

## مروری بر بسته‌بندی آنتی‌میکروبیال مواد غذایی و کاربرد آن در محصولات لبنی

علیرضا بیاتی<sup>۱</sup>، ناصر صداقت<sup>۲\*</sup>

تاریخ دریافت مقاله: خرداد ماه ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش مقاله: دی ماه ۱۳۹۹

### چکیده

در سال‌های اخیر توجه به بسته‌بندی فعال در تولید مواد غذایی افزایش یافته است که این امر ناشی از این حقیقت است که این نوع بسته در مقایسه با نوع مرسوم، تنها مسئول د برگرفتن و محافظت ماده غذایی در برابر عوامل خارجی نیست بلکه مزایای دیگری نیز مانند کمک به افزایش ماندگاری ماده غذایی با استفاده از عوامل جاذب (رطوبت، اکسیژن و...) عوامل آزادکننده ترکیبات مختلف (اتانول، دی اکسید کلر و...) و گرم نمودن و سرد نمودن ماده غذایی و امکان تعیین ماندگاری مواد غذایی با استفاده از سنسورها و معرف‌های گوناگون مانند: معرفی تازگی و بی عیبی بسته و... خواهد داشت. بسته‌بندی آنتی‌میکروبیال (ضدمیکروبی) یکی از انواع بسته‌بندی فعال است. بسته‌بندی ضدمیکروبی علاوه بر حفظ ماده غذایی از شرایط محیطی، قادر به مهار یا کاهش رشد میکروارگانیسم‌ها و افزایش مدت ماندگاری غذا می‌باشد. استفاده از ترکیبات ضدمیکروبی در مواد بسته‌بندی در صنایع غذایی نیز مورد توجه محققین قرار گرفته است. با استفاده از مواد ضدمیکروبی در پوشش فراورده‌های غذایی، علاوه بر کاهش جمعیت میکروبی و افزایش کیفیت و ایمنی محصولات، می‌توان تا حد زیادی استفاده از نگهدارنده‌های سنتزی و سرطانزا را کاهش داد. ترکیباتی را که دارای فعالیت ضدمیکروبی هستند می‌توان به صورت مخلوط شده و تثبیت شده یا تغییر شکل داده شده در سطح پوشش‌های خوراکی استفاده کرد. محصولات لبنی با توجه به حساسیت بالا نسبت به آلودگی‌های باکتریایی و قارچی، بسیار در معرض فساد قرار دارند، با توجه به پژوهش‌های انجام شده استفاده از ترکیبات آنتی‌میکروبیال در بسته‌بندی این محصولات به خصوص در انواع پنیر می‌تواند بسیار کمک‌کننده باشد.

### واژه‌های کلیدی

بسته‌بندی فعال، بسته‌بندی آنتی‌میکروبیال، محصولات

لبنی

### ۱- مقدمه

فراوری نامناسب و آلودگی میکروبی ماندگاری ماده غذایی را کاهش می‌دهد و منجر به افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های ناشی از مصرف غذا می‌گردد. به همین دلیل پژوهش‌های گسترده‌ای در زمینه ساخت بسته‌بندی‌های فعال و دارای عوامل ضد میکروب صورت گرفته است. روش‌های قدیمی نگهداری مواد غذایی شامل فرآوری گرمایی، انجماد، پرتودهی، نگهداری در جو تغییر داده شده و استفاده از مواد افزودنی ضدمیکروب یا نمک‌ها هستند که متأسفانه در رابطه با فراورده‌هایی مانند: گوشت تازه و فراورده‌های آماده برای مصرف نمی‌توان آن‌ها را به کار برد. علت اصلی فساد میکروبی بسیاری از مواد غذایی

۱- دانشجوی دکتری مهندسی علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد (alireza.bayati1990@gmail.com).

۲- استاد گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد  
(x نویسنده مسئول: sedaghat@um.ac.ir)

## ۲- انواع سیستم‌های بسته‌بندی فعال

سیستم بسته‌بندی فعال دو گروه سیستم‌های انتشار عوامل فعال که ترکیبات مختلف مانند: دی اکسیدکربن، آب، عوامل ضد میکروبی و نگه دارنده‌ها را از بسته‌بندی به داخل ماده غذایی اضافه می‌کنند و سیستم‌های جذب‌کننده که ترکیبات نامطلوب مانند اکسیژن، رادیکال‌ها، آب، اتیلن، دی اکسید کربن، اتانول، رنگ، بو و سایر ترکیبات خاص را برمی‌دارند، شامل می‌شود [۱۱].

## ۳- سیستم‌های بسته‌بندی ضد میکروبی

### مهاجرت‌کننده و غیر مهاجرت‌کننده

پرکاربردترین روش‌های بسته‌بندی فعال سیستم‌های بسته‌بندی ضد میکروبی می‌باشند. در سیستم یاد شده مواد ضد میکروبی موجود در بسته‌بندی، قابلیت ممانعت از رشد میکروارگانیسم‌ها به منظور افزایش عمر نگهداری محصولات غذایی و حفظ کیفیت و سلامت آن را دارند. روش‌های جایگزین بسته‌بندی ضد میکروبی شامل افزودن مواد نگهدارنده، کنسرو کردن و اتمسفر تغییر یافته می‌باشند. ولی مسئله این است که غذاهای کنسرو شده جزء محصولات تازه شمرده نمی‌شوند. بسته‌بندی استریل نیز گران قیمت بوده و کاربرد مواد نگهدارنده نیز به علت محدودیت‌های قانونی با مشکل مواجه است. بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته نیز گاهی اوقات می‌تواند موجب افزایش رشد باکتری‌های بی‌هوازی بیماریزا، جوانه زدن اسپورها و جلوگیری از رشد ارگانیسم‌های شاخص شود [۱۲]. بر اساس دلایل ذکر شده در صورت استفاده از مواد ضد- میکروبی در خود بسته‌بندی ماده غذایی، هم نیاز به ضد- میکروب‌های شیمیایی از بین می‌رود و هم فرآیند بسته‌بندی ساده‌تر می‌گردد [۱۳]. روش‌های مختلفی برای استفاده از ترکیبات ضد میکروبی در بسته‌بندی مواد غذایی وجود دارد که در ذیل به ذکر آن‌ها پرداخته می‌شود.

نگهداری شده در یخچال، رشد میکروبی در سطح محصول است. استفاده از عوامل ضد میکروب در تهیه ماده بسته‌بندی برای جلوگیری از رشد میکروارگانیسم که می‌تواند در ماده غذایی بسته‌بندی شده یا ماده بسته‌بندی موجود باشد، سودمند است و از این رو باعث افزایش ماندگاری می‌گردد [۴]. بسته‌بندی ضد میکروبی فعال علاوه بر حفظ ماده غذایی از شرایط محیطی، قادر به مهار یا کاهش رشد میکروارگانیسم‌ها و افزایش مدت ماندگاری غذا می‌باشد بسته‌بندی ضد میکروبی یکی از انواع بسته‌بندی فعال است [۵]. مواد ضد میکروبی آلی در مقایسه با مواد ضد میکروبی غیر آلی در مقابل حرارت و فشار مقاومت کمتری دارند و این امر مانعی برای استفاده از مواد ضد میکروبی آلی در ماتریس بسته‌بندی محسوب می‌شود [۶]. از معمول‌ترین نگهدارنده‌ها و مواد ضد میکروبی مورد استفاده در فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی، می‌توان به: بنزوات‌ها، پروپیونات‌ها، سوربات‌ها، پارابن‌ها، ترکیبات اسیدی شده (لاکتیک اسید و استیک اسید و...)، ترکیبات عمل آورنده (سدیم کلرید و سدیم نیتريت)، باکتریوسین‌ها و نگهدارنده‌های طبیعی (روغن‌های طبیعی، لیزوزیم، دود مایع) اشاره کرد [۷]. ترکیبات ضد قارچی، اسیدهای آلی، سوربات پتاسیم با باکتریوسین‌ها هنگامی که به صورت مخلوط شده یا تثبیت شده روی ژل‌های خوراکی (نشاسته، کاراگینان ۱۳، موم‌ها، اترهای سلولزی یا آلژینات) استفاده می‌شوند، خیلی مؤثرتر از زمانی که به تنهایی در سطح فراورده‌های گوشتی مصرف شوند، کارایی دارند [۳ و ۴]. استفاده از مخلوط آنتی بیوتیک‌ها و مواد ضد قارچی درون فیلم‌های ساخته شده از کاراگینان توسط مایرسا و همکاران نیز گزارش شده است [۸] و [۹]. استفاده از اسانس‌ها در ساخت فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی نیز مورد بررسی قرار گرفته است. اگر چه خواص میکروبی اسانس در خیلی از کشورها شناخته شده است؛ اما به خاطر تقاضای مصرف‌کنندگان مبنی بر استفاده از عناصر و افزودنی‌های طبیعی، استفاده از آن‌ها همچنان مورد توجه خاصی است [۱۰].

### ۳-۱- انتشار و تراوش گاز

نقش این روش بیشتر محدود نمودن رشد کپک‌هایی از جمله بوتریتیس سینرا<sup>۱</sup>، اسپیریلوس<sup>۲</sup>، پنسیلیوم و گونه های رایزوپوس<sup>۳</sup> که معمولاً در مرکبات و توت‌ها یافت می‌شوند، می‌باشد. مثلاً گاز دی اکسید سولفور معروف‌ترین عامل در کنترل فساد انگور است. ترکیب فرار دیگری که اثرات ضد میکروبی دارد شامل آلایل ایزوتیوسیانات<sup>۴</sup> می‌باشد. بسته بندی های با اتمسفر کنترل شده نیز در این گروه طبقه بندی می‌شوند که با وارد کردن گازهایی مانند دی اکسید سولفور و یا حالت بخار اتانول در قسمت بالای خالی بسته بندی یا در قالب ساشه‌هایی، اثرات ضد میکروبی آنها اعمال می‌گردد.

### ۳-۲- پوشش دهی با عوامل ضد میکروبی

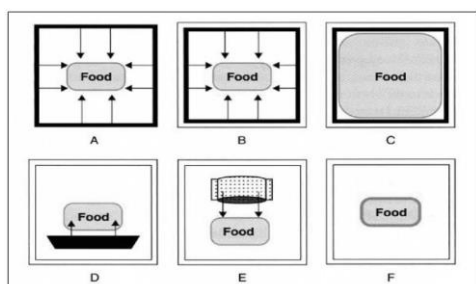
بسته بندی و پوشش دادن مواد غذایی از قدیمی ترین روش های بسته بندی می‌باشد به طوری که در قرن ۱۲ از واکس یا موم و ترکیبات لیپیدی به منظور جلوگیری کردن از دست رفتن آب میوه‌ها استفاده می‌شده است. یک پوشش مناسب که محتوای مواد ضد میکروبی باشد گاهی اوقات می‌تواند کارایی مؤثری به عنوان یک عامل ضد میکروبی داشته باشد. در این روش پوشش نازکی در اطراف محصول غذایی ایجاد می‌شود که دارای خاصیت ضد میکروبی است. چون این پوشش را نمی‌توان هنگام مصرف غذا از آن جدا کرد، لذا با غذا مصرف می‌شود بنابراین باید از ترکیبات غیرمضر و ایمن برای مصرف کننده استفاده گردد. این روش به طور موفقیت آمیزی برای الحاق مواد ضد میکروبی به پوشش های پلی اتیلنی به کار رفته است. به عنوان مثال پلی اتیلن با دانسیته پایین که با استفاده از نیسین<sup>۵</sup> و متیل سلولز یا هیدروکسی متیل سلولز پوشش داده شده بود اثرات مهارکنندگی مناسبی بر روی استافیلوکوکوس اورئوس<sup>۶</sup> و لیستریا مونوسیٹوژنز<sup>۷</sup> داشته است. از سایر پلیمرها مانند

سلولز، ژئین و کیتوزان نیز به طور موفقیت آمیزی برای پوشش دهی و کنترل عوامل فساد و بیماری‌زا در مواد غذایی مختلف بخصوص فرآورده های گوشتی استفاده گردیده است [۱۴].

### ۴- ترکیب افزودنی های ضد میکروبی با مواد بسته بندی

افزودن مستقیم ترکیبات ضد میکروبی در بسته بندی یکی از روش های معمول بسته بندی ضد میکروبی می‌باشد. چندین نوع ترکیب به منظور ارزیابی اثرات ضد میکروبی آنها مورد آزمایش قرار گرفته اند [۱۰، ۱۵، ۱۶ و ۱۷].

در این روش بجای استفاده مستقیم از ترکیب ضد میکروبی در مواد غذایی، ماده ضد میکروبی وارد پوشش بسته بندی شده در نتیجه امکان غیرفعال شدن آن توسط عوامل موجود در ماده غذایی کاهش یافته و ضمن اینکه می‌تواند مدت طولانی تری در ماده غذایی مؤثر واقع شود. به عنوان مثال گزارش شده که در صورت استفاده از ترکیبات سوربات به همراه فیلم های بسته بندی این ترکیبات مدت زمان بیشتری اثر خود را حفظ می‌کنند [۱۸]. در این بین عصاره های گیاهی نیز توسط محققین مختلف به منظور اثرات ضد میکروبی در بسته بندی های ضد میکروبی مورد استفاده قرار گرفته اند. این ترکیبات به علت بی ضرر و نیز طبیعی بودن اهمیت ویژه ای دارند (شکل ۱) [۱۹، ۲۰، ۲۱ و ۲۲].

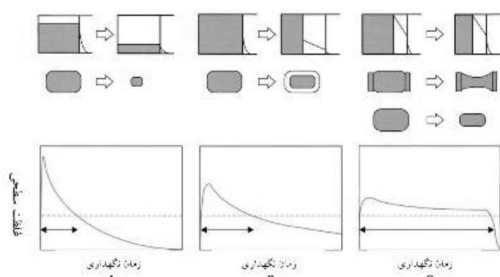


شکل ۱- روش های مختلف ایجاد سیستم های بسته بندی ضد میکروبی (A) پوشش ضد میکروبی بر روی بسته بندی مرسوم (B) تثبیت ماده ضد میکروبی بر روی پلیمر بسته بندی (C) استفاده از قاب یا لحاف های ضد میکروبی (D) استفاده از ساشه های حاوی عوامل ضد میکروبی فرار (E) پوشش و فیلم ضد میکروبی بر روی ماده غذایی [۱].

- 1- *Butteritis Cinera*
- 2- *Aspergillus*
- 3- *Raizopus*
- 4- *Allyl Isothiocyanate*
- 5- *Nisin*
- 6- *Staphylococcus Aureus*
- 7- *Listeria Monocytogenes*

## ۵- تثبیت عوامل ضد میکروبی

ماده ضد میکروبی به حد مؤثر برسد، رشد می‌کنند. این نکته نیز حائز اهمیت است که میزان حلالیت ماده ضد- میکروبی در غذا نقش مهمی در میزان آزاد شدن آن دارد. اگر ماده ضد میکروبی در غذا حلالیت بالایی داشته باشد، رهاش به صورت سریع و غیرکنترل شده خواهد بود در مقابل در صورت حلالیت پایین، سیستم به صورت یکپارچه وابسته به عدم حلالیت در خواهد آمد (شکل ۲).



شکل ۲- نحوه انتشار عوامل ضد میکروبی در سیستم‌های مختلف (A) انتشار آزاد غیر کنترل شده یا حل شدن سریع ورقه حاوی ماده ضد میکروبی (B) انتشار آهسته عامل ضد میکروبی با حلالیت پایین از ماده بسته‌بندی یکپارچه (C) سیستم غشایی (مخزنی) با سیلان دایمی ماده تراویده، حل شدن آهسته پودر، ورقه، ساشه گازی یا قرص ضد میکروبی و آزاد شدن آهسته مواد ضد میکروبی [۱].

در صورت رها شدن ماده ضد میکروبی با سرعت بالا نیز غلظت سطحی بر روی ماده غذایی در طول زمان کاهش پیدا کرده و مدت زمان نگهداری کاهش می‌یابد. همچنین میزان رها شدن ماده ضد میکروبی به نحوه ارتباط بین پلیمر حاوی ماده ضد میکروبی نیز وابسته می‌باشد [۴].

## ۷- فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی ضد میکروبی

در واقع به لایه نازکی از مواد که قابلیت خوراکی داشته و در ضمن محافظ غذا در مقابل رطوبت، اکسیژن و مواد موجود در غذا می‌باشد، فیلم خوراکی بسته‌بندی گفته می‌شود. این ماده می‌تواند به صورت پوشش پیوسته بر روی غذا و یا به صورت لایه قابل امتزاج بین بسته‌بندی و غذا باشد. با توجه به مزیت‌های فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی نسبت به مواد مورد استفاده دیگر در بسته‌بندی در

در این روش ماده ضد میکروبی به صورت کووالانسی<sup>۱</sup> در ترکیب با ماده مورد استفاده برای بسته‌بندی تثبیت شده و اثر ضد میکروبی خود را نشان می‌دهد. برای مثال پوشش تری استات سلولز حاوی لیزوزیم یا پلی‌آمید باند شده با نیسین اثرات ضد میکروبی بالایی را نشان داده است [۲۳]. در این روش برای ایجاد پیوند بین ترکیب مورد استفاده در بسته‌بندی و عوامل ضد میکروبی، هر دو جزء باید دارای یک سری گروه‌های عاملی باشند به عنوان مثال باکتریوسین‌ها<sup>۲</sup>، برخی آنزیم‌ها (لیزوزیم<sup>۳</sup>، لاکتوفرین<sup>۴</sup> و کیتیناز<sup>۵</sup>)، پلی‌آمین‌ها، اسیدهای آلی و برخی پلیمرها مانند کیتوزان دارای این گروه‌های عاملی می‌باشند. گفتنی است که برای برقراری اتصال بین پلیمر مورد استفاده در بسته‌بندی و ماده ضد میکروبی از ترکیباتی مانند دکستران‌ها<sup>۱۸</sup>، پلی‌اتیلن گلیکول و اتیلن در آمین استفاده می‌شود که به آن‌ها اصطلاحاً فضا دهنده گفته می‌شود [۱۸].

## ۶- رهاسازی کنترل شده مواد ضد میکروبی در بسته‌بندی‌های ضد میکروبی

استفاده از یک سیستم بسته‌بندی ضد میکروبی نیاز به در نظر گرفتن و همزمان بودن رها میکروب سازی عامل ضد میکروبی با رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌های عامل فساد دارد. زمانی که میزان انتقال عوامل ضد میکروبی بیش از سرعت رشد میکروبی باشد، میزان عامل ضد میکروبی که می‌تواند اثر بخش باشد، خیلی زودتر از زمان نگهداری مورد انتظار پایین آمده و در نتیجه بسته‌بندی ضد میکروبی خاصیت خود را از دست خواهد داد. از طرفی دیگر، زمانی که میزان رهاسازی ماده ضد میکروبی از بسته‌بندی آهسته‌تر از میزان رشد میکروبی باشد، میکروارگانیسم‌ها قبل از اینکه غلظت

- 1- Covalently
- 2- Bacteriocins
- 3- Lysozyme
- 4- Lactoferrin
- 5- Chitinase

سالیان اخیر توجه ویژه‌ای را به خود جلب کرده‌اند که برخی از آن‌ها عبارتند از:

- عدم رهائش آن در محیط زیست در صورت مصرف شدن آن‌ها با مواد غذایی .

- در صورت رهائش در طبیعت قابلیت تخریب پذیری و در نتیجه سازگاری بالای آن‌ها با محیط زیست

- امکان به دست آوردن این مواد از مواد قابل تجدید پذیر طبیعی

- امکان بهبود خصوصیات حسی ماده غذایی با افزودن طعم دهنده‌ها، رنگ دهنده‌ها و یا شیرین‌کننده‌ها به همراه آن‌ها.

- قابلیت افزایش ارزش غذایی در صورت استفاده از پوشش‌های پروتئینی خوراکی

- قابلیت بسته‌بندی مواد غذایی با اندازه کوچک مانند: دانه‌ها، میوه‌های کوچک مثل توت‌ها و آجیل.

- در این سیستم قابلیت انتقال عوامل ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی به ماده غذایی وجود دارد و می‌توان میزان آزاد شدن این مواد را بر سطح ماده غذایی کنترل کرد. این بسته‌بندی‌ها به راحتی می‌توانند جهت کپسوله کردن عوامل طعم دهنده و خمیر مایع‌ها و در نتیجه کنترل کارایی آن‌ها در مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرند. این بسته‌بندی‌ها همچنین به منظور استفاده در پوشش‌های بسته‌بندی چندلایه می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. به طوری که در لایه داخلی در تماس با ماده غذایی قرار گرفته باشند. مزیتی که فیلم‌های سنتتیک نسبت به فیلم‌های خوراکی دارند این است که این فیلم‌ها ویژگی‌های مکانیکی و خصوصیات نفوذپذیری قوی‌تری نسبت به فیلم‌های خوراکی دارند، هر چند که آلودگی و زباله کمتری ایجاد می‌کنند ولی با این وجود، نیاز به تحقیقات بیشتری برای بررسی روش‌های فرمولاسیون و بهبود ویژگی‌های آن‌ها می‌باشد [۲۵].

## ۸- طبقه‌بندی فیلم‌های ضد میکروب

### ۸-۱- فیلم‌های ضد میکروبی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱- فیلم‌های دارای عامل ضد میکروب فعال در سطح ماده غذایی پس از انتقال به سطح

۲- فیلم‌های دارای اثر جلوگیری کننده از رشد میکروارگانیسم در سطح ماده غذایی بدون انتقال به سطح.

از دسته اول می‌توان به AgIon اشاره کرد که اساس ساختاری آن را یون فلزی نقره تشکیل می‌دهد که از اثر ضد میکروبی قوی برخوردار است. نمونه دیگر تریکلوران (۴،۲-تریکلورو ۲- هیدروکسی متیل اتر) است که مدت، بیش از ۲۰ سال به صورت مؤثر در فرآورده‌های بهداشتی فردی مانند: خمیر دندان مایع دهان شویه، مواد ضدبو و صابون مورد استفاده قرار گرفته است. اثر محافظتی آن از ترکیب تریکلوران با پلیمرهای اصل مثلاً پلی اتیلن، پلی استایرن یا پلی وینیلیدین کلراید حاصل می‌گردد. لازم به یاد آوری است با وجود فعالیت بالای ضد میکروبی، در محیط‌های غنی از مواد مغذی اثر چندانی ندارد زیرا با ترکیب‌های مواد غذایی واکنش داده اثر خود را از دست می‌دهد.

### ۹- عوامل ضد میکروبی مورد استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی

ترکیبات ضد میکروبی فراوانی در ترکیب بسته‌بندی‌های مرسوم به کار برده می‌شوند که هدف از استفاده از آن‌ها ایجاد انواع مختلف بسته‌بندی‌های ضد میکروبی می‌باشد. در (جدول ۱) عوامل ضد میکروبی آورده شده است. این عوامل به طور کلی به سه گروه تقسیم بندی می‌شوند: عوامل شیمیایی، عوامل طبیعی، و پروبیوتیک‌ها. این مواد بایستی طوری باشند که وقتی به بسته‌بندی افزوده می‌شوند بدون هیچگونه نگرانی برای مصرف‌کننده قابل استفاده باشند. این ترکیبات یا به داخل

جدول ۱- معرفی عوامل ضد میکروبی مورد استفاده در بسته بندی مواد غذایی

عوامل ضد میکروبی	طبقه بندی
اسید استیک، بنزوئیک اسید، ستریک اسید، تاکتیک اسید، پروپیونیک اسید، سوربیک اسید، سوکسینیک اسید، ترکیبی از اسیدهای آلی	اسیدهای آلی
سوربات پتاسیم، بنزوات سدیم	نمک های اسید
اتانول	الکل ها
نیسین، پدیوسین، سابتیلین، ناکتسین	باکتریوسین ها
لوریک اسید و پالمیتوئیک اسید	اسیدهای چرب
، سترات، کاکتوفرین EDTA	عوامل شالانه کننده
لیوزیم، گلوکز اکسیداز، ناکتوپراکسیداز	آنزیم ها
، نمک های آهن TBHQ•BHT•BHA	آنتی اکسیدان ها
ناتامیسین	آنتی بیوتیک ها
ازون، دی اکسید کلرین، مونوکسید کربن، دی اکسید کربن	Sanitizing gas
سیتیل پیریدینیوم کلراید، نمک اسیدی فیه شده	Sanitizers
کیتوزان	پلی ساکاریدها
کانچین، کرزول، هیدروکوئینون	فنولیک ها
آلیل ایزوتیوسیونات، سینام آلدئید، اوژنول، لینالول، تریپتول، نیمول، کارواکرول، پینن	عوامل فرار گیاهی
عصاره دانه انگور، عصاره دانه گریپ فورت Brassica erucic• Hot beta acid	عصاره های گیاهی و ادویه ها

سوئیچ زیستی، که به روش نانوفناوری ساخته شده فعال می شود [۲].

### ۱-۱۰- نانو ذرات نقره

علم نانو و نانو فناوری عبارتست از: شناخت، تولید و به کارگیری مواد در ابعاد کوچک تر از ۱۰۰۰ نانومتر در مقیاس اتمی، مولکولی و ماکرومولکولی است. مواد در ابعاد نانو نسبت سطح به حجم بیشتری در مقایسه با ذرات بزرگ تر با همان ترکیب شیمیایی دارند و همین امر موجب می شود تا از نظر بیولوژیکی فعال تر باشند. بررسی ها نشان داده است که هرچه اندازه نانوذرات کوچک تر باشد، خصوصیات و فعالیت های جدید و متفاوت تری از خود نشان می دهند. ترکیب کردن نانو مواد در پلیمرهای پلاستیکی منجر به توسعه و ایجاد بسته بندی جدیدی شده است. به عنوان مثال می توان از نانو کامپوزیت های پلیمری با انعطاف پذیری بالا، مقاوم به دما، رطوبت و مقاوم به عبور گازها و نیز بسته بندی های فعال و هوشمند نام برد. در میان عوامل ضد میکروبی غیر آلی،

بسته بندی ماده غذایی وارد می شوند یا با غذا مخلوط می شوند و یا در هوای روی سطح ماده غذایی وارد می شوند. در هر صورت باید دقت کرد که این عوامل بایستی در تماس با ماده غذایی باشند و از طرف دیگر، هم قابلیت مصرف توسط مصرف کننده را داشته باشند (جدول ۱) [۲۴].

### ۱-۱۰- بسته بندی فعال مواد غذایی با استفاده از نانوذرات آنتی باکتریال

بسته بندی های فعال حاوی موادی با عملکردی خاص، شبیه به بسته بندی هایی هستند که از ورود اکسیژن و فساد غذا جلوگیری می کنند و فناوری به کار رفته در آنها از بسته بندی هوشمند یک گام جلوتر است. در این بسته بندی ها مهم ترین نگرانی در مورد جذب و مصرف اکسیژن است. به علاوه خاصیت ضد میکروبی نیز برای این نوع بسته بندی بسیار مهم است که محصولات نانو به خوبی به این نیاز پاسخ می دهند. این بسته بندی ها را طوری طراحی کرده اند که به محض شروع فساد در ماده غذایی داخل بسته، از خود، ماده نگهدارنده آزاد می کنند. این نوع بسته بندی توسط یک

یونهای نقره و ترکیبات بر پایه نقره به طور قابل توجهی سبب مهار رشد میکروارگانیسمها شده و اثر ضد زیستی شدیدی ضد بسیاری از گونههای باکتریایی نشان می دهند. به دلیل ویژگی ضد میکروبی فوق العاده نقره و سمیت اندک یونهای نقره آزاد برای سلولهای پستانداران، علاقه برای استفاده از این نانوذرات جهت کاربردهای غذایی در حال افزایش است. نقره روی دسته وسیعی از میکروارگانیسمها اعم از باکتریهای گرم مثبت و گرم منفی، قارچها، پروتوزوآها و برخی ویروسها اثر ضد میکروبی دارد. به علاوه نقره پایداری حرارتی بالا و فرآینت کم داشته و بنابراین می تواند شرایط حین فرآوری را به خوبی تحمل کند [۲۶]. مکانیسم اثر ضد میکروبی نانوذرات نقره به خوبی شناخته نشده است، اما دالاس و همکارانش در سال (۲۰۱۱) طی یک مقاله مروری به سه مکانیسمی که به طور معمول توسط محققان مختلف پیشنهاد شده است اشاره کرده اند: ۱- آزادسازی تدریجی DNA<sup>۱</sup> و رونویسی ATP<sup>۲</sup> یونهای نقره و در نتیجه مهار تولید ۲- آسیب مستقیم به غشای سلولی توسط نانوذرات نقره ۳- ایجاد رادیکالهای اکسیژن فعال توسط نانوذرات نقره و یونهای نقره. یونهای نقره می توانند به گروههای دهنده الکترون مثل گوگرد، اکسیژن یا نیتروژن در مولکولهای زیستی متصل شوند [۲۷].

بر هم کنش یونهای نقره با گروه تیول پروتئینها می تواند سبب غیرفعال شدن آنزیم های باکتریایی شود. در پاسخ به دناتوراسیون<sup>۳</sup> پروتئینها امکان فشرده شدن و عدم رونویسی مولکولهای وجود خواهد داشت [۲۸]. برخی محققان آزادسازی DNA یونهای نقره را برای اعمال اثر ضد میکروبی ضروری می دانند [۲۶]. اما یو و همکارانش گزارش کرده اند که در هیدروژلها (PVA-PVP) پلی وینیل الکل و پلی وینیل پیرولیدون<sup>۴</sup> حاوی نانوذرات نقره، نانوذرات نقره می توانند تنها از طریق تماس سطحی روی

باکتریهای اشرشیاکلی<sup>۵</sup> و استافیلوکوکوس اورئوس<sup>۶</sup> اثر ضد میکروبی داشته باشند [۲۹]. طبق یافته های برخی از پژوهشگران نانوذرات نقره با سایز ۱۰ تا ۱۰۰ نانومتر در صورتی که متراکم و بهم چسبیده نشد، باشند، دارای بیشترین اثر ضد میکروبی هستند [۳۰].

## ۱۱- نانولوله های کربنی ضد باکتریال در بسته بندی مواد غذایی

کربن نانو لوله ها نیز از جمله نانو کامپوزیت هایی محسوب می شوند که دارای خواص ضد باکتریایی می باشند. تماس مستقیم CNTs با E.Coli منجر به مرگ آنها می شود که احتمالاً به دلیل طول و نازک بودن CNTs سوراخی غیر قابل برگشت در سلولهای میکروبی ایجاد می کند. از سوی دیگر، مطالعات نشان می دهند که کربن نانوتیوبها برای سلولهای انسانی در اثر حداقل تماس با پوست و ریه سمیت ایجاد می کنند. با این وجود، دانستن اثر نانولوله های کربنی هنگام مصرف، با توجه به خطر مهاجرت ذرات موجود در مواد بسته بندی و مصرف این مواد غذایی ضروری می باشد. آزمایش ها نشان می دهد که نانولوله های تک دیواره خالص، فعالیت ضد میکروبی بسیار قوی از خود نشان می دهند، که مکانیسم احتمالی آن آسیب شدید به غشای سلولی در اثر تماس مستقیم با باکتریها می باشد [۳].

## ۱۲- کاربرد بسته بندی ضد میکروبی در محصولات لبنی

بسته بندی ضد میکروبی در لبنیات به خصوص در پنیر توجه زیادی را به خور جلب نموده است، که معمولاً شامل یک فیلم غذایی با روکش خوراکی و یک جزء ضد میکروبی است. یک فیلم چند لایه ضد میکروبی معمولاً شامل ۴ لایه است که شامل لایه کنترل، ماتریس، مانع و

- 1- Deoxyribonucleic Acid
- 2- Adenosine Triphosphate
- 3- Denaturation
- 4- Poly and Ynyl Pyrrolidone

- 5- Escherichia Coli
- 6- Staphylococcus Aureus

در برابر طیف‌های زیادی از باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی نشان می‌دهد؛ که به خصوص در برابر ای پاتوژن از جمله *لستریا مونوسیتوژنز*<sup>۹</sup>، میکروکوکوس فلاووس<sup>۹</sup>، لاکتو باسیلوس هلاوتیکوس<sup>۱۰</sup> و *یدیکوکوس پنتاسوس*<sup>۱۱</sup> اثر دارد ( [۳۳ و ۳۴] ). به عنوان یک ماده فعال سطحی نایسین قابل به اتصال با ترکیبات مختلف است و از این رو برای استفاده در سطوح مواد جامد مناسب است که در پژوهش‌های زیادی کاربرد آن در پنیر چدار ثابت شده است [۳۲ و ۳۵].

به عنوان مثال هانسوا<sup>۱۲</sup> و همکاران در سال (۲۰۱۰) نشان دادند که فیلم PE همراه با نایسین به طور معناداری باعث بهبود ماندگاری پنیر نرم می‌شود و همچنین [۳۶] و ماریتنس<sup>۱۳</sup> و همکاران (۲۰۱۰) دریافتند که استفاده از فیلم خوراکی حاوی نایسین برای بسته‌بندی پنیر نیمه سخت و پنیر ریکوتا<sup>۱۴</sup> بسیار کارآمد بوده و از رشد *لیستریامونوسیتوژنز* و *لیستریا انسوا* جلوگیری می‌کند. لی<sup>۱۵</sup> [۳۴] و همکاران نشان دادند نایسین و توکوفرول<sup>۱۶</sup> به عنوان پوشش دارای فعالیت ضد میکروبی برای بسته‌بندی خامه در برابر میکروکوکوس فلاووس مؤثر است. جین<sup>۱۷</sup> (۲۰۱۰) اثر بسته‌بندی شیر بدون چربی را در بطری‌های پوشش داده شده با نایسین و اسید پلی لاکتیک (PLA) را آزمایش نموده که با توجه به نتایج به دست آمده مشاهده شد این بسته‌بندی فعال می‌تواند از آلودگی شیر به *لستریامونوسیتوژنز* جلوگیری کند [۳۵].

ناتامایسین یکی دیگر از آنتی‌بیوتیک‌های ضدقارچی است که توسط *استرپتومایسینزناکالتیس*<sup>۱۸</sup> تولید شده و

لایه بیرونی است که در این ساختار ماده ضد میکروبی در لایه ماتریس استفاده می‌شود. نقش لایه کنترل در کنار لایه ماتریس، کنترل رها سازی ماده ضد میکروبی به سطح ماده غذایی است. فیلم‌های ضد میکروبی غیر خوراکی معمولاً به عنوان بسته‌بندی فعال استفاده می‌شوند به دو گروه تقسیم می‌شوند: ۱- فیلم‌هایی که ماده ضد میکروبی به سطح ماده غذایی مهاجرت می‌کند  
۲- فیلم‌هایی که ماده ضد میکروبی در سطح فیلم باقی می‌ماند.

یکی از اشکالات استفاده از فیلم‌های ضد میکروبی از دست رفتن جزئی یا کامل فعالیت ماده آنتی باکتریال در طول مدت تولید و ذخیره‌سازی فیلم است. مواد نگهدارنده شیمیایی که در سیستم آنتی باکتریال استفاده می‌شود شامل: اسیدهای آلی و نمک‌های آن (سوربات‌ها، بنزوات‌ها<sup>۱</sup> و پروپیونات‌ها<sup>۳</sup>)، پارابن‌ها، سولفیت‌ها، نیتريت‌ها، کلریدها، فسفات‌ها، اپوکسیدها، الکل‌ها، ازن، پراکسید هیدروژن، دی اتیل پیرو کربنات و باکتریوسین‌ها می‌باشد. [۳۱].

یکی از آنتی باکتریال‌های مورد استفاده لیزوزیم است که آنزیمی است که در برابر باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی فعالیت خوبی دارد. در صنایع لبنی از آن برای نگهداری پنیر و جلوگیری از ایجاد حفره در پنیرهایی که این خاصیت نامطلوب است به صورت تجاری استفاده می‌کنند [۲۹ و ۳۲]. اثر لیزوزیم و EDTA<sup>۴</sup> را در پنیر بررسی کردند، نتایج نشان داد که این ترکیب آنتی باکتریال به طور قابل توجهی از رشد کلیفرم‌ها<sup>۵</sup> و سودوموناس‌ها در طی ۷ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و همچنین در طول مدت ماندگاری پنیر موزارلا جلوگیری می‌کند.

نایسین یک پپتید<sup>۶</sup> چند حلقه‌ای تولید شده توسط باکتری لاکتو کوکوس لاکتیس<sup>۷</sup> است که فعالیت ضد میکروبی

- 8- *Lesteria Monocytogenes*
- 9- *Micrococcus Flavus*
- 10- Hanusova
- 11- *Idicocus Pentasus*
- 12- Hanset
- 13- Martins
- 14- Ricotta
- 15- lee
- 16- Tocopherol
- 17- Jin
- 18- *Streptomycoisis*

- 1- Sorbates
- 2- Benzoates
- 3- Propionates
- 4- Ethylenediaminetetraacetic Acid
- 5- Coliforms
- 6- Peptide
- 7- *Lactococcus lactis*



معمولاً برای ممانعت از رشد قارچ‌ها روی سطح پنیر استفاده می‌شود [۲۵]. این ماده باید در غلظت‌های ۱ تا ۲۰ ppm مورد استفاده قرار گیرد. این ترکیب به عنوان یک ماده ضد میکروبی در سطح پنیرهای سخت، نیمه سخت و نیمه نرم استفاده می‌شود که استفاده از آن در ۳۲ کشور مجاز است.

کالین تری<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۳) مشاهده کردند [۳۷] که ناتامایسین به تنهایی یا همراه با نایسین به طور مؤثری رشد قارچی در پنیر گالوتی را متوقف می‌کند. سانتونیکولا<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که کیتوزان غنی شده با ناتامایسین باعث کاهش معنی‌دار مخمرها و کپک‌های پنیر ذخیره شده در ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷ روز می‌شود [۳۸].

کیتوزان خود نیز به دلیل داشتن خاصیت آنتی میکروبیال می‌تواند به عنوان ماده فعال در این عمل بدون افزودن سایر ترکیبات ضد میکروبی استفاده شود. مطالعات گوناگون تأثیر مثبت آن را در مدت ماندگاری پنیرهای بسته‌بندی شده نشان داده‌اند [۳۹]. از نظر ساختاری کیتوزان یک مشتق دی استیل شده کیتین و دومین پلی ساکارید پر کاربرد طبیعت است. از نظر عملکردی زیست تخریب پذیر و زیست سازگار بوده، غیر سمی و دارای خصوصیات ضد میکروبی قوی می‌باشد. با این حال، به دلیل خواص مکانیکی ضعیف و حلالیت پایین در pH های بالا برای پوشش روی فیلم های پلاستیکی بسته‌بندی در مواد غذایی با اسید متوسط مناسب تر می‌باشد [۴۰ و ۴۱]. این نکته نیز هنگام استفاده در لبنیات حائز اهمیت است که این ماده در pH اسیدی قابل استفاده است و بعضی مواقع ممکن است روی رنگ اصلی محصول اثر گذارد.

با توجه به مفاهیم طبیعی و بدون مواد شیمیایی بودن ترکیبات، استفاده از عصاره گیاهان طبیعی و اسانس‌ها به عنوان مواد نگهدارنده طبیعی برای افزایش ماندگاری لبنیات مورد توجه قرار گرفته است. عصاره‌ها به طور کلی از

- 1- Kalinteri
- 2- Santonicola

دارچین، آویشن<sup>۳</sup>، برگاموت<sup>۴</sup> و ... تهیه می‌شوند و ترکیبات جدا شده از آنها شامل سینمالدئید<sup>۵</sup>، کاراکرول<sup>۶</sup>، لینالول<sup>۷</sup>، سابینین<sup>۸</sup>، تیمول<sup>۹</sup>، ایگنول<sup>۱۰</sup> و منتول<sup>۱۱</sup> فعالیت ضد میکروبی و ضد قارچی بسیار خوبی نشان داده‌اند [۴۰، ۴۱، ۴۲ و ۴۳].

تحقیقات به روز بر روی کاربرد سینمالدئید در سیستم های مختلف شامل: پوشش ها، فیلم‌ها و نانو ذرات در ماتریس‌های حامل مختلف از جمله پکتین [۴۳] و [۴۴]، نشاسته [۴۲ و ۴۵]، کیتوزان [۴۳]، واکس پارافین، پلی پروپیلن، کو پلیمر پلی اتیلن/اتیلین وینیل الکل، سلولز و پروتئین سویا [۴۱، ۴۲ و ۴۳].

کاواس (۲۰۱۶) تأثیر سفیده تخم مرغ غنی شده با عصاره مریم گلی و بادرنجبویه را در غلظت‌های مختلف روی پنیر ترکی بررسی کرد. نتایج نشان داد که عصاره مریم گلی دارای خواص ضد باکتریایی بهتری است در حالی که عصاره بادرنجبویه اثر ضد قارچی بهتری دارد [۴۶]. در پژوهشی اثر استفاده از ۱۲ عصاره گیاهی به عنوان پوشش طبیعی پنیر به منظور جلوگیری از رشد پی-وریوکسیوم<sup>۱۲</sup> را بررسی نمودند که نتایج تا ۵۰ درصد مهار رشد قارچ را در غلظت‌های پایین در حدود ۰/۰۲ میکرولیتر در میلی لیتر نشان داد (جدول ۲) [۴۷].

- 3- Thymes
- 4- Bergamot
- 5- Cinnamaldehyde
- 6- Caracrol
- 7- Linalool
- 8- Sabine
- 9- Timol
- 10- Ignol
- 11- Menthol
- 12- P.Verrucosum

جدول ۲- نمونه‌هایی از بسته‌بندی ضد میکروبی استفاده شده در انواع پنیر [۱۶]

منبع	نتیجه	نوع پنیر	نوع فیلم یا پوشش	ترکیب آنتی میکروبیال
Duan et al., (2007)	کاهش بار میکروبی	موزارلا	کیتوزان	لیزوزیم
Ünal et al., (2013)	جلوگیری از رشد لستریا مونوسیتوژنز	Kashar	زئین	لیزوزیم
Fajardo et al., (2010)	کاهش کپک و مخمر	پنیر نیمه سخت	کیتوزان	ناتامایسین
Dos Santos Pires et al., (2008)	جلوگیری از رشد قارچ	موزارلا	سلولز	ناتامایسین/نایسین
Ollé Resa et al., (2014)	کاهش لیستریا آنسوا و ساکارامایسز سرویزیه	Port Salut	نشاسته تاپوکا	
Kurowel et al., (2014)	کاهش اسپرژلوس نایجر پس از نگهداری ۳۵ روز در ۱۵ درجه سانتی‌گراد	چدار	نشاسته	لینالول/کارواکول/تیمول
Ayana and Turhan (2009)	کاهش استافیلوس اورئوس در ۷ و ۱۴ روز نگهداری	Kashar	متیل سلولز	عصاره برگ زیتون
Moreira et al., (2011)	کاهش قابل توجه در باکتری‌های مزوفیل و سرما گرا و کپک‌ها	چدار	کازئینات	کیتوزان
Di Pierro et al., (2011)	کاهش قابل توجه در باکتری‌های مزوفیل و سرماگرا	ریکوتا	کیتوزان/وی پروتئین	

این نوع بسته‌بندی نیاز مصرف کننده را به فرآورده با حداقل ماده افزودنی برطرف کرده است. اشاره به این مورد نیز ضروری است که هرچند بسته‌بندی ضد میکروبی نقش مؤثری در کاهش خطر آلودگی به باکتری‌های بیماریزا و افزایش ماندگاری مواد غذایی دارد. هرگز جایگزین استفاده از مواد خام با کیفیت بالا، فرآوری مناسب و استفاده از روش‌های تولید بهینه نمی‌شود. لازم به ذکر است که برای استفاده به صورت گسترده از این فناوری، بررسی‌های بیشتری به منظور یافتن روش‌های تولیدی اقتصادی و کارایی بهتر باید صورت گیرد.

#### ۱۴- منابع

۱. مهدی زاده ت. (۱۳۹۱)، «تهیه فیلم فعال کامپوزیتی خوراکی نشاسته-کیتوزان به

#### ۱۳- نتیجه گیری

آلودگی میکروبی و رشد میکروب‌ها روی مدت نگهداری مواد غذایی تأثیرگذار است و عمر نگهداری آن‌ها را کاهش می‌دهد و در عین حال خطر ابتلا به بیماری‌های ناشی از مصرف غذا را افزایش می‌دهد. هدف از استفاده از مواد ضد میکروبی عمدتاً از بین بردن میکروارگانیسم‌های پاتوژن و مولد فساد می‌باشد. امروزه مواد ضد میکروبی مصنوعی و طبیعی متعددی شناخته شده است که تمایل به سمت استفاده از مواد طبیعی است. تغییرات ایجاد شده در تمایل مصرف‌کننده، منجر به نوآوری و توسعه در زمینه بسته‌بندی‌های جدید شده است. به همین دلیل بسته‌بندی ضد میکروبی به دلیل توانایی آن برای تأمین کیفیت و ایمنی مورد توجه خاص پژوهشگران و صنایع قرار دارد.

- Editors. Active and intelligent packaging: an introduction**, Cambridge, UK: Woodhead Publishing Ltd.
12. Faber, J.M. (1991). "Microbiological aspects of modified atmosphere packaging: A review", *J. Food Prot* 54, 58-70.
  13. Hotchkiss, J.H., (1997). "Food-packaging interactions influencing quality and safety", *Food Add. Contamin* 14, 601-607.
  14. Ustunol, Z. (2009). "Edible films and coatings for meat and poultry. In: Embuscado, M.E., Huber, K.C. (Eds.). **Edible films and coatings for food applications**", Springer, New York, NY. pp. 245-268.
  15. Weng, Y.M., Chen, M.J. (1997). "Sorbic anhydride as antimicrobial additive in polyethylene food packaging films", *Lebensmittel Wiss. Technol* 30, 485-487.
  16. Devlieghere, F., Vermeiren, L., Bockstal, A. and Debevere, J., (2000a). "Study on antimicrobial activity of a food packaging material containing potassium sorbate", *Acta Alimentaria* 29, 137-146
  17. Dobias, J., Chudackova, K., Voldrich, M., Marek, M., (2000). "Properties of polyethylene films with incorporated benzoic anhydride and/or ethyl and propyl esters of 4-hydroxybenzoic acid and their suitability for food packaging", *Food Add. Contamin.* 17, 1047-1053.
  18. Coma, V. (2008). "Bioactive packaging technologies for extended shelf life of meatbased products", *Meat Science*, 78(1), 90-103.
  19. An, D.S., Hwang, Y.I., Cho, S.H. and Lee, D.S., (1998). "Packaging of fresh curled lettuce and cucumber by using low density polyethylene films impregnated with antimicrobial agents", *Korean Soc. Food Sci. Nutr* 27, 675-681.
  20. Davidson, P.M. and Parish, M.E. (1989). "Methods for testing the efficacy of food antimicrobials", *Food Technol* 43, 148-155.
  21. Lee, D.S., Hwang, Y.I., Cho, S.H. 1998. Developing antimicrobial packaging film for curled lettuce and soybean sprouts. *Food Sci. Biotechnol* 72, 1-69.
  22. Ha, J.U., Kim, Y.M., Lee, D.S., (2001). "Multilayered antimicrobial polyethylene films applied to the packaging of ground beef. **Packag**", *Technol Sci*, 14: 55-62.
  23. Scannell, A.G.M., Hill, C., Ross, R.P., Marx, S., Hartmeier, W. and Arendt, E.K., (2000). "Development of bioactive food packaging materials using immobilized bacteriocins Lacticin 3147 and Nisaplin. **Int**", *J. Food Microbiol* 60, 241-249.
  24. Han, J.H., Floros, J.D., (1997). "Casting antimicrobial packaging films and measuring their physical properties and همراه اسانس روغنی آویشن کوهی»، عصاره پوست انار و بررسی خواص فیزیکی مکانیکی، ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی آن در آزمایشگاه و نمونه مدل غذایی، پایان نامه دکتری تخصصی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه ارومیه.
  ۲. زهرا هجری، مسعود حاتمیان، (آبان ماه ۱۳۹۳)، «کاربرد نانوذرات آنتی باکتریال در پوشش های بسته بندی مواد غذایی زیست تخریب پذیر»، سومین همایش ملی علوم و صنایع غذایی، مشهد.
  ۳. مانده مجتهدی، علی معتمدزادگان، سمیرا صباغ پور، (اسفند ماه ۱۳۹۲)، «کاربرد نانولوله های کربنی آنتی باکتریال در بسته بندی مواد غذایی»، سومین همایش ملی امنیت غذا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه.
  4. Coma Veronique, Bioactive packaging technology for extended shelf-life of meat based products, 2008, *meat science* [78] , page: 90-103 .
  5. Chaudhry Q, Castle L. (2011). "Food applications of nanotechnologies: An overview of opportunities and challenges for developing countries", *Trends in Food Science & Technology*. [doi: 10.1016/j.tifs.2011.01.001]. 2011; In Press,
  6. Zhang L, Jiang Y, Ding Y, Povey M, York D. (2007). "Investigation into the antibacterial behaviour of suspensions of ZnO nanoparticles (ZnO nanofluids) ", *Journal of Nanoparticle Research*. 2007;9(3):479- 89.
  7. Cagri, A, Ustunol, Z , Osburn, W.N & Ryser, E.( 2003). "Inhibition of listeria monocytogenes on hot dogs using antimicrobial whey protein based edible casings". *J. Food Sci.*68. 291- 299. 2003.
  8. Meyers, M.A. "Functionality of hydrocolloids in batter coating systems. In: **Batters and readings in food processings**". K Kulp, R Loewe (eds). American association of cereal Chemists, St. Paul MN. 117-141.1990.
  9. Meyers, R.C; Winter ,A.R & Weister, H. H. "Edible protective coating for extending the shelf life of poultry". *Food technol.* 13 .146 - 148. 1959.
  10. Oussalah, M; Caillet, S; Salmieri, S; Saucier, L & Lacroix, M. "Antimicrobial and antioxidant effects on milk protein-based films containing essential oils for preservation of whole".
  11. Ahvenainen, R. (2003). "Novel food packaging techniques. In: Ahvenainen R.

- Based on Chitosan and Methylcellulose Containing Natamycin for Active Packaging Applications**", *Coatings* 7, 177.
39. Moreira, M.R., Pereda, M., Marcovich, N.E., Roura, S.I. (2011). "Antimicrobial effectiveness of bioactive packaging materials from edible chitosan and casein polymers: Assessment on carrot, cheese, and salami", *Journal of Food Science* 76 (1), M54-M63.
  40. Haghghi-Manesh, S., Azizi, M.H. (2017): "Active packaging systems with emphasis on its applications in dairy products", *Journal of Food Process Engineering* 40 (5), 1-13.
  41. Dutta, P., Tripathi, S., Mehrotra, G., Dutta, J. (2009). "Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications", *Food Chemistry* 114, 1173-1182.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.11.047>
  42. Dos Santos Gouvea, F., Rosenthal, A., Da Rocha Ferreira, E.H. (2017): "Plant extract and essential oils added as antimicrobials to cheeses: a review", *Ciência Rural*, Santa Maria 47 (08) 1-9.
  43. Brasil, I., Gomes, C., Puerta-Gomez, A., Castell-Perez, M., Moreira, R. (2012): "Polysaccharide-based multilayered".
  44. Arfa, B.A., Preziosi-Belloy, L., Chalier, P., Gontard, N. (2007). "Antimicrobial paper based on a soy protein isolate or modified starch coating including carvacrol and cinnamaldehyde", *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55, 2155-2162.
  45. Kechichian, V., Ditchfield, C., Veiga-Santos, P., Tadini, C. C. (2010): "Natural antimicrobial ingredients incorporated in biodegradable films based on cassava starch", *LWT - Food Science and Technology* 43, 1088-1094.
  46. Kavas, G., Kavas, N. (2016): "Use of egg white protein powder based films fortified with sage and lemon balm essential oils in the storage of lor cheese", *Mljekarstvo* 66 (2), 99-111.
  47. Moro, A., Berruga, M.I., Zalacain, A., Carmona, M. (2013). "Mycotoxigenic fungal inhibition by innovative cheese cover with aromatic plants", *Journal of the Science of Food and Agriculture* 93, 1112-1118.
  - antimicrobial activity", *J. Plastic Film Sheet* 13, 287-298.
  25. Kester, J.J., Fennema, O.N. (1986). "Edible films and coatings: a review", *J. Food Technol* 40, 47-59.
  26. Kumar R, Münstedt H. Silver ion release from antimicrobial polyamide/silver composites. *Biomaterials*. [doi: 10.1016/j.biomaterials. 2004.05.030]. 2005;26(14):2081-8.
  27. Dallas P, Sharma VK, Zboril R. Silver polymeric nanocomposites as advanced antimicrobial agents:
  28. Feng Q, Wu J, Chen G, Cui F, Kim T, Kim J. A mechanistic study of the antibacterial effect of silver.
  29. Yu H, Xu X, Chen X, Lu T, Zhang P, Jing X. (2007). "Preparation and antibacterial effects of PVA-PVP hydrogels containing silver nanoparticles", *Journal of Applied Polymer Science*. 2007;103(1):125-33.
  30. Fernández A, Soriano E, López-Carballo G, Picouet P, Lloret E, Gavara R, et al. (2009). "Preservation of aseptic conditions in absorbent pads by using silver nanotechnology", *Food Research International*. 2009;42(8):1105-12.
  31. Biji, K.B., Ravishankar, C.N., Mohan, C.O., Srinivasa Gopal, T. K. (2015): "Smart packaging systems for food applications: review", *Journal of Food Science and Technology* 52 (10), 6125-6135.
  32. Sinigaglia, M., Bevilacqua, A., Corbo, M.R., Pati, S., Del Nobile, M.A. (2008): "Use of active compound for prolonging the shelf life of mozzarella cheese", *International Dairy Journal* 18, 624-630.
  33. Sobrino-Lopez, A., Martín-Belloso, O. (2008): "Use of nisin and other bacteriocins for preservation of dairy products", *International Dairy Journal* 18, 329-343.
  34. Lee, C.H., An, D.S., Park, H.J., Lee, D.S. (2003): "Widespectrum antimicrobial packaging materials incorporating nisin and chitosan in the coating", *Packaging Technology and Science* 16, 99-106.
  35. Jin, T. (2010). "Inactivation of *Listeria monocytogenes* in skim milk", *Journal of Food Science* 75 (2), 83-88.  
<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01480>
  36. Hoang, L.C., Chaine, A., Gregoire, L., Wache, Y. (2010). "Potential of nisin incorporated sodium caseinate films to control *Listeria* in artificially contaminated cheese", *Food Microbiology* 27, 940-944.
  37. Kallinteri, L.D., Kostoula, O.K., Savvaidis, I.N. (2013). "Efficacy of nisin and/or natamycin to improve the shelflife of Galotyri cheese", *Food Microbiology* 36, 176-181.
  38. Santonicola, S., Ibarra, V.G., Sendón, R., Mercogliano, R., Rodríguez-Bernaldo de Quirós, A. (2017). "Antimicrobial Films

### آدرس نویسنده

خراسان رضوی، مشهد، میدان آزادی،  
پردیس دانشگاه فردوسی مشهد