مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بررسی خواص فیزیکی، مکانیکی و مورفولوژی فیلم آلژینات کلسیم پوشش داده شده با روغن آفتاب‌گردان و یا چربی پیه گاو

نرگس نهچیری[۱]، صدیقه امیری[۱و۲*]، محسن رادی[۱و۲]

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران

۲- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۷/۲۲

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۱۳

کلمات کلیدی:

فیلم خوراکی،
پوشش‌دهی،
آلژینات کلسیم،
روغن آفتاب‌گردان،
چربی پیه گاو.

DOI: 10.52547/fsct.18.04.19

* مسئول مکاتبات:
s.amiri@iauyasooj.ac.ir

چکیده

نگرانی در مورد مسایل زیست محیطی، گرایش به بسته‌بندی مواد غذایی با بیوپلیمرهای طبیعی را افزایش داده است. آلژینات به عنوان یک بیوپلیمر، پتانسیل خوبی برای تشکیل فیلم دارد، اما خواص ممانعت‌کنندگی آن در مقابل رطوبت ضعیف است. به منظور غلبه بر این مشکل، در این مطالعه فیلم آلژینات کلسیم با دو نوع چربی روغن آفتاب‌گردان (مایع) و پیه گاو (جامد) در دو غلظت ۰/۵ و ۵ درصد (همراه با ۰/۱ درصد لسیتین و بدون لسیتین) پوشش داده شد و سپس خصوصیات فیزیکوشیمیایی، سدکنندگی و مکانیکی فیلم-های تولیدی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از پیه گاو ضخامت فیلم را بطور معنی‌داری نسبت به روغن آفتاب‌گردان افزایش داد و این ضخامت با افزایش غلظت چربی افزایش یافت. همچنین افزودن روغن آفتاب‌گردان نفوذپذیری فیلم آلژینات به بخار آب را کاهش داد که در این رابطه غلظت ۰/۵ درصد روغن مؤثرتر عمل کرد، اما چربی پیه گاو نتوانست در این رابطه مؤثر عمل کند. در عین‌حال افزودن این مواد آب‌گریز به فیلم آلژینات کلسیم باعث تغییر خصوصیات رنگی(افزایش زردی) و کدورت فیلم‌ها گردید. ویژگی‌های مکانیکی فیلم شامل قدرت کششی و میزان کشش پذیری در نقطه شکست نیز تحت تاثیر افزودن چربی پیه گاو در غلظت ۰/۵ درصد بهبود یافت. افزودن لسیتین بر فاکتورهای ضخامت، نفوذپذیری به بخار آب و خواص مکانیکی فیلم آلژینات تاثیری نداشت. تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی حاکی از شکل‌گیری حفرات و یا ترک‌بر سطح فیلم‌های پوشش‌دهی شده بود. در کل نتایج این مطالعه بیانگر این موضوع بود که بسته به هدف مورد نظر، می‌توان از روغن آفتاب‌گردان و یا چربی پیه گاو به عنوان ترکیبات طبیعی برای بهبود و تغییر ویژگی‌های فیلم‌های خوراکی برپایه آلژینات کلسیم برای بسته‌بندی محصولات غذایی استفاده نمود.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.52547/fsct.18.113.233]

۱- مقدمه

نگرانی در مورد آلودگی زیست محیطی مواد پلاستیکی توجه بسیاری را در سال‌های اخیر به خود جلب کرده است. این امر تمایل به جانشین کردن مواد بسته‌بندی سنتزی با بیوپلیمرها را به منظور کم کردن مشکلات ناشی از دفع ضایعات مواد پلاستیکی افزایش داده است. فیلم‌های بیوپلیمری می‌توانند به‌عنوان مانعی در برابر عبور رطوبت، اکسیژن، دی اکسید کربن، چربی‌ها، ترکیبات عطر و طعمی و میکروارگانیسم‌ها عمل کنند و به این ترتیب از مواد غذایی در برابر آلودگی‌های خارجی و فساد زود هنگام محافظت کنند و طول عمر محصول را افزایش دهند[۱]. برای تهیه فیلم‌های بیوپلیمری از مواد بیولوژیک تجدیدپذیری چون پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها، چربی‌ها و یا ترکیبی از این مواد استفاده می‌شود. در میان این مواد، پلی‌ساکاریدهایی چون نشاسته، آلژینات، سلولز، کیتوزان، کاراگینان و پکتین‌ها بسیار برای تهیه فیلم‌های بیوپلیمری استفاده می‌شوند، چرا که این مواد فراوان‌تر از سایر بیوپلیمرها بوده و فیلم‌هایی شفاف، انعطاف‌پذیر و مقاوم را تولید می‌کنند، ضمن اینکه ویژگی‌های ممانعتی خوبی را در برابر عبور چربی و گازها از خود نشان می‌دهند. اما حساسیت به رطوبت، مقاومت کم در برابر عبور بخار آب و ویژگی‌های مکانیکی ضعیف آنها، کاربرد صنعتی این فیلم‌ها را محدود ساخته است[۲]. تحقیقات بسیاری برای بهبود مقاومت این فیلم‌ها در برابر عبور بخار آب صورت گرفته است. برای غلبه بر مشکل آب‌دوستی زیاد فیلم‌های بیوپلیمری، دو استراتژی اساسی بر مبنای تلفیق ترکیبات آب‌گریز به‌ویژه روغن و چربی[۳]، موم [٤] و اسانس‌های روغنی [٥] مورد توجه محققین قرار گرفته است.در یک روش، چربی به‌صورت امولسیون در داخل فرمولاسیون فیلم قرار می‌گیرد ودر روش دیگر، فیلم بیوپلیمری با یک لایه چربی پوشش داده می‌شود.روش دوم بطور وسیع برای تولید مواد بسته‌بندی چند لایه که ترکیبی از پلاستیک‌های سنتزی، کاغذ آلومینیوم و... می‌باشد به منظور بهبود ویژگی‌های فیلم بیوپلیمری پایه استفاده می‌شود[۳].در این راستا محققین فیلم ذرت را با روغن سویا و بزرک پوشش دادند و گزارش کردند که قابلیت نفوذپذیری به بخار آب (WVP)[1] فیلم‌های ذرت با لامینیت کردن[2] کاهش یافت[٦]. در تحقیقی دیگر، فیلم سلولز با واکس زنبور عسل، استئاریک اسید، و تری‌استئارین لامینیت گردید و WVP فیلم‌های پوشش داده شده به‌طور معنی‌داری کاهش یافت [۷]. در یک بررسی، WVP، قابلیت خیس شدن و قابلیت جذب آب فیلم سه لایه نشاسته، روغن کتان و نشاسته به طور قابل توجهی کاهش یافت [۸].

آلژینات در حقیقت نمک آلژینیک اسید است که از دیواره سلولی جلبک‌های قهوه‌ای به دست می‌آید. آلژینیک اسید دارای یک ساختار خطی بدون انشعاب است که از واحدهای دی-مانورونیک‌اسید با اتصال β (1→4) و ال-گلورونیک‌اسید با اتصال α (1→4)تشکیل شده است[۹]. ویژگی‌های کلوئیدی منحصربه‌فرد آلژینات مانند خاصیت غلیظ‌کنندگی، قابلیت تشکیل فیلم و ژل، خاصیت پایدارکنندگی در کنار قیمت نسبتا پایین آن، از آلژینات گزینه‌ی خوبی برای مصارف صنعت غذا ساخته است. آلژینات با یون‌های دو و چند ظرفیتی مثل کلسیم پیوند عرضی تشکیل می‌دهد و می‌تواند فیلم‌هایی با کیفیت بالا بسازد [۱۰]. به علت ماهیت آبدوستی، آلژینات مانع ضعیفی در برابر عبور بخار آب است و قابلیت مرطوب شوندگی بالایی دارد.ضخامت لایه چربی لامینیت شده می‌تواند بر ویژگی‌های نهایی فیلم تولید شده تاثیر بگذارد.امروزه کاهش ابعاد در مقیاس نانومتری مورد توجه بسیاری از تحقیقات در رشته‌های مختلف علمی قرار گرفته است، تا جایی‌که نانوتکنولوژی توانسته است نقش مهمی در تولید محصولات جدید یا بهبود بعضی از ویژگی‌های محصولات سنتی داشته باشد [۱۱]. در یک مطالعه لامینیت کردن آلژینات و نانولامینیت کردن کیتوزان برروی فیلم پایه پلی‌اتیلن ترفتالات[3] با موفقیت انجام شد [۱۲]. در تحقیقی دیگر، فیلم نشاسته به‌وسیله یک لایه از روغن آفتاب‌گردان نانولامینیت گردید و بهبود خصوصیات مکانیکی، WVP، قابلیت جذب آب و خیس شدن فیلم‌های حاصل مشاهده گردید [۱۳]. باتوجه به آب‌دوست بودن فیلم آلژینات کلسیم و قابلیت جذب آب بالای آن، هدف از این مطالعه بهبود خاصیت ممانعت‌کنندگی فیلم آلژینات در مقابل عبور بخار آب و ارتقاء خواص مکانیکی آن از طریق لامینیت کردن لایه چربی (روغن آفتاب‌گردان و چربی پیه گاو) بر دو طرف فیلم آلژینات بوده است. در این راستا عملکرد روغن مایع (آفتاب‌گردان) در مقابل چربی جامد (پیه گاو) برای بهبود خواص عملکردی فیلم مورد بررسی قرار گرفت. روغن آفتاب‌گردان یکی

1. Water vapor permeability
2. Lamination
3. Polyethylene terephthalate

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.52547/fsct.18.113.233]

از روغن‌های فراوان، در دسترس و پرمصرف است که به ویژه به علت میزان اسیدهای چرب اشباع پایین (کمتر از ۱۳٪) و وجود توکوفرول‌ها و فیتواسترول‌ها ارزش تغذیه‌ای بالایی دارد، ضمن اینکه در دمای اتاق حالت مایع دارد [۱۴]. پیه گاو نیز از جمله مهمترین منابع لیپیدی حیوانی رژیم غذایی انسان محسوب می‌شود، در دسترس است و در میزان اسیدهای چرب امگا ۶ با گوشت تفاوت معنی‌داری ندارد. اسیدهای چرب امگا ۶ به بهبود مقاومت انسولینی و دیابت شیرین کمک کرده و باعث کاهش فشارخون می‌شوند [۱۵]. این چربی چون در دمای اتاق حالت جامد دارد، در مقابل روغن مایع آفتاب‌گردان انتخاب شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

نمک آلژینات کلسیم با نسبت گلورونیک اسید به مانورونیک اسید(۶۰:۴۰) و گرانروی محلول ۱٪در حدود ۴۷۰ میلی پاسکال ثانیهاز شرکت بهین آزما (شیراز-ایران) تهیه گردید. هگزان، لسیتین وگلیسرولاز شرکت مرک آلمان خریداری شدند. روغن مایع آفتاب‌گردان(نرگس شیراز)و پیه گاو نیز از یک فروشگاه مواد غذایی (یاسوج- ایران) تهیه گردید.

۲-۲- تولید فیلم پایه با استفاده از آلژینات

برای تهیه فیلم‌های آلژینات کلسیماز روش Silva و همکاران (۲۰۱۲) با کمی تغییر استفاده شد [۱۶]. در ابتدا برای تهیه محلول کلسیم آلژینات، ۲۰ گرم کلسیم آلژینات با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در یک ظرف همراه با همزن مگنت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس مخلوط گردید تا یک محلول هموژن و شفاف به دست آمد. سپس ۱۰ گرم گلیسرول به عنوان نرم‌کننده اضافه گردید و محلول در دمای محیط به مدت یک شبانه روز نگهداری شد. برای اطمینان از هیدراسیون کامل آلژینات و خارج کردن حباب‌های هوا،محلول در این مدت با استفاده از مگنت هم می‌خورد. بعد از آن محلول آلژینات کلسیم تولید شده به مدت ۳۰ دقیقه هم زده شد و بعد با استفاده از روتاری اواپراتور (مدل RV-10 control، شرکت IKA، آلمان) تحت خلا برای مدت ۵ دقیقه هواگیری شد. سپس دقیقا ۲۰ میلی‌لیتر از محلول تولید شده در پتری دیش‌های پلی استایرنی با قطر ۹ سانتی‌متر ریخته شد و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در محفظه‌ای با رطوبت نسبی ۴۰٪ قرار داده شد تا فیلم‌ها خشک گردند.

۲-۳- روش ساخت پوشش‌ها (لمینیت کردن)

در ابتدا فیلم پایه آلژینات کلسیم ساخته شد. سپس این فیلم وارد محلول پوشش‌دهنده چربی گردید تا کاملا آغشته به عامل پوشش دهنده گردد. بعد از آن، فیلم آغشته روی توری قرارگرفت تا خشک شود.

برای تهیه محلول چربی، از دو نوع روغن مایع آفتاب‌گردان و چربی جامد گاو بطور جداگانه، در دو غلظت ۰/۵ و ۵ درصد در حلال هگزان استفاده گردید. به این ترتیب نمونه‌ها شامل فیلم آلژینات حاوی ۰/۵ درصد روغن آفتاب‌گردان، ۵ درصد روغن آفتاب‌گردان، ۰/۵ درصد چربی گاو و ۵ درصد چربی گاو بودند. یک نمونه فیلم آلژینات به عنوان نمونه کنترل در نظر گرفته شد.

در یک سری تیمارها، لسیتین به میزان ۰/۱ درصد به محلول چربی (روغن مایع یا چربی جامد) اضافه گردید تا تاثیر لسیتین به عنوان یک امولسیفایر در کنار لایه پوشش‌دهنده چربی بر کیفیت پوشش مشخص گردد. در حقیقت هدف از اضافه کردن لسیتین بهتر قرار گرفتن پوشش چربی بر سطح فیلم بود. تیمارهای این بخش از کار شامل فیلم آلژینات-لسیتین حاوی ۰/۵ درصد روغن آفتاب‌گردان، ۵ درصد روغن آفتاب‌گردان، ۰/۵ درصد چربی گاو و ۵ درصد چربی گاو بودند. در کل در مطالعه حاضر ۹ تیمار آماده گردید که در جدول ۱مشاهده می شود.

Table 1 Different samples produced in this study

Sample	Component
Alg	Alginate film (control)
Alg-5%L	Sunflower oil laminated film with 5% oil
Alg-5% S	Tallow laminated film with 5% fat
Alg- 0.5% L	Sunflower oil laminated film with 0.5% oil
Alg- 0.5% S	Tallow laminated film with 0.5% fat
Alg-L 5% L	Sunflower oil-lecithin laminated film with 5% oil
Alg-L 5% S	Tallow-lecithin laminated film with 5% fat
Alg-L0.5% L	Sunflower oil-lecithin laminated film with 0.5% oil
Alg-L0.5% S	Tallow-lecithin laminated film with 0.5% fat

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.52547/fsct.18.113.233]

۲-٤- تعیین ضخامت فیلم‌ها

برای تعیین ضخامت فیلم‌ها از میکرومتر دستی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر (مدلMitutoyo، ساخت کشور ژاپن) استفاده شد. اندازه‌گیری در ۱۰ نقطه مختلف فیلم انجام گرفت و سپس از آنها میانگین گرفته شد و در محاسبات نفوذپذیری نسبت به بخار آب استفاده گردید.

۲-۵- اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری به بخار آب

نفوذپذیری بخار آب فیلم‌ها با استفاده از روش وزن‌سنجی و مطابق روش Moghadam و همکاران (۲۰۲۰) انجام شد [۱۷]. فیلم‌ها روی ظروف حاوی سیلیکاژل (رطوبت نسبی صفر) ثابت شدند و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۷٦٪ به مدت ٢٤ ساعت قرار گرفتند. مقدار بخار آب عبور کرده و جذب شده از فیلم با محاسبه‌ی اختلاف وزن تعیین شد. تغییر وزن نمونه‌ها تا دقت ۰/۰۰۰۱ گرم ثبت گردید و به منظور کاهش خطا، توزین نیز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت ۷٦٪ صورت گرفت. نفوذپذیری بخار آب با استفاده از معادله‌ی زیر محاسبه شد:

$$WVP\ (g\ mm/m^2\ day\ KPa) = X\Delta W / A\Delta P$$

X: ضخامت فیلم (میلی‌متر)، ΔW: اختلاف وزن بعد از ٢٤ ساعت (گرم)، A: مساحت فیلم (متر مربع) و ΔP: اختلاف فشار دو طرف فیلم در ۲۵ درجه‌سانتی‌گراد (کیلو پاسکال).

۲-٦- بررسی خصوصیات مکانیکی فیلم‌ها

قبل از انجام آزمون‌ها، فیلم‌ها به مدت حداقل ٢٤ ساعت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت۵۰ درصد نگهداری شدند تا به تعادل برسند. سپس قدرت کشش[4]، مدول کشش[5] و افزایش طول در نقطه شکست[6] فیلم‌ها با استفاده از دستگاه کشش (STM U20, Iran) مجهز به حسگر نیرو ٦۰ نیوتنی اندازه‌گیری شد. نمونه‌های مورد آزمون به شکل مستطیل با اندازه‌ی طول ۷ سانتی‌متر، عرض۱ سانتی‌متر و ضخامت ۰/۳۵-۰/۲۵ میلی‌مترمورد آزمون قرار گرفتند. فاصله‌ی ابتدایی جدایی ۳ سانتی‌متر و سرعت انجام آزمایش ۱۰ میلی‌متر بر ثانیه در نظر گرفته شد. قدرت کشش (مگاپاسکال) و افزایش طول در نقطه شکست (میلی‌متر) به‌صورت اتوماتیک با استفاده از برنامه‌ی آزمون اندازه‌گیری شدند[۲].

۲-۷- تعیین ویژگی‌های رنگی و کدورت فیلم‌ها

رنگ فیلم‌های تولیدی با استفاده از رنگ‌سنج هانترلب (Konica Minolta CR400, Japan) تعیین شد. نمونه‌های فیلم روی یک صفحه‌ی سفید استاندارد (L*= 95.44, a*= -0.47, b*= 2.51) قرار داده شدند. پارامترهای L* از سیاه (۰) تا سفید (۱۰۰)، a* از سبز (-) تا قرمز (+) و b* از آبی (-) تا زرد (+) محاسبه شدند. شاخص سفیدی (WI) با فرمول زیر محاسبه شد [۱۸]:

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2}$$

برای تعیین کدورت فیلم‌ها، فیلم‌ها به قطعات مستطیل شکل بریده شدند و درون سل دستگاه اسپکتروفوتومتر (T80+, UK) قرار داده شدند. هم‌چنین یک سل خالی به‌عنوان رفرنس در نظر گرفته شد. شفافیت با استفاده از معادله‌ی زیر محاسبه شد:

کدورت = میزان جذب طول موج در ٦۰۰ نانومتر / ضخامت فیلم میلی لیتر

۲-۸- بررسی ریزساختار با میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (SEM)[7]

جهت بررسی ریزساختار فیلم‌های تولید شده از میکروسکوپ الکترونی روبشی(Cambridge scanning electron microscope, Model 5526, 20KV, UK) استفاده شد. قبل از اندازه‌گیری، فیلم‌ها پودر و سپس تحت خلا با طلا/پالادیوم پوشش داده شدند و مورفولوژی سطح و مقطع فیلم طی میکروگرافی ۵ کیلو ولت مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲-۹- تجزیه و تحلیل آماری

این پژوهش در قالب طرح کاملا تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۱) تجزیه و تحلیل شد. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۰ رسم گردیدند.

4. Tensile strength
5.Young modulus
6. Elongation at break
7. Scanning electron microscopy

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]
[DOI: 10.52547/fsct.18.113.233]

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ضخامت فیلم‌ها

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیلم‌های خوراکی، ضخامت آنها می‌باشد که می‌تواند بر خصوصیات دیگر آنها مانند خواص مکانیکی نیز اثرگذار باشد. ضخامت فیلم‌های مختلف تولید شده در این مطالعه اندازه گیری شده و نتایج در جدول ۲ نشان داده شده است. بنابر نتایج جدول ۲، استفاده از لسیتین تاثیری بر ضخامت نمونه‌های مشابه ایجاد نکرد($p>0.05$). همچنین نتایج نشان داد که بالاترین میزان ضخامت مربوط به فیلم آلژینات پوشش‌دهی شده با ۵ درصد پیه گاو بوده است. پایین‌ترین ضخامت نیز مربوط به فیلم کنترل و فیلم‌های پوشش‌دهی شده با ۰/۵ درصد روغن آفتاب‌گردان بوده است ($p>0.05$). در کل نتایج بیانگر این موضوع بوده است که فیلم‌های پوشش داده شده با روغن پیه گاو دارای ضخامت بیشتری در مقایسه با فیلم‌های پوشش‌دهی شده با روغن آفتاب‌گردان بوده‌اند و در این رابطه فیلم‌هایی که با غلظت ۵ درصد پیه گاو پوشش داده شده بودند، ضخامت بیشتری نسبت به فیلم‌های پوشش داده شده با ۰/۵ درصد پیه گاو بودند. تاثیر غلظت چربی بر ضخامت، در فیلم‌های پوشش داده شده با روغن آفتاب‌گردان نیز مشهود بود. همراستا با این نتایج محققین دیگر نیز عنوان نمودند که استفاده از چربی در فرمولاسیون فیلم‌های خوراکی موجب تغییر معنی‌دار در ضخامت آنها شده است. برای مثال، عنوان شده است که افزودن موم زنبور عسل به عنوان یک ترکیب آب‌گریز موجب تغییر ضخامت فیلم‌های بر پایه نشاسته ذرت [۱۹] و پروتئین آب‌پنیر-پولولان [۵] شده است. همچنین می‌توان تفاوت در فیلم‌های مختلف تولید شده در این مطالعه که با روغن جامد و یا مایع پوشش داده شدند را به میزان ماده جامد تشکیل شده در واحد سطح مربوط دانست که به نظر می‌رسد این مقدار برای چربی پیه گاو در مقایسه با روغن آفتاب‌گردان بیشتر بوده است [۱۹].

۳-۲- نفوذپذیری به بخار آب

نفوذپذیری به بخار آب یکی از مهم‌ترین خصوصیات فیلم‌های خوراکی می‌باشد، زیرا بر ویژگی‌های ماده غذایی بسته‌بندی شده اثرگذار است. به منظور جلوگیری از کاهش آب محصولات غذایی، فیلم‌های مورد استفاده باید بتوانند انتشار آب از محصول به محیط را کنترل کنند. از اینرو نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌ها باید تا حدممکن پایین باشد [۲۰]. نتایج حاصل از اندازه‌گیری این عامل در فیلم‌های تولید شده در مطالعه حاضر در جدول ۲ نشان داده شده است. این نتایج نشان دادند که کمترین میزان نفوذپذیری به بخار آب مربوط به نمونه آلژینات پوشش‌دهی شده با۰/۵ درصد روغن مایع آفتاب‌گردان بود. بعد از آن استفاده از پوشش ۵ درصد روغن آفتاب‌گردان بطور مؤثری نفوذپذیری به بخار آب را کاهش داد ($p<0.05$). بالاترین میزان نفوذپذیری به بخار آب نیز مربوط به فیلم آلژینات و فیلم‌های پوشش‌دهی شده با چربی پیه گاو در حضور ۵ و ۰/۵ درصد چربی بوده است($p<0.05$) و استفاده از لسیتین در پوشش‌دهی تاثیر معنی‌داری در کاهش یا افزایش میزان نفوذپذیری به بخار آب نداشت ($p>0.05$). نتایج نشان داد که فیلم‌های پوشش‌دهی شده با روغن آفتاب‌گردان در مقایسه با فیلم‌های پوشش‌دهی شده با چربی پیه گاو نفوذپذیری کمتری به بخار آب داشته‌اند. در راستای این نتایج، در یک مطالعه مشابه، محققین به بررسی اثر افزودن روغن آفتاب‌گردان بر میزان نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌های خوراکی بر پایه پروتئین کینوا و کیتوزان پرداخته و عنوان نمودند که افزودن روغن موجب کاهش محسوس نفوذپذیری گردید[۱۴]. در واقع این محققین عنوان نمودند که روغن‌ها می‌توانند در شبکه فیلم تشکیل یک شبکه به هم پیوسته را دهند که باعث افزایش خاصیت آب‌گریزی شده که این عامل باعث کاهش مولکول‌های آب توسط شبکه فیلم می‌شود. بنابراین، در مطالعه حاضر، کمتر بودن نفوذپذیری پوشش روغن آفتاب‌گردان نسبت به بخار آب می‌تواند ناشی از تشکیل لایه‌ای نازک و پیوسته (تصویر میکروسکوپ الکترونی، شکل ۱) از روغن در غلظت ۰/۵ درصد برروی سطح فیلم آلژینات کلسیم و افزایش خاصیت آب‌گریزی ناشی از طبیعت آب‌گریز روغن باشد. این در حالی است که عدم پیوستگی لایه پوشش‌دهی شده و ایجاد ترک (تصویر میکروسکوپ الکترونی، شکل ۱)، نفوذپذیری فیلم‌های پوشش داده شده با غلظت ۵ درصد روغن آفتاب‌گردان را افزایش داد. در عین حال، کریستاله شدن مولکول‌های چربی، شکستگی و عدم پیوستگی آن‌در غلظت ۵ درصد و یا تشکیل

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.52547/fsct.18.113.233]

منافذ ریز بر سطح فیلم در غلظت ۰/۵ درصد (تصویر میکروسکوپ الکترونی، شکل ۱) در پوشش چربی پیه گاو، باعث گردید که نفوذپذیری فیلم به عبور بخار آب بهبود پیدا نکند. الماسی و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که ادغام میکروامولسیون‌های اسید استیک:اسانس آویشن باغی و اسید پروپیونیک: اسانس آویشن باغی باعث افزایش نفوذپذیری فیلم آلژینات کلسیم به بخار آب گردید. این محققین علت این امر را به ساختار متخلخل فیلم‌های تولید شده نسبت دادند [۲۳]. همچنین نتایج این تحقیق مشابه نتایج مطالعات اسلاوتسکیو همکاران در سال ۲۰۱۶ در بهبود خواص WVP فیلم نانولامینیت شده نشاسته با روغن آفتاب‌گردانبود [۱۳]. مطابق با این نتایج، بلقیسی و همکاران نیز در سال ۱۳۸۷ با افزودن مونوگلیسرید به فیلم آب پنیر، کاهش معنی‌داری در نفوذپذیری به بخار آب مشاهده کردند [۲٤]. جیمنز و همکاران در سال ۲۰۱۰ کاهش ۵۰ درصدی در WVPفیلم پایه هیدروکسی پروپیل متیل سلولز را در اثر افزودن اسید اولئیک گزارش کردند [۲۱]. در این راستا پرووال و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که نفوذپذیری به بخار آب با افزودن روغن هیدروژنه پالم به فیلم آرابینوکسیلان کاهش یافت [۲۵].

Table 2 Thickness and water vapor permeability (WVP) of calcium alginate films coated with tallow fat and sunflower oil

WVP ($g.mm.m^{-2}.d^{-1}.kPa^{-1}$)	Thickness (mm)	Sample
6.94^{a}	0.0229^{e}	Alg
5.90^{b}	0.0301^{c}	Alg-5%L
6.82^{a}	0.0349^{a}	Alg-5% S
5.00^{c}	0.0234^{de}	Alg- 0.5% L
7.05^{a}	0.0328^{b}	Alg- 0.5% S
6.00^{b}	0.0294^{c}	Alg-L 5% L
7.00^{a}	0.0369^{a}	Alg-L 5% S
6.05^{b}	0.0250^{d}	Alg-L0.5% L
7.03^{a}	0.0303^{c}	Alg-L0.5% S

Means with different superscripts in each column are significantly different ($p<0.05$).

۳-۳- ویژگی‌های رنگی فیلم‌ها

فاکتورهای رنگی فیلم‌های تولیدی شامل L^* (روشنایی)، a^* (سبزی/قرمزی) و b^* (آبی/زردی) در جدول ۳ نشان داده شده است. همانطور که نتایج نشان داد، فیلم‌ها از نظر فاکتور روشنایی یعنی L^* و همچنین فاکتور a^* تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند ($p>0.05$). با این حال نمونه‌ها از نظر فاکتور b^* دارای تفاوت معنی‌دار بودند. بالاترین میزان این فاکتور مربوط به فیلم‌های آلژینات پوشش داده شده با روغن آفتاب‌گردانو پیه گاو در حضور ۵ درصد چربی بود و تفاوت آماری معنی‌داری بین این نمونه‌ها مشاهده نشد ($p>0.05$). کمترین میزان این فاکتور نیز مربوط به فیلم کنترل آلژینات بوده است. بنابراین می‌توان گفت که افزودن موادی مانند روغن آفتاب‌گردان و پیه گاو موجب افزایش فاکتور b^* شده است که بیانگر زرد بودن بیشتر این فیلم‌ها می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که به طور کلی فیلم‌ها در حضور غلظت‌های بالاتر چربی (۵ درصد) زردتر از فیلم‌های پوشش داده شده با غلظت ۰/۵ درصد روغن آفتاب‌گردان و یا پیه گاو بوده‌اند. استفاده از غلظت ۰/۱درصد لستین در فیلم‌ها تاثیری بر زردتر شدن رنگ فیلم‌ها نداشت.همراستا با نتایج این مطالعه، گزارش شده است که افزودن روغن آفتاب‌گردان به فیلم بر پایه کیتوزان-پروتئین آب پنیر باعث تغییر معنی‌دار در خصوصیات رنگی فیلم‌ها گردیده است [۱٤].در یک مطالعه دیگر نیز گزارش شد که افزودن روغن‌های بادام و گردو به فیلم‌های بر پایه پروتئین آب پنیر تاثیر معنی‌داری بر فاکتور b^* نداشته، اما اثر معنی‌دار بر میزان فاکتور a^* فیلم‌ها گذاشته است [٤]. فاکتور دیگر اندازه گیری شده در این قسمت فاکتوراندیس سفیدی (WI) بود که میزان اندیس سفیدی بین نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت ($p>0.05$).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.52547/fsct.18.113.233]

Table 3 Color parameters of calcium alginate films coated with tallow fat and sunflower oil

WI	b*	a*	L*	Sample
94.09 ± 0.45^{a}	2.78 ± 0.03^{c}	-0.69 ± 0.07^{a}	94.91 ± 0.71^{a}	Alg
93.84 ± 0.24^{a}	3.16 ± 0.07^{a}	-0.65 ± 0.04^{a}	94.76 ± 0.31^{a}	Alg-5%L
93.92 ± 0.03^{a}	3.15 ± 0.05^{a}	-0.65 ± 0.04^{a}	94.84 ± 0.06^{a}	Alg-5% S
93.81 ± 0.41^{a}	3.00 ± 0.02^{b}	-0.67 ± 0.05^{a}	94.74 ± 0.36^{a}	Alg- 0.5% L
94.02 ± 0.55^{a}	3.03 ± 0.01^{b}	-0.70 ± 0.03^{a}	94.91 ± 0.86^{a}	Alg- 0.5% S
93.94 ± 0.10^{a}	3.32 ± 0.14^{a}	-0.69 ± 0.05^{a}	94.98 ± 0.02^{a}	Alg-L 5% L
93.95 ± 0.02^{a}	3.12 ± 0.06^{a}	-0.67 ± 0.03^{a}	94.87 ± 0.02^{a}	Alg-L 5% S
93.85 ± 0.81^{a}	2.97 ± 0.03^{b}	-0.67 ± 0.04^{a}	94.68 ± 1.15^{a}	Alg-L0.5% L
93.66 ± 0.34^{a}	2.98 ± 0.02^{b}	-0.66 ± 0.02^{a}	94.45 ± 0.47^{a}	Alg-L0.5% S

Means with different superscripts in each column are significantly different ($p<0.05$).

۳-٤- کدورت و خصوصیات مکانیکی فیلم‌ها

یکی دیگر از فاکتورهای مهم فیلم‌های خوراکی، میزان کدورت یا شفافیت آنها می‌باشد. شفافیت یک شاخص مؤثر و کارآمد در تعیین اطلاعات مربوط به اندازه ذرات پراکنده شده در شبکه بسپار است، بطوریکه ذرات و گرانول‌های بزرگتر از طول موج مرئی مسیر عبور نور را مسدود کرده و باعث افزایش کدورت می‌شوند [۲۲]. میزان کدورت فیلم‌های تولیدی در مطالعه حاضر در جدول ٤ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که افزودن چربی پیه گاو و روغن آفتاب‌گرداندر غلظت ۵ درصد تاثیر معنی‌داری بر میزان کدورت فیلم‌های بر پایه آلژینات داشته اند ($p<0.05$). در این رابطه کمترین میزان کدورت مربوط به فیلم کنترل و فیلم‌های پوشش‌دهی شده با ۰/۵ درصد روغن آفتاب‌گردان و یا چربی پیه گاو (در حضور لسیتین و یا بدون حضور لسیتین) بود و بالاترین میزان کدورت نیز مربوط به فیلم آلژینات پوشش‌دهی شده با ۵ درصد روغن مایع آفتاب‌گردان در حضور لسیتین بود. علت عدم تاثیر فیلم‌های پوشش‌دهی شده با ۰/۵ درصد روغن و یا چربی، می‌تواند به ضخامت بسیار کم آنها مربوط باشد. به طور کلی فیلم‌های پوشش‌دهی شده با روغن آفتاب‌گردان (در غلظت ۵ درصد) دارای کدورت بیشتری در مقایسه با فیلم‌های پوشش‌دهی شده با چربی پیه گاو (در غلظت ۵ درصد) بودند و وجود لسیتین در این نمونه‌ها کدورت را در مقایسه با نمونه‌های بدون لسیتین بطور معنی‌داری افزایش داد ($p<0.05$). هم راستا با این نتایج، گزارش شده است که شفافیت فیلم‌های خوراکی بر پایه پروتئین کینوا-کیتوزان در اثر افزودن روغن آفتاب‌گردان کاهش یافته است که این می‌تواند به دلیل برهمکنش بین مولکول‌های روغن و آب در شبکه فیلم باشد که باعث تغییر ضریب شکست بسپار فیلم شده و کدورت را افزایش می‌دهد [١٤]. در یک مطالعه دیگر، محققین به بررسی اثر افزودن موم زنبور عسل بر کدورت فیلم‌های نشاسته‌ای پرداختند و عنوان نمودند که افزودن این ماده آب‌گریز موجب افزایش کدورت گردید که ناشی از وجود میسل‌های غیرقابل امتزاج در شبکه فیلم می‌باشد که باعث پراکنش نور و افزایش کدورت می‌شوند[۱۹]. هم‌راستا با این نتایج، زاهدی و همکاران (۱۳۹۰) اظهار داشتند که افزودن اسید استئاریک به فیلم پروتئین گلوبولین کنجاله پسته باعث افزایش کدورت شد [٢٦]. همچنین کدورت فیلم هیدروکسی پروپیل متیل سلولز با افزودن اسیدهای چرب لوریک و میریستیک نیز افزایش یافت [۲۱].

یکی دیگر از مهم‌ترین ویژگی‌های فیلم‌های خوراکی خصوصیات مکانیکی آنها شامل قدرت کششی و ازدیاد طول در نقطه شکست می‌باشند. ویژگی‌های مکانیکی فیلم‌ها، یکپارچگی و کارایی آنها را طی دوره نگهداری و حین مصرف تعیین می‌کند. طی فرایند تشکیل فیلم و با توجه به وجود ترکیبات پیچیده‌ای مثل بیوپلیمرها، حلال‌ها، لیپیدها و پلاستی سایزرها ممکن است واکنش‌های مختلفی اتفاق بیفتد و در نتیجه بر ساختار و ویژگی‌های فیلم اثر بگذارد [۲۷]. نتایج حاصل از اندازه‌گیری خصوصیات مکانیکی فیلم‌های تولیدی در جدول ٤ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که افزودن لسیتین تاثیری بر خصوصیات مکانیکی فیلم‌های تولید شده نداشت ($p>0.05$). در عین حال، پوشش روغن آفتاب‌گردان نتوانست خصوصیات

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.52547/fsct.18.113.233]

مکانیکی فیلم آلژینات کلسیم را تغییر دهد ($p>0.05$). علت این امر به می‌تواند به مایع بودن ماهیت روغن آفتاب‌گردان و عدم توانایی آن در پلیمریزه شدن و یا ایجاد لایه‌ای جامد بر سطح فیلم برگردد. چربی پیه گاو در غلظت ۰/۵ درصد تاثیر معنی‌داری بر خصوصیات مکانیکی فیلم‌ها داشت. بالاترین قدرت کشش و همچنین ازدیاد طول تا نقطه شکست مربوط به فیلم‌های پوشش‌دهیشده با ۰/۵ درصد چربی پیه گاو همراه با یا بدون لستین بوده است، این در حالی است که پوشش چربی جامد در غلظت ۵ درصد نتوانست تغییری در خصوصیات مکانیکی فیلم آلژینات ایجاد کند. در کل نتایج این بخش بیانگر این موضوع بود که افزودن روغن جامد در سطح ۰/۵ درصد باعث افزایش مقاومت فیلم‌ها در برابر پاره شدن گشته و در نقطه شکست نیز ازدیاد طول بیشتری را از خود نشان داده است. علت این امر می‌تواند به پیوستگی لایه پوششی چربی جامد (تصاویر میکروسکوپ الکترونی، شکل ۱) در غلظت ۰/۵ درصد مربوط باشد که در دو طرف فیلم توانست دو لایه فیلم پیوسته ایجاد کند و خصوصیات مکانیکی فیلم را بهبود بخشد. این در حالی است که استفاده از غلظت‌های بیشتر چربی پیه گاو باعث تجمع و کریستاله شدن گلبول‌های چربی بر سطح فیلم (تصاویر میکروسکوپ الکترونی، شکل ۱) گردید و فیلمی غیر پیوسته ایجاد کرد که نتوانست بر خصوصیات مکانیکی فیلم آلژینات تاثیر مثبتی بگذارد. برخلاف نتایج به دست آمده در این تحقیق، گزارش شده است که افزودن روغن آفتاب‌گردان به فیلم پروتئین-کیتوزان موجب تغییر معنی‌دار در خصوصیات مکانیکی فیلم گردید که محققین تحقیق مذکور علت آن را به خصوصیات روان کنندگی این روغن نسبت دادند [۱٤]. نتایج مطالعه زاهدی و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد که افزودن اسید استئاریک به فیلم پروتئین کنجاله پسته باعث کاهش مقاومت به کشش و افزایش طول در نقطه شکست فیلم می‌شود [۲٦]. نتایج تحقیق حاضر برخلاف نتایج به دست آمده توسط اسلاوتسکی و همکاران (۲۰۱٦)بود که اظهار داشتند افزودن روغن آفتاب‌گردان در فیلم نشاسته باعث افزایش مقاومت به کشش و یانگ مدولوس فیلم نشاسته گردید [۱۳].

Table 4 Mechanical properties and opacity of calcium alginate films coated with tallow fat and sunflower oil

Opacity (A600/mm)	Elongation at break (mm)	Tensile strength (MPa)	Sample
15.60^{d}	5.19 ± 2.00^{c}	75.56 ± 4.8^{b}	Alg
23.02^{b}	4.77 ± 1.56^{c}	77.73 ± 3.9^{b}	Alg-5%L
18.55^{c}	5.40 ± 2.01^{c}	76.87 ± 3.2^{b}	Alg-5% S
15.74^{d}	6.26 ± 1.02^{c}	76.21 ± 3.5^{b}	Alg- 0.5% L
15.50^{d}	10.00 ± 1.15^{a}	101.49 ± 4.8^{a}	Alg- 0.5% S
30.60^{a}	5.74 ± 0.91^{c}	77.22 ± 3.1^{b}	Alg-L 5% L
25.35^{b}	5.42 ± 1.62^{c}	75.78 ± 4.7^{b}	Alg-L 5% S
15.30^{d}	6.40 ± 1.10^{c}	76.00 ± 3.0^{b}	Alg-L0.5% L
15.62^{d}	8.51 ± 0.17^{b}	112.45 ± 3.1^{a}	Alg-L0.5% S

Means with different superscripts in each column are significantly different ($p<0.05$).

۳-۵- بررسی ریزساختار فیلم‌ها

ویژگی‌های ساختاری فیلم تاثیر بسزایی در خصوصیات مکانیکی و سدکنندگی فیلم‌ها داشته و بررسی آن بسیار حائز اهمیت می‌باشد. از این رو، در مطالعه حاضر، ریزساختار فیلم‌های آلژیناتی پوشش داده شده با روغن آفتاب‌گردان و چربی پیه گاو با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی بررسی گردیده و نتایج حاصل در شکل ۱ نشان داده شده اند. با توجه به اینکه افزودن لسیتین در بیشتر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی فیلم‌ها تفاوتی ایجاد نکرد، نمونه‌های بدون لسیتین تحت آزمون بررسی ریزساختار قرار گرفتند. همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، فیلم آلژینات خالص دارای ساختاری متراکم و هموژن است که سطحی صاف با ترک‌هایی کوچک در آن قابل مشاهده است.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.52547/fsct.18.113.233]

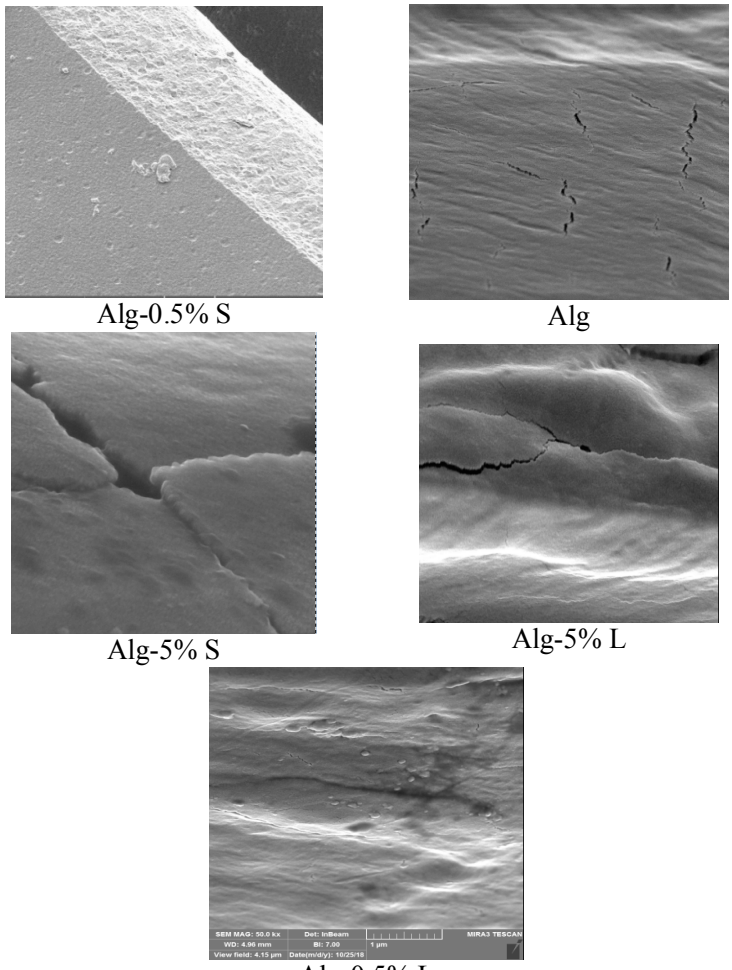

Fig 1 SEM images of alginate films laminated by tallow fat and sunflower oil. SEM magnification is 2500 x.

علت تشکیل این ترک‌های کوچک و غیر یکنواخت به پدیده چروکیدگی در طول فرایند خشک کردن فیلم برمی‌گردد. الماسی و همکاران (۲۰۲۰) و باقری و همکاران (۲۰۱۹) نیز ساختاری مشابه را در فیلم آلژینات کلسیم مشاهده کردند [۲۳، ۲۸]. در فیلم پوشش‌دهی شده با چربی پیه گاو در غلظت ۰/۵ درصد، سطح فیلم هیچگونه ترکی نداشته و کاملا یکنواخت بوده است، اما تشکیل حفرات بسیار ریز در سطح این فیلم، عبور بخار آب را از این فیلم‌ها تسهیل کرده و نفوذپذیری به بخار آب را افزایش داد. در مقابل در سطح فیلم پوشش‌دهی شده با چربی پیه گاو در غلظت ۵ درصد چنین حفراتی مشاهده نشد، اما ترک خوردگی‌های زیادی در سطح فیلم مشاهده شد که ناشی از تجمع و کریستالیزاسیون گرانول‌های چربی بر سطح فیلم می‌باشد. همچنین در سطح فیلم‌های پوشش‌دهی شده با روغن آفتاب‌گردان حفره‌ای مشاهده نشد، اما ترک خوردگی‌های زیادی در سطح فیلم‌های پوشش داده شده با ۵ درصد روغن مشاهده گردید، این در حالی بود که این ترک‌ها در فیلم‌های پوشش داده شده با ۰/۵ درصد روغن بسیار کمتر بود. گزارش شده است که حفرات و ترک‌های موجود در سطح این فیلم‌ها می‌توانند ناشی از مهاجرت قطرات روغن به سطح فیلم و همچنین خشک شدن سطح فیلم باشند [۲۹]. محققین تحقیق مذکور علت شکل‌گیری این حفرات و یا ترک‌های بیشتر در فیلم‌های تیمار شده را به سرد شدن سریع این فیلم‌ها در نتیجه تبخیر هگزان نسبت می‌دهند. شوک حرارتی ایجاد شده باعث شکل‌گیری یک توزیع حرارت غیریکنواختی در ساختار فیلم‌های پوشش داده شده گردیده که خصوصیات بافتی

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.52547/fsct.18.113.233]

غیریکنواختی را بوجود می‌آورد. این پدیده می‌تواند منجر به شکل‌گیری و توسعه ترک گردد. در تحقیقی که توسط الماسی و همکاران (۲۰۲۰) صورت گرفت، ساختاری متخلخل و لایه‌دار در فیلم آلژینات کلسیم در اثر ادغام میکروامولسیون‌های اسید استیک:اسانس آویشن باغی و اسید پروپیونیک:اسانس آویشن باغی مشاهده گردید [۲۳]. در تحقیقی دیگر گزارش گردید که افزودن روغن آفتاب‌گردان به فیلم‌های بر پایه کیتوزان-پروتئین کینوا موجب کاهش یکنواختی فیلم و افزایش غیریکنواختی فیلم‌ها گردیده است [۱۱]. اسلاوتسکی و همکاران نیز(۲۰۱٦) اظهار داشتند که روغن آفتاب‌گردان لایه‌ای ترک‌دار و غیریکنواخت را بر فیلم نشاسته تشکیل دادند [۱۳].در واقع عنوان شده است که افزودن روغن‌ها به فیلم می‌تواند باعث ایجاد دو فاز متفاوت در ماتریس فیلم گردد که در واقع یکی از این فازها، گلبول‌های چربی و فاز دیگر نیز بیوپلیمر مورد استفاده می‌باشد که این دوفاز شدن می‌تواند باعث ایجاد حفرات یا ترک‌هایی در سطح فیلم گردد. در یک تحقیق دیگر نیز مشاهده شد که افزودن روغن‌های بادام و گردو به فیلم بر پایه پروتئین آب پنیر موجب کاهش یکنواختی فیلم شد [٤]. این کاهش یکنواختی می‌تواند ناشی از تجمع قطرات چربی در طی خشک کردن باشد.

٤- نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که افزودن روغن آفتاب‌گردان به طور معنی‌داری باعث کاهش نفوذپذیری فیلم‌ها به بخار آب گردید که این می‌تواند برای بسته‌بندی مواد غذایی بسیار حائز اهمیت و مفید باشد. همچنین نتایج نشان داد که افزودن این مواد آب‌گریز به فیلم آلژیناتی باعث تغییر خصوصیات رنگی و کدورت فیلم‌ها گردیده است. ویژگی‌های مکانیکی فیلم شامل قدرت کششی وازدیاد طول نیز تحت تاثیر افزودن چربی پیه گاو در غلظت ۰/۵ درصد قرار گرفت. در کل نتایج این تحقیق نشان داد که می‌توان از روغن آفتاب‌گردان و یا چربی پیه گاو به عنوان ترکیباتی برای بهبود و تغییر خصوصیات فیلم‌های خوراکی بر پایه آلژینات استفاده نمود و بسته به هدف مورد نظر از این تغییر بهره برد. به عنوان مثال جایی که بهبود خواص مکانیکی بسته‌بندی حائز اهمیت است، پوشش‌دهی با چربی پیه گاو می‌تواند مفید باشد و جایی که کاهش نفوذپذیری فیلم به نفوذ بخار آب اهمیت دارد، استفاده از پوشش روغن آفتاب‌گردان می‌تواند مفید باشد.

٥- تقدیر و تشکر

این مقاله بخشی از رساله دکتری است که در دانشگاه آزاد اسلامی-واحد یاسوج انجام گرفت.

٦- منابع

[1] Suput, D., Lazić, V., Popović, S., Hromiš, N., Bulut, S. (2017). Biopolymer films synthesis and characterization. Journal on Processing and Energy in Agriculture, 21, 9-12.
[2] Taghavi Kevij, H., Salami, M., Mohammadian, M., Khodadadi, M. 2020. Fabrication and investigation of physicochemical, food simulant release, and antioxidant properties of whey protein isolate-based films activated by loading with curcumin through the pH-driven method. Food Hydrocolloids, 108, 106026.
[3] Galus, S. 2018. Functional properties of soy protein isolate edible films as affected by rapeseed oil concentration. Food Hydrocolloids, 85, 233-241.
[4] Galus, S., Kadzińska, J. 2016. Whey protein edible films modified with almond and walnut oils. Food Hydrocolloids, 52, 78-86.
[5] Khanzadi, M., Jafari, S.M., Mirzaei, H., Chegini, F.K., Maghsoudlou, Y., Dehnad, D. 2015. Physical and mechanical properties in biodegradable films of whey protein concentrate–pullulan by application of beeswax. Carbohydrate Polymers, 118, 24-29.
[6] Rakotonirainy, A.M., Padua, G.W. 2001. Effects of lamination and coating with drying oils on tensile and barrier properties of zein films. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49, 2860-2863.
[7] Fennema, O., Donhowe, I. G., Kester, J. J. 1994. Lipid type and location of the relative humidity gradient influence on the barrier properties of lipids to water vapor. Journal of Food Engineering, 22(1), 225-239.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.52547/fsct.18.113.233]

[8] Basiak, E., Debeaufort, F., Lenart, A. 2016. Effect of oil lamination between plasticized starch layers on film properties. Food Chemistry,195, 56-63.
[9] Senturk Parreidt, T., Müller, K., Schmid, M. 2018. Alginate-based edible films and coatings for food packaging applications. Foods, 7, 170.
[10] Marcos, B., Gou, P., Arnau, J., Comaposada, J. 2016. Influence of processing conditions on the properties of alginate solutions and wet edible calcium alginate coatings. LWT-Food Science and Technology, 74, 271-279.
[11] Han, W., Yu, Y., Li, N., Wang, L. 2011. Application and safety assessment for nano-composite materials in food packaging. Chinese Science Bulletin, 56, 1216-1225.
[12] Carneiro-da-Cunha, M.G., Cerqueira, M.A., Souza, B.W., Carvalho, S., Quintas, M.A., Teixeira, J.A., Vicente, A.A. 2010. Physical and thermal properties of a chitosan/alginate nanolayered PET film. Carbohydrate Polymers, 82, 153-159.
[13] Slavutsky, A. M., Bertuzzi, M. A. 2016. Improvement of water barrier properties of starch films by lipid nanolamination. Food Packaging and Shelf Life, 7, 41-46.
[14] Valenzuela, C., Abugoch, L., Tapia, C. 2013. Quinoa protein–chitosan–sunflower oil edible film: Mechanical, barrier and structural properties. LWT-Food Science and Technology, 50, 531-537.
[15] Liu, Y., Meng, Z., Shan, L., Jin, Q., Wang, X. 2010. Preparation of specialty fats from beef tallow and canola oil by chemical interesterification: physico-chemical properties and bread applications of the products. European Food Research and Technology 230, 457-466.
[16] Silva, M. A. D., Bierhalz, A. C. K., Kieckbusch, T. G. 2012. Influence of drying conditions on physical properties of alginate films. Drying Technology, 30, 72-79.
[17] Moghadam, M., Salami, M., Mohammadian, M., Khodadadi, M., Emam-Djomeh, Z. 2020. Development of antioxidant edible films based on mung bean protein enriched with pomegranate peel. Food Hydrocolloids, 104, 105735.
[18] Ekrami, M., Emam-Djomeh, Z., Ghoreishy, S. A., Najari, Z., Shakoury, N. 2019. Characterization of a high-performance edible film based on Salep mucilage functionalized with pennyroyal (Mentha pulegium). International Journal of Biological Macromolecules, 133, 529-537.
[19] Ochoa, T. A., Almendárez, B. E. G., Reyes, A. A., Pastrana, D. M. R., López, G. F. G., Belloso, O. M., Regalado-González, C. 2017. Design and characterization of corn starch edible films including beeswax and natural antimicrobials. Food and Bioprocess Technology, 10, 103-114.
[20] Al-Hashimi, A. G., Ammar, A. B., Cacciola, F., Lakhssassi, N. 2020. Development of a millet starch edible film containing clove essential oil. Foods, 9, 184.
[21] Jiménez, A., Fabra, M. J., Talens, P., Chiralt, A. 2010. Effect of lipid self-association on the microstructure and physical properties of hydroxypropyl-methylcellulose edible films containing fatty acids. Carbohydrate Polymers, 82, 585-593.
[22] Navarro, R., Arancibia, C., Herrera, M. L., Matiacevich, S. 2016. Effect of type of encapsulating agent on physical properties of edible films based on alginate and thyme oil. Food and Bioproducts Processing, 97, 63-75.
[23] Almasi, L., Radi, R., Amiri, S. 2020. The release rate and antimicrobial activity of calcium-alginate films containing self-microemulsifying Thymus vulgaris essential oil against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. Journal of Food Safety, In Press.
[24] Belgheisi, S., Azizi Tabrizzad, M. H.,Zohourian , G., Hadian, Z. 2008. Assessment of physical properties of whey protein-monoglyceride edible film and its coating effect on the moisture loss and sensory properties of fresh mutton. Journal of Nutrition Science and Food Technology, 3(10), 83-93.
[25] Peroval, C., Debeaufort,f., Despré, D., Voilley, A. 2002. Edible arabinoxylan-based film: Effect of lipid type on water vapor permeability, film stracture, and other physical properties.Journal of Agricultural and Food Chemical, 50(14),3977-83.
[26] Zahedi, Y., Sedaghat, N., Ghanbarzade, B.2012. Physical properties of edible emulsified films from pistachio oil cake globulin protein and stearic acid. Journal of

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.52547/fsct.18.113.233]

Nutrition Science and Food Technology, 8(34),47-57.
[27] Chen, H., Hu, X., Chen, E., Wu, S., McClements, D.J., Liu, S., Li, B., Li, Y. 2016. Preparation, characterization, and properties of chitosan films with cinnamaldehyde nanoemulsions. Food Hydrocolloids, 61, 662-671.
[28] Bagheri, F., Radi, M., amiri,S.2019. Evaluating the physical, mechanical and morphological properties of sodium alginate nanocomposite film containing solid lipid.Journal of Nutrition Science and Food Technology, 16(86),263-271.
[29] Sánchez-González, L., Cháfer, M., Hernández, M., Chiralt, A., González-Martínez, C. 2011. Antimicrobial activity of polysaccharide films containing essential oils. Food Control, 22, 1302-1310.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.52547/fsct.18.113.233]

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Evaluating the physical, mechanical and morphological properties of calcium-alginate films coated with sunflower oil or tallow fat

Nehchiri, N. [1], Amiri, S. [1,2*], Radi, M. [1,2]

1. Department of Food Science and Technology, Yasooj Branch, Islamic Azad University, Yasooj, Iran
2. Young Researchers and Elite Club, Yasooj Branch, Islamic Azad University, Yasooj, Iran

ARTICIE INFO

Article History:

Received 2020/ 10/ 13
Accepted 2020/ 11/ 03

Keywords:

Edible film,
Coating,
Calcium alginate,
Sunflower oil,
Tallow fat.

DOI: 10.52547/fsct.18.04.19

*Corresponding Author E-Mail:
s.amiri@iauyasooj.ac.ir

ABSTRACT

Concerns about the environmental issues have increased the tendency to package the food stuffs with natural biopolymers. However, the use of these compounds has limitations such as the weakness in mechanical, barrier and optical properties. Alginate, as a biopolymer, has a good film forming potential; meanwhileit has poor moisture barrier properties.In order to overcome this problem, in this study, the calcium alginate film was coated with two types of lipids including sunflower oil (as a liquid oil) and tallow (as a solid fat) at two concentrations (0.5 and 5%, with and without 0.1% lecithin). Afterward, the physicochemical, barrier, and mechanical properties of the produced films were investigated. The results showed that thelamination of the alginate films with tallow fat increased the film thickness, which increased with the fat concentration. In addition, sunflower oil significantly reduced the permeability of the films to water vapor, that was more evidentin 0.5% sunflower oil coated film. The results also showed that the use of these hydrophobic materials for the coating of alginate films changed the color properties and the turbidity of the films. The mechanical properties of the film, including tensile strength and elongation at the breaking point, improved by coating the alginate film with 0.5% tallow fat.Thickness, water vapor permeability, and the mechanical properties were not affected by the addition of lecithin. The SEM images proved the formation of small holes or cracks on the films surfaces.In general, this study showed that sunflower oil or tallow fat can be used as natural compounds to improve the properties of calcium alginate-based edible films, depending on the goals of packaging.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-04]

[DOI: 10.52547/fsct.18.113.233]