

## تولید فیلم نانو کامپوزیت LDPE/Ag/TiO<sub>2</sub> به روش SOL – GEL و ارزیابی آن بر روی زمان ماندگاری ماهی سوف

سولماز بارانی<sup>۱</sup>، حامد اهری<sup>۲\*</sup>، سعید بازگیر<sup>۳</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران  
۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران  
۳- دانشیار، دانشکده فنی و مهندسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران  
(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۹/۰۴)

### چکیده

در این پژوهش فیلم های نانو کامپوزیتی LDPE/Ag/TiO<sub>2</sub><sup>۱</sup> توسط روش سل-ژل با درصد های وزنی ۱٪ و ۳٪ و ۵٪ نانو نقره و ۰/۵٪، ۱/۵٪ و ۲/۵٪ دی اکسید تیتانیوم تولید شده و سپس خاصیت ممانعت از رشد فیلم های تولیدی با تست هاله عدم رشد شاخص های میکروبی استافیلوکوکوس اورئوس، اشرشیا کلای، کاندیدا البیکانس و اسپرئیلوس نایجر مورد بررسی قرار گرفته و سپس زمان ماندگاری ماهی سوف با پوشش انواع فیلم های تولیدی تا روز بیستم مورد ارزیابی قرار گرفت و نهایتاً تصدیق حضور نانو مواد از طریق آزمایش FE-SEM صورت پذیرفت. تاثیر غلظت های مختلف نانو نقره و دی اکسید تیتانیوم بر کاهش رشد اشرشیا کلای و استافیلوکوکوس اورئوس، کاندیدا البیکانس و اسپرئیلوس نایجر نتایج معنی داری را نشان داد (p < 0.05) بر طبق این نتایج فیلم تولیدی حاوی ۰/۵٪ نانو نقره و ۲/۵٪ دی اکسید تیتانیوم بالاترین و تیمار شاهد پایین ترین قطر عدم هاله رشد را دارا بودند. همچنین در آنالیز میکروبی نشان داده شد که بیشترین میزان حساسیت به فیلم های تولیدی مربوط به استافیلوکوکوس اورئوس و کمترین حساسیت را اسپرئیلوس نایجر نشان داد. نتایج در ارتباط با زمان ماندگاری ماهی سوف نشان می دهند که فیلم تولید شده با ۰/۵٪ نانو نقره و ۲/۵٪ دی اکسید تیتانیوم در مورد باکتریهای مزوفیل هوازی، سرماگرا و انتروباکتریاسه کاهش معنی داری (p < 0.05) در میزان رشد لگاریتمی آنها در طی زمان ماندگاری بیست روز داشته است.

**کلید واژگان:** فیلم نانو کامپوزیت، بسته بندی مواد غذایی، نانو ذرات، خاصیت ضد باکتری

\*مسئول مکاتبات: dr.h.ahari@gmail.com

1. Low-density polyethylene

## ۱- مقدمه

بسته‌بندی مواد غذایی راهکاری حیاتی برای تضمین ایمنی مواد غذایی می‌باشد. فیلم‌های پلیمری نفتی به دلیل قابلیت شکل‌پذیری آسان، قیمت ارزان، سبکی، تنوع خواص فیزیکی، قابلیت درزبندی به وسیله حرارت، چاپ‌پذیری خوب و فرایند تولید آسان، به‌طور گسترده در صنایع بسته‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این حال، با توجه به رشد روزافزون جمعیت و نیاز به حفظ منابع برای نسل‌های آینده، در سال‌های اخیر، پژوهشگران به دنبال راهکارهایی جدید برای بسته‌بندی مواد غذایی بوده‌اند [۱].

از سوی دیگر امروزه مواد غذایی به ندرت به همان صورت اولیه و در مدت کوتاهی به مصرف می‌رسند و گاهی ممکن است بین تولید و مصرف غذاها مدت‌ها فاصله بیفتد. به همین دلیل راه‌های مؤثری برای حفظ کیفیت بهداشتی مواد غذایی باید در نظر گرفته شود [۲]. از جمله مواد پلیمری مورد مصرف در بسته بندی، پلی اولفین‌ها هستند که از بین آن‌ها پلی اتیلن به علت طیف گسترده کاربردی خود جزء مواد استثنایی در صنایع پلاستیک است. پلی اتیلن مورد مصرف در بسته بندی به شکل‌های متفاوتی تولید می‌شود که پلی اتیلن اکنون به طور عمده در سه نوع پایه تولید می‌شود: با چگالی کم، متوسط و زیاد. روش شیمیایی تهیه هر یک با یکدیگر متفاوت است ولیکن چون پلی اتیلن غیر سمی است می‌تواند در بسته بندی انواع مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرد.

نانوکامپوزیت‌ها گروه ویژه‌ای از مواد هستند که با استفاده از ترکیب دو یا چند ذره نانومتری یا اجسامی با ابعاد نانومتری با استفاده از روش خاص تولید شده و دارای خواص فیزیکی ویژه-ای می‌باشند [۳]. علت اینکه این مواد نسبت به کامپوزیت‌های متداول خواص ویژه و مطلوب‌تری را از خود نشان می‌دهند این است که نیروهای بین سطح مشترک تقویت کننده و زمینه در یک نانو کامپوزیت به علت ابعاد نانومتری ذرات تقویت کننده، نسبت به اندازه این نیروها در یک کامپوزیت معمولی قوی‌تر می‌باشند [۴]. برای ساخت نانو کامپوزیت‌های پلیمری با استفاده از ذرات نقره، خاک رس روش‌های مختلفی وجود دارد [۵]. فرآیند

محلول سازی سل-ژل<sup>۱</sup> یک روش شیمیایی تر<sup>۲</sup> برای سنتز انواع نانوساختارها به ویژه نانوذرات اکسید فلزی می‌باشد. بطور کلی فرایند سل-ژل عبارت است از انتقال سیستمی از یک فاز سل (مایع) به یک فاز ژل (جامد). با کمک فرایند سل-ژل می‌توان مواد سرامیکی یا شیشه‌ای را در گستره‌ای از اشکال مختلف ساخت [۶].

مواد آغازین برای تهیه سل معمولاً نمک‌های فلزات معدنی یا ترکیبات آلی فلزی مثل آلکوکسیدهای فلزی می‌باشند. در یک فرایند سل-ژل نوعی، ماده پیش ساز در معرض یک سری از واکنش‌های هیدرولیز و پلیمریزاسیون قرار می‌گیرد تا یک سوسپانسیون کلوتیدی یا سل را تشکیل دهد [۷]. فرآوری سل-ژل قابلیت ایجاد قطعات ارزان قیمت را دارا می‌باشد. نوعاً مخلوطی از ذرات سیلیکای نانومتری و افزودنی‌ها در قالب جای داده می‌شود. سپس لازم است ژل مرطوب با کنترل دقیقی برای پرهیز از ترک برداشتن، خشک شود. پس از آن می‌توان ماده حاصل را تحت فرآوری بیشتر به شیشه‌ای شفاف تبدیل می‌شود [۸].

میکی سیوک و همکاران در سال ۲۰۱۷ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و اثرات مهارکنندگی نانو ذرات نقره را بر روی پاتوژن‌های خوراکی مورد بررسی قرار دادند و آنها به این نتیجه رسیدند که استفاده از نانو نقره در غلظت‌های ۲ و ۰٫۲۵ میکرو گرم بر میلی لیتر باعث مهار رشد سویه‌های بیماریزای مورد آزمایش شد. آنها همچنین اعلام کردند که استفاده از ذرات نانو نقره می‌تواند جنبه حیاتی داشته باشد چراکه به روش ساده و مقرون به صرفه تولید شده و در درصد‌های کم می‌تواند غیر سمی باشد و برای تولید انواع جدیدی از داروهای ضد میکروبی مورد استفاده قرار گیرد [۸].

کوزموتا و همکاران در سال ۲۰۱۵ بسته بندی نانو کامپوزیت دی اکسید تیتانیوم / نقره تهیه شده به روش محلول سازی را جهت افزایش ماندگاری نان مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه آزمایشات شیمیایی و میکروبیولوژی بر روی نان مانند میزان چربی، پروتئین، شکر و همچنین مهار رشد مخمرها، کپک‌ها،

1. Sol-gel  
2. Wet Chemical Method  
3. Cozmuta *et al.*,

تشکیل دهنده عملکردی مانند ویتامین ها و مواد ضد میکروبی را حفظ نمایند [۱۳].

اینکوروناتو و همکاران در سال ۲۰۱۱، تاثیر یک سیستم بسته بندی ضد میکروبی حاوی نانو ذرات مونتموریلونیت نقره را بر روی کیفیت نوعی پنیر مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد این سیستم بسته بندی فعال، به صورت قابل توجهی ماندگاری این نوع پنیر را افزایش داده است که دلیل آن توانایی کاتیون های نقره در کنترل تکثیر میکروبی می باشد، بدون اینکه بر روی میکروب های اصلی و کارکردی لبنی ویژگی های حسی محصول اثر بگذارد [۱۴].

امامی فر و همکاران در سال ۲۰۱۰ فیلم های نانوکامپوزیتی حاوی نقره و اکسید روی به روش اختلاط مذاب در دستگاه اکسترودر تهیه و از این فیلم ها جهت نگهداری آب پرتقال تازه در دمای ۴ درجه سانتی گراد استفاده کردند. آن ها پایداری میکروبی، میزان اسید اسکوربیک، شاخص قهوه ای شدن، کیفیت رنگ و ویژگی های حسی آب پرتقال بسته بندی شده را در لحظه صفر، ۷، ۲۸ و ۵۶ روز از انبار داری ارزیابی کردند. نتایج آن ها نشان داد که سرعت رشد میکرواورگانیزم ها در آب پرتقال تازه با استفاده از بسته بندی های نانو نقره و اکسید روی تا ۲۸ روز پس از انبار مانی به صورت معنی داری کاهش یافته است [۱۵].

سونگ و همکاران در سال ۲۰۱۶ به بررسی بر روی آنتی باکتریال نمودن آب های آشامیدنی توسط نانو نقره پرداختند و سوش های میکروبی استافیلوکوکوس اورئوس و اشرشیا کلای را به عنوان شاخص در نظر گرفته و نتایج به آن ها نشان داد نانو ذرات نقره می تواند خاصیت ضد عفونی و آنتی باکتریالی مناسبی را برای آب های آشامیدنی از خود نشان دهد [۱۶].

فناوری نانو با دستکاری مولکول های زیستی به منظور ایجاد عملکردی متفاوت از ماهیت طبیعی آن ها، در حال پیدا کردن کاربردهای بالقوه در صنایع غذایی و گشودن حوزه جدیدی از تحقیقات در این زمینه است. بدین ترتیب به نظر می رسد محدودیتی برای فناوری های تهیه مواد غذایی و بسته بندی آنها وجود نخواهد داشت و فناوری نانو تمامی ابزارهای جدید برای این صنعت را فراهم خواهد کرد [۱۳].

باسیلوس سوبتیلیس، باسیلوس سرئوس برای ۶ روز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نانو کامپوزیت دی اکسید تیتانیوم/نقره با بستر پلی اتیلن به صورت قابل توجهی زمان ماندگاری نان را افزایش داده و ایمنی میکروبیولوژی نان با این کامپوزیت بالا رفته است [۹].

سینگ و همکاران در سال ۲۰۱۶ اثر آنتی باکتریالی نانو ذرات  $AgZn$ ،  $AgSiO_2$  و  $AgZ$  را درون پلی پروپیلن جهت بسته بندی غذاهای دریایی مورد بررسی قرار دادند و پس از بررسی مورفولوژی فیلم ها آنها را طبق استاندارد های صنعتی ژاپن مورد ارزیابی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که این ترکیبات تاثیر بهتری بر روی باکتری های گرم منفی نسبت به باکتری های گرم مثبت از خود نشان داده و در کل تاثیر مناسبی بر روی ایمنی و کیفیت غذاهای دریایی داشته است [۱۰].

پاندیت و همکاران در سال ۲۰۱۷ به بررسی اثر نایسین و خاصیت ضد میکروبی آن و همچنین اثر ضد میکروبی نانو ذرات نقره، تماماً بر روی گونه های لیستریا، استافیلوکوک اورئوس، سودوموناس فلورسنس، قارچ اسپرژیلوس و مونیلیفورم فوزاریوم پرداخته و در این تحقیق نتایج حاکی از آن بود که خاصیت آنتی باکتریالی نایسین به همراه نانو ذرات نقره به طور چشمگیری افزایش می یابد [۱۱].

کاستا و همکاران در سال ۲۰۱۲، اثر پوشش فعال حاوی نانو ذرات مونتموریلونیت را بر روی عمر انبارداری برش های هویج تازه مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد استفاده ترکیبی از پوشش فعال و بسته بندی مناسب باعث نگهداری مناسب هویج ها در دمای ۴ درجه ی سانتیگراد شده است. در این مطالعه افزایش عمر انبارمانی تا حدود ۷۰ روز نسبت به نمونه های بدون پوشش مشاهده شد [۱۲].

سرکار و همکاران در سال ۲۰۱۶ به بررسی نانو تکنولوژی در فرایند های غذایی و بسته بندی مواد غذایی پرداختند و اعلام نمودند که نانو ذرات به طور کلی میتواند بر روی عواملی مانند ویتامین های محلول در چربی، طعم دهنده ها، آنتی اکسیدان ها تاثیر گذاشته و آنها را کنترل نمایند، همچنین در این بررسی نشان داده شد نانوسنسورها می توانند مواد سمی را در غذا تشخیص داده و در بسته بندی مواد غذایی این نانو ذرات میتوانند مواد

## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- مواد

مواد مورد استفاده در این تحقیق بر طبق استانداردهای آزمایشگاهی بوده و از شرکت های معتبری نظیر مرک آلمان تهیه شده اند. نانوذرات مورد استفاده نقره، دی اکسی تیتانیوم از شرکت US Research Nanomaterials از کشور آمریکا خریداری شدند، LDPE از آزمایشگاه شیخ بهایی دانشگاه علوم و تحقیقات (نانو پلیمر) و کلیه مواد مورد استفاده از درجه خلوص بالای ۹۹ درصد برخوردار بوده و بدون نیاز به خالص سازی اولیه، همانگونه که خریداری شده بودند، مصرف گردید. سوش های اشرشیا کلای و استافیلوکوکوس اورئوس، اسپارژیلوس نایجرو کاندیدا الیکانس نیز از بانک کلکسیون میکروبی ایران تهیه شدند.

### ۲-۲- روش تهیه نانوکامپوزیت ها به روش

#### سل - ژل

فیلم نانوکامپوزیت دی اکسید تیتانیوم و نقره بر اساس روش راشدی و همکاران (۱۳۹۵) تهیه شد. ابتدا طبق جدول ۱ میزان مواد محاسبه شدند [۱۷].

۱۸۰ میلی لیتر زایلین را داخل ارلن ریخته و بر روی هیتر قرار داده تا به جوش آید، بعد از مدت زمان ۳۰ دقیقه زمانی که زایلین به جوش آمد، LDPE را با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ توزین و اضافه نموده و توسط مگنت با دور چرخش ۲۵۰ rpm انحلال پلی اتیلن در حلال زایلین به مدت یک ساعت انجام شد.

نانو نقره و دی اکسید تیتانیوم را نیز طبق نسبت درصد های مشخص شده در جدول ۱ با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ توزین نموده و جهت اختلاط مناسب ذرات نانو از دستگاه تراسونیک پروبی، مدل Hielscher با توان خروجی حداکثر ۴۰۰ W استفاده شد.

پروب مورد استفاده دارای قطر ۱۴ mm بوده و دستگاه تراسونیک در ۲۵٪ حداکثر دامنه دستگاه تنظیم و زمان وقفه بین پالس های موج، ۰/۵ ثانیه در نظر گرفته شد تا از گرم شدن نمونه جلوگیری شود. همچنین از مخلوط آب و یخ در اطراف ظرف نمونه، برای کنترل دمای نمونه و جلوگیری از تبخیر حلال استفاده شد.

میزان زمان تراسونیک با توجه به نوع و درصد ترکیب شیمیایی نمونه ها تا حدی متغیر بود. به این معنا که با توجه به بررسی انجام گرفته در منابع مطالعاتی، برای توزیع درصد های وزنی کمتر از ۱ به میزان ۹۰ دقیقه و برای درصد های ۱ و بالاتر از ۱۲۰ دقیقه تراسونیک استفاده می شود. لازم به ذکر است برای به حداقل رساندن خطا، وزن LDPE و اندازه بشر مورد استفاده همواره ثابت نگه داشته شدند. مقدار ۴۰۰ cc متانول به جهت جدا شدن حلال زایلین اضافه شده و پس از گردش مواد پلیمر سفتی تشکیل شد. با استفاده از کاغذ صافی و بشر متانول را از پلیمر تشکیل شده جدا نموده و سپس پلیمر داخل ظرف شیشه ای بزرگی جهت خروج مابقی متانول گسترده شد.

**Table 1** Percentage and size of materials for film production by sol-gel method

Type of material	Matter ( %)			
	S <sup>1</sup>	S2	S3	S4
LDPE	100%	98.5 %	95.5 %	92.5 %
Ag	0%	1 %	3 %	5 %
Tio <sub>2</sub>	0%	0.5 %	1.5 %	2.5 %
Weight of materials for film production (gr)				
LDPE	12	11.82	11.46	11.10
Ag	0	0.12	0.36	0.60
Tio <sub>2</sub>	0	0.06	0.18	0.30

بعد از کشت، نمونه فیلم های تولیدی بر روی محیط کشت انتقال داده شد. سپس پلیت ها را به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد قرار داده و در نهایت قطر هاله‌ها شاخص ضد میکروبی فیلم ها در نظر گرفته شدند، در مواردی که هاله تشکیل نشده باشد یعنی فیلم فاقد خاصیت ضد میکروبی می باشد. برای اطمینان از رشد یکنواخت بر روی سطح پلیت یک پلیت بدون فیلم و یک پلیت فاقد باکتری جهت اطمینان از عدم آلودگی محیط کشت استفاده شد [۱۹].

### ۲-۳-۲- آنالیز پوشش دهی ماهی سوف با فیلم های تولیدی جهت ارزیابی زمان ماندگاری

ماهی سوف به صورت تازه با میانگین وزنی ۲-۴ کیلوگرم از مزرعه پرورش ماهی استان مازندران تهیه و سپس در ظرف عایق در حضور مقادیر کافی یخ به آزمایشگاه بهداشت مواد غذایی در کمتر از ۱۲ ساعت انتقال داده شد. ماهی ها بلافاصله مراحل سر زنی، تخلیه امعا و احشا و پوست کنی را گذراندند و پس از فیله هایی به ابعاد  $3 \times 4 \times 0.5$  سانتیمتر جدا شدند. فیله ها بطور کامل با آب سرد شسته تا کامل تمیز شده و خونابه ها، گوشت تیره و سایر ضایعات از آن جدا شوند. سپس نمونه های ماهی در نمونه فیلم های تولید شده با روش ها و درصد های مختلف قرار داده شده، سپس همه نمونه ها به مدت ۲۰ روز در دمای ۴ درجه سانتیگراد در انکوباتور نگهداری شدند. نمونه های ماهی هر ۵ روز به طور تصادفی به منظور ارزیابی شاخص های میکروبی برای انجام آزمایش انتخاب شدند [۲۰].

نمونه برداری جهت انجام آزمون های میکروبی شناسی با توجه به روش کار اجاق و همکاران در سال (۲۰۱۰) انجام و پس از تهیه رقت های اعشاری متوالی، ۱ سی سی از هر رقت برای کشت باکتری ها به روش پورپلیت به محیط کشت پلیت کانت آگار اضافه شد پلیت ها برای شمارش باکتری های مزوفیل هوازی، به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد و برای شمارش باکتری های سرماگرا به مدت ۱۰ روز در دمای ۷ درجه ی قرار داده شدند. جهت شمارش باکتری های انروباکتریاسه از محیط کشت ویولت رد بایل گلوکز آگار به مدت ۲ روز در دمای ۳۰ درجه سلسیوس و به روش کشت مخلوط انجام شد و سپس

بعد از گذشت ۱۶ ساعت جهت انجام پرس گرم ۴ gf از بافت تشکیل شده را وزن نموده، کاغذ های صافی به ابعاد ۳۰ در ۳۰ برش خوردند و مواد در قسمت مرکزی کاغذ نسوز قرار گرفت. در قسمت حرارت دهی اولیه دستگاه پرس درجه حرارت ۱۶۰، فشار ۳۰۰۰ psi به مدت ۴ دقیقه و جهت پرس نمودن اصلی درجه حرارت همان ۱۶۰ درجه سانتی گراد، فشار ۴۰۰۰ psi به مدت ۳ دقیقه در نظر گرفته شد. فیلم های به دست آمده هیچ گونه واکنش یا نشانه هایی از سوختگی نداشته و کاملا یکنواخت تولید شدند.

### ۲-۳-۲- روش های تعیین مشخصات فیلم های نانو

#### کامپوزیتی تولید شده

#### ۲-۳-۲-۱- آنالیز اندازه گیری خاصیت آنتی باکتریالی عدم رشد

باکتری های *اشرشیا کلی* (نماینده باکتری های گرم منفی)، *استافیلوکوکوس اورئوس* (نماینده باکتری های گرم مثبت)، *اسپرزیلوس نایجر* (نماینده کپک ها) و *کاندیدیا البیکانس* بر روی محیط آگار مغذی شیبدار کشت و در دمای ۴ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. هنگام تهیه کشت مایع از باکتری ها، یک لوپ پر از هر نمونه باکتری برداشته، در شرایط کاملا سترون در ۵۰ میلی لیتر محیط استریل BHI<sup>۶</sup> کشت داده شد و سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد درون دستگاه گرمخانه لرزان با سرعت ۱۴۰-۱۵۰ دور در دقیقه گرمخانه گذاری شدند. در نهایت عمل رقیق کردن کشت ها با روش نیم مک فارلند و با استفاده از آب مقطر سترون تا رسیدن به جمعیت میکروبی مورد نیاز برای کشت صورت گرفت. هنگام کشت جمعیت میکروبی ( $10^7$  cfu/ml) بود. برای تعیین فعالیت ضد میکروبی از روش انتشار در محیط آگاردار استفاده شد. فیلم های نانو تهیه شده در غلظت های متفاوت به قطر ۲ سانتیمتر برش داده شده و لابه لای کاغذ صافی در اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ دقیقه استریل شدند [۱۸].

سپس با رعایت شرایط کامل استریل به محیط کشت مولر هیتون آگار به روش کشت سطحی به صورت چمنی کشت داده شد.

دارد و سپس به ترتیب اشرشیا کلای 0157 و سپس مخمر البیکانس و سپس اسپرژیلوس نایجر که با توجه به درصد های وزنی افزایش میابد.

### ۳-۱-۲- بررسی زمان ماندگاری ماهی سوف پوشش داده

#### شده با فیلم های تولیدی

بررسی نتایج آمار توصیفی بدست آمده از آزمایش میکروبی باکتری های مزوفیل، انتروباکتریاسه و سایکروفیل بر روی ماهی سوف پوشش داده شده با انواع فیلم های تولیدی، در نمودار ۱ نشان داده می شود و باتوجه به بزرگ بودن داده های پژوهش، از تعداد باکتری های شمارش شده لگاریتم در مبنای ۱۰ گرفته شد و بصورت Log CFU/gr ساماندهی گردید. نتایج آماری توصیفی در نمودار ۱ منتج از لگاریتم تعداد باکتری های شمارش شده مزوفیل، انتروباکتریاسه و سایکروفیل در واحد گرم می باشد.

در همه سوش مزوفیل، انتروباکتریاسه و سایکروفیل نیز با ملاحظه نتایج آماری توصیفی و بررسی انحراف معیار نتایج آماری بنظر می رسد داده ها از یک هماهنگی و همگنی خاصی برخوردار باشند. بطوریکه بنظر می رسد فیلم های پوشش داده شده بر بافت بدن ماهی سوف در تمامی تیمارها نقش کنترل کننده و کاهنده "روند رشد باکتری ها" را داشته اند. کمترین میانگین لگاریتم تعداد باکتری های شمارش شده در بافت پوشش دهی شده (بهترین میزان کنترل رشد باکتری) با فیلم نانو نقره ۵ درصد و دی اکسید تیتانیوم ۲/۵ درصد در روز پنجم میباشد. بیشترین میانگین لگاریتم تعداد باکتری های شمارش شده در واحد گرم در بافت پوشش دهی شده با فیلم نانو نقره ۱ درصد و دی اکسید تیتانیوم ۰/۵ درصد در روز بیستم می باشد. البته لازم به ذکر است بافت شاهد تعداد باکتری شمارش شده بالاتری را در روز بیستم نسبت به بافت پوشش دهی شده با فیلم نانو نقره ۱ درصد و دی اکسید تیتانیوم ۰/۵ درصد در روز بیستم نشان میدهد.

### ۳-۱-۳- میکروسکوپ الکترونی روبشی (FE-SEM)

تصاویر ریزساختار نمونه های نانوبیوکامپوزیتی تحت آنالیز در شکل ۱ نشان داده شده است. این تصاویر مربوط به سطح شکست فیلم های نانوبیوکامپوزیتی LDPE و نقره با درصد وزنی ۱٪ و ۳٪ و ۵٪ و دی اکسید تیتانیوم با درصد وزنی ۰/۵٪ ، ۱/۵٪ و ۲/۵٪ می باشد. در این شکل به طور آشکار تصدیق حضور ذرات نانو و پراکندگی آنها را پلی اتیلن با چگالی پایین تایید مینماید.

شمارش کلنی ها صورت گرفت پذیرفت و به صورت log cfu/g گزارش شد [۲۱].

### ۳-۳-۲- آنالیز میکروسکوپ الکترونی روبشی

#### (FE-SEM)

مورفولوژی سطح شکست برای نمونه های فیلمی تهیه شده توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل S-4160 انجام شده است. برای بررسی سطح شکست نمونه های فیلمی تهیه شده ابتدا نمونه ها پاکسازی شده و سپس با استفاده از بخارات طلا، سطح نمونه های فیلمی جهت برقراری شارش الکترون ها از سطح، رسانا می شود.

### ۳-۳-۴- تحلیل آماری داده های به دست آمده

کلیه آزمایش ها در قالب طرح آزمایشی کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد. در این تحقیق برای تحلیل آماری داده های حاصل از آنالیز میکروبی فیلم های نانوکامپوزیتی از نرم افزار Minitab ۱۶ و تحلیل و ارزیابی One Way ANOVA در سطح احتمال ۵ درصد ( $p < 0/05$ ) و آزمون توکی<sup>۷</sup> برای تایید اختلاف معنی دار بین میانگین ها استفاده شده است. نمودارهای حاصل در نرم افزار excel ۲۰۱۳ رسم گردید و مورد مقایسه و بررسی قرار گرفت.

## ۳- نتیجه گیری و بحث

### ۳-۱- نتیجه گیری

#### ۳-۱-۱- آنالیز خواص ضد میکروبی در تست هاله رشد

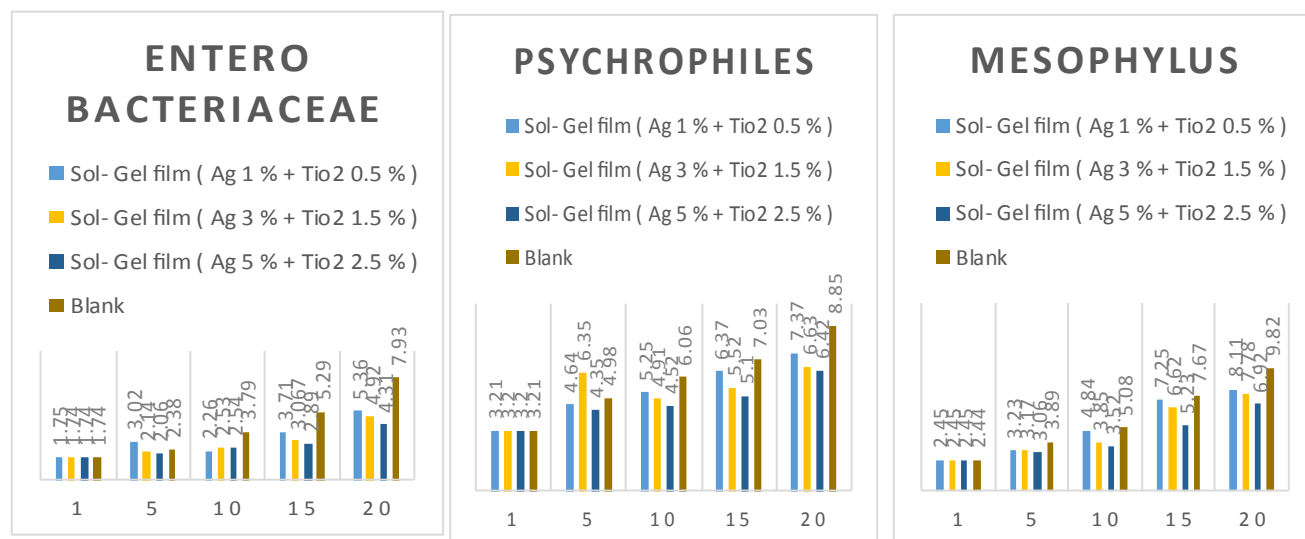
با بررسی نتایج آماری بدست آمده (جدول ۲)، بیشترین میانگین قطر هاله عدم رشد کلونی باکتری اشرشیا کلای، استفیلوکوک اورئوس، اسپارژیلوس نایجر و کاندیدا آلبکانس زمانی مشاهده گردید که کلونی در معرض فیلم استریپ از نوع نانو نقره ۵ درصد و دی اکسید تیتانیوم ۲/۵ درصد قرار گرفت به همین ترتیب کمترین میانگین قطر هاله عدم رشد کلونی باکتری ها هنگامی مشاهده گردید که کلونی در معرض فیلم شاهد یا همان پلی اتیلن با چگالی پایین قرار گرفت.

در این تست همچنین با بررسی آنالیز های هاله عدم رشد مشاهده گردید که ابتدا بیشترین میزان حساسیت را استفیلوکوکوس اورئوس نسبت به فیلم نانو کامپوزیتی تولید شده

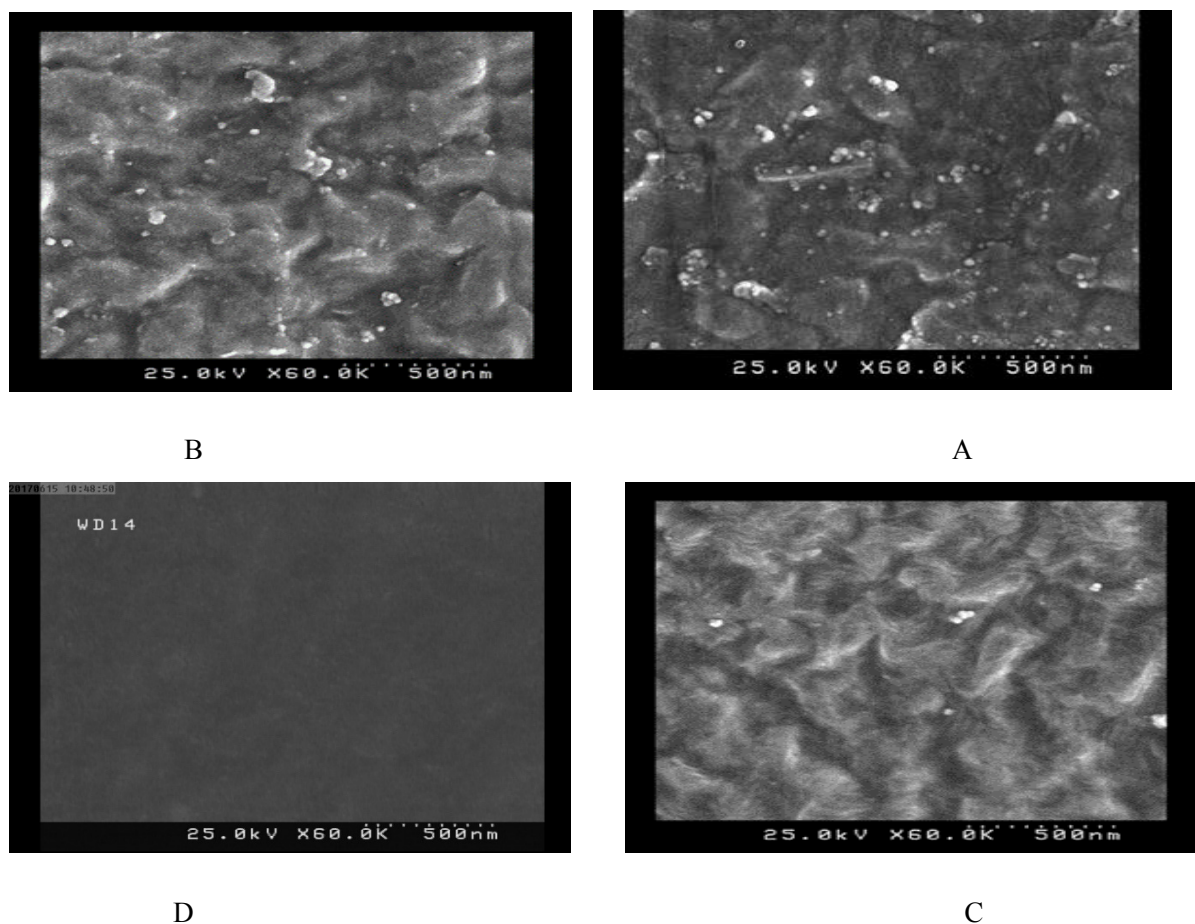
7. Tukey

**Table 2** Descriptive statistics of the effect of different types of films on the diameter of the colony insufficiency of *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans* and *Aspergillus Niger* (mm)

Average	Sample	type
4.28±0.05	Sol- Gel film ( Ag 1 % + TiO <sub>2</sub> 0.5 % )	E. coli
8.46 ± 0.10	Sol- Gel film ( Ag 3 % + TiO <sub>2</sub> 1.5 % )	
12.64±0.06	Sol- Gel film ( Ag 5 % + TiO <sub>2</sub> 2.5 % )	
0.00±0.00	BLANK	
4.39±0.00	Sol- Gel film ( Ag 1 % + TiO <sub>2</sub> 0.5 % )	Staphylococcus aureus
10.24±0.03	Sol- Gel film ( Ag 3 % + TiO <sub>2</sub> 1.5 % )	
15.41±0.05	Sol- Gel film ( Ag 5 % + TiO <sub>2</sub> 2.5 % )	
0.00±0.00	BLANK	
2.74±0.00	Sol- Gel film ( Ag 1 % + TiO <sub>2</sub> 0.5 % )	Aspergillus Niger
8.14±0.19	Sol- Gel film ( Ag 3 % + TiO <sub>2</sub> 1.5 % )	
11.73±0.13	Sol- Gel film ( Ag 5 % + TiO <sub>2</sub> 2.5 % )	
0.00±0.00	BLANK	
2.73±0.14	Sol- Gel film ( Ag 1 % + TiO <sub>2</sub> 0.5 % )	Candida albicans
6.32±0.02	Sol- Gel film ( Ag 3 % + TiO <sub>2</sub> 1.5 % )	
12.72±0.09	Sol- Gel film ( Ag 5 % + TiO <sub>2</sub> 2.5 % )	
0.00±0.00	BLANK	



**Diagram 1** Descriptive statistics of the microbial test of Mesophylus, Enterobacteriaceae and Psychrophiles of the fish covered with a variety of films (0-20 days)



**Fig 1** FE-SEM  
Blank) (D) TiO<sub>2</sub> 0.5%+Ag 1% ( C) TiO<sub>2</sub> 1.5%+Ag 3% (B) Tio 2.5 % +Ag 5% (A)

فسفات) درون سلول می باشد، این عمل با هدف قرار دادن غشاء سلول باکتری انجام می شود و باعث مرگ باکتری می گردد. بار کلی سلول های باکتری در PH بیولوژیکی منفی می باشد، چون در این ساختار گروههای اسیدی زیادی وجود دارند که تفکیک آن ها باعث می شود دیواره سلولی بار منفی به خود بگیرد. اختلاف بار (تفاوت بار) باکتری ها و نانوذرات باعث چسبندگی و افت فعالیتهای زیستی، ناشی از نیروهای جاذبه الکترواستاتیکی است.

نانوذرات موجب از هم گسستن اجزای ممانعت کننده (حفاظ) موجود در غشاء خارجی باکتری می شود که باعث آزاد شدن تصاعدی مولکول های لیپولی ساکارید و پورین ها از غشاء سیتوپلاسمی می شود.

در این مطالعه تاثیر دو نوع نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم و نقره بر کاهش بار میکروبی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که در هر دو آزمون، قطر عدم هاله رشد (فیلم های تولیدی) و کاهش بار میکروبی ماهی سوف با افزایش غلظت نانوذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم میزان بار میکروبی کاهش معنی داری را نسبت به نمونه ها به غلظت پایین تر و نمونه شاهد نشان داده است ( $p < 0.05$ ).

مکانیزم هایی موثر بر عملکرد ضد میکروبی نانو مواد مورد مطالعه می تواند به دلایل زیر باشد [۲۲].

نانو ذرات (نقره و دی اکسید تیتانیوم) پتانسیل غشایی پلازما را ناپایدار می کند که نتیجه آن کاهش سطح ATP (آدنوزین تری



## ۴- بحث

کوزموتا و همکاران ۸ در سال ۲۰۱۵ بسته بندی نانوکامپوزیت دی اکسید تیتانیوم / نقره تهیه شده به روش محلول سازی را جهت افزایش ماندگاری نان مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که نانوکامپوزیت دی اکسید تیتانیوم/ نقره با بستر پلی اتیلن به صورت قابل توجهی زمان ماندگاری نان را افزایش داده و رشد میکروارگانیسم های شاخص جلوگیری کرده و ایمنی میکروبیولوژی نان با این کامپوزیت بالا رفته است و در راستای نتایج این مطالعه، در تحقیق مذکور فیلم های تولیدی به روش محلولی سل - ژل با درصد وزنی های ۱٪ و ۳٪ و ۵٪ نیز تاثیر مناسبی بر روی میکروارگانیسم های مورد بررسی نشان دادند.

لویزاولیانی و همکاران نیز در سال ۲۰۱۶ به تولید فیلم MMT/PP و AG / MMT/PP و CLAY(MMT) پرداختند و توانستند خاصیت آنتی باکتریایی فیلم ها را توسط دو سوش میکروبی اشرشیا کلای (گرم منفی) و استافیلوکوکوس اورئوس (گرم مثبت) مورد ارزیابی قرار دهند در راستای این نتایج در تحقیق مذکور نیز نشان میدهد که فیلم تولیدی با ترکیب نقره و دی اکسید تیتانیوم تاثیرات بسیار واضحی در کاهش میانگین لگاریتمی تعداد میکروارگانیسم های اشرشیا کلای و استافیلوکوکوس اورئوس در طول مدت بیست روز داشته و هاله ممانعت از رشد جهت هر دو گونه باکتری نیز معنی دار ( $p < 0,05$ ) بوده است.

عبدالستاری و همکاران (۱۳۹۴) پنیر ليقوان را با استفاده از نانوکامپوزیت پلی اتیلن / اکسید روی / نقره تهیه شده به روش اختلاط مذاب (دواکسترودر) در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری نموده و آزمون های میکروبی، شیمیایی و فیزیکی بلافاصله پس از بسته بندی ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روز مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد سرعت رشد باکتری های کلی فرم و استافیلوکوکوس اورئوس در پنیر ليقوان در این بسته بندی تا ۲۸ روز پس از انبار مانی کاهش یافت در صورتی که این نوع بسته بندی بر روند کلی باکتری لاکتوباسیلوس تاثیر چندانی نداشت و در راستای

اتصال نانوذرات به گروه های عاملی پروتئین ها و ایجاد پیوند با آن ها، باعث آر بین رفتن خواص اصلی (دنا تراسیون) پروتئین ها می شود. نانو ذرات فقط به سطح غشاء سلولی نمی چسبند بلکه به درون سلول ها هم نفوذ می کند. نانوذرات پس از نفوذ به داخل سلول باکتری آنزیم های آن را غیر فعال کرده و با تولید هیدروژن پراکسید باعث مرگ باکتری می شود.

فعالیت بالای نانو ذرات نقره مربوط به گونه هایی است که در آنها قابلیت آزادسازی  $Ag^+$  و  $Ag^-$  وجود دارد. نانوذرات بعد از چسبیدن به سطح غشاء سلولی، سیستم تنفسی را به صورت بر همکنش آنزیم با زنجیره تنفسی باکتری با  $Ag^+$  تخریب می کنند.  $Ag^+$  با گروه های تیولی آنزیم های حیاتی واکنش داده و آن ها را غیرفعال می کند. همچنین پیشنهاد شده است که DNA باکتری، توانایی تکثیر خود را زمانی تحت یون های نقره قرار دارد از دست می دهد [۲۲].

نانوذرات تحریک پروتون در غشاء را از بین می برند. این نتایج با کاهش شدید پتاسیم درون سلولی که تحت تاثیر نانوذرات قرار دارد انجام می شود.

ناوذرات (نقره و دی اکسید تیتانیوم) به عنوان عامل ضد میکروبی موثر استفاده می شوند. آنها پتانسیل ضد میکروبی کارآمدی بر علیه ارگانیسم های مختلف دارند. نانوذرات می توانند به عنوان عوامل ضد میکروبی وسیع الطیف موثری بر علیه باکتری های مقاوم آنتی بیوتیکی گرم منفی و مثبت شامل اعضای جنس های: سودوموناس، اشرشیا کلی، استینوباکتر، سالمونلا، ویبریو و باکتری های گرم مثبت شامل، انتروکوکوس، کلاستریدیوم، استافیلوکوکوس، لیستریا، استرپتوکوکوس و کپک ها و مخمر ها مورد استفاده قرار گیرند. در این مطالعه نتایج نیز نشان دهنده این موضوع بود که نانو ذرات مورد استفاده طیف ضد میکروبی وسیعی را علیه میکروارگانیسم ها در خصوص فیلم و چه به صورت پوشش داده شده نشان دادند [۲۳].

اندازه کوچکتر و نسبت بالاتر بودن سطح به حجمشان نشان می دهد که فعالیت ضد باکتریایی نانوذرات نقره تحت تاثیر اندازه نانو ذرات است. واکنش نانو ذرات توسط اثر الکتریکی تولید شده توسط واکنش نانوذرات با سطح باکتری افزایش می یابد و نانوذرات کوچکتر از ۱۰ نانومتر درصد بالاتری از واکنش با باکتری ها را دارند [۲۲].

اینکوروباتو و همکاران در سال ۲۰۱۱، تاثیر یک سیستم بسته بندی ضد میکروبی حاوی نانو ذرات مونتموریلونیت نقره را بر روی کیفیت نوعی پنیر مورد بررسی قرار دادند و نتایج بررسی های آنها نیز نشان داد این سیستم بسته بندی فعال، به صورت قابل توجهی ماندگاری این نوع پنیر را افزایش داده است که دلیل آن توانایی کاتیون های نقره در کنترل تکثیر میکروبی می باشد، بدون اینکه بر روی میکروب های اصلی و کارکردی لبنی ویژگی های حسی محصول اثر بگذارد در راستای این تحقیق نیز در تحقیق حاضر بررسی خاصیت آنتی باکتریالی نانو ذرات نقره به همراه دی اکسید تیتانیوم در روش سل - ژل نشان داد که با افزایش درصد وزنی نانو نقره و دی اکسید تیتانیوم فیلم های تولیدی خاصیت بهتری را به جهت آنتی باکتریالی از خود نشان می دهند در ارتباط با خاصیت آنتی باکتریالی نانو ذرات فلزی Ag؛ سینگ و همکاران در سال ۲۰۱۶ اثر آنتی باکتریالی نانو ذرات AgSiO<sub>2</sub>، AgZn و AgZ را درون پلی پروپیلن جهت بسته بندی غذاهای دریایی مورد بررسی قرار دادند و پس از بررسی مورفولوژی فیلم ها آنها را طبق استاندارد های صنعتی ژاپن مورد ارزیابی قرار داده و نتایج تحقیقات آنها نیز نشان داد که این ترکیبات در کل تاثیر مناسبی بر روی ایمنی و کیفیت غذاهای دریایی داشته اند در راستای تحقیق سینگ و همکاران در تحقیق مذکور نیز مشاهده گردید که حضور نانو ذرات فلزی نقره می تواند در بسته بندی ماهی تاثیر آنتی باکتریالی مثبتی را تا روز بیستم از خود نشان دهد ( $p < 0.05$ ) و سبب افزایش زمان ماندگاری و نهایتاً بالا رفتن کیفیت ماهی نسبت به نمونه شاهد شود.

خاصیت آنتی باکتریالی نانو نقره همچنین در تحقیق پاندیت و همکاران در سال ۲۰۱۷ بررسی شد به نحوی که پاندیت به بررسی اثر نایسین و خاصیت ضد میکروبی آن و همچنین اثر ضد میکروبی نانو ذرات نقره، تواماً بر روی گونه های لیستریا، استافیلوکوک اورئوس، سودوموناس فلورسنس، قارچ اسپریلوس و مونیلیفورم فوزاریوم پرداخته و آنالیز ها نشان

آن در تحقیق حاضر فیلم نانو کامپوزیت تولید شده با نقره و دی اکسید تیتانیوم نیز نشان می دهد که نتایج آنالیز های روز های ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ بر روی ماهی سوف تحت تاثیر فیلم های نانو کامپوزیتی، نشان داد که سرعت رشد باکتری های استافیلوکوک اورئوس و اشرشیا کلای و مخمر البیکانس و اسپریلوس نایجر پس از بیست روز نگهداری نسبت به فیلم شاهد کاهش یافته است.

محمدی و همکاران (۱۳۹۳) بسته بندی با پوشش ۳٪ و ۵٪ نانو نقره بر پایه دی اکسید تیتانیوم، جهت کاهش رشد قارچی نان های مصرفی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آن ها نشان داد که این نوع فیلم با حضور این نانو ذرات در بسته بندی، فلور قارچی را کاهش داده و باعث افزایش مدن زمان نگهداری نان می شود ولی این افزایش در مورد نوع نان و نوع قارچ تفاوت معناداری داشته است در همین راستا در مطالعه حاضر تاثیر نانو کامپوزیت تولید شده حاوی نانو نقره با درصد های وزنی ۱٪، ۳٪ و ۵٪ و دی اکسید تیتانیوم با درصد های وزنی ۰/۵٪، ۱/۵٪ و ۲/۵٪ تاثیر معنا داری را در کاهش رشد اسپریلوس نایجر به عنوان یک کپک پس از گذشت ۲۰ روز ماندگاری داشته است.

در ارتباط با زمان ماندگاری ماده غذایی قابل ذکر است که امینی هرنیدی (۱۳۹۰) بسته بندی نانو حاوی گوشت را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و به مقایسه این نوع پوشش ها با پوشش های معمول پرداخت. نتایج این پژوهش نشان داد که گوشت های بسته بندی شده حاوی نانو ذرات به مراتب سبب کاهش معنی دار رشد کپک ها، و باکتری های عامل فساد شده است در همین راستا در تحقیق مذکور نیز ماده غذایی مورد نظر که ماهی سوف میباشد نیز پس از گذشت بیست روز بررسی شده و مشاهده گردید استفاده از پوشش بسته بندی نانو کامپوزیت های LDPE/Ag/TiO<sub>2</sub> در مقایسه با پوشش های معمول میتواند در زمان ماندگاری ماهی سوف اختلاف کاهشی معنا داری را در رشد سوش های میکروبی مد نظر داشته باشد و زمان ماندگاری را به طور معنا داری افزایش دهد.

نشان داده و در تست عدم هاله رشد با نمونه شاهد تفاوت معنا داری را ( $p < 0,05$ ) نسبت به نمونه شاهد از خود نشان میدهد.

فرهاد زاده در سال ۱۳۹۳ نانو کامپوزیت های HIPS / TiO<sub>2</sub> را تهیه و خاصیت آنتی باکتریالی آن را مورد بررسی قرار داد. این آمیزه تهیه شده خواص آنتی باکتریالی مناسبی بر روی *اشرشیا کلای* و *استافیلوکوکوس اورئوس* به عنوان نمونه های شاخص نشان داد که در این تحقیق تاثیر P25 بر روی خاصیت آنتی باکتریالی به دلیل اندازه کوچکتر و سطح در دسترس بالاتر بهتر و مناسبتر از Cristal 134 شناخته شد، همچنین در تحقیق دیگر در ارتباط با دی اکسید تیتانیوم بینش و همکاران در سال ۱۳۸۸، تاثیر استفاده از دی اکسید تیتانیوم را به همراه نانو کامپوزیت نقره را در بسته بندی مورد استفاده در نگهداری خرمای مضافتی بر تغییرات میکروبی آن طی دوره ی انبارداری مورد مطالعه قرار داده و نتایج آنها نیز نشان داد که بار میکروبی خرما شامل کپک و مخمر، باکتری های مزوفیل هوازی و کلیفرم در اثر استفاده از ذرات دی اکسید تیتانیوم و نانوکامپوزیت نقره در بسته بندی به صورت معنی داری کاهش می یابد در راستای این تحقیقات و در ارتباط با دی اکسی تیتانیوم و تاثیر آنتی باکتری این ذره و همچنین اثر ترکیبی آن با نانو ذرات نقره نیز تحقیق حاضر نشان داده شده که به نسبت افزایش دی اکسید تیتانیوم به همراه نانو ذرات نقره به علت خاصیت فتو کاتالیستی این ترکیب تاثیرات آنتی باکتریالی افزایش یافته و افزودن آن میتواند در بسته بندی مواد غذایی قابل مصرف باشد.

## ۵- منابع

[1] Robertson. (2006). Food Packaging: Principles and Practice ( Second Edition ed.).

دادند که خاصیت آنتی باکتریالی نایسین به همراه نانو ذرات نقره به طور چشمگیری افزایش می یابد، در همین راستا در تحقیق حاضر نیز تاثیر نقره در فیلم در تست عدم هاله رشد اورگانسیم های *استافیلوکوک اورئوس*، *اشرشیا کلای* و مخمر *البیکانوس* و *اسپرژیلوس نایجر* معنادار بوده ( $p < 0,05$ ) و در تمامی فیلم ها نسبت به نمونه شاهد عدم هاله رشد به واسطه آنتی باکتریالی نقره مشاهده گردید.

سونگ و همکاران در سال ۲۰۱۶ به بررسی بر روی آنتی باکتریال نمودن آب های آشامیدنی توسط نانو نقره پرداختند و سوش های میکروبی *استافیلوکوکوس اورئوس* و *اشرشیا کلای* را به عنوان شاخص در نظر گرفته و نتایج به آنها نیز نشان داد که نانو ذرات نقره میتواند خاصیت ضد عفونی و آنتی باکتریالی مناسبی را برای آب های آشامیدنی از خود نشان دهد در راستای آن تحقیق مذکور نیز خاصیت آنتی باکتریالی نانو ذرات نقره را در تمام درصد های ۱٪، ۳٪ و ۵٪ نسبت به نمونه شاهد کاملاً نشان میدهد.

قابل ذکر است که میکی سیوک و همکاران نیز در سال ۲۰۱۷ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و اثرات مهار کنندگی نانو ذرات نقره را بر روی پاتوژن های خوراکی مورد بررسی قرار داده و نتایج به آنها نشان داد که استفاده از نانو نقره در غلظت های ۲ و ۰/۲۵ میکرو گرم بر میلی لیتر باعث مهار رشد سویه های بیمارزای مورد آزمایش میشود؛ آنها همچنین اعلام کردند که استفاده از ذرات نانو نقره میتواند جنبه حیاتی داشته باشد چراکه به روش ساده و مقرون به صرفه تولید شده و در درصد های کم میتواند غیر سمی باشد در راستای آن در تحقیق حاضر نیز نشان داده شد که حضور نانو نقره حتی در درصد های کم ۱٪ نیز خاصیت آنتی باکتریالی از خود

- AgZn and AgZ for returnable packaging in seafood distribution. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10(4), pp.781-793.
- [11] Pandit, R., Rai, M. and Santos, C.A., Enhanced antimicrobial activity of the food-protecting nisin peptide by bioconjugation with silver nanoparticles. *Environmental Chemistry Letters*, pp.1-10.
- [12] COSTA, CONTE & BUONOCOR 2011. Antimicrobial silvermontmorillonite nanoparticles to prolong the shelf life of fresh fruit salad. *International Journal of Food Microbiology*, 148, 164-167
- [13] Sarkar, P., Irshaan, S., Sivapratha, S. and Choudhary, R., 2016. Nanotechnology in Food Processing and Packaging. In *Nanoscience in Food and Agriculture 1* (pp. 185-227). Springer International Publishing.
- [14] Incorata, Conte, Buonocore & Nobile 2011. Agar hydrogel with silver nanoparticles to prolong the shelf life of Fior di Latte cheese. *J Dairy Sci*, 2094, 1, 2704-697.
- [15] Emamifar, Kadivar, M., Shahed & Soleimani-Zad 2010. Preparation and evaluation of nanocomposite LDPE films containing Ag and ZnO for food-packaging applications. Paper presented at the *Advanced Materials Research*, 2, 21-35.
- [16] Song, B., Zhang, C., Zeng, G., Gong, J., Chang, Y. and Jiang, Y., 2016. Antibacterial properties and mechanism of graphene oxide-silver nanocomposites as bactericidal agents for water disinfection. *Archives of biochemistry and biophysics*, 604, pp.167-176.
- [17] Rashedi, H. Partoy, F. Fatah, R. Khalilzade, m. Khiabani, M., 1395. The effect of titanium dioxide based silver coatings on increasing the shelf-life of rainbow trout fillet. *Iranian Journal of Nutrition and Food Technology*, 11(3) PP : 85-92
- [2] Licciardello, F. (2017). Packaging, blessing in disguise. review on its diverse contribution to food sustainability. *Trends in food Science & Technology*. 32-39
- [3] Chaudhry, Castle, & Watkins. (2010). *Nanotechnologies in Food*. Royal Society of Chemistry.
- [4] Oliani, W.L., Komatsu, L.G.H., Lincopan, N., Rangari, V.K., Lugao, A.B. and Parra, D.F., 2016, October. Processing and antimicrobial efficacy of polypropylene/montmorillonite/silver nanocomposites as food packaging films. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1779, No. 1, p. 040008). AIP Publishing.
- [5] Altan & Yildirim 2010. Mechanical and morphological properties of polypropylene and high density polyethylene matrix composites reinforced with surface modified nano sized TiO<sub>2</sub> particles. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 70, 289-294
- [6] Ohtsu, M. (2012). *Near-field Nano/Atom Optics and Technology*: Springer Science & Business Media - Technology & Engineering.
- [8] Mikiciuk, J., Mikiciuk, E. and Szterk, A., 2017. Physico-Chemical Properties and Inhibitory Effects of Commercial Colloidal Silver Nanoparticles as Potential Antimicrobial Agent in the Food Industry. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(2).
- [9] Cozmuta, M., Peter, Cozmuta, M., CRISAN, N. C., L, B. & TURILA 2015. Active Packaging System Based on Ag/TiO<sub>2</sub> Nanocomposite Used for Extending the Shelf Life of Bread. *Chemical and Microbiological Investigations. Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 1, 271-284.
- Collins, H. (2016). *Candida albicans* Leon Chaitow. Publishers - Self-Help, 1(1), 168 .
- [10] Singh, S., ho Lee, M., Park, I., Shin, Y.J. and Lee, Y.S., 2016. Antimicrobial properties of polypropylene films containing AgSiO<sub>2</sub>,

- [21] Ojagh, Rezaei, SH, R. & SMH, H. 2010. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *J Food Chem*, 120, 193-8.
- [22] Hwang, E. T., LEE, J. H., Chae, Y. J., Kim, Y. S., Kim, B. C., Sang, B. I. & GU, M. B. 200. ^Analysis of the toxic mode of action of silver nanoparticles using stress-specific bioluminescent bacteria. *Small*, 4, 746-50.
- [23] Morones, J. R., Elechiguerra, J. L., Camacho, A., HOLT, K., Kouri, J. B., Ramirez, J. T. & Yacaman, M. J. 2005. The bactericidal effect of silver nanoparticles. *Nanotechnology*, 16, 2346-2353.
- [18] Mikiciuk, J., Mikiciuk, E. and Szterk, A., 2017. Physico,Chemical Properties and Inhibitory Effects of Commercial Colloidal Silver Nanoparticles as Potential Antimicrobial Agent in the Food Industry. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(2).
- [19] Sawai, H, K., Igarashi, Hashimoto, Shojis & Sawaki 2000. Antibacterial characteristics of magnesiumoxide powder. *World J MicrobiolBiotechnol*, 16, 187-94.
- [20] Duun & Rustad 2010. Quality of super-chilled vacuum packed Atlantic Salmon (*Salmo salar*) fillets stored at 1- 4 and 3-6. *Food Chemistry*, 106, 122-131

## Production Film based on LDPE / Ag / TiO<sub>2</sub> nanoparticles by SOL-GEL method and evaluation of Sander *Lucioperca* fish shelf life

Barani, S.<sup>1</sup>, Ahari, H.<sup>2\*</sup>, Bazgir, S.<sup>3</sup>

1. Graduate, Faculty of Food Industries, Tehran University of Science and Research
2. Associate Professor, Science and food industry group, Department of Science and Research, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3. Associate Professor, Faculty of Engineering, University of Science and Research, Islamic Azad University, Tehran, Iran

(Received: 2017/08/21 Accepted:2017/11/25)

In this study, LDPE / Ag / TiO<sub>2</sub> nanocomposite films were manufactured by solvent-soluble sol-gel (1% , 3% and 5% nano silver and 0.5%, 1.5% and 2.5% titanium dioxide) and then the prohibition of the growth of productive films *investigated by test the inhibition zone of the bacterial indicators of Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Candida albicans and Aspergillus niger*. And then the shelf life of the Sufan fish with the cover of various films produced on days 0-5-10-15 And 20 days were evaluated, and finally the presence of nano materials was confirmed by FE-SEM. The results showed that the effects of different concentrations of silver nanoparticles and titanium dioxide on growth retardation of *Staphylococcus aureus, Escherichia coli 0157, Candida albicans and Aspergillus niger* showed significant results (P <0.05). According to these results, a film containing 5% nano Silver and 2.5% titanium dioxide had the highest and control treatment had the lowest diameter of no growth halo. Also, microbial analysis showed that, respectively, the sensitivity of *Staphylococcus aureus* was highest, followed by *Escherichia coli 0157* and then *Olibicans* yeast and then *Aspergillus niger* compared to the production films. The results of this study in relation to shelf-life of fish in Souf showed that films produced with 5% nano silver and 2.5% titanium dioxide had a significant decrease in the logarithmic growth rate of aerobic mesophilic bacteria, enterobacteriaceae and cholesterol (P <0.05) It has lasted for twenty days.

**Key words:** Nanocomposite film, Food packaging, Nanoparticles, Antibacterial properties

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: dr.h.ahari@gmail.com