



مروری بر فیلم های خوراکی: روش های تولید و منابع تشکیل دهنده

مهسا نورالدینی^۱، محسن اسمعیلی^۲، فروغ محترمی^{۳*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲- استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۳- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

خلاصه

امروزه نگرانی در مورد محیط زیست، افزایش ضایعات تجزیه ناپذیر و مشکلات موجود در بازیافت مواد بسته بندی سنتزی موجب تلاش محققان برای دست یافتن به مواد زیست تخریب پذیر جدید که مناسب برای بسته بندی مواد غذایی هستند، شده است. استفاده از فیلم ها و پوشش های خوراکی دارای فوایدی همچون افزایش زمان ماندگاری محصولات غذایی، ممانعت از انتقال رطوبت، اکسیژن، کربن دی اکسید، آروما و لیپیدها می باشد. فیلم ها و پوشش ها بر حسب فرمولاسیون، روش تشکیل و روش های تغییر دهنده که روی آنها اعمال می شود، می توانند خوراکی بوده و یا تنها زیست تخریب پذیر باشند. فیلم های زیست تخریب پذیر توانایی کاهش استفاده از مواد بسته بندی های سنتزی را دارند. به طور کلی، بسته بندی های زیستی باید همانند بسته بندی های سنتزی عمل کرده و ماده غذایی را از آلودگی و سایر تغییرات محافظت کنند.

کلمات کلیدی: فیلم خوراکی، زیست تخریب پذیر، خواص ممانعتی، پلیمر

۱. مقدمه

امروزه افزایش تولید پلیمرهای پلاستیکی، کاهش منابع نفتی و تجمع پلاستیک ها به افزایش آلودگی محیط زیست منجر شده است [۱]. عملیات بازیافت نیز به علت مشکلات تکنیکی و اقتصادی محدود شده و فقط کمتر از ۳٪ ضایعات پلاستیکی سراسر جهان قابل بازیافت هستند [۲]. نگرانی در مورد محیط زیست، افزایش ضایعات تجزیه ناپذیر و مشکلات موجود در بازیافت مواد بسته بندی سنتزی موجب تلاش محققان برای دست یافتن به مواد زیست تخریب پذیر جدید که مناسب برای بسته بندی مواد غذایی هستند، شده است [۳، ۴]. همچنین تقاضای مشتری برای غذاهایی با کیفیت و زمان ماندگاری بالا در عین کاهش مواد بسته بندی پلاستیکی و افزایش قابلیت بازیافت موجب تولید مواد بسته بندی جدید مانند فیلم ها و پوشش های خوراکی شده است [۵]. فیلم های خوراکی لایه های نازک از پیش ساخته شده هستند که بر روی یا بین ترکیبات ماده غذایی قرار می گیرند، در حالی که پوشش های خوراکی لایه های نازک از مواد خوراکی هستند که می توانند به طور مستقیم با غوطه وری، اسپری کردن و آغشته کردن بر روی محصولات غذایی شکل بگیرند [۶]. عملکرد محافظتی فیلم های خوراکی جلوگیری از فرایند اکسیداسیون، جذب و دفع رطوبت، آلودگی و رشد میکروب و

* Email: mohtarami.f@gmail.com

تغییرات حسی است. فیلم‌های خوراکی می‌توانند کیفیت، امنیت، پایداری و کنترل مکانیکی غذاها را با بهبود ممانعت نفوذپذیری به بخار آب، اکسیژن، کربن‌دی‌اکسید بین غذا و محیط اطراف افزایش دهند [۷].

۲. تاریخچه استفاده از فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی

استفاده از پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی برای افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی از زمان‌های قدیم معمول بوده است. به عنوان مثال در چین پوشاندن پرتقال و لیموهای تازه با استفاده از موم برای جلوگیری از خشک شدن پوست میوه در قرن ۱۲ و ۱۳ مورد آزمایش قرار گرفت و از تبخیر آب مواد غذایی و تبادل گازهای تنفسی جلوگیری می‌کرد؛ در نتیجه تخمیر را کاهش می‌داد. در قرن ۱۶ در انگلستان غوطه‌ورسازی مواد غذایی در روغن مورد استفاده قرار گرفت. استفاده از پوشش و فیلم‌های ژلاتینی برای افزایش زمان ماندگاری گوشت‌ها توسط هاروارد، هارمونی و پارکرومورس پیشنهاد شد. در سال ۱۹۳۰ از موم‌های پارافین با نقطه ذوب بالا برای پوشش دادن مرکبات جهت جلوگیری از کاهش رطوبت استفاده گردید. در سال ۱۹۵۰ از امولسیون روغن در آب و موم کاربونا برای پوشش میوه و سبزی تازه استفاده شد [۸].

۳. تفاوت فیلم‌های زیست‌تخریب‌پذیر با فیلم‌های خوراکی

فیلم‌ها و پوشش‌ها بر حسب فرمولاسیون، روش تشکیل و روش‌های تغییردهنده که روی آن‌ها اعمال می‌شود، می‌توانند خوراکی بوده و یا تنها زیست‌تخریب‌پذیر باشند. در صورتی که در فرمولاسیون فیلم، مواد افزودنی مجاز (مانند اسید، باز یا آنزیم) به کار رود و تغییرات صورت گرفته شامل فرایند گرمایی، افزودن نمک، فرایند آنزیمی و یا حذف آب باشد فیلم یا پوشش حاصل خوراکی و زیست‌تخریب‌پذیر می‌باشد. زمانی که مواد غیر خوراکی، قبل یا در طول تشکیل فیلم و پوشش به آن اضافه شوند، قابلیت خوراکی بودن خود را از دست می‌دهند [۹].

۴. روش‌های تهیه فیلم‌های خوراکی

شرایط مربوط به تهیه و تولید فیلم‌های خوراکی اثر مشخصی روی خصوصیات فیزیکی فیلم‌های بدست آمده دارد. فیلم‌ها می‌توانند با روش‌های تبخیر حلال و اکستروژن که در صنعت پلیمرهای زیستی مشابه هستند، تهیه شوند.

۵. تبخیر حلال

کاستینگ، روش رایج تولید فیلم‌های زیست‌تخریب‌پذیر در مقیاس کوچک می‌باشد. در این روش بخشی از سوسپانسیون فیلم روی پلیت‌های اکریلیک (پلاستیکی) ریخته شده و در آن (60°C) تا رسیدن به وزن ثابت خشک می‌شوند. در نهایت فیلم‌ها به آسانی از پلیت‌ها جدا شده و فیلم‌هایی با ضخامت‌های مختلف از محلول‌هایی با وزن‌ها و مساحت‌های متفاوت پلیت بدست می‌آیند. شرایط خشک کردن (سرعت و دما)، مشخصات فیلم مانند مقدار آب و کریستاله شدن را تعیین می‌کند که روی میکروساختار و خواص فیلم تأثیر می‌گذارد [۱۰].



۶. اکستروژن

در صنعت پلاستیک اکثر فیلم های پلیمری سنتزی توسط اکستروژن تولید می شوند. فرایند اکستروژن در شرایطی که پلاستی سائز به آن اضافه شده و در دمایی بالاتر از دمای انتقال شیشه ای حرارت ببیند و تحت شرایط مقادیر پایین آبی باشد، بر پایه خصوصیات ترموپلاستیکی پلیمرها تهیه می شوند. این روش در مقایسه با روش تبخیر حلال برای فرایندهای صنعتی جذابیت بیشتری دارد، زیرا نیازی به افزودن حلال و همچنین زمان برای تبخیر حلال ندارد [۲].

۷. طبقه بندی فیلم های خوراکی

فیلم های خوراکی می توانند از موادی که قابلیت تشکیل فیلم را دارند، تهیه شوند. در طول تهیه فیلم، مواد تشکیل دهنده باید در حلال مناسبی مانند آب، الکل، مخلوطی از آب و الکل و یا مخلوطی از حلال های دیگر پخش و حل شوند. در این فرایند پلاستی سائزها، مواد ضد میکروبی، رنگ ها یا طعم ها می توانند افزوده شوند. برای حل شدن سریع پلیمرهای مخصوص ممکن است تنظیم pH یا حرارت دهی محلول انجام شود؛ سپس محلول فیلم در پلیت ها ریخته شده و در دما و رطوبت نسبی مناسب خشک می شود و فیلم حاصل می شود [۱۱].
اغلب پلیمرهای رایج در تولید فیلم ها شامل پروتئین ها (ژلاتین، کازئین، گلوتن گندم و زئین)، پلی ساکاریدها (نشاسته و کیتوزان) و لیپیدها (مومها) هستند که به صورت تکی یا ترکیبی به کار می روند [۱۲].

۸. فیلم های پلی ساکاریدی

پلی ساکاریدها مواد مناسبی برای تهیه فیلم ها هستند که خواص مکانیکی و ساختاری خوبی را نشان می دهند. به طور کلی پلی ساکاریدها در شرایط مقدار کم بخار آب و ممانعت به گاز خواص هیدروفیلیک بالایی را نشان می دهند. اگر چه ممکن است فیلم های پلی ساکاریدی ممانعت خوبی در برابر عبور بخار آب ایجاد نکنند؛ ولی می توانند به عنوان عامل به تأخیر انداختن کاهش رطوبت از ماده ی غذایی عمل کنند [۶، ۱۱].

۹. نشاسته

بیوپلیمر هیدروکلئیدی رایج بوده و از گرانول هایی با شکل، اندازه، ساختار و ترکیبات شیمیایی مختلف درون اندوسپرم محصولات کشاورزی که هیدروفیلیک هستند، تولید می شود. مهم ترین منبع استخراج نشاسته سیب زمینی، ذرت، گندم و برنج می باشد. این بیوپلیمر شامل ۲۵-۲۰٪ آمیلوز که پلیمر خطی با وزن مولکولی ۱۰^۶-۱۰^۵ و متشکل از واحدهای گلوکز است که با پیوندهای α (1-4) به هم متصل شده و ۸۰-۷۵٪ آمیلوپکتین پلیمر منشعب با وزن مولکولی ۱۰^۹-۱۰^۷ است که از واحدهای گلوکز که با پیوندهای α (1-4) در انشعابات و α (1-6) در قسمت خطی به هم متصل شده اند. آمیلوز به علت ماهیت خطی توانایی زیادی در تشکیل فیلم ها و پوشش ها دارد. خواص فیزیکی، شیمیایی و عملکردی فیلم ها و پوشش های خوراکی وابسته به نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین می باشد [۱۳].



۱۰. پکتین

پلی ساکاریدی است که در دیواره سلولهای گیاهان عالی وجود دارد. معمولاً از ضایعات کارخانجات آبمیوه (سیب و مرکبات) بدست می‌آید. واحدهای سازنده آن اسید گالاکتورونیک نوع D، α (1-4) با درجات مختلف از متیل استر است. این ماده علاوه بر دارا بودن یکسری خواص کاربردی نظیر ایجاد ژل و تشکیل فیلم، از لحاظ دارویی نیز نقش مهمی در سلامتی انسان دارد. فیلم حاصل از پکتین بدون بو، درخشنده، ترد و کمی شور است. از آنجاکه قابلیت نفوذ بخار آب در آن‌ها نسبتاً زیاد است، استفاده از پوشش محافظ لیپیدی همراه آن‌ها می‌تواند سبب افزایش کارایی‌شان گردد [۱۱].

۱۱. کیتوزان

از نظر فراوانی در طبیعت دومین پلی ساکارید مهم بعد از سلولز می‌باشد. کیتوزان یک نوع چندقندی است که از واحدهای گلوکز آمین و ان استیل گلوکز آمین (با اتصالات بتا ۱ و ۴) تشکیل شده است. پلی ساکارید نوع پلی‌کاتیونیک است که در اثر استیل زدایی از کیتین تهیه می‌گردد. منبع عمده و تجاری آن کیتین، پوسته سخت پوستان از جمله خرچنگ، میگو، لابستر و آرتیمیا می‌باشد. کیتوزان به علت دارا بودن خواص ضد باکتریایی و ضد کپکی به فراوانی در تهیه فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی استفاده می‌شود. همچنین وجود اسیدهای چرب در کیتوزان میزان خاصیت ضد میکروبی آن را افزایش می‌دهد. علاوه بر خاصیت ضد میکروبی دارای خواص زیست‌تخریب‌پذیری، عملگرا و سازگار با محیط می‌باشد. کیتوزان پتانسیل بالایی برای استفاده در صنایع غذایی را دارا می‌باشد [۱۴].

۱۲. کاراگینان

عصاره جلبک قرمز (*Rhodophyta*) است و جز پلی ساکاریدهای سولفات‌ه بوده که به محض سرد کردن محلول آبی پلیمر، ژل تشکیل می‌گردد. فیلم‌های حاصل از آن‌ها شفاف، بی بو هستند. کاربرد آن‌ها به تأخیر انداختن رشد میکروبی در در ماتریکس‌های ژلی حاوی مواد ضد میکروبی بوده، همچنین به عنوان مانع در برابر اکسیژن، اکسیداسیون لیپیدها را در گوشت‌ها و محصولات گوشتی فراوری شده نیز به تأخیر می‌اندازند [۶، ۱۴].

۱۳. فیلم‌های پروتئینی

پروتئین‌ها پلیمری از واحدهای آمینواسیدی هستند که برای شکل‌گیری ساختار توسعه یافته جهت تولید فیلم باید توسط حرارت، اسید، قلیا و یا حلال دناتوره شوند. فیلم‌های پروتئینی در مقایسه با فیلم‌های سنتزی مقاومت به آب و مقاومت مکانیکی کمی را نشان می‌دهند. خواص فیزیکی و شیمیایی فیلم‌های پروتئینی تحت تأثیر ساختار آمینواسیدها، بار الکترواستاتیک، خواص آمفی‌فیلیک و همچنین تغییرات ساختمانی دوم، سوم و چهارم به علت فشار، حرارت، اشعه،

صدمات مکانیکی، اسید، قلیا، نمک، یون فلزی و فعالیت آنزیمی و غیره قرار دارد. فیلم‌های پروتئینی، خواص ممانعتی خوبی به گاز و لیپیدها به خصوص در رطوبت نسبی کم نشان می‌دهند. همچنین در فیلم‌های پروتئینی به علت وجود انرژی چسبندگی، پلیمر شکننده و حساس به ترک می‌باشد [۶].

۱۴. ژلاتین

ژلاتین، پروتئینی مشتق شده از کلاژن است که حاوی ۱۸ نوع اسید آمینه می‌باشد. ژلاتین در اثر حرارت ژل‌های برگشت پذیر تولید می‌نماید. ژل‌های آن از طریق سرد کردن ژلاتین در یک محلول آبی پس از خشک کردن، فیلم‌هایی مقاوم، صاف و شفاف تولید می‌کنند. همچنین، استفاده از نرم‌کننده‌ها در جهت جلوگیری از شکستن این فیلم‌ها ضروری است. خصوصیات بازدارندگی رطوبت فیلم‌های ژلاتینی متوسط بوده و کپسول‌های ژلاتینی بیشتر در صنایع دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۴].

۱۵. کازئین

پروتئین‌های شیر دارای ارزش تغذیه‌ای خوب و خواص عمل‌کنندگی متعدد هستند که جهت ساخت فیلم بسیار حائز اهمیت هستند. کازئین‌ها گروه خاصی از پروتئین‌های شیر با مشخصاتی نظیر پیوندهای استری فسفات، مقادیر بالای پرولین، میزان سیستئین پایین و حلالیت کم در pH حدود ۴ تا ۵ می‌باشند. فیلم‌های حاصل انعطاف‌پذیر، چسبنده، قابل حل در قلیا و بی‌مزه هستند. به علت وجود گروه‌های قطبی زیاد در فیلم‌های کازئین به راحتی به سوبستراهای مختلف چسبیده و از انتقال اکسیژن، کربن دی‌اکسید و آروما جلوگیری می‌کند [۱۱، ۱۴].

۱۶. گلوتن

گلوتن، پروتئین گندم بوده که نامحلول در آب می‌باشد و پیوندهای دی سولفیدی آن نقش مهمی در تشکیل فیلم گلوتهنی دارند و فیلم حاصل ترد بوده، از این رو افزودن نرم‌کننده جهت بهبود خواص مکانیکی فیلم ضرورت دارد. فیلم‌های تهیه شده از گلوتن خالص و شفاف هستند؛ ولی گلوتن تجارتي، به علت ژلاتینه شدن ناشاسته موجود، فیلمی مات تولید می‌نماید. فیلم‌های گلوتن، مانع خوبی در برابر اکسیژن و دی‌اکسید کربن هستند. بزرگترین مانع برای استفاده از این فیلم‌ها قابلیت نفوذ بالای آن‌ها به آب است. فیلم‌های حاصل از گلیادین شفاف و قابل ارتجاع می‌باشند ولی فیلم حاصل از گلوتهنین شکننده و غیر قابل ارتجاع است [۶].

۱۷. فیلم‌های لیپیدی

تأثیر مواد لیپیدی در فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی وابسته به ماهیت لیپید مورد استفاده به ویژه ساختار، ترکیبات شیمیایی، خاصیت هیدروفوبی و حالت فیزیکی (جامد و مایع) و واکنش‌های لیپید با دیگر ترکیبات فیلم می‌باشد. لیپیدها



معمولاً با دیگر مواد تشکیل دهنده ی فیلم مانند پروتئین ها و پلی ساکاریدها ترکیب می شوند که به عنوان جزء امولسیون ی یا پوشش چند لایه موجب افزایش مقاومت به نفوذ آب می شوند [۶].

۱۸. مومها

مومها از نظر انتقال رطوبت، بسیار مقاوم تر از سایر فیلمها می باشند. مومها به عنوان فیلمهای ممانعت کننده از نفوذ گاز و رطوبت و برای بهبود ظاهر سطحی میوهها (درخشندگی) استفاده می شوند. این پوسته جایگزین موم طبیعی موجود در پوست میوهها شده که عموماً این لایه طبیعی در هنگام برداشت محصول و عمل آوری پس از برداشت صدمه می بیند. اگر به صورت لایه ای ضخیم مورد استفاده قرار گیرند، پیش از مصرف باید برداشته شوند، اما هنگامی که به صورت لایه های نازک استفاده شوند قابل خوردن هستند. پارافین به علت عدم وجود گروه های قطبی یکی از مؤثرترین مومها است و موم Beeswax که به مقدار کمی شامل گروه های قطبی است، به میزان کمتری در برابر آب غیر قابل نفوذ است [۱۱].

۱۹. نتیجه گیری

امروزه استفاده از فیلمها و پوشش های خوراکی به عنوان یک روش سازگار با محیط زیست، فوایدی همچون افزایش زمان ماندگاری محصولات غذایی مختلف را دارا می باشد. این فیلمها و پوششها کارایی های متفاوتی مانند ممانعت از انتقال رطوبت، اکسیژن، کربن دی اکسید، آروما و لیپیدها را دارد، به طوریکه بسیاری از قابلیت های بسته بندی های سنتزی را نیز دارا می باشند. فیلمهای زیست تخریب پذیر توانایی کاهش استفاده از مواد بسته بندی های سنتی را دارد. به طور کلی، بسته بندی های زیستی باید همانند بسته بندی های سنتزی عمل کرده و ماده غذایی را از آلودگی و سایر تغییرات محافظت کنند.

۲۰. مراجع

1. Venkatesh, A. and Boldizar, A. (2017), "Plasticizing starch by adding magnesium chloride or sodium chloride," *Starch-Stärke*, **69**(5-6).
2. Otoni, C. G., Avena-Bustillos, R. J., Azeredo, H., Lorevice, M. V., Moura, M. R., Mattoso, L. H. and McHugh, T. H. (2017), "Recent Advances on Edible Films Based on Fruits and Vegetables—A Review," *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **16**(5): 1151-1169.
3. Khazaei, N., Esmaili, M., Djomeh, Z. E., Ghasemlou, M. and Jouki, M. (2014), "Characterization of new biodegradable edible film made from basil seed (*Ocimum basilicum* L.) gum," *Carbohydrate polymers*, **102**: 199-206.
4. Edhirej, A., Sapuan, S. M., Jawaid, M., and Zahari, N. I. (2017), "Effect of various plasticizers and concentration on the physical, thermal, mechanical, and structural properties of cassava-starch-based films," *Starch-Stärke*, **69**(1-2).



5. Romero-Bastida, C. A., Bello-Pérez, L. A., García, M. A., Martino, M. N., Solorza-Feria, J. and Zaritzky, N. E. (2005), "Physicochemical and microstructural characterization of films prepared by thermal and cold gelatinization from non-conventional sources of starches," *Carbohydrate polymers*, **60**(2): 235-244.
6. Šuput, D. Z., Lazić, V. L., Popović, S. Z. and Hromiš, N. M. (2015), "Edible films and coatings: Sources, properties and application," *Food and Feed Research*, **42**(1): 11-22.
7. Valencia-Chamorro, S. A., Palou, L., del Río, M. A. and Pérez-Gago, M. B. (2011), "Antimicrobial edible films and coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables: a review," *Critical reviews in food science and nutrition*, **51**(9): 872-900.
8. Fishman, M. L. (1997), "Science communications: Edible and Biodegradable Polymer Films: Challenges and Opportunities," *Food Technology-Chicago*, **51**(2): 16-16.
9. قنبرزاده، ب.، الماسی، ه.، زاهدی، ی.، (۱۳۸۸)، "بیوپلیمرهای زیست تخریب پذیر و خوراکی در بسته بندی مواد غذایی و دارویی"، نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
10. Kramer, M. E. (2009), "Structure and function of starch-based edible films and coatings. Edible films and coatings for food applications," Springer, 113-134.
11. Bourtoom, T. (2008), "Edible films and coatings: characteristics and properties," *International Food Research Journal*, **15**(3): 237-248.
12. Santacruz, S., Rivadeneira, C. and Castro, M. (2015), "Edible films based on starch and chitosan. Effect of starch source and concentration, plasticizer, surfactant's hydrophobic tail and mechanical treatment," *Food Hydrocolloids*, **49**: 89-94.
13. Gabor, D. and O. Tita (2012), "Biopolymers used in food packaging: a review," *Acta Universitatis Cibinensis, Series E: Food Technology*, **16**(2).
14. Kyrikou, I. and D. Briassoulis (2007), "Biodegradation of agricultural plastic films: a critical review," *Journal of Polymers and the Environment*, **15**(2): 125-150.