مقاله ترویجی

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

علیرضا بیاتی [۱]، ناصر صداقت [۲*]

تاریخ دریافت مقاله: خرداد ماه ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش مقاله: دی ماه ۱۳۹۹

چکیده

در سال‌های اخیر توجّه به بسته‌بندی فعّال 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...) وگرم نمودن و سرد نمودن ماده غذایی و امکان تعیین ماندگاری مواد غذایی با استفاده از سنسورها و معّرف‌های گوناگون مانند: معّرفی 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 میکروارگانیسم ها و افزایش مدت ماندگاری غذا می‌باشد. استفاده از ترکیبات ضدمیکروبی در مواد بسته‌بندی در صنایع غذایی نیز مورد توجّه محققین قرار گرفته است. با استفاده از مواد ضدمیکروبی در پوشش فراورده های 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 توجّه به حساسیت بالا نسبت به آلودگی های باکتریایی و قارچی، بسیار در معرض فساد قرار دارند، با توجّه به پژوهش‌های انجام شده استفاده از ترکیبات آنتی میکروبیال در بسته بندی این محصولات به خصوص در انواع پنیر می تواند بسیار کمک‌کننده باشد.

واژه‌های کلیدی

بسته‌بندی فعال، بسته‌بندی آنتی‌میکروبیال، محصولات لبنی

۱- مقدمه

فراوری نامناسب وآلودگی 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 فرآورده‌هایی مانند :گوشت تازه و فرآورده‌های 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 (× نویسنده مسئول:sedaghat@um.ac.ir)

نگهداری شده در یخچال، رشد میکروبی در سطح محصول است. استفاده ازعوامل ضدمیکروب 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 ضدمیکروبی فعال علاوه بر حفظ ماده غذایی از شرایط محیطی، قادر به مهار یا کاهش رشد میکروارگانیسم‌ها و افزایش مدتّ ماندگاری غذا می‌باشد بسته‌بندی ضدمیکروبی یکی از انواع بسته‌بندی فعال است[۵]. مواد ضد میکروبی آلی در مقایسه با مواد ضدمیکروبی غیر آلی در مقابل حرارت و فشار مقاومت کم‌تری دارند و این امر مانعی برای استفاده از مواد ضدمیکروبی آلی در ماتریس بسته‌بندی محسوب می‌شود[۶].

از معمول‌ترین نگهدارنده ها و مواد ضدمیکروبی 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 نیتریت)، 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 ضدقارچی درون فیلم های 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 توجّه خاصی است[۱۰].

۲- انواع سیستم‌های بسته‌بندی فعال

سیستم بسته‌بندی فعال دو گروه سیستم‌های انتشار عوامل فعال که ترکیبات مختلف مانند: دی اکسیدکربن، آب، عوامل ضدمیکروبی 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 ضدمیکروبی مهاجرت‌کننده و غیر مهاجرت کننده

پرکاربردترین روش‌های بسته‌بندی فعال سیستم‌های بسته‌بندی ضدمیکروبی می‌باشند. در سیستم یاد شده مواد ضدمیکروبی 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 ضدمیکروبی 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 می تواند 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 می-شود.

۳-۱- انتشار و تراوش گاز

نقش این روش بیشتر محدود نمودن رشد کپک‌هایی از جمله *بوتریتیس سینرا*[1]، *آسپرژیلوس*[2]، *پنیسیلیوم* و گونه های رایزوپوس[3] که معمولاً در مرکبات و توت‌ها یافت می‌شوند، می‌باشد. مثلاً گاز دی اکسید سولفور معروف‌ترین عامل در کنترل فساد انگور است. ترکیب فرّار دیگری که اثرات ضدمیکروبی دارد شامل آلیل ایزوتیوسیانات[4] می‌باشد. بسته بندی های با اتمسفر کنترل شده نیز در این گروه طبقه‌بندی می‌شوند که با وارد کردن گازهایی مانند دی اکسید سولفور و یا حالت بخار اتانول در قسمت بالای خالی بسته‌بندی یا در قالب ساشه‌هایی، اثرات ضد میکروبی آن‌ها اعمال می‌گردد.

۳-۲- پوشش دهی با عوامل ضد میکروبی

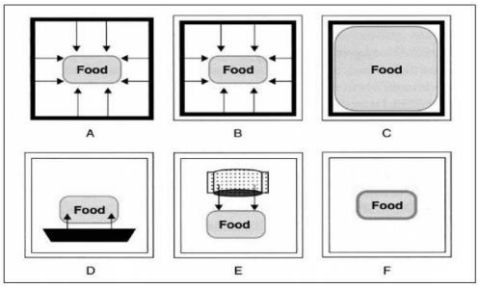
بسته‌بندی و پوشش دادن موادغذا یی از قدیمی‌ترین روش‌های بسته‌بندی می‌باشد به طوری که در قرن ۱۲ از واکس یا موم و ترکیبات لیپیدی به منظور جلوگیری کردن از دست رفتن آب میوه‌ها استفاده می‌شده است. یک پوشش مناسب که محتوای مواد ضد میکروبی باشد گاهی اوقات می‌تواند کارایی مؤثری به عنوان یک عامل ضدمیکروبی داشته 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 مصرف‌کننده استفاده گردد. این روش به طور موفّقیّت‌آمیزی برای الحاق مواد ضدمیکروبی به پوشش‌های پلی‌اتیلنی به کار رفته است. به عنوان مثال پلی اتیلن با دانسیته پایین که با استفاده از نیسین[5] و متیل سلولز یا هیدروکسی متیل سلولز پوشش داده شده بود اثرات مهارکنندگی مناسبی بر روی *استافیلوکوکوس اورئوس*[6] و *لیستریا مونوسیتوژنز*[7] داشته است. از سایر پلیمرها مانند سلولز، زئین و کیتوزان نیز به طور موفّقیّت‌آمیزی برای پوشش‌دهی و کنترل عوامل فساد و بیماری‌زا در مواد غذایی مختلف بخصوص فرآورده‌های گوشتی استفاده گردیده است[۱۴].

٤- ترکیب افزودنی‌های ضدمیکروبی با مواد بسته‌بندی

افزودن مستقیم ترکیبات ضدمیکروبی در بسته بندی یکی از روش‌های معمول بسته‌بندی ضدمیکروبی 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 استفادهٔ مستقیم از ترکیب ضدمیکروبی در مواد غذایی، ماده ضدمیکروبی وارد پوشش بسته‌بندی شده در نتیجه امکان غیرفعال شدن آن توسط عوامل موجود در ماده‌غذایی کاهش یافته و ضمن اینکه می تواند مدّت طولانی‌تری در مادهٔ غذایی مؤثر واقع شود. به عنوان مثال گزارش شده که در صورت استفاده از ترکیبات سوربات به همراه فیلم‌های بسته‌بندی این ترکیبات مدّت زمان بیشتری اثر خود را حفظ می‌کنند [۱۸]. در این بین عصاره های گیاهی نیز توسط محققین مختلف به منظور اثرات ضدمیکروبی در بسته‌بندی‌های ضدمیکروبی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این ترکیبات به علت بی‌ضرر و نیز طبیعی بودن اهمیت ویژه‌ای دارند(شکل ۱)[۱۹، ۲۰، ۲۱ و ۲۲].



شکل ۱- روش‌های مختلف ایجاد سیستم‌های بسته‌بندی ضد میکروبی (A) پوشش ضدمیکروبی بر روی بسته‌بندی مرسوم (B) تثبیت ماده ضد میکروبی بر روی پلیمر بسته بندی (C) استفاده از قاب یا لحاف‌های ضدمیکروبی (D) استفاده از ساشه‌های حاوی عوامل ضد میکروبی فرار (E) پوشش و فیلم ضدمیکروبی بر روی ماده غذایی [۱].

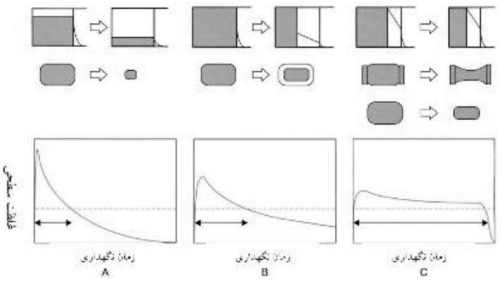
1- *Butteritis Cinera*
2- *Aspergillus*
3- *Raizopus*
4- Allyl Isothiocyanate
5- Nisin
6- *Staphylococcus Aureus*
7- *Listeria Monocytogenes*

۵- تثبیت عوامل ضدمیکروبی

در این روش ماده ضدمیکروبی به صورت کووالانسی[1] در ترکیب با مادهٔ مورد استفاده برای بسته‌بندی تثبیت شده و اثر ضدمیکروبی خود را نشان می‌دهد. برای مثال پوشش تری استات سلولز حاوی لیزوزیم یا پلی‌آمید باند شده با نیسین اثرات ضدمیکروبی بالایی را نشان داده است [۲۳]. در این روش برای ایجاد پیوند بین ترکیب مورد استفاده در بسته‌بندی و عوامل ضدمیکروبی، هر دو جزء باید دارای یک سری گروه‌های عاملی باشند به عنوان مثال باکتریوسین‌ها[2]، برخی آنزیم‌ها (لیزوزیم[3]، لاکتوفرین[4] و کیتیناز[5])، 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 ضدمیکروبی از ترکیباتی مانند دکسترانها ۱۸، پلی‌اتیلن گلیکول و اتیلن در آمین استفاده می‌شود که به آن‌ها اصطلاحاً فضا دهنده گفته می‌شود [۱۸].

٦- رهاسازی کنترل شدهٔ مواد ضدمیکروبی در بسته‌بندی‌های ضد میکروبی

استفاده از یک سیستم بسته‌بندی ضدمیکروبی نیاز به درنظر 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 ضدمیکروبی که می‌تواند اثر بخش باشد، خیلی زودتر از زمان نگهداری مورد انتظار پایین آمده و درنتیجه بسته‌بندی ضد میکروبی خاصیت خود را از دست خواهد داد. از طرفی دیگر، زمانی که میزان رهاسازی ماده ضدمیکروبی از بسته‌بندی آهسته‌تر از میزان رشد میکروبی باشد، میکروارگانیسم‌ها قبل از اینکه غلظت ماده ضدمیکروبی 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، رهایش 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 ضدمیکروبی [۱].

در صورت رها شدن مادهٔ ضد میکروبی با سرعت بالا نیز غلظت سطحی بر روی مادهٔ غذایی در طول زمان کاهش پیدا کرده و مدّت زمان نگهداری کاهش می‌یابد. همچنین میزان رها شدن مادهٔ ضدمیکروبی به نحوه ارتباط بین پلیمر حاوی ماده ضدمیکروبی 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 می تواند به صورت پوشش پیوسته بر روی غذا و یا به صورت لایه قابل امتزاج بین بسته‌بندی و غذا باشد. با توجّه به مزیت‌های فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی نسبت به مواد مورد استفادهٔ دیگر در بسته‌بندی در

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

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

– عدم رهایش آن در محیط زیست در صورت مصرف شدن آن‌ها با مواد غذایی .

– در صورت رهاشدن 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 ضدمیکروبی 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 می توانند مورد استفاده قرار گیرند. به طوری که در لایه داخلی در تماس با ماده‌غذایی 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 ضدمیکروبی 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 می توان به AgIon اشاره کرد که اساس ساختاری آن را یون فلزی نقره تشکیل می‌دهد که از اثر ضدمیکروبی قوی برخوردار است. نمونه دیگر تریکلوران[1](۲،٤تریکلورو ۲- هیدروکسی متیل اتر) است که مدّت ، بیش از ۲۰ سال به صورت مؤثر در فرآورده-های 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 پلی‌اتیلن، پلی‌استایرن یا پلی‌وینیلیدین کلراید حاصل می‌گردد. لازم به یاد آوری است با وجود فعالیت بالای ضدمیکروبی، در محیط‌های غنی از مواد مغذّی اثر چندانی ندارد زیرا با ترکیب‌های مواد غذایی واکنش داده اثر خود را از دست می‌دهد.

۹– عوامل ضدمیکروبی مورد استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی

ترکیبات ضدمیکروبی فراوانی در ترکیب بسته‌بندی‌های مرسوم به کار برده می‌شوند که هدف از استفاده از آن‌ها ایجاد انواع مختلف بسته‌بندی‌های ضدمیکروبی می‌باشد. در(جدول۱) عوامل ضدمیکروبی 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

1- Tricolran

جدول۱- معرفی عوامل ضدمیکروبی مورد استفاده در بسته بندی مواد غذایی

طبقه‌بندی	عوامل ضد میکروبی
اسیدهای آلی	اسید استیک، بنزوئیک اسید، ستریک اسید، تاکتیک اسید، پروپیونیک اسید، سوربیک اسید، سوکسینیک اسید، ترکیبی از اسیدهای آلی
نمک‌های اسید	سوربات پتاسیم، بنزوات سدیم
الکل‌ها	اتانول
باکتریوسین‌ها	نیسین، پدیوسین، سابتیلین، ناکتیسین
اسیدهای چرب	لوریک اسید و پالمیتولئیک اسید
عوامل شلاته‌کننده	، سیترات، کاکتوفرینEDTA
آنزیم‌ها	لیزوزیم، گلوکز اکسیداز، ناکتوپراکسیداز
آنتی‌اکسیدان‌ها	، نمک‌های آهنTBHQ،BHT،BHA
آنتی‌بیوتیک‌ها	ناتامیسین
Sanitizing gas	ازون، دی اکسیدکلرین، مونوکسیدکربن، دی اکسیدکربن
Sanitizers	سیتیل پیریدینیوم کلرابد، نمک اسیدیفیه شده
پلی‌ساکاریدها	کیتوزان
فنولیک‌ها	کانچین،کرزول، هیدروکوئینون
عوامل فرار گیاهی	آلیل ایزوتیوسیونات، سینام آلدهید، اوژنول، لینالول، تریپنئول، نیمول، کارواکرول،پینن
عصاره‌های گیاهی و ادویه‌ها	عصاره دانه انگور،عصاره دانه گریپ فورت، Hot beta acid، Brassica erucic

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

۱۰- بسته بندی فعال مواد غذایی با استفاده از نانوذرّات آنتی باکتریال

بسته‌بندی‌های فعال حاوی موادی با عملکردی خاص، شبیه به بسته‌بندی‌هایی هستند که از ورود اکسیژن و فساد غذا جلوگیری می‌کنند و فنّاوری به کار رفته در آن‌ها از بسته‌بندی هوشمند یک گام جلوتر است. در این بسته‌بندی‌ها مهم‌ترین نگرانی در مورد جذب و مصرف اکسیژن است .به علاوه خاصیت ضدمیکروبی نیز برای این نوع بسته‌بندی بسیار مهم است که محصولات نانو به خوبی به این نیاز پاسخ می‌دهند. این بسته‌بندی‌ها را طوری طراحی کرده‌اند که به محض شروع فساد در ماده غذایی داخل بسته، از خود، ماده نگهدارنده آزاد می‌کنند .این نوع بسته‌بندی توسط یک سوییچ زیستی،که به روش نانوفنّاوری ساخته شده فعال می‌شود[۲].

۱۰-۱- نانو ذرّات نقره

علم نانو و نانو فنّاوری عبارست 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 ذرّات بزرگ تر با همان ترکیب شیمیایی دارند و همین امر موجب می‌شود تا از نظر بیولوژیکی فعال‌تر باشند. بررسی‌ها نشان داده است که هرچه اندازه نانوذرّات کوچک‌تر باشد، خصوصیات و فعالیت‌های جدید و متفاوت‌تری از خود نشان می‌دهند. ترکیب کردن نانو مواد در پلیمرهای پلاستیکی منجر به توسعه و ایجاد بسته‌بندی جدیدی شده است .به عنوان مثال می‌توان از نانو کامپوزیت‌های پلیمری با انعطاف‌پذیری بالا، مقاوم به دما، رطوبت و مقاوم به عبور گازها و نیز بسته‌بندی‌های فعال و هوشمند نام برد.در میان عوامل ضد میکروبی غیرآلی،

یون‌های نقره و ترکیبات بر پایهٔ نقره به طور قابل توجّهی سبب مهار رشد میکروارگانیسم‌ها شده و اثر ضد زیستی شدیدی ضد بسیاری از گونه‌های باکتریایی نشان می دهند. به دلیل ویژگی ضد میکروبی فوق‌العادهٔ نقره و سمّیّت اندک یون‌های نقرهٔ آزاد برای سلول‌های پستانداران، علاقه برای استفاده از این نانوذرّات جهت کاربردهای غذایی در حال افزایش است. نقره روی دستهٔ وسیعی از میکروارگانیسم‌ها اعم از باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی، قارچ‌ها، پروتوزوآها و برخی ویروس‌ها اثر ضدمیکروبی دارد .به علاوه نقره پایداری حرارتی بالا و فرآریّت کم داشته و بنابراین می‌تواند شرایط حین فرآوری را به خوبی تحمل کند[۲۶]. مکانیسم اثر ضدمیکروبی نانوذّرات 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 کرده‌اند : ۱- آزادسازی تدریجی DNA[1] و رونویسی ATP[2] یون‌های نقره و در نتیجه مهار تولید ۲- آسیب مستقیم به غشای سلولی توسط نانوذرّات نقره ۳- ایجاد رادیکال‌های اکسیژن فعال توسط نانوذرّات نقره و یون‌های نقره. یون‌های نقره می‌توانند به گروه‌های دهندهٔ الکترون مثل گوگرد، اکسیژن یا نیتروژن در مولکول‌های زیستی متصل شوند [۲۷].

بر هم کنش یون‌های نقره با گروه تیول پروتئین‌ها می‌تواند سبب غیرفعال شدن آنزیم های باکتریایی شود. در پاسخ به دناتوراسیون[3] پروتئین‌ها امکان فشرده شدن و عدم رونویسی مولکول‌های وجود خواهد داشت[۲۸]. .برخی محققان آزادسازیDNA یون‌های نقره را برای اعمال اثر ضدمیکروبی ضروری می‌دانند[۲۶]. اما یو و همکارانش گزارش کرده‌اند که در هیدروژل‌ها (PVA-PVP) پلی‌وینیل الکل و پلی و ینیل پیرولیدون[4] حاوی نانوذرّات نقره، نانوذرّات نقره می‌توانند تنها از طریق تماس سطحی روی باکتری‌های *اشرشیاکلی*[5] و *استافیلوکوکوس اورئوس*[6] اثر ضد میکروبی داشته باشند[۲۹]. طبق یافته‌های برخی از پژوهشگران نانوذرّات نقره با سایز ۱تا ۱۰ نانومتر در صورتی که متراکم و بهم چسبیده نشد ، باشند، دارای بیش‌ترین اثر ضد میکروبی هستند[۳۰].

۱۱- نانولوله‌های کربنی ضدباکتریال در بسته‌بندی مواد غذایی

کربن نانو لوله‌ها نیز از جمله نانو کامپوزیت‌هایی محسوب می‌شوند که دارای خواص ضد باکتریایی می‌باشند. تماس مستقیم CNTs با E.Coli منجربه مرگ آن‌ها می‌شود که احتمالاً به دلیل طویل و نازک بودن CNTs سوراخی غیر قابل برگشت در سلول‌های میکروبی ایجاد می‌کند. از سوی دیگر، مطالعات نشان می‌دهند که کربن نانوتیوب‌ها برای سلول‌های انسانی در اثر حداقل تماس با پوست و ریه سمّیّت ایجاد می‌کنند. با این وجود، دانستن اثر نانولوله‌های کربنی هنگام مصرف، با توجّه به خطر مهاجرت ذرّات موجود در مواد بسته‌بندی و مصرف این مواد غذایی ضروری می‌باشد. آزمایش ها نشان می دهد که نانولوله‌های تک دیواره خالص، فعالیت ضدمیکروبی بسیار قوی از خود نشان می‌دهند ،که مکانیسم احتمالی آن آسیب شدید به غشای سلولی در اثر تماس مستقیم با باکتری‌ها می‌باشد[۳].

۱۲- کاربرد بسته‌بندی ضدمیکروبی در محصولات لبنی

بسته‌بندی ضد میکروبی در لبنیات به خصوص در پنیر توجّه 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 ضدمیکروبی 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

لایه بیرونی است که در این ساختار ماده ضدمیکروبی در لایه ماتریس استفاده می‌شود. نقش لایه کنترل در کنار لایه ماتریس، کنترل‌رهاسازی ماده ضدمیکروبی به سطح ماده غذایی است.فیلم‌های ضدمیکروبی غیر خوراکی معمولاً به عنوان بسته‌بندی فعال استفاده می‌شوند به دو گروه تقسیم می‌شوند: ۱- فیلم‌هایی که ماده ضدمیکروبی به سطح ماده غذایی مهاجرت می‌کند

۲- فیلم‌هایی که ماده ضدمیکروبی 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 مدّت تولید و ذخیره‌سازی فیلم است.مواد نگهدارنده شیمیایی که در سیستم آنتی‌باکتریال استفاده می‌شود شامل: اسیدهای آلی و نمک‌های آن(سوربات‌ها[1]، بنزوات‌ها [2]و پروپیونات‌ها[3])، پارابن‌ها، سولفیت‌ها، نیتریت‌ها، کلریدها، فسفات‌ها، اپوکسیدها، الکل‌ها، ازن، پراکسید هیدروژن، دی اتیل پیرو کربنات و باکتریوسین‌ها می باشد. [۳۱].

یکی از آنتی‌باکتریال‌های 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 [4] را در پنیر بررسی کردند، نتایج نشان داد که این ترکیب آنتی‌باکتریال به طور قابل توجّهی از رشد کلیفرم‌ها[5] و سودوموناس‌ها در طی ۷ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و همچنین در طول مدّت ماندگاری پنیر موزارلا جلوگیری می‌کند.

نایسین یک پپتید[6] چند حلقه‌ای تولید شده توسط باکتری *لاکتوکوکوس لاکتیس*[7] است که فعالیت ضدمیکروبی در برابر طیف‌های زیادی از باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی نشان می‌دهد؛ که به خصوص در برابر ای پاتوژن از جمله *لستریا مونو سایتوژنز*[8]، *میکرو کوکوس فلاووس*[9]، *لاکتو باسیلوس هلاویتیکوس*[10] و *یدیکوکوس پنتاسوس*[11] 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 هانسووا [12]و همکاران در سال(۲۰۱۰) نشان دادند که فیلم PE همراه با نایسین به طور معنا داری باعث بهبود ماندگاری پنیر نرم می‌شود و همچنین [۳۶]و ماریتنس [13]و همکاران (۲۰۱۰) دریافتند که استفاده از فیلم خوراکی حاوی نایسین برای بسته‌بندی پنیر نیمه سخت و پنیر ریکوتا[14] بسیار کارآمد بوده و از رشد *لیستریامونوسایتوژنز و لیستریا انسوا* جلوگیری می‌کند. لی [15] [۳۴] و همکاران نشان دادند نایسین و توکوفرول[16] به عنوان پوشش دارای فعالیت ضدمیکروبی برای بسته‌بندی خامه در برابر *میکروکوکوس فلاووس* مؤثر است. جین [17](۲۰۱۰) اثر بسته‌بندی شیر بدون چربی را در بطری‌های پوشش داده شده با نایسین و اسید پلی لاکتیک (PLA) را آزمایش نموده که با توجّه به نتایج به دست آمده مشاهده شد این بسته‌بندی فعال می‌تواند از آلودگی شیر به *لستریامونوسایکروژنز* جلوگیری کند[۳۵].

ناتامایسین یکی دیگر از آنتی‌بیوتیک های ضدقارچی است که توسط *استرپتومایسزناکالتیس* [18]تولید شده و

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

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

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 ضدمیکروبی در سطح پنیرهای سخت ، نیمه سخت و نیمه نرم استفاده می‌شود که استفاده از آن در ۳۲ کشور مجاز است.

کالین تری[1] و همکاران (۲۰۱۳) مشاهده کردند[۳۷] که ناتامایسین به تنهایی یا همرا با نایسین به طور مؤثری رشد قارچی در پنیر گالوتی را متوقّف می‌کند سانتونیکولا[2] و همکاران(۲۰۱۷) نشان دادن که کیتوزان غنی شده با ناتامایسین باعث کاهش معنی‌دار مخمرها و کپک‌های پنیر ذخیره شده در ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدّت ۷ روز می‌شود[۳۸].

کیتوزان خود نیز به دلیل داشتن خاصیت آنتی‌میکروبیال می‌تواند به عنوان ماده فعال در این عمل بدون افزودن سایر ترکیبات ضد میکروبی استفاده شود. مطالعات گوناگون تأثیر مثبت آن را در مدّت ماندگاری پنیرهای بسته‌بندی شده نشان داده‌اند[۳۹]. از نظر ساختاری کیتوزان یک مشتق دی استیله شده کیتین و دومین پلی‌ساکارید پر کاربرد طبیعت است. از نظر عملکردی زیست تخریب پذیر و زیست سازگار بوده، غیر سمّی و دارای خصوصیات ضدمیکروبی 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 مناسب‌تر 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 توجّه 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 توجّه قرار گرفته است. عصاره‌ها به طور کلی از دارچین، آویشن[3]، برگاموت[4] و ... تهیه می‌شوند و ترکیبات جدا شده از آن‌ها شامل سینامالدئید[5]، کاراکرول[6]، لینالول[7]، سابینین[8]، تیمول[9]،ایگنول[10] و منتول[11] فعالیت ضد میکروبی و ضد قارچی بسیار خوبی نشان داده‌اند[۴۰، ۴۱، ۴۲ و ۴۳].

تحقیقات به روز بر روی کاربرد سینامالدئید 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، پلی‌پروپیلن،کو پلیمر پلی‌اتیلن/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[12]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].

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

جدول۲- نمونه‌هایی از بسته‌بندی ضدمیکروبی استفاده شده در انواع پنیر[۱۶]

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

۱۳- نتیجه گیری

آلودگی میکروبی و رشد میکروب‌ها روی مدّت نگهداری مواد غذایی تأثیرگذاراست 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 متعدّدی 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 ضدمیکروبی به دلیل توانایی آن برای تأمین کیفیت و ایمنی مورد توجّه خاص پژوهشگران و صنایع قرار دارد. 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 ضدمیکروبی 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 فنّاوری، 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**

همراه اسانس روغنی آویشن کوهی»، عصاره پوست انار و بررسی خواص فیزیکومکانیکی، ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی آن در آزمایشگاه و نمونه مدل غذایی، پایان نامهٔ دکتری تخصصی، دانشکدهٔ دامپزشکی، دانشگاه ارومیه.

۲. زهرا هجری ، مسعود حاتمیان، (آبان ماه ۱۳۹۳)، **«کاربرد نانوذرّات آنتی باکتریال در پوشش های بسته بندی مواد غذایی زیست تخریب پذیر»**، سومین همایش ملّی علوم و صنایع غذایی، مشهد.

۳. مائده مجتهدی، علی معتمدزادگان ، سمیرا صباغ پور، (اسفند ماه ۱۳۹۲)، **«کاربرد نانولوله های کربنی آنتی باکتریال در بسته بندی مواد غذایی»**، سومین همایش ملّی 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. **"Antimi- Crobial and ntioxidanteffects on milk protein-based films containing essential oils for preservation of whole".**
11. Ahvenainen, R. (2003). **"Novel food packaging techniques. In: Ahvenainen R. 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 antimycotic additive in polyethylene food packaging films",** Lebensmittle 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 antimocrobial 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**

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 asepticconditions in absorbent pads by using silvernanotechnology",** 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 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. Haghighi-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). **" Mycotoxicogenic fungal inhibition by innovative cheese cover with aromatic plants",** Journal of the Science of Food and Agriculture 93, 1112-1118.

آدرس نویسنده

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