول) در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب یون‌زدایی شده تهیه شد (محلول A). در ظرف دیگر ۲۰ میلی‌لیتر آمونیاک به ۵۰ میلی‌لیتر آب یون‌زدایی شده و ۵۰ میلی‌لیتر اتانول اضافه و محلول به هم زده شد (محلول B). محلول B به‌آرامی و قطره‌قطره به محلول A اضافه گردید و توسط همزن مغناطیسی با دور بالا یک ساعت هم زده شد. سپس رسوب ژل‌مانند پالایه گردید و با آب دو بار تقطیر شستشو داده شد و به مدت ۵ ساعت در آون در دمای ۱۰۰ درجه *سلسیوس* خشک شد و درنهایت در دمای ۷۰۰ درجه *سلسیوس* به‌مدت ۳ ساعت کلسینه گردید. محصول حاصل توسط آزمون پراش اشعه ایکس توسط یک پراش‌سنج (برای 2θ محدوده از ۰ تا ۸۰ درجه با یک مرحله به‌اندازه ۰/۰۱ درجه (2θ)) با استفاده از تک‌رنگ تابش Kα- Cuمورد بررسی و تائید ساختار قرار گرفت. اندازه متوسط نانوذرات با استفاده از معادله شرر (Scherrer) (معادله ۱) و با استفاده از مقادیر پهنا در نصف مقدار بیشینه (FWHM) شدیدترین قله پراش XRD تخمین زده شد.

معادله (۱)

$$L = \frac{\kappa\lambda}{\beta\cos\theta}$$

در این معادله، L اندازه ذره (نانومتر)، K ثابت، λ طول‌موج اشعه ایکس (نانومتر)، β عرض در نصف ارتفاع پیک (قله فاز) و θ زاویه پراش می‌باشد. از میکروسکوپ الکترونی FE-SEM برای بررسی ریزساختار نانو ذرات تولیدشده پس از کوتینگ با طلا استفاده شد.

- بررسی فعالیت ضد باکتریایی نانو ذرات آلومینات روی

از باکتری‌های *اشریشیا کولای* (PTCC1399) و *سودوموناس آئروژینوزا* (PTCC 1430) خریداری‌شده از مرکز کلکسیون قارچ و باکتری کشور استفاده شد. فعالیت ضد باکتری نانو آلومینات روی به روش انتشار دیسک بر آگار موردسنجش قرار گرفت. بر روی محیط کشت نوترینت آگار غلظت معادل نیم مک فارلند از باکتری *اشریشیا کولای* و *سودوموناس آئروژینوزا* در پتری دیش‌های جداگانه کشت داده شد. ۵ میلی‌گرم از پودر نانوذره آلومینات روی در یک میلی‌لیتر کلروفرم مخلوط شد. از تعلیقه به‌دست‌آمده به مقدار ۵ میکرولیتر بر روی دیسک‌های بلانک (با قطر ٦ میلی‌متر) ریخته شد و بر روی کشت باکتریایی قرار گرفت. قطر هاله عدم رشد شکل‌گرفته اطراف نمونه پس از ٢٤ ساعت انکوباسیون در دمای ۳۷ درجه *سلسیوس* با کولیس ورنیه اندازه‌گیری شد. یک تیمار با استفاده از کلروفرم خالص بدون نانوذره برای تأثیر اثر ضد میکروبی کلروفرم استفاده شد. از دیسک استاندارد جنتامایسین ۱۰ برای مقایسه اثر ضد میکروبی استفاده شد.

- آزمون تعیین MBC و MIC نانو ذرات آلومینات روی

جهت بررسی اثرات حداقل غلظت مهارکنندگی رشد باکتری (MIC) و حداقل غلظت کشندگی باکتری (MBC) نانو ذرات آلومینات روی از روش

www.SID.ir

Archive of SID

ماکرودایلوشن در لوله‌های استریل آزمایشگاهی استفاده شد. در ابتدا برای هرکدام از باکتری‌ها تا هفت لوله رقت سازی انجام شد که از محیط کشت نوترینت براث استریل ۱۰۰۰ میکرولیتر داخل هر یک از لوله‌های آزمایشگاهی ریخته شد و به اولین لوله ۱۰۰۰ میکرولیتر از بیشترین غلظت آماده شده ی محلول نانوذره آلومینات روی (۱۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) اضافه شد. از لوله اول ۱۰۰۰ میکرولیتر محلول برداشت گردید و به لوله‌های دیگر که تنها حاوی ۱۰۰۰ میکرولیتر محیط کشت بود اضافه شد. این روند از لوله دوم به سوم و به همین ترتیب تا لوله هفتم ادامه پیدا کرد تا تمامی غلظت‌های موردنظر ساخته شوند و ۱۰۰۰ میکرولیتر از لوله آخر دور ریخته شد. سپس ۱۰۰۰ میکرولیتر باکتری معادل نیم مک فارلند به هرکدام از ۷ لوله اضافه گردید. یک لوله دیگر به‌عنوان کنترل مثبت که حاوی ۱۰۰۰ میکرولیتر از محیط کشت مایع استریل و ۱۰۰۰ میکرولیتر از باکتری و یک لوله حاوی ۱۰۰۰ میکرولیتر محیط کشت مایع و ۱۰۰۰ میکرولیتر نانوذره آلومینات روی به‌عنوان کنترل منفی تهیه شد. در ادامه به مدت ٤٠- ٢٤ ساعت در دمای ۳۷ درجه انکوبه شد. مقدار کدورت ایجاد شده در لوله‌ها بیانگر مقدار رشد باکتری است که با چشم غیرمسلح و با روئیت کردن کدورت هر لوله بررسی شد. در این روش اولین لوله‌ای که کدورت ایجاد نشده بود حداقل غلظت مهارکنندگی (MIC) را نشان داد. از تمام لوله‌های قبل از لوله حاوی کدورت میزان ۱۰۰ میکرولیتر برداشته شد و در ظروف پتری دیش به‌روش پورپلیت کشت شد و تمامی پتری دیش‌ها به‌مدت ٤٠ -٢٤ ساعت در دمای ۳۷ درجه *سلسیوس* انکوبه شد. حداقل غلظتی که باکتری درروی محیط کشت هیچ‌گونه رشد و تشکیل کلنی نداشت به‌عنوان (MBC) در نظر گرفته شد. این آزمون برای هر دو باکتری و هر غلظت ۳ بار تکرار شد.

- آنالیز آماری

نرمال بودن داده‌ها با آزمون شاپیروویلک انجام شد. آنالیز آماری با استفاده از آزمون T test انجام گرفت. از نرم‌افزار Graphpad-Prism 5 استفاده شد.

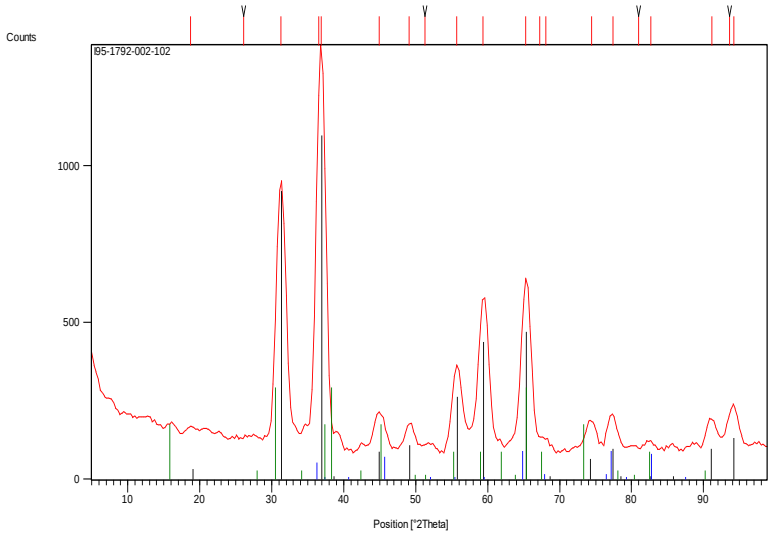
یافته‌ها

- بررسی ترکیب و ریزساختار نانو ذرات روی آلومینات تولیدی

برای تشخیص فاز بلوره‌ای و مقایسه اندازه ذره، تجزیه‌وتحلیل پراش پرتوایکس با استفاده از یک پراش‌سنج (برای 2θ محدوده از ۰ تا ۸۰ درجه با یک مرحله به‌اندازه ۰/۰۱ درجه (2θ)) با استفاده از تک‌رنگ تابش Kα- Cu در نمونه‌ها انجام شد. شکل ۱ نشان می‌دهد که محصول نهایی $ZnAl_2O_4$ با ساختار اسپینل موردنظر و تمام قله‌ها می‌توانند به‌عنوان فاز اسپینل $ZnAl_2O_4$ (گروه فضایی Fd-3m، کد مرجع ۰۱-۰۷٤-۱۱۳٦) نمایه شوند. پیک‌های مشخصه در 2θ از ۳۱/۳۵، ۳۷/۷٤، ٤٤/۷۵، ۵۵/۷٤، ۵۹/٤۳ و ٦۵/٤۳ مربوط به سیاره‌های هسته کریستالوگرافی اسپینل فاز، $ZnAl_2O_4$، به ترتیب (۲۲۰)، (۳۱۱)، (٤۰۰)، (٤۲۲)، (۵۱۱) و (٤٤۰) هستند.

www.SID.ir

Archive of SID



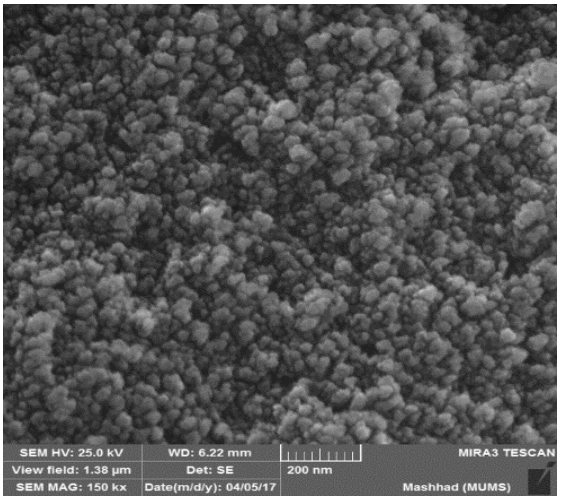
شکل(۱)- الگوی پراش پرتو ایکس(XRD) نمونه سنتز شده آلومینات روی

همچنین داده‌های جدول (۱) ساختار نانوذره و اندازه محصول تولیدی را می‌دهد و تأیید می‌کند که ذره ی تولیدشده ساختار $ZnAl_2O_4$ را داراست. بر اساس معادله شرر اندازه نانوذره آلومینات روی ۳۵/۵ نانومتر محاسبه شد.

جدول (۱)- داده‌های مرجع مربوط به الگوی XRD نانوذره $ZnAl_2O_4$

فرمول شیمیایی	فاکتور اندازه‌گیری	Displacement [°2Th.]	نام ترکیب	امتیاز	کد رفرنس
Zn Al_2O_4	۰/۹۰٤	۰/۱۰۲	Gahnite	۸۰	00-005-0669

تصویر اسکن الکترونی نانو ذرات آلومینات روی در شکل (۲) آورده شده است. تصویر نشان‌دهنده ساختار هم‌سانه ذرات است که همگی اندازه کمتر از ۱۰۰ نانومتر دارند.



شکل ۲- تصویر اسکن الکترونی نانو ذرات روی آلومینات تولیدشده

www.SID.ir

Archive of SID

- نتایج تست ضدباکتریایی دیسک‌های نانوذره روی آلومینات

نتایج سنجش نانوذره آلومینات روی به روش انتشار دیسک علیه باکتری‌های *اشریشیا کولای* و *سودوموناس آئروژینوزا* در جدول (۳) نشان داده شد. قطر هاله عدم رشد پس از کسر میزان قطر حاصل از تیمار کلروفرم خالص بدون نانوذره گزارش‌شده است. اندازه قطر هاله عدم رشد باکتری *سودوموناس آئروژینوزا* از اندازه قطر هاله عدم رشد باکتری *اشریشیا کولای* بزرگ‌تر بود (جدول ۳). درنتیجه باکتری *سودوموناس آئروژینوزا* در مقایسه با باکتری *اشریشیا کولای* نسبت به نانوذره آلومینات روی حساسیت بیشتری دارد.

جدول (۳)- خاصیت ضد باکتریایی نانوذره‌ی آلومینات روی باکتری‌های *اشریشیا کولای* و *سودوموناس آئروژینوزا*

باکتری	اندازه هاله عدم رشد باکتری برحسب mm	
	جنتامایسین ۱۰	نانوذره‌ی آلومینات روی
اشریشیا کولای	۱۶/۵۴±۲/۳ [a]	۱۱/۶۴ ±۲/۲ [b]
سودوموناس آئروژینوزا	۱۷/۸۸±۴/۹ [a]	۱۶/۰۶±۱/۸ [a]

نتایج به‌صورت انحراف معیار ± میانگین آورده شده است. حروف غیر هم نام در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح آلفای ۹۵ درصد است.

- نتایج تعیین حداقل غلظت بازدارندگی (MIC) و حداقل غلظت کشندگی (MBC)

بر اساس نتایج حاصل از آزمایش‌های بررسی فعالیت ضدباکتریایی سوسپانسیون نانو ذرات آلومینات روی بر روی باکتری‌های *اشرشیاکولای* و *سودوموناس* مقدار MIC و MBC برای هر یک از باکتری‌ها نسبت به نانوذره آلومینات روی تعیین شد. نتایج تعیین MIC و MBC برای هرکدام از باکتری‌ها در جدول (٤) آورده شده است. با توجه به نتایج جدول کمترین غلظت مهارکننده رشد MIC مربوط به باکتری *سودوموناس آئروژینوزا* بود و باکتری *اشریشیا کولای* فاقد MIC و MBC بود. بر اساس نتایج جدول (٤)، باکتری *اشریشیا کولای* در مقایسه با باکتری *سودوموناس آئروژینوزا* نسبت به نانوذره آلومینات روی مقاوم‌تر بود و در غلظت‌های ۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر و پایین‌تر قدرت بازدارندگی (MIC) و قدرت کشندگی (MBC) نداشت.

جدول (٤)- مقادیرMIC و MBC نانوذرات آلومینات روی ضد باکتری‌ها (mg/ml)

باکتری	MBC	MIC
اشریشیا کولای	–	–
سودوموناس آئروژینوزا	۱/٦٦	۱/٦٦

www.SID.ir

Archive of SID

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج پراش اشعه ایکس و میکروسکوپ الکترونی ساختار نانوذره آلومینات روی تولیدشده مورد تأیید قرار گرفت و ساختار تولیدی اندازه زیر ۱۰۰ نانومتر داشت که با محاسبه توسط معادله شرر از نتایج XRD این اندازه ۳۵/۵ نانومتر محاسبه شد. مطالعه حاضر بیان می‌کند که نانوذره آلومینات روی دارای خواص ضد باکتریایی بسیار خوبی است و این نانو مواد می‌تواند دارای خاصیت ضدمیکروبی بسیار مؤثری جهت استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی باشد. با توجه به نتایج، نانو ماده آلومینات روی دارای اثرات قابل‌توجه بر باکتری *سودوموناس آئورژینوزا* است و روی *اشریشیا کولی* نیز اثر ضدباکتریایی نشان می‌دهد.

نانوذرات به‌دلیل خصوصیات کاربردی ویژه و فیزیکوشیمیایی به‌طور گسترده در صنایع غذایی مختلف استفاده می‌شوند (Joye and McClements, 2014; Sarkar *et al*., 2017). به‌علاوه درزمینه ایمنی مواد غذایی کاربردهای گسترده‌ای یافته‌اند (Ravichandran, 2010). نانوذرات فلزی به علت خواص ضد میکروبی در پوشش دهی مواد غذایی به‌کار می‌روند (Bastarrachea *et al*., 2015).

مطالعات متعددی درباره اثر نانوذرات فلزی مانند نانوذرات اکسید روی و خاصیت ضد باکتری آن‌ها در نگه‌داری مواد غذایی گزارش‌شده است (Huang *et al*., 2018). در یک مطالعه اثر نانوذرات اکسید روی، روی فیله ماهی کاد بررسی شد و مشاهده گردید که از دست دادن آب فیله کاهش یافت و چسبندگی فیله به ظرف نگه‌داری کم شد (Mizielinska *et al*., 2018). در مطالعه‌ای دیگر فیلم ژلاتین ماهی فلاندر زیتونی ترکیب‌شده با نانوذرات اکسید روی خاصیت ضد میکروبی بالایی علیه *لیستریا مونوسایتوژنز* در اسفناج نشان داد اما اثر منفی بر کیفیت، رنگ و محتوای ویتامین ث نداشت (Beak *et al*., 2017). همچنین مشاهده‌شده است که فیلم بسته‌بندی حاوی نانوذرات اکسید روی باعث صدمه دیدن میکروارگانیسم‌ها گردیده و برای کنترل گوشت در نگه‌داری به شیوه سرد مفید است (Suo *et al*., 2017). در یک تحقیق دیگر روی فیلم بسته‌بندی مواد خوراکی حاوی نانوذرات اکسید روی تشکیل بیوفیلم باکتری‌های عامل بیماری‌های غذازاد شامل *لیستریا مونوسایتوژنز* و *اشریشیا کولای* مهار گردید (Al-Shabib *et al*., 2016). در یک تحقیق نانوذرات نقره در پدهای سلولوزی وارد شد و دور گوشت گاو پیچیده شد. نتایج نشان از کاهش معنی‌دار بار میکروبی عصاره گوشت داشت (Smolkova *et al*., 2015). مطالعاتی نیز اثر نانوذرات مس روی نگه‌داری روغن نارگیل و مهار باکتری *اشریشیا کولای* در روغن و فیلم نانوکامپوزیت مس برای نگه‌داری یک محصول لبنی هندی به نام پدا (Peda) گزارش‌شده است (Gautam and Mishra, 2017; Lomate *et al*., 2018). همچنین بر اساس آخرین مطالعات نانوذرات سریوم اکساید (CeO_2) به‌عنوان یک ترکیب ضدمیکروبی قوی جهت استفاده در صنایع غذایی می‌باشد زیرا اثر سمیت روی سلول پستانداران ندارند و علیه باکتری *اشریشیا کولای* بسیار خاصیت ضد میکروبی زیادی نشان داده‌اند (Zhang *et al*., 2019).

با توجه به مطالعات قبلی به نظر می‌رسد که ترکیبات لیپیدی غشاء سلولی *اشریشیاکولی* در حضور نانو ذرات، مقاوم‌تر از ترکیبات لیپیدی غشاء سلولی باکتری

www.SID.ir

Archive of SID

سودوموناس می‌باشند. در مرور منابع مطالعه دیگری روی اثر ضد باکتریایی نانوذره آلومینات روی یافت نشد اما دو گروه از محققین اظهار داشتند که *باسیلوس سابتیلیس* به نانو ذرات نقره و مس نسبت به *اشریشیا کولای* بیشتر حساس بوده است. شاید دلیل این اختلاف به وجود لیپو پلی ساکارید باکتری‌های گرم منفی، یعنی تفاوت در ساختار دیواره سلولی مربوط باشد که با تحقیق حاضر مشابهت داشت (Yoon *et al*., 2007; Diao and Yao, 2009). در مطالعه حاضر نانوذرات آلومینات روی تأثیر مهاری بسیار خوبی از خود نشان دادند، اما جهت استفاده در صنایع غذایی نیاز به تحقیقات بیشتری در زمینه سمیت آن روی سلول‌های انسانی و ایمنی در صنایع غذایی است.

در مطالعه‌ای در ایران، مشاهده شد که کلوئید نانو ذرات نقره اثرگذاری مطلوب و مناسبی را بر باکتری مورد آزمایش دارد به‌طوری‌که حداقل غلظت بازدارندگی برای باکتری مذکور، غلظت ۳/۹ میلی‌گرم در میلی‌لیتر و حداقل غلظت باکتری کشی غلظت ۳۱/۲۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر محاسبه شد. هم‌چنین در آزمون‌های آنتی‌بیوگرام روی پلیت و آنتی‌بیوگرام داخل لوله کاهش قابل‌مقایسه‌ای از باکتری‌ها در مقابل بسترهای پالایه سرامیکی پوشش یافته با نانو ذرات نقره مشاهده گردید (Nafisi Bahabadi *et al*., 2016). بر اساس نتایج مطالعه‌ای دیگر باکتری‌های *اشریشیا کولای* کمترین حساسیت و باکتری‌های *استافیلوکوکوس اورئوس* بیشترین حساسیت را نسبت به نانوذرات نقره نشان دادند (Salmani *et al*., 2017). این نتایج با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت.

استفاده از نانوذرات اکسید فلزی جهت استفاده‌های زیست‌محیطی، کشاورزی و بهداشت و سلامت به‌عنوان عوامل جدید برای کنترل و جلوگیری از آلودگی‌های باکتریایی مطرح است (Stankic *et al*. 2016). مکانیسم عمل ضد باکتریایی این نانوذرات اکسید فلزی هنوز به‌طور کامل شناخته‌شده نیست. برخی مکانیسم‌ها برای این منظور پیشنهادشده است که شامل تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن، آزادسازی یون فلزی، ورود ذره نانو به درون باکتری و تخریب دیواره یا غشای سلول باکتری می‌باشد. ترکیبات نانو اکسید فلزی می‌تواند خواص باکتریواستاتیک یا باکتری‌کش نشان دهد. در حالت باکتریواستاتیک باکتری نمی‌میرد اما تقسیم و رشد آن متوقف می‌شود. اگر باکتری در این حالت از محیط حاوی نانوذره جدا شود می‌تواند دوباره رشد کند. اما در حالت باکتری کشی رشد مجدد کلنی باکتری در محیط آگار بدون نانوذره مشاهده نمی‌شود (Stankic *et al*., 2016).

مولکول آب‌اکسیژنه، رادیکال‌های آزاد هیدروکسیل و اکسیژن یا یون سوپراکساید نمونه‌هایی از گونه‌های فعال اکسیژنی هستند که می‌توانند در سطح نانوذرات تولید شوند و با استرس اکسیداتیو و پراکسیداسیون لیپید غشایی باعث مرگ سلول باکتری شوند. بعلاوه این گونه‌های فعال می‌توانند به پروتئین و اسیدهای نوکلئیک باکتری نیز آسیب بزنند. برای مثال نانوذره اکسید طلا باعث تخریب DNA باکتری *اشریشیا کولای* و مرگ آن می‌شود (Sondi and Salopek-Sondi, 2004). همچنین نانوذرات اکسید مس تولید گونه‌های اکسیژن فعال از نوع سوپراکساید می‌کنند که به سطح باکتری جذب می‌شود یا به آن وارد می‌گردد و باعث مرگ باکتری‌های

www.SID.ir

Archive of SID

گرم منفی مثل *استافیلوکوکوس اورئوس* و گرم مثبت مثل *اشریشیا کولای* می‌شود (Applerot *et al*., 2012). خصوصیات فیزیکوشیمیایی ذرات نانواکسید فلزی مثل اندازه، ترکیب و ساختار کریستالی و بار سطحی با افزایش خاصیت ضد باکتریایی در ارتباط است. ذرات کوچک‌تر از ۲۰ نانومتر به‌راحتی به باکتری نفوذ می‌کنند و می‌توانند باعث آزادسازی یون سمی فلز به سیتوپلاسم سلول شوند (Sirelkhatim *et al*., 2015). البته در تحقیق حاضر اندازه متوسط نانوذرات ۳۵/۵ نانومتر گزارش شد و شاید نفوذ راحتی به درون باکتری نداشته باشد و سایر مکانیسم‌های باکتری‌کشی نامبرده برای عملکرد آن محتمل‌تر باشد.

در مطالعه حاضر نانوذره اکسید تولیدی از ترکیب ۲ فلز ساخته‌شد. برخی نانوذرات اکسید دو یا چندفلزی خاصیت ضد میکروبی بالاتری در مقایسه با تک فلز نشان داده است. برای مثال نانوذره اکسید منیزیم-روی باکتری گرم مثبت *باسیلوس سابتیلیس* را به‌طور کامل مهار کرد و باکتری گرم منفی *اشرشیا کولای* را تا حدی مهار نمود (Vidic *et al*., 2013). عملکرد این نانوذره ترکیبی به‌صورت تخریب غشا و خروج محتوای سلولی بود. در مقایسه نانولوله‌های اکسید روی هر دو سلول را به‌صورت غیرانتخابی تخریب کرد و سلول‌های HeLa انسانی را نیز از بین برد. اما نانوذرات اکسید منیزیم تا حدی خاصیت مهار باکتریایی نشان داد و برای سلول‌های انسانی سمیت کمتری داشت. همچنین نانوذرات روی حاوی آهن به‌طور کارآمد *اشریشیا کولای* را مهار کرد و اثر سمیت روی سلول انسانی نداشت (Ravichandran *et al*., 2015). یون آهن سه‌ظرفیتی که در این ترکیب به شکل یک ناخالصی واردشده بود توانست فعالیت ضد میکروبی را افزایش دهد. در مطالعات دیگر نانوذرات اکسید سیلیسیوم حاوی طلا علیه *سودوموناس آئروژینوزا*، *استافیلوکوکوس اورئوس* و *اشریشیا کولای* خاصیت ضد میکروبی بسیار خوبی نشان دادند (Kim *et al*., 2007). نانوذره اکسید روی حاوی آهن و منگنز نیز علیه *استافیلوکوکوس اورئوس*، *اشریشیا کولای*، *سالمونلا تایفی*، *سودوموناس آئروژینوزا* و *باسیلوس سابتیلیس* کارآمد بود (Sharma *et al*., 2016).

در مطالعه حاضر نتایج تعیین مقدار MIC و MBC نشان داد که باکتری *سودوموناس آئروژینوزا* نسبت به باکتری *اشریشیا کولای* حساسیت بیشتری نسبت به نانوذرات اکسید آلومینات روی داشت و یا به عبارتی دیگر *اشریشیا کولای* نسبت به نانو ذرات آلومینات روی مقاوم‌تر بود. با توجه به کارایی نانوذره تولیدی پیشنهاد می‌گردد نانوذره آلومینات روی در مطالعات بسته‌بندی مواد غذایی و ایمنی مورد سنجش و ارزیابی قرار گیرد تا امکان استفاده آن تائید شود. مطالعه روی سایر گونه‌های بیماری‌زای غذایی اعم از باکتری‌ها و قارچ‌ها ضروری است.

سپاسگزاری

نویسندگان از دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار به جهت حمایت مادی و معنوی از تحقیق حاضر تشکر و قدردانی می‌نمایند.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی برای گزارش ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

- Ahmed, J., Arfat, Y.A., Bher, A., Mulla, M., Jacob, H., and Auras, R. (2018). Active chicken meat packaging based on polylactide films and bimetallic Ag-Cu nanoparticles and essential oil. Journal of Food Science, 83(5):1299–1310.
- Al-Shabib, N.A., Husain, F.M., Ahmed, F., Khan, R.A., Ahmad, I., Alsharaeh, E., Khan, M.S., Hussain, A., Rehman, M.T., Yusuf, M. *et al*. (2016). Biogenic synthesis of zinc oxide nanostructures from nigella sativa seed: Prospective role as food packaging material inhibiting broad-spectrum quorum sensing and biofilm. Scientific Report, 6:36761.
- Applerot, G., Lellouche, J., Lipovsky, A., Nitzan, Y., Lubart, R., Gedanken, A. and Banin, E. (2012). Understanding the antibacterial mechanism of CuO nanoparticles: revealing the route of induced oxidative stress. Small, 8(21):3326–3337.
- Azeredo, H.M.C.D. (2012). In: nano-antimicrobials progress and prospects, Cioffi, N. and Rai, M. (Editors), Antimicrobial activity of nanomaterials for food packaging applications. First edition, Springer. P. 375.
- Bala, T., Armstrong, G., Laffir, F. and Thornton, R. (2011). Titania – silver and alumina silver composite nanoparticles: novel, versatile synthesis, reaction mechanism and potential antimicrobial application. Journal of Colloid and Interface Science, 356(2):395 – 403.
- Bastarrachea, L.J., Denis-Rohr, A., and Goddard, J.M. (2015). Antimicrobial Food Equipment Coatings: Applications and Challenges. Annual Review of Food Science and Technology, 6:97–118.
- Beak, S., Kim, H. and Song, K.B. (2017). Characterization of an olive flounder bone gelatin-zinc oxide nanocomposite film and evaluation of its potential application in spinach packaging. Journal of Food Science, 82:2643–2649.
- Chen, L., Sun, X., Liu, Y., Zhou, K. and Li, Y. (2004). Porous $ZnAl_2O_4$ synthesized by a modified citrate technique. Journal of alloys and compounds, 376(1-2): 257-261.
- Davar, F. and Salavati-Niasari, M. (2011). Synthesis and characterization of spinel-type zinc aluminate nanoparticles by a modified sol–gel method using new precursor. Journal of Alloys and Compounds, 509(5):2487-2492.
- Deus, D., Kehrenberg, C., Schaudien, D., Klein, G. and Krischek, C. (2017). Effect of a nano-silver coating on the quality of fresh turkey meat during storage after modified atmosphere or vacuum packaging. Pollution Science, 96:449–457.
- Diao, M. and Yao, M. (2009). Use of zero-valent iron nanoparticles in inactivating microbes. Water research, 43(20): 5243-5251.
- Gautam, G. and Mishra, P. (2017). Development and characterization of copper nanocomposite containing bilayer film for coconut oil packaging. Journal of Food Processing and Preservation, 41:13243.
- Hamed, M.E., Mashad, A. and Pan, Z. (2015). Food decontamination using nanomaterials. MOJ Food process and Technology, 1(2):40–41.
- Hassanpour, P., Panahi, Y., Ebrahimi-Kalan, A., Akbarzadeh, A., Davaran, S., Nasibova, A.N., *et al.*, (2018). Biomedical applications of aluminium oxide nanoparticles. Micro and Nano Letters, 13(9):1227–1231.
- Huang, L., Li, D., Lin, Y., Evans, D.G. and Duan, X. (2005). Influence of nano-MgO particle size on bactericidal action against *Bacillus subtilis* var. niger. Chinees Science Bulletin, 50(6):514–519.
- Jiang, H., Manolache, S. and Te-Hsing, W. (2004). Plasma-enhanced deposition of silver nanoparticles onto polymer and metal surfaces for the generation of antimicrobial characteristics. Journal of Applied Polymer Science, 93(3):1411-1422.
- Jiang, W., Mashayekhi, H. and Xing, B. (2009). Bacterial toxicity comparison between nano- and micro-scaled oxide particles. Environmental Pollution, 157(5):1619–1625.

www.SID.ir

Archive of SID

- Joye, I.J. and McClements, D.J. (2014). Biopolymer-based nanoparticles and microparticles: fabrication, characterization, and application. Current Opinion in Colloidal Interface Sciences, 19:417–427.
- Kim, Y.H., Lee, D.K., Cha, H.G., Kim, C.W. and Kang, Y.S. (2007). Synthesis and characterization of antibacterial Ag-SiO_2 nanocomposite. Journal of Physical Chemistry C, 111(9):3629–3635.
- Kuang, H.J., Yang, L., Xu, H.Y. and Zhang, W.Y. (2015). Antibacterial properties and mechanism of zinc oxide nanoparticles. Chinese Journal of Pharmacology and Toxicology, 2(29):153–154.
- Li, Q., Sherwood, J.S. and Logue, C.M. (2004). The prevalence of Listeria, Salmonella, *Escherichia coli* and *E. coli* O157:H7 on bison carcasses during processing. Food Microbiology, 21:791–799.
- Lomate, G.B., Dandi, B. and Mishra, S. (2018). Development of antimicrobial LDPE/Cu nanocomposite food packaging film for extended shelf life of peda. Food Packaging and Shelf Life, 16:211–219.
- Lu, Y., Yang, F.X. and Zhang, H.G. (2013). Preparation and Properties of Silver-loaded LDPE Antibacterial Films. Packaging Engineering, 11:27–30.
- Menon, S.G., Hebbar, D.N., Kulkarni, S.D., Choudhari, K.S. and Santhosh, C. (2017). Facile synthesis and luminescence studies of nanocrystalline red emitting $CrZnAl_2O_4$ phosphor. Materials Research Bulletin, 86: 63-71.
- Mizielinska, M., Kowalska, U., Jarosz, M. and Suminska, P. (2018). A comparison of the effects of packaging containing nano ZnO or polylysine on the microbial purity and texture of Cod (*Gadus morhua*) fillets. Nanomaterials, 8:158.
- Nafisi Bahabadi, M., Hosseinpour Delavar, F., Mirbakhsh, M., Niknam, K.H. and Johari, S.A. (2016). Assessing antibacterial effect of filter media coated with silver nanoparticles against *Bacillus spp*. ISMJ, 19(1): 1-14. [In Persian]
- Nakai, S.A. and Siebert, K.J. (2004). Organic acid inhibition models for *Listeria innocua*, *Listeria ivanovii*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Oenococcus oeni*. Food Microbiology, 21:67–72.
- Percival, S.L., Bowler, P.G. and Dolman, J. (2007). Antimicrobial activity of silver-containing dressings on wound microorganisms using an in vitro biofilm model. International Wound Journal, 4(2):186–191.
- Poole, C.P.J. and Owens, F.J. (2003). Introduction to nanotechnology. Wiley-Inter science, 8(2): 29-48.
- Rajkowski, K.T. (2012). Thermal inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and Salmonella on catfish and tilapia. Food Microbiology, 30:427-431.
- Ravichandran, K., Rathi, R., Baneto, M., Karthika, K., Rajkumar, P.V., Sakthivel, B., and Damodaran, R. (2015). Effect of Fe^{+} doping on the antibacterial activity of ZnO powder. Ceramics International, 41:3390–3395.
- Ravichandran, R. (2010). Nanotechnology applications in food and food processing: innovative green approaches, opportunities and uncertainties for global market. International Journal of Green Nanotechnology Physics and Chemistry, 1:72–96.
- Sadiq, I.M., Chowdhury, B., Chandrasekaran, N. and Mukherjee, A. (2009). Antimicrobial sensitivity of *Escherichia coli* to alumina nanoparticles. Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine, 5(3):282–286.
- Salmani, M.H., Mirhosieni, M., Moshtagi laregani, M. and Akrami, K. (2017). Survey of silver nanoparticles antibacterial activity against gram-positive and gram-negative bacteria *in vitro*. J Tolooe behdasht Sci, 15(1): 76-84. [In Persian]
- Sarkar, P., Choudhary, R., Panigrahi, S., Syed, I., Sivapratha, S. and Dhumal, C.V. (2017). Nano-inspired systems in food technology and packaging. Environmental Chemistry Letter, 15:607–622.

www.SID.ir

Archive of SID

- Shahverdi, A.R., Fakhimi, A., Shahverdi, H.R. and Minaian, S. (2007). Synthesis and effect of silver nanoparticles on the antibacterial activity of different antibiotics against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. Nanomedicine, 3:168–171.
- Sharma, N., Jandaik, S., Kumar, S., Chitkara, M. and Sandhu, I.S. (2016). Synthesis, characterisation and antimicrobial activity of manganese-and iron-doped zinc oxide nanoparticles. Journal of Experimental Nanoscience, 11:54–71.
- Sirelkhatim, A., Mahmud, S., Seeni, A., Kaus, N.H.M., Ann, L.C., Bakhori, S.K.M., Hasan, H. and Mohamad, D. (2015). Review on zinc oxide nanoparticles: antibacterial activity and toxicity mechanism. Nano Microbiology Letter, 7:219–242.
- Smolkova, B., Yamani, N., Collins, A.R., Gutleb, A.C. and Dusinska, M. (2015). Nanoparticles in food. Epigenetic changes induced by nanomaterials and possible impact on health. Food Chemical Toxicology, 77:64–73.
- Sodagar, A., Bahador, A., Pourhajibagher, M., Ahmadi, B. and Baghaeian, P. (2016). Effect of addition of Curcumin nanoparticles on antimicrobial property and shear bond strength of orthodontic composite to bovine enamel. Journal of Dentistry, 13(5):373-82.
- Sondi, I. and Salopek-Sondi, B. (2004). Silver nanoparticles as antimicrobial agent: a case study on *E. coli* as a model for Gram-negative bacteria. Journal of Colloidal Interface Science, 275:177–182.
- Stankic, S., Suman, S., Haque, F., and Vidic, J. (2016). Pure and multi metal oxide nanoparticles: synthesis, antibacterial and cytotoxic properties. Nanobiotechnology, 14(73):1-20.
- Suo, B., Li, H., Wang, Y., Li, Z., Pan, Z. and Ai, Z. (2017). Effects of ZnO nanoparticle-coated packaging film on pork meat quality during cold storage. Journal of Science of Food and Agriculture, 97:2023–2029.
- Tavakoli, H., Rastegar, H., Taherian, M., Samadi, M. and Rostami, H. (2017). The effect of nano-silver packaging in increasing the shelf life of nuts: An in vitro model. Italian Journal of Food Safety, 6: 68-74.
- Thakkar, K.N., Mhatre, S.S. and Parikh, R.Y. (2010). Biological synthesis of metallic nanoparticles. Nanomedicine and Nanotechnology, 6(2): 257-262.
- Tony Jin, T. and He, Y. (2011). Antibacterial activities of magnesium oxide (MgO) nanoparticles against foodborne pathogens. Journal of Nanoparticle Research, 13:6877–6885.
- Verma, S.K., Prabhat, K., Goyal, L., Rani, M. and Jain, A. (2010). A critical review of the implication of nanotechnology in modern dental practice. National Journal of Maxillofacial Surgery, 1(1):41-44.
- Vidic, J., Stankic, S., Haque, F., Ciric, D., Le Goffic, R., Vidy, A., Jupille, J. and Delmas, B. (2013). Selective antibacterial effects of mixed ZnMgO nanoparticles. Journal of Nanoparticle Research, 15:1595.
- Yamamoto, O. (2001). Influence of particle size on the antibacterial activity of zinc oxide. International Journal of Inorganic Materials, 3:643–646.
- Yang, F., Liu, Q.L. and Lei, B. (2006). Research on the Application of Nano-Zinc Oxide. Anhui Chemical Industry, (1):13 –15.
- Yoon, K., Byeon, J.H., Park, J. and Hwang, J. (2007). Susceptibility constants of *Escherichia coli* and *Bacillus subtilis* to silver and copper nanoparticles. Science of the Total Environment, 373: 572–575.
- Zhang, H. (2013). Application of Silver Nanoparticles in Drinking Water Purification. University of Rhode Island; 2013. 29 p.
- Zhang, M., Zhang, C., Zhai, X., Luo, F., Du, Y. and Yan, C. (2019). Antibacterial mechanism and activity of cerium oxide nanoparticles. Science China Materials, 62(11):1727–1739.

www.SID.ir

Archive of SID

- Ziyaadini, M., Zahedi, M.M. and Dehghan-Rahimi, A. (2018). Enhanced photocatalytic degradation of 2,4-dichlorophenol in water solution using Sr-doped $ZnAl_2O_4$ nanoparticles. Journal of Particle Science and Technology, 4:101-109.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Food Hygiene, Vol. 10, No. 37, Springer 2020

"Research Article" 10.30495/JFH.2020.1885047.1250

Antibacterial activity of zinc aluminate nanoparticles against foodborne pathogenic bacteria of *E. coli* and *P. aeruginosa*

Taheri, A.[1*], Ziaadini, M.[2], Gahramzai, M.[3]

1. Associate Professor, Faculty of Marine Sciences, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran

2. Assistant Professor, Faculty of Marine Sciences, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran

3. Graduate Student, Faculty of Marine Sciences, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran

*Corresponding Author: taherienator@gmail.com

(Received: 2019/12/10 Accepted: 2020/7/28)

Abstract

Materials in nanoscale dimensions have a high surface-to-volume ratio, and thus have better reactions with other materials. The development of nanotechnology over the past decades has opened up opportunities for discovering the antibacterial effects of metallic nanoparticles. In this study, the antibacterial properties of nanoparticles on aluminate (ZnAl2O4) were studied on *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa* bacteria. Antibacterial activity was assessed by using the disk diffusion method on agar using nanoparticles on synthesized aluminate. The non-growth halo diameter indicates the sensitivity of bacteria to antimicrobials. The minimum inhibitory concentration of bacterial growth (MIC) and minimum bacterial leaching concentration (MBC) was measured by microdilution in sterile tubes. Statistical analysis was done by T-test. The results of this study showed that *Pseudomonas aeruginosa* sensitivity (16.06±1.8mm) was higher than *E. coli* (11.64±2.2mm) ($p<0.05$). The minimum inhibitory concentration (MIC) and bactericidal concentration MBC of bacteria *Pseudomonas aeruginosa* and *Escherichia coli* bacteria MIC and MBC was lacking. According to the results obtained in this study, we conclude that *Pseudomonas aeruginosa* was more sensitive to alumina than that of *E. coli* against nanoparticles.

Conflict of Interest: None declared.

Keywords: Antibacterial activity, Zinc aluminate, nanoparticle, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*

www.SID.ir