



تولید فیلم کامپوزیت نشاسته سیب زمینی - کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس گیاه چویر (*Ferulago angulata*(Schlecht) Boiss.) و کاربرد آن در بسته‌بندی کره حیوانی

سحر حقانی^۱، فرانک بیگ محمدی^{۲*}، فلورا رفیعی^۳

^۱ کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، واحد آشتیان، دانشگاه آزاد اسلامی، آشتیان، ایران
^۲ استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران
^۳ استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آشتیان، دانشگاه آزاد اسلامی، آشتیان، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۰۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۱۲

چکیده

سابقه و هدف: امروزه به علت افزایش استفاده از پلاستیک‌ها در بسته‌بندی مواد غذایی و مشکلات ناشی از عدم زیست تخریب پذیری آنها، استفاده از پلیمرهای طبیعی بر پایه نشاسته در بسته‌بندی مواد غذایی افزایش یافته است. فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی مانعی در برابر انتقال رطوبت، آروما، اکسیژن، طعم و روغن بوده و باعث افزایش کیفیت و ماندگاری غذاها می‌شوند. این فیلم‌ها می‌توانند عامل ترکیبات فعالی از قبیل آنتی‌اکسیدان‌ها باشند. در این تحقیق به منظور برطرف کردن معایب فیلم نشاسته و بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی این فیلم از مقادیر مختلف کربوکسی متیل سلولز و اسانس گیاه چویر استفاده گردید و نیز به بررسی اثر این فاکتورها بر روی خواص فیزیکی فیلم و خواص شیمیایی کره به منظور کاهش اکسیداسیون و افزایش زمان ماندگاری آن پرداخته شد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق فیلم نشاسته حاوی کربوکسی متیل سلولز (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) و حاوی اسانس چویر (۰/۵، ۱، ۱/۵ درصد) به روش قالب‌ریزی (کاستینگ) تولید و به بررسی خواص فیزیکی فیلم کامپوزیت نشاسته و خواص شیمیایی کره حیوانی بسته‌بندی شده در آن پرداخته شد. اسانس گیاه چویر از روش تقطیر با بخار آب استحصال گردید. آزمون‌های مکانیکی و فیزیکی فیلم که شامل مقاومت کششی، آزمون ممانعت کنندگی بخار آب، اندازه‌گیری میزان جذب رطوبت فیلم‌ها، اندازه‌گیری انحلال پذیری نمونه‌های فیلم انجام شد. پس از بسته‌بندی کره با توجه به بازه‌های زمانی مختلف آزمون‌های شیمیایی کره که شامل عدد پراکسید و عدد اسیدی بود به ترتیب به روش تیتراسیون با تیوسولفات ۰/۰۱ و روش اتانول داغ با استفاده از شناساگر انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان دادند که میزان مقاومت کششی فیلم نشاسته- کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس چویر با افزایش میزان کربوکسی متیل سلولز، افزایش و با افزایش میزان اسانس بطور معنی دار ($p < 0/05$) کاهش می‌یابد. با افزایش میزان کربوکسی متیل سلولز و اسانس چویر کاهش در میزان نفوذپذیری به بخار آب مشاهده گردید. با افزایش میزان کربوکسی متیل سلولز و اسانس چویر میزان جذب رطوبت و انحلال پذیری فیلم‌ها کاهش یافت. همچنین اثرات فیلم بسته‌بندی بر روی عدد پراکسید و عدد

*مستول مکاتبه: faranak.beigmohammadi@iauaksh.ac.ir

اسیدی نشان داد که تأثیرافزایش کربوکسی متیل سلولز و اسانس چویر به طور معنی داری اثر کاهشی در میزان این دو شاخص را داشته است.

نتیجه گیری: با توجه به اثر مقادیر مختلف کربوکسی متیل سلولز و اسانس گیاه چویر می توان بیان کرد که با افزایش میزان این دو متغیر در فیلم بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی و همچنین کاهش در میزان عدد پراکسید و عدد اسیدی با گذشت زمان و به عبارتی کاهش در میزان فسادپذیری کره قابل مشاهده بود. در نتیجه به دلیل بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی فیلم و اثر کاهشی عدد پراکسید و عدد اسیدی کره استفاده از فیلم مرکب نشاسته- کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس چویر در بسته بندی کره حیوانی به عنوان یک بسته بندی زیست تخریب پذیر جایگزین فویل آلومینیومی پیشنهاد می شود.

واژه های کلیدی: فیلم نشاسته- کربوکسی متیل سلولز، اسانس چویر، کره حیوانی، خواص شیمیایی

مواد غذایی به خصوص روغن کرمانشاهی استفاده می‌شود. دارای حدود سی و پنج گونه است که تعداد هفت گونه از آنها در ایران به ویژه غرب کشور یافت می‌شود (۲۰). این گیاه حاوی فلاونوئید، فلاونول و گروه های فنلی فراوان می‌باشد که نشان دهنده‌ی خواص آنتی‌اکسیدانی آن است (۲۷). این گیاه بومی ایران و خاص منطقه غرب است از دیر باز به صورت سنتی و با افزودن به مواد لبنی به خصوص روغن، با ایجاد طعم بسیار مطبوع از فاسد شدن آن جلوگیری و با قرار دادن آن در لابلای گوشت برای مدتی آن را نگهداری می‌نموده است (۷). قابل ذکر که چویر مورد استفاده شامل سی و سه ترکیب بود که ۸۹/۷٪ اجزا گیاه چویر را شامل می‌شود که از این میان ۷۷/۱٪ آن مونوترپن و ۱۲/۶٪ سزکوبی‌ترین بوده است. از میان مونوترپن‌ها، آلفا-پینن (۱۷/۳٪)، بورنیل استات (۱۴/۴۵٪) و سیس-اسیمن (۱۴/۴٪) ترکیبات با درصد فراوانی بیشتر بودند. ژرماکرن-دی (۷/۸٪) هم در میان سزکوبی‌ترین با درصد بالا می‌باشد (۲۶). تحقیقات در زمینه فیلم های نشاسته حاوی اسانس های روغنی محدود می‌باشد. سیاحی و همکاران ۲۰۱۷ (۳۱) در پژوهش خود به بررسی فیلم نشاسته-کیتوزان حاوی اسانس رزماری بر روی خواص میکروبی بادام زمینی پرداختند و همچنین خواص فیزیکی و مکانیکی فیلم نشاسته تحت تاثیر اسانس رزماری را مورد بررسی قرار دادند.

هدف اصلی این پژوهش تولید فیلم مرکب بر پایه‌ی نشاسته سیب‌زمینی تقویت شده با کربوکسی‌متیل سلولز حاوی اسانس چویر و بهینه‌سازی خواص مکانیکی و فیزیکی فیلم تولیدی است. همچنین اثرات فیلم فعال حاوی اسانس چویر بر عدد پراکسید و عدد اسیدی کره بررسی می‌شود.

مقدمه

در سال‌های اخیر به علت افزایش مصرف پلاستیک‌ها و با توجه به طول عمر بالای آنها و تقریباً زیست-تخریب پذیر نبودن آنها، سنتز پلیمرهای زیست-تخریب پذیر افزایش یافته است (۴ و ۳۵). در صنایع غذایی از فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی، برای حفظ کیفیت ماندگاری غذاها استفاده می‌شود (۱۲ و ۲۴). همچنین فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی مانعی در برابر انتقال رطوبت، آروما، اکسیژن، طعم و روغن بوده و باعث افزایش کیفیت و ماندگاری غذاها می‌شوند. نشاسته از جمله پلی ساکاریدهای است که به فراوانی و با هزینه‌ی کم قابل تولید است. نشاسته به علت داشتن ماهیت پلیمری قابلیت فیلم سازی خوبی دارد (۳) ولی به دلیل دارا بودن برخی معایب مانند خاصیت آبدوستی شدید و مقاومت ضعیف فیلم در برابر رطوبت و همچنین خواص مکانیکی ضعیف نمی‌تواند به تنهایی فیلم مطلوبی تولید کند، که باعث محدود شدن استفاده از این بیوپلیمر در زمینه‌های مختلف می‌شود (۲۳). مشتقات سلولزی به طور گسترده به عنوان فیلرزیست تخریب‌پذیر مورد استفاده قرار می‌گیرند (۳). افزودن مقادیر کمی از کربوکسی‌متیل سلولز^۱ (حداکثر ۱۰٪) محلول فیلم ساز) به ترکیب فیلم نشاسته می‌تواند بهبود قابل توجهی در ویژگی‌های بازدارندگی و مکانیکی فیلم نشاسته ایجاد کند (۲۲). تداخل ماکرومولکول‌های سلولز در بین زنجیره‌های نشاسته و ایجاد بر همکنش با آنها می‌تواند به بهبود خواص مکانیکی فیلم کمک کند (۳۶).

چویر با نام علمی *Ferulago langulata* (Schlecht) Boiss. گیاهان دارویی غرب آسیا است (۲۶) که حاوی اسانس های روغنی است، این اسانس در صنایع دارویی و غذایی و نگهداری

1. Carboxymethyl cellulose(CMC)

مواد و روش‌ها

مواد: چویر از بازار محلی شهرستان کرند غرب استان کرمانشاه خریداری گردید و اسید سیتریک خوراکی از شرکت TTCA کشور چین، کره پاستوریزه گاوی استحصالی از خامه به روش بیج از کارخانه‌ی شیر بیستون کرمانشاه خریداری گردید. نشاسته سیب زمینی با رطوبت نسبی ۱۸-۲۱ درصد، کربوکسی‌متیل سلولز با ویسکوزیته بالا و توپین ۸۰ با وزن مولکولی ۷۹۰۰۰ از شرکت سیگما آلد ریچ آمریکا و گلیسرول از شرکت مرک آلمان تهیه گردید.

تهیه اسانس چویر: گیاه چویر تهیه شده از دامنه کوه دالاهو پس از خشک کردن، توسط دستگاه آسیا پودر شد و به روش سنتی تقطیر با بخار آب در دستگاه کلونجر اسانس‌گیری گردید. قابل ذکر است به ازای هر ۱۰۰ گرم از پودر گیاه چویر یک لیتر آب در دستگاه کلونجر ریخته شد و دما در ۴۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید.

تهیه و آماده سازی فیلم کامپوزیت: ابتدا مقدار ثابت ۴ گرم نشاسته سیب‌زمینی، اسید سیتریک با مقدار ثابت ۰/۴ گرم (۱۰٪ وزن نشاسته، به‌منظور بهبود خواص نشاسته) و گلیسرول به مقدار ۱/۶ میلی‌لیتر (با حجم ثابت ۴۰٪ وزن نشاسته، به‌عنوان نرم‌کننده) در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شد و همراه با هم زدن به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد روی همزن حرارتی مغناطیسی (Bionex ساخت کشور کره) حرارت داده شد. درصدهای مختلف کربوکسی‌متیل سلولز (۵ و ۱۰ و ۱۵) بر مبنای وزن نشاسته (۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ گرم در ۴ گرم نشاسته) در ۴۰ میلی‌لیتر آب به صورت جداگانه در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه حرارت داده شد. محلول نشاسته و کربوکسی‌متیل سلولز با همدیگر در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه مخلوط

شدند (۱۶). سپس این محلول تا دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد خنک گردید و مقادیر مختلف اسانس به مقدار ۲۰، ۴۰، ۶۰ میکرولیتر (۰/۵، ۱، ۱/۵٪ وزن نشاسته) برداشته شد. جهت حل شدن اسانس مقدار ۲۰٪ حجم اسانس، توپین ۸۰ به‌عنوان امولسیفایر با هدف کاهش کشش سطحی در سطح مشترک محلول فیلم و اسانس و جلوگیری از تجمع قطرات اسانس و یکنواختی محلول اضافه گردید. به مدت ۶۰ دقیقه محلول، به‌منظور خروج حبابهای هوا و مخلوط شدن اسانس روی شیکر قرار گرفت. در ادامه ۷۵ میلی‌لیتر از محلول تشکیل دهنده‌ی فیلم را روی سینی از جنس پلی‌پروپیلن با ابعاد ۱۲×۲۵×۳ سانتی‌متر مکه‌ب ریخته شد و به مدت ۳۶ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد در داخل آون معمولی (Korea Teach ساخت کشور کره) قرار داده شد و پس از خشک شدن از قالب جدا گردید. کره در اوزان ۸۰ گرم به منظور بررسی خواص شیمیایی این محصول تحت تأثیر فیلم مرکب نشاسته- کربوکسی‌متیل سلولز حاوی اسانس چویر با دستگاه دوخت حرارتی (شرکت سپهر الکترونیک ساخت ایران) بسته‌بندی گردید و سپس در دمای معمولی یخچال و رطوبت نسبی ۳۰٪ تا سپری شدن زمان‌های مختلف قرار داده شد.

اندازه‌گیری ضخامت فیلم: برای اندازه‌گیری ضخامت نمونه‌ها از میکرومتر دیجیتالی شرکت Mitutoyo ژاپن با دقت اندازه‌گیری ۰/۰۰۱ میلی‌متر در پنج نقطه استفاده شد و میانگین پنج نقطه آنها در محاسبات نفوذپذیری به بخار آب و آزمون کشش استفاده گردید.

اندازه‌گیری مقاومت کششی: اندازه‌گیری مقاومت کششی^۱ به روش ASTM-D882 (۲۰۰۱) توسط دستگاه تست کشش SANTAM مدل STM-1

1. Tensile strength(TS)

۰/۰۰۱ گرم (شرکت ADAM، انگلیس) وزن شدند. سپس منحنی افزایش وزن ویال‌ها با گذشت زمان رسم شد و پس از محاسبه رگرسیون خطی، شیب خط حاصل محاسبه گردید. از تقسیم کردن شیب خط مربوط به هر ویال، به سطح کل فیلم که در معرض انتقال بخار آب قرار داشت، آهنگ انتقال بخار آب^۲ به دست آمد. سپس با استفاده از رابطه‌ی زیر نفوذ پذیری نسبت به بخار آب محاسبه شد:

معادله ۱.

$$X = \frac{WVTR}{P(R_1 - R_2)} \times X$$

X: ضخامت فیلم بر مبنای متر

P: فشار بخار آب خالص در ۲۵ درجه سانتی‌گراد

R₁: رطوبت نسبی در داخل دسیکاتور (۰/۹۷)

R₂: رطوبت نسبی در داخل ویال (۰/۰).

اندازه‌گیری میزان جذب رطوبت: برای اندازه‌گیری میزان جذب رطوبت^۳ فیلم‌ها از روش آنجلس و دوفرنس (۲۰۰۰) استفاده شد. نمونه‌هایی از فیلم را با ابعاد ۲۰×۲۰ میلی‌متر به وسیله‌ی کاتر برش داده شد و در داخل دسیکاتوری حاوی سولفات کلسیم با رطوبت نسبی ۰/۰ به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت. پس از توزین اولیه، نمونه‌ها به دسیکاتوری حاوی محلول اشباع نیترات کلسیم در رطوبت نسبی ۰/۵۵ منتقل شد و در دمای ۲۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس وزن نمونه‌ها هر ۲۴ ساعت با تراویزی با دقت ۰/۰۰۱ گرم شرکت AND، ژاپن تا رسیدن به وزن ثابت که پس از ۷۲ ساعت رخ داد اندازه‌گیری شد، میزان جذب رطوبت از رابطه‌ی زیر محاسبه شد:

$$\text{معادله ۲.} \quad W_t - W_0 = \frac{WVTR}{X} \times t \times 100$$

W_t: وزن نمونه پس از زمان t در رطوبت نسبی ۰/۵۵

W₀: وزن اولیه نمونه.

ساخت کشور ایران انجام شد. قبل از انجام آزمایشهای کشش تمامی نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت در رطوبت نسبی ۰/۵۰ با کنترل رطوبت نسبی و دما بوسیله‌ی دستگاه انکوباتور و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد که توسط نیترات کلسیم (در غلظت اشباع) ایجاد شد قرار گرفتند. فیلم‌ها به شکل مستطیل‌های ۱۰×۲/۵ سانتی‌متر بوسیله‌ی کاتر بریده شدند. فاصله‌ی بین دو فک دستگاه ۱۰ سانتی‌متر و سرعت ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه تنظیم گردید و از لود سل ۵۰ نیوتنی استفاده شد. فاکتور مقاومت به کشش فیلم‌ها بر حسب مگاپاسکال گزارش شد.

اندازه‌گیری نفوذپذیری به بخار آب: در اندازه‌گیری نفوذپذیری به بخار آب^۱ از روش ASTM E96-95 (۱۹۹۵) استفاده شد. ابتدا فیلم‌ها در رطوبت نسبی ۰/۵۵ که توسط نیترات کلسیم اشباع ایجاد شده بود به مدت ۲۴ ساعت واجد شرایط شدند. قابل ذکر است که ضخامت فیلم‌ها در ۵ نقطه بوسیله میکرومتر دیجیتالی اندازه‌گیری شد و میانگین آن در فرمول قرار داده شد. برای اندازه‌گیری نفوذپذیری به بخار آب ویال‌های مخصوصی با ارتفاع ۴/۵ سانتی‌متر با منفذی به قطر ۱۱ میلی‌متر استفاده شد. قطعه از فیلم مورد آزمون را در این قسمت قرار گرفت. ۳ گرم سولفات کلسیم که رطوبت نسبی ۰/۰ ایجاد می‌نماید، در داخل ویال‌ها قرار داده شد. ویال‌ها همراه با محتویاتشان توزین شدند و در درون دسیکاتوری حاوی محلول اشباع سولفات پتاسیم قرار گرفتند. سولفات پتاسیم اشباع در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۰/۹۷ ایجاد می‌کند. دسیکاتور در درون انکوباتور (شرکت فن آوران سه‌سند آذر مدل IN55F، ایران) در دمای ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و به مدت ۶ روز هر ۲۴ ساعت یک بار با تراویزی

2. Water Vapor Transmission Rate (WVTR)

3. Moisture Absorption

1. Water Vapor Permeability(WVP)

PV: عدد پراکسید بر حسب میلی‌اکی‌والانت اکسیژن بر کیلوگرم برای نمونه. S(s): حجم تیوسولفات سدیم مصرفی برای آزمایش بر حسب میلی‌لیتر.

S(b): حجم تیوسولفات سدیم مصرفی برای شاهد بر حسب میلی‌لیتر N: نرمالیت تیوسولفات سدیم که ۰/۰۱ نرمال m: وزن آزمایش بر حسب گرم

اندازه‌گیری عدد اسیدی: اندازه‌گیری عدد اسیدی طبق استاندارد شماره ۴۱۷۸ (۲۰۱۱) ملی ایران با استفاده از روش اتانول داغ با استفاده از شناساگر (روش مرجع) به شرح زیر انجام شد: ابتدا مقدار ۲۰ گرم از آزمایش داخل ارلن وزن گردید و به اندازه‌ی که نمونه فقط ذوب گردد به آن حرارت داده شد. در ارلن دیگر مقدار ۵۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۵٪ ریخته و ۰/۵ میلی‌لیتر شناسگر فنل فتالین به آن اضافه گردید و تا رسیدن به نقطه‌ی جوش حرارت داده شد. پس از آن با استفاده از محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱ مول بر لیتر خنثی شد تا رنگ ارغوانی به خود بگیرد. در مرحله بعد اتانول خنثی شده به ارلن حاوی آزمایش اضافه شد و مقدار خیلی کمی حرارت داده شد، سپس چند قطره محلول فنل فتالین به‌عنوان معرف اضافه گردید و با محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱ مول بر لیتر تیترو گردید. در پایان مقدار هیدروکسید مصرفی برای تیتراسیون یادداشت شد و به‌منظور محاسبه عدد اسیدی در فرمول زیر قرار داده شد:

$$W_{AV} = \frac{56/1 \times C \times V}{m} \quad \text{معادله ۵}$$

C: غلظت حقیقی استاندارد حجمی هیدروکسید سدیم استفاده شده بر حسب مول بر لیتر.

V: حجم استاندارد حجمی هیدروکسید سدیم مورد استفاده بر حسب میلی‌لیتر

m: وزن آزمایش بر حسب گرم است.

اندازه‌گیری انحلال پذیری فیلم: برای اندازه‌گیری انحلال پذیری نمونه‌های فیلم به مدت ۲۴ ساعت در دسیکاتوری حاوی سولفات کلسیم قرار گرفتند. سپس، ۵۰۰ میلی‌گرم از نمونه‌ها در ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر غوطه‌ور و به‌طور مقطعی هم زده شدند. به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد در داخل انکوباتور قرار گرفتند. پس از آن، فیلم‌ها از داخل آب خارج و دوباره به دسیکاتور حاوی سولفات کلسیم منتقل شدند تا به وزن ثابت برسند. و با توزین دوباره نمونه‌ها، وزن خشک نهایی آنها به دست آمد و درصد کل ماده محلول در آب بر حسب درصد با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$= \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad \text{انحلال پذیری در آب}$$

W₁: وزن خشک اولیه. W₂: وزن خشک نهایی (۱۷).

اندازه‌گیری عدد پراکسید: عدد پراکسید طبق استاندارد AOCS (۱۹۹۸) به شماره 8-53 Cd به روش تیتراسیون با تیوسولفات ۰/۰۱ به شرح زیر صورت پذیرفت: ابتدا مقدار ۵ گرم از کره در داخل ارلن وزن گردید، سپس ذوب گردید و پس از آن ۳۰ میلی‌لیتر محلول اسید استیک-کلروفرم به ترتیب با نسبت ۳ حجم اسید استیک، ۲ حجم کلروفرم به آن افزوده و خوب هم زده شد تا کره داخل آن حل شود. به این محلول ۰/۵ میلی‌لیتر محلول یدید پتاسیم اشباع اضافه گردید. پس از گذاشتن ۱ دقیقه در جای تاریک ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد. در مرحله‌ی بعد ۰/۵ میلی‌لیتر معرف چسب نشاسته ۱٪ به آن افزوده شد و تا از بین رفتن تیرگی و شفاف شدن با تیوسولفات ۰/۰۱ تیترو گردید. در پایان میزان محلول مصرف شده در تیتراسیون یادداشت گردید و برای محاسبه عدد پراکسید در فرمول زیر قرار داده شد:

$$PV = \frac{(S(s) - S(b)) \times N \times 1000}{m} \quad \text{معادله ۴}$$

استفاده شد. فرم کلی مدل چند متغیره مذکور به صورت معادله زیر می باشد:

معادله ۶.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^3 \beta_1 X_i + \sum_{i=1}^3 \beta_{ij} X_i^2 + \sum_i \sum_{j=i+1} \beta_{ij} X_i X_j$$

در این معادله Y پاسخ پیش بینی شده برای هر متغیر، β_0 ضریب ثابت، β_1 ، β_2 و β_3 ضرایب اثرات خطی، β_{11} ، β_{22} و β_{33} ضرایب اثرات مربعی β_{21} ، β_{13} و β_{23} ضرایب اثرات متقابل می باشند.

نتایج و بحث

آزمون های فیزیکی فیلم: مطابق جدول ۱ مشاهده گردید که فیلم حاوی کمترین درصد کربوکسی متیل سلولز و بیشترین درصد اسانس چویر، کمترین میزان مقاومت کششی و تیمار حاوی بیشترین درصد کربوکسی متیل سلولز و کمترین درصد اسانس چویر بیشترین میزان مقاومت کششی را داشته اند. تیمار حاوی کمترین درصد کربوکسی متیل سلولز و اسانس بیشترین و تیمار حاوی بیشترین درصد کربوکسی متیل سلولز و اسانس کمترین نفوذپذیری به بخار آب، جذب رطوبت و انحلال پذیری در آب را دارا بودند.

به علاوه میانگین ضخامت فیلم های مورد آزمون 0.242 ± 0.118 میلی متر بود که در آزمون کشش و نفوذپذیری به بخار آب بکار رفت.

تجزیه و تحلیل آماری

مقایسه میانگین داده ها با روش آنالیز واریانس در سطح اطمینان ۹۵٪ توسط نرم افزار دیزاین اکسپرت ۸ و بهینه سازی فیلم های تولید شده توسط روش سطح پاسخ آزمون کامپوزیت مرکزی در نرم افزار مینی تب ۱۷ انجام شد. در این تحقیق برای آزمون های فیزیکی و مکانیکی از طرح کامپوزیت مرکزی با دو متغیر مستقل آزمایش شامل درصد کربوکسی متیل سلولز (X_1) در سطوح ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد و اسانس چویر (X_2) در سطوح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد، یک بلوک و ۶ تکرار در نقطه مرکزی طرح (برای محاسبه تکرار پذیری فرایند) جهت بررسی تأثیر شرایط بر پاسخ ها استفاده شد. همچنین در این طرح مقدار آلفا برابر با ۱ در نظر گرفته شد. پس از تعیین تیمارها از طریق روش سطح پاسخ (۱۳ تیمار)، آزمون ها انجام شده و پاسخ ها جهت انجام مراحل بعدی مدل سازی استفاده شد. برای آزمون های شیمیایی کره از طرح کامپوزیت مرکزی با سه متغیر مستقل زمان (X_1) درصد کربوکسی متیل سلولز (X_2) و درصد اسانس چویر (X_3) در سه سطح، یک بلوک و ۶ تکرار در نقطه مرکزی طرح (برای محاسبه تکرار پذیری فرایند) جهت بررسی تأثیر شرایط بر پاسخ ها استفاده شد. همچنین در این طرح مقدار آلفا برابر با ۱ در نظر گرفته شده است. پس از تعیین تیمارها از طریق روش سطح پاسخ (۲۰ تیمار)، آزمون ها انجام شده جدول تیمارها و پاسخ ها جهت انجام مراحل بعدی مدل سازی

جدول ۱: نتایج آزمون‌های فیزیکی بیوپلیمر با طرح مرکب مرکزی

Table 1. Results of physical properties of biopolymer with central composite design.

متغیرهای وابسته Dependent variables			متغیرهای مستقل Independent variables			
انحلال پذیری Solubility (%)	جذب رطوبت Moisture absorption (%)	نفوذپذیری به بخار آب Water vapor permeability ($\times 10^{-7}$ g/ m.h.pa)	مقاومت کششی Tensile strength (Mpa)	اسانس چویر (%) FA essential oil (%) X_2	کربوکسی- متیل سلولز (%) CMC (%) X_1	تیمار Treatment
28.49	14.10	1.62	3.42	1	5	1
24.35	12.51	1.33	5.80	1	10	2
28.72	14.43	1.81	3.77	0.5	5	3
20.88	10.25	1.14	6.97	1.5	15	4
25.90	12.48	1.37	5.41	1	10	5
21.05	11.20	1.20	7.01	1	15	6
23.51	12.18	1.27	4.68	1.5	10	7
23.79	12.27	1.35	5.36	1	10	8
26.15	13.36	1.48	5.97	0.5	10	9
22.75	11.81	1.26	7.50	0.5	15	10
24.55	12.82	1.29	5.03	1	10	11
24.30	13.28	1.39	5.84	1	10	12
26.80	13.79	1.49	3.37	1.5	5	13

جدول ۲: جدول نتایج آنالیز واریانس آزمون‌های فیزیکی فیلم (کربوکسی متیل سلولز = X_1 و چویر = X_2)

Table 2. Results of ANOVA from physical tests carried out for the prepared films (CMC= X_1 , FA= X_2)

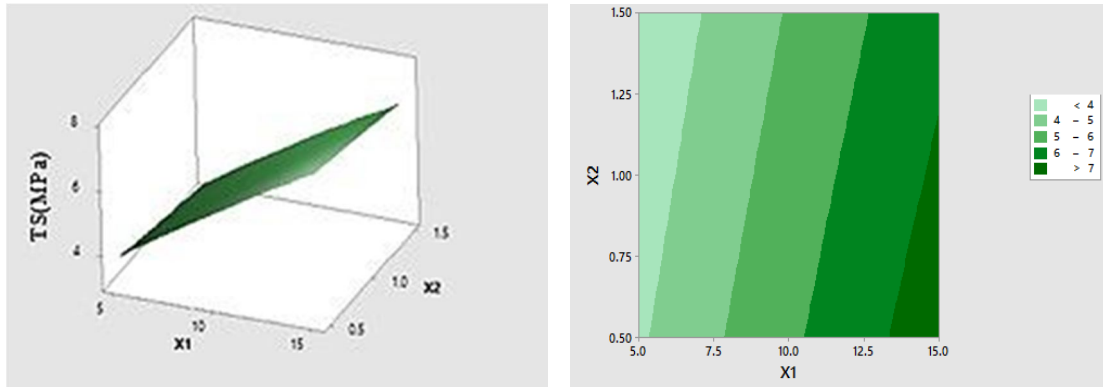
انحلال پذیری Solubility	جذب رطوبت Moisture absorption	نفوذپذیری به بخار آب Water vapor permeability	مقاومت کششی Tensile strength	منبع Source
+34.12	+15.54	+2.523	+2.04	مقدار ثابت (Constant)
-0.714	-0.122	-0.1098	+0.458	X_1
-3.30	-0.32	-0.595	-0.68	X_2
-	-	+0.002290	-0.00410	$X_1 \times X_1$
-	-0.916	+0.02000	-	$X_1 \times X_2$
0.95	0.96	0.98	0.96	ضریب تبیین (R^2)
0.91	0.93	0.97	0.94	کفایت دقت (Pred R^2)
0.000	0.000	0.000	0.000	مدل (Model)
28.14	34.11	84.62	38.00	ضریب اف (F-Value)
0.695	0.971	0.953	0.513	فقدان برازش (Lack-of-Fit)

غلظت اسانس چویر و کربوکسی متیل سلولز نیز (p<0/05) معنی دار و تأثیرگذار بر تغییرات مقاومت کششی هستند. با توجه به مقادیر F نیز می توان عنوان کرد که تأثیر غلظت درصد کربوکسی متیل سلولز بر میزان مقاومت کششی بسیار بیشتر از اسانس چویر

مدلسازی مقاومت کششی: جدول ۲ نتایج آنالیز واریانس مربوط به فاکتورهای آزمون‌های فیزیکی فیلم را نشان می دهد. قابل مشاهده است که برای آزمون مقاومت کششی مدل تعریف شده در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی دار بود. اثرات خطی فاکتورهای

اثرات خطی اسانس چویر و درصد کربوکسی متیل سلولز دارد.

است. از بین اثرات درجه دوم و متقابل نیز تنها اثر درجه دوم کربوکسی متیل سلولز معنی دار است که با توجه به مقدار F این فاکتور نیز اثر پائینی در مقایسه با



شکل ۱: نمودار سه بعدی و کانتور تأثیر همزمان متغیرهای درصد کربوکسی متیل سلولز (X_1) و اسانس چویر (X_2) بر مقاومت کششی.

Figure 1. 3-D and Contour plots of results from simultaneous effect of CMC (X_1) and FA essential oil (X_2) % on tensile strength.

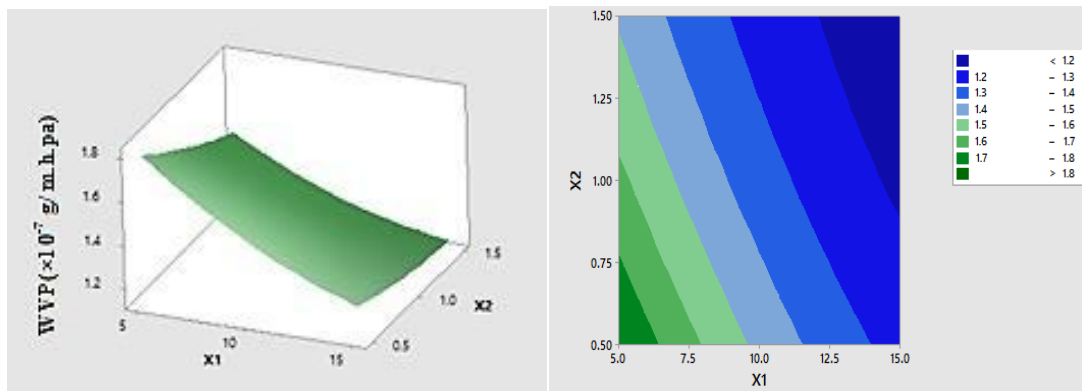
تقویت شبکه‌ی بیوپلیمر به بهبود خواص کشش فیلم کمک کند (۱۵). احتمالاً کاهش مقاومت کششی در اثر افزودن اسانس به دلیل تغییر در یکنواختی ساختار شبکه فیلم توسط اسانس، تخریب شبکه فیلم و کاهش نیروهای چسبندگی کل شبکه پلیمر در اثر افزودن اسانس می‌باشد و همچنین ترکیبات فنولیکی باعث کاهش چگالی شبکه فیلم و در نتیجه حرکت آسان‌تر زنجیره‌های پلیمر تحت تنش‌های مکانیکی می‌شوند و در نتیجه کاهش مقاومت کششی را منجر می‌گردند (۱). در تطبیق با نتایج این تحقیق، قنبرزاده و همکاران (۲۰۱۱) و نیز تونگ‌دسیوتورن و همکاران (۲۰۱۱) افزایش مقاومت کششی در فیلم نشاسته-کربوکسی-متیل سلولز در اثر افزایش کربوکسی متیل سلولز گردید. این تحقیق همسو با تحقیقات ویلاسیکا و همکاران (۲۰۰۷) در مورد افزودن الیاف کنف هندی به فیلم نشاسته و تحقیق بن و همکاران (۲۰۰۶) در مورد افزودن فیبر سلولزی به فیلم نشاسته بود (۱۶، ۳۳، ۳۴ و ۱۱). کاهش مقاومت کششی در اثر افزودن اسانس چویر در راستای تحقیقات سانچز-گونزالز و

شکل ۱، نمودار سه بعدی و کانتور سطح پاسخ اثرات اسانس چویر و درصد کربوکسی متیل سلولز بر میزان تغییرات مقاومت کششی را نشان می‌دهد. همانطور که از نمودار سه بعدی مشخص است با توجه به نتایج و نحوه تغییرات نمودار این شاخص به صورت خطی با افزایش میزان درصد کربوکسی متیل سلولز افزایش پیدا کرده است. در نمودار کانتور نیز قابل مشاهده است که بالاترین میزان مقاومت کششی مربوط به غلظت‌های بالای درصد کربوکسی متیل سلولز و حداقل میزان اسانس چویر است. بنابراین افزایش میزان درصد کربوکسی متیل سلولز باعث افزایش و افزایش اسانس چویر باعث کاهش در میزان مقاومت کششی می‌گردد، هرچند میزان تأثیر درصد کربوکسی متیل سلولز بسیار بیشتر از تأثیر اسانس چویر است. دلیل مقاومت کششی بالاتر کربوکسی متیل سلولز را می‌توان به بر همکنش‌های بین مولکولی قوی در بین ماکرومولکول‌های نشاسته و کربوکسی-متیل سلولز (به دلیل شباهت ساختاری این دو ماده پلی‌ساکارید بودن هر دو) نسبت داد که می‌تواند با

متیل سلولوز معنی‌دار شده است. همچنین اثر درجه دوم کربوکسی‌متیل سلولوز و اثر متقابل این دو متغیر مستقل نیز معنی‌دار شده است. از میان شاخص‌های تأثیرگذار بر مقدار نفوذپذیری به بخار آب غلظت کربوکسی‌متیل سلولوز با میزان ارزش F بیشتر و بعد از آن اسانس چوب‌درخت بیشترین تأثیر معنی‌دار را دارد. نتایج حاصل بیانگر کاهش نفوذپذیری به بخار آب در اثر افزایش کربوکسی‌متیل سلولوز و اسانس چوب‌درخت در فیلم است.

همکاران (۲۰۰۹) در خصوص افزودن اسانس چای به فیلم مشتقات سلولزی هیدروکسی-پروپیل‌متیل سلولوز می‌باشد که می‌تواند به دلیل شباهت در ترکیبات منوترین‌های مانند آلفا-پنین و گاما-پنین در اسانس چوب‌درخت باشد (۱۸ و ۲۸).

مدلسازی نفوذپذیری به بخار آب: برای آزمون نفوذپذیری به بخار آب معنی‌داری مدل در سطح اطمینان ۹۵ درصد تایید شده است (جدول ۲) در بین اثرات مختلف خطی، درجه دوم و متقابل اثرات خطی برای هر دو فاکتور اسانس چوب‌درخت و کربوکسی



شکل ۲: نمودار سه بعدی و کانتور تأثیر هم‌زمان متغیرهای درصد کربوکسی‌متیل سلولوز (X_1) و اسانس چوب‌درخت (X_2) بر نفوذپذیری به بخار آب.

Figure 2. 3-D and Contour plots of results from simultaneous effect of CMC (X_1) and FA essential oil (X_2) % on water vapor permeability.

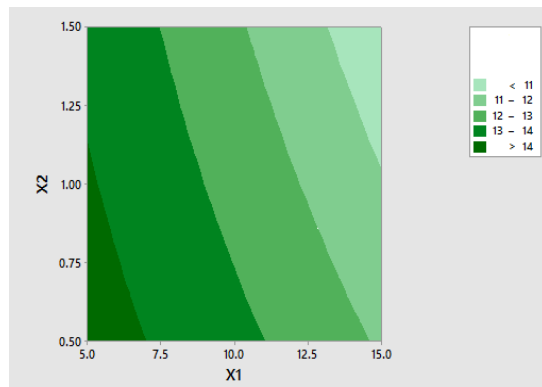
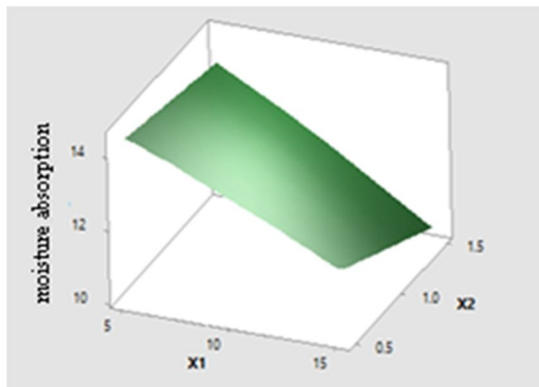
نیز قابل مشاهده است و بالاترین میزان در قسمت پایین و سمت چپ نمودار کانتور می‌باشد که مربوط به مقادیر حداقل غلظت این فاکتورها می‌باشد. لازم به ذکر است که مقاومت کربوکسی‌متیل سلولوز در برابر رطوبت بیشتر از نشاسته می‌باشد (۲۲). از طرفی افزودن کربوکسی‌متیل سلولوز، مسیر پر پیچ و خمی را برای نفوذپذیری مولکول‌های آب ایجاد کرده و باعث کاهش نفوذپذیری فیلم می‌شود (۲۱). کاهش نفوذپذیری به بخار آب در اثر افزایش اسانس چوب‌درخت می‌توان به خاصیت آبریزی این اسانس و در نهایت افزایش خاصیت آبریزی فیلم حاوی اسانس چوب‌درخت

شکل ۲، نمودار سه بعدی و کانتور سطح پاسخ بیانگر تأثیر کاهش هر دو فاکتور کربوکسی‌متیل سلولوز و اسانس چوب‌درخت بر میزان نفوذپذیری به بخار آب می‌باشد. همانطور که در نمودار سه بعدی مشخص است کمترین میزان برای این شاخص در حداکثر غلظت درصد کربوکسی‌متیل سلولوز و اسانس چوب‌درخت داده است که نشان دهنده کاهش بودن اثر این فاکتورها بر نفوذپذیری به بخار آب می‌باشد. اثر درصد کربوکسی‌متیل سلولوز به وضوح بیشتر از اسانس چوب‌درخت است و با شیب بیشتری باعث افت در میزان این شاخص شده است. همین نتایج در نمودار کانتور

به فیلم کیتوزان باعث کاهش این فاکتور گردید و پیرز و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقات خود بیان داشتند، تمام اسانس‌ها مورد بررسی آنها باعث کاهش نفوذپذیری به بخار آب شدند (۲۹ و ۲۵).

مدلسازی جذب رطوبت: طبق جدول ۲ مدل برای آزمون جذب رطوبت در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. همچنین اثرات خطی هر دو کربوکسی‌متیل سلولز و چویر معنی‌دار می‌باشد. با توجه به میزان ارزش F تأثیرپذیری جذب رطوبت از میزان درصد کربوکسی‌متیل سلولز بیشتر از غلظت اسانس چویر است. در میان سایر اجزای مدل نیز اثر متقابل معنی‌دار می‌باشد و نسبت به اثرات خطی تأثیر اندکی دارد. نتایج تحقیق بیانگر کاهش جذب رطوبت در اثر افزایش کربوکسی‌متیل سلولز و اسانس چویر است.

دانست. همچنین می‌توان بیان داشت که در حین خشک کردن فیلم مقداری از اسانس به سطح فیلم می‌آید و باعث تشدید خاصیت آبریزی در سطح فیلم می‌شود. علت کاهش نفوذپذیری در اثر افزایش اسانس می‌تواند در اثر دفع کردن ترکیبات غیرقطبی موجود در اسانس‌ها بر مولکول‌های آب ذکر کرد (۲۵ و ۳۰). نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات سیاحی و همکاران (۲۰۱۷) در مورد اثر کاهشی افزایش اسانس رزماری به فیلم نشاسته- کیتوزان، قنبرزاده و همکاران (۲۰۱۰) در مورد اثرات کاهشی افزایش کربوکسی-متیل سلولز بر نشاسته و نتایج ما و همکاران (۲۰۰۸) در مورد اثر کاهش نفوذپذیری به بخار آب در اثر افزایش میکروکریستال سلولز و کربوکسی‌متیل سلولز همسو بود (۳۱، ۱۵ و ۲۲). سانچز- گونزالز و همکاران (۲۰۱۱) اعلام کردند که افزودن اسانس ترنج



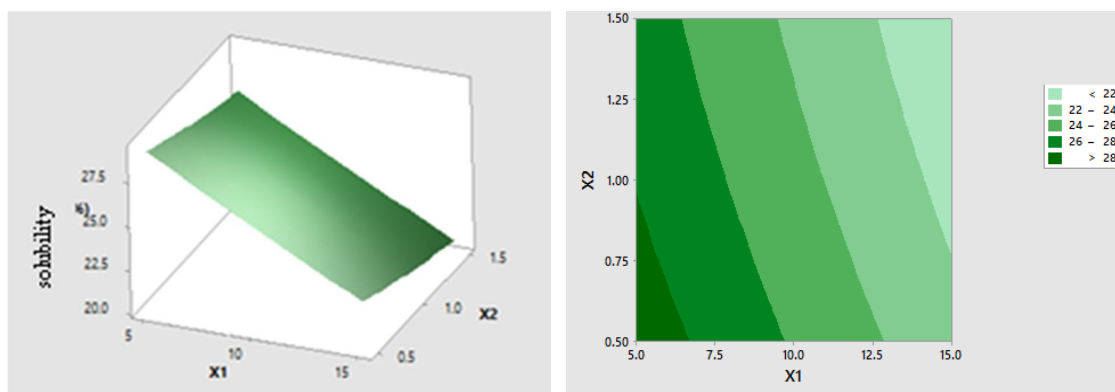
شکل ۳: نمودار سه بعدی و کانتور تأثیر هم‌زمان متغیرهای درصد کربوکسی‌متیل سلولز (X_1) و اسانس چویر (X_2) بر جذب رطوبت.
Figure 3. 3-D and Contour plots of results from simultaneous effect of CMC (X_1) and FA essential oil (X_2) % on moisture absorption.

همانطور که در نمودار کانتور نیز مشخص است حداکثر جذب رطوبت مربوط به حداقل غلظت چویر و کربوکسی‌متیل سلولز می‌باشد که در پایین و سمت چپ نمودار با رنگ سبز تیره مشخص گردیده است. احتمالاً نشاسته با گروه‌های هیدروکسیل و کربوکسیل مولکول کربوکسی‌متیل سلولز تشکیل پیوند داده و در نتیجه ساختار مستحکمی ایجاد می‌نماید. بنابراین

شکل ۳، نمودار سه بعدی و کانتور سطح پاسخ وابستگی جذب رطوبت به میزان درصد کربوکسی‌متیل سلولز و اسانس چویر را نشان می‌دهد. نمودار سه بعدی بیانگر تأثیرپذیری شدید جذب رطوبت به کربوکسی‌متیل سلولز و وابستگی اندک این شاخص به اسانس چویر است. در این مورد هر دو فاکتور مستقل باعث کاهش جذب رطوبت می‌شوند و

مدلسازی انحلال پذیری در آب: مطابق جدول ۲ مدل تعریف شده برای انحلال پذیری در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی دار می باشد، همچنین ضرایب خطی برای هر دو فاکتور کربوکسی متیل سلولوز و اسانس چویر معنی دار شده است. تأثیر کربوکسی متیل سلولوز بیشتر از تأثیر اسانس چویر بر میزان انحلال پذیری است. فاکتورهای درجه دوم اسانس و کربوکسی متیل سلولوز و همچنین برهمکنش آنها بر میزان تغییرات انحلال پذیری معنی داری نیستند.

سرعت نفوذ مولکولهای آب به درون فیلم کاهش می یابد (۱۵). همچنین نباید اثر اسانس گیاه چویر را در کاهش جذب رطوبت نادیده گرفت زیرا بعنوان روغن خاصیت آبگریزی دارد و با تقویت ساختار شبکه پلیمر در برابر نفوذ آب و رطوبت، جذب رطوبت را در فیلم کاهش می دهد. این تحقیق در راستای تحقیقات سیاحی و همکاران (۲۰۱۷)، قنبرزاده و همکاران (۲۰۱۰)، الماسی و همکاران (۲۰۱۰)، ویلاسیکا و همکاران (۲۰۰۷) می باشد (۳۱)، ۱۵، ۲ و ۳۴.



شکل ۴: نمودار سه بعدی و کانتور تأثیر همزمان متغیرهای درصد کربوکسی متیل سلولوز (X_1) و اسانس چویر (X_2) بر انحلال پذیری.
Figure 4. 3-D and Contour plots of results from simultaneous effect of CMC (X_1) and FA essential oil (X_2) % on solubility.

در برشهای افقی این نمودار می توان تغییر رنگهای متوالی را دید که وابسته بودن انحلال پذیری به غلظت کربوکسی متیل سلولوز را نشان می دهد. هر دو فاکتور اثر کاهشی بر میزان انحلال پذیری دارند و بیشترین مقدار این فاکتور مربوط به حداقل غلظت کربوکسی متیل سلولوز و اسانس چویر یعنی گوشه سمت چپ و پایین نمودار می باشد. کاهش حلالیت احتمالاً به دلیل برهمکنش های مناسب بین مولکولی، میان گروه های هیدروکسیل و کربوکسیل در کربوکسی متیل سلولوز و گروه هیدروکسیل نشاسته و پر شدن فضاهای خالی پلیمر به وسیله اسانس گیاه چویر و ماهیت آبگریزی اسانس می باشد. همچنین تعداد برهمکنش های بین دو زنجیره پلیمری افزایش یافته

شکل ۴ نمودار سه بعدی و کانتور سطح پاسخ تأثیر همزمان اسانس چویر و کربوکسی متیل سلولوز بر میزان انحلال پذیری نشان داده شده است. همانطور که در این نمودار مشخص است تأثیر پذیری انحلال پذیری از مقدار کربوکسی متیل سلولوز به شدت بالاست و افزایش میزان کربوکسی متیل سلولوز باعث کاهش شدید در مقدار انحلال پذیری شده است. از طرفی میزان وابستگی این فاکتور به میزان اسانس چویر نیز بسیار پایین ارزیابی می گردد و همانطور که مشخص است نسبت به درصد کربوکسی متیل سلولوز چندان تأثیر گذار نبوده است. روندهای ثابت در برشهای افقی از نمودار کانتور نیز بیانگر تأثیرگذاری اندک اسانس چویر بر میزان انحلال پذیری است، از طرفی

شرایط بهینه‌ی فرایندی از نرم‌افزار مینی تب کمک گرفته شد (جدول ۳). در آزمون‌های فیزیکی فیلم شرایط بهینه بدین شکل که حالت بهینه برای مقاومت کششی بیشینه، برای انحلال‌پذیری کمینه، برای جذب رطوبت کمینه و برای نفوذپذیری به بخار آب نیز کمینه در نظر گرفته شد. اهمیت تمام فاکتورها نیز برابر قرار گرفت.

و بهبود در میزان بهم پیوستگی ماتریس بیوپلیمری و کاهش در میزان حلالیت در آب را به دنبال خواهد داشت (۳۳). این تحقیق در راستای تحقیقات سیاحی و همکاران (۲۰۱۷)، داشی‌پور و همکاران (۲۰۱۵)، تونگ‌سیوتورن و همکاران (۲۰۱۱) و قنبرزاده و همکاران (۲۰۱۰) بود (۳۱، ۳۳، ۱۳ و ۱۵).
بهینه‌سازی مشترک خصوصیات فیلم: جهت یافتن

جدول ۳: شرایط بهینه تعریف شده برای آزمون‌های فیزیکی فیلم نشاسته.

Table 3. The Optimized points suggested for physical tests of starch films

وزن Weight	حد بالا Upper	نتایج Target	حد پایین Lower	هدف Goal	پاسخ Response
1		7.5035	3.3658	Maximum	مقاومت کششی Tensile strength
1	1.8100	1.1400		Minimum	نفوذپذیری به بخار آب Water vapor permeability
1	14.4322	10.2484		Minimum	جذب رطوبت Moisture absorption
1	28.7240	20.8760		Minimum	انحلال‌پذیری Solubility

اسانس چویر ۰/۵ درصد در زمان ۱۰ روز بود، به عبارتی با کاهش میزان اسانس چویر و کربوکسی‌متیل سلولز میزان عدد پراکسید و اسیدی افزایش می‌یابد. مدلسازی خصوصیات آزمون‌های شیمیایی کره: جدول ۵ نتایج آنالیز واریانس مربوط به عدد پراکسید و عدد اسیدی می‌باشد. طبق این جدول مدل تعریف شده برای عدد پراکسید ($p < 0/05$) معنی‌دار است. شاخص‌های اثر مستقیم یا خطی همگی معنی‌دار شده‌اند. بالاترین میزان اثر نیز مربوط به متغیر زمان است و بسیار بیشتر از دو شاخص دیگر که اسانس چویر و کربوکسی‌متیل سلولز است و اثر چویر بسیار بیشتر از کربوکسی‌متیل سلولز است. از بین سایر شاخص‌ها اثر توان دوم زمان و برهمکنش بین زمان و اسانس چویر معنادار است.

در نهایت با توجه به شرایط بهینه تعریف شده و متغیرهای مستقل این ارزیابی، بهترین حالت برای دست یابی برای شرایط بهینه با غلظت اسانس چویر ۰/۸۹ درصد و درصد کربوکسی‌متیل سلولز ۱۳/۹۸ درصد بدست آمد. مقادیر پارامترهای وابسته مقاومت کششی، نفوذپذیری به بخار آب، جذب رطوبت و انحلال‌پذیری به ترتیب برابر با ۶/۹، ۱/۲۲، ۱۱/۵۸ و ۳۵/۲۲ و در پایان درجه مطلوبیت بهینه‌سازی نیز برابر با ۰/۸۸ و مناسب ارزیابی گردید.

آزمون‌های شیمیایی کره: مطابق با جدول ۴ مشاهده گردید که کره تیمار شماره ۳ با ۱۵ درصد کربوکسی‌متیل سلولز و ۱/۵ درصد اسانس چویر در زمان صفر روز کمترین میزان پراکسید و عدد اسیدی و بیشترین میزان عدد پراکسید و اسیدی در تیمار شماره ۱۵ با کربوکسی‌متیل سلولز به میزان ۵ درصد و

جدول ۴: جدول نتایج آزمون‌های شیمیایی کره بسته‌بندی شده در کامپوزیت نشاسته حاوی اسانس چویر

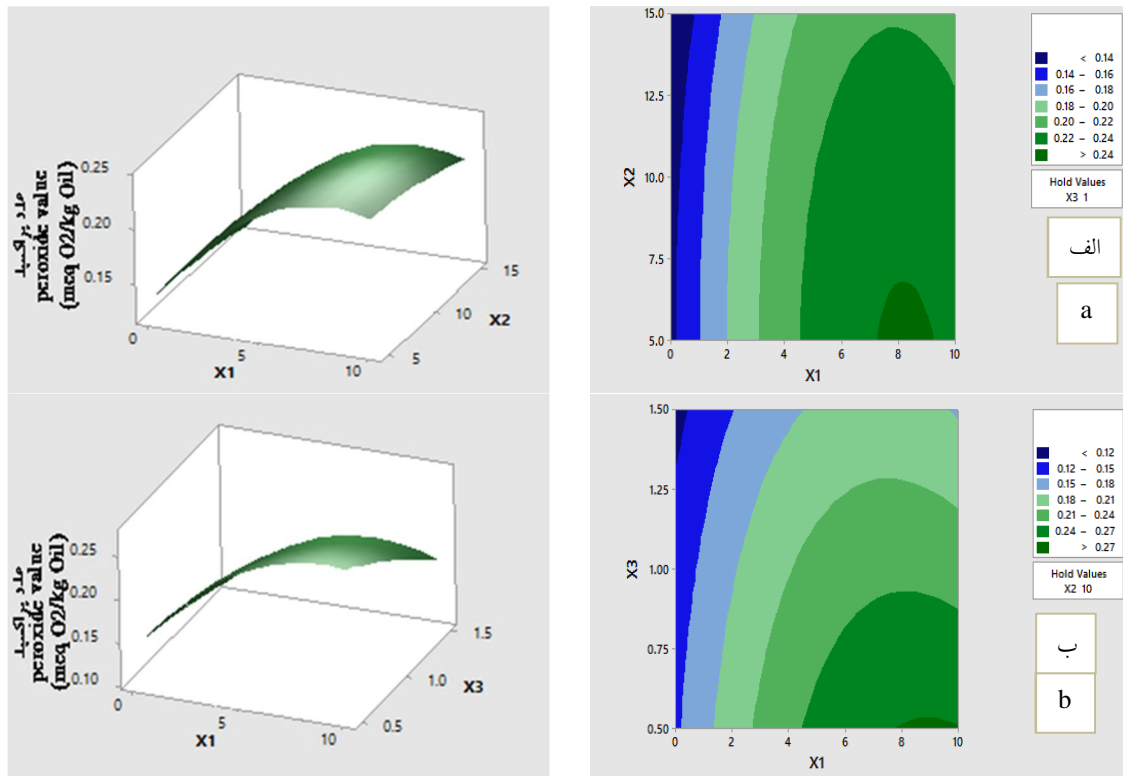
Table 4. The results of chemical tests for butter packed in composite starch film containing Chavill essential oil

عدد اسیدی Acid value (mg KOH/g Oil)	عدد پراکسید Peroxide value (meq O ₂ /kg Oil)	اسانس چویر Chavill essential oil (X ₃ %)	کربوکسی متیل سلولز CMC (X ₂ %)	زمان Time (X ₁ , day)	تیمار Treatment
0.170	0.245	1	5	5	1
0.136	0.193	1	15	5	2
0.042	0.105	1.5	15	0	3
0.116	0.176	1.5	10	5	4
0.149	0.211	1	10	5	5
0.182	0.254	0.5	15	10	6
0.159	0.224	1	10	5	7
0.054	0.114	1.5	5	0	8
0.102	0.162	1.5	15	10	9
0.145	0.201	1	10	5	10
0.155	0.221	1	10	5	11
0.075	0.137	0.5	15	0	12
0.127	0.183	1.5	5	10	13
0.189	0.262	0.5	10	5	14
0.197	0.268	0.5	5	10	15
0.077	0.139	0.5	5	0	16
0.168	0.239	1	10	10	17
0.069	0.129	1	10	0	18
0.153	0.216	1	10	5	19
0.162	0.230	1	10	5	20

جدول ۵: جدول نتایج آنالیز واریانس عدد پراکسید و عدد اسیدی

Table 5. ANOVA results for peroxide and acid values.

عدد اسیدی (Acid value)	عدد پراکسید (Peroxide value)	منبع (Source)
+0.0681	+0.1366	مقدار ثابت (Constant)
+0.03067	+0.03264	X ₁
-0.00327	-0.00294	X ₂
-0.0155	-0.0090	X ₃
-0.001549	-0.001580	X ₁ ×X ₁
+0.00470	-0.00600	X ₁ ×X ₃
		ضریب تبیین (R ²)
0.94	0.96	کفایت دقت (Pred R ²)
0.93	0.93	مدل (Model)
0.000	0.000	ضریب F (F-Value)
73.03	29.86	عدم برازش (Lack-of-Fit)
0.210	0.192	



شکل ۵: نمودار سه بعدی و کانتور تأثیر هم‌زمان متغیرهای زمان (X_1) و درصد کربوکسی متیل سلولز (X_2) (الف) و زمان (X_1) و درصد اسانس چوپر (X_3) (ب) بر عدد پراکسید

Figure 5. 3-D and Contour plots of results from simultaneous effects of time (X_1) and CMC concentration (X_2) (a), time (X_1) and FA essential oil (X_3) (b) on peroxide value

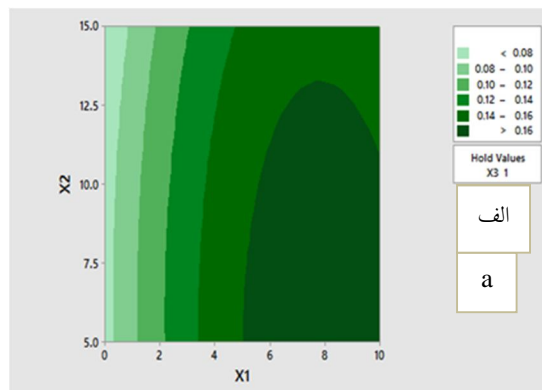
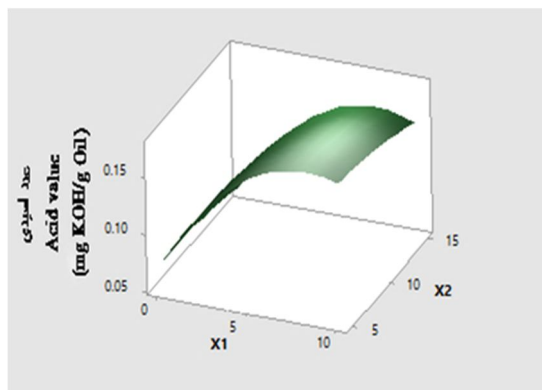
کانتور قابل مشاهده است که اثر زمان افزایشی و اثر درصد کربوکسی متیل سلولز کاهش یافته است. بدین معنا که بیشترین میزان این شاخص مربوط به غلظت-های حداقل درصد کربوکسی متیل سلولز بوده است و با افزایش میزان آن میزان پراکسید کاهش یافته است. روندهای سریع تغییرات رنگ در محور افقی بیانگر حساسیت بیشتر پراکسید بر میزان زمان نسبت به تغییرات درصد کربوکسی متیل سلولز است در حالی که در محور عمودی این روند تغییرات اندک است. شکل ۵ قسمت (ب) اثر هم‌زمان زمان و اسانس چوپر بر میزان تغییرات پراکسید را نشان می‌دهد. در این مورد نیز اثر افزایشی زمان و اثر کاهش اسانس چوپر بر میزان پراکسید مشهود است و اثر زمان بسیار بیشتر و سریعتر است. همچنین اثر آن با گذشت زمان کاهش

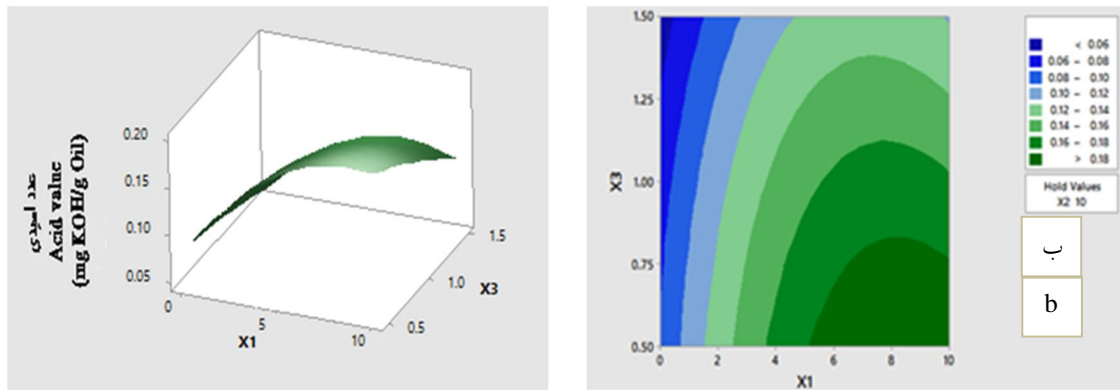
تأثیر متقابل فاکتورهای مستقل بر عدد پراکسید: شکل ۵، نمودار سه بعدی و کانتور تأثیر متقابل زمان-کربوکسی متیل سلولز (الف) و تأثیر متقابل زمان-اسانس چوپر (ب) را بر میزان تغییرات پراکسید نشان می‌دهد. در شکل ۵ قسمت (الف) نمودار سه بعدی و کانتور تأثیر زمان و درصد کربوکسی متیل سلولز بر میزان پراکسید را نشان می‌دهد. همانطور که در این نمودار مشخص است اثر زمان بسیار بیشتر از درصد کربوکسی متیل سلولز است. اثر زمان در ابتدای فرایند به صورت خطی بوده است و در انتهای فرایند این اثر کمتر شده است و نمودار به صورت مسطح درآمده است. در مورد اثر درصد کربوکسی متیل سلولز نیز همانگونه که مشخص است اثر آن در مقایسه با اثر زمان بسیار اندک است. همچنین این امر نیز در نمودار

متیل سلولز بیشتر بوده است و باعث کاهش این فاکتور گردید که می‌توان آنرا به دلیل فرار ترکیبات اسانس از سطح بسته‌بندی و انتقال یافتن به سطح کره دانست. همچنین می‌تواند نشان دهنده‌ی خاصیت ضد اکسایشی این گیاه و اثرات مثبت آن در نگهداری کره و ناشی از انتقال مونوترپن‌های مانند آلفا-پنین باشد. در فیلم‌های با بیشترین درصد کربوکسی متیل سلولز به دلیل کاهش میزان نفوذپذیری به بخار آب فرآیند اکسیداسیون کاهش یافت. نتایج آزمون پراکسید اثرات فیلم بسته‌بندی حاوی اسانس چویر در راستای نتایج داشی‌پور و همکاران (۲۰۱۵ و ۲۰۱۴) و آتارس و همکاران (۲۰۱۱) بود که در آنها به بررسی اثرات آنتی اکسیدانی بسته‌بندی‌های فعال برای محافظت و جلوگیری از فساد مواد غذایی روغن‌های و مختلف با اسانس‌های مختلف پرداخته‌اند (۱۰، ۱۳ و ۱۴).

عدد اسیدی: جدول ۵ نتایج آنالیز واریانس عدد پراکسید و اسیدی را نشان می‌دهد. در مورد عدد اسیدی مقادیر P بیانگر معنی‌داری تأثیر مستقیم این فاکتورها ($p < 0.05$) بر میزان عدد اسیدی است. مقدار تأثیر متغیر زمان بسیار بیشتر نسبت به متغیر درصد کربوکسی متیل سلولز و تا حدود قابل توجه‌ای بیشتر از تأثیر اسانس چویر می‌باشد.

یافته است. در مورد اسانس چویر نیز کاهش اندک در میزان این فاکتور را باعث شده است. در این مورد در مقایسه با درصد کربوکسی متیل سلولز میزان کاهش پراکسید در اثر چویر بیشتر بوده است و در نمودار سه بعدی نیز کاهش قابل مشاهده است همچنین در نمودار کانتور که بیشترین میزان پراکسید در گوشه سمت راست و پایین این نمودار قرار دارد بیانگر حداکثر زمان و حداقل غلظت اسانس چویر می‌باشد. یعنی با افزایش میزان چویر از مقدار پراکسید کاسته شده است و کمترین میزان پراکسید مربوط به روزهای اول نگهداری و حداکثر غلظت چویر می‌باشد که نشان دهنده تأثیر مثبت اسانس چویر بر این شاخص مهم می‌باشد. اسیدهای چرب اشباع نشده‌ی موجود در روغن‌ها می‌توانند در پیوندهای دوگانه، اکسیژن را جذب کرده و پراکسید تولید کنند. مشاهده شده که بین پراکسید و فساد شیمیایی روغن رابطه مستقیم وجود دارد. نتایج بررسی‌های بر روی عدد پراکسید کره تحت تأثیر این بسته‌بندی حاکی از آن است که اثرات زمان در فرایند اکسیداسیون افزایشی و اثرات کربوکسی متیل سلولز و اسانس چویر کاهش‌ی است. اثر افزایش اسانس چویر در کاهش مقدار پراکسید به شدت قابل توجه‌ای نسبت به درصد کربوکسی





شکل ۶: نمودار سه بعدی و کانتور تأثیر هم‌زمان متغیرهای زمان (X_1) و درصد کربوکسی‌متیل سلولوز (X_2) (الف) و زمان (X_1) و درصد اسانس چوپر (X_3) (ب) بر عدد اسیدی.

Figure 6. 3-D and Contour plots of results from simultaneous effects of variables time (X_1) and CMC (X_2) (a) and time (X_1) and FA essential oil (X_3) (b) on acid value

تأثیر زمان بر عدد اسیدی است. بیشترین میزان عدد اسیدی مربوط به حداکثر زمان و حداقل غلظت درصد کربوکسی‌متیل سلولوز می‌باشد. نمودار سه بعدی شکل ۶ (ب) - اثر هم‌زمان زمان و اسانس چوپر بر میزان تغییرات عدد اسیدی را نشان می‌دهد. در این مورد نیز می‌توان گفت اثر افزایشی زمان و اثر کاهشی اسانس چوپر بر میزان عدد اسیدی مشهود است. اثر زمان بیشتر بوده و همچنین با گذشت زمان این اثر کاهش یافته است. در مقایسه با درصد کربوکسی‌متیل سلولوز میزان کاهش عدد اسیدی در اثر چوپر بیشتر بوده است. همچنین در نمودار کانتور شکل ۶ (ب) رنگ سبز تیره که بیشترین میزان عدد اسیدی را نشان می‌دهد در گوشه سمت راست و پایین قرار گرفته است و رنگ آبی تیره به عکس و در گوشه مقابل (چپ و بالا) قرار دارد و کمترین مقدار عدد اسیدی را ارائه می‌دهد. بنابراین می‌توان گفت اسانس چوپر باعث کاهش شاخص عدد اسیدی با افزایش میزان این اسانس شده است و اثر زمان افزایشی است. عدد اسیدی از شاخص‌های مهم روغن در شرایط ذخیره سازی می‌باشد (۳۲). عدد اسیدی نشان دهنده کیفیت روغن یا چربی است. زیرا این شاخص فاکتوری از مقدار اسید چرب آزاد شده در نتیجه ی هیدرولیز می‌باشد،

تأثیر متقابل فاکتورهای مستقل بر عدد اسید: شکل ۶، نمودار سه بعدی و کانتور تأثیر متقابل زمان کربوکسی‌متیل سلولوز (الف) و تأثیر متقابل زمان اسانس چوپر (ب) را بر تغییرات عدد اسیدی نشان می‌دهد. در مورد اثر درصد کربوکسی‌متیل سلولوز همانگونه که از نمودار سه بعدی شکل ۶ (الف) مشخص است اثر آن در مقایسه با اثر زمان بسیار اندک است و نمودار به شکل افقی می‌باشد. اثر زمان بسیار بیشتر از درصد کربوکسی‌متیل سلولوز است. اثر زمان در ابتدای فرایند به صورت خطی بوده است که از شیب تند نمودار مشهود است و در انتهای فرایند این اثر کمتر شده است و نمودار به صورت نسبتاً مسطح در آمده است. همچنین در نمودار کانتور شکل ۶ - (الف) از رنگبندی این نمودار مشخص است که بیشترین میزان عدد اسیدی در قسمت پایین و سمت راست این نمودار قرار دارد که مربوط به حداکثر زمان و حداقل غلظت درصد کربوکسی‌متیل سلولوز می‌باشد. اگر برشی عمودی از نمودار کانتور شکل ۶ (الف) داشته باشیم مشاهده می‌شود که روند تغییرات رنگ اندک است و این امر به خصوص در روزهای اولیه نگهداری بیشتر است. اما در برش‌های عرضی از نمودار تغییرات رنگ را می‌توان با شدت بیشتری داشت که نشان دهنده ی

نتیجه گیری

افزایش کربوکسی متیل سلولز و اسانس چویر باعث کاهش معنی داری در نفوذپذیری به بخار آب، جذب رطوبت و انحلال پذیری فیلم‌های مرکب نشاسته- کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس چویر شده است. افزایش اسانس چویر باعث کاهش مقاومت کششی فیلم‌ها و افزایش کربوکسی متیل سلولز منجر به افزایش مقاومت کششی فیلم‌های مورد آزمون گردید. افزایش کربوکسی متیل سلولز و اسانس چویر باعث کاهش معنی داری بر روی عدد پراکسید و عدد اسیدی شدند که این امر حاکی از تأثیر مثبت بسته‌بندی نشاسته حاوی کربوکسی متیل سلولز و اسانس چویر بر روی خواص اکسیداسیونی کره می‌باشد. بنابراین بسته‌بندی کره حیوانی با کامپوزیت نشاسته- کربوکسی متیل سلولز غنی شده با اسانس چویر می‌تواند در حفظ کیفیت کره موثر باشد. به‌علاوه، با استفاده از برنامه آماری رویه سطح پاسخ نقطه بهینه مناسب برای تولید فیلم مشخص گردید.

منابع

1. Akhtar, M.J., Jacquot, M., Jamshidian, M., Imran, M., Arab-Tehrany, E., and Desobry, S. 2013. Fabrication and physicochemical characterization of HPMC films with commercial plant extract: Influence of light and film composition. *Food Hydrocolloids*. 31: 420-427.
2. Almasi, H., Ghanbarzadeh, B., and Entezami, A.A. 2010. Physicochemical properties starch- cmc- nanoclay biodegradable films. *International Journal of Biological Mecromolecules*. 46: 1. 1-5.
3. Almasi, H., Ghanbarzadeh, B., and Pezeshki Najafabadi, A. 2009. Improving the physical properties of starch and starch- carboxymethyl cellulose composite biodegradable films. *Journal of food science ant technology*. 6(3): 1-11. (In Persian)
4. Alves, V., Costa, N., Hillioub, L., Larotondab, F., Gonçalves, M.,

مقدار آن تابعی از خلوص و تازگی و درجه‌ی هیدرولیز و درجه‌ی اکسیداسیون چربی است. نتایج بررسی‌هایی که بر روی عدد اسیدی کره بسته‌بندی شده با فیلم مرکب نشاسته- کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس چویر نشان می‌دهد، اثرات کربوکسی متیل سلولز و اسانس چویر نشان می‌دهد، اثرات کربوکسی متیل سلولز و اسانس چویر کاهش یافته است و با افزایش درصد‌های این دو متغیر میزان عدد اسیدی کاهش یافته که این می‌تواند به دلیل کاهش هیدرولیز در اثر افزایش غلظت فیلم بسته‌بندی باشد و همچنین در اثر مهاجرت مواد آنتی‌اکسیدانی چویر مانند فلاونوئیدها از سطح فیلم به سطح کره باشد نیز می‌توان اینگونه بیان کرد که به دلیل وجود ترکیبات غالب اسانس چویر خصوصاً مونو تریپن‌ها در سطح بین آب و چربی تجمع می‌یابند و با احاطه کردن ملکول‌های آب از دسترسی آنها به چربی جلوگیری می‌کنند.

- Serenob, A., and Coelho, I. 2006. Design of biodegradable composite films for food packaging. *Desalination Journal*. 199: 331-333.
5. Angles, M.N., and Dufrense, A. 2000. Plasticized starch tunicin whikers nanocomposites. Structural analysis. *Macromolecules*. 33: 8344- 8353.
6. AOCS. 1998. Official methods and recommended practices of the American oil chemists. Society method cd8-53, Fifth Ed. Champaign American oil chemists – society, USA.
7. Asgharis, J., KhamoieToul, C., MazaheriTehrani, M., and Aghdasi, M. 2012. Comparison of Microwave-assisted hydrodistillation with the traditional hydrodistillation method in the extraction of essential oils from *Ferulago angulata* (schelcht.) Boiss. *Eurpon Journal Medicinal Plants*. 2(4): 324-334.
8. ASTM. 2001. Standard Test method for tensile properties of thin plastic

- sheeting. In standards Designation D882, 1 62-170, Annual Book of ASTM standards, Philadelphia, American Society for Testing and Materials.
9. ASTM. 1995. Standard test methods for water vapor transmission of material E96-95, 406-413, Mnual book of ASTM, Philadelphia, and American Society for Testing and materials.
 10. Atarés, L., Pérez-Masiá, R., and Chiralt, A. 2011. The Role of Some Antioxidants in the Hpmc Film Properties and Lipid Protection in Coated Toasted Almonds. *Journal of Food Engineering*. 104: 649-56.
 11. Ban, W., Song, J., Argyropoulos, D. S., and Lucia, L. A. 2006. Improving the physical and chemical Functionality of starch Derived films with Biopolymers. *Journal of Applied Polymer Science*. 100: 2542- 2548.
 12. Bertuzzi, M. A., Vidaurre, E.F.C., Armada, M. and Gottifredi J.C. 2007. Water vapor permeability of edible starch based films. *Journal of Food Engineering*. 80: 972– 978.
 13. Dashipour- Vadood, A.L., Razavi, V., Hosseini. H., Shojae- Aliabad, J., German, B., Chanal, K., Khakpour, M., and Khaksar, R. 2015. Antioxidant and antimicrobial carboxymethyl cellulose films containing zataria multi flora essential oil. *International Journal of Biological Macromolecules*. 72: 606-613.
 14. Dashipour, A., Khaksar, R., Hosseini, H., Shojae, S., Abadi, A., and GhanatiZahedan, K. 2014. Physical, Ahtioxidant and Antimicrobial characteristics of carboxymethyl cellulose Edible Film Cooperated. *Journal of Research in Medical Science*. 16(8): 34-42.
 15. Ghanbarzade, B., Almasi, H., and Entezami, A.A. 2010. Physical oroperties of edible modified starch/ carboxymethyl cellulose films. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 11: 697-702.
 16. Ghanbarzadeh, B., Almasi, H., and Entezami, A. 2011. Improving the barrier and mechanical properties ofcorn starch- based seible films: Effect of citric acid and carboxymethyl cellulose. *Industrial Crops and Products*. 33: 229-235.
 17. Gontard, N., Duchez, CH., Cuq, J.L. and Gailbert, S. 1994. Edible composite Films of wheat gluten and Lipids: water vapor permeability and other physical properties. *Food Scienses and Technology*. 29(1): 39-50.
 18. Hammer, K. A., Carson, C. F., Riley, T. V., and Nielsen, J. B. 2006. A review of the toxicity of Melaleuca alternifolia (tea tree) oil. *Food and Chemical Toxicology*. 44: 616–625.
 19. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2011. ISIRI 4178, 1st. Revision. Animal and vegetable fats and oils - Determination of acid value and acidity - Test method, Iran.
 20. Khalighi- sigaroodi, F., Hadjiakhoondi, A., Shaverdi, A.R., Mozaffarian, V.A., and Shafiee, A. 2005. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of Ferulago Bernardi Tomk and M. Pimen. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*. 13: 3. 100-104
 21. Kristo, E and Biliaderis, C.G. 2007. Physical properties of starch nanocrystal-reinforced films. *Carbohydrate polymer*. 29(1): 254-259.
 22. Ma, X., Chang, P.R., and YU. J. 2008. Properties of biodegradeable thermoplastic Pea Starch/ Carboxymethyl Cellulose and Pea Starch/ microcrystalline Cellulose Composites. *Carbohydrate Polymers*. 72: 369- 375.
 23. Mali, S., Sakanaka, L.S., Yamashita, F., and Grossann, M.V.E. 2005. Water sorption and mechanical properties of Casava Starch films and their relation to plasticizing effect. *Carbohydrate polymers.*, 60: 283- 289.
 24. Pagella, C., Spigno, G., and Faveri, D.M.D. 2002. Characterization of starch based edible coatings. *Trans IChemE*. 80: 193-198.
 25. Pires, C., Ramos, C., Teixeira, B., Batista, I., and Nunes, M. L. A. M. 2013. Hake proteins edible films incorporated with essential oils: physical, mechanical, antioxidant and

- antibacterial properties. Food Hydrocolloid. 30: 224-231.
26. Rezazadeh, S.E., Yazdani, D., and Shahnazi, S. 2002. Identification of essential oil component saerial shoot *Frulagoangulata boiss* (Schlecht.) collected from west of Iran. Journal Medicinal Plants. 7: 49-52.
27. Rustaiyan, A., Sedaghat, S., Iarjani, K., khosravi, M., and Masoudie, S. 2002. Composition of the essential oil of *Ferulagoangulata* (schlecht) Boiss. From Iran. Journal Essential oil Research. 14: 447-448.
28. Sanchez – Gonzalez, L., Vargas, M., Gonzalez – Martinez, C., Chirait, A., and Chafer, M. 2009. Characterization of edible films based on hydroxyl propylmethylcellulose and tea tree essential oil. Food Hydrocolloids. 23: 2102-2109.
29. Sanchez- Gonzalez, L., chiralt, A., Gonzalez- Martinez, C., and Chufer, M. 2011. Effect of essential oils on properties of film forming emulsions and films based on hydroxypropylmethyl cellulose and chitosan. Journal of Food Engineering. 105: 246- 253.
30. Sanchez-Gomenez, L., Gonzalez-Martinez, C., Chiralt, A., and Chafer, M. 2010. Physical and antimicrobial properties of chitosan-tea tree essential oil composite films. Journal of Food Engineering. 98: 443-452.
31. Sayyahi, Z., Beigmohammadi, F., and Shoaiee, Sh. 2017. Optimization of Starch Biopolymer Enriched with Chitosan Containing Rosemary Essential Oil and its Application in Packaging of Peanuts. Nutrition and Food Sciences Research. 4: 19-28.
32. Shahidi, F. 2005. Bailey, S, Industrial oil and Fat Products. (6th edn) John wiley and sons, Inc, Simultaneously in Canada.
33. Tongdeesoontorn, W., Mauer, L., Wongroung, S., Sriburi, P., and Rachtanapun, P. 2011. Effect of Carboxymethyl cellulose concentration on physical properties of biodegradable cassava Starch- based films. Chemistry Central Journal. 5(6): 1-8.
34. Vilaseca, F., Mendez, J.A., Pelach, A., Liop, M., Canigueral, W., Girones, J., Touron, X., and Mutje, P. 2007. Composite materials derived from biodegradable starch polymer and jute strands. Process Biochemistry. 42: 329-334.
35. Wang, Y., Li A.Y., Luo Y., Huang, M., and Liang, Z. 2009. Synthesis and characterization of a novel biodegradable thermoplastic shape memory polymer. Materials Letters. 63: 347-349.
36. Zobel, H. F. 1984. Gelatinization of starch and mechanical properties of starch pastes. 285-309, In: whistler, R.L., Bmiller, J.N. and paschal, E.F.(eds.). Starch: chemistry and technology. Second Edition. Academic press, Inc. Orlando, San Diego, New York, London, Toronto, Montreal, Sydney, Tokyo.



Production of potato starch composite film containing carboxymethyl cellulose and Chavill (*Ferulago angulata* (Schlecht) Boiss.) essential oils and its application in butter packaging

S. Haqqani¹, F. Beigmohammadi^{2*}, F. Rafeie¹

¹ M.Sc. graduate, Department of Food Science and Technology, Ashtian Branch, Islamic Azad University, Ashtian, Iran

² Department of Food Science and Technology, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran

¹ Department of Food Science and Technology, Ashtian Branch, Islamic Azad University, Ashtian, Iran

Received: 2017/04/25; Accepted: 2018/03/03

Abstract

Background and objectives: Nowadays, due to the increasing use of plastics in food packaging and the problems arising from the lack of environmental degradation of them, using starch-based natural polymer in food packaging has increased. Edible films and coatings act as barriers against moisture, oxygen transfer, aroma and oil, and increase the quality and shelf-life of the products. These films can be incorporated with active agents such as anti-oxidants. In this research, in order to fix the flaws and to improve the physical and mechanical properties of starch film, different concentrations of carboxymethyl cellulose (CMC) and Chavill essential oil were incorporated into the films. The composite prepared films were used for butter packaging to reduce oxidation and to increase the shelf-life. The effect of these factors on chemical properties of final product was evaluated.

Materials and methods: In this research, starch films containing CMC (5, 10 and 15%) and Chavill essential oils (0.5, 1, 1.5 %) were produced by casting method. Chavill essential oil was prepared with water distillation. Physical tests including tensile strength, water vapor permeability, moisture absorption, solubility were done. After packing of butter, the chemical tests including the peroxide value and acid value were assessed in different time intervals.

Results: The results showed that tensile strength of starch films containing CMC and Chavill essential oils was increased with increasing CMC concentration; while it was decreased with increasing the Chavill essential oils. With increasing the amounts of CMC and Chavill essential oil, water vapor permeability was reduced. Increasing CMC and Chavill essential oils caused a decrease in water absorption and solubility of the prepared films. In addition, the effects of these two factors on chemical properties of butter showed that they could reduce the rate of peroxide and acid values elevation.

Conclusions: Regarding the different effects of CMC and Chavill essential oils, it can be concluded that by increasing the amount of these two variables, physical and mechanical properties of films were improved and a reduction in acid and peroxide values of butter was observed. Finally, considering the improvement of physical and mechanical properties of prepared films and reduction of peroxide and acid values of butter, starch-CMC containing Chavill essential oils is recommended as replacer for aluminum foil.

Keywords: Starch- CMC film, *Ferulago angulata* essential oils, Butter, Chemical properties

* Corresponding author: faranak.beigmohammadi@iauaksh.ac.ir

