



دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری

دانشکده مهندسی زراعی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد رشته علوم و صنایع غذایی

موضوع:

بررسی ویژگی‌های فیلم خوراکی حاصل از صمغ چرخک (*launaea acanthodes*)

استاد راهنما:

دکتر جعفر محمدزاده میلانی

استاد مشاور:

دکتر محمد رضا کسایی

دانشجو:

سارا اسماعیلی

تابستان ۹۲

چکیده:

تهیه و تولید مواد بسته بندی با هدف حفظ و بهبود کیفیت، افزایش عمر ماندگاری و حفاظت مواد غذایی در برابر انواع آلودگی های میکروبی و فساد های شیمیایی یکی از دغدغه ها و موضوعات تحقیقاتی برای محققین فعال در عرصه صنعت غذا در سال های اخیر بوده است. در این راستا تولید فیلم های خوراکی از جایگاه به خصوصی در بین انواع بسته بندی های نوین برخوردار است. در این مطالعه از صمغ چرخک و نرم کننده های سوربیتول، گلیسرول و پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰ در چهار غلظت ۳۰٪، ۳۲/۵٪، ۳۵٪ و ۳۷/۵٪ برای تولید فیلم خوراکی به روش مرطوب استفاده شد. آزمایشات نشان داد که صمغ چرخک قادر به تشکیل فیلم با پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰ نیست. پارامتر های مختلفی از جمله نفوذپذیری به اکسیژن و بخار آب، مقاومت مکانیکی، کش آمدگی و مدول الاستیک فیلم های سوربیتولی و گلیسرولی اندازه گیری شد. همچنین به منظور بررسی ریز ساختار فیلم های تولیدی از میکروسکوپ الکترونی روبشی استفاده گردید. نتایج بیانگر اینست که با افزایش غلظت نرم کننده ها میزان نفوذپذیری به اکسیژن و بخار آب و ازدیاد طول فیلم ها افزایش و مقاومت به کشش و مدول یانگ کاهش می یابد. همچنین مشخص شد که نفوذپذیری به بخار آب و اکسیژن و کش آمدگی در فیلم های حاوی سوربیتول از فیلم های حاوی گلیسرول پایین تر است. بنابراین می توان اذعان داشت که با توجه به پارامتر های اندازه گیری شده از میان آنها، فیلم حاوی ۳۰٪ سوربیتول بهترین فیلم شناخته شد زیرا کم ترین میزان نفوذپذیری به بخار آب و اکسیژن و بالاترین مقاومت مکانیکی را دارا بوده و در عین حال از کش آمدگی خوبی برخوردار است.

واژگان کلیدی: صمغ چرخک، ملک ازرق، میکروسکوپ الکترونی، میکروسکوپ نیروی اتمی، نفوذپذیری به

اکسیژن، نفوذپذیری به بخار آب، خواص مکانیکی

مقدمه ۱

فصل اول: کلیات

۱-۱: بسته بندی‌های زیستی ۵

۱-۱-۱: تعریف فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی ۵

۱-۱-۲: تاریخچه ۵

۱-۱-۳: ترکیبات مورد استفاده در سنتز فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی ۷

۱-۱-۳-۱: بیوپلیمرها ۷

۱-۱-۳-۲: نرم کننده‌ها ۱۰

۱-۱-۳-۳: امولسیون کننده‌ها ۱۱

۱-۱-۴: روش‌های تولید بسته بندی زیستی ۱۱

۱-۱-۵: کاربرد فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی ۱۴

۱-۱-۶: ویژگی‌های فیلم‌های خوراکی ۲۰

۱-۱-۶-۱: ویژگی مکانیکی ۲۰

۱-۱-۶-۱-۱: عوامل مؤثر بر خواص مکانیکی فیلم خوراکی ۲۱

۱-۱-۶-۱-۲: ارزیابی خواص مکانیکی فیلم بیوپلیمری ۲۳

۱-۱-۶-۱-۳: ویژگی بازدارندگی ۲۷

۱-۱-۶-۱-۴: بازدارندگی نسبت به گازها ۲۸

۱-۱-۶-۱-۴-۱: عوامل مؤثر در بازدارندگی فیلم‌های بیوپلیمری در برابر گازها ۲۸

- ۱-۱-۶-۲: بازدارندگی نسبت به بخار آب..... ۳۱
- ۱-۱-۶-۳: خواص ارگانولپتیکی..... ۳۲
- ۱-۲: صمغ چرخک..... ۳۳
- ۱-۲-۱: تعریف هیدروکلونید..... ۳۳
- ۱-۲-۲: صمغ چرخک..... ۳۴

فصل دوم: مروری بر پژوهش‌های پیشین

- ۲-۱: مطالعات انجام شده بر روی فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی..... ۳۸

فصل سوم: مواد و روش

- ۳-۱: مواد شیمیایی مورد استفاده..... ۴۹
- ۳-۲: جداسازی و تصفیه صمغ خریداری شده..... ۴۹
- ۳-۳: تولید فیلم..... ۵۰
- ۳-۴: آزمایشات انجام شده بر روی فیلم‌ها..... ۵۲
- ۳-۴-۱: اندازه‌گیری ضخامت فیلم..... ۵۲
- ۳-۴-۲: اندازه‌گیری خواص مکانیکی..... ۵۲
- ۳-۴-۳: اندازه‌گیری نفوذپذیری نسبت به بخار آب..... ۵۳
- ۳-۴-۴: اندازه‌گیری سرعت انتقال اکسیژن..... ۵۵
- ۳-۴-۵: ریز ساختار فیلم..... ۵۵
- ۳-۴-۶: توپوگرافی سطح فیلم با میکروسکوپ نیروی اتمی..... ۵۶
- ۳-۵: تحلیل آماری..... ۵۷

فصل چهارم: بحث و نتیجه‌گیری

- ۱-۴: نتایج مربوط به فیلم حاصل از پلی ساکارید چرخک..... ۵۹
- ۱-۱-۴: خواص مکانیکی..... ۵۹
- ۲-۱-۴: نفوذپذیری نسبت به بخار آب..... ۶۷
- ۳-۱-۴: اندازه گیری عدد پراکسید..... ۷۰
- ۴-۱-۴: مطالعه ریز ساختار فیلم..... ۷۳
- ۵-۱-۴: توپوگرافی سطح فیلم‌ها با میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)..... ۷۴
- ۲-۴: نتیجه گیری کلی..... ۷۸
- ۳-۴: پیشنهادات..... ۷۹
- ۴-۴: مراجع..... ۸۰

فهرست جداول

جدول ۱-۱: برخی از کاربردهای تجاری فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی..... ۱۸

جدول ۱-۳: نسبت اجزای فیلم‌های تولید شده..... ۵۲

جدول ۱-۴: میزان تست کشش فیلم‌های گلیسرول و سوربیتول..... ۶۵

جدول ۲-۴: عدد پراکسید فیلم‌های مختلف..... ۷۵

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱: نمایی از تولید فیلم به روش مرطوب..... ۱۱
- شکل ۱-۲: نمایی از میوه بر داده شده همراه با پوشش..... ۱۵
- شکل ۱-۳: اثر pH و غلظت پروتئین‌های آب پنیر بر مقاومت به کشش نهایی فیلم حاصل..... ۲۱
- شکل ۱-۴: اثر pH و غلظت پروتئین‌های آب پنیر بر ازدیاد طول نهایی فیلم حاصل..... ۲۱
- شکل ۱-۵: منحنی کشش-کرنش فیلم‌های مختلف..... ۲۵
- شکل ۱-۶: روابط بین حالت شیشه‌ای، لاستیکی کریستالی و ذوب شده یک پلیمر..... ۲۹
- شکل ۱-۷: صمغ چرخک..... ۳۵
- شکل ۳-۱: پلی ساکارید به دست آمده از خشک کن انجمادی..... ۴۹
- شکل ۳-۲: میکرومتر دیجیتالی..... ۵۲
- شکل ۳-۳: دستاه بافت سنج..... ۵۳
- شکل ۳-۴: تصویر فنجانک حاوی سیلیکاژل..... ۵۴
- شکل ۳-۵: تصویر فنجانک حاوی روغن با پوشش فیلم..... ۵۵
- شکل ۴-۱: تصویر فیلم تهیه شده با پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰..... ۵۹
- شکل ۴-۲: منحنی نیرو-ازدیاد طول فیلم ۳۰٪ گلیسرول..... ۶۰
- شکل ۴-۳: تأثیر میزان گلیسرول بر روی مقاومت به کشش نهایی فیلم چرخک..... ۶۲
- شکل ۴-۴: تأثیر میزان سوربیتول بر روی مقاومت به کشش نهایی فیلم چرخک..... ۶۳
- شکل ۴-۵: تأثیر میزان گلیسرول بر روی ازدیاد طول فیلم چرخک..... ۶۴

- شکل ۴-۶: تأثیر میزان گلیسرول بر روی ازدیاد طول فیلم چرخک..... ۶۴
- شکل ۴-۷: تأثیر میزان گلیسرول بر روی مدول الاستیک فیلم چرخک..... ۶۵
- شکل ۴-۸: تأثیر میزان گلیسرول بر روی مدول الاستیک فیلم چرخک..... ۶۶
- شکل ۴-۹: تأثیر میزان گلیسرول بر نفوذپذیری به بخار آب فیلم چرخک..... ۶۹
- شکل ۴-۱۰: تأثیر میزان سوربیتول بر نفوذپذیری به بخار آب فیلم چرخک..... ۶۹
- شکل ۴-۱۱: تأثیر میزان گلیسرول بر اندیس پراکسید فیلم چرخک..... ۷۲
- شکل ۴-۱۲: تأثیر میزان سوربیتول بر اندیس پراکسید فیلم چرخک..... ۷۲
- شکل ۴-۱۳: تصاویر میکروسکوپ الکترونی فیلم‌های مختلف..... ۷۴
- شکل ۴-۱۴: تصاویر دو بعدی فیلم چرخک توسط AFM..... ۷۶
- شکل ۴-۱۵: تصاویر سه بعدی فیلم چرخک توسط AFM..... ۷۷

نیاز به تغذیه از ضرورت های ادامه حیات هر موجود زنده است و بشر نیز از این قاعده مستثنی نیست. انسان های اولیه پس از دستیابی به وسایل ابتدایی مورد نیاز و پی بردن به وجود و ایجاد آتش به فکر تهیه و پخت غذای خود افتادند. البته نوع غذای مناطق مختلف با توجه به مواد اولیه هر منطقه تفاوت های زیادی داشته و در نتیجه، سنت ها و ذائقه ها نیز در جاهای مختلف، متفاوت بوده است از طرفی به علت نبودن امکانات برای حفظ و نگهداری غذای مازاد بر مصرف، انتقال غذا از یک منطقه به منطقه دیگر، خالی از اشکال نبود. بعدها انسان های اولیه با کسب تجارب توانستند با خالی نمودن تنه درختان و سنگ ها و جاسازی مواد غذایی درون آن ها، مکان امنی برای ذخیره غذای مازاد بر مصرف خود فراهم نمایند.

ساخت ظروف سفالی باعث پیشرفت قابل ملاحظه ای در زمینه نگهداری مواد غذایی شد. حدود ۴۰۰۰ سال پیش، انسان های ساکن سرزمین فعلی پاکستان توانستند از ظروف سفالی برای نگهداری اغذیه استفاده نمایند. در سال ۵۳۰ میلاد مسیح، ایرانی ها برای رساندن آب و دیگر مواد غذایی به اراضی تصرف شده در مصر از ظروف سفالی درب دار استفاده می نمودند و ظروف خالی شده را مجدداً به کار می بردند (پیرایش ۱۳۷۴).

اگر چه هدف از بسته بندی در ابتدا نگهداری محصولات فصلی و سهولت انتقال مواد غذایی از محلی به محل دیگر بود، اما با پوشش ارتباطی - تبلیغاتی که امروزه بسته ها دارا می باشند، بسته بندی یک مفهوم وسیع تری پیدا کرده است و به بیان آقای پاچن^۱:

۱. بسته بندی سیستمی است که که زمان تهیه کالا برای حمل و نقل، توزیع، ذخیره و خرده فروشی در مصرف را کاهش می دهد.

¹ Frank Pagne

۲. بسته‌بندی یک مفهوم تضمین کننده تحویل مطمئن کالا به آخرین مصرف‌کننده در شرایط مطلوب و با حداقل هزینه است.

۳. بسته‌بندی یک عمل فنی اقتصادی است که هزینه تحویل کالا را به حداقل رسانده، در حالی که فروش را افزایش داده و در نتیجه سودآوری را موجب می‌شود.

به دلیل همبستگی‌ها است که امروزه از بسته‌بندی به عنوان فروشنده بی‌سروصدا^۱ یاد می‌شود.

تهیه و تولید مواد بسته‌بندی با هدف حفظ و بهبود کیفیت، افزایش عمر ماندگاری و حفاظت مواد غذایی در برابر انواع آلودگی‌های میکروبی و فسادهای شیمیایی یکی از دغدغه‌ها و موضوعات تحقیقاتی برای محققین فعال در عرصه صنعت غذا در سال‌های اخیر بوده است. از سوی دیگر، سالانه در جهان بیش از ۵ میلیارد تن زباله حاصل از مواد بسته‌بندی تولید می‌شود که ۳۰٪ از این زباله‌ها، مربوط به مواد پلاستیکی می‌باشد (بدیعی ۱۳۷۸). موادی از قبیل پلی‌اولفین‌ها، پلی‌استر‌ها، پلی‌آمیدها و... که با توجه به فراوانی و ارزان بودن مواد اولیه آن‌ها در سال‌های اخیر رو به گسترش بوده است. در حال حاضر از روش‌های مختلفی برای حل مشکل ضایعات بسته‌بندی استفاده می‌شود. در زیر به چندین روش رایج و معایب آنها اشاره شده است (چو^۲ و ژی^۳، ۲۰۰۲):

۱. روش دفن زباله‌ها^۴: در این روش به زمین زیادی نیاز است و موجب آلودگی آبهای زیرزمینی می‌شود.
۲. روش سوزاندن زباله‌ها^۵: این روش موجب افزایش آلودگی هوا و باران‌های اسیدی می‌شود، همچنین شناسایی محل‌های مناسب برای سوزاندن مشکل است.

¹ Silent salesman

² Cho

³ Rhee

⁴ Land fill

⁵ incineration

۳. روش بازیافت زباله‌ها^۱: مواد حاصل از بازیافت را نمی‌توان برای مواد غذایی و پزشکی مورد استفاده قرار داد، همچنین هزینه جمع‌آوری و حمل و نقل بالاست و نیز به علت اینکه معمولاً بسته‌بندی‌های مواد غذایی از چند لایه متفاوت تشکیل می‌شود بازیافت آنها مشکل است.

با توجه به مسائل ذکر شده، نگرانی از آلودگی‌های محیط زیست توسط پلیمرهای سنتزی، پژوهشگران را به تحقیق بر روی امکان استفاده از پلیمرهای طبیعی زیست تخریب پذیر (پروتئین، کربوهیدرات و لیپید) در تولید مواد بسته بندی به صورت فیلم یا پوشش واداشته است.

فرضیه‌های پژوهش:

- افزودن پلاستیسایزر باعث بهبود خصوصیات تشکیل فیلم می شود.
- افزودن پلاستیسایزرهای مختلف تاثیر متفاوتی بر خصوصیات فیلم دارد.
- افزودن مقادیر مختلف تاثیر متفاوتی بر خصوصیات فیلم دارد.

هدف‌های پژوهش :

- بررسی اثر گلیسرول، سوربیتول و پلی اتیلن گلیکول در غلظت‌های مختلف بر خواص مکانیکی، نفوذ پذیری به بخار آب و اکسیژن در فیلم‌های تهیه شده از صمغ *launaea acanthodes*
- دسترسی به فرمولاسیون بهینه جهت تولید فیلم خوراکی از صمغ *launaea acanthodes*

¹ recycling

فصل اول:

کلیات

۱-۱: بسته بندی های زیستی

۱-۱-۱: تعریف فیلم ها و پوشش های خوراکی^۱

فیلم‌ها ورقه‌های بسیار نازک تهیه شده از پلی‌مرهای زیستی هستند که قابلیت کاربرد به صورت مجزا روی مواد غذایی یا به صورت لایه های جداکننده^۲ بین اجزای غذا، پیچیدن آن‌ها به دور غذا^۳ یا استفاده به شکل روکش^۴، کپسول یا کیسه^۵ را دارند. در حالی که پوشش های خوراکی به عنوان یک لایه محافظ مستقیماً روی یک ماده غذایی تشکیل می‌شود و بدین ترتیب بخشی از غذا بوده و همراه با غذا مصرف می‌شوند.

فیلم‌ها و پوشش‌ها می‌توانند خوراکی، زیست تخریب پذیر یا غیر خوراکی و غیر زیست تخریب پذیر باشند. خوراکی بودن این مواد بستگی به فرمولاسیون، نحوه تولید، نوع تیمارهای اعمال شده برای اصلاح ویژگی های آن‌ها و نوع مواد افزودنی دارد. بر اساس تعریف مراجع علمی از واژه زیست تخریب پذیر، فیلم‌ها و پوشش‌های زیست تخریب پذیر به نوعی از این مواد اطلاق می‌شود که در فرایند کمپوست قابلیت تجزیه کامل به دی‌اکسید کربن، آب، متان و مقدار اندکی زیست توده^۶ توسط میکروارگانیسم‌ها را داشته باشد(گنادیوس^۷، ۲۰۰۲).

۱-۱-۲: تاریخچه

فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی، مانند استفاده از موم‌ها برای میوه‌های مختلف قرن‌هاست با اهداف متفاوتی از جمله جلوگیری از اتلاف رطوبت و یا ایجاد یک سطح براق برای افزایش بازار پسندهای متداول شده است. این روش قبل از این که ماهیت شیمیایی آن درک شود، از مدت‌ها قبل به عنوان یک روش نگهداری پذیرفته شده بود و در حال حاضر نیز از آن استفاده می‌شود.

¹ Edible film and Coating

² Separation layers

³ Wrapping

⁴ casings

⁵ Pouches and bags

⁶ Biomass

⁷ Gennadios

در اوایل قرن دوازدهم میلادی مرکبات کشت شده در جنوب چین را به منظور استفاده امپراتور درون جعبه قرار داده و بر روی آن ها موم مذاب ریختند و با کاروان به سمت شمال فرستادند(هاردنبورگ^۱، ۱۹۶۷). اگرچه کیفیت آن مرکبات برای جامعه مدرن امروزی قابل قبول نیست، اما این روش بدون شک در آن زمان بسیار مؤثر بوده است. در اروپا روشی تحت عنوان لاردینگ^۲ شناخته شده بود که در آن میوه های مختلف در واکس یا چربی به منظور افزایش مدت زمان نگهداری ذخیره می شد. اگرچه لایه محافظ مانع از تلف شدن آب میوه ها می شود اما آن لایه ضخیم و محکم از تبادل گازهای طبیعی جلوگیری می کند و در نتیجه منجر به کاهش کیفیت ماده غذایی می شود. لاردینگ در واقع سازش بین حفظ محتوی رطوبت و از دست رفتن جنبه های مختلف کیفیت از جمله طعم و بافت می باشد.

بعد ها در قرن پانزدهم، یک فیلم خوراکی از شیر سویا پخته شده تهیه شد و در ژاپن برای حفظ کیفیت ماده غذایی و بهبود ظاهر آن استفاده گردید(گیلبرت^۳ و بیگوت^۴، ۱۹۸۶؛ گنادیوس^۵ ۱۹۹۳). در قرن نوزدهم هارمونی^۵ هارمونی^۵ و هاوارد^۶ محصولات مختلف گوشتی را با ژلاتین به منظور حفظ آب و جلوگیری از فساد میکروبی پوشش دادند(هارمونی و هاوارد، ۱۹۸۶). محصولات گوشتی پوشانده شده با خمیر ممکن است هنگام سرخ شدن مقدار زیادی روغن جذب کنند که در اواخر قرن نوزدهم با استفاده از پوشش ها سلولزی جذب روغن را به طور قابل توجهی کاهش دادند(فینی^۷ و همکاران، ۱۹۹۲؛ پلانسو^۸، ۱۹۹۳).

¹ Hardenburg

² larding

³ Guilbert

⁴ Biquet

⁵ Harmony

⁶ Havard

⁷ Feeney

⁸ Polansio

۱-۱-۳: ترکیبات مورد استفاده در سنتز فیلم ها و پوشش خوراکی

۱-۱-۳-۱: بیوپلی مرها (طبقه بندی بیوپلی مرهای مورد استفاده در تولید بسته بندی های زیستی)

بیوپلی مرهای مورد استفاده در بسته بندی را می توان بر اساس ساختار شیمیایی به چهار دسته پروتئین ها، پلی ساکاریدها، لیپیدها و پلی استرها تقسیم کرد:

۱. پروتئین ها: این مواد به عنوان ترکیبات پلیمری به مقدار فراوان در بافت های گیاهی و حیوانی یافت شده و وظیفه ایجاد ساختار و یا انجام فعالیت های بیولوژیک را در موجودات زنده به عهده دارند. واحد های تشکیل دهنده آن اسید آمینه بوده و بسته به نحوه توالی اسید آمینه ها و اتصال آن ها به یکدیگر، ساختارهای متفاوتی از زنجیره پلیمری مثل ساختار دوم، سوم و چهارم در پروتئین ها تشکیل می شود. ساختار دوم، سوم و چهارم پروتئین ها را می توان توسط تیمار های فیزیکی و شیمیایی همانند حرارت دهی، پرتو دهی، اعمال فشار، استفاده از مواد اسیدی و قلیایی یا چربی ها اصلاح نمود و بدین ترتیب ویژگی های فیلم های حاصل از آن ها را بهبود بخشید (فنا^۱، ۱۹۸۵). مزیت اصلی فیلم های پروتئینی ثبات ساختاری آن ها است که منجر به فراهم شدن شکل مورد نیاز در فیلم می شود (امبوسکادو و هویر^۲ ۲۰۰۹).

از عمده پروتئین هایی که در سنتز فیلم ها استفاده می شود، می توان به کلاژن، ژلاتین، پروتئین های میوفیبریلی ماهی، کراتین، پروتئین سفیده تخم مرغ، کازئین، پروتئین آب پنیر، زئین ذرت، گلوتن گندم، پروتئین سویا، بادام زمینی، پنبه دانه و ... اشاره کرد. لازم به ذکر است که بسیاری از این منابع پروتئینی در واقع مخلوطی از پروتئین ها با طیف وسیعی از وزن مولکولی اند. اگرچه ترکیباتی با وزن مولکولی پایین راحت تر در آب و سایر حلال ها حل می شوند، اما فیلم های تهیه شده از آن ها نفوذپذیری بالاتری نسبت به فیلم های ساخته شده از پروتئین هایی با وزن مولکولی زیاد دارند. چنین محدودیتی را می توان با برقراری اتصالات عرضی بر

¹ fennema

² Embuscado and Huber

طرف کرد اما ممکن است تیمارهای به کار برده شده برای این منظور بر روی قابلیت خوردن و احساس دهانی فیلم اثر منفی بگذارد(امبوسکادو و هوپر ۲۰۰۹).

۲. پلی ساکاریدها: مانند سلولز و مشتقات سلولز (متیل سلولز، کربوکسی متیل سلولز، هیدروکسی پروپیل سلولز)، نشاسته و مشتقات آن، ترکیبات پکتیکی، کیتین و کیتوزان، صمغ‌هایی مانند آلژینات، کاراگینان، پولولان و لوان، گزانتان، خرنوب و گوار.

جذب آب به آسانی در سطح فیلم های پلی ساکاریدی رخ می دهد که دلیل این امر ماهیت بسیار هیدروفیل این دسته از ترکیبات غذایی می باشد. برخی از پلی ساکاریدها مانند مشتقات سلولزی نرخ انتقال آب کمتری نسبت به نرخ متوسط انتقال آب در سایر پلی ساکاریدها دارند، اما با این حال هنوز هم واکنش ها از آن ها مؤثرترند. مزیت اصلی فیلم های پلی ساکاریدی ثبات ساختاری و توانایی آن ها در کاهش انتقال اکسیژن است. به عنوان یک قاعده کلی فیلمی که ویژگی های مناسبی از نظر ممانعت کنندگی در انتقال آب ندارد، باید در مقابل انتقال گازها مقاوم باشد و بالعکس(بانکر^۱، ۱۹۶۶). مقاومت در برابر انتقال گاز برای فیلم های پلی ساکاریدی بسیار مؤثر است، بنابراین می توان از آن ها برای مواد غذایی که در معرض اکسیداسیون قرار دارند استفاده کرد.

از آن جا که اغلب پلی ساکاریدها و سایر ترکیبات هیدروفیل در برابر نفوذ رطوبت مقاوم نیستند(بسیار جاذبه الرطوبه هستند)، ممکن است از آن ها در سطح مواد غذایی به صورت یک فیلم نسبتاً ضخیم استفاده شود. هدف از چنین پوششی در سطح ماده غذایی جذب آب و محافظت موقت در برابر از دست رفتن بیشتر رطوبت است. بنابراین محصول پوشش داده شده تا زمانی که فیلم دهیدراته نشود رطوبت از دست نمی دهد(امبوسکادو و هوپر ۲۰۰۹).

¹ Banker

۳. لیپیدها (چربی ها و رزین ها): چربی ها و واکس ها از قدیمی ترین فیلم های خوراکی هستند. چربی های خوراکی مورد استفاده در فرمولاسیون فیلم ها و پوشش ها شامل موم زنبور عسل^۱، موم کاندیلیلا^۲، موم ماهودانه^۳، تری گلیسریدها، منو گلیسریدهای استیله، اسیدهای چرب، الکل های چرب و استرهای ساکارز- اسید چرب می باشند. رزین های خوراکی نیز شامل شلاک^۴ و رزین های ترپنی^۵ می باشد. از آن جایی که چربی ها و مواد رزینی به صورت پلی مری نیستند، معمولاً قادر به تشکیل فیلم پیوسته نبوده و استفاده همزمان آن ها به صورت پوشش روی مواد غذایی سبب جلا بخشیدن سطح ماده غذایی شده و از عبور رطوبت به داخل غذا جلوگیری می کند (گنادیوس، ۲۰۰۲).

این نوع از پوشش ها موانع خوبی برای جلوگیری از انتقال آب هستند، اما هنوز هم به طور کامل از نفوذ گازها جلوگیری نمی کنند. واکس ها بر تبادل گاز اکسیژن و دی اکسید کربن اثر گذاشته و ممکن است منجر به فرایندهای ناخواسته فیزیولوژیکی مانند تنفس بی هوازی شوند. این امر به نوبه خود باعث کاهش کیفیت محصول، نرم شدن بافت آن، تغییر عطر و طعم، تأخیر در رسیدگی و افزایش واکنش های میکروبی می- شود (اکس^۶ و همکاران ۱۹۶۰).

وجود پیوند دوگانه در لیپیدها منجر به افزایش نفوذپذیری پوشش نسبت به بخار آب می شود، محققان علت این امر را کم بودن میزان کریستال چربی می دانند. استفاده از فیلم های خوراکی زمانی که قرار است ترکیبات لیپوفیل بر سطح مواد غذایی مرطوب (میوه ها و سبزی های برش داده شده) به کار روند، مشکل آفرین می گردد. زیرا استفاده مستقیم از مواد لیپوفیل بر سطح مرطوب یا آب دوست ماده غذایی منجر به چسبندگی ضعیف بین فیلم و ماده غذایی می شود. پوشش های مرکب یک راه حل مناسب برای بر طرف کردن این مشکل می باشد (امبوسکادو و هوبر ۲۰۰۹).

¹ Bee Wax

² Candedilla Wax

³ Camauba Wax

⁴ Shellac

⁵ Terpene resin

⁶ Eaks

به طور سنتی پوشش های موم برای طولانی نمودن عمر نگهداری میوه ها و سبزی ها پس از برداشت به کار می روند. در حال حاضر موم هایی که برای محصولات فاسد شدنی نظیر میوه ها و سبزی ها جهت به تاخیر انداختن خشک شدن آن ها به کار می روند، شامل موم زنبور عسل، موم کارنوبا، موم ماهودانه موم سیوس برنج می باشد (گیلبرت ۱۹۸۳؛ کستر و فنما، ۱۹۸۹؛ پاردز-لوپز^۱ ۱۹۷۴). پوشش موم برای جلوگیری از تبلور شکر در اثر کاهش رطوبت در برخی از میوه های خشک، هم چنین برای جلوگیری از تکثیر تخم یا لارو حشرات موجود در سطح میوه، مورد استفاده قرار می گیرد (کوچهار^۲ و روسال^۳، ۱۹۸۲)

به عنوان یک قاعده کلی، چربی ها برای کاهش انتقال بخار آب، پلی ساکارید ها برای کنترل انتقال اکسیژن و گازها و پروتئین ها جهت تولید فیلم هایی با خواص فیزیکی مناسب به کار می روند. بنابراین می توان با ترکیب کردن مواد بالا به فیلم ها و پوشش هایی با خواص ایده آل دست یافت. به این نوع از فیلم ها، فیلم مرکب می گویند (امبوسکادو و هوبر ۲۰۰۹).

۴. پلی استر ها: مانند پلی هیدروکسی بوتیرات (PHB)، پلی هیدروکسی والرات (PHV). این دسته بیشتر حالت زیست تخریب پذیر غیر خوراکی دارد.

۱-۱-۳-۲: نرم کننده ها^۴:

این مواد عمدتاً شامل گلیسرول، پروپیلن گلیکول، سوربیتول، ساکارز، پلی اتیلن گلیکول، اسیدهای چرب و منو گلیسریدها هستند. آب نیز یک نرم کننده مهم به ویژه در فیلم های پروتئینی محسوب می شود. بنابراین، رطوبت فیلم که خود متأثر از رطوبت نسبی محیط اطراف می باشد تأثیر زیادی روی خواص فیلم دارد. این مواد هم چنین نفوذپذیری فیلم را در برابر عبور رطوبت، اکسیژن، مواد معطر و روغن افزایش می دهند ولی به دلیل ایجاد انعطاف در فیلم ها به ناچار از آن ها استفاده می شود (گنادیوس، ۲۰۰۲).

¹ Paredes-Lopez

² Kochhar

³ Rossall

⁴ plasticisee

۱-۳-۳: امولسیون کننده ها

مواد امولسیون کننده ترکیبات فعال سطحی هستند که دارای خاصیت قطبی و غیر قطبی بوده و در سطح مشترک آب- چربی جذب شده و کشش سطحی را کاهش می دهند. هنگام تهیه فیلم های مرکب پروتئین- چربی و یا پلی ساکراید- چربی استفاده از این ترکیبات به منظور ایجاد امولسیون پایدار ضروری است (گنادیوس، ۲۰۰۲).

۱-۴: روش های تولید بسته بندی زیستی

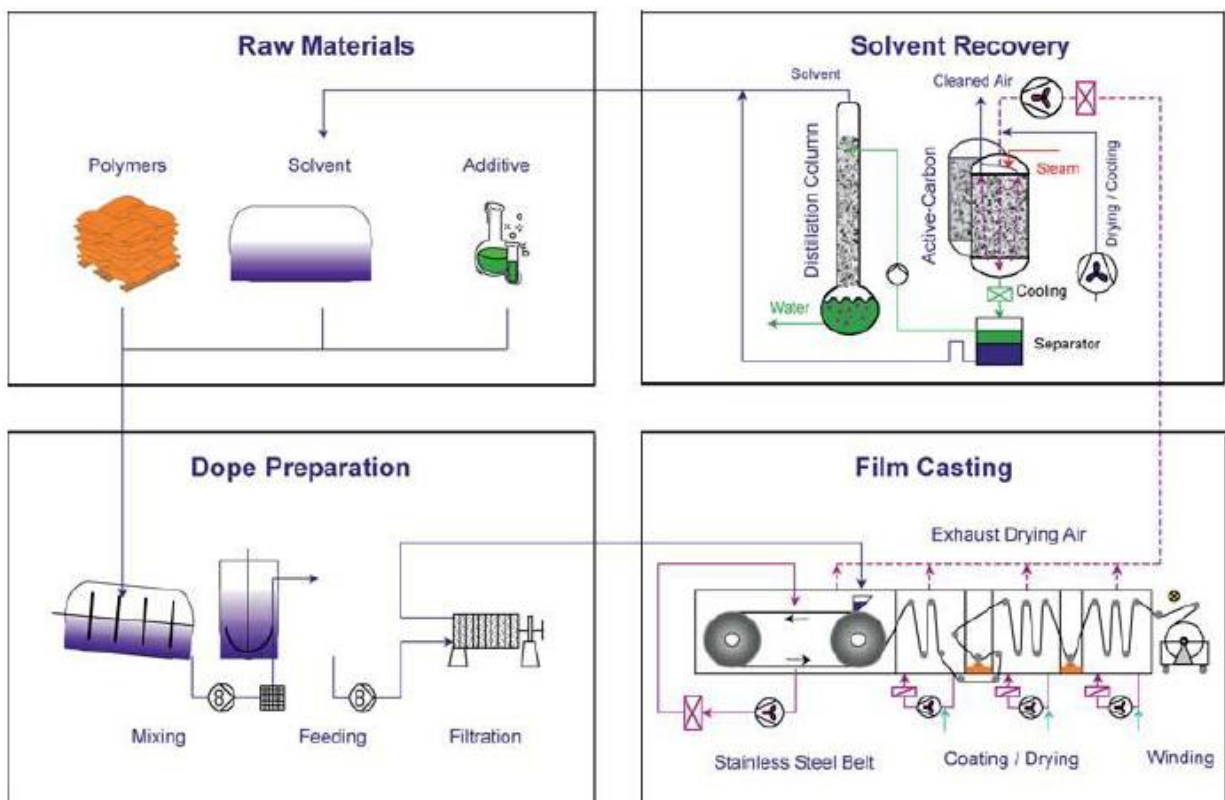
۱. روش مرطوب (روش قالب گیری و تبخیر حلال)

در این روش بیوپلیمر را در حلال مناسبی پخش و محلول می کنند سپس حلال را از آن جدا می کنند. جداسازی حلال توسط روش هایی مانند تبخیر حلال، رسوب دادن فاز جامد توسط تغییر pH، تغییر قطبیت حلال یا افزودن الکترولیت ها صورت می گیرد (بان^۲ و همکاران، ۲۰۰۶) این روش برای تحقیق بر روی فیلم های پروتئینی روش مناسبی است. تجهیزات متنوعی برای این روش وجود دارد؛ از صفحات کاستینگ ساده گرفته تا پوشش دهنده های آزمایشگاهی پیشرفته تر بچ و پیوسته. بیشترین روش مورد استفاده محققین برای تهیه فیلم های پروتئینی، پخش کردن دستی محلول رقیق فیلم (۵-۱۰٪ پروتئین) و نرم کننده به درون پتری دیش یا صفحات و سپس خشک کردن در شرایط محیطی یا رطوبت نسبی کنترل شده است زیرا هم موثر است و هم از لحاظ اقتصادی به صرفه می باشد. پارامترهای مورد نیاز برای تعیین شرایط تولید فیلم به روش پیوسته شامل دمای هوا، خصوصیات سطحی جزء مورد عمل، دبی و زمان خشک شدن است. فیلم ها می توانند در هوای محیط، به وسیله هوای گرم، انرژی مادون قرمز یا انرژی مایکروویو خشک شوند. روش خشک کردن می تواند به

¹ Solvent Casting

² Ban

طور چشمگیر خصوصیات فیزیکی فیلم نهایی مثل مورفولوژی، ظاهر و خصوصیات ممانعت کنندگی و مکانیکی را تحت تاثیر قرار دهد(پرز-گاگو^۱ و کروچتا^۲ ۲۰۰۰). به عنوان مثال زنجیره های پلی مری ممکن است قبل از رسیدن به ساختار بهینه به طور ناگهانی تثبیت شود(خشک شدن سریع) که این امر نفوذپذیری فیلم را تحت تاثیر قرار می دهد(ریدینگ و اسپرینگ^۳ ۱۹۸۴؛ جرنر^۴ ۱۹۹۲).



شکل ۱-۱: نمایی از تولید فیلم به روش مرطوب

۲. روش ترموپلاستیک^۵ یا روش خشک

¹ Perez-Gago

² Krochta

³ Reading and spring

⁴ Greener

⁵ Thermoplastic Bold