کاربرد زیست پلیمرها در بسته بندی مواد غذایی

• مجید جوانمرد/اســتادیار بهداشــت و کنترل کیفی مواد غذایی، گروه صنایع غذایی، پژوهشگاه فناوریهای نوین، سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران
javanmard@irost.ir

دریافت: ۲/۱۱/۸۵
پذیرش:۲/۱۲/۸۶

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

چکیده

ســالیان متمادی اســت که پلیمرها به دلیل ویژگیهایی نظیر نرمی، شــفافیت و براق بودن به عنوان منبع عمده تامین مواد اولیه بســته بندی شــناخته شده اند. اما افزایش اســتفاده از فیلمهای بســته بندی مصنوعی منجر به ایجاد مشکلات بوم شــناختی جدی به دلیل غیر قابل تجزیه بودن این مواد گردیده است. اگرچه جایگزینی کامل این فیلمها با فیلمهای بســته بندی دوستدار زیست بوم در حال حاضر دست یافتنی نمی باشد، اما حداقل در آینده بایستی برای کاربردهای خاص اســتفاده از پلاستیکهای زیستی نظیر کاربرد در بسته بندی مواد غذایی، بایستی مد نظر قرار گیرد. هدف از این مقاله، مروری بر وضعیت هنر استفاده از پلیمرهای زیست تجزیه پذیر برای بکار گیری در مواد غذایی می باشد.

کلمات کلیدی: پلیمرهای زیستی، بسته بندی، مواد غذایی،زیست تجزیه پذیر

مقدمه

بســته بندی مواد غذایی جهت نگهداری و محافظت انواع غذاها و مواد اولیه خام آنها به ویژه در برابر فســاد میکروبی و اکسیداتیو به کار می رود. علاوه بر این از بسته بندی برای حفظ ویژگیهای ماندگاری آنها کمک گرفته می شود.

استفاده روز افزون از فیلمهای مصنوعی در بسته بندی منجر به ایجاد معضلات بوم شناختی ناشــی از عدم تجزیه پذیری کامل آنها گردیده است. پلاستیکهایی با منشــاء پتروشــیمی نظیر پلی اولفینها، پلی اســترها، پلی آمیدها و غیره به طور فزاینده‌ای به عنوان مواد بسته بندی مورد استفاده قرار می گیرند. دلایل مصرف بــالای این مواد، در دســترس بودن آنهــا در مقادیر فراوان، هزینــه کم تولید و ویژگیهــای عملکــردی مطلوب ازجمله مقاومت کششــی و پارگــی، ویژگیهای

سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران : www.irsen.org

بازدارندگی خوب نسبت به اکسیژن و مواد معطر و همچنین قابلیت دوخت مطلوب نسبت به گرما می‌باشد. در مقابل قابلیت انتقال بخار آب این پلاستیکها پایین و مهم تر این که به طور کامل غیر قابل تجزیه زیستی بوده و در نتیجه عامل ایجاد معضلات زیست محیطی می باشند. بنابراین کاربرد آنها در هر شکل یا به هر روشی بایستی محدود شده و حتی ممکن است استفاده از آنها به دلیل دفع زباله‌های حاصل از آنها به تدریج ممنوع گردد. اخیراً یک تمایل که ناشی از توجه روزافزون به خطرات فزاینده زباله‌ها برای محیط زیست می باشد، جهت تولید فیلمهای بسته بندی و فرآیندهایی که زیست تخریب پذیر بوده و با محیط زیست سازگار باشند، ایجاد گردیده است. به عبارت دیگر، زیست تخریب پذیر بودن نه تنها یک نیاز کاربردی می باشد بلکه یک ویژگی بسیار مهم زیست محیطی نیز محسوب می گردد. بنابراین مفهوم زیست تخریب پذیری هم مطلوب مصرف کننده بوده و هم موافق با بوم زیست می باشد. یکی دیگر از فواید مواد بسته بندی زیست تخریب پذیر این است که در اثر تجزیه پذیری و یا اضمحلال زباله‌ها در اثر کمپوست شدن، مواد حاصله ممکن است به عنوان تقویت کننده زمین یا کود و یا بهبود دهنده آن عمل نموده و باعث تسهیل در بازدهی بیشتر محصولات کشاورزی گردند. اگرچه این شیوه بسته بندی کمی گران به نظر می رسد، اما بسته بندی زیستی نیاز آینده جهت بسته بندی به بویژه برای فرآورده‌های غذایی با ارزش می باشد.

زیست پلیمرهایی که در بسته بندی مواد غذایی مورد استفاده قرار گرفته اند به دو شکل فیلم خوراکی و پوششهای خوراکی هستند. مقالات بسیار خوبی در مورد فیلمها و پوششهای خوراکی در حال حاضر موجود می باشد [۳-۱]. لازم به یادآوری است که پیش از کاربرد تجاری این مواد در بسته بندی مواد غذایی، به مسایل متعددی پرداخته شود. این مسایل شامل سرعت تخریب در شرایط مختلف، تغییر در ویژگی مکانیکی در مدت زمان ذخیره سازی غذا، قابلیت رشد

سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران : www.irsen.org

میکـــروب روی آنها و انتقال ترکیبات مضـــر از مواد به کار رفته در بســـته بندی به غذا می باشـــند. علاوه بر این چنین بسته بندیهایی باید در بسته بندی مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرند و نیازهای صنایع غذایی را نیز تامین نمایند.

این مقاله مناسب بودن زیست موادها را و چالشهای موجود هنگام اســـتفاده از این مواد را در بســـته بنـــدی مواد غذایی مختلف مشخص می کند.

شرایط بهینه بســـته بندی مواد غذایی هدف اصلی در بسته بندی حفاظت مواد غذایی از محیط اطراف می باشد. هدف دیگر حفظ کیفیت مواد غذایی در طول مدت انبارداری است. عـــلاوه بر این، در بســـته بندی بایـــد ضرورتهای اقتصادی، حقوقی و ارتباطاتی در نظر گرفته شود.

عمر انبار داری محصول توسط سه عامل کنترل می شود :

۱- ویژگیهای محصول

۲- ویژگی بسته بندی

۳- شرایط ذخیره سازی و توزیع

ویژگیهای محصول

زمانی که زیســـت مواد را جهت به کار گیری در بسته‌بندی انتخاب می کنیم، بسیار ضروری است که ویژگی محصولی که بســـته بندی برای آن به کار می رود را خوب بشناسیم. علاوه بر آن، واکنشـــهای نامطلوب در مواد غذایی شـــامل فعالیتهای آنزیمی، شیمیایی، فیزیکی، تغییرات میکروبیولوژی و عواملی نظیر حشرات، حیوانات خانگی و جوندگان و ... نیز باید مد نظر قرار گیرند.

در موضوع بسته بندی، تغییرات آنزیمی در مواد غذایی توسط دما، فعالیت آبی (aw) و جایگزینی سوبسترا (به عنوان مثال دسترسی به اکســـیژن در واکنشهای وابسته به اکسیژن که توسط آنزیمها کاتالیست می شوند) اتفاق می افتند.

تغییر شـــیمیایی نامطلوب که منجر به فساد در مواد غذایی می گردند عبارتند از قهوه ای شـــدن غیر آنزیمی، هیدرولیز شدن چربی، اکســـید شدن چربی، شبکه ای شدن پروتئین،

شکل ۱- اولین بطری آب زیست سازگار تهیه شده از PLA

سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران : www.irsen.org

هیدرولیز شـدن پروتئینها و تغییر ماهیت پروتئین ، سـنتز پلی ساکارید و تخریب رنگدانه‌های طبیعی. این واکنشـها اغلب به صورت خود به خودی در مواد غذایی رخ مـی دهند. علاوه بر ایـن عوامل میکروبیولوژی، فیزیکـی و آنزیمی هم در این واکنشـها تداخل ایجاد نمـوده و مواد غذایی را تبدیل به محیطهای بسـیار پیچیده نموده که کار بـا آنها بسـیار مشـکل می گردد. اگـر چه این پیچیدگیها برای محققان جذاب می باشـد اما سـرعت این واکنشـهای شیمیایی بستگی به پارامترهای متعددی دارد که ممکن اسـت توسـط گزینش مناسـب بسته بندی کنترل شوند[۶].

این پارامترها شـامل نور (شـدت و طول موجهای مخصوص)، فشار جزئی گازها مثل دی اکسـید کربن و اکسیژن، فعالیت آبی و دما می باشند. تغییرات فیزیکی شـامل نرم شدن، سفتی، نا محلول شـدن، از دست دادن ظرفیت نگهداری آب، تر شـدن ، تاول زدن، گلوله شـدن ، ناپایداری امولسـیونی، تورم/ چروکیدگی و خردشدگی و شکستگی هستند.

در موضوع بسـته بنـدی، کنترل جذب رطوبت (ویژگـی بازدارندگی) به عنوان عاملی بسـیار مهم برای جلوگیـری از تغییرات فیزیکی محسـوب می گردد. به علاوه، انتخاب مواد بسـته بندی روش مورد اسـتفاده در بسـته بندی، شـرایط نگهداری و توزیع، سـرعت و نوع واکنشـهای فیزیکی عامل فساد را تحت تاثیر قرار می دهند.

بـه طور کلـی، یکی از اهداف بسـته بنـدی حفاظت غـذا از آلودگـی یا حمله میکروارگانیسـمها می باشـد. بنابراین ویژگی مکانیکی غذا باید با شرایط واقعی نگهـداری و ویژگی محصول هماهنگ شـود. به علاوه فعالیـت آبی، اجزاء ضد میکروبی (رها شـده از مواد بسته بندی)، رطوبت نسبی و غلظت گازها در فضای مرده می توانند توسط طراحی مناسب بسته بندی، تحت تاثیر قرار گیرند. بعضی از مواد بسـته بندی ممکن است خود به عنوان یک منبع آلودگی برای محصول غذایی عمل نمایند.

ویژگیهای بسته بندی

آگاهـی از ویژگیهـای محصول، شـرایط توزیع و نگهداری ویژگـی بازدارندگی مواد اسـتفاده شده در بسـته بندی را برای کاربرد خاص دیکته می کند. ویژگی بازدارندگی شـامل مقاومت به عبور پذیری نسبت به گازها (اکسیژن، دی اکسید کربن، نیتروژن، اتیلن و ...)، بخار آب، مواد معطر و نور می باشـد. این فاکتورها برای بقای کیفیت مواد غذایی حیاتی می باشـند. اما مواد بسته بندی نمی توانند تنها بر اسـاس ویژگی بازدارندگی خود انتخاب شـوند. فاکتورهای دیگری نظیر فرآیند پذیری، ویژگی مکانیکی (استحکام کششی، قابلیت افزایش طول، مقاومت نسـبت به پارگی، مقاومت در برابر سـوراخ شدن، اسـتحکام در برابر ترکیدن و شکست و ...)، جابجایی/جذب (عبور پذیری کلی و ویژه) و مقاومت شیمیایی باید در نظر گرفته شوند. این حقیقت که مواد غذایی بسته بندی شده در واقع با مواد بسـته بندی واکنش می دهند، موضوع را بسیار پیچیده تر می کند. این واکنشها می توانند ویژگی بازدارندگی و مکانیکی اولیه مواد بسته بندی را تغییر دهند.

شرایط نگهداری و توزیع

فاکتورهای محیطی نظیر دما، رطوبت نسـبی و شـدت نور که محصول در طول مـدت نگهداری و توزیـع در معـرض آن هـا قـرار می گیرد، باید علاوه بر موارد قبلی در انتخاب مواد بسـته بندی در نظر گرفته شـوند. ممکن اسـت در حین حمل و نقل محصول آسـیب ببینند. شـدت چنین آسـیبی می تواند توسط بسـته بندی مناسب و سـازگار نمودن الگوی توزیع مطابق محصول حمل شده، کاهش یابد.

تخریب زیستی

تخریب یک پلیمر در اثر تماس با میکروب ها، موجودات عالی تر، نور و یا تخریب شیمیایی رخ می دهد.

در این مقاله، تنها به تخریبی که در اثر میکروارگانیسم ها ایجاد می شود، پرداخته می شود. تخریب میکروبیولوژیکی ممکن است دو رویه را دنبال کند:

۱- تخریب بی هوازی منجر به تولید گازهای زیسـتی (متان و هیدروژن) شـده که ممکن است به عنوان منبع انرژی استفاده شوند.

۲- تخریب هوازی که منجر به تولید کود یا فاضلاب (لجن) می شود.

بسته بندی با استفاده از مواد زیستی

مواد بسـته بندی درآینده باید با توجه به موارد مذکور از منابع تجدید پذیر مشتق شده باشـند (شکل ۲). اگرچه پلیمرهای طبیعی، سرعت های تجزیه متفاوتی در محیط دارند، بعضی از این مواد نظیر گروهی از پروتئین ها قابل دسـته بندی در گروه مواد تخریب پذیر نیستند.

با توجه به روش تولید، پلیمرهای مشـتق شده از منابع طبیعی دسته بندی های گسترده ای دارند. به طور کلی ۳ دسته عمده زیر را می توان نام برد:

سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران : www.irsen.org

شکل ۲- نمونه هایی از بسته بندی زیست تخریب پذیر در صنایع غذایی

۱- پلیمرهایی که مستقیماً از مواد طبیعی استخراج شده اند مثل: پلی ساکارید ها (نشاسته و سلولز) و پروتئین ها (کازئین و گلوتن گندم).

۲- پلیمرهای حاصل از سنتز شیمیایی کلاسیک (از مونومرهای مشتق شده از منابع طبیعی تجدید پذیر). یک مثال خوب، پلی لاکتات است. یک پلی استر زیستی که از پلیمریزاسیون مونومرهای اسید لاکتیک به دست آمده است. مونومرها نیز از تخمیر کربوهیدرات به دست آمده اند (شکل۱).

۳-پلیمرهای حاصل از میکروارگانیسم ها یا باکتری های جهش یافته ژنتیکی. بهترین نوع پلیمرهای زیستی شناخته شده از این گروه پلی هیدروکسی آلکانوات ها هستند، به ویژه پلی هیدروکسی بوتیرات ها و کو پلیمر هیدروکسی بوتیرات (HB) وهیدروکسی والرات (HV). این کو پلیمرها با نام تجاری Biopol® شناخته شده و توسط شرکت Monsanto تولید می شوند.

مواد مربوط به هر سه دسته بندی، یا آماده کاربرد در صنایع بسته بندی هستند یا قابلیت استفاده در این صنعت را دارند. اگرچه استفاده از پلیمرهای مصنوعی مشتق شده از روغن های معدنی نظیر پلی اتیلن و پلی استایرن در این زمینه، هنوز غالب می باشد.

سلولز یک استثناء قابل توجه است که در فرم کاغذ یا مقوای نازک (کارتن) به عنوان بسته بندی خارجی مورد مصرف فراوان دارد. سلولز اصلاح نشده در این حالت بسیار زیست تخریب پذیر است. اما، کاغذ حالت لیفی، مات، با ویژگی بازدارندگی ضعیف و مقاومت کم در برابر رطوبت می باشد. بنابراین نقش آن محدود به بسته بندی خارجی غذاها، به استثنای موارد خیلی خاص (مثلاً محصولات خشک) خواهد گردید.

مشکلات مربوط به کاربردپلیمرهای زیست تخریب پذیرعبارتند از : کارایی، فرآیند و هزینه.

اگرچه این مشکلات تا حدودی به هم وابسته هستند اما در مورد کارایی و فرآیند پلیمرهایی که مستقیماً از منابع طبیعی استخراج شده اند نظیر نشاسته، سلولز و پروتئین ها بیشتر اظهار نظر شده است. بر عکس، پلیمرهایی که به گروه های ۲ و ۳ تعلق دارند با استفاده از تکنیک های استاندارد تهیه پلاستیک ها به راحتی قابل تبدیل به فیلم هستند، اما گران تر از پلیمرهای سنتزی می باشند. رایج ترین پلیمرهای طبیعی در دسترس در دسته ۱ قرار گرفته و از محصولات کشاورزی و درختان جنگلی استخراج شده اند نظیر پکتین ها، پروتئین ها، نشاسته و سلولز. این مواد از دیواره سلولی، ذخیره گیاهی (نشاسته) یا پلیمرهای ساختاری هستند. همه آن ها دارای طبیعت آب دوست و تا حدودی کریستالی هستند که باعث مشکلاتی در کارایی و فرآیند پذیری آن ها می شود.

سلولز فراوان ترین پلیمر طبیعی است که در کره زمین یافت می شود و دارای ساختار خطی از آنیدرو گلوکز است. سلولز یک ماده خام ارزان است. به دلیل ساختار شیمیایی، سلولز بسیار کریستالی، به صورت رشته ای و غیر قابل حمل می باشد. بنابراین برای تولید فیلم، سلولز در یک مخلوط سمی و خورنده از هیدروکسید سدیم و دی سولفید کربن (زانتاته کردن) حل می شود و سپس در اسید سولفوریک ریخته می شود. حاصل این فرآیند تولید فیلم سلوفان می باشد.

سلولز ویژگی مکانیکی خوبی دارد. آب دوست است و به رطوبت حساس می‌باشد. سلوفان ترموپلاستیک نبوده در نتیجه پایداری حرارتی ندارد. در رطوبت نسبی پایین، سلولز در برابر گازها حایل خوبی است، اگرچه این خاصیت در رطوبت‌های نسبی متوسط یا بالا به شدت افت می کند. پوشش دهی تاثیر رطوبت نسبی را روی ویژگی بازدارندگی آن کاهش می دهد، اما به ناچار هزینه تولید را افزایش می دهد.

نشاسته، پلی ساکارید فراوان دیگری است که به صورت گرانول و از ذرت، دانه حبوبات، برنج و سیب زمینی به دست می آید. نشاسته مخلوطی از آمیلاز، ترکیبی نسبتاً خطی و آمیلو پکتین ترکیبی به شدت شاخه ای از آنیدروگلوکز می باشد. نسبت دو جزء مطابق نوع نشاسته متغیر است. نشاسته مصرف گسترده ای در بخش های غیر غذایی دارد، به ویژه در چسباندن و پوشش دهی کاغذ ها. به عنوان چسب، غلظت دهنده و همچنین به عنوان یک عامل چسباننده سبز در کامپوزیت های ساده نظیر خشت به کار می رود. در زمینه بسته بندی، نشاسته به تازگی توجه بسیاری را به خود جلب کرده است. این ماده بسیار زیست تخریب پذیر و ارزان قیمت است. همچنین این ترکیب به صورت جزئی کریستالی می‌باشد. فیلم های بر پایه نشاسته خاصیت بازدارندگی متوسطی دارند و در کل ویژگی مکانیکی آن ها در مقایسه با فیلم های پلیمری سنتزی پایین تر است.

زمانی که یک پلاستی سایزر، نظیر آب به نشاسته افزوده می شود، رفتار ترموپلاستیک از خود نشان می دهد. به همین دلیل نشاسته پیش از تولید فیلم پایدار از آن نیازمند اصلاحاتی است. این اصلاحات به طور کلی شامل تخریب ساختار و پلاستی سایز کردن در یک اکسترودر است. افزودن مقادیر بالای پلیمرهای سنتزی به نشاسته، یک عمل رایج می باشد که معمولا این مواد پلی وینیل الکل (PVA) یا پلی کاپرولاکتون هستند. جزء نشاسته فیلم، زیست تخریب پذیر است، اجزاء دیگر در طی مخلوط کردن تخریب می شوند. این فرآیند کاملاً با تکنولوژی قدیمی که در آن نشاسته با PE آلیاژ می شد تا فیلم زیست تخریب پذیر تهیه شود متفاوت است و در این حالت نشاسته به صورت طبیعی تخریب شده و اجزاء کوچک تر PE را ترک می کند.

درصنعت، نشاسته اصلاح شده برای مجموعه ای کاربردها تولید می شود (نظیر نشاسته های کاتیونی برای اصلاح کاغذ). مقدار بسیار کمی از نشاسته کاملاً اصلاح شده در بازار موجود است. نشاسته از سلولز درصد کریستال کمتری دارد و اصلاح شیمیایی آن ساده تر می باشد. همچنین نشاسته در حین اصلاح تخریب پذیر تر از سلولز می باشد. علی رغم همه فاکتور های ذکر شده در بالا، نشاسته هنوز نوید بخش ترین پلی ساکارید موجود در بسته بندی مواد غذایی است، زیرا آسان تر از سلولز فرآیند می شود، ارزان تر است و بسیار زیست تخریب پذیر. چالش های اصلی در مورد نشاسته افزایش خاصیت بازدارندگی آن بدون حذف این فاکتور های دلخواه است.

پروتئین ها به عنوان فیلم های پلیمری قابل تجزیه و تجدید پذیر، اخیراً توجه بسیاری را به خود معطوف ساخته اند. پروتئین ها عمدتاً به عنوان چسب، فیلم یا پوشش های خوراکی بکار می روند. پروتئین ها به عنوان فیلم های آهسته تخریب پذیر مورد توجه قرار می گیرند. این مواد برای متخصصین پلیمر، به علت دارا بودن مجموعه وسیعی از عوامل شیمیایی و مولکول هایی با دامنه گسترده‌ای از ویژگی و در دسترس بودن در طبیعت، جذاب هستند.

گزینه دیگر در بسته بندی زیست تخریب پذیر پلی لاکتات ها هستند (PLAs) که از طریق پلیمریزاسیون محصولات تجدید پذیر حاصل از تخمیر اسید لاکتیک به دست می آیند. پلی لاکتات ها در مقایسه با ترموپلاستیک های استاندارد کارایی بهتری دارند و در تولید فیلم های انعطاف پذیر مقاوم در برابر آب، پذیرفته شده اند (شکل ۱). این مواد نیز تحت شرایط کنترل شده تجزیه پذیر بوده و با استفاده از ماشین های صنعتی استاندارد قابل فرآیند می باشند.

مواد زیستی به کار رفته در بسته بندی، ممکن است شامل ترکیبات یا مواد استخراجی و طبیعی بیشتری نظیر لیگنین و واکس هایی که به عنوان نگهدارنده از آغاز فرآیند فساد مواد غذایی عمل می کنند، نیز باشند. علاوه بر این، استفاده از آنتی اکسیدان های طبیعی، پلاستی سایزر ها و . . . در تولید مواد بسته بندی

سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران : www.irsen.org

باید در نظر گرفته شوند.

بسته بندی مواد غذایی با استفاده از مواد زیستی

یکی از چالش هایی که بسته بندی در صنایع غذایی با آن مواجه است، هماهنگ کـردن دوره پایـداری بسـته بندی با عمر نگهـداری محصول می باشـد. مواد بسـته‌بندی با پایه زیستی باید بدون تغییر در ویژگی مکانیکی و بازدارندگی باقی بماننـد و در طـول مدت نگهداری تا زمان مصرف عملکـرد کامل و قابل قبولی داشـته و زیسـت تخریب پذیری حساب شده ای داشته باشـند. شرایط محیطی عامل زیسـت تخریب پذیـری، باید در طول مدت نگهـداری مواد غذایی حذف شـوند، در حالی که شرایط مناسـب برای تخریب باید پس از دور انداختن بسته بندی فراهم باشـد. مهم ترین پارامتر ها برای کنترل پایداری مواد بسـته بندی بیولوژیـک، فعالیت آبی مناسـب، pH، مـواد مغذی، اکسـیژن و زمان و دمای نگهداری است. بنابراین، محصولات خشک ممکن است دوره نگهداری طولانی تری نسـبت به محصولات مرطوبت داشـته باشـند[۲]. پیش از استفاده از مواد زیسـتی برای بسـته بندی غذاها، تاثیرات عوامل مختلف روی کیفیت و سلامت غذا باید مورد آزمایش قرار گیرد.

سـال های متمادی اسـت که سـلوفان پوشش داده شده و اسـتات سلولز برای بسته‌بندی غذا اسـتفاده می شوند. سلوفان پوشـش داده شده برای محصولات نانی، میوه های تازه، گوشـت عمل آوری شـده، پنیر و آب نبـات بکار رفته، در حالی که اسـتات سـلولز به طور عمده برای محصولات نانـی و میوه های تازه مورد استفاده قرار می گیرد. ویژگی بازدارندگی در برابر گازها و رطوبت در استات سلولز باعث گردیده تا برای بسته بندی غذا مناسب نباشد. اگرچه این فیلم برای محصولات دارای رطوبت بالا عالی اسـت، زیرا اجازه تنفس و کاهش بخار را در بسته بندی می دهد[۱۵].

اخیراً، یک فیلم چند لایه زیست تخریب پذیر از کیتوزان – سلولز و پلی کاپرولاکتون در ژاپن تولید شده است. قابلیت کاربرد فیلم چند لایه زیست تخریب پذیر را نیز برای بسـته بندی با اتمسفر اصلاح شده برای محصولات باغی آزمودند. مناسب بـودن فیلـم چند لایه برای گل کلم، کاهو، گوجه فرنگی و ذرت توسـط شـبیه سازی کامپیوتری با استفاده از معادلات گفته شده در مقالات، مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج برای استفاده از فیلم چند لایه زیست تخریب پذیر برای محصولات ذکر شده در بالا، در محدوده دمایی ۲۵-۱۰ درجه سانتی گراد دلگرم کننده بوده است. آزمایشات علمی روی مواد حاوی نشاسته برای استفاده در بسته بندی غذا

انجام شـده است[۶۱]. در سال ۱۹۹۴، مناسـب بودن یک فیلم پلی اتیلن عادی حاوی ۶ درصد نشاسـته ذرت را زمانی که برای بسته بندی گل کلم، نان و بادام زمینی مورد اسـتفاده قرار می گیرد، در شرایط زمان و دمای متعادل مورد بررسی قرار گرفت. در کشـور بلژیک، بسته بندی های حاوی نشاسته به صورت تجاری برای بسـته بندی مرغ های سـوخاری استفاده می شوند. از کاربردهای دیگر آن پوشش دهی کاغذ است[۱۶].

فعالیـت هـای تحقیـق و توسـعه (R&D) در زمینه های پلـی لاکتات و پلی آلکانوات ها در طول دهه های گذشـته افزایش یافته اما مواد بسته بندی مذکور در حال حاضر به آسـانی قابل دسـترس نیسـتند. در مورد بسته بندی های تهیه شده از پلی آلکانوات و پلی استات، کمبود مطالعات چاپ شده بسیار مشهود است. اگرچـه DANONE که یک شـرکت تولید کننده فرآورده های لبنی اسـت،

سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران : www.irsen.org

اخیراً اســتفاده از ظروف پلی لاکتات را برای بسته بندی ماست آزمایش می کند. اســتفاده از پلی آلکانوات به عنوان بطری های نوشــابه، پاکت های شــیر، بسته بندی غذا های آماده و تهیه فیلم پیشنهاد شده است.

به تازگی، محققان فرانسوی اثبات کرده اند که استفاده از فیلم های گلوتن گندم باعــث تنفس بهتر در نگهــداری میوه های تازه می شــود. فیلم گلوتن ویژگی بازدارندگی مناســب در برابر اکسیژن دارد در حالی که نسبت به دی اکسید کربن به اندازه کافی عبور پذیر اســت. بنابراین، یک اتمســفر اصلاح شده حاوی ۳-۲ درصد اکســیژن و ۳-۲ درصد دی اکســید کربن ایجاد می شود، که نویسندگان ادعا کرده اند برای حفظ کیفیت قارچ ها مناسب است.

قوانین و مقررات

موضوع بســته بندی با زیســت مواد در اروپا، پیرو دو دســتور العمل که به طور مقدماتی تنظیم شده است مورد بررسی قرار گرفت(جدول ۱) :

کاربرد ها

فرآورده های دامی

گوشت تازه

گوشــت تازه، نیاز به مقدار زیادی اکســیژن روی ســطح خود دارد تا رنگ قرمز اکســی میوگلوبین در محصولات گوشتی ایجاد گردد. این حالت از طریق بسته بندی محصول در یک فیلم با عبور پذیری بالا نسبت به اکسیژن یا توسط بسته بندی با اتمســفر اصلاح شــده (MAP) با مقدار زیاد اکسیژن حاصل می شود. فیلم عبور پذیر باعث می شــود عمر نگهداری محدود شــود و باکتری های مضر بسیار سریع تر رشد کنند.

غذاهای دریایی

مهم ترین فاکتورهایی که عمر انبارداری را در محصولات دریایی تعیین می کنند، شامل خودکافت ناشی از آنزیم های داخلی، فعالیت متابولیسم میکروارگانیسم ها و اکسیداســیون است. فساد ناشــی از خودکافت آنزیمی، بستگی به فاکتور هایی نظیر دما، pH، میزان اکســیژن در دسترس و شــرایط فیزیولوژیکی ماهی قبل از مرگ دارد. بنابراین پایین آوردن مقدار اکســیژن در بســته بندی، ممکن است سرعت فساد خودکافت را کاهش دهد[۹و۸].

تخم مرغ

فــرآورده های تخم مرغ هم بــه صورت یخچالی و هم بــه صورت محصولات خشــک توزیع می شــوند. دمای نگهــداری و رطوبت همزمان بــا نگهداری در یخچال، در تعیین عمر انبارمانی تخم مرغ های دارای پوســته، مهم ترین فاکتور کنترلی است. بیشترین عامل نامطلوب هم در بسته بندی تخم مرغ ها، شکستن آن ها اســت که از طریق اســتفاده از ظروف محافظ، قابل پیشــگیری می باشد. علاوه بر این، باکتری ها ممکن است در پوسته نفوذ کنند، بنابراین تخم مرغ ها باید تمیز نگه داشــته شوند و از وارد آمدن فشار روی آن ها جلوگیری شود. یک پوشــش که بتواند از دی اکسید کربن و کاهش رطوبت جلوگیری کند، می تواند عمر انبار داری تخم مرغ را به میزان قابل توجهی افزایش دهد[۱۰].

سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران : www.irsen.org

فرآورده های لبنی

شـیر، خامه، فرآورده های تخمیری شـیر و پنیر عمل آوری شـده، همگی برای جلوگیری از اکسیداسیون و رشد میکروبی، نیاز به بسته بندی با قابلیت عبورپذیری کم در برابر اکسیژن دارند. محصولات لبنی باید در برابر اکسیداسیون ناشی از نور (که باعث از دست دادن رنگ، بد طعم شدن و کاهش ماده مغذی و ... می شوند) و تبخیر آب حفاظت شوند. برای محصولاتی نظیر ماست علاوه بر موارد بالا، باید از شکستن ظروف هم جلوگیری گردد.

میوه ها و سبزیجات

میوه ها و سـبزیجات موجودات زنده ای هسـتند که پس از برداشـت، شروع به تنفس و خروج گاز از خود می کنند. این محصولات دارای سرعت تنفس بالایی هسـتند، اکسـیژن مصرف می کنند و دی اکسـید کربن و مواد دیگر ناشـی از متابولیسم اولیه، مثل اتیلن را تولید می نمایند. سرعت تنفس میوه ها و سبزیجات تـازه، اغلب معیار خوبی برای عمر نگهداری آن ها اسـت. هرچه سـرعت بالاتر باشد، عمر انبار داری محصول کوتاه تراست. عمر انبارداری را می توان با کاهش دادن سرعت های تنفس افزایش داد. این کار از طریق کنترل کردن فاکتورهایی نظیر دما، رطوبت نسـبی، ترکیب گاز (اتیلن، اکسـیژن و دی اکسید کربن)، نور، آسیب های فیزیکی و مکانیکی نظیر ضربه دیدن، بریده شدن و سوراخ شدن و با بـه کار بردن افزودنی های خوراکی و تیمارهایی مانند مالیدن موم و درجه بندی کردن و پرتو افکنی می توان اعمال نمود[۱۱].

محصولات خشک

ویژگی فرآورده های خشـک، عمر انبار مانی طولانی آن ها اسـت که بیشتر به علت فعالیت آبی کم می باشـد. بنابراین، رشـد میکروبی و قارچی تحت شرایط معمولی نگهداری، به ندرت به یک مشکل در آنها تبدیل می شود. مقدار کم آب در آن ها، تعیین می کند که آن ها باید در شرایط خشک نگهداری شوند.

ممانعت در برابر عبور رطوبت، کلید بسـته بندی موفق در محصولات خشک می باشـد. ورود آب باعث حالت قلوه شدن (در قهوه فوری و پودری)، کاهش تردی (در دانه غلات صبحانه و غذاهای حاضری)، کریستال شدن مجدد و بیات شدن نشاسـته (رشته فرنگی)، کهنگی (در قهوه) و رشـد میکروبی می شود. علاوه بر این ها، فعالیت آبی بالا در محصولات بسته بندی شده ممکن است باعث تسریع در واکنش های اکسیداسیونی شود[۱۲].

فاکتورهای دیگری که عمر انبارمانی را تعیین می کنند عبارتند از:

• شکسـتگی و خرد شـدن محصول (مثل دانه های غـلات صبحانه، غذاهای حاضری و رشـته ها و ...). بنابراین مقومت در برابر فشـار مناسـب در محصول بسته بندی شده ضروری می باشد.

• اکسیداسیون ترکیبات طعم و رنگ دهنده، ویتامین ها، و بخش چرب فرآورده. سـرعت این فرآیند می تواند از طریق اسـتفاده از مواد مات (برای قهوه، چای و غذای حاضری) و بسـته بندی با اتمسـفر عاری از اکسیژن (برای قهوه، چای و محصولات با چربی بالا) به حداقل کاهش یابد.

• هجوم حشـرات و جانوران جونده. این مشـکل می توانـد با نگهداری صحیح فرآورده از زمان تولید تا مصرف و استفاده از مواد بسته بندی چند لایه، که عاری از هرگونه درز یا سوراخ شدگی هستند، جلوگیری شود.

سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران : www.irsen.org

۱ – مواد و کالاهای پلاستیکی که برای تماس با مواد غذایی در نظر گرفته شده اند:

- تنها مونومرها و افزودنی هایی که لیست شده اند قابل استفاده در تولید مواد بسته بندی برای مواد غذایی هستند.
- طراحی کردن حدود عبور پذیری کلی و عبور پذیری برای مواد خاص، که نیازمند ترکیبات متعددی است.
- استفاده و تولید مواد بسته بندی مطابق استاندارد ها و برچسب دار کردن این مواد.

۲ – بسته بندی و دستورالعمل های ضایعات بسته بندی : (EEC/۹۴/۶۲)

- قانونمند نمودن تولید مواد دسته بندی
- قانونمند نمودن مدیریت ضایعات و استفاده از آنها در بازیافت، کمپوست و بازیافت انرژی از طریق سوزاندن.

جدول ۱– قوانین اتحادیه اروپا برای بسته بندی [(EEC/۱۲۸/۹۰) و (EEC/۶۲/۹۴)] [۴ و ۵]

• تزریق تدریجی دی اکسید کربن در قهوه پس از برشته کردن و آسیاب. این مشکل هم از طریق گازگیری در ظروف در باز برای ۵–۴ ساعت قبل از بسته بندی، با استفاده از دریچه های دی اکسید کربن موجود در بسته بندی، یا با استفاده از جاذب های دی اکسید کربن در بسته بندی قابل حل است.

فرآورده های نانی

عمر نگهداری نان به مقدار زیادی بستگی به شرایط بهداشتی در حین تولید، استفاده از مواد نگهدارنده و اتمسفر موجود در فضای مرده بسته بندی دارد. رشد قارچ ها، بیات شدن و جذب و دفع رطوبت مهم ترین فاکتور های تعیین کننده کیفیت و عمر نگهداری نان می باشند. در مورد بسته بندی، جلوگیری از رشد قارچ در اثر استفاده از اتمسفر اصلاح شده شامل ۱۰۰–۷۰ درصد دی اکسید کربن و ۳۰–۰ درصد نیتروژن از طریق برداشت اکسیژن توسط مواد جاذب امکان پذیر می باشد. بیات شدن در اثر تخریب نشاسته، ابتدا به علت فقدان رطوبت اتفاق می افتد. این مسأله هم از طریق استفاده از مواد بسته بندی که مانع از خروج آب می شوند قابل حل است. نقش دی اکسید کربن در جلوگیری از بیات شدن هنوز سوال برانگیز است[۱۳].

نوشیدنی ها

فاکتورهای تعیین کننده در ماندگاری این گروه از غذا ها عبارتند از:

تغییرات میکروبی، مهاجرت scalping، اکسیداسیون ویتامین ها، ترکیبات

سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران : www.irsen.org

معطر و رنگ دهنده ها (طبیعی و مصنوعی). در ترکیبات کربنه، کاهش دی‌اکسید کربن مهم ترین فاکتور تعیین کننده کیفیت می باشد.

در بسته بندی آب، جلوگیری از جذب طعم بسیار مهم است. رشد میکروبی اغلب توسط روش های فرآیندی، مانند بسته بندی آسپتیک و تیمارهای شیمیایی جلوگیری می شود و فرآورده را تقریباً پایدار می سازد.

دوره ماندگاری آب میوه ها، با کمک فرآیندهای گرمایی قبل و بعد از بسته بندی، تغییر می کند. بنابراین فساد میکروبی ممکن است در اثر آلودگی بعدی به مخمرها و کپک ها و یا توسط قارچ ها، مخمرهای مقاوم در برابر حرارت ایجاد شوند. نواقص دیگر عبارتند از: قهوه ای شدن غیر آنزیمی، اکسیداسیون ویتامین ها، تغییرات رنگ و طعم و مهاجرت گازها و مواد معطر. pH این محصولات پایین است، بنابراین بسته بندی باید در برابر اسیدها مقاوم باشد. در نوشیدنی های کربنه، دوره انبار مانی با میزان از دست رفتن دی اکسید کربن، اکسیداسیون یا هیدرولیز ترکیبات طعم دهنده و جذب و مهاجرت تعیین می گردد. اندازه بطری نیز نقش مهمی را دارد (مساحت سطح : نسبت حجمی محصول). همچنین بسته بندی باید در برابر فشار داخلی بالایی که توسط دی اکسید کربن ایجاد می شود، مقاوم باشد (بستگی به دما هم دارد) [۷].

عبور پذیری پایین در برابر نور، مانع از اکسیداسیون رنگ دهنده ها می شود. به عنوان مثال اکسیداسیون رازک در ماء الشعیر که باعث بد طعمی قابل ملاحظه ای می شود، را می توان با به کار گیری بطری های تیره جلوگیری نمود. همچنین در ماء الشعیر عبور پذیری پایین در برابر اکسیژن نیز لازم است. استفاده از درهای بطری که جاذب اکسیژن هستند، برای جلوگیری از واکنش های اکسیداسیونی می تواند مفید باشد و به این وسیله از کیفیت و طول عمر محصول اطمینان حاصل می شود. زمانی که لازم است نوشیدنی ها به مدت طولانی نگهداری شوند (تقریباً یک سال) لازم است بسته بندی، عبور ناپذیری بیشتری در برابر رطوبت داشته تا مانع از دست رفتن آب و از هم پاشیدگی بسته بندی شود[۱۴].

غذاهای یخ زده یا منجمد

فسادی که در دوره نگهداری مواد غذایی یخ زده رخ می دهند به طور عمده شامل تغییرات شیمیایی در ماهیت آن ها نظیر تجزیه رنگدانه ها و ویتامین ها، اکسیداسیون چربی ها و ناپایداری پروتئین ها می باشد. بسته بندی نقش کلیدی را در حفاظت محصولات غذایی یخ زده از فساد، ایفا می نماید. واضح است مواد مورد استفاده در بسته بندی باید در برابر دمای پایین مقاوم باشند. همچنین مواد

باید در برابر عبور چربی ها در محصولات دارای چربی بالا، حایل باشند.

سایر موارد

کره، چربی ها و روغن ها

کره، روغن ها و چربی ها بسیار مستعد فساد شیمیایی بوده تا فساد میکروبی. مهم ترین انواع فساد در این گروه عبارتند از: ترشیدگی هیدرولیتیک و اکسیداسیونی که فشار هیدورلیتیک توسط لیپازهایی که در محصول به طور طبیعی هستند یا توسط میکرو ارگانیسم ها ایجاد می شوند، حاصل می گردد. به علت فعالیت آبی پایین، رشد کپک ها محتمل تر از رشد میکروبی است. اکسیداسیون از طریق محافظت نور و اکسیژن رفع می شود. فساد هیدرولیتیک ممکن است با اصلاح حرارتی مناسب قبل از بسته بندی رفع شود. بسته بندی باید در برابر عبور چربی

سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران : www.irsen.org

ها حایل باشــد و از عبور بخار به علت هیدرولیز شدن فرآورده ها به عنوان مثال کــره، جلوگیری کند. همچنین محصولاتی نظیر کره به راحتی بو جذب می کنند که باید در بسته بندی آن ها لحاظ شود.

غذاهای آماده

پارامترهای تعیین کننده عمر انبار مانی غذاهای آماده که در ســرما نگهداری می شــوند عبارتند از: تغییرات اکســیداتیو و رشد میکروارگانیســم ها. غذاهای آماده حاوی گوشــت پخته شــده باید یا در خلاء یا در یک اتمســفر اصلاح شده بدون اکســیژن بسته بندی شــوند. تجارت غذاهای آماده در دنیای غرب بسیار توسعه یافته است. افزایش آسوده طلبی، باعث درخواست بسیار گسترده برای جایگزینی غذاهای خانگی با غذاهای آماده، بدون توجه به کیفیت شده است. بسته بندی با مواد زیستی، یک انتخاب مناسب برای این دسته از محصولات است، زیرا آن ها مواد غذایی با ارزشی بوده که مصرف آن بایستی در طی چند روز صورت گیرد.

استفاده‌های آتی از مواد زیستی در بسته بندی مواد غذایی

در بخش‌های گذشته، ویژگی مواد زیستی مورد استفاده در بسته بندی به اختصار توضیــح داده شــد. نیازهایی که برای گروههای غذایــی مختلف با توجه به مواد بســته بندی باید تامین شــود نیز تشریح گردید. زمانی که این دو تعریف را با هم مقایســه می کنیم روشــن است که استفاده از مواد زیســتی در بسته بندی برای بسیاری از مواد غذایی مناسب نیست. بنابراین شناسایی مواد غذایی مناسب برای این نوع بســته بندی مهم است. به علاوه، تولید مواد زیستی برای بسته بندی به طور قابل توجهی گران تر از تولید مواد بســته بندی سنتی نظیر پلی اتیلن است. زیرا زیســت موادها اغلب به صــورت batch و مرحله ای و در مقیاس کوچک تولید می شوند.

مســأله مهم دیگر نظر افکار عمومی اســت. به طور کلی پذیرفته شــده است که مصرف کنندگان باید نســبت به مســایل زیســت محیطی آگاهی لازم را داشته باشند. بنابراین برای دوستی با محیط زیست، فروش مواد غذایی در بسته بندی با مواد زیستی بر پایه مواد تجدید پذیر باید در نظر گرفته شود. چه بسیارند مصرف کنندگانی که تمایل دارند برای مواد دوســت دار محیط زیســت پول بیشتری را بپردازند و این باید زمانی که از مواد زیســتی برای بســته بندی یک ماده غذایی اســتفاده می شود، منظور گردد. به علاوه، کاربرد بســته بندی با مواد زیستی در مواد غذایی امکان استفاده از اتمسفر اصلاح شده را فراهم می نماید. بسته بندی با زیســت مواد، شرایط اتمســفر جدیدی را فراهم می کند که در آن کیفیت مواد غذایی در طول نگهداری حفظ گردد (مثلاً سبزیجات). به نظر می رسد که ویژگی بازدارندگی مواد زیستی برای بسته بندی، به ویژه مقاومت در برابر عبور رطوبت، اســتفاده از این مواد را برای بسته بندی ضعیف تر می سازد. این موضوع به ویژه زمانی که از مواد زیســتی به عنوان بسته بندی اولیه استفاده می شود، مشهود تر اســت. پوشش دهی با مواد زیســتی نیز می تواند نظر دیگری باشد، پوشش می تواند برای مثال واکسی باشد که آب گریز بودن را به مواد بسته بندی می افزاید. فناوریهای نوین امکان استفاده از دو ماده زیستی (از مخلوط یک ماده سنتزی و یک ماده زیستی) را به صورت چند لایه یا یک لایه فراهم ساخته است. در بسته بندی ثانویه عمدتاً از مواد زیستی استفاده نمی شود.

پدیده مهاجرت ، فاکتور مهم دیگری در بســته بندی مواد غذایی اســت. قبل از

سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران : www.irsen.org

اســتفاده از مواد زیستی برای بســته بندی، به عنوان بسته بندی اولیه برای مواد غذایــی، جا به جایی (کلی یا خاص)، باید به منظور جلوگیری از انتقال مواد مضر به مواد غذایی که در تماس با بســته بندی هســتند، مورد بررســی قرار گیرد. در پوششهای خوراکی یا مواد زیستی جا به جایی آنتی اکسیدانها و مواد ضد میکروبی مورد نیاز است و باید این فاکتور به طور کامل مورد آزمایش قرار گیرد.

مصرف کنندگان غربی محصولات غذایی با کیفیت بالا را خواســتار هســتند و آگاهیهای زیست محیطی آنها روز به روز در حال افزایش است. مصرف کنندگان دریافتــه اند نه تنها منشــاء مــواد غذایی و اصلاحات روی آنها مهم اســت بلکه چگونگی انهدام بســته بندی مواد غذایی نیز دارای اهمیت می باشد. اگر مصرف کننــدگان از کیفیت مــواد غذایی اطمینان حاصل کنند، حاضــر خواهند بود پول بیشــتری را بپردازنــد. در حال حاضر نیــز طبق نظر ســنجیها، مصرف کنندگان حاضرند پول بیشــتری را برای مواد بســته بندی دوستدار محیط زیست پرداخت کنند.

منابع

۱. Miller, K.S. and Krochta, J.M. (۱۹۹۷) in Trends Food Sci. Tech- nol. ۲۳۷-۲۲۸ ,۸

۲. Krochta, J.M. and Mulder-Johnston, de C. (۱۹۹۷) in Food Technol., ۷۴-۶۱ ,۵۱

۳. Anker, M. (۱۹۹۶) Edible and Biodegradable Films and Coatings for Food Packaging ĐA Literature Review, SIK-Report no. ۶۲۳, Goteborg, S

۴. Plastic Materials and Articles Intended to Come into Contact with Foodstuffs, (۱۲۸/۹۰/EEC)

۵. Packaging and Packaging Waste Directive, (۶۲/۹۴/EEC)

۶. Fennema, O.R. and Tannenbaum, S.R. (۱۹۹۶) Food Chemistry (Fennema, O.R., ed), ۳rd ed, Marcel Dekker, New York, USA

۷. Robertson, G.L. (۱۹۹۳) Food Packaging. Principles and Practice, Marcel Dekker, New York

۸. Boskou, G. and Debevere, J. (۱۹۹۷) in Food Micro. ,۱۴ ۵۵۳-۵۴۳

۹. Huss, H.H., Jeppesen, V.F., Johansen, C. and Gram, L. (۱۹۹۵) in J. Aquat. Food Prod. Technol., ۲۵-۵ ,۴

۱۰. Yamanaka, Y., Furukawa, N. and Yokokawa, Y. (۱۹۸۰) in J. of Agric. Sci., Tokyo Nogyo Daigaku, ,۲۵ ۱۷-۱۰

۱۱. Floros, J.D. (۱۹۹۳) in Chemical, Biological, Physical and Nutritional Aspects, (Char-alambous,G.,ed), pp. ۲۱۶-۱۹۵, Elsevier Science, Amsterdam, NL

۱۲. Stapelfeldt, H., Nielsen, B.R. and Skibsted, L.H. (۱۹۹۷) in Int. Dairy Journal, ۳۳۹-۳۳۱ ,۷

۱۳. Smith, J.P. and Simpson, B.K. (۱۹۹۶) in Baked Goods Freshness. Technology, Evaluation, and Inhibition of Staling, (Hebeda, R.E. and Zobel, H.F., eds), pp. ۲۳۸-۲۰۵, Marcel Dekker, New York, USA

۱۴. Teumac, F.N. (۱۹۹۵) in Active Food Packaging, (Rooney, M.L., ed) pp. ۲۰۲-۱۹۳, Blackie Academic and Professional, Lancester, PA, USA

۱۵. Tharanathan, R.N. (۲۰۰۳) In Trends in Food Science & Technology ۷۸-۱۴:۷۱

۱۶. Yoshida C.M.P and Antunes A.J. (۲۰۰۴). In Brazilian Journal of Chemical Engineering.۲۵۲-۲۴۷:(۲) ۲۱.

The use of biopolymers in food industries

Majid Javanmard
Research Center for New Technologies

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Abstract

For a long time polymers have supplied most of common packaging materials because they present several desired features like softness, lightness and transparency. However, increased use of synthetic packaging films has led to a serious ecological problem due to their total non-biodegradability. Although their complete replacement with eco-friendly packaging films is just impossible to achieve, at least for specific applications like food packaging the use of bioplastics should be the future. The aim of this review was to offer a complete view of the state of the art on biodegradable polymer packages for food application.

Key Words: Biopolymer, packaging, food, biodegradable

سایت اینترنتی انجمن متخصصان ایران : www.irsen.org