

# نشاندن نانو ذرات نقره بر روی سطوح با روش ابتکاری نفوذ-تبخیر و بررسی اثر آن بر پاتوژن های مواد غذایی (اشریشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس)

سیده سمانه توکلیان<sup>1\*</sup>، مهرداد منطقیان<sup>2</sup>، غلامحسین اسدی<sup>3</sup>، شهین نجار پیرایه<sup>4</sup>،  
شاهرخ شعبانی<sup>5</sup>

- 1- کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
  - 2- دانشیار، گروه مهندسی شیمی- دانشکده فنی مهندسی- دانشگاه تربیت مدرس
  - 3- استادیار، گروه صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
  - 4- دانشیار، گروه باکتری شناسی، دانشکده علوم پزشکی- دانشگاه تربیت مدرس
  - 5- مربی، گروه صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
- (تاریخ دریافت: 89/9/23 تاریخ پذیرش: 90/2/8)

## چکیده

رشد پاتوژن های غذایی از شایع ترین مشکلات صنایع غذایی است. برای آنکه ماندگاری محصولات غذایی مختلف با نانو ذرات افزایش یابد روشی نو برای پوشش با نانو ذرات نقره ارائه شد. در ابتدا نانو ذرات نقره تولید و خواص نوری آنها توسط دستگاه طیف سنجی مرئی- فزاینش بررسی شد. سپس با استفاده از روش نفوذ-تبخیر این ذرات در منافذ ظروف سفالی نشانده شدند. از قطعات سفال محتوی نانو ذرات نقره آزمون های میکروسکوپ الکترونی روبشی<sup>1</sup>، دکتور اشعه ایکس<sup>2</sup>، طیف پراش پرتو ایکس<sup>3</sup> و میکروسکوپ نیروی اتمی<sup>4</sup> به عمل آمد. توزیع اندازه ذرات نانو نقره تولید شده در محدوده 30-10 نانومتر تعیین شد.

در مرحله بعد خاصیت آنتی میکروبی قطعات سفال محتوی نانو ذرات نقره بر روی دو پاتوژن غذایی اشریشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس بررسی شد. اثر مثبت آنتی باکتریال نانو ذرات نقره در هر مورد تایید شد و مشخص شد که اثر ظروف تولید شده محتوی نانو ذرات نقره بر روی باکتری گرم منفی اشریشیاکلی بیشتر از باکتری گرم مثبت استافیلوکوکوس اورئوس است. تصور می شود این بدلیل ضخامت بیشتر دیواره پپتیدوگلیکان در باکتری های گرم مثبت نسبت به باکتری های گرم منفی است. همچنین با افزایش میزان نقره قطعات سفال محتوی نانو ذرات نقره خاصیت ضد میکروبی این ظروف افزایش می یابد.

**کلید واژه گان:** نانو ذرات نقره، نفوذ-تبخیر، اشریشیاکلی، استافیلوکوکوس اورئوس

\* مسوول مکاتبات: [tavakolian.s@gmail.com](mailto:tavakolian.s@gmail.com)

1 SEM (Scanning Electron Microscope)  
2. EXD (Energy dispersive spectrometer)  
3. XRD (XRay Diffractometer)  
4 AFM (Atomic Force Microscopy)

## 1- مقدمه

در دهه‌های اخیر به مواد در اندازه‌های کمتر از 100 نانومتر توجه بسیار زیادی شده است. از جمله دلایل آن را می‌توان به پیشرفت تکنولوژی از این طریق و همچنین امکان کنترل ساختار و خواص ماده و ابزارها در مقیاس بسیار کوچک اشاره کرد. در مقیاس نانو، مواد دارای خواص فیزیکی منحصر به فردی هستند که از خواص توده‌ای آن‌ها مستثنی است [1].

در نانو شیمی منظور از نانو ذرات، ذراتی در حد نانومتر و ابعاد 10 نانومتر است [2]. این ذرات بدلیل داشتن نسبت سطح به حجم زیاد امروزه در بسیاری از صنایع از جمله صنایع غذایی (مانند مواد بسته بندی، کیسه و فیلم های نگهداری مواد غذایی) [3 و 4]، لوازم پزشکی مانند (نانو لوسیون، نانو ژل و ...); صنایع دارویی (مانند پماد های سوختگی، لوسیون های ضد آفتاب و ...) و غیره کاربرد دارند [5]. بطور مثال بسته بندی های نگهداری مواد غذایی که نانو مواد در آن بکار رفته است، از رشد عوامل فساد جلوگیری کرده، افزایش ماندگاری و بهبود کیفیت محصول را به همراه دارد [6]. نانو ذرات فلزی از جمله مس، روی، تیتانیوم، منیزیم، طلا و نقره دارای اثر آنتی میکروبی در مقابل باکتریها، ویروس ها و دیگر میکروارگانیسم ها می باشند [7].

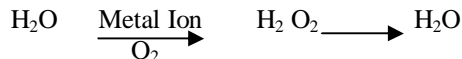
یکی از مزایای کوچک شدن ذرات افزایش قابل توجه سطح مخصوص آنها است، که اثر آن‌ها را به صورت قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد. اخیراً، تحقیقات روی مواد کامپوزیتی ساخته شده از پلیمر و نانو ذرات فلزی به دلیل ارائه خواص منحصر به فرد مانند کاهش ابعاد پرکننده مورد توجه قرار گرفته‌اند. اندازه ذرات ممکن است روی تمام خواص فیزیکی هر ماده‌ای اثر بگذارد. جای امیدواری است بهره برداری از خواص متکی به اندازه، راه را به سوی پیشرفت مواد مفید جدید باز کند. به طور مثال، استفاده از خواص نوری ذرات نانو می‌تواند نوع جدیدی از فیلترهای نوری رنگ، زیست حسگرها، زیست جستجوگرها، سنسورهای شیمیایی و ... را ایجاد نماید [8].

نانو ذرات نقره به دلیل خواص منحصر به فرد مثل هدایت گرمایی، مقاومت زیاد در برابر اکسید شدن و فعالیت باکتری کشی آنها به طور گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفته‌اند و به عنوان فلز طبیعی کاربردهای جالبی در مقاوم کردن اکثر کالاها در برابر میکروب‌ها دارد. به دلیل بالا بودن سطح مخصوص نانو

ذرات در این مقیاس در برخورد با سلول‌ها خاصیت جالب توجهی از خود بروز می‌دهند. همچنین نقره در ابعاد نانو بر متابولیسم، تنفس و تولید مثل میکروارگانیسم‌ها اثر می‌گذارد و جلوی تنفس، رشد و تکثیر هر گونه باکتری یا قارچ را می‌گیرد و اثر زیادی در بهبود زخم، تاول، خارش یا بیماری دارد. تاکنون از نانو نقره در صنایع دام و طیور، کشاورزی، باندهای زخم، ضد تاول، لوازم جراحی، زل‌های مرطوب‌کننده، ضدجوش‌ها، بهداشت زنان، شلوارهای طبی، دستمال کاغذی، کولرها، یخچال‌ها، و غیره استفاده می‌شود [9].

همچنین در بسیاری از تحقیقات نیز اثر آنتی باکتریال نانوکامپوزیت های نقره در سطوح بررسی شده است که در کاهش رشد میکروارگانیسم ها و جلوگیری از تشکیل بیوفیلم موثر می باشد [10 و 11]. تحقیقات اخیر نشان می دهد که روش آغشته سازی با نانو ذرات نقره نسبت به روش پوشش دهی سطوح اثر آنتی میکروبی بیشتری را موجب می شود [12]. مکانیسم اثر آنتی باکتریال نانو ذرات نقره را به سه دسته زیر می‌توان تقسیم کرد:

الف- تولیدگونه‌های اکسیژن فعال



ب- دگرگون ساختن میکروارگانیسم بوسیله تبدیل پیوندهای

SH به -SAG

ج- افزایش بار مثبت نقره در ابعاد نانو که موجب تخریب غشاء سلولی میکروارگانیسم می‌شود.

هدف از این تحقیق تولید ظروف آنتی باکتریال محتوی نانو ذرات نقره می باشد که جهت ساخت آنها ابتدا محلول نانوذرات نقره تولید شد، سپس نانو ذرات نقره روی ظروف نشانده شدند و در نهایت اثر ضدباکتری این ظروف مورد بررسی قرار گرفت.

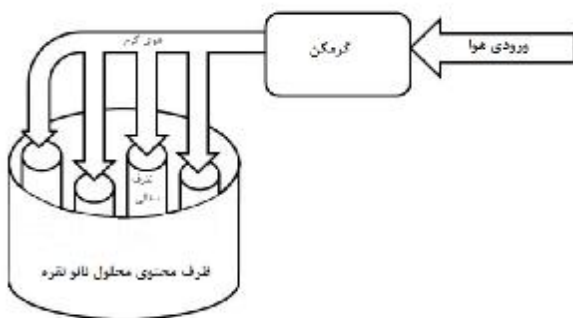
## 2- مواد و روشها

مواد مورد نیاز برای سنتز نانوذرات نقره شامل نیترات نقره با درجه خلوص 99/98%<sup>1</sup>، سیترات آمونیوم با درجه خلوص 99/5%<sup>2</sup> و هیدرازین با درجه خلوص 99/5%<sup>3</sup> همگی از شرکت

1. AgNO<sub>3</sub>  
2. C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>.2NH<sub>3</sub>  
3. N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O,

این منافذ در معرض هوا تبخیر سطحی می شوند و کوزه از این طریق خنک می گردد. در این تحقیق برای جدا کردن نانو ذرات نقره از مایع همراه استفاده شده است. به این معنی که مخلوط نانو ذرات با محلول<sup>3</sup> پس از تولید نانو ذرات با یک تکنیک که در زیر مورد اشاره قرار گرفته از جداره ظرف سفالی عبور داده می شود تا پس از تبخیر مایع در سوی دیگر ظرف نانو ذرات نشانده شوند. به این ترتیب می توان به حد زیادی نانو ذرات نقره را در محل مناسب یعنی سطح سفال نشانده.

در این تحقیق ظروف سفالی در ظرف حاوی محلول نانو ذرات نقره قرار داده شدند، بطوریکه سطح خارجی ظروف در تماس با محلول نانو نقره بود. در داخل ظرف جریان هوا برقرار بود که به تبخیر کمک کند. طی این فرآیند محلول محتوی ذرات نانو نقره به داخل منافذ و حفرات<sup>4</sup> داخلی ظروف نفوذ و پس از رسیدن به دیواره داخلی محلول تبخیر و ذرات نقره تثبیت<sup>5</sup> می شوند. هر یک از ظروف در مدت زمان های مختلف از محلول برداشته شده و به کوره با دمای 1000 درجه سانتی گراد به مدت 5 ساعت منتقل شد (شکل 1).



شکل 1 شماتیک دستگاه مورد استفاده جهت عملیات نفوذ تبخیر سپس آزمون های میکروسکوپ الکترونی روبشی، دکتور اشعه ایکس، طیف پراش پرتو ایکس، میکروسکوپ نیروی اتمی و نیز تست میکروبی انجام شد (جدول 1). آزمایش SEM و آنالیز EDX به موازات هم با دستگاه SEM XL30 ساخت شرکت Philips هلند، تصاویر XRD با استفاده از دستگاه PTS 3003 XRD ساخت شرکت Seifert آلمان و تصاویر AFM نیز از دستگاه AFM 3100 ساخت شرکت Veeco آمریکا گرفته شده است.

مرک آلمان تهیه شدند و در تهیه تمام محلول ها از آب دیونیزه استفاده گردید.

با استفاده از روش پایین به بالا محلول نانو ذرات نقره تهیه شد. بدین صورت که در ابتدا 0/17 گرم نیترات نقره در 100 میلی-لیتر آب مقطر حل شد تا محلول 1 مولار به دست آید. 5 میلی-لیتر از این محلول برداشته و به حجم 100 میلی لیتر رسانده شد. بدین ترتیب 100 میلی لیتر محلول نیترات نقره 0/005 مولار ساخته شد.

100 میلی لیتر محلول سیترات آمونیوم 0/034 مولار با حل کردن 1 گرم سیترات آمونیوم در 100 میلی لیتر آب مقطر ساخته شد. 0/05 گرم هیدرازین هیدرات به 50 میلی لیتر آب مقطر اضافه شد تا محلول 0/02 مولار به دست آید. 5 میلی لیتر از این محلول به حجم 100 میلی لیتر رسانده شد تا غلظت هیدرازین هیدرات به 0/001 مولار برسد.

به محلول نیترات نقره 0/0005 مولار، 5 میلی لیتر سیترات آمونیوم 0/34 مولار اضافه شد و محلول هم زده شد. سیترات آمونیوم برای پایدار کردن نانو ذرات نقره به محلول اضافه شد. 5 میلی لیتر هیدرازین هیدرات 0/001 مولار قطره قطره به محلول اضافه شد تا یونهای نقره احیا شوند. پس از چند دقیقه نانو ذرات نقره تشکیل شدند و محلول زرد رنگ شد [13]. آزمون طیف سنجی مرئی - فرابنفش<sup>1</sup> (300 تا 1100 نانومتر) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر Cary 100 ساخت شرکت Varian آمریکا انجام گرفت بدین صورت که 1 میلی لیتر از نمونه برداشته و به حجم 10 میلی لیتر رسانده سپس از آن طیف مرئی - فرابنفش گرفته شد.

به منظور نشان دادن نانو ذرات نقره بر روی ظروف سفالی از روش ابتکاری نفوذ - تبخیر<sup>2</sup> استفاده شد. در پدیده نفوذ-تبخیر مایع پس از عبور از منافذ یک غشاء در سمت دیگر تبخیر سطحی می شود. از این پدیده در صنایع غذایی نیز به منظور عملیات جداسازی، استخراج، تغلیظ و غیره در طی فرآوری مواد غذایی مورد استفاده قرار می گیرد [14 و 15].

همچنین این پدیده به طور سنتی برای سرد کردن آب در ظروف نظیر کوزه مورد استفاده واقع شده است، بطوریکه مولکول های آب از منافذ باریک سفال عبور کرده و در بیرون

3. Sol  
4. Pore  
5. Immobilize

1. UV-Vis  
2. Pervaporation

جدول 1 شرح آزمایش‌ها

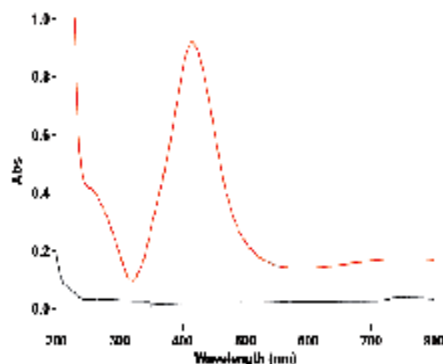
کد نمونه	زمان مجاورت با محلول نانو نقره (روز)	دمای کوره (درجه سانتی‌گراد)	آزمون‌ها			
			SEM	EDX	XRD	AFM
1	7	1000	✓	✓	✓	-
2	10	1000	✓	✓	✓	-
3	12	1000	✓	✓	✓	✓
4	20	1000	✓	✓	✓	-
5	40	1000	✓	✓	✓	-
6	60	1000	✓	✓	✓	-

### 3- نتایج و بحث

#### 3-1- آزمون طیف سنجی مرئی - فرابنفش

در این روش نانوذرات نقره در مدت زمان کوتاه چند دقیقه تولید می‌شوند، در حالیکه تولید این ذرات با دیگر روش‌ها به خصوص تابش نور چندین ساعت به طول می‌انجامد [16]. طبق گزارش‌های ارائه شده توسط مراجع مختلف پیک مربوط به نانوذره نقره در محدوده 400-420 نانومتر ظاهر می‌شود [17].

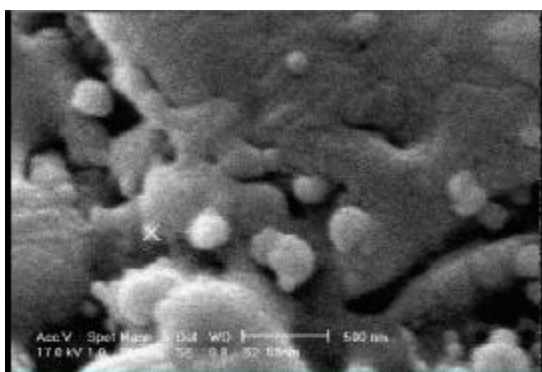
با توجه به شکل 2 طیف جذب نانو ذرات کروی نقره در حدود طول موج 410 نانومتر یک بیشینه را نمایش می‌دهد. نانو ذرات بدست آمده دیسکی و کروی می‌باشند. همچنین وجود این پیک در این ناحیه و همچنین متقارن بودن آن حاکی از کروی و یکنواخت بودن اندازه ذرات است [18 و 19].



شکل 2 طیف مرئی - فرابنفش نانو ذرات نقره، غلظت نیترات نقره 0/0005 مولار، غلظت هیدرازین 0/002 مولار، غلظت سیترات آمونیوم 0/034 مولار

#### 3-2- آزمون میکروسکوپ الکترونی روبشی

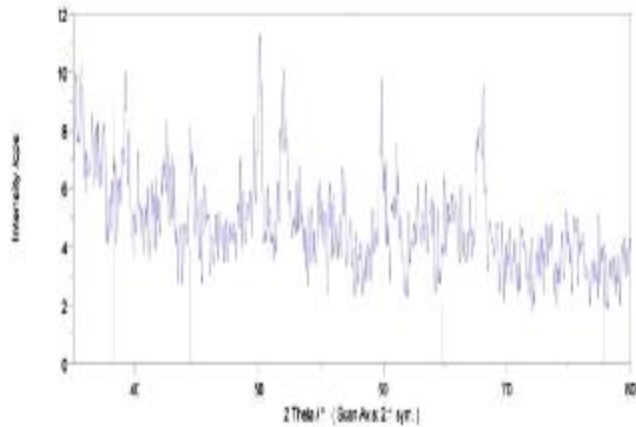
زمانی که ظروف سفالی در مجاورت محلول نانو نقره قرار داده شدند و جریان هوا به داخل ظرف منتقل گردید، با توجه به تخلخل ظرف به تدریج ذرات نانو نقره از بیرون ظرف به داخل نفوذ کرد، در منافذ ظرف جایگزین شد و در نهایت در سطح داخلی ظرف خشک شده با گذشت زمان اندازه ذرات نانومتری درشت تر شده و میکرومتری می‌شوند. در نتیجه با افزایش تعداد نانو ذرات، در سطح ظرف توده ای شدن<sup>1</sup> و بهم چسبیدن ذرات در طی مدت زمان مشاهده شد (شکل 3). اندازه نانو ذرات نقره در فاصله کوتاه بعد از تولید (20 روز) حدود 10-30 نانومتر می‌باشد (نمونه 4). بنابراین به منظور نانومتری بودن ذرات متصل شده به ظروف بایستی خروج ظرف از محلول قبل از 20 روز از محلول انجام شود.



شکل 3 اشکال میکروسکوپ الکترونی روبشی ظروف محتوی نانو ذرات نقره نشانده شده بر سفال

ذرات را تایید می کند. لارم به ذکراگر ظروف در مدت طولانی در محلول قرار بگیرند (نمونه 5 و 6) نانو ذرات نقره میکرومتری می شوند. پس بایستی قبل از زمان 20 روز از محلول برداشته شوند.

### 3-4- آزمون طیف پراش پرتو ایکس

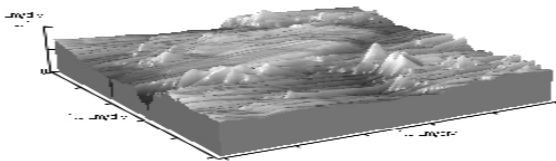


شکل 5 آزمون طیف پراش پرتو ایکس سطوح ظروف محتوی نانو ذرات نقره نشانده شده بر سفال

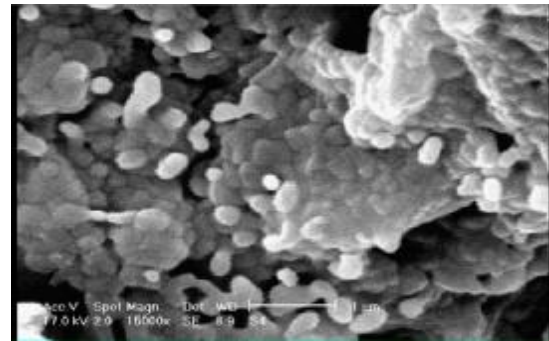
پیک های نقره در شکل بالا نشانگر آن است که نقره فلزی با موفقیت بر روی ظرف نشانده شده است. همچنین قله های نقره در نقاط 64 و 44 و 38 $^{\circ}$  می باشد که با قله های بدست آمده در شکل 5 منطبق می باشد. این نتیجه تایید کننده نتایجی است که قبلا توسط محققین بسیاری گزارش شده است [20].

### 3-5- آزمون میکروسکوپ نیروی اتمی

عکس میکروسکوپی گرفته شده از سطح ظرف حاوی نانو ذرات نقره نشانگر تخلخل ظروف سفالی و مکان های نشانده شدن نانو ذرات نقره طی عمل نفوذ-تبخیر می باشد (شکل 6).

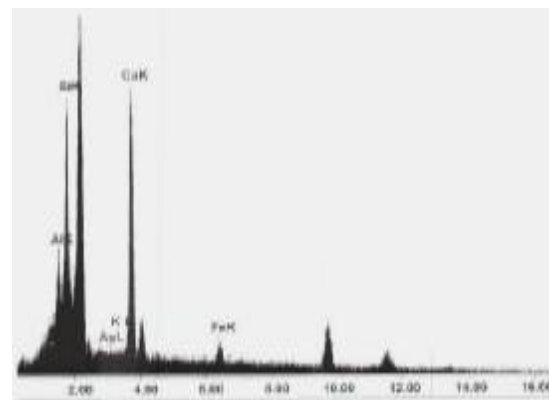


شکل 6 تصویر میکروسکوپ نیروی اتمی قطعات سفال محتوی نانو ذرات نقره



شکل 3 اشکال میکروسکوپ الکترونی رویشی ظروف محتوی نانو ذرات نقره نشانده شده بر سفال

### 3-3- آزمون دتکتور اشعه ایکس



شکل 4 نمودار آزمون دتکتور اشعه ایکس از سطوح ظروف محتوی نانو ذرات نقره نشانده شده بر سفال

محلول نانو ذرات نقره در زمان های کوتاه نفوذ کمتری داشته و تنها سطح ظرف سفالی مرطوب می شود. با گذشت زمان محلول از سطح ظرف به طرف دیگر آن نفوذ کرده و تبخیر شده است. همچنین با افزایش زمان، مشاهده می شود که درصد وزنی نقره در نمونه های چهارم و پنجم به ترتیب رو به افزایش است (شکل 4). این مطلب نشانگر این است که با افزایش زمان، منافذ ظرف از نانو ذرات پر شده و مسدود شده اند. در نتیجه دیگر نفوذی صورت نگرفته و نانو ذرات نقره روی سطح بیرونی ظرف می نشینند. در نتیجه میزان درصد وزنی نقره در سطح داخلی نسبت به سطح بیرونی آن کمتر است. با گذشت زمان نانو ذرات به هم چسبیده، بزرگ شده و میکرومتری می شوند. در نتیجه ذرات سنگین شده، سقوط می کنند و در نمونه ششم میزان نقره کاهش پیدا کرده است. همچنین ته نشین شدن ذرات نقره در ته ظرف محتوی محلول نانو ذرات نقره سقوط

جدول 2 نتایج تغییرات شمارش کلونی های اشریشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس در زمان های مختلف

استافیلوکوکوس اورئوس	اشریشیاکلی	cfu/ml
$54 \times 10^5$	$140 \times 10^5$	تعداد کلونی شمارش شده در مدت زمان 4 ساعت
$30 \times 10^5$	$19 \times 10^5$	تعداد کلونی شمارش شده در مدت زمان 8 ساعت
$14 \times 10^5$	$3 \times 10^5$	تعداد کلونی شمارش شده در مدت زمان 24 ساعت



شکل 7 تصاویر پلیت های آزمون بررسی خاصیت ضد میکروبی قطعات سفال محتوی نانو ذرات نقره بر روی اشریشیاکلی به ترتیب از چپ به راست بعد از مدت 4، 8 و 24 ساعت



شکل 8 تصاویر پلیت های آزمون بررسی خاصیت ضد میکروبی قطعات سفال محتوی نانو ذرات نقره بر روی استافیلوکوکوس اورئوس به ترتیب از چپ به راست بعد از مدت 4، 8 و 24 ساعت

25922 و استافیلوکوکوس اورئوس ATCC 25923 استفاده شد. محلول استاندارد نیم مک فارلند تهیه شد ( $1 \times 10^8$  cfu/ml) سپس از سویه های اشریشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس رقت های  $10^{-2}$ ،  $10^{-4}$ ،  $10^{-6}$  تهیه شد. در فاصله های زمانی 4، 8 و 24 ساعت نمونه برداری و کلونی ها شمارش شد [21]. نتایج در جدول 2 گزارش شده است.

با توجه به نتایج حاصل در جدول شماره 2 و شکل 7 و 8 در تمامی نمونه ها با کاهش 3 توان از میزان اولیه میکروارگانیسم ها ( $1 \times 10^8$  cfu/ml) خاصیت آنتی باکتریال قطعات سفال

### 3-6- آزمون میکروبی

اثر قطعات سفالی حاوی نانو ذرات نقره برای دو باکتری اشریشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس مورد آزمایش قرار گرفت. بدین منظور از روش "کشته شدن باکتری ها بر حسب زمان"<sup>1</sup> استفاده شد. بدین صورت که در ابتدا محیط کشت های "مولر هیتتون آگار" و "مولر هیتتون برات" برای دو میکروارگانیسم اشریشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس تهیه شد. در این تحقیق از سویه های میکروبی اشریشیاکلی ATCC

1. Time Killing

میکروبی بسیار خوبی از خود نشان می‌دهند و اثر نانو ذرات نقره بر روی باکتری گرم منفی اشیریشیاکلی بیشتر از باکتری گرم مثبت استافیلوکوکوس اورئوس است که تصور می‌شود این بدلیل ضخامت بیشتر دیواره پپتید و گلیکان در باکتری های گرم مثبت نسبت به باکتری های گرم منفی است. همچنین با افزایش زمان خاصیت آنتی باکتریال ظرف تغییر می‌کند و تصور می‌شود با افزایش زمان نتایج مطلوب‌تری حاصل شود.

## 5- منابع

- [1] Mafune. F., Kohno. J., Takeda. Y., Kondow. T., 2000, "Formation And Size Control Of Silver Nanoparticles By Laser Ablation In Aqueous Solution", Journal Physics Chemistry B, Vol.104, P.9111-9117.
- [2] Taniguchi, N., 1974, "On the Basic Concept of 'Nano-Technology'", In: Proceedings of the international conference on production engineering, Tokyo, Part II, Japan Society of Precision Engineering, , Tokyo: JSPE., P. 18-23.
- [3] Costa. C., Conte. A., Buonocore. G.G., Del Nobile. M.A., 2011, "Antimicrobial silver-montmorillonite nanoparticles to prolong the shelf life of fresh fruit salad", Intl. Journal of Food Microbiology, Vol. 148, P. 164-167.
- [4] Maneerung. Th., Tokura. S., Ratana. R., 2008, "Impregnation of silver nanoparticles into bacterial cellulose for antimicrobial wound dressing", Carbohydrate Polymers, Vol. 72, P. 43-51.
- [5] Mahendra. R., Yadav. A., and Gade. A., 2009, "Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials", Vol.27, P.76-83.
- [6] Cho. K., Park. J., Osaka. T. and S. Park, 2005, "The study of antimicrobial activity and preservative effects of nanosilver ingredient", Vol.51, P.956-960.
- [7] Gong. P., Li. H., He. X., Wang. K., Hu. J., and Tan. W., 2007, "Preparation and antibacterial activity of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@Ag nanoparticles". Nanotechnology, Vol.18, P.604-11.
- [8] Gericke. M., Pinches. A., 2006, "Biological Synthesis Of Metal Nanoparticles" Hydrometallurgy Vol.83, p.132-140.
- [9] Cho. K., Park. J., Osaka. T. and S. Park, 2005, "The study of antimicrobial activity and

محتوی نانو ذرات نقره مورد تایید است [8]. همچنین نتایج بیانگر این است که اثر ظروف تولید شده محتوی نانو ذرات نقره با روش ابتکاری نفوذ-تبخیر بر روی باکتری گرم منفی اشیریشیاکلی بیشتر از باکتری گرم مثبت استافیلوکوکوس اورئوس است که تصور می‌شود این بدلیل ضخامت بیشتر دیواره پپتیدوگلیکان در باکتری های گرم مثبت نسبت به باکتری های گرم منفی است [19 و 22]. همچنین با افزایش زمان خاصیت آنتی باکتریال ظرف تغییر می‌کند و تصور می‌شود با افزایش زمان نتایج مطلوب‌تری حاصل شود.

## 6- نتیجه گیری

در این پژوهش از روش پایین به بالا برای تولید نانو ذرات نقره استفاده شد. از مزایای روش ارائه شده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- 1- نانوذرات نقره حاصل در عرض چند دقیقه تولید می‌شوند در حالیکه براساس نتایج تحقیقات پیشین که در بخش 3 به آن اشاره شد، تولید این ذرات با روش‌های دیگر به خصوص روش تابش نور چندین ساعت به طول می‌انجامد.
- 2- تولید نانوذرات در دمای اتاق و در محیط آبی انجام می‌گیرد. مقدار هیدرازین مصرفی نیز یک چهارم مقدار مصرف نیترات نقره است.
- 3- پایداری نانوذرات بسیار زیاد است و تا مدت طولانی در محلول باقی می‌مانند.
- 4- طیف جذب نانو ذرات حاصل در محدوده 400-420 نانومتر می‌باشد و یک قله در 410 نانومتر مشاهده می‌شود.
- 5- نانو ذرات حاصل کروی بوده که این به دلیل توزیع یکنواخت تر اندازه می‌باشد.
- 6- با توجه به نتایج آزمون میکروسکوپ الکترونی روبشی، توزیع اندازه ذرات نانو نقره تولید شده در محدوده 10-30 نانومتر می‌باشد.
- 7- در این پژوهش از روش ابتکاری نفوذ-تبخیر جهت تثبیت نانو ذرات نقره بر روی قطعات سفالی استفاده شد.
- 8- نانو ذرات نقره در برخورد با سلول های میکروارگانیسم‌ها خاصیت آنتی میکروبی بارزی از خود نشان می‌دهند. نتایج آزمایش نشان داد که این ظروف در مجاورت با پاتوژن‌های غذایی اشیریشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس خاصیت آنتی

- Technology, Elsevier, Vol. 7, N. 3, pp. 78-83(6).
- [16] Callegari. A., Tonti. D., Chergui. M., 2003, "Photochemically Grown Silver Nanoparticles with Wavelength-Controlled Size and Shape". Nano Lett. 3, P. 1565-1568.
- [17] Zeng. Q., Jiang. X., Yu. A. And Lu. G., 2007, "Growth Mechanisms Of Silver Nanoparticles": A Molecular Dynamics Study, Nanotechnology, Vol.18, P.1-7.
- [18] Zeng, Q., Jiang, X., Yu, A. And Lu, G. (Max), 2007, "Growth Mechanisms Of Silver Nanoparticles": A Molecular Dynamics Study, Nanotechnology Vol .18, P.1-7.
- [19] Petica, A., Gavrilu, S., Lungu M., and Panzaru, N., 2008, "Colloidal silver solutions with antimicrobial properties", Materials Science and Engineering: B, Vol. 152, P. 22-27.
- [20] Wang. X., Zhuang. J., Peng. Q., and Li. Y., 2005, "A general strategy for nanocrystal synthesis", Nature. International weekly journal of science, Vol.431, P. 121-124.
- [21] Yang G., Xie. Jianjian., Hong. F., Cao. Z. and Yang. X., 2012, "Antimicrobial activity of silver nanoparticle impregnated bacterial cellulose membrane: Effect of fermentation carbon sources of bacterial cellulose", Carbohydrate Polymers, Vol. 26, P. 839-845.
- [22] Ellen. J., Baron. S., Finegold. M., 2005, "Bailey & Scott's Diagnostic Microbiology", Materials Science and Engineering: B, Vol. 152, P. 248-250.
- preservative effects of nanosilver ingredient", Vol. 51, P.956-960.
- [10] Monteiro. D.r., Gorup. L.F., Takamiya. A.S., Ruvollo-Fiho. A.C., Carmago. E.R., and Barbosa. D.B., "The growing impotence of materials that prevent microbial adhesion", Intl. J. of Antimicrobial Agents, Vol. 34, P. 103-110.
- [11] Stobie. N., Duffy. B., McCormack. DE., Colreavy. J., Hidalgo. M., McHale. P., Hinder. S.J., 2008, etal. "Prevention of *Staphylococcus epidermidis* biofilm formation using a low-temperature processed silver-doped phenyltriethoxysilane sol-gel coating", J. Biomaterials; Vol. 29, P. 63-9.
- [12] Furno. F., Morley. KS., Wong. B., Sharp. BL., Arnold. PL., Howdle. SM., Bayston. R., Brown. PD., Winship. PD., and Reid. HJ., 2004, "Silver nanoparticles and polymeric medical devices: a new approach to prevention of infection?", J. Antimicrob Chemotherapy., Vol. 54, P. 1019-1024.
- [13] Manteghian, M. and Ghader. S. 2009. "Kinetics of Primary Nanoparticle Agglomeration in Precipitation of Silver", 32: 835-839.
- [14] Sahi□n. S., 2010, "Separation, extraction and concentration processes in the food, beverage and nutraceutical industries", Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Number 202, P.219-243.
- [15] Karlsson. H.O.E., Tragardh. G., March 1996, "Applications of pervaporation in food processing", Trends in Food Science and



## Impregnation of porcelain pots with silver nanoparticles by an innovative pervaporation technic and study of the effects on food stock pathogens (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*)

Tavakolian, S.<sup>1\*</sup>, Manteghian, M.<sup>2</sup>, Asadi, Gh.<sup>3</sup>, Najarpiraie, Sh.<sup>4</sup>, Shabani, Sh.<sup>5</sup>

1. M.Sc. Student of Food Science and Technology, Islamic Azad University of Tehran, Science and Research Branch
2. Associate Professor, Chemical Engineering Group, Faculty of Engineering, Tarbiat Modares University
3. Assistant Professor, Food and Science Group, Islamic Azad University of Tehran, Science and Research Branch
4. Associate Professor, Microbiology Group, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University
5. Instructor, Food and Science Group, Islamic Azad University of Tehran, Science and Research Branch

(Received: 89/9/23 Accepted: 90/2/8)

Growth of Pathogenic microorganisms is one of the major obstacles in the food industry. An innovative method has been introduced for impregnating porcelain pots with antimicrobial silver nanoparticles. Silver nanoparticles have been produced by reducing silver nitrate with hydrazine. Particles have then been impregnated in porcelain pottery using a pervaporation technique. Samples of the pots have been analysed by SEM, EDX, XRD and AFM.

Antibacterial properties of the pottery have been confirmed by exposing them in broths containing *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* while the destructive effects have more profoundly been detected on gram negative *Escherichia coli* as compared to gram positive *Staphylococcus aureus*. The finding is attributed to the thicker *Staphylococcus aureus* membrane as compared to thinner membrane of *Escherichia coli*. It is also found out that a higher silver particle content of the samples results in a stronger antibacterial property.

**Keywords:** Silver nanoparticles, Pervaporation, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*

---

\*Corresponding Author E-Mail Address: [tavakolian.s@gmail.com](mailto:tavakolian.s@gmail.com)