قابلیت و ویژگی‌های عملکردی فیلم‌های خوراکی بر پایه امولسیون

مرسده حسینی سلوط [1*]، جعفر محمدزاده میلانی [2]

تاریخ دریافت مقاله: اسفند ماه ۱۳۹۵

تاریخ پذیرش مقاله: مرداد ماه ۱۳۹۶

چکیده

آگاهی روز افزون مصرف‌کنندگان در مورد سبک زندگی سالم، منجر به تحقیق در مورد روش‌های جدید طولانی کردن زمان ماندگاری محصولات غذایی بدون نیاز به مواد نگهدارنده شده است. بهبود خواص مکانیکی و بازدارندگی مرتبط با اجزای اصلی در شبکه پلیمرهای زیستی به دلیل علاقه روزافزون به ساختارهای مرکب می‌باشد. بررسی حاضر بر روی کاربردهای غذایی پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی امولسیونی متمرکز شده است. لیپیدها معمولاً برای ایجاد ویژگی آبگریزی و در نتیجه کاهش از دست دادن رطوبت به فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی اضافه می‌شوند. طیف بسیار گسترده‌ای از مواد چرب از جمله موم‌های طبیعی، رزین‌ها، استوگلیسیریدها، اسیدهای چرب، مواد با پایه نفتی، مواد معدنی و روغن‌های گیاهی موجود است. پیش از استفاده از پوشش، لازم است که فرایند امولسیون‌سازی فاز چربی در فاز آبی صورت گیرد. در بین روش‌های امولسیون‌سازی، هموژنیزاسیون روتور-استاتور مشهورترین روش می‌باشد. به طور کلی، فیلم‌های امولسیونی تولید شده از لیپیدها و هیدروکلوییدها، ویژگی‌های مکانیکی، ممانعت‌کنندگی در برابر رطوبت و شفافیت بیشتری را در مقایسه با فیلم‌های تک لایه لیپیدی نشان می‌دهند.

واژه‌های کلیدی

امولسیون، پوشش، فیلم خوراکی، ویژگی‌های عملکردی

۱- مقدمه

پوشش یا فیلم خوراکی می‌تواند به عنوان بسته‌بندی اولیه ساخته شده از اجزای خوراکی تعریف شود. یک لایه نازک از مواد خوراکی می‌تواند به طور مستقیم بر روی مواد غذایی لفاف مواد غذایی بدون تغییر مواد تشکیل‌دهنده اصلی یا به پوشش داده شود یا به صورت فیلم درآید و به عنوان روش پردازش استفاده شود. فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی برای بهبود خاصیت سدکنندگی رطوبت و گاز، خواص مکانیکی، ادراک (مشاهدات) حسی، راحتی، حفاظت میکروبی و طولانی شدن عمر مفید محصولات غذایی مختلف استفاده شده است [۳ و ٤] . پوشش‌های خوراکی به شکل مایع استفاده می‌شوند در حالی که فیلم‌های خوراکی به صورت ورقه‌های جامد به دست می‌آیند و سپس برای مواد غذایی به کار برده می‌شوند [٥] . فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی به خصوص برای نگهداری مواد غذایی به دلیل توانایی آن‌ها در بهبود کیفیت مواد غذایی در سرتاسر جهان در نظر گرفته شده‌اند [٦] .

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

(* نویسنده مسئول: mercedehosini@yahoo.com)

۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران(jmilany@yahoo.com).

پوشش‌های لیپیدی قرن‌ها برای محافظت از مواد غذایی و جلوگیری از افت رطوبت استفاده شده‌اند. اولین استفاده ثبت شده در چین در قرن دوازدهم میلادی در لیمو و پرتقال بود [۷] . در قرن شانزدهم در ایالت متحده، محصولات غذایی با پوشش‌های لیپیدی برای کنترل از دست دادن رطوبت پوشش داده شدند و سپس از موم پارافین، موم کارنوبا[1] و پوشش‌های امولسیون[2] روغن در آب برای میوه‌ها و سبزیجات تازه استفاده شد[۷] . در قرن بیستم، پوشش همچنین برای جلوگیری از دست دادن آب و افزودن درخشش به میوه‌ها و سبزی‌ها استفاده شد. پوشش‌های شلاک[3] از ذوب شدن آب نبات‌ها در دستان مصرف‌کنندگان جلوگیری می‌کند که این امر مانع کثیف شدن دستان مصرف‌کننده با مواد رنگی یا با شکلات می‌شود [۸] .

اخیراً بیشتر کارهای تحقیقاتی در زمینه مواد خوراکی بر فیلم‌های ترکیبی یا چند جزئی برای کشف مزایای مکمّل هر یک از اجزا برای کاهش معایب آن‌ها تمرکز یافته‌اند. فیلم‌های خوراکی تهیه شده از پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌ها ویژگی‌های مکانیکی مناسبی داشته ولی تراوایی زیادی در مقابل رطوبت دارند. در مقابل، فیلم‌های حاصل از ترکیبات لیپیدی، تراوایی پایینی نسبت به رطوبت داشته و از ویژگی‌های مکانیکی ضعیفی برخوردار می‌باشند. با آمیختن این دو نوع ماده، فیلم‌های مرکب حاصله از ویژگی‌های مطلوبی برخوردار خواهند بود [۱]. بیشتر فیلم‌ها یا پوشش‌های مرکب با یک ماتریکس[4] ساختاری آبدوست و یک ترکیب لیپید آبگریز، عملکرد بهتری از فیلم هیدروکلویید[5] خالص به خصوص به دلیل خواص مانع رطوبت خود دارند. مواد کامپوزیت[6] (مرکب یا ترکیبی) می‌توانند به صورت دولایه یا امولسیون به دست آیند. در یک سامانه کامپوزیت دولایه چربی (لیپید) به شکل لایه دوم، لایه پروتئین یا پلی‌ساکارید را احاطه می‌کند. در ساختار امولسیون، لیپید در ماتریکس بیوپلیمر پراکنده شده است. نقطه ضعف اصلی فیلم‌های دو لایه این است که روش آماده‌سازی آن‌ها نیاز به چهار مرحله دارد: دو مرحله ریختن و دو مرحله خشک کردن. دلیل اینکه فیلم‌های چند لایه با وجود فراهم کردن، موانع خوبی در برابر بخار آب در صنعت مواد غذایی کمتر محبوب هستند، همین است [۹]. همچنین تحقیقات نشان داده است که فیلم‌های دو لایه در طول زمان تمایل به پوسته پوسته شدن، گسترش سوراخ یا ترک دارند و ویژگی‌های سطحی، پیوستگی و چسبندگی غیریکنواخت را به نمایش می‌گذارند. مواد امولسیون شده در طی فرآیند ریختن و خشک کردن فیلم به دست می‌آیند. ویژگی‌های آن‌ها به روش‌های آماده‌سازی، نوع و مقدار اجزا (هیدروکلوئید و لیپید) و سازگاری آن‌ها و همچنین به ناهمگونی ریز ساختاری بستگی دارد [۱۰] .طولانی‌تر شدن عمر مفید مرکبات تازه با استفاده از چربی‌ها قرن‌هاست که شناخته شده است. امروزه تقاضای مصرف‌کنندگان برای محصولات آماده به مصرف (خوردن) با عمر مفید طولانی‌تر باعث تحقیقات در مورد روش‌های جدید شده است. همچنین مصرف‌کنندگان انتظار محصولات غذایی ایمن، حداقل فرآیند شده، بدون مواد افزودنی و با عمر ماندگاری بالا را دارند [۲] . تهیه سامانه‌های امولسیون برای پوشش‌دهی، فرصت لینک شدن[7] خواص اجزای هیدروکلوئید، اجزای لیپید و مانع مؤثر و کنترل شده ایجاد می‌کند. تعدادی از مطالعاتی که به تازگی منتشر شده‌اند در مورد اتصال(یکی شدن، تلفیق و پیوستگی) چربی‌ها به ماتریکس فیلم بیوپلیمر از جمله روغن‌های گیاهی، واکس‌ها یا اسیدهای چرب منجر به اصلاح چندین خواص فیلم‌های هیدروکلوییدی می‌شود. با این حال، یک بررسی بر روی پتانسیل کاربردهای غذایی فیلم‌ها و پوشش‌های مبتنی بر امولسیون در دسترس نیست. این فیلم‌ها را می‌توان برای محصولات غذایی مختلف به منظور بهبود کیفیت آن‌ها با طولانی‌تر کردن عمر مفید بکار برد. بنابراین در این کار،

1- Carnauba Wax
2- Emulsion Oil-in-Water Coatings
3- Shellac Coatings
4- Matrix
5- Hydrocolloid Film
6- Composite Materials
7- Opportunities to Link

روند موجود در تحقیقات در مورد کاربردهای مختلف فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی بر پایه امولسیون بررسی شده است و همچنین آخرین پیشرفت‌ها در ترکیبات آن‌ها (اجزای لیپید استفاده شده در ساختار ماتریکس) روش‌های شکل‌گیری و خواص کاربردی توصیف شده است[۱۰] .

۲- اجزا

فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی معمولاً بر اساس مواد ساختاری آن‌ها طبقه‌بندی می‌شوند: پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها، لیپیدها یا ترکیبی از آن‌ها. مزیت اصلی برخی از ساختارها، داشتن قابلیت استفاده به عنوان مواد بسته‌بندی فرآورده‌های غذایی و نیز قابلیت تجزیه‌پذیری بیولوژیکی[1] آن‌هاست. پروتئین‌های متداول که به عنوان فیلم‌ها پوشش‌های خوراکی استفاده شده‌اند، کلاژن، ژلاتین، کازئین، پروتئین آب پنیر، رزین ذرّت، گلوتن گندم، پروتئین سویا، پروتئین سفیده تخم مرغ، پروتئین میوفیبریل و کراتین می‌باشند. نشاسته، سلولز و مشتقات آن، پکتین، کیتوزان، آلژینات، کاراگینان، پلولان و صمغ ژلان مواد پلی‌ساکاریدی اصلی بررسی شده به عنوان مواد بسته‌بندی خوراکی هستند [۱۱]. پلاستی‌سایزرها (شامل گلیسرول[2]، سوربیتول[3]، مونوگلیسیریدها[4]، پلی‌اتیلن گلایکول[5] و گلوکز) اغلب برای افزایش انعطاف‌پذیری و الاستیسیته[6] مواد زیستی پایه استفاده می‌شوند. ترکیبات متعدّدی در تهیه فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی امولسیونی استفاده می‌شوند. لیپیدهای مختلفی (چربی‌ها و روغن‌ها) به محلول‌های تهیه فیلم برای شکل‌گیری ساختار امولسیون افزوده می‌شوند. با این حال، در میان آن‌ها موم‌های گیاهی و حیوانی، روغن‌ها و اسیدهای چرب گیاهی رایج‌تر هستند (جدول ۱). ویژگی‌های مواد خوراکی بر پایه امولسیون، تنها به ترکیبات استفاده شده در شبکه پلیمر بستگی ندارد بلکه به سازگاری و روش‌های تهیه آن‌ها نیز وابسته است. سازگاری بین اجزا و همچنین قابلیت امتزاج‌پذیری آن‌ها به طور مستقیم با ریزساختار فیلم‌ها که خواص نهایی آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد، در ارتباط است. اجزای ساختاری فیلم همگن و چسبناک‌تر سازگاری بیشتری با یکدیگر دارند. با این وجود، در شبکه فیلم امولسیونی پیوسته، زمانی که میان اجزای مورد استفاده ناسازگاری وجود داشته باشد یا میزان لیپید افزوده شده زیاد باشد، به دلیل توزیع ناهمگن ذرّات درون زمینه افت خواص مکانیکی مشاهده می‌گردد. بنابراین، جدایش فاز، یعنی ایجاد یک فاز غنی از هیدروکلوئید و یک فاز غنی از لیپید، به دلیل نبودن سازگاری بین دو جزء می‌تواند رخ دهد[۱۲]. روغن‌های گیاهی (روغن ذرّت، زیتون، کلزا و آفتابگردان) ارزان، غیرسمّی و غیرفرّار بوده و به راحتی در دسترس هستند و همچنین منبع اسیدهای چرب اشباع نشده می‌باشند و نیز استفاده از آن‌ها به عنوان پوشش خوراکی در مواد غذایی، فواید زیادی برای سلامتی دارد [۱۳] . موم‌ها استرهای زنجیره بلند اسیدهای چرب خطی با الکل‌های خطی زنجیره بلند هستند. آن‌ها در مقایسه با بسیاری از مواد تشکیل‌دهنده فیلم‌های خوراکی، به دلیل تعداد بسیار کم گروه‌های قطبی و تعداد بالای الکل‌های چرب زنجیره بلند و آلکان‌ها نسبت به نفوذ آب مقاوم‌تر هستند. موم‌های طبیعی مختلفی وجود دارند که از سبزیجات (به عنوان مثال، موم کارنوبا[7] کندلیلا[8] و نیشکر)، مواد معدنی (به عنوان مثال، موم‌های پارافین و میکروکریستال[9] یا

1- Biodegradability
2- Glycerol
3- Sorbitol
4- Monoglycerides
5- Polyethylene Glycol
6- Elasticity

7- Carnauba Wax
8- Candelila

۹- موم‌ها به عنوان یک فرآورده جنبی در طول تصفیه روغن‌ها به دست می‌آیند که معمولاً مورد استعمالی در خود پالایشگاه‌ها را ندارند. موم‌های به دست آمده از منابع نفتی به سه دسته: پارافینی، میکروکریستالی و نیمه میکروکریستالی تقسیم می‌شوند. کمیت و کیفیت موم‌های جدا شده از نفت خام بستگی به نوع منابع و میزان پالایش نفت تا قبل از جداسازی موم دارد. با این وجود، نفت خام برخی از منابع، فاقد موم و یا دارای مقدار کمی از آن می‌باشد. منابعی با غلظت‌های بالایی از موم در پنسیلوانیا، مناطق مرکزی امریکا،

حیوانات از جمله حشرات (به عنوان مثال، موم لانولین[1] چربی پشم[2]) مشتق شده‌اند در حالی که بعضی دیگر از موم‌ها مانند کربو واکس‌ها و واکس پلی‌اتیلن به طور مصنوعی تهیه شده‌اند. استرها (تری‌گلیسیریدها) و استرهای جزئی (مونو و دی‌گلیسیریدها) که از اسیدهای چرب و گلیسرول تشکیل شده‌اند نیز می‌توانند به عنوان مواد پوشش‌دهنده خوراکی استفاده شوند. تری‌گلیسیریدهای زنجیره بلند در آب نامحلول هستند در حالی که مولکول‌های زنجیره کوتاه تا حدّی در آب محلول می‌باشند. اسیدهای چرب غیراشباع، نقاط ذوب بسیار پایین‌تر و نرخ انتقال رطوبت بیشتری نسبت به انواع اشباع شده متناظر خود دارند. از میان چربی‌ها، موم‌ها بهترین خواص بازدارندگی نسبت به بخار آب را فراهم می‌کنند؛ اما فیلم‌هایی شکننده ایجاد می‌نمایند [۱٤] . اسانس‌های روغنی مختلف (سیر، لیمو، پونه کوهی، آویشن، رز ماری) اغلب در یک فرآیند امولسیونی به فیلم‌های خوراکی اضافه می‌شوند زیرا به دلیل دارا بودن خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی به عنوان مواد فعال ایفای نقش می‌کنند [۱۵].

عوامل فعال سطحی و امولسیون‌کننده‌ها مانند لسیتین[3] مونو و دی گلیسیریدها یا استرهای مونو و دی گلیسیرید به منظور بهبود ویژگی‌های عملکردی از طریق پایدار کردن سامانه‌های پراکنده و افزایش پراکندگی ذرّات در فیلم‌های خوراکی ترکیبی بر پایه امولسیون به فرمولاسیون[4] پوشش‌ها و فیلم‌های امولسیونی اضافه می‌شوند [۸] .

۳- تشکیل فیلم‌ها و پوشش‌های بر پایه امولسیون

فنّاوری‌های زیادی برای تولید فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی وجود دارند. فرایند امولسیون نمودن فاز چربی در فاز آبی، قبل از استفاده از پوشش یا ریختن آن بر روی ماده غذایی به منظور تشکیل فیلم ضروری است. اندازه قطرات یک عامل تعیین‌کننده برای پایداری امولسیون است که بر ویسکوزیته[5] و دیگر ویژگی‌های مهم آن تأثیر می‌گذارد. روش‌های هموژنیزاسیون[6] مختلفی جهت آماده‌سازی امولسیون‌های مورد استفاده برای تهیه فیلم به‌کار برده شده‌اند. در این مورد اغلب هموژنایزرهای[7] روتور- استاتور[8] استفاده می‌شوند که دستیابی به اندازه ذره ۱ میکرومتر را مقدور می‌سازند [۱۳].

ونزوئلا، رومانی، روسیه و برمه وجود دارد. ـ دسته اول یعنی موم‌های پارافینی که از تصفیه روغن‌های سبک به دست می‌آیند، شکل کریستالی بزرگ داشته، سفید، نسبتاً سفت، شفاف و جامد می‌باشند و از مخلوط هیدروکربورهای اشباع شده با تعداد اتم کربن بالا، تشکیل شده‌اند. اولین بار در سال ۱۸۰۹ میلادی فوش ، پارافین را از نفت و بعداً در سال ۱۸۳۰ میلادی رایش باخ آن را از گودرون چوب به دست آورد. ـ دسته دوم یعنی موم‌های میکروکریستالی که از تصفیه روغن‌های سنگین حاصل می‌شوند، شکل کریستالی ریز داشته، سخت‌تر از موم‌های پارافینی و حدود رنگ آن‌ها از سفید تا قهوه‌ای می‌باشد. این دسته از موم‌ها شامل: انواع دیگری از هیدروکربورها به غیر ازآلکان‌های نرمال می‌باشند. تعداد اتم‌های کربن آن‌ها از ۳٤ تا ۷۰ عمدتاً از نوع پارافین‌های نفتنی می‌باشند. ـ دسته سوم یعنی موم‌های نیمه میکروکریستالی که از اهمیت کمتری در صنعت برخوردار می‌باشند.

1- Lanolin

2- Wool Grease

موم زرد رنگی می‌باشد که از غدد چربی پشم حیوانات گرفته می‌شود.

3- Lecithin

4- Formulation

5- Viscosity

6- Homogenization

7- Homogenizers

8- Rotor-Stator

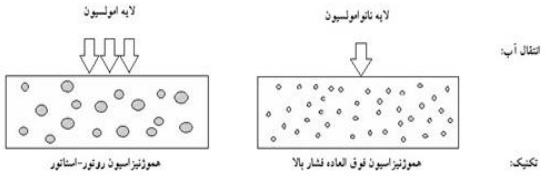
جدول ۱- خلاصه‌ای از ترکیبات مختلف استفاده شده به عنوان پوشش‌های خوراکی امولسیونی و کاربردهای آن‌ها

ترکیبات لیپید	ترکیبات هیدروکلویید	کاربردها	فواید اصلی	منابع
موم	ایزوله پروتئین آب پنیر	سیب	اثر ضد قهوه‌ای شدن	۳۳
موم	کنسانتره پروتئین آب پنیر	سیب	اثر ضد قهوه‌ای شدن	۳٤
موم	پکتین	آووکادو	سرعت کمتر گسترش بیماری و تنفس، کاهش نرم شدن میوه و تغییرات رنگ، اثرات مفید در حفظ استحکام	۳۵
موم	هیدروکسی پروپیل متیل سلولز	ماندارین	کاهش افت وزن و استحکام	۳٦
موم	هیدروکسی پروپیل متیل سلولز	آلو	کاهش افت وزن و نرم شدن میوه، نداشتن اثر منفی بر طعم	۳۷
موم	کیتوزان	توت فرنگی	کاهش از دست دادن وزن و کهنگی، حفظ رنگ و بافت، اسیدیته قابل تیتر، pH، مقدار مواد جامد محلول و قند، ظاهر و طعم خوب، افزایش خواص ضد میکروبی کیتوزان، کاهش سرعت تنفس	۳۸
موم	متیل سلولز	گوجه گیلاسی	افزایش ماندگاری پس از برداشت با کاهش گسترش کپک خاکستری	۳۹
موم، چربی خوک	ژلاتین، کاراگینان	سوسیس خشک	کاهش از دست دادن وزن	٤۰و٤۱
موم کندلیلا	پروتئین نخود	کلم بروکسل	کاهش از دست دادن آب، حفظ ویتامین C و پلی فنل‌ها، کاهش نرم شدن در طول نگهداری، بهبود ظاهر کلی، استحکام و درخشندگی	٤۲
موم کندلیلا	پروتئین نخود	انگور	حفظ اسید آسکوربیک و کاهش قند، کاهش افت وزن، افزایش ماندگاری پس از برداشت، درخشندگی جذاب	٤۳
موم کندلیلا	پروتئین نخود	کلم بروکلی	حفظ ویتامین C و رنگ، کند شدن افزایش اسیدیته، کاهش از دست رفتن استحکام	٤٤
موم کندلیلا، روغن معدنی	صمغ کهور	میوه گوآوا	افزایش عمر ماندگاری، کاهش از دست دادن وزن و انتشار اتیلن، درخشندگی جذاب، حفظ رنگ، کاهش نرم شدن و از دست رفتن استحکام	٤۵

ادامه جدول ۱- خلاصه‌ای از ترکیبات مختلف استفاده شده به عنوان پوشش‌های خوراکی امولسیونی و کاربردهای آن‌ها

ترکیبات لیپید	ترکیبات هیدروکلویید	کاربردها	فواید اصلی	منابع
موم کندلیلا، روغن معدنی	صمغ کهور	لیمو ایرانی	کاهش افت وزن، حفظ رنگ، درخشندگی جذاب	٤٦
موم کارنوبا	نشاسته کاساوا	سیب	افزایش مقاومت نسبت به بخار آب و کاهش از دست دادن وزن	٤٧
موم کارنوبا	نشاسته نخود، ایزوله پروتئین آب پنیر	گردو و دانه صنوبر	موثر در جلوگیری از تندی هیدرولیتیک و اکسایشی، بهبود در صافی، طعم و پذیرش کلی	٤٨
شلاک، اولئیک اسید	ایزوله پروتئین آب پنیر	سیب	درخشندگی جذاب	٤٩
مونو گلیسیرید استیله، موم، استئاریک اسید	کازئینات کلسیم یا سدیم	هویج	افزایش مقاومت نسبت به بخار آب، کاهش سفیدی و نرخ تنفس	٥٠
مونوگلیسیرید استیله	کازئینات کلسیم	کدو سبز	کاهش از دست دادن آب	٥١
مونوگلیسیرید استیله	کازئینات کلسیم یا سدیم	سیب، چوب کرفس	افزایش مقاومت نسبت به بخار آب، کاهش در نرخ تنفس	٥٢
مونوگلیسیرید استیله	ایزوله پروتئین آب پنیر	سالمون منجمد	کاهش نرخ از دست دادن رطوبت، موثر در به تاخیر انداختن تندی اکسایشی	٥٣
روغن ذرت	گالاکتومانان	پنیر	کاهش مصرف اکسیژن و تولید دی اکسید کربن، کاهش از دست دادن وزن و تعداد میکروب، حفظ رنگ	٥٤
روغن ذرت، روغن زیتون	پکتین، ژلاتین، سدیم آلژینات	سوسیس صبحانه گوشت	کاهش از دست دادن رطوبت	٥٥
روغن زیتون	کنسانتره پروتئین آب پنیر	پسته	کاهش سرعت تندی اکسایشی، افزایش ماندگاری، ظاهر برّاق، تأخیر در تشکیل پراکسید	٥٦
روغن آفتابگردان	کیتوزان	همبرگر گوشت	کاهش محتوای مت میوگلوبین، سطح صاف، درخشندگی جذاب	٥٧
روغن آفتابگردان	ایزوله پروتئین آب پنیر	پنیر	کاهش از دست دادن آب، سفتی و تغییر رنگ	٥٨
روغن آفتابگردان	صمغ ژلان، سدیم آلژینات	سیب	کاهش در تولید اتیلن، تخریب میکروبی، افزایش ماندگاری، اثر ضد قهوه‌ای شدن، حفظ استحکام اولیه، حفظ رنگ	٥٩

با استفاده از هموژنایزرهای فشار بالا می‌توان کاهش بیشتری در اندازه ذرّات ایجاد نمود. میکروفلوئیدیزاسیون[1] با اعمال نیروی برشی هموژنیزاسیون فوق‌العاده فشار بالا می‌تواند امولسیون‌هایی با توزیع اندازه ذرّه باریک‌تر ایجاد کند [۱۶] . میکرو فلائیدیزاسیون و سونیفیکاسیون[2] قادر به تولید نانو امولسیون‌ها با محدوده اندازه ۱۵۰ تا ۷۰۰ نانومتر هستند. اندازه ذرّه با افزایش فشار میکرو فلوئیدیزاسیون و مدّت زمان یا افزایش زمان سونیفیکاسیون کاهش می‌یابد [۱۷].شکل (۱) به ترتیب، شکل‌گیری لایه‌های امولسیون و



شکل۱- به ترتیب، نشان‌دهنده شکل‌گیری لایه‌های امولسیون و نانو امولسیون توسط روتور-استاتور و روش هموژنیزاسیون بسیار بالا

نانو امولسیون توسط روتور- استاتور و روش هموژنیزاسیون با فشار بسیار بالا را نشان می‌دهد. در میان همه روش‌های امولسیون سازی که تفاوت آن‌ها به زمان، سرعت و فشار برمی‌گردد، هموژنیزاسیون روتور- استاتور مشهورترین است. روش‌های هموژنیزاسیون ترکیبی اغلب برای دستیابی به یک امولسیون پایدار جهت تشکیل فیلم استفاده می‌شوند[۱۸].

فابرا[3] و همکاران (۲۰۰۱) هموژنایزر روتور- استاتور را در مرحله اول و میکرو فلوئیدایزر[4] را در مرحله دوم برای آماده سازی فیلم‌های کازئینات[5] سدیم حاوی اولئیک اسید و استئاریک اسید بکار بردند. تشدید شرایط هموژنیزاسیون امولسیون تشکیل‌دهنده فیلم، اندازه ساختار لیپید در فیلم‌های خشک شده را تحت تأثیر قرار می‌دهد و مقاومت مکانیکی، درخشندگی و شفافیت فیلم‌ها را ارتقا می دهد. فیلم‌های هیدروکلوئیدی معمولاً به شکل مایع با فرو بردن ماده غذایی در آن یا اسپری کردن آن بر روی ماده غذایی بکار می‌روند [۱۹]. برای به دست آوردن

ادامه جدول ۱- خلاصه‌ای از ترکیبات مختلف استفاده شده به عنوان پوشش‌های خوراکی امولسیونی و کاربردهای آن‌ها

ترکیبات لیپید	ترکیبات هیدروکلویید	کاربردها	فواید اصلی	منابع
روغن آفتابگردان	نشاسته ذرّت	کلم بروکسل	کاهش از دست دادن وزن و استحکام، حفظ آسکوربیک اسید و فلاوونوئید کل، افزایش فعالیت مهارکنندگی رادیکال ها	۶۰
روغن دانه سویا	نشاسته ذرت، متیل سلولز	کراکر	افزایش ماندگاری	۶۱
روغن سبوس برنج	کنسانتره ایزوله پروتئین	کیوی	کاهش از دست دادن وزن و بافت، حفظ رنگ، حفظ پذیرش کلی	۶۲
استئاریک اسید	سدیم کربوکسی متیل سلولز، ایزوله پروتئین آب پنیر، پولولان	مارچوبه	حفظ رنگ	۶۳
استئاریک اسید	متیل سلولز	زردآلو، فلفل سبز	کاهش از دست دادن آب	۶۴
استئاریک اسید	ایزوله پروتئین سویا، پولولان	کیوی	کاهش کهنگی و از دست دادن آب	۶۵
اولئیک اسید	کیتوزان	توت فرنگی	افزایش خواص ضد میکروبی کیتوزان، کاهش سرعت تنفس، گسترش عمر ماندگاری	۶۶

1- Micro Fluidization
2- Sonification
3- Fabra
4- Microfluidizer
5- Caseinate

لایه‌ای پیوسته از فیلم، حلال پس از خشک شدن در شرایط کنترل شده یا در شرایط محیط، حذف می‌شود. هنگام تولید امولسیون فیلم‌ها، دمای محلول باید بالاتر از دمای ذوب لیپید؛ اما پایین‌تر از دمای تبخیر حلال باشد. آماده‌سازی فیلم‌های امولسیونی، تنها به یک مرحله ریختن و خشک کردن نیاز دارد. شکل‌گیری مستقیم پوشش از محلول‌های تشکیل‌دهنده فیلم، ساده‌ترین راه برای به دست آوردن محصولات پوشش داده شده است. برای شکل¬گیری لایه مورد نظر، مواد به مقدار مناسب از محلول جذب می‌شوند و هنگامی که این لایه خشک می‌شود، لایه‌ای محافظ در سطح غذا ایجاد می‌کند. بنابراین، ویژگی های سطحی، نقش کلیدی در کاربرد پوشش ایفا می‌کنند. برای رسیدن به موفقیت در عملیات پوشش‌دهی، شاخص‌های خاص محصول پایه پوشش‌دهی (مانند ترکیب، شکل و چگالی)، تجهیزات فرآیند (یعنی پیوسته/ غیرپیوسته، دما، استاتیک/ دینامیک) و فرمولاسیون پوشش‌دهی(یعنی حلال، ترکیب و ویسکوزیته) باید در نظر گرفته شوند[۲۰] .

٤- ویژگی‌های عملکردی

فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی، کاربردهای مشابه بسته‌بندی‌های متعارف دارند که شامل ممانعت در مقابل بخار آب، گازها؛ ترکیبات معطّر و بهبود استحکام ساختاری مواد غذایی می‌باشند. اگرچه فیلم‌ها و؛ اما می‌توان از آن‌ها به صورت ترکیبی به عنوان بسته‌بندی اولیه خوراکی و بسته‌بندی ثانویه غیرخوراکی برای محافظت از غذاها استفاده کرد [۳] . زیرا ممکن است طیف گسترده‌ای از ترکیبات شیمیایی و مواد امولسیونی(پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها و لیپیدها) مختلفی را در تشکیل فیلم نشان دهند. ویژگی‌های عملکردی لیپیدها به ساختارهای شیمیایی و قطبیت آن‌ها که خود بستگی به توزیع گروه‌های شیمیایی، طول زنجیره‌های خطی و درصد و درجه غیراشباع بودن آن‌ها دارد، وابسته است. بنابراین، اسیدهای چرب غیراشباع در مقایسه با آن‌هایی که اشباع هستند به دلیل قطبیت بالاتر، اثر کمتری در کنترل انتقال رطوبت دارند [۲۱] . بدیهی است که ویژگی فیلم‌های امولسیونی باید کنترل شود. به طور کلی، پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدها، فیلم‌هایی با ویژگی‌های مکانیکی خوب تشکیل می‌دهند؛ اما به دلیل ماهیت آبدوست، مانع ضعیفی در مقابل رطوبت می‌باشند. در مقابل لیپیدها مانع خوبی در مقابل رطوبت هستند[۲۲] . فیلم‌های امولسیونی، خواص مکانیکی بهتری را در مقایسه با لایه‌های لیپیدی خالص نشان می‌دهند. به طور کلی، روغن‌های گیاهی و دیگر مواد لیپیدی مایع، لایه‌هایی در سطح هیدروکلوئیدها به صورت دو یا چند لایه تشکیل می‌دهند و قادر به تشکیل فیلم‌های جداگانه نیستند. در صورتی که موم‌ها فیلم‌های جامد؛ اما شکننده تولید می‌کنند. فرآیند امولسیون‌سازی، امکان تهیه فیلم‌هایی با خواص مکانیکی مورد نظر را ایجاد می‌کند. بسیاری از پژوهش‌ها، دلیل گنجاندن مواد لیپیدی را در محلول‌های تشکیل‌دهنده فیلم، بهبود خواص ممانعت‌کنندگی فیلم‌های ترکیبی در برابر رطوبت توصیف کرده‌اند. به طور کلی، خواص مکانیکی فیلم‌های امولسیونی شبیه به شبکه هیدروکلوئیدی خالص می‌باشند که بر اساس نوع و غلظت لیپید اصلاح شده‌اند [۲۳] . ساختار و پایداری یک امولسیون، شاخص‌های کلیدی هستند که به شدّت خواص مکانیکی فیلم‌های امولسیونی را تحت تاثیر قرار می‌دهند.

شفافیت فیلم‌های خوراکی، شاخصی مهم و کلیدی برای پذیرش توسط مصرف‌کنندگان است و تأثیر مستقیم بر روی ظاهر محصول پوشش داده شده دارد. اندازه ذرّات لیپید و توزیع آن در امولسیون تشکیل‌دهنده فیلم، نقش مهمی در ویژگی‌های نوری فیلم‌های خشک شده بازی می‌کند. به طور کلی، فیلم‌های امولسیونی میزان روشنایی بیشتری را ارئه می‌دهند و با افزایش غلظت لیپید به میزان اندکی روشنایی کاهش می‌یابد. شفافیت بالای فیلم‌های بر پایه امولسیون، مربوط به همگن بودن بیشتر در ساختار فیلم می‌باشد[٢٤]. پراکندگی قطرات لیپید در شبکه فیلم، شفافیت را با جلوگیری از انتقال نور از فیلم تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین، افزایش در میزان کدورت فیلم به دلیل افزودن لیپیدها به فیلم‌های هیدروکلوئیدی مشاهده

شده‌است [۱۲، ۱۳ و ۲٤]. ویلالوبوز[1] و همکاران (۲۰۰۵) اشاره کردند که حضور فاز لیپید غیر قابل اختلاط، به دلیل تفاوت در ضریب شکست فازها و همچنین غلظت و توزیع اندازه ذرات کدورت را افزایش می‌دهد. خواص سدکنندگی فیلم‌های بر پایه امولسیون و فیلم‌های هیدروکلوئیدی به دما و رطوبت نسبی بستگی دارد. نفوذپذیری به اکسیژن در رطوبت نسبی پایین‌تر کمی افزایش می‌یابد و در رطوبت‌های بالا (٪۷۵ <) به شدّت کاهش می‌یابد [۲٦] . میلر و کروچا[2] (۱۹۹۷) اشاره کردند که ترکیبات آبگریز به دلیل شباهت شیمیایی و حلالیت بیشتر، نفوذپذیری بیشتری به گازها دارند. بنابراین، با افزودن لیپید به فیلم‌های هیدروکلوئیدی افزایش نفوذپذیری به اکسیژن مشاهده شد [۲۷] . با این حال، نفوذپذیری فیلم‌های بر پایه امولسیون نسبت به دی اکسید کربن، به شدّت به ترکیب شیمیایی لیپیدها بستگی دارد[۲۸]. آیرانسی و تونک[3] (۲۰۰۱) متوجه شدند که افزودن پالمیتیک[4] و استئاریک اسید به فیلم‌های سلولزی باعث کاهش در انتقال دی اکسید کربن می‌شود در حالی که افزودن لوریک اسید تأثیر معکوس نشان داد. این پدیده را می‌توان با طول زنجیره هیدروکربن کوتاه‌تر لوریک اسید که باعث نیروهای جاذبه ضعیف‌تر بین مولکول‌های لوریک اسید می‌شود، توضیح داد [۲۹]. نفوذپذیری فیلم‌ها نسبت به بخار آب ، نقش مهمی در واکنش‌های تخریبی غذاها ایفا می‌کنند، بنابراین، به طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است. به طور کلی، بسیاری از مقالات، کاهش در نفوذپذیری نسبت به بخار آب به دلیل ویژگی آبگریز لیپیدها گزارش کردند و مشخص شده که در میان آن‌ها، موم‌ها بهترین موانع رطوبتی هستند [۱٤] . آنکر[5] و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که هنگامی که مونوگلیسرید استیله[6] به فیلم‌های پروتئین آب پنیر اضافه شود، به ترتیب ۰/۵ و ۷۰ بار در فیلم‌های امولسیونی و دولایه، نفوذپذیری به بخار آب کاهش می‌یابد. فیلم‌های بر پایه امولسیون به دلیل دست نیافتن به توزیع همگن لیپیدها بازدارندگی کمتری نسبت به آب ایجاد می‌کنند. با این وجود، آن‌ها استحکام مکانیکی خوبی داشتند و مشخص شد که نیاز به فرآیندی ساده برای تولید و کاربرد دارند، در حالی که فیلم‌های چندلایه به مجموعه پیچیده‌ای از عملیات که بستگی به تعداد پوشش‌ها دارد نیاز دارند. اندازه کوچک‌تر ذرّات یا گلبول های چربی و توزیع همگن‌تر آن‌ها، باعث نفوذپذیری کمتر نسبت به بخار آب در فیلم‌های بر پایه امولسیون می‌شود [۹] .

همان‌طور که در بخش قبل گفته شد، شدّت هموژنیزاسیون، کاهش اندازه ذره امولسیون را تحت تأثیر قرار می‌دهد که با کاهش نفوذ پذیری به بخار آب فیلم‌های خشک شده مرتبط است (شکل ۱). مزیت اصلی فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی این است که می‌تواند با آماده سازی امولسیون‌های با مقیاس نانو برای ساختن فیلم‌های نانو کامپوزیت که ویژگی‌های سدکنندگی، مکانیکی و کاربردی بهتری را نشان می‌دهند و در نتیجه منجر به حفظ کیفیت محصولات تازه به مدّت طولانی‌تر می‌شوند، بهبود یابد [۳۰]. دمای انتقال شیشه‌ای که می‌تواند معیاری برای پایداری فیلم‌های خوراکی باشد، به شدّت به ترکیب و محتوای رطوبت فیلم بستگی دارد. به طور کلی، دمای انتقال شیشه‌ای مواد بی‌شکل، وقتی که محتوای آب افزایش می‌یابد، کم می‌شود [۲۲] . زاهدی و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که دمای انتقال شیشه‌ای فیلم پروتئین گلوبولین[7] پسته با افزودن اسید چرب به طور قابل توجّهی تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد. با این حال، جیمنز[8] و همکاران (۲۰۱۳) کاهش میزان دمای انتقال شیشه‌ای را در اثر افزودن اسیدهای چرب به فیلم‌های نشاسته گزارش کردند. تفاوت در این رفتارها را می‌توان با ترکیب فیلم و همچنین شرایط اندازه‌گیری توضیح داد.

1- Villalobos
2- Miller and Krochta
3- Ayranci and Tunc
4- Palmitic
5- Anker
6- Acetylated Monoglyceride
7- Globulin
8- Jimenez

به طور کلی، فیلم‌های لیپیدی ساختارهای بی‌عیب فیلم‌های پروتئینی یا پلی‌ساکاریدی را ندارند[۳۱] . افزودن لیپید باعث توسعه ساختار ناهمگن نا پیوسته در شبکه پلیمری می‌شود [۳۲] . بنابراین، اختلاط لیپیدها با فیلم‌های پلی‌ساکاریدی یا پروتئینی آبدوست برای کاهش خواص سد کنندگی آن‌ها می‌تواند به طور منفی قدرت کششی فیلم را تحت تأثیر قرار دهد. با این حال، فیلم‌های ترکیبی ساخته شده از هیدروکلوئید و لیپید ممکن است یک مزیت باشند. فیلم‌ها یا پوشش‌های ترکیبی ساختار ناهمگن نشان می‌دهند، به این معنی که آن‌ها از یک شبکه پیوسته با برخی از اجزا مانند گلبول‌های چربی در مورد یک امولسیون یا ذرّات جامد در مورد مواد غیرمحلول تشکیل شده‌اند[۳] . خواص عملکردی فیلم‌های بر پایه امولسیون به دست آمده از طریق ریختن بر روی ماده غذایی، ممکن است با پوشش‌های ایجاد شده در سطح مواد غذایی متفاوت باشند. با این حال، فیلم یا پوشش خوراکی، به صورت یک لایه حائل به راحتی باید به سطح بچسبد و نباید ترک بخورد یا در طی ذخیره‌سازی، ویژگی‌های حسی نامطلوب را ایجاد نماید.

۵- نتیجه گیری

به دلیل ویژگی‌ها و کاربردهای فراوان، فیلم‌ها و پوشش‌های امولسیونی، توجّه زیادی به خود جلب نموده‌اند. این لایه‌ها تنها از طریق یکبار ریختن مایع تشکیل‌دهنده فیلم بر روی ماده غذایی و یک فرآیند خشک کردن به دست آمده‌اند، بنابراین این فیلم‌ها کاربرد زیادی دارند. ثابت شده است که فیلم‌ها و پوشش‌های بر پایه امولسیون اثرات مؤثری در افزایش پایداری میوه، سبزی، گوشت و سایر محصولات غذایی تازه یا فرآیند شده مختلف دارند. انتخاب لایه‌های امولسیونی مناسب برای یک محصول ویژه به طبیعت، ویژگی‌ها، هزینه‌ها، نیازهای خاص و فوایدی که این فنّاوری می‌تواند به مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان ارائه دهد، بستگی دارد. مواد خوراکی ترکیبی امولسیونی تولید شده از هیدروکلوئیدها و لیپیدها، عملکرد بهتری نسبت به فیلم‌های تولید شده با یک جزء، به خصوص از نظر خواص ممانعت‌کنندگی نسبت به آب نشان می‌دهند. به طور کلی، تحقیقات بیشتری برای بهبود فرآیندهای استفاده از مواد خوراکی بر پایه امولسیون، به ویژه جنبه‌های حسی مناسب با هر محصول مورد نیاز است. از پیشرفت‌های جدید برای بهبود عملکرد فیلم‌ها و پوشش‌های امولسیونی به منظور توسعه نوع جدیدی از مواد خوراکی که بهتر می‌توانند ماندگاری و طبیعی بودن محصولات غذایی را حفظ کنند، استقبال می‌شود.

٦- منابع

۱. پورصباغیان، م.، باقری، ن.، چایچی، م. و فرهودی، م. (۱۳۹٤). **"بررسی روش ساخت و ویژگی‌های فیلم‌های خوراکی امولسیونی و دولایه"**. فصلنامه علوم و فنون بسته‌بندی. شماره ۲٤. ٦۰-٦۹.

۲. عرب، م.، یوسفی اصلی، م.، خورشیدیان، ن. و فرهودی، م. (۱۳۹٤). **"تأثیر فرآیند فشار بالا بر ویژگی‌های فیلم‌های بسته‌بندی مورد استفاده در مواد غذایی"**. فصلنامه علوم و فنون بسته‌بندی. شماره۲۱. ۳۲-٤۳.

3. Debeaufort, F., Quezada-Gallo, J. A., & Voilley, A. (1998). **"Edible fims and coatings: tomorrows packagings: a review".** Critical reviews in food science and nutrition, 38, 299-313.

4. Krochta, J. M. (2002). **"Proteins as raw materials for films and coatings: definitions, current status, and opportunities".** In A. Gennadios (Ed.), Protein-based films and coatings (pp.1-41). New York: CRC Press.

5. Falguera, V., Quintero, J. P., Jimenez, A., Munoz, A., & Ibarz, A. (2011). **"Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use".** Trends food science and technology, 22, 291-303.

6. Chillo, S., Flores, S., Mastromatteo, M., Conte, A., Gerschenson, L., & Del Nobile, M. A. (2008). **"Influence of glycerol and chitosan on**

tapioca starch-based edible film properties". Journal of food engineering, 88, 159-168.

7. Cagri, A., Ustunol, Z., & Ryser, E. T. (2004). **"Antimicrobial edible films and coatings".** Journal of food protection, 67, 833-848.
8. Dangaran, K. L., Nantz, J. R., & Krochta, J. M. (2006). **"Whey protein-sucrose coating gloss and integrity stabilization by cristallization inhibitors".** Journal of food science, 71, 152-157.
9. Debeaufort, F., & Voilley, A. (1995). **"Effect of surfactants and drying rate on barrier properties of emulsified films".** International journal of food science and technology, 30, 183-190.
10. Fabra, M. J., Perez-Masia, R., Talens, P., & Chiralt, A. (2011). **"Influence of the homogenization conditions and lipid self-association on properties of sodium caseinate based films containing oleic and stearic acids".** Food hydroclloids, 25, 1112-1121.
11. Han, J. H., & Gennadios, A. (2005). **"Edible films and coatings: a review".** In J. H. Han (Ed.) Innovations in food pachaging (pp. 239-262). San Diego: Elsevier Academic Press.
12. Yang, L., & Paulson, A. T. (2000). **"Mechanical and vapor barrier properties of edibe gellan films".** Food research international, 33, 571-578.
13. Ma, W., Tang, Ch-H., Yin, S-W., Yang, X-Q., Wang, Q., Liu, F., & Wei, Z-H. (2012). **"Characterization of gelatin-based edible fims incorporated with olive oil".** Food research international, 49, 572-579.
14. Bourtoom, T. (2009). **"Edible films: properties enhancement".** International food research journal, 16, 1-9.
15. Bakkali, F., Averbech, D., & Idaomar, I. (2008). **"Biological effects of essential oils: a review".** Food and chemical toxicology, 46, 446-475.
16. Bonilla, J., Atares, L., Vargas, M., & Chiralt, A. (2012). **"Effect of essential oils and homogenization conditions on properties of chitosan-based films".** Food hydrocolloids, 26, 9-16.
17. Jafari, S. M., He, Y., & Bhandari, B. (2006). **"Nano-emusion production by sonification and microfluidization – a comparision".** International journal of food properties, 9, 475-485.
18. Fabra, M. J., Jimenez, A., Talens, P., & Chiralt, A. (2015). **"Influence of homogenization conditions on phesica properties and antioxidant activity of fully biodegradable pea protein-apha-tocopherol films".** Food and bioprocess technology, 7, 3569-3578.
19. Karbowiak, T., Debeaufort, F., & Voilley, A. (2007). **"Les emballages comestibles: nature, fonctionalite et utilisations".** Industries alimentaires et agricols, 124, 9-17.
20. Debeaufort, F., & Voilley, A. (2009). **"Lipid-based edible films and coatings. In M. E., Embuscado & K. C. Huber (Eds.) Edible films and coatings for food applications (pp. 135-168) ".** New York: Springer science + Business media, LLC.
21. Morilon, V., Debeaufort, F., Bond, G., Capelle, M., & Voilley, A. (2002). **"Factors affecting the moisture permeability of lipid-based edible films: a review".** Critical reviews in food science and nutrition, 42, 67-89.
22. Hambleton, A., Perpinan,-Saiz, N., Fabra, M. J., Voilley, A., & Debeaufort, F. (2012). **"The schroeder paradox or how the state of water affects the moisture transfer through**

edible films". Food chemistry, 132, 1671-1678.

23. Hopkins, E. J., Chang, Ch., Lam, R. S. H., & Nickerson, M. T. (2015). **"Effect of flaxseed oil concentration on the performance of a soy protein isolate-based emulsion-type film".** Food research international, 67, 418-425.
24. Ortega-Toro, R., Jimenez, A., Talens, P., & Chiralt, A. (2014). **"Effect of the incorporation of surfactants on the physical properties of corn starch films".** Food hydrocolloids, 38, 66-75.
25. Guerrero, P., Nur hanani, Z. A., Kerry, J. P., & de la Caba, K. (2011). **"Characterization of soy protein-based films prepared with acids and oils by compression".** Journal of food science, 107, 41-49.
26. Guilbert, S., Gontard, N., & Gorris, G. M. (1996). **"Prolongation of the shelf-life of perishable food products using biodegradable films and coatings".** Lebensmittel-wissenschaft & technologie, 29, 10-17.
27. Hambleton, A., Debeaufort, F., Bonnotte, A., & Voilley, A. (2009). **"Influence of alginate emulsion-based films structure on its barrier properties and on the protection of microencapsulated aroma compound".** Food hydrocolloids, 23, 2116-2124.
28. Navarro-Tarazaga, M. L., Massa, A., & Perez-Gago, M. (2011). **"Effect of beeswax content on hydroxypropy methylcellulose based edible film properties and postharvest quality of coated plums (Cv. Angeleno) ".** LWT – Food science and technology, 44, 2328-2334.
29. Jimenez, A., Fabra, M. J., Talens, P., & Chiralt, A. (2013b). **"Physical properties and antioxidant capacity of sterch-sodium caseinate films contianing lipids".** Journal of food engineering, 116, 695-702.
30. Kalia, A., & Parshad, V. R. (2015). **"Novel trends to revolutionize preservation and packaging of fruits/fruit products: microbioogical and nanotechnological perspectives".** Critical reviews in food science and nutrition, 55, 159-182.
31. Gontard, N., Marchesseau, S., Cuq, J-L., & Guilbert S. (1995). **"Water vapor permeability of edible bilayer films of wheat gluten and lipids".** International journal of food science and technology, 30, 49-56.
32. Fabra, M. J., Talens, P., & Chiralt, A. (2008). **"Tensile properties and water vapor permeability of sodium caseinate films containing oleic acid-beeswax mixtures".** Journal of food engineering, 85, 393-400.

آدرس نویسنده

مازندران- بهشهر- خیابان امام- کوی سپاهان- مجتمع پدر- واحد ۷.