اثر اسیدهای چرب بر ویژگی های فیزیکی، مکانیکی و ممانعت کنندگی به بخار آب فیلم خوراکی ثعلب

محمد اکرامی[۱]، زهرا امام جمعه[۲*]، آرزو کرمی مقدم[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی ، دانشگاه تهران
۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی ،دانشگاه تهران
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاداسلامی واحد علوم و تحقیقات، یزد، ایران
(تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۸)

چکیده

فیلم های کامپوزیتی ثعلب شامل ۳۰(w/w) ± ۰٪ اسید اولئیک یا اسید استئاریک از طریق تهیه امولسیون ساخته شده و خواص فیزیکی، مکانیکی و ممانعت کنندگی آنها مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. فیلم های امولسیونی نرم تر از فیلم های شاهد بودند. افزودن اسیدهای چرب به فیلم ثعلب، نفوذپذیری به بخار آب را به طرز معنی داری ($P<۰/۰۵$) بهبود بخشید اما مقاومت مکانیکی کاهش پیدا کرد به همین دلیل افزودن ۱۰(w/w)٪ اسید چرب می تواند برای رسیدن به خواص مطلوب مناسب باشد. البته اسید استئاریک در غلظت های بالا در کاهش نفوذپذیری به بخار آب، موثرتر از اسید اولئیک ظاهر شد اما فیلم های حاوی اسید اولئیک ۱۰(w/w)٪ نسبت به اسید استئاریک ۱۰(w/w)٪ (در تمامی سطوح غلظتی مورد استفاده) کشش پذیری بالاتر و مقاومت مکانیکی مطلوب تری را از خود نشان دادند. همچنین حضور اسید های چرب حلالیت در آب را کاهش داد و باعث مات تر شدن فیلم ها گردیدند. از سوی دیگر، اسیدهای چرب بر روی کشش پذیری اثر متفاوتی را نشان دادند. این تحقیق نشان داد که وقتی تمامی متغیر های مورد مطالعه محاسبه گردد، فیلم های تشکیل شده با اسید اولئیک برای کاربرد های متنوع غذایی مناسبتر می باشند.

کلید واژگان: ثعلب، اسید اولئیک، اسید استئاریک، فیلم خوراکی

*مسئول مکاتبات: emamj@ut.ac.ir

۱- مقدمه

پلاستیک‌ها بعد از مصرف، زمانی که در برابر نیروهای خارجی مانند اشعه خورشید قرار می‌گیرند به بخش‌های کوچک‌تر شکسته می‌شوند اما آن‌ها هنوز هم به عنوان پلاستیک، در هر مقیاسی زیست تخریب پذیر نیستند [۱]. به همین دلیل زباله-های مربوط به این بسته‌بندی‌ها که غیر قابل تخریب بیولوژیکی هستند وارد محیط زیست می‌شوند و همیشه این سوال که با این زباله‌های پلاستیکی چه باید کرد به عنوان یک مشکل زیست محیطی مطرح است. بخشی از زباله‌های ناشی از مواد بسته بندی، می‌تواند با استفاده از به‌کارگیری روش‌های مناسب کاهش یابد. یکی از این روش‌ها استفاده از بیوپلیمر های زیست تخریب پذیر برای بسته بندی یا پوشش دادن مواد غذایی است [۲].

فیلم‌های خوراکی لایه نازکی از بیوپلیمرها هستند که برای بهبود و نگهداری بهتر مواد غذایی بر روی سطح ماده غذایی کشیده می‌شوند و یا بین اجزای ماده غذایی قرار داده می‌شوند. فیلم‌های خوراکی همچنین ممکن است به عنوان لایه ای از بسته بندی چند لایه مورد استفاده قرار گیرند. انتقال رطوبت، نفوذ اکسیژن، از دست دادن یا جذب آروما یا روغن نمونه‌هایی از مشکلاتی است که ماده غذایی می‌تواند در حین بسته بندی و نگهداری با آن‌ها مواجه شود. با استفاده از فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی تا حدی می‌توان این مشکلات را بهبود بخشید و موجب بهبود پایداری، بافت، طعم و آروما‌ی مواد غذایی گردید [۳, ٤].

بیوپلی‌مرهای مورد استفاده در بسته‌بندی را می‌توان بر اساس ساختار شیمیایی به چهار دسته پروتئین‌ها، پلی ساکاریدها، لیپیدها و پلی استرها تقسیم کرد. این مواد می‌توانند به تنهایی یا در ترکیب با هم بکار روند [۲]. پلی ساکاریدهای رایج مورد استفاده در تهیه فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی شامل آلژینات، مشتقات سلولز، کیتوزان، آگار، نشاسته، صمغ‌ها و فیبرها می-باشند.

صمغ‌ها، پلی ساکاریدها و بیوپلیمرهایی آب دوست و محلول در آب با وزن ملکولی بالا هستند . صمغ‌ها به دلیل ماهیت پلیمری، وزن ملکولی بالا و برهم کنش‌هایی که بین زنجیره‌های آن‌ها در محلول رخ می‌دهد، باعث افزایش گرانروی می‌شوند [۵]. یکی از انواع هیدروکلوئیدها، صمغ ثعلب است. ثعلب آرد اسیاب شده بدست آمده از غده‌های زمینی گیاهان ارکیده است و سال‌ها به عنوان ماده غذایی و دارویی شناخته می‌شود [٦, ۷] که می‌تواند به عنوان یک منبع جدید برای تولید فیلم‌های خوراکی پلی ساکاریدی استفاده گردد [۸]. گونه‌های مختلف جنس ثعلب مانند ثعلب خزری و ثعلب خالدار (یا ثعلب ارغوانی بهاری) عموما در شمال و شمال غرب کشور مشاهده می‌شوند که عمدتا به دو صورت ثعلب پنجه ای شکل با گلوکومانان بیشتر (٤۷/۵٪) و نشاسته کمتر (۲/۳٪) و ثعلب پیازی شکل با گلوکومانان کمتر (۱۹/۳٪) و نشاسته بیشتر (٦/۸٪) هستند [۹, ۱۰]. از آنجایی که گلوکومانان ها فیبرهای محلول در آب می‌باشند به همین دلیل از این پلی ساکارید به عنوان عامل ژل دهنده در دماهای پایین با خصوصیات ویسکوالاستیک، عامل قوام دهنده و امولسیفایر نیز استفاده می‌شود [۹]. عمده‌ترین جنس ثعلب که در ایران برای تولید پودر ثعلب از پیاز آن استفاده می‌شود، ثعلب خالدار یا همان ثعلب ارغوانی بهاری می‌باشد.

فیلم‌هایی که اساساً از پلی ساکاریدها ساخته شده‌اند خواصی مکانیکی و دیداری (نوری) مناسبی دارند اما به رطوبت حساس بوده و خواص ممانعت در مقابل بخار آب ضعیفی از خود نشان می‌دهند. برعکس فیلم‌های حاصل از لیپیدها به خاطر طبیعت آبگریزشان خواص ممانعت کنندگی خوبی در برابر بخار آب دارند اما معمولاً غیرشفاف هستند. [۱۱, ۱۲]. بنابراین مهم‌ترین زمینه کاربرد مواد لیپیدی در تولید مواد بسته بندی استفاده از آن‌ها در تولید فیلم‌های مرکب می‌باشد [۲, ۱۲]. فیلم‌های مرکب به دو صورت لایه ای و امولسیونی تهیه می‌شوند [۱۳]. لیپیدهایی که عمدتا مورد استفاده قرار می‌گیرند شامل اسیدهای چرب ۱۸-۱٤ کربنه، مونو، دی و تری استئارین، استئاریل الکل، روغن‌های گیاهی هیدروژنه و غیر هیدروژنه و واکس‌ها (موم زنبور عسل، موم کاندلیلا و پارافین) می‌باشند [۱۲].

اسیدهای چرب مانند اسید اولئیک و اسید استئاریک، از مشتقات لیپیدی بوده که به طور بالقوه می‌توانند به بهبود خواص ممانعت کنندگی در مقابل رطوبت فیلم‌های خوراکی هیدروفیل کمک کنند. اسید اولئیک در دمای اتاق مایع است، از این رو به راحتی قابل اختلاط با بیوپلیمرها بدون نیاز به حرارت است. علاوه بر این نسبت به اکسیداسیون که باعث کاهش ایمنی مواد غذایی می‌شود، حساس نیست [۱٤]. از سوی دیگر اسید استئاریک در دمای اتاق جامد بوده و به

سختی و با کمک حرارت قادر به ایجاد یک امولسیون یکنواخت می باشد[۱۵].

در کشور ما خانواده ثعلب از نظر تنوع جزو غنی‌ترین گروه‌های گیاهی محسوب می‌شود و امکان تولید پیاز ثعلب با کمترین هزینه امکان پذیر می باشد و از طرفی دیگر خواص فیزیکی و مکانیکی فیلم ثعلب در مقایسه با دیگر فیلم های کربوهیدراتی مقادیر قابل توجهی را نشان می دهد هدف از این تحقیق بررسی امکان بهبود خواص آبگریزی فیلم خوراکی ثعلب با استفاده از اسید اولئیک و اسید استئاریک به عنوان بخش لیپیدی در ساختار آن می باشد. همچنین تغییرات خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و نفوذ پذیری فیلم‌ها نیز مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند دریچه‌ی جدیدی به سوی استفاده از بسته بندی‌های زیست تخریب پذیر در صنایع غذایی به عنوان بسته بندی ثانویه جهت بهبود کیفیت، ایمنی و کاهش زباله‌های حاصل از غذا بگشاید.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

پیاز ثعلب از یک بازار محلی در کردستان- ایران خریداری شد. گلیسرول از شرکت Acros انگلستان و توئین ۸۰ و اسید اولئیک از شرکت مرک آلمان تهیه شدند. از دو نمک برای ثابت نگه داشتن مقدار رطوبت نسبی در ۲۵°C استفاده گردید: آب نمک اشباع نیترات منیزیم (Prolabo, France) برای ایجاد رطوبت نسبی ۵۳٪ و آب نمک اشباع کلرید سدیم (Merck, Germany) برای ایجاد رطوبت نسبی ۷۵٪.

۲-۲- آماده سازی محلول تشکیل دهنده فیلم ثعلب

محلول تهیه فیلم ثعلب با روش شرح داده شده در پژوهش پیشین آماده گردید [۸]. به طور مختصر می توان گفت پیازهای پنجه ای ثعلب ابتدا شسته و سپس خشک و آسیاب گردیدند تا یک پودر زرد متمایل به سفید برای مصارف بعدی حاصل شود. سپس با حل کردن آرد ثعلب در آب مقطر تحت شرایط همزنی ثابت با سرعت ثابت ۵۰۰ دور در دقیقه به مدت یک ساعت مخلوط اولیه فیلم ثعلب حاضر گردید. به دلیل تشکیل یک مخلوط با ویسکوزیته بالا و عدم ادامه انحلال، از یک مخلوط کن (Sunny, model SFP) با توان ۸۲۰ وات به مدت ۲ دقیقه استفاده گردید و سپس مخلوط حاصل بوسیله همزن دور بالا (IKA T25 Ultra-Turrax, Germany) با دور ۷۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه هموژن گردید. در نهایت بوسیله سانتریفوژ با سرعت ۳۰۰۰g به مدت ۱۰ دقیقه بخش نامحلول ثعلب (۶۰ تا ۶۵ درصد به عنوان باقی مانده) از بخش شفاف رویی (به عنوان محلول نهایی) جدا شد و مقدار ماده خشک محلول نهایی محاسبه گردید.

۲-۳- تهیه فیلم ثعلب

محلول فیلم شاهد ثعلب ((w/v)۲٪) با افزودن گلیسرول ((w/w based on salep weight)۲۵٪) به عنوان نرم کننده در دمای ۳۰°C و به مدت ۱۵ دقیقه تحت شرایط همزنی با سرعت ثابت ۵۵۰ دور در دقیقه آماده گردید. سپس در یک بشر مقدار معینی از اسید اولئیک و استئاریک ((w/w based on salep weight)۳۰٪ و ۲۰٪، ۱۰٪) توزین گردیده و به میزان ۲۰ درصد وزن روغن از امولسیفایر توئین ۸۰ جهت بدست آوردن HLB مناسب به مخلوط اضافه شد. به علت اینکه اسید استئاریک در دمای محیط جامد است قبل از اضافه کردن امولسیفایر دمای ظرف حاوی اسید چرب تا ۴۵°C افزایش داده شد سپس امولسیفایر اضافه گردید و جهت مخلوط شدن روغن با امولسیفایر هم زنی ملایمی انجام گرفت. محلول شاهد فیلم (بخش ثعلب) در دمای ۳۰°C به مخلوط امولسیفایر و اسید اولئیک اضافه گردید و جهت بهبود عمل تداخل فازها همزنی اولیه توسط همزن مغناطیسی با دور ۵۵۰ (دور بر دقیقه) به مدت ۵ دقیقه انجام گرفت. مخلوط تهیه شده سپس به مدت سه دقیقه دیگر در ۱۳۰۰۰ (دور بر دقیقه) توسط همزن دور بالا هموژن گردید. در مرحله‌ی بعد مخلوط هموژن شده جهت خروج حباب‌های هوا، با استفاده از یک دسیکاتور و پمپ خلاء هواگیری شد. سپس مقدار معین از امولسیون (۴۵ میلی لیتر) در قالب‌های تفلونی ریخته شده و در دمای ۲۵°C به مدت ۲۴ ساعت فیلم‌ها خشک گردیدند.

۲-۴- ضخامت فیلم

ضخامت فیلم‌ها با استفاده از یک کولیس دیجیتال (Mitutoyo, Japan) در پنج نقطه مختلف از فیلم‌ها که به صورت تصادفی انتخاب شد، تعیین گردید. میانگین این نقاط برای تعیین دیگر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی فیلم‌ها استفاده شد.

۲-۵- شفافیت

شفافیت با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (CECIL instruments, England) با روش استاندارد ASTM D-۱۷٤٦ اندازه گرفته شد. نمونه‌های فیلم مستطیل شکل (۲×٤ سانتی متر مربع) از قبل در داخل دسیکاتور حاوی نیترات منیزیم (رطوبت نسبی ۵۳٪) در دمای محیط قرار داده شدند و با یک سل خالی (طول موج ٥٦۰ نانومتر) دستگاه کالیبره شد. سپس نمونه‌های فیلم را روی سل چسبانده و داخل دستگاه قرار داده شد و عدد قرائت گردید. حداقل پنج تکرار برای این آزمون از هر فیلم در نظر گرفته شد.

۲-٦- حلالیت در آب

ابتدا قطعاتی از فیلم (۳×۳ سانتی متر مربع) در آون با دمای ۱۰۵°C به مدت سه تا پنج ساعت برای رسیدن به یک وزن ثابت خشک شدند. نمونه‌های خشک شده در ۵۰ میلی لیتر آب مقطر با دمای ۲۵°C به مدت چهار ساعت تحت همزدن قرار داده شدند. بعد از این مدت قطعات فیلم را بوسیله کاغذ صافی از آب جدا کرده و پس از خشک کردن در آون ۱۰۵°C به مدت سه تا پنج ساعت، توزین شدند. میزان حلالیت در آب فیلم‌ها از تغییرات وزن فیلم بعد از غوطه‌وری در آب نسبت به وزن اولیه فیلم محاسبه شد. این آزمون پنج مرتبه تکرار شد و میانگین حسابی داده‌های بدست آمده به عنوان درصد حلالیت فیلم‌ها گزارش شد.

۲-۷- مقاومت کششی و درصد افزایش طول

اندازه گیری میزان مقاومت کششی (TS) و درصد افزایش طول (E%) فیلم‌ها بر طبق روش استاندارد ASTM D-۸۸۲ با استفاده از دستگاه بافت سنج (Testometric Machine M-CT, England) ارزیابی شد. نمونه‌ها قبل از آزمون با ۱۰ میلی متر عرض و ۱۰۰ میلی متر طول بریده شده و در دسیکاتور حاوی نیترات منیزیم (برای ایجاد رطوبت نسبی ۵۳٪) قرار داده شدند و در دمای ۲۵°C به مدت ٤۸ ساعت نگهداری شدند. فاصله فک‌های اصلی از یکدیگر ۵۰ میلی متر و سرعت فک‌ها ۱۰ میلی متر بر ثانیه بود. مقادیر E% و TS از روی منحنی‌های تنش – کرنش بدست آمدند و به ترتیب به مگاپاسکال و میزان افزایش طول تقسیم بر طول اولیه برحسب درصد گزارش شدند. حداقل ۵ تکرار برای هر فیلم در نظر گرفته شد.

۲-۸- نفوذ پذیری به بخار آب

برای محاسبه نفوذپذیری به بخار آب از استاندارد مصوب ASTM E-۹٦ که توسط حسینی و همکاران در سال ۲۰۰۹ اصلاح شده است استفاده گردید. نمونه‌ها قبل از آزمون در دسیکاتور حاوی نیترات منیزیم (برای ایجاد رطوبت نسبی ۵۳٪) قرار داده گرفته و در دمای ۲۵°C به مدت ۲٤ ساعت نگهداری شدند. ابتدا درون ظروف شیشه ای (با مساحت دهانه‌ی ۰/۰۰۱۹٦۲۵ متر مربع) کلرید کلسیم بدون آب ریخته و سطح ظروف به وسیله فیلم‌های بدون چروکیدگی و سوراخ پوشانده شده و سپس با استفاده از پارافیلم و به کمک پارافین مذاب درب بندی شدند. برای حفظ گرادیان رطوبت نسبی ۷۵٪ عبوری از فیلم‌ها، از محلول اشباع کلرید سدیم (رطوبت نسبی ۷۵٪) در داخل دسیکاتور استفاده شد. اختلاف رطوبت نسبی در دو سمت فیلم در دمای ۲۵°C، فشار بخاری معادل ۱۷۵۳/۵۵ پاسکال ایجاد می‌کند. بدین ترتیب تغییرات وزن ظرف‌ها طی زمان با استفاده از یک ترازوی دیجیتال با دقت ±۰/۰۰۰۱ گرم اندازه گیری شد، منحنی تغییرات رسم و شیب هر خط رسم شده به وسیله رگرسیون خط (R^2=۰/۹۹۹) محاسبه گردید. نرخ انتقال بخار آب (WVTR) از تقسیم شیب خط کشیده شده (Slope) بر سطح فیلم (A) بدست می‌آید:

(معادله ۱)

$$WVTR = \frac{Slope}{A}$$

با توجه به معادله ۲ با ضرب کردن ضخامت فیلم (X) و تقسیم بر اختلاف فشار بین رطوبت نسبی درون سلول‌ها و رطوبت نسبی دسیکاتور (ΔP)، نفوذ پذیری به بخار آب (WVP) بدست می‌آید:

(معادله ۲)

$$WVP = \frac{WVTR \times X}{\Delta P}$$

۲-۹- آنالیزهای آماری

اختلاف بین تیمارهای مختلف، براساس طرح آماری فاکتوریل کاملا تصادفی با استفاده از تحلیل واریانس (ANOVA) در سطح احتمال ۵٪ تعیین شد. مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون دانکن با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۹ [۱٦] و EXCEL نسخه ۲۰۱۳ انجام گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ضخامت

طبیعت آبگریز اسیدهای چرب می‌تواند باعث کاهش مقدار رطوبت موجود در فیلم و در نتیجه کاهش تورم پلیمر و ضخامت شود به همین دلیل در مورد فیلم‌های امولسیونه ثعلب با افزودن بخش لیپیدی به محلول فیلم ضخامت کاهش معنی داری ($P<۰/۰۵$) پیدا کرده است. همچنین با افزایش درصد اسید اولئیک و استئاریک موجود در فیلم، مقدار ماده خشک فیلم و ناهمواری سطحی فیلم افزایش پیدا کرده و ضخامت بیشتر می‌گردد که با توجه به ماهیت جامد اسید استئاریک این افزایش بیشتر می باشد (جدول۱). همچنین سیوکیو و همکاران در سال ۱۹۹٦ [۱۷] عنوان کردند که ترکیبات لیپیدی به دلیل کاهش دادن میزان آب تبخیر شده از کامپوزیت های تولیدی، در غلظت های بالا منجر به افزایش ضخامت می‌گردند. این نتایج مشابه نتایج دیگر محققان بود که اثر اسید اولئیک و استئاریک را بر روی ضخامت بررسی نمودند [۱٤, ۱۸, ۱۹].

۳-۲- شفافیت

فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی نه تنها باید خواص مکانیکی قابل قبول و بازدارندگی مناسبی در برابر رطوبت و گازها داشته باشند بلکه رنگ و شفافیت آن‌ها به خصوص در مواردی که به عنوان پوشش استفاده می‌شوند حائز اهمیت بوده و باعث جذاب دیده شدن ماده غذایی و جذب مشتری می‌گردد [۲۰]. فیلم شاهد ثعلب فاقد رنگ و کاملا شفاف بود. افزودن اسید اولئیک در غلظت‌های بالا باعث کاهش معنی داری ($P<۰/۰۵$) در شفافیت فیلم ها گردید اما این تغییر در نمونه های فیلم قابل مشاهده نبود. از طرف دیگر مقادیر شفافیت فیلم‌های حاوی اسید استئاریک در تمامی غلظت ها منجر به کاهش ٦٤٪ تا ۷۰٪ مقادیر شفافیت گردید (جدول۱) و منجر به تولید فیلم هایی نسبتا کدر و نیمه شفاف شد. در تحقیقات دیگر نیز محققین زیادی گزارش کرده‌اند که افزودن ترکیبات لیپیدی به فیلم‌های خوراکی سبب کدر شدن آن‌ها می‌گردد [۲۱, ۲۲].

۳-۳- حلالیت

همانطور که انتظار می رفت میزان حلالیت در آب فیلم‌های آبگریز ثعلب برخلاف فیلم‌های شاهد که تنها حاوی گلیسرول بودند کاهش پیدا کرد (جدول ۱). این تغییر ناشی از ماهیت آبگریز اسید های چرب می باشد که در آب کاملاً نامحلول می‌باشند. همچنین اتصالات عرضی ایجاد شده بین اسید اولئیک و زنجیره‌های بیوپلیمر تمایل بیوپلیمر را نسبت به مولکول‌های آب کاهش می‌دهد. تحقیقات بر روی دیگر فیلم‌های حاوی ترکیبات لیپیدی، این نتایج را تایید می‌نماید [۱٤, ۲۳].

جدول ۱ تغییرات خواص فیزیکی فیلم های امولسیونه ثعلب حاوی غلظت های مختلف اسید اولئیک

	غلظت اسید چرب (درصد وزنی/ وزنی)	شفافیت (درصد)	ضخامت (میلی متر)	حلالیت (درصد)
شاهد	۰	٦۸/٤۲±۱/۲۲^{a}	۰/۰۵۲±۰/۰۰۱^{b}	٤۸/۰۲±۱/۳۷^{a}
	۱۰	٦۵/۸۳±۱/۷۰^{ab}	۰/۰٤٦±۰/۰۰۱^{c}	۳۵/۱۱±۱/۱۳^{b}
اسید اولئیک	۲۰	٦۳/۲۲±۱/۸٦^{b}	۰/۰٤۹±۰/۰۰۱^{bc}	۳۰/۲٤±۱/۳٦^{c}
	۳۰	۵۹/٦۳±۰/۷۱^{c}	۰/۰۵۳±۰/۰۰۲^{b}	۲۹/۱٦±۰/۹۱^{c}
	۱۰	۲٤/۵٦±۱/٤۹^{d}	۰/۰٤۰±۰/۰۰۱^{d}	۳۱/۲۹±۲/۹۹^{c}
اسید استئاریک	۲۰	۲۳/٤۳±۱/۳۸^{d}	۰/٤۳±۰/۰۰۱^{d}	۲۳/۵٤±۲/۸٦^{d}
	۳۰	۲۰/۵۸±۱/۸٦^{e}	۰/۰٦٦±۰/۰۰۱^{a}	۱۸/٤۹±۱/۸۰^{e}

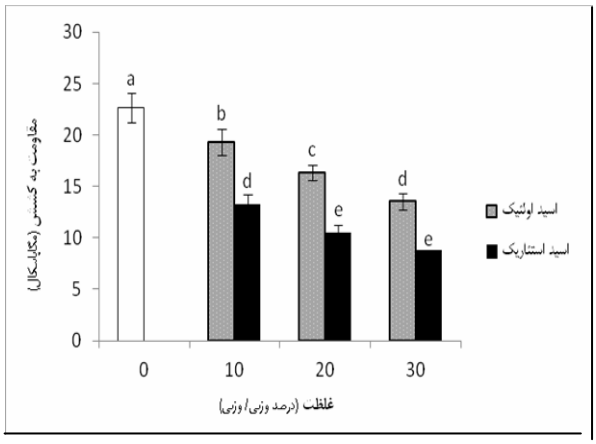
* میانگین‌ها در هر ستون با حروف انگلیسی متفاوت دارای اختلاف معنی دار با هم هستند($P<۰/۰۵$)

** داده‌ها عبارتند از میانگین ± انحراف معیار

۳-٤- خواص مکانیکی

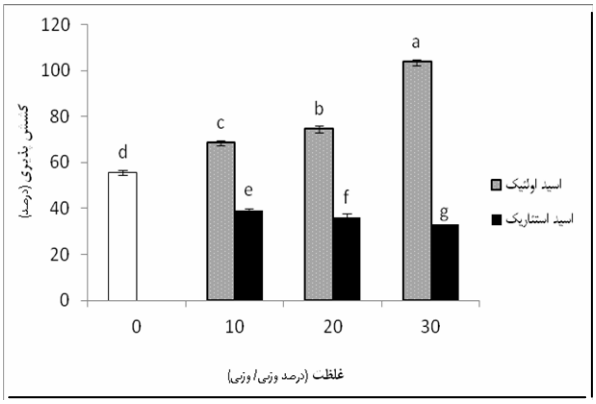
خصوصیات مکانیکی فیلم‌ها بستگی به توانایی مواد سازنده فیلم برای برقراری پیوندهای قوی و یا سایر پیوندهای گوناگون بین زنجیره‌ها دارد [۲٤]. شکل ۱ اثر تغییرات غلظت اسید اولئیک را بر روی مقاومت مکانیکی فیلم ثعلب نشان می‌دهد. بر اساس نتایج، با افزایش غلظت هر دو اسید چرب مقاومت به کشش نمونه‌ها از ۲۲/۹٦Mpa (فیلم شاهد) تا ۱۳/۵٤Mpa (فیلم حاوی اسید اولئیک) و ۸/٤۳Mpa (فیلم حاوی اسید

استئاریک) به طرز معنی داری کاهش می‌یابد ($P<۰/۰۵$). در اینجا شاهد خاصیت نرم کنندگی لیپیدها می‌باشیم که از طریق تضعیف نیروهای بین مولکولی بین زنجیره‌های مجاور مقاومت مکانیکی را کاهش می‌دهند. از آنجایی که با افزودن اسید استئاریک به محلول فیلم امکان ایجاد یک دیسپرسیون مناسب و ایجاد برهمکنش بین مولکولی با محلول فیلم ثعلب همانند محلول امولسیونی اسید اولئیک امکان پذیر نمی باشد و به دلیل ناهمگونی اتصالات ایجاد شده و تضعیف برهمکنش‌های بین مولکولی، اسید استئاریک نسبت به اسید اولئیک تاثیر منفی بیشتری بر روی مقاومت مکانیکی فیلم های آبگریز دارد. البته تاقی و همکاران در سال ۲۰۱۱ [۲٤] علت کاهش مقاومت مکانیکی فیلم‌های آلبومین سفیده تخم مرغ حاوی اسید اولئیک را تغییر بار سطحی پروتئین‌ها و افزایش دافعه زنجیره‌های پروتئینی معرفی کردند.



شکل۱ اثر غلظت‌های مختلف اسید اولئیک بر روی مقاومت به کشش فیلم‌های امولسیونه ثعلب

از طرف دیگر با افزایش غلظت اسیدهای چرب، درصد افزایش طول نمونه‌های آبگریز از ۵۵/٦٤٪ (فیلم شاهد) تا ۱۰۳/٦۳٪ (فیلم حاوی اسید اولئیک) و ۳۲/۹۳٪ (فیلم حاوی اسید استئاریک) به ترتیب افزایش و کاهش معنی داری ($P<۰/۰۵$) می‌یابد (شکل۲). با توجه به ماهیت شبه پلاستی سایزری اسید اولئیک این افزایش قابل انتظار بود [۲۵]. همانطور که اشاره گردید استفاده از لیپیدها عموما منجر به افزایش انعطاف پذیری فیلم‌های بیوپلیمری می‌گردند. در اکثر مواقع با افزودن لیپید درصد ازدیاد طول فیلم به دلیل نقش نرم کنندگی لیپیدها افزایش می‌یابد و این افزایش با زیاد شدن غلظت لیپید بیشتر می‌شود [۳]. البته در بعضی موارد ترکیبات لیپیدی منجر به کاهش درصد ازدیاد طول می‌گردند [۲٦, ۲۷]. علت این کاهش درصد ازدیاد طول می‌تواند به دو دلیل باشد: عدم توانایی اسید استئاریک برای ایجاد یک ماتریس پیوسته و چسبناک که قبلا به آن اشاره گردید و همچنین کاهش پیوستگی ماتریس فیلم به دلیل حضور گلبول‌های چربی.



شکل۲ اثر غلظت‌های مختلف اسید اولئیک بر روی کشش پذیری فیلم‌های امولسیونه ثعلب

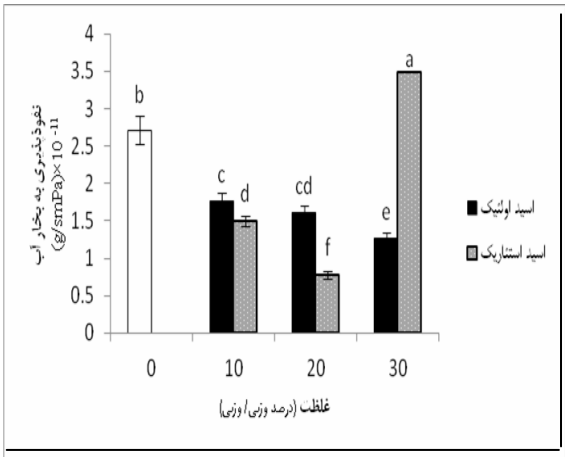
۳-۵- نفوذ پذیری به بخار آب

به دلیل ماهیت آبگریز اسیدهای چرب فیلم‌های مرکب حاوی ترکیبات لیپیدی قابلیت ممانعت کنندگی خیلی خوبی نسبت به بخار آب دارند. شکل ۳ اثر غلظت‌های مختلف اسید اولئیک و استئاریک را بر روی نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌های امولسیونه ثعلب نشان می‌دهد. قرار گرفتن بخش لیپیدی بر روی سطح و همچنین در ساختار فیلم تهیه شده مانع اصلی انتقال بخار آب در فیلم‌های آبگریز می‌باشد.

البته کارایی بازدارندگی به رطوبت اسیدهای چرب با افزایش تعداد کربن تا ۱۸ و به واسطه بزرگ شدن قسمت غیر قطبی افزایش می‌یابد و زمانی که طول زنجیره کربنی بیشتر از ۱۸ می‌شود نفوذپذیری زیاد می‌گردد چون زنجیره‌های خیلی بلند باعث ناهمگن شدن ساختار شبکه پلیمری می‌شوند. به همین دلیل اسید اولئیک کمترین میزان نفوذپذیری نسبت به بخار آب را ایجاد می‌کند [۲۸]. با افزودن اسید اولئیک تا غلظت ۳۰٪(w/w) نفوذپذیری نسبت به بخار آب فیلم‌ها از $(g/s.m.Pa)\times۱۰^{-۱۱}$ ۲/۷۱ تا $(g/s.m.Pa)\times۱۰^{-۱۱}$ ۱/۲۵ به طرز معنی داری ($P<۰/۰۵$) کاهش می‌یابد. به طور کلی با افزایش مقدار ماده هیدروفوب نفوذپذیری به بخار آب کاهش می‌یابد البته ممکن است افزودن بیش از حد لیپید از طریق کاهش پیوستگی شبکه فیلم باعث پارگی فیلم مرکب گردد [۲۹] به

همین دلیل با افزودن اسید استئاریک تا غلظت ٪۲۰(w/w) نفوذپذیری نسبت به بخار آب فیلم‌ها تا $(g/s.m.Pa)\times10^{-11}$ ۰/۷۸ به طرز معنی داری ($P<0/05$) کاهش می‌یابد. اما با افزایش غلظت اسید استئاریک به ٪۲۰(w/w) نفوذپذیری به بخار آب تا $(g/s.m.Pa)\times10^{-11}$ ۳/٤۷ افزایش می‌یابد.

در تحقیقاتی مشابه مشاهده شد که اسید اولئیک نفوذپذیری به بخار آب فیلم گلوتن گندم [۳۰] و پروتئین سویا [۳۱] را نیز کاهش می‌دهد. همچنین آیرانسی و تونک در سال ۲۰۰۱ انتقال بخار آب و دی اکسید کربن را از فیلم خوراکی متیل سلولز با مقادیر مختلف از اسید استئاریک، اسید پالمتیک و اسید لوریک مورد بررسی قرار دادند و نتایج به دست آمده را با فیلم فاقد اسید چرب مقایسه نمودند. در میان اسیدهای چرب مورد مطالعه، اسید استئاریک نقش موثرتری در کاهش نفوذپذیری به دی اکسید کربن و آب نشان داد [۱۹].



شکل۳ اثر غلظت‌های مختلف اسید اولئیک بر روی نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌های امولسیونه ثعلب

٤- نتیجه گیری

افزودن اسید چرب به فرمولاسیون فیلم خوراکی ثعلب سبب ایجاد تغییراتی در ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و سد کنندگی این فیلم گردید که برآن اساس کاربرد فیلم امولسیونی به فیلم شاهد ترجیح داده می‌شود. بر اساس یافته‌های این تحقیق، زمانیکه ماده غذایی حساسیت زیادی در برابر رطوبت داشته باشد بهتر است از فیلم امولسیونی حاوی اسید اولئیک در غلظت های بالا یا اسید استئاریک در غلظت های پایین استفاده گردد. زیرا این فیلم ها کمترین نفوذپذیری به بخار آب را داشته ضمن اینکه از حلالیت در آب کمتری نیز برخوردار هستند. اما زمانیکه حفظ یکپارچگی (خواص مکانیکی) و ویژگی‌های ظاهری فیلم خوراکی در طول تولید تا مصرف ماده غذایی از اهمیت بیشتری برخوردار است ترجیح داده می‌شود از غلظت‌های کمتر اسید اولئیک استفاده گردد تا ضمن رسیدن به این اهداف، نفوذپذیری به بخار آب را نیز کاهش داده باشیم.

٥- منابع

[1] Rios, L.M., Moore, C. and Jones, P.R. 2007. Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment. Marine Pollution Bulletin,. 54(8): p. 1230-1237.

[2] Bourtoom, T. 2008. Edible films and coatings: characteristics and properties. International Food Research Journal,. 15(3).

[3] Krotchta, J.M. and Nisperos-Carriedo, M.O. 1994. Edible coatings and films to improve food quality. CRC Press.

[4] Debeaufort, F., Quezada-Gallo, J.-A. and Voilley, A. 1998. Edible films and coatings: tomorrow's packagings: a review. Critical Reviews in Food Science,. 38(4): p. 299-313.

[5] Dickinson, E. 2009. Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers. Food Hydrocolloids,. 23(6): p. 1473-1482.

[6] Kaya, S. and Tekin, A.R. 2001. The effect of salep content on the rheological characteristics of a typical ice-cream mix. Journal of Food Engineering,. 47(1): p. 59-62.

[7] Kayacier, A. and Dogan, M. 2006. Rheological properties of some gums-salep mixed solutions. Journal of Food Engineering,. 72(3): p. 261-265.

[8] Ekrami, M. and Emam - Djomeh, Z. 2013. Water Vapor Permeability, Optical and Mechanical Properties of Salep - Based Edible Film. Journal of Food Processing and Preservation.

[9] Farhoosh, R. and Riazi, A. 2007. A compositional study on two current types of salep in Iran and their rheological properties as a function of concentration and temperature. Food Hydrocolloids,. 21(4): p. 660-666.

[10] Gerard, J. 1975. The herbal or general history of plants. Vol. 1633. New York: Dover Publications Inc. vii, 1630p.,

[11] Guilbert, S., Cuq, B. and Gontard, N. 1997. Recent innovations in edible and/or

biodegradable packaging materials. Food Additives & Contaminants,. 14(6-7): p. 741-751.

[12] Callegarin, F. 1997. Lipids and biopackaging. Journal of the American Oil Chemists' Society,. 74(10): p. 1183-1192.

[13] Donhowe, G. and Fennema, O. 1993. Water vapor and oxygen permeability of wax films. Journal of the American Oil Chemists' Society, 1993. 70(9): p. 867-873.

[14] Ghasemlou, M. 2011. Characterization of edible emulsified films with low affinity to water based on kefiran and oleic acid. International Journal of Biological Macromolecules,. 49(3): p. 378-384.

[15] Canhadas Bertan, L. 2005. Influence of the addition of lauric acid to films made from gelatin, triacetin and a blend of stearic and palmitic acids. In Macromolecular symposia.. Wiley Online Library.

[16] Nie, N.H., Bent, D.H. and Hull, C.H. 1975. SPSS: Statistical package for the social sciences. Vol. 227. McGraw-Hill New York.

[17] Cuq, B., Gontard, N., Cuq, J.L. and Guilbert, S. 1996. Functional properties of myofibrillar protein‐based biopackaging as affected by film thickness. Journal of food science,. 61(3): p. 580-584.

[18] Rezvani, E., Schleining, G., Sumen, G. and Taherian, A.R. 2013. Assessment of physical and mechanical properties of sodium caseinate and stearic acid based film-forming emulsions and edible films. Journal of Food Engineering,.

[19] Ayranci, E. and Tunc, S. 2001. The effect of fatty acid content on water vapour and carbon dioxide transmissions of cellulose-based edible films. Food Chemistry,. 72(2): p. 231-236.

[20] Siracusa, V., Rocculi, P., Romani, S. and Rosa, M.D. 2008. Biodegradable polymers for food packaging: a review. Trends in Food Science & Technology, 2008. 19(12): p. 634-643.

[21] Bertan, L., Tanada-Palmu, P.S., Siani, A.C. and Grosso, C.R.F. 2005. Effect of fatty acids and 'Brazilian elemi'on composite films based on gelatin. Food Hydrocolloids,. 19(1): p. 73-82.

[22] Pérez-Mateos, M., Montero, P. and Gómez-Guillén, M. 2009. Formulation and stability of biodegradable films made from cod gelatin and sunflower oil blends. Food Hydrocolloids,. 23(1): p. 53-61.

[23] Chiumarelli, M. and Hubinger, M.D. 2012. Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch–Carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples. Food Hydrocolloids,. 28(1): p. 59-67.

[24] Taqi, A., Askar, K., Nagy, K., Mutihac, L. and Stamatin, I. 2011. Effect of different concentrations of olive oil and oleic acid on the mechanical properties of albumen (egg white) edible films. African Journal of Biotechnology,. 10(60): p. 12963-12972.

[25] Fernandez, L., de Apodaca, E., Cebrián, M. and Villarán, M. 2007. Effect of the unsaturation degree and concentration of fatty acids on the properties of WPI-based edible films. European Food Research and Technology,. 224(4): p. 415-420.

[26] Liu, L., Kerry, J.F. and Kerry, J.P. 2006. Effect of food ingredients and selected lipids on the physical properties of extruded edible films/casings. International journal of food science & technology,. 41(3): p. 295-302.

[27] Yang, L. and Paulson, A. 2000. Effects of lipids on mechanical and moisture barrier properties of edible gellan film. Food Research International,. 33(7): p. 571-578.

[28] Morillon, V. 2002. Factors affecting the moisture permeability of lipid-based edible films: a review. Critical reviews in food science and nutrition,. 42(1): p. 67-89.

[29] Karel, M., Proctor, B. and Wiseman, G. 1959. Factors affecting water vapor transfer through food packaging films. Food Technol,. 13(1): p. 69-74.

[30] Gontard, N., Duchez, C., Cuq, J. and Guilbert, S. 1994. Edible composite films of wheat gluten and lipids: water vapour permeability and other physical properties. International journal of food science & technology,. 29(1): p. 39-50.

[31] Gennadios, A. 1998. Ultraviolet radiation affects physical and molecular properties of soy protein films. Journal of food science, 1998. 63(2): p. 225-228.

Effect of fatty acids on physical, mechanical and moisture barrier based edible film–properties of salep

Ekrami, M. [1], Emam-Djomeh, Z. [2*], Karami moghadam, A.[3]

1. M.Sc. Student, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran
2. Prof, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran
3. M.Sc. Student, Department of Food Science and Technology,Science and Reserch Branch,Islamic Azad University,Yazd,Iran

(Received: 93/2/23 Accepted: 93/7/8)

Salep composite films containing 0±30% (w/w) oleic acid or stearic acid – were prepared through emulsification and their physical, mechanical, and barrier properties were evaluated and compared. Emulsified films were softer than pure films. Addition of the fatty acids to salep films significantly improved the WVP ($P<0.05$), but lowered the tensile strength. Stearic acid was more effective than oleic acid in reducing the WVP, but films with oleic acid showed better mechanical properties overall than those with stearic acid . Also the presence of fatty acids decreased solubility in water and caused the films to become opaque. On the other, fatty acids showed different effects on the elongation at break. This work showed that when taking all the studied variables into account, films formulated with oleic acid were found most suitable for various food applications.

Keywords: Salep, Oleic acid, Stearic acid, Edible film

[*] Corresponding Author E-Mail Address: emamj@ut.ac.ir