

## مروری بر اهمیت فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی در نگهداری مواد غذایی

مهسا عباسپور<sup>۱</sup>، دکتر فروغ محترمی<sup>۲\*</sup>، پروفیسور محسن اسمعیلی<sup>۳</sup>.

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

۲- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه ارومیه، ایران

۳- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه ارومیه، ایران

### چکیده

در طی سال‌های اخیر آلودگی ناشی از مواد بسته‌بندی تولید شده از مشتقات نفتی و مشکلات ناشی از روش‌های مختلف آلودگی زدایی (مانند دفن کردن، سوزاندن و بازیافت آن‌ها) توجه پژوهشگران را به یافتن جایگزین‌های مناسب برای این نوع مواد بسته‌بندی معطوف کرده است. در این بین صنعت بسته‌بندی با به‌کارگیری مواد و روش‌های بسته‌بندی نوین و مناسب نقش مهمی در کاهش ضایعات مواد غذایی و نیز تولید محصولات سالم‌تر ایفا نموده است. امروزه علاقه-مندی برای استفاده از پوشش‌های خوراکی به دلیل وجود فاکتورهایی مانند نگرانی‌های زیست محیطی به علت مصرف مواد بسته‌بندی، نیاز به روش‌های جدید و فرصت‌هایی برای ایجاد بازارهای جدید مصرف محصولات کشاورزی، نیاز صنعت غذا برای افزایش عمر انباری فرآورده‌ها و گرایش مصرف‌کنندگان به مصرف مواد غذایی طبیعی‌تر در حال گسترش است.

**کلمات کلیدی:** پوشش‌های خوراکی، نگهداری مواد غذایی، بسته‌بندی

### ۱. مقدمه

مدت طولانی است که مواد پلاستیکی مشتق شده از پلیمرهای نفتی به دلیل قابلیت استفاده زیاد، قیمت پایین و خصوصیات مثلاً سبکی، نرمی و شفافیت در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌شوند. این مواد به محیط زیست آسیب می‌رسانند و اغلب زیست تخریب ناپذیرند [1]. طی سال‌های اخیر آلودگی ناشی از مواد بسته‌بندی تولید شده از مشتقات نفتی و مشکلات ناشی از روش‌های مختلف آلودگی زدایی (مانند دفن کردن، سوزاندن و بازیافت آن‌ها) توجه پژوهشگران را به یافتن جایگزین‌های مناسب برای این نوع مواد بسته‌بندی معطوف کرده است. با توجه به پیشرفت سریع جوامع، یافتن مکان‌های مناسب برای دفن زباله‌های پلاستیکی محدود و محدودتر می‌شود. ضمناً سوزاندن زباله‌ها مقدار قابل توجهی CO<sub>2</sub>، گرما و در برخی موارد گازهای سمی تولید می‌کند که باعث آلودگی محیط زیست می‌شود. جمع‌آوری، جداسازی و پاکسازی این زباله‌ها به منظور بازیافت و فرآوری مجدد مستلزم مصرف انرژی و هزینه بالاست و البته موجب می‌شود قیمت بسته‌بندی‌ها افزایش و کیفیت آن‌ها کاهش یابد. چالش‌ها و نگرانی‌های اشاره شده در مورد بیوپلیمرها کمتر

\* Email: mohtarami.f@gmail.com

است چون فرآیند زیست تخریب پذیری آن‌ها در طبیعت انجام می‌شود [۲]. گرایش مصرف کنندگان به محصولات غذایی با کیفیت بهتر، تازه‌تر و نیز با دسترسی آسان‌تر بیش از پیش روبه افزودن نهاده است. در این بین صنعت بسته‌بندی با به-کارگیری مواد و روش‌های بسته‌بندی نوین و مناسب نقش مهمی در کاهش ضایعات مواد غذایی و نیز تولید محصولات سالم‌تر ایفا نموده است. بسته‌بندی مواد غذایی برای حفاظت غذا از گرما، نور، رطوبت، اکسیژن، میکروارگانیسم‌ها، حشرات و گرد و خاک توسعه پیدا کرده است. در چند دهه اخیر شاهد افزایش قابلیت‌های مطلوبی چون طولانی کردن عمر مواد غذایی به کمک کنترل واکنش‌های میکروبی، آنزیمی و بیوشیمیایی درون محیط بسته‌بندی با اجرای راهبردهای مختلفی چون حذف اکسیژن، آزادسازی کنترل شده نمک‌ها، کربن‌دی‌اکسید و غیره بودیم [۳]. سالیان طولانی است که پوشش‌های خوراکی\* برای نگهداری بهتر محصولات غذایی و افزایش جذابیت ظاهری آن‌ها استفاده می‌شوند. برای مثال از دوران باستان چینی‌ها پرتغال و لیموی تازه را با لایه نازکی از موم می‌پوشاندند تا خشک شدن آنها به تعویق بیفتد [۴و۵]. این کار هم اکنون نیز انجام می‌شود. پوشش دادن علاوه بر اینکه از خشک شدن جلوگیری می‌کند باعث ایجاد ظاهری جذاب، کاهش تبادل گازهای تنفسی و عدم رشد کپک‌ها و حشرات بر روی میوه‌ها و سبزی‌ها می‌گردد [۶و۷]. امروزه علاقه‌مندی برای استفاده از پوشش‌های خوراکی به دلیل وجود فاکتورهایی مانند نگرانی‌های زیست محیطی به علت مصرف مواد بسته-بندی، نیاز به روش‌های جدید و فرصت‌هایی برای ایجاد بازارهای جدید مصرف محصولات کشاورزی، نیاز صنعت غذا برای افزایش عمر انباری فرآورده‌ها و گرایش مصرف‌کنندگان به مصرف مواد غذایی طبیعی‌تر در حال گسترش است. تقاضای بالای مصرف‌کنندگان برای کیفیت بهتر و حفظ تازگی محصولات غذایی با پیشرفت کاربرد فیلم‌های خوراکی رو به افزایش است [۸].

## ۲. تاریخچه

در اواخر دهه ۱۹۵۰ امولسیون‌های روغن در آب موم کارنوبا<sup>□</sup> جهت پوشش دادن میوه‌ها و سبزی‌ها به کار گرفته شد. ایده اولیه‌ی استفاده از پوشش‌های خوراکی از پوشش‌های طبیعی که روی سطح میوه‌ها و سبزی‌ها قرار دارد گرفته شده است. موم<sup>□</sup> برای مدت طولانی به عنوان روکش میوه‌ها و سبزی‌ها در کاهش فساد فیزیولوژی در پروسه هجوم میکروبی و کنترل تبادل گازها کاربرد داشت ولی در مورد کاربردهای فیلم‌های خوراکی<sup>□</sup> در پروسه مواد غذایی به خصوص آنهایی که دارای رطوبت بالایی هستند توجه زیادی نشده است. فیلم‌های کلاژنی به عنوان پوشش سوسیس و بعضی فیلم‌های متیل سلولز به عنوان کیسه برای مواد غذایی خشک استفاده می‌شود. اما به طور کلی کاربرد پوشش‌های خوراکی بیشتر از فیلم-های خوراکی است. پوشش‌های واکسی بر روی میوه‌ها و سبزیجات، پوشش‌های زئین بر روی آبنبات و پوشش‌های قندی بر روی مغزها رایج‌ترین کاربرد پوشش‌های خوراکی می‌باشند [۷].

## ۳. تعریف فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی

\* Edible Coatings

□ Carnuba Wax

□ Wax

□ Edible Films

فیلم‌ها یا پوشش‌های خوراکی را می‌توان به صورت لایه‌های نازکی از مواد خوراکی تعریف کرد که توسط مصرف کننده خورده می‌شوند و این مواد می‌توانند مانعی در برابر رطوبت، اکسیژن و یا حرکت محلول درون خود غذا یا بین غذا و محیط پیرامون آن باشد. فیلم‌ها با پوشش‌ها متفاوت هستند زیرا فیلم‌ها ورقه‌های مستقل از مواد هستند در حالی که پوشش‌ها مستقیماً روی محصولات قرار می‌گیرند. فیلم‌های خوراکی باید دارای خواص ممانعتی\* خوب و در عین حال دارای ویژگی‌های حسی قابل قبول (احساس به وجود آمده در دهان نسبت به طعم و مزه آن در حین مصرف و پس از مصرف) باشند، همچنین دارای یک ساختار منعطف و کششی باشند تا به آسانی روی سطح غذا مورد استفاده قرار گیرند و ترکیبات آن نیز با قوانین سازگار باشد [۱۰ و ۹]. تفاوت عمده بین فیلم‌ها و پوشش‌ها در این است که پوشش خوراکی در حالت مایع از طریق غوطه‌ور کردن محصول درون محلول پوشش<sup>‡</sup>، به کار گرفته می‌شود ولی فیلم خوراکی ابتدا به شکل ورقه‌های جامد درآمده و سپس به عنوان پوشش برای ماده غذایی استفاده می‌شود [۱۱ و ۱۲].

#### ۴. اهمیت استفاده از پوشش‌های خوراکی

پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی دارای فواید گوناگونی هستند و یک نوآوری در مفهوم بسته‌بندی فعال<sup>□</sup> زیست تخریب پذیر می‌سازند. این بسته‌بندی‌های فعال به عنوان یکی از راه‌های اساسی کنترل تغییرات فیزیولوژیکی، میکروبی، فیزیکی و شیمیایی در مواد غذایی مطرح می‌باشند و معمولاً به‌طور مستقیم بر روی سطح محصولات به کار برده می‌شوند. این فیلم‌ها می‌توانند به نگهداری و بهبود کیفیت مواد غذایی تازه، منجمد و فرآورده‌های گوشتی فرآوری شده با کاهش دادن افت رطوبت، اکسیداسیون چربی و زوال رنگ و عمل به‌صورت یک حامل در انتقال مواد آنتی‌اکسیدان و ترکیبات ضد میکروبی منجر شوند [۱۳ و ۱۴ و ۱۵]. مزایای پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی نسبت به سایر مواد بسته‌بندی پلیمری مصنوعی عبارتست از:

- ۱- مصرف توأم پوشش‌ها با محصول بسته‌بندی شده بدون اینکه باقیمانده‌ای از آن دور ریخته شود
- ۲- به دلیل قابلیت تجزیه‌پذیری فیلم‌ها و پوشش‌ها آلودگی محیطی کاهش می‌یابد
- ۳- فیلم‌ها باعث بهبود خواص ارگانولپتیک<sup>□</sup> مواد بسته‌بندی می‌شوند بدین ترتیب که ترکیبات مختلف نظیر طعم دهنده‌ها، رنگ‌ها و شیرین کننده‌ها می‌توانند همراه آن‌ها منتقل شوند
- ۴- فیلم‌ها و پوشش‌ها می‌توانند به عنوان مکمل ارزش تغذیه‌ای مواد غذایی در نظر گرفته شوند
- ۵- پوشش‌ها را می‌توان برای بسته‌بندی برخی مواد غذایی در مقادیر کم نظیر انواع نخود، لوبیا، دانه‌های روغنی و توت فرنگی به کار برد
- ۶- فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی را می‌توان به عنوان انتقال دهنده ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدان در نظر گرفت
- ۷- این مواد می‌توانند به آسانی برای تولید میکروکپسول‌های طعم دهنده مواد غذایی و عوامل تخمیر کننده به کار روند [۱۶].

#### ۵. مواد تشکیل دهنده فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی

\* Barrier

† Film Forming Solution

‡ Active Packaging

§ Organoleptic

موادی که برای تشکیل فیلم‌ها یا پوشش‌های خوراکی به کار می‌روند را می‌توان به طور سنتی در ۳ گروه جای داد که این گروه‌ها شامل: پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها، لیپیدها و مشتقات آن‌ها می‌باشد [۱۷۶].

### ۱.۵. پلی‌ساکاریدها

پلی‌ساکاریدها شامل نشاسته، دکسترین، پکتین، آلژینات‌ها، کیتوزان و اشکال مختلف سلولز از قبیل کربوکسی متیل سلولز (CMC) و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز (HPMC) و صمغ‌های میکروبی مثل دکستران و پولولان و کارلان می‌باشند [۱۸].

### ۲.۵. پروتئین‌ها

پروتئین‌ها به دو دسته گیاهی و حیوانی تقسیم می‌شوند. پروتئین‌های حیوانی شامل کازئین، ژلاتین، آلبومین، پروتئین آب پنیر و کلاژن می‌باشند. پروتئین‌های گیاهی نیز شامل زئین ذرت، ایزوله پروتئین سویا و گلوتن گندم می‌باشند [۱۹].

### ۳.۵. لیپیدها

لیپیدها شامل اسیدهای چرب، مونو، دی و تری‌گلیسریدها، واکس‌ها، کره کاکائو، روغن‌های سویا، پالم، کلزا و آفتابگردان و غیره می‌باشند [۹].

### ۶. روش‌های تشکیل پوشش‌های خوراکی

پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی به دو روش ساخته می‌شوند:

الف) روش ترموپلاستیک\* که مبتنی بر ویژگی‌های ترموپلاستیک مواد تشکیل دهنده فیلم است.

ب) روش حلال، که مبتنی بر حل شدن مواد تشکیل دهنده فیلم درون فاز حلال است و به دنبال آن تبخیر حلال است.

روش ترموپلاستیک شامل شکل دهی مواد تشکیل دهنده فیلم با استفاده از فرآیندهای حرارتی یا حرارتی- مکانیکی به شرط هیدراسیون پایین است و موجب تغییرهای ساختاری در مواد، مثل ذوب شدن لیپیدها و بخش‌های کریستالی (بلوری) پلی‌مرها، یا انتقال از حالت شیشه‌ای به حالت لاستیکی در بخش‌های آمورف (بی‌شکل) پلی‌مرها می‌شود [۲۰ و ۹]. این روش متداول‌ترین شیوه تشکیل فیلم‌ها و پوشش‌های لیپیدی است. با این وجود، استفاده از این روش برای شکل-دهی هیدروکلئیدها کمتر از روش حلال است. مواد در یک دمای مناسب ذوب می‌شوند و دوباره در روی یک سطح به حالت جامد در می‌آید. ذوب شدن و سفت شدن منجر به ایجاد یک آرایش شبکه‌ای متراکم کریستالی از مواد لیپیدی می-

\* Termoplastic

شود. لیپیدهای دارای نقطه ذوب بالا مثل واکسها به توجه خاصی نیاز دارند زیرا به سرعت سفت می‌شوند. بنابراین، عمدتاً از آن‌ها به عنوان امولسیون یا دیسپرسیون استفاده می‌شود و می‌توان با استفاده از روش حلال بر این مشکل چیره شد. در روش حلال، جداسازی مواد حل شده یا پراکنده شده از فاز حلال را می‌توان با رسوب یا تغییر فاز القا شده با تبخیر حلال، افزودن الکترولیت، تغییر PH یا تیمار حرارتی، توضیح داد [۲۱ و ۹]. چنین تیمارهایی را می‌توان به گونه‌ای تنظیم کرد که تشکیل فیلم یا ویژگی‌های مخصوص آن افزایش یابد. در مورد فیلم‌های کامپوزیت یا پوشش‌های امولسیونی، یک ماده لیپیدی و به احتمال خیلی زیاد یک سورفاکتانت به محلول اضافه می‌شود و سپس تا بالای نقطه ذوب لیپید حرارت داده و هموژنیزه می‌گردد. سپس محلول آماده شده روی یک سطح مناسب قرار می‌گیرد و حلال بخار می‌گردد.

#### ۷. فیلم‌ها و پوشش‌های کامپوزیت (مرکب)

در حالت کلی، خصوصیات بازدارندگی در مقابل رطوبت پوشش‌های پروتئینی و پلی‌ساکاریدی به علت ماهیت آبدوست آن‌ها پایین است. تحقیقات اخیر روی توسعه پوشش‌های کامپوزیت تمرکز کرده‌اند [۲۳ و ۲۲]. لیپیدهای خالص را می‌توان با هیدروکلئیدهایی مثل پروتئین‌ها، نشاسته‌ها یا سلولز و مشتقات آن‌ها ترکیب کرد. برای این کار می‌توان لیپیدها را در محلول تشکیل دهنده فیلم هیدروکلئید پراکنده کرد (تکنیک امولسیون) و یا لایه لیپیدی را روی سطح فیلم هیدروکلئیدی که از قبل تشکیل شده رسوب داد تا فیلم چندلایه\* به وجود آید [۹ و ۷]. پوشش‌های کامپوزیت را می‌توان در دو گروه چندلایه یا امولسیونی طبقه‌بندی کرد. در پوشش‌های چندلایه، معمولاً لیپیدها یک لایه نازک روی لایه پروتئینی یا پلی‌ساکاریدی تشکیل می‌دهند. در سیستم امولسیونی لیپیدها درون ماتریکس هیدروکلئیدی پراکنده می‌شوند [۲۳ و ۲۴]. کاربرد فیلم‌های خوراکی به خصوص هنگامی که از مواد آب‌گریز یا چربی دوست بر روی سطوح مرطوب مانند برش‌های میوه‌ها و سبزیجات، استفاده می‌شود، دشوار است. به کارگیری مستقیم هر نوع لیپید بر روی یک سطح آب دوست یا مرطوب منجر به چسبندگی ضعیف در سطح مشترک بین فیلم و ماده غذایی می‌شود. استفاده از پوشش چندلایه یک راه حل عملی برای این مشکل است که با کاربرد لایه‌های مختلف، از نفوذ بیشتر یک ترکیب جلوگیری می‌کند. به عنوان مثال، سطح مرطوب قطعات برش یافته یک سیب ابتدا با آلژینات اتصال عرضی شده با یون‌های کلسیم پوشش داده شد. این پوشش اولیه بنیان و تکیه‌گاه بهتری برای پوشش آب‌گریز منوگلیسرید استیل‌دار شده ایجاد کرد [۲۵].

#### ۸. خواص ممانعتی فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی

خصوصیات ممانعت‌کنندگی نهایتاً توان فیلم‌ها و پوشش‌ها برای بهبود نگهداری یا عمر انباری محصولات مختلف غذایی را تعیین می‌کند. اندازه‌گیری‌های رایج شامل نفوذپذیری به بخار آب یا گاز، به‌طور زیادی به ساختار فیلم بستگی دارند، زیرا مواد نفوذ کننده معمولاً از طریق نواحی آمورف از میان یک فیلم یا پوشش عبور می‌کنند. ترکیبات فیلم هر دو ویژگی‌های ممانعت‌کنندگی و مکانیکی را تحت تأثیر قرار می‌دهند زیرا باعث تغییر ساختار فیلم، حرکت زنجیره‌ها و ضرایب انتشار مواد نفوذ کننده می‌شوند.

\* Bilayer Film

### ۱.۸. خصوصیات ممانعت کنندگی در برابر گاز

اغلب غذاها برای حفظ تازگی و کیفیت خود در طول مدت نگهداری به شرایط اتمسفری خاص نیاز دارند. بسته بندی محصولات غذایی با مخلوط گازی ویژه، تحت عنوان بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده شناخته می شود که می تواند کیفیت و ایمنی محصولات را حفظ کند. برای اطمینان از اینکه ترکیب گازی در داخل بسته بندی ثابت مانده است نیاز است که مواد مورد استفاده در بسته بندی خصوصیات ممانعت کنندگی در برابر گاز مشخصی داشته باشند. در اکثر بسته بندی های با اتمسفر اصلاح شده مخلوط گازی داخل بسته بندی دی اکسید کربن، اکسیژن، نیتروژن و یا ترکیبی از آن ها می باشد. فیلم های پلی ساکاریدی مانند آلژینات، اترسلولز، کیتوزان، کاراگینان یا پکتین عموماً در برابر گازها خواص ممانعت کنندگی خوبی را نشان می دهند. افزودن لیپید یا نشاسته به فرمولاسیون فیلم می تواند خصوصیات ممانعت کنندگی در برابر اکسیژن و روغن را بهبود بخشد. خواص نفوذپذیری در برابر گاز برخی فیلم ها به همراه اتمسفر اصلاح شده مناسب باعث افزایش عمر انباری شده بدون اینکه نیازی به ایجاد شرایط بی هوازی باشد. افزودن اسیدهای چرب آزاد در شکل امولسیون به همراه پروتئین ها می تواند نفوذپذیری اکسیژن و دی اکسید کربن را افزایش دهد. این در حالی است که افزودن مونوگلیسریدهای استیله شده دقیقاً تاثیر برعکس دارد.

### ۲.۸. نفوذپذیری به بخار آب

به طور شاخص و برجسته ویژگی آبدوستی پلیمرهای طبیعی مانند پروتئین ها و پلی ساکاریدها باعث افت و ضعف در خصوصیات ممانعت کنندگی در برابر بخار آب می شوند. مطابق گزارش هنریکو و همکارانش (۲۰۰۷) مشخص شد که نفوذپذیری در برابر آب به صورت مستقیم با میزان گروه های هیدروکسیل در مولکول وابسته است. هم چنین شرایط محیطی نیز می توانند بر روی نفوذپذیری به بخار آب تاثیرگذار باشند. به طور کلی رطوبت نسبی بالا (۹۰ درصد) و نگهداری در دمای پایین ( $-30^{\circ}\text{C}$ ) باعث بهبود نفوذپذیری به بخار آب می گردد. لیپیدها تمایل کمی نسبت به اختلاط با آب دارند که این ویژگی می تواند در کاهش نفوذپذیری فیلم ها به بخار آب مفید واقع شود. به عنوان مثال، نفوذپذیری به بخار آب فیلم های کازئینات خالص با افزودن ترکیبات لیپیدی (موم) به مقدار ۷۰٪ کاهش یافت. علاوه بر این خصوصیات قطبی لیپیدهای مورد استفاده مولفه مهمی جهت بررسی تاثیر آن می باشد. لیپیدهای جامد مانند روغن پالم، استئاریک اسید، موم و پارافین خصوصیات نفوذپذیری به بخار آب کمتری نسبت به فیلم های اترهای سلولزی با لیپیدهای مایع مانند اولئیک اسید دارند [۲۶].

### ۹. فیلم ها و پوشش های ممانعت کننده رطوبت\*

\* Edible Moisture Barriers

امروزه کنترل انتقال جرم و به‌طور خاص انتقال رطوبت هنوز هم یک چالش مهم برای حفظ کیفیت مواد غذایی تازه یا پروسس شده مثل میوه، گوشت و غذاهای دریایی، می‌باشد. در مواد غذایی مرکب آماده به خوردن محدود کردن انتقال رطوبت داخلی بین اجزا نیز از نگرانی‌های عمده است. این موضوع از آنجایی مهم است که تقاضای مصرف‌کنندگان برای این نوع از محصولات افزایش یافته است. انتقال رطوبت از جزء مرطوب به خشک در این محصولات خواص فیزیکی مخصوصا بافت و ترکیب شیمیایی ماده غذایی و در نتیجه کیفیت و ماندگاری آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۲۷]. مهاجرت رطوبت\* در غذا زمانی اتفاق می‌افتد که در فعالیت آبی<sup>†</sup> اجزای مختلف ماده غذایی چند جزئی، یا بین فعالیت آبی ماده غذایی و محیط پیرامون تفاوت وجود داشته باشد. این موضوع باعث اثرات زیان آور بر کیفیت ماده غذایی مانند از دست دادن تدری مخروط بستنی، خشک شدن شکلات، شکرک زدن و ترک خوردن پوشش‌های شکلات می‌شود [۲۹ و ۲۸]. مهاجرت رطوبت در غذا با روش‌های گوناگونی کنترل می‌شود. یکی از روش‌ها مطمئن شدن از فعالیت آبی یکسان اجزا ماده غذایی چند جزئی است. این روش معمولا عملی نیست از آنجاییکه افزایش فعالیت آبی اجزا منجر به تغییر در خصوصیات بافتی می‌شود [۳۰]. روش دیگر محدود کردن مهاجرت رطوبت بین ماده غذایی و محیط پیرامون از طریق بسته‌بندی است که در جلوگیری از مهاجرت رطوبت بین اجزای ماده غذایی چند جزئی کافی نیست [۳۱]. یک راه حل عملی به‌کار بردن یک لایه هیدروفوبیک لیپیدی خوراکی برای محدود کردن و کنترل مهاجرت رطوبت در مواد غذایی است. به عنوان مثال یک ترکیب چربی که به سرعت در درجه حرارت عملیات متبلور می‌شود، برای استفاده به عنوان پوشش محصولات پخته شده ثبت شده است. این ترکیب چربی می‌تواند از مهاجرت رطوبت و ترک خوردگی و یا تعریق پوشش در طول ذخیره‌سازی، جلوگیری کند [۳۲]. سطح بالایی از نواقص بسته‌بندی می‌تواند مربوط به نفوذپذیری به بخار آب بالاتر و خاصیت ممانعت رطوبت کمتر باشد. Duong و همکاران [۳۳] گزارش کردند که شرایط فرآیند شامل خنک کردن و سرعت برشی بر شبکه‌های کریستال چربی و متعاقبا خاصیت ممانعت از رطوبت، تاثیر می‌گذارد. برش (shear)، تشکیل کریستال‌های نامنظم و ناهمگن چربی متشکل از کریستال‌های کوچک و بزرگ را که نفوذپذیری به بخار آب اسیدهای چرب اشباع بلند زنجیر را افزایش می‌دهند، ارتقا می‌دهد [۳۴]. موانع رطوبت خوراکی معمولا شامل چربی هستند. با توجه به پیوستگی کم با آب چربی‌ها معمولا به عنوان موثرترین محافظ رطوبت در فرمولاسیون پوشش‌های محافظ قرار داده می‌شوند. با این حال مواد بر پایه چربی خواص مکانیکی ضعیفی داشته، در نتیجه آن‌ها برای بهبود خواص مکانیکی و ساختاری با پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدها ترکیب می‌شوند [۳۵].

#### ۱۰. نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر اطمینان از ایمنی غذا به یک موضوع مهم تبدیل شده است. فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی به دلیل فواید بسیاری از جمله زیست تخریب‌پذیر بودن، خواص مکانیکی و ممانعتی مطلوب، مفهوم جدیدی در بسته‌بندی مواد غذایی ایجاد نموده‌اند. فرآیند طراحی و تولید فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی از پیچیدگی خاصی برخوردار است. علی‌رغم پژوهش‌های بسیار گوناگون انجام شده، هنوز جای کار و پژوهش گسترده‌تری در این زمینه وجود دارد.

\* Moisture Migration

† Water Activity

## ۱۱. منابع

- 1.Tharanathan, R. N. (2003). Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. *Trends in Food Science & Technology*,14(3),71-78.
- 2.Ray, S. S., & Bousmina, M. (2005). Biodegradable polymers and their layered silicate nanocomposites: in greening the 21st century materials world. *Progress in materials science*, 50(8), 962-1079.
- 3.Han, J. H. (2014). Chapter9- Edible Films and Coatings: A Review. In "Innovations in Food Packaging (Second Edition)" (J .H. Han, ed.), pp. 213-255. Academic Press, San Diego.
- 4.Catherin, N. Cutter, S., & Susan, S. (2002). Application of edible coating on muscle foods, chapter 8. Book C. R. C.
- 5.Gueguen, J., Viroben, G., Noireaux, P., & Subirade, M. (1998). Influence of plasticizers and treatments on the properties of films from pea proteins. *Industrial crops and products*, 7(2), 149-157.
- 6.Guilbert, S. (1986). Technology and application of edible protective films.In Mathlouthi, M. (Ed.), *Food packaging and preservation*, p. 371–394. London, UK: Elsevier Applied Science
- 7.Krochta, J. M., & Mulder-Johnston, D. E. (1997). Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. *Food technology (USA)*.
- 8.Beverly, R. L., Janes, M. E., Prinyawiwatkula, W., & No, H. K. (2008). Edible chitosan films on ready-to-eat roast beef for the control of *Listeria monocytogenes*. *Food Microbiology*, 25(3), 534-537.
9. Bourlieu-Lacanal, C., Guillard, V., Vallès-Pàmies, B., and Gontard, N. (2007). Edible moisture barriers: materials, shaping techniques and promises in food product stabilization. Editions Springer
- 10.Guilbert, S., Gontard, N., & Cuq, B. (1995). Technology and applications of edible protective films. *Packaging Technology and Science*, 8(6), 339-346
- 11.Falguera, V., Quintero, J. P., Jiménez, A., Munoz, J. A., & Ibarz, A. (2011). Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science and Technology*, 22(6), 292-303.
- 12.Tavassoli-Kafrani, E., Shekarchizadeh, H., & Masoudpour-Behabad, M. (2016). Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. *Carbohydrate Polymers*, 137, 360-374.



13. Chamanara, V., Shabanpour, B., Gorgin, S., & Khomeiri, M. (2012). An investigation on characteristics of rainbow trout coated using chitosan assisted with thyme essential oil. *International journal of biological macromolecules*, 50(3), 540-544.
14. Sothornvit, R. and Krochta, J. M. (2001). Plasticizer effect on mechanical properties of  $\beta$ -lactoglobulin films. *Journal of Food Engineering*, 50, 149-155.
15. Bourtoom, T. (2008). Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal*, 15(3), 237-248.
16. Gennadios, A. (2004). Protein-Based Films and Coatings. In: *Comprehensive Dictionary of Physical Chemistry* pp. 15-65.
17. Kester, J. J. and Fennema, O. (1986) Edible films and coatings: a review. *Food Technology*. 40(12), 47-49
18. Williams, R. and Mittal, G.S. Water and fat transfer properties of poly saccharide films on pastry mix. *Lebenssm.- Wiss. U. Technol.* (1999), 32:440-445.
19. Munoz, H.P., Kanavouras, A., Perry, K.W.N and Gavar, R. Development and characterization of biodegradable films made from wheat gluten protein fractions. *J. Agric. Food Chem.* (2003), 51:2647-2654.
20. Guilbert, S. and Cuq, B. (1998) Les films et enrobages comestibles. In: G. Bureau, J. Multon (Eds.), *L'emballage des Denrées Alimentaires de Grande Consommation* Lavoisier- TEC& DOC, Paris, pp. 2-66.
21. McHugh, T. H., & Krochta, J. M. (1994). Water vapor permeability properties of edible whey protein-lipid emulsion films. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 71(3), 307-312
22. Bourtoom, T. (2008). Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal*, 15, 1-12.
- Flores, Z., San Martín, D., Villalobos-Carvajal, R., Tabilo-Munizaga, G., Osorio, Z.F., & Leiva-Vega, J. (2016). Physicochemical characterization of chitosan-based coating-forming emulsions: Effect of homogenization method and carvacrol content. *Food Hydrocolloids*, 61, 851-857.
24. Galus, S., & Kadzinska, J. (2015). Food applications of emulsion-based edible films and coatings. *Trends in Food Science & Technology*, 45(2), 273-283.
25. Wong, D. W., Camirand, W. M., & Pavlath, A. E. (1994). Development of edible coatings for minimally processed fruits and vegetables. *Edible coatings and films to improve food quality*, 65-88

26. Embuscado, M. E., & Huber, K. C. (2009). *Edible films and coatings for food applications*: Springer.
27. Katz, E. E., & Labuza, T. P. (1981). Effect of water activity on the sensory crispness and mechanical deformation of snack food products. *Journal of Food Science*, 46(2), 403-409.
28. Ghosh, V., Duda, J. L., Ziegler, G. R., & Anantheswaran, R. C. (2004). Diffusion of moisture through chocolate-flavoured confectionery coatings. *Food and bioprocess processing*, 82(1), 35-43.
29. Labuza, T. P., & Hyman, C. R. (1998). Moisture migration and control in multi-domain foods. *Trends in Food Science & Technology*, 9(2), 47-55.
30. Ghosh, V., Ziegler, G. R., & Anantheswaran, R. C. (2005). Moisture migration through chocolate-flavored confectionery coatings. *Journal of food engineering*, 66(2), 177-186.
31. Biquet, B., & Labuza, T. P. (1988). Evaluation of the moisture permeability characteristics of chocolate films as an edible moisture barrier. *Journal of Food Science*, 53(4), 989-998.
32. Kumie, K., Toshihiro, S., Kazusue M. (2007) Coating oil and fat composition JP2007319043 (A).
33. Duong Q, Purgianto A, Maleky F (2015) Dynamics of moisture diffusivity in solid triacylglycerol matrices. *Food Res Int* 75:131–139
34. Holthuis, J. C., & Menon, A. K. (2014). Lipid landscapes and pipelines in membrane homeostasis. *Nature*, 510(7503), 48-57.
35. Wu, Y., Weller, C. L., Hamouz, F., Cuppett, S. L., & Schnepf, M. (2002). Development and application of multicomponent edible coatings and films: A review. *Advances in food and nutrition research*, 44, 347-394.