

استفاده از مواد ضد میکروبی در بسته بندی مواد غذایی

وحید رستگار^۱، صدیقه امیری^۲

چکیده:

آلودگی میکروبی و بدنبال آن رشد میکروب ها، زمان ماندگاری ماده غذایی را کاهش داده و ریسک بیماریهای ناشی از غذا را افزایش می دهند. فرآوری حرارتی، خشک کردن، منجمد کردن، سرد کردن، اشعه دادن، اضافه کردن مواد ضد میکروبی و نمک از روشهای سنتی محافظت مواد غذایی محسوب می شوند. بسته بندی های ضد میکروبی شیوه جدید نگهداری مواد غذایی است که روشی نوید بخش در بسته بندی برخی از مواد غذایی خصوصا گوشت و محصولات گوشتی بوده است. غذاهای گوشتی به علت دستکاری در حین فرآوری دچار آلودگی بالائی می شوند و به همین علت تلاش زیادی صورت گرفته است که با اسپری و یا قطره های ضد میکروبی ایمنی گوشت را افزایش دهند و فساد را به تاخیر بیندازند. مواد ضد میکروبی استفاده شده در بسته بندی، باید فاز تاخیر میکروارگانیزم را افزایش دهند و فاز رشد آنها را کاهش دهند تا بتوانند زمان نگهداری و ایمنی محصول را افزایش دهند. برای داشتن فعالیت ضد میکروبی، ماده ضد میکروبی ممکن است بسته بندی را بپوشاند، در آن گنجانده شود، بی حرکت شود و یا با ماده بسته بندی ترکیب شود. آنهیدریدها، الکل ها، باکتریوسین ها، مقید کننده ها، آنزیم ها، اسیدهای ارگانیک و پلی ساکاریدها مثالهایی از مواد ضد میکروبی استفاده شده در بسته بندی مواد غذایی می باشند. مواد ضد میکروبی تجاری به فرم کنسانتره، عصاره، اجزاء مخلوط شده و یا فیلم استفاده می شوند. بسته بندی ضد میکروبی از لحاظ تجاری موفقیت کمی داشته اند.

کلمات کلیدی: مواد ضد میکروبی، بسته بندی، مواد غذایی، میکروارگانیزم

¹ - مرکز آموزش عالی-علمی کاربردی بعثت، جهاد کشاورزی فارس، شیراز، ایران

² - مرکز آموزش عالی-علمی کاربردی بعثت، جهاد کشاورزی فارس، شیراز، ایران

مقدمه:

امروزه تمایل به حداقل کردن پروسه مواد غذایی، نگهداری طولانی مدت مواد غذایی و همچنین ممانعت از شیوع بیماریهای ناشی از غذا باعث گردیده است که راه های جلوگیری از رشد میکروارگانیسمها و استفاده از مواد ضد میکروبی در بسته بندی محصولات غذایی توسعه زیادی پیدا کند. البته از مواد ضد میکروبی برای مواد غذایی که حتی تحت تاثیر حرارت استریل می شوند و یا سیستم ایمنی خود کنترلی دارند، برای جلوگیری از فساد آنها در اثر آلودگیهای ثانویه در طی بسته بندی، توزیع و یا بعد از باز کردن بسته بندی استفاده می شود. بدین ترتیب مدت زمان فاز Lag رشد میکروارگانیسمها افزایش می یابد و از رشد و تکثیر آنها جلوگیری می شود. مواد ضد میکروبی باید حتی الامکان اثر گسترده ای روی میکروارگانیسمها داشته باشند و در دوز و مقدار معینی استفاده شوند که هم می توانند به عمق ماده غذایی برسند و اثر کنند و هم اثرات منفی روی مصرف کننده نداشته باشند.

مواد ضد میکروبی فراوانی در بسته بندی های مواد غذایی استفاده می شوند که هر یک از این مواد ویژگیها و مکانیسم اثر خاص خود را دارند. این مواد برحسب عواملی چون نوع ماده غذایی، نوع میکروارگانیسمهای موجود و سرعت رشد آنها، فعالیت و گستردگی اثر ضد میکروبی، ترکیب شیمیائی ماده ضد میکروبی و عوامل دیگر انتخاب شده بکار می روند. البته باید توجه داشت که بهتر است در صورت امکان برای مبارزه با میکروارگانیسمها شرایط رشد آنها را در ماده غذایی محدود کنیم و یا حداقل از مواد ضد میکروبی طبیعی استفاده نمائیم.

استفاده از مواد ضد میکروبی در بسته بندی محصولات گوشتی بسیار مهم و مؤثرتر از روش اسپری کردن این مواد روی سطح گوشت و یا غوطه ور کردن گوشت در این مواد می باشد. چون مواد ضد میکروبی بتدریج در بسته بندی آزاد شده و به قسمتهای مختلف گوشت از جمله عمق آن می رود و اثر خودش را می گذارد ولی در روشهای قبل عمدتاً فقط سطح گوشت ضد عفونی می شود.

روشهای استفاده از مواد ضد میکروبی در بسته بندی مواد غذایی:

1- مواد ضد میکروبی در Sachet یا لفاف قرار گرفته و در بسته بندی غذا گذاشته می شود مانند

Sachet اتانول

2- قرار دادن مواد ضد میکروبی و پوشش آنها بر سطح پلیمر پوشش بسته بندی مانند استفاده از مواد ضد

قارچ در موم که بصورت یک لایه اطراف میوه و سبزی در بسته بندی قرار می گیرد و یا Coating Wax Paper حاوی سوربیک اسید که برای بسته بندی سوسیس و پنیر و... بکار می رود و یا متیل سلولز حاوی نایسین که به صورت پوشش روی فیلم پلی اتیلن قرار می گیرد. در سال 2000 بر ارزش استفاده و اثر نایسین قرار گرفته با این روش در بسته بندی های محصولات طیور تازه مطالعه شد و مشخص گردید که نایسین روی سالمونلا تیفی موریوم مؤثر است. بطور کلی در این روش مواد ضد میکروبی بر روی مواد خاص قرار گرفته و سپس در سطح ورقه بسته بندی قرار داده می شوند.

3- ثابت شدن مواد ضد میکروبی در پلیمر بوسیله پیوند یونی و یا کوالانسی: برای ایجاد این پیوند باید گروهها و یا شاخه های مؤثر وجود داشته باشند و یا از ملکولهای بنام Spacer که به سطح پلیمر متصل می شوند کمک گرفت تا این اتصال برقرار شود. پلی اتیلن گلیکول (PEG) و دکسترانس جزء Spacer هایی هستند که می توانند در مواد غذایی بکار روند. مواد ضد میکروبی که در این روش استفاده می شوند اغلب اسیدهای آلی، آنزیم ها و پپتید ها هستند که معمولا آنزیمها (مانند لاکتوفرین) با پیوند کووالانسی ثابت می شوند و لیزوزیم و کیتیناز هم که روی باکتریهای گرم مثبت مؤثرند بوسیله پیوند کووالانسی در پوشش بسته بندی قرار می گیرند. البته باید توجه داشت که در اثر ثابت شدن مواد ضد میکروبی در پوشش بسته بندی مواد غذایی مقدار فعالیت ضد میکروبی این مواد کاهش می یابد.

4- استفاده از مواد ضد میکروبی مانند ترکیبات نقره و یا آنزیمهای ضد میکروبی مثل لاکتو پروکسیداز در ترکیب مستقیم با پلیمر

5- استفاده از پلیمرهایی که ذاتا خاصیت ضد میکروبی دارند مانند پلیمر کاتیونی کیتوزان که برای محافظت میوه و سبزی از آلودگی قارچی استفاده می شود و در عین حال بصورت مانعی بین میکرو ارگانیسرها و ماده غذایی عمل می کند. این ماده می تواند برخی از اسیدهای آلی را با خود حمل کند. در سال 2000 اثر کیتوزان بر مهار باکتری های فساد زا در گوشت های فرآوری شده مورد مطالعه قرار گرفت. البته همراه با این ماده اسیدهای آلی مانند استیک و پروپیونیک نیز وجود داشت و در نهایت مشخص شد که اسید پروپیونیک سریعتر از داخل پوشش کیتوزان آزاد می

شود. کیتوزان همراه با این اسیدهای آلی توانست باکتریهای خانواده انتروباکتریاسه را مهار کند ولی باکتریهای تولید کننده اسید لاکتیک تحت اثر این فیلم ضد میکروبی قرار نمی گرفتند.

انواع مواد ضد میکروبی:

هدف از استفاده از این مواد عمدتاً از بین بردن میکروارگانیسمهای پاتوژن و مولد فساد می باشد.

1- باکتریوسین ها: یک گروه از مواد ضد میکروبی هستند که بوسیله برخی میکرو ارگانیسمها تولید می شوند و اثر بازدارندگی و بعضاً کشندگی بر روی سویه های همان گونه را دارند. استفاده از این مواد پروتئینی در مواد غذایی انسان مشکلی ایجاد نمی کند و تا بحال گزارشی در مورد محدودیت استفاده از این مواد وجود ندارد. شناخته شده ترین باکتریوسین ها نایسین است که به طور وسیع همراه با مواد غذایی استفاده می شود. علاوه بر نایسین ناتامایسین و پدیوسین نیز برای این منظور کاربرد دارند. تحقیقات نشان می دهد استفاده از باکتریوسین در محصولات گوشتی آلوده به لیستریا مونوسیتوژنز سبب کاهش خطر رشد و توسعه پاتوژن و افزایش ماندگاری مواد غذایی می شود.

2- کیتوزان: این ماده از مشتقات کیتین بوده و کیتین حاوی فلزات و کاروتنوئید می باشد. کیتوزان یک بیوپلیمر است و از این طریق می تواند برخی از سویه های باکتری و قارچ را مهار کند. کیتوزان تمایل زیادی به حمله به غشاهای دارای بار منفی را دارد. از سوی دیگر فیلمهای کیتوزان نفوذ پذیری کمی نسبت به اکسیژن و رطوبت دارند. بنابر این مانع بسیار خوبی برای گازها و بخار آب می باشند. از کاربرد های دیگر این ماده در بسته بندی های مواد غذایی اثر آنتی اکسیدانی آن می باشد که با جذب فلزاتی که کاتالیزور واکنش اکسیداسیون چربی هستند مانع از اکسیداسیون می شوند. در مجموع می توان گفت کیتوزان یک فیلم قوی و نفوذ ناپذیر است که می تواند اثر ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی داشته باشد.

3- یون نقره: اصولاً فعالیت ضد میکروبی فلزات به فرم یونی آنها بستگی دارد. در میان یونهای فلزی یون نقره بیشترین اثر و فعالیت ضد میکروبی را دارد. در عین حال نقره یک ماده کاملاً ایمن است و انسان می تواند در تماس مستقیم با آن قرار گیرد و تاکنون گزارشی بر ایجاد موتاسیون یا سرطان زائی نقره داده نشده است. یون نقره از طریق تداخل با فعالیت های متابولیکی، سیستم تنفسی و انتقال الکترون میکرو ارگانیسمها

عمل می کند. مطالعات نشان می دهد که نقره در غلظتی کمتر از بقیه یونها اثر ضد میکروبی روی باکتری سالمونلا دارد و اثر ضد میکروبی آن در دو شرایط هوازی و بی هوازی وجود دارد. یون نقره بر بسیاری از میکروبهها، کپک ها و مخمر ها اثر دارد ولی با وجودی که نقره فعالیت ضد میکروبی وسیعی دارد برخی باکتری ها نسبت به آن مقاوم هستند. البته باید گفت که نقره بر روی سلولهای رویشی اثر دارد و فرم اسپور نسبت به نقره مقاوم بوده و از بین نمی رود. برای استفاده از فعالیت ضد میکروبی نقره در بسته بندی های مواد غذایی معمولاً از زئولیت آن استفاده می شود که این ماده بصورت یک فیلم نازک در بسته بندی قرار می گیرد و همین لایه نازک اثر ضد میکروبی دارد. شایان ذکر است افزایش قطر لایه تأثیری بر فعالیت نقره ندارد. زئولیت نقره سبب آزاد شدن آرام نقره در بسته بندی می شود که بسیار حائز اهمیت است. وجود یک درصد زئولیت نقره در ورقه پلی اتیلن پوشش بسته بندی برای کاهش مقدار میکروب ها بر روی سطح پلاستیک کافی است. ولی معمولاً از 1-3 درصد استفاده می شود که در این شرایط تمام باکتریها در عرض 1-2 روز از بسته بندی حذف می شوند. برخی از اجزای مواد غذایی با نقره باند شده و فعالیت ضد میکروبی آن را کاهش می دهند مانند واکنش نقره با سولفیت یا اسیدهای آمینه که در این رابطه می توان اسیدهای آمینه را به سه گروه تقسیم کرد:

الف) گلاپسین : باند ضعیفی با نقره ایجاد میکند و آنرا از زئولیت خارج می کند اما مانع فعالیت ضد میکروبی آن نمی شود.

ب) لیزین : باند قوی تری با نقره ایجاد کرده و اثر ممانعت کننده روی فعالیت آن دارد.

ج) سیستین : باند قوی با نقره ایجاد کرده و فعالیت ضد میکروبی آن را به مقدار بیشتری مهار می کند.

پس نوع و مقدار اسید آمینه و پروتئین های مواد غذایی روی نقره مؤثرند. کمپانی Nimiko ژاپن فیلمی نقره ای ساخته است که حاوی اکسید نقره و SiO_2 است و اثر ضد قارچی و ضد باکتریایی دارد. ادعا شده است که نیازی به تماس مستقیم ماده غذایی با فیلم نقره نیست.

4- اسیدهای آلی و انهیدرید اسید: اسیدهای آلی چون اسید پروپیونیک، اسید سوربیک، اسید بنزوئیک و... می توانند به عنوان مواد نگهدارنده در مواد غذایی بکار روند و سبب جلوگیری از رشد میکروارگانیسمها و یا به تاخیر انداختن فساد غذایی شوند. این مواد کاربرد آسانی داشته و در عین حال در مقدار

مشخص مزه و طعم غذا را خراب نمی کنند. ولی استفاده از این اسیدها همراه با پوشش پلی اتیلن Low Density Poly Ethylene (LDPE) بسته بندی مواد غذایی موفق نبوده و اینها با هم سازگار نیستند. لذا برای حل این مشکل از انهیدرید این اسیدها در پوشش بسته بندی استفاده می شود. این ماده در شرایط خشک پایدار بوده و ثبات حرارتی دارد اما در محیط آبی هیدرولیز شده و به اسید اولیه تبدیل می شود. این اسید از سطح پلیمر به سوی غذا مهاجرت کرده و اثر ضد قارچ و باکتری خود را اعمال می کند. در مطالعه ای که روی فیلم LDPE حاوی یک درصد بنزوئیک انهیدرید انجام شد، مشخص شد که این ماده به اسید بنزوئیک هیدرولیز شده و این اسید می تواند رشد *Penicillium spp*, *Rhizopus stolonifer*, *Toxicaricus Aspergillus* را در بسته بندی مواد غذایی چون پنیر و گوجه مهار کند. اسید سوربیک هم اسید دیگری است که سالها به عنوان ضد قارچ در غذا استفاده می شود. برای جلوگیری از رشد قارچ بر روی محصولات نان می توان از ترکیبات این اسید بر روی کاغذهای خاص همراه با مواد آنتی اکسیدان، جاذب بو و... استفاده کرد. علاوه بر اسیدهای آلی و ترکیبات آنها می توان از نمک اسیدهای غیر آلی چون نیتريت و سولفیت هم استفاده کرد. این ترکیبات در مواد غذایی زیادی از گوشت گرفته تا سبزی قابل استفاده بوده و اثر مناسبی بر مهار رشد میکرو ارگانیسمها دارد.

5- آنزیمهای ضد میکروبی : این آنزیمها در سطح داخل پوشش بسته بندی قرار گرفته و با غذا در تماس بوده و در اثر یک سری واکنشها مواد ضد میکروبی تولید می کنند مانند گلوکز اکسیداز که می تواند سبب تولید H_2O_2 شود که یک ماده ضد میکروب می باشد.

6- دی اکسید کلر : این ماده از سال 1950-1960 بعنوان یک ماده مفید و موثر برای کنترل رشد باکتریها، ویروسها و قارچها شناخته شده است. در سالهای اخیر FDA اجازه استفاده از آن را در برخی از انواع مواد غذایی داده است. از ویژگیهای مهم دی اکسید کلر می توان به سرعت عمل بالا، ماهیت غیر سمی، وسیع الطیف بودن آن اشاره کرد. دی اکسید کلر در فیلم پلیمری تحت اثر یک سری فاکتورهای محیطی محدود مثل رطوبت و گرما فعال می شود، به طوری که هر چه مقدار گرما، رطوبت و رشد قارچها و میکروبها بیشتر باشد، سرعت تولید آن نیز زیادتر می شود. این ماده معمولا در بسته بندی های میوه و سبزی به کار می رود و علاوه بر تاثیر روی میکروارگانیسمها می تواند سبب شفاف شدن پلاستیک

بسته بندی و جدا کردن مقداری بوهای نامناسب هم شود. دی اکسید کلر در بسته بندی مواد غذایی در غلظت کم و در حدود ppm بکار رفته و موثر می باشد. اثر ضد میکروبی دی اکسید کلر بر روی باکتری *E. coli* در بسته بندی گوشت تازه ثابت شده است.

7- اتانول : اتانول بعنوان یک ماده ضد عفونی کننده در پزشکی کاربرد دارد و در مواد غذایی هم می تواند سبب افزایش زمان ماندگاری شود. بنابراین از میکرو کپسول های اتانول بنام Ethicap در مواد غذایی بسته بندی شده استفاده می شود که الکل اتیلیک در اثر جذب رطوبت تبدیل به بخار اتانول می شود و اثر ضد میکروبی خودش را بدین شکل در مواد غذایی اعمال می کند و مانع از فساد میکروبی در محصولات مرطوب مانند پنیر، شیرینی و... می شود. از لحاظ ایمنی در غلظت کم برای انسان قابل استفاده است. در استفاده از این ماده ضد میکروبی مشکلاتی مانند مقاومت مصرف کننده برای قبول آن، طعم و بوی بد نیز وجود دارد که می توان از مواد معطر در این نوع بسته بندی ها استفاده کرد.

8- Lamzalil : در برخی کشورها برای جلوگیری از رشد قارچها در پنیر از این ماده استفاده می شود. در این حالت Lamzalil با پلی تیلن با دانسیته کم (LDPE) ترکیب شده و در بسته بندی برخی مواد غذایی مثل میوه، سبزی و... بکار می رود.

9- Photon-Excited Nylon Film : فیلم های نایلونی پلی آمیدی هستند که در معرض پرتو UV قرار می گیرند. در این شرایط برخی از گروههای آمیدی تبدیل به آمین شده و غلظت آمین در سطح نایلون زیاد می باشد، بطوریکه این سطح می تواند به شکل یک محل ضد میکروبی عمل کند. اثر ضد میکروبی این فیلم بر *Pseudomonas Flurouscens, Staph aureas, Cocas Entero Faecalis* آزمایش شده است و در نهایت مشخص گردیده که این نوع فیلمها فقط روی *Staph. aureas* موثر می باشند و روی دو باکتری دیگر اثر قابل توجهی ندارند. بنابراین نیاز است که در این ارتباط مطالعات بیشتری انجام شود.

10- مواد ضد میکروبی طبیعی: امروزه تمایل مصرف کنندگان برای استفاده از مواد ضد میکروبی طبیعی به علت ایمنی آنها بسیار افزایش پیدا کرده است و خواستار آنند که در مواد افزودنی غیر طبیعی که بعضا برای انسان مضر است استفاده نشود.

امروزه مواد ضد میکروبی طبیعی متعددی شناخته شده است. بسیاری از پپتیدهای حیوانی، گیاهی و یا پپتیدهای مربوط به حشرات و میکرو ارگانیسمها اثر ضد میکروبی دارند که با پیوند کوالانسی و از طریق گروههای آمینی و کربوکسیلیک به پلی مر بسته بندی متصل می شوند. مثلا Allyliso (AITC) thiocyanate یک ماده ضد میکروبی طبیعی در روغن خردل است که اثر آن روی برخی قارچهای آلوده کننده پنیر مانند *Penicillium commune*, *Penicillium roqueforti*, *Aspergillus flavus* اثبات رسیده است و یا استفاده از عصاره دانه گریپ فروت بعنوان یک ماده ضد میکروبی در غلظت 1-0/5 درصد در ترکیب با پوشش بسته بندی و یا به روش پوششی (Coating) در بسته بندی گوشت تازه ثابت شده است. گفته شده که این عصاره می تواند روی برخی باکتری ها مانند *Staph. aureus*, *E. coli* و *Bacillus subtilis* اثر ضد میکروبی داشته باشد و در ضمن روش پوششی موثرتر از ترکیب عصاره با پوشش بسته بندی است.

Edible Coating Film -11: این پوششها معمولا از جنس پروتئین، پلی ساکارید و یا چربی می باشند و امروزه به علت مزایایی که دارند همواره در بسته بندی مواد غذایی مورد توجه قرار گرفته اند که برخی از این مزایا به شرح زیر هستند:

سازگاری بیولوژیکی با مواد غذایی، تجزیه پذیر بودن، قابلیت برگشت به طبیعت، غیر قابل نفوذ بودن به اکسیژن و سایر گازها، رطوبت، مواد فرار و... ظاهری زیبا دارند و برخی دارای خاصیت ضد میکروبی نیز هستند. از طرف دیگر این پوششها می توانند محدوده وسیعی از افزودنیهای مواد غذایی مثل طعم دهنده ها، آنتی اکسیدان ها، ویتامین ها و مواد ضد میکروبی را بر روی خود حمل نمایند. کلاژن، پروتئین سویا، پروتئین آب پنیر و کارئین مثالهایی از انواع فیلم های پروتئینی و سلولز، پکتین، نشاسته، کیتوزان و آلژینات مثالهایی از انواع فیلمهای پلی ساکاریدی و برخی از اسیدهای چرب، واکس و آسپیل گلیسرول مثالهایی از انواع فیلمهای لیپیدی هستند.

در مجموع می توان گفت که فیلمهای خوراکی تجزیه پذیر با مواد افزودنی همراهشان می توانند نقش مهمی را در ارتباط با کیفیت، سلامت و ماندگاری مواد غذایی ایفا کنند.

برخی مطالعات نشان می دهد که پوشش آلژینات همراه با اسیدهای آلی در بسته بندی گوشت می تواند سبب کاهش *Listeria monocytogenes* و *E. coli* شده و در تخفیف فساد شیمیائی چربی و میوگلوبین گوشت، نگهداری آب گوشت تازه، ممانعت از از دست رفتن بوهای فرار و مطلوب نیز نقش موثری دارد.

فاکتور های موثر در طراحی سیستم های بسته بندی ضد میکروبی :

1- ویژگیهای مواد ضد میکروبی :

مواد ضد میکروبی باید در مقدار دوزی بکار روند که بتوانند روی تمام میکرو ارگانیسیمهای موجود اثر بگذارند و در عین حال برای مصرف توسط انسان ایمن باشد. از طرف دیگر باید بتوانند در داخل پوشش بسته بندی و یا در کنار مواد غذایی پایدار مانده و با سرعت مناسبی در محیط بسته بندی مواد غذایی آزاد و منتشر شوند که بار یونی، وزن ملکولی و پایداری مواد ضد میکروبی در سرعت انتشار آنها از پلیمر موثر می باشد.

2- دمای محیط در مدت توزیع و یا نگهداری بسته بندی :

حرارت سبب تغییر فعالیت ضد میکروبی می شود. بنا براین باید دما در طی توزیع و نگهداری کنترل شود. فعالیت آبی، pH، آنزیم و... می توانند بر مواد غذایی و ویژگیهای آنها اثر داشته باشند بطوریکه مشخص شده است که انتشار اسید سوربیک با افزایش pH کاهش می یابد.

6- در طراحی یک سیستم بسته بندی مواد غذایی مثل سیستم های ضد میکروبی باید در نظر گرفته شود که گاهی اثر چند عامل مناسب در کنار هم موثر است. به عنوان مثال استفاده از نایسین همراه با برخی مواد باند کننده فلزات بعلت داشتن اثر Synergistic با هم سبب کاهش قابل توجه باکتری لیستریا می شود.

نتیجه گیری

هدف از استفاده از مواد ضد میکروبی عمدتا از بین بردن میکروارگانیسیمهای پاتوژن و مولد فساد می باشد. امروزه مواد ضد میکروبی مصنوعی و طبیعی متعددی شناخته شده است که تمایل به سمت استفاده از

مواد ضد میکروبی طبیعی است. بهر حال مواد ضد میکروبی باید در مقدار دوزی بکار روند که بتوانند روی تمام میکرو ارگانیسمهای موجود اثر بگذارند و در عین حال برای مصرف توسط انسان ایمن باشد. از طرف دیگر باید بتوانند در داخل پوشش بسته بندی و یا در کنار مواد غذایی پایدار مانده و با سرعت مناسبی در محیط بسته بندی مواد غذایی آزاد و منتشر شوند.

منابع

1. میرنظامی ضیابری. س.ح. 1381. اصول بسته بندی مواد غذایی. چاپ چهارم. انتشارات آبیژ. 5-30.
2. صداقت. ن. سال 1375. تکنولوژی بسته بندی مواد غذایی. جلد اول. انتشارات مرز دانش و بارثاوا. 19-40.
3. Appendini, p., Hotchkiss, j.H. 2002. Review of antimicrobial food packaging. *Food science*, 3: 113-126.
4. Kerry, J.P., Grady, M.N., Hogan, S.A. 2006. Past, current and potential utilization of active and intelligent packaging systems for meat and muscle based products: A review. *Meat Science*, 74:113-130.
5. Suppakul, p., Miltz J., Sonneveld, K., Bigger, S.W. 2003. Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and application. *Journal of food science*, 68: 408-420.
6. Vermeiren, L., Devlieghere, F., Van Beest, M., De kruijf, N., Debevere, J. 1999. Developments in the active packaging of foods. *Trends in Food Science and Technology*. 10: 77-86.