

تولید و ارزیابی خصوصیات فیلم خوراکی نشاسته‌ای حاوی اسانس صمغ بنه

مرضیه پناهی^۱، حسن برزگر^{۲*}، محمد حجتی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، ایران

۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، ایران

۳- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، ایران

* نویسنده مسئول (hbarzegar@ramin.ac.ir)

چکیده

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۲۷

واژه‌های کلیدی

اسانس
صمغ بنه
فیلم خوراکی
نشاسته
ویژگی‌های مکانیکی

بنه (*Pistacia Atlantica*) از گونه‌های غالب پسته وحشی موجود در ایران می‌باشد. صمغ بنه یک صمغ الثورزینی است که در ایران سقز نامیده می‌شود. در این تحقیق ابتدا اسانس از صمغ بنه به روش تقطیر آبی استخراج شد، سپس فیلم نشاسته‌ای حاوی اسانس بنه در ۴ سطح مختلف (۰، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد) تولید و خصوصیات فیزیکی، مکانیکی، نفوذپذیری آن مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزایش اسانس باعث افزایش ضخامت در فیلم شده و از حلالیت در آب و استحکام کششی فیلم به‌طور معنی‌داری کاست ولی بر کشش‌پذیری آن تأثیر قابل توجهی نداشت. همچنین رنگ فیلم‌ها به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر اسانس قرار گرفت و اختلاف رنگ کل (ΔE) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. از طرفی نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌های حاوی اسانس در مقایسه با نمونه شاهد افزایش یافت ولی این افزایش در سطوح مختلف اسانس معنی‌دار نبود. در فیلم‌های حاوی اسانس، افزایش غلظت اسانس باعث ایجاد تأثیر معنی‌داری در نفوذپذیری آنها نسبت به اکسیژن نشد. به‌منظور بررسی ریزساختار فیلم‌ها از آزمون میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) استفاده شد، نتایج حاصل از این آزمون بیانگر تولید فیلم‌های یکنواخت و بدون ترک بوده و تأییدکننده نتایج حاصل از آزمون‌های نفوذپذیری بود.

مقدمه

از طرفی نگرانی‌های زیادی درباره آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از پسماندهای مواد بسته‌بندی به‌ویژه بسپارهای سنتزی به‌دلیل چرخه عمر طولانی در طبیعت، وجود دارد. یکی از راهکارها جهت مقابله با این مشکل، به‌کارگیری بسپارهای زیستی در بسته‌بندی است. تاکنون تحقیقات قابل توجهی برای به‌دست‌آوردن مواد بسته‌بندی مواد غذایی زیست‌تخریب‌پذیر انجام شده است (Janjarasskul & Krochta, 2010). طیف وسیعی از مواد طبیعی از جمله پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها، چربی‌ها و یا ترکیبی از آنها را می‌توان فراوری کرد و به‌منظور تهیه فیلم و

بسته‌بندی مواد غذایی رشته مهمی در عرصه تکنولوژی مواد غذایی است. پلاستیک‌های تولیدشده از مواد نفتی به‌خاطر ارزان و در دسترس بودن و همچنین خصوصیات عملکردی مطلوب مانند کشش‌پذیری خوب، مقاومت بالا به پاره‌شدن، خصوصیات ممانعتی عالی نسبت به اکسیژن و مواد معطر و قابلیت دوخت حرارتی مناسب به‌طور وسیع استفاده می‌شوند. از جمله این بسپارها می‌توان به پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، پلی‌استر و پلی‌آمیدها اشاره نمود (Coles & McDowell, 2003).

(Hosseini *et al.*, 2015).

بنه^۲ یکی از گونه‌های وحشی پسته در ایران است که شامل سه رقم موتیکا^۳، کردیکا^۴ و کابولیکا^۵ می‌باشد (Padulosi & Haj-Hassan, 1998). درختان بنه زیرگونه موتیکا و کردیکا در جمعیت بزرگی از منطقه زاگرس در ایران به‌طور وحشی می‌روید و بیش از ۱۲۰۰۰۰ هکتار از بخش‌های غربی، مرکزی و شرقی ایران را پوشش می‌دهد (Farhoosh *et al.*, 2013). صمغ بنه یک منبع داروئی سنتی برای تسکین درد شکم، درد معده، سوء هاضمه و زخم معده، آسم، اغزما، عفونت گلو، سنگ کلیه، ضداسهال و قابض، ضدتب، ضدباکتری و ویروس بشمار می‌آید (Tohidi *et al.*, 2011). باتوجه به بومی بودن درخت بنه در مناطق مختلف ایران و دسترسی آسان و ارزان به این منبع و همچنین گسترش تولید و کاربرد فیلم‌های تولیدشده از زیست‌بسپارهای تجدیدپذیر حاوی ترکیبات فعال، مطالعه حاضر در پی آن است که بتواند مقدمه‌ای جهت استفاده عملی از اسانس بنه در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی باشد و همچنین ویژگی‌های مکانیکی، نفوذپذیری فیلم خوراکی نشاسته‌ای حاوی اسانس بنه را مورد بررسی قرار دهد تا به این طریق امکان استفاده از یک منبع در دسترس و بومی و زیست‌تخریب‌پذیر فراهم گردد.

مواد و روش‌ها

مواد مورد نیاز در این مطالعه شامل نشاسته از شرکت الوند همدان، صمغ درخت بنه از جنگل‌های اقلید فارس، روغن آفتاب‌گردان بدون آنتی‌اکسیدان از شرکت ارجان نوین شهرستان بهبهان استان خوزستان، گلیسرول، تیوسولفات سدیم، کلروفرم، اسیداستیک، یدید پتاسیم، کلرید سدیم، کلرید کلسیم از شرکت مرک آلمان، تهیه شد.

تهیه صمغ بنه و استخراج اسانس آن

صمغ اولئورزینی درخت بنه زیرگونه موتیکا از درختان جنگل بنه واقع در شهرستان اقلید فارس جمع‌آوری

پوشش‌های بسته‌بندی زیست‌تخریب‌پذیر به‌کار برد (Falguera *et al.*, 2011). در میان آنها، نشاسته به‌دلیل قیمت نسبتاً پایین، در دسترس بودن گسترده و سهولت کاربرد، رایج‌ترین ماده خام مورد استفاده می‌باشد. از این گذشته، این ماده به‌طور کامل در آب و خاک زیست‌تخریب‌پذیر است (Jimenez *et al.*, 2012).

اسانس‌های روغنی، به‌عنوان نوعی از مواد طبیعی با فعالیت ضد میکروبی قوی در برابر انواع عوامل بیماری‌زای ناشی از مواد غذایی توسط سازمان غذا و دارو (FDA) در لیست GRAS^۱ طبقه‌بندی شده است و این حاکی از آن است که می‌توان آنها را در صنایع غذایی استفاده کرد (Manos *et al.*, 2015; Arfat *et al.*, 2014). افزودن اسانس‌های روغنی درون بستر فیلم، به‌جای کاربرد آنها به‌طور مستقیم روی محصولات غذایی می‌تواند به کاهش میزان مورد نیاز از اسانس‌ها کمک کند، درحالی‌که فعالیت ضد میکروبی آنها حفظ می‌شود (Sanchez-Gonzalez *et al.*, 2013). درخصوص افزودن اسانس‌های روغنی به فرمولاسیون فیلم‌های زیست‌تخریب‌پذیر در بسته‌بندی مواد غذایی و بررسی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آن تحقیقات زیادی صورت گرفته است ازجمله؛ در پژوهش Ojagh و همکاران (۲۰۱۰) اسانس دارچین سبب کاهش در مقدار رطوبت، حلالیت در آب، نفوذپذیری به بخار آب و افزایش طول فیلم‌های کیتوزانی گردید. در فیلم‌های نشاسته ذرت حاوی اسانس پونه و آویشن شیرازی نیز افزایش محتوای اسانس باعث افزایش در کشش‌پذیری شده و نفوذپذیری به بخار آب کاهش یافت (Ghasemlou *et al.*, 2013). گروهی از محققین در سال ۲۰۱۵ طی پژوهشی فیلم بیوکامپوزیتی ژلاتین ماهی و کیتوزان حاوی اساس مرزنجوش را تولید کرده و ویژگی‌های مکانیکی، نفوذپذیری و ضد میکروبی آن را مورد مطالعه قرار دادند. این محققین گزارش کردند که اختلاط اسانس باعث کاهش در استحکام کششی شده و تغییر قابل توجهی در کشش‌پذیری مشاهده نشد اما حلالیت و نفوذپذیری فیلم با افزایش اسانس، افزایش یافت

² *Pistacia Atlantica*

³ *Mutica*

⁴ *Kurdica*

⁵ *Cabulica*

¹ Generally recognized as safe

ژلاتینه‌شدن کامل افزوده شد و بقیه مراحل تولید مانند فیلم شاهد صورت گرفت. فیلم‌های خشک از سطح قالب جدا شد و فیلم‌های سالم و بدون ترک‌خوردگی درون یک کیسه پلاستیکی در مکان تاریک با دمای 25 ± 1 درجه سانتی‌گراد تا زمان ارزیابی نگهداری شد (Barzegar et al., 2014; (Ghasemlou et al., 2013).

اندازه‌گیری ضخامت فیلم

اندازه‌گیری ضخامت فیلم با استاندارد به روش Barzegar و همکاران (۲۰۱۴) انجام شد. برای تعیین ضخامت نمونه‌ها از دستگاه ریزسنج (Insize)، ساخت کشور تایوان) با دقت 0.001 میلی‌متر استفاده شد. اندازه‌گیری‌ها به‌طور تصادفی در ۱۵ نقطه روی ۳ تکرار از فیلم‌های تهیه‌شده از هر سطح غلظتی انجام شد و میانگین این اندازه‌ها برای هر فیلم گزارش شد.

اندازه‌گیری میزان حلالیت فیلم در آب

میزان حلالیت فیلم در آب با استاندارد به روش Ojagh و همکاران (۲۰۱۰) تعیین شد. بدین‌منظور وزن قطعه‌های 2×2 سانتی‌متر نمونه‌های فیلم، پس از خشک کردن در دمای 110 درجه سانتی‌گراد به‌عنوان وزن اولیه یادداشت شد و سپس درون 50 میلی‌لیتر آب‌مقطر به مدت ۶ ساعت روی شیکر با سرعت 180 دور در دقیقه در 25 درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. نمونه‌ها بعد از فیلتر مجدداً در دمای 110 درجه سانتی‌گراد خشک‌شده و پس از توزین وزن خشک نهایی آنها به‌دست آمد. این آزمون در ۳ تکرار برای فیلم در هر سطح غلظتی انجام شده و درصد حلالیت در آب از رابطه (۱) محاسبه شد:

رابطه (۱)

$$\text{درصد حلالیت در آب} = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100$$

در این رابطه M_i : وزن خشک اولیه، M_f : وزن خشک پس از غوطه‌وری می‌باشد.

تعیین رنگ فیلم

خصوصیات رنگی فیلم با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج هانترلب (Konica Minolta مدل CR-400، ژاپن)

شد و سپس نوع و گونه گیاهی نمونه توسط کارشناسان گروه داروسازی سنتی در دانشکده داروسازی شیراز مورد تأیید قرار گرفت. به‌منظور اسانس‌گیری، مقدار 25 گرم از صمغ اولئورزینی بنه به دستگاه کلونجر منتقل شد و اسانس‌گیری به روش تقطیر با آب به مدت ۴ ساعت صورت گرفت و اسانس پس از جمع‌آوری و آب‌گیری با سولفات سدیم در دمای 4 درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (British pharmacopoeia, 1988).

تهیه فیلم‌ها

جهت تولید فیلم نشاسته‌ای از تلفیق روش Barzegar و همکاران (۲۰۱۴) و Ghasemlou و همکاران (۲۰۱۳) استفاده شد. برای آماده‌سازی فیلم شاهد ابتدا 4 گرم نشاسته سیب‌زمینی به 100 میلی‌لیتر آب‌مقطر حاوی گلیسرول (۳۰ درصد نسبت به وزن خشک نشاسته) اضافه و مخلوط حاصل در دمای 70 درجه سانتی‌گراد به مدت 10 دقیقه هم زده شد. سپس به‌منظور ژلاتینه‌شدن کامل و شفاف‌شدن، به مدت 10 دقیقه سوسپانسیون در دمای 90 درجه سانتی‌گراد هم زده شد. برای یکسان‌سازی شرایط آزمایشگاهی و تهیه فیلم شاهد با سایر فیلم‌های حاوی اسانس، سوسپانسیون توسط دستگاه هموژنایزر (Ultra-Turrax مدل T-25، آلمان) در سرعت 6500 دور در دقیقه برای مدت 2 دقیقه و در 9500 دور در دقیقه برای مدت 1 دقیقه هموژن شد. سپس محلول حاضر به‌منظور خروج حباب‌های هوا، به حمام اولتراسونیک (Euronda مدل 4D، ایتالیا) با دمای 85 درجه سانتی‌گراد به مدت 10 دقیقه منتقل شد. در نهایت محلول تشکیل‌دهنده فیلم درون بشر به‌طور کامل را روی ظروف پلکسی لبه‌دار با مساحت 40 سانتی‌متر پخش شد. سپس فیلم‌ها به‌منظور خشک‌شدن به درون آون تحت‌خلأ برای مدت 18 ساعت در رطوبت نسبی 30 درصد و دمای 30 درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. فیلم‌های حاوی اسانس با افزودن اسانس بنه برای رسیدن به غلظت نهایی 0.5 ، 1 و 2 درصد (حجمی-حجمی) همراه با توئین 80 در مقادیر متناسب با اسانس‌ها به‌عنوان امولسیفایر برای کمک به پراکندگی اسانس درون سوسپانسیون نشاسته پس از

روش ASTM-E96 (۱۹۹۵) اصلاح شده انجام شد. در این آزمون سر فنجان‌های شیشه‌ای (با قطر داخلی ۳ سانتی‌متر و ارتفاع ۳/۵ سانتی‌متر) حاوی ۸ گرم کلرید کلسیم بدون آب (به‌منظور ایجاد رطوبت نسبی ۰ درصد) به‌طور نفوذناپذیری با فیلم پوشانده شد (مساحت فیلم، ۰/۰۰۶۶ مترمربع). سپس فنجان‌ها درون دسیکاتور حاوی محلول اشباع نمک کلرید سدیم (به‌منظور ایجاد رطوبت ۷۵ درصد) قرار داده شدند. به‌دلیل اختلاف و پایین‌تر بودن رطوبت نسبی درون فنجان، فشار جزئی بخار آب به میزان ۱/۷۵۳۵۵ کیلوپاسکال ایجاد شده و نرخ انتقال بخار آب (WVTR) از میزان افزایش وزن فنجان‌ها ارزیابی شد. تغییرات وزن فنجان‌ها در دوره‌های ۱۲ ساعته در طول ۷۲ ساعت ثبت شده و به‌صورت تابعی از زمان رسم شد. تمامی آزمون‌ها در ۴ تکرار برای هر فیلم صورت گرفت. میزان نفوذپذیری به بخار آب (WVP) با کمک رابطه‌های (۴) و (۵) زیر محاسبه شد:

رابطه (۴)

$$WVPR = \frac{\Delta m}{\Delta t \times A}$$

رابطه (۵)

$$WVP = \frac{WVPR \times X}{\Delta p}$$

در این رابطه‌ها، WVPR: نرخ انتقال بخار آب (گرم بر مترمربع در ساعت)؛ WVP: نفوذپذیری به بخار آب (گرم در میلی‌متر بر مترمربع در ساعت در کیلوپاسکال)؛ $\Delta m/\Delta t$: اختلاف وزن فنجان‌ها به‌ازای هر دوره توزین (گرم بر ساعت)؛ A: مساحت سطح فیلم‌ها (مترمربع)؛ X: ضخامت فیلم‌ها (میلی‌متر)؛ Δp : اختلاف فشار بخار آب بین درون و بیرون فنجان‌ها (کیلوپاسکال) بود.

تعیین میزان نفوذپذیری به اکسیژن فیلم‌ها

نفوذپذیری به اکسیژن فیلم‌ها به‌طور غیرمستقیم و باتوجه‌به روش Zahedi و همکاران (۲۰۱۰) با اندکی تغییر انجام شد. سر فنجان‌های حاوی ۱۰ گرم روغن آفتاب‌گردان تازه، تصفیه‌شده و بدون آنتی‌اکسیدان با فیلم پوشانده شد و به مدت ۳۰ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. عدد

باتوجه‌به روش Shojaee-Aliabadi و همکاران (۲۰۱۳) تعیین شد. اختلاف رنگ کل (ΔE) و شاخص سفیدی (WI)^۱ با استفاده از اطلاعات پارامترهای رنگی حاصل از صفحه استاندارد سفید ($L^*=94/43$ ، $a^*=0/25$ ، $b^*=2/04$) و نمونه‌های فیلم (L ، a ، b)، با به‌کارگیری رابطه‌های (۲) و (۳) محاسبه شد:

رابطه (۲)

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

رابطه (۳)

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

در این رابطه‌ها ΔE : اختلاف رنگ بین نمونه و صفحه استاندارد، ΔL : اختلاف پارامتر L نمونه و L^* ، Δa : اختلاف پارامتر a نمونه و a^* ، Δb : اختلاف پارامتر b نمونه و b^* و WI : شاخص سفیدی می‌باشد (Shojaee-Aliabadi *et al.*, 2013).

تعیین ویژگی‌های مکانیکی فیلم‌ها

آزمون‌های مکانیکی فیلم‌ها باتوجه‌به روش ASTM-D882 (۲۰۰۱) با اندکی تغییر صورت گرفت. برای این منظور از دستگاه بافت‌سنج (TA-XT-plus ساخت شرکت Micro Stable System، کشور انگلستان) استفاده شد. ابتدا فیلم‌ها در رطوبت نسبی ۵۳ درصد به مدت ۷۲ ساعت مشروط شدند (Ghasemlou *et al.*, 2013). سپس فیلم‌ها در قطعه‌های 6×1 سانتی‌متر بریده شد و بین دو فک دستگاه قرار داده شد. فاصله بین دو فک دستگاه ۴۰ میلی‌متر و سرعت حرکت فک بالایی ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه تنظیم شد. این آزمون در ۶ تکرار برای هر فیلم انجام شد. استحکام کششی (TS) به‌وسیله تقسیم بیشینه نیرو بر سطح اولیه و افزایش طول تا نقطه شکست (E)، به‌وسیله تقسیم میزان کشش در لحظه پاره‌شدن نمونه فیلم بر طول اولیه فیلم ضرب در ۱۰۰ محاسبه شد (ASTM-D882, 2001).

تعیین میزان نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌ها (WVP)^۲

تعیین میزان نفوذپذیری به بخار آب باتوجه‌به

^۱ Whiteness index

^۲ Water vapor permeability

زیستی به ضخامت فیلم بستگی دارد (McHugh *et al.*, 1993). نتایج مربوط به ضخامت نمونه‌های فیلم دارای مقادیر مختلف اسانس در جدول (۱) آورده شده است. نتایج حاکی از آن است که با افزودن اسانس به فیلم نشاسته‌ای، ضخامت فیلم‌ها افزایش می‌یابد که با نتایج حاصل از پژوهش‌های Ghasemlou و همکاران (۲۰۱۳)، Souza و همکاران (۲۰۱۳) که روی فیلم‌های نشاسته‌ای حاوی اسانس تحقیق کرده بودند، همخوانی داشت. ضخامت فیلم‌های نشاسته‌ای بستگی به غلظت نشاسته و مواد تشکیل‌دهنده، مقدار محلول اولیه فیلم در واحد سطح و سرعت ریختن روی سطح دارد و این خصوصیت تأثیر بسیار زیادی بر فاکتورهای مهم در ارزیابی فیلم‌ها، نظیر نفوذپذیری به بخار آب و رفتارهای مکانیکی آنها دارد (Hosseini *et al.*, 2015).

جدول ۱- تأثیر مقادیر مختلف اسانس روی ضخامت فیلم

تیمار	ضخامت (میلی‌متر)
۰	0.090 ± 0.001^c
۰/۵	0.100 ± 0.004^c
۱	0.115 ± 0.003^b
۲	0.147 ± 0.008^a

حروف گیرکسان در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح $P \leq 0.05$ می‌باشد.

حلالیت فیلم در آب

حلالیت فیلم، یک فاکتور مهم در انتخاب یک فیلم برای کاربردهای خاص می‌باشد. در واقع حلالیت، ویژگی مطلوبی در برخی از موارد نظیر انکسولاسیون مواد غذایی می‌باشد، اما برای بسته‌بندی مواد غذایی با محتوای رطوبت بالا، دوام و یکپارچگی فیلم در مقابل آب ضروری است و حلالیت زیاد یک فاکتور نامساعد می‌باشد (Ghasemlou *et al.*, 2013). عموماً اثرات افزودنی‌ها روی حلالیت فیلم، به نوع، غلظت و شاخص‌های آب‌گریزی و آب‌دوستی ترکیبات وابسته است و انتظار می‌رود که ترکیبات آب‌دوست باعث افزایش حلالیت فیلم و ترکیبات آب‌گریز باعث کاهش آن شود (Kavoosi *et al.*, 2013).

باتوجه به شکل (۱) در این مطالعه نیز حلالیت فیلم در آب با افزودن اسانس به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که مطابق با نتایج حاصل از پژوهش

پروکسید نمونه‌های روغن ازطریق تیتراسیون تیوسولفات سدیم باتوجه به روش (AOCS cd-8-53) و به کمک رابطه (۶) تعیین شد و به‌عنوان شاخص نفوذ اکسیژن گزارش شد. پیش از این آزمون، فیلم‌ها در رطوبت نسبی ۵۳ درصد برای مدت ۷۲ ساعت مشروط شدند. تمامی آزمون‌ها در ۴ تکرار برای هر فیلم انجام شد.

رابطه (۶)

$$PV = (V \times N \times 1000) / M$$

در این رابطه، PV: عدد پروکسید (میلی‌اکی‌والان اکسیژن در یک کیلوگرم روغن)؛ V: حجم تیوسیانات مصرفی (میلی‌لیتر)؛ N: نرمالیت تیوسیانات (نرمال در لیتر)؛ M: وزن نمونه (گرم)؛ ۱۰۰۰: ضریب تبدیل واحد گرم به کیلوگرم می‌باشند.

بررسی ریز ساختار فیلم

تصویربرداری از سطح و مقطع عرضی فیلم‌ها به‌وسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM^1) مدل (EM3200 شرکت KYKY چین) با کاربری ۲۶ کیلووات و در بزرگنمایی‌های مختلف انجام گرفت. برای تصویربرداری از سطوح، برش کوچکی از فیلم‌ها را همراه با برش‌هایی از سمت مقابل قسمت شکسته شده فیلم در ازت مایع به‌منظور تصویربرداری از مقطع عرضی، به کمک چسب نقره روی پایه آلومینیومی چسبانده و پایه‌ها در دستگاه پوشش‌دهنده/پاشنده طلا پوشش‌دهی شدند (Salarbashi *et al.*, 2013).

تحلیل آماری

طرح آماری مورد استفاده در این پژوهش طرح کاملاً تصادفی با یک عامل متغیر بود. برای تعیین اختلاف معنی‌داری، تجزیه واریانس ANOVA استفاده شد و مقایسه میانگین آنها با آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

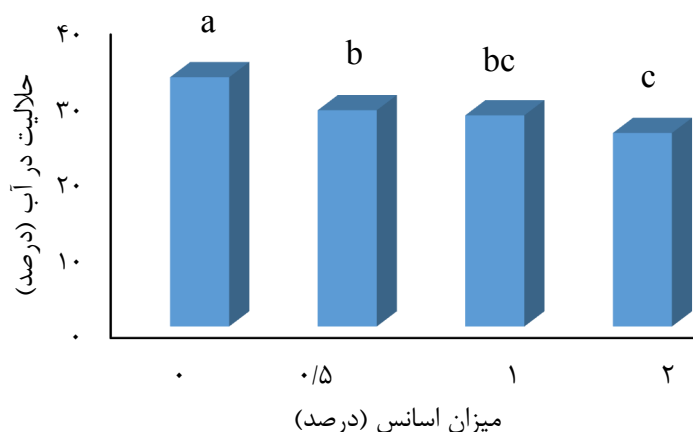
ضخامت فیلم

نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌های تهیه‌شده از بسپارهای

¹ Scanning Electron Microscope

حاضر به دست آمده است و محققین کاهش میزان حلالیت فیلم را با افزایش میزان اسانس مشاهده کرده‌اند (Hosseini *et al.*, 2015; 2009; Shojaee-*Aliabadi et al.*, 2014).

Ghasemlou و همکاران (۲۰۱۳) بود که روی فیلم نشاسته ذرت حاوی اسانس آویشن و پونه کار کرده بودند. در سایر مطالعه‌های انجام گرفته روی فیلم‌های خوراکی حاوی اسانس نیز نتایجی مشابه نتیجه مطالعه

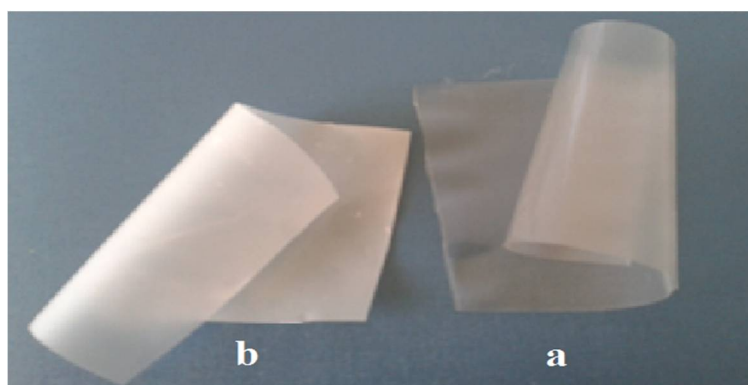


شکل ۱- تأثیر مقادیر مختلف اسانس روی حلالیت فیلم

(تمایل به قرمزی) و ۶۰- (تمایل به سبزی) و محدوده b بین ۶۰+ (تمایل به زردی) و ۶۰- (تمایل به آبی) می‌باشد (Bourtoom & Chinnan, 2009). جدول (۱) پارامترهای L، a، b، ΔE (اختلاف رنگ نمونه‌ها با پلیت سفید استاندارد)، WI (اندیس سفیدی) اندازه‌گیری شده برای نمونه را نشان می‌دهد. در زمان آزمون، فیلم‌های بدون اسانس شفاف و روشن بودند در حالی که فیلم‌های حاوی اسانس شفاف و شیری رنگ داشتند (شکل ۲).

رنگ فیلم

رنگ بسته‌بندی یک عامل مهم و مؤثر بر ظاهر عمومی محصول و نیز مقبولیت مصرف‌کننده می‌باشد. مقبولیت فیلم‌های خوراکی برای مصرف‌کنندگان به عنوان پوشش مواد غذایی می‌تواند توسط ویژگی‌های بصری و چشمی تحت تأثیر قرار بگیرد. برای تعیین رنگ پارامترهای L (روشنایی)، a (سبز-قرمز)، b (آبی-زرد) سنجیده می‌شود که محدوده L بین صفر (تیرگی) تا ۱۰۰ (روشنایی)، محدوده a بین ۶۰+



شکل ۲- فیلم‌های نشاسته‌ای بدون اسانس (a) و حاوی اسانس ۲ درصد بیه (b)

اثرات مشابهی را در زمانی که ترکیبات لیپیدی در فیلم ترکیب می‌شود، بیان کرده‌اند (Hosseini *et al.*, 2014; Shojaee-Aliabadi *et al.*, 2015).

در پژوهش Ghasemlou و همکاران (۲۰۱۳) که روی فیلم نشاسته‌ای حاوی اسانس پونه و آویشن شیرازی انجام شد، پارامتر L با افزایش میزان اسانس کاهش و پارامتر b افزایش یافت که در پژوهش حاضر نیز چنین نتیجه‌ای مشاهده شد. پارامتر a نیز با افزایش اسانس کاهش یافته است که چنین روندی در پژوهش Shojaee-Aliabadi و همکاران (۲۰۱۴) نیز مشاهده شد و همچنین کاهش WI با افزایش غلظت اسانس در پژوهش Shojaee-Aliabadi و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش شده است.

همان‌طور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، در نمونه‌های فیلم با افزودن اسانس، افزایش معنی‌داری در مقدار b نسبت به فیلم شاهد مشاهده می‌شود اما در سایر پارامترهای رنگی نظیر L ، a ، ΔE و نیز WI کاهش معنی‌داری نسبت به فیلم شاهد، متناسب با افزایش غلظت اسانس‌ها مشاهده شد که این نتایج با ویژگی‌های بصری فیلم‌ها مطابقت دارد. فیلم شاهد کاملاً شفاف بوده و اختلاف رنگ آن با پلیت سفید استاندارد (ΔE) بالا بود و با افزایش اسانس کم‌کم ΔE کمتر شد که این نتیجه دور از انتظار نبود چون فیلم حاوی اسانس رنگ سفید شیری پیدا کرد. این پدیده شاید به دلیل ترکیبات فنولی اسانس باشد که می‌تواند جذب اندکی در طول موج‌های پایین داشته باشند (Shojaee-Aliabadi *et al.*, 2013). سایر محققین نیز

جدول ۲- تأثیر مقادیر مختلف اسانس بر پارامترهای رنگی فیلم

اسانس (درصد)	L	a	b	ΔE	WI
۰	۹۴/۲۵۷±۰/۱۸۹ ^a	-۰/۱۶۱±۰/۰۳۶ ^a	-۱/۵۹۲±۰/۱۲۲ ^c	۳/۶۵۹±۰/۱۲۹ ^a	۹۴/۰۳۸±۰/۲۱۴ ^a
۰/۵	۹۳/۶۶۷±۰/۱۳۹ ^b	-۰/۳۳۵±۰/۰۵۱ ^b	-۰/۷۱۶±۰/۱۳۱ ^b	۲/۹۰۹±۰/۱۳۹ ^b	۹۳/۶۱۴±۰/۱۳۳ ^b
۱	۹۳/۷۴۹±۰/۰۶۵ ^b	-۰/۴۱۲±۰/۰۱۶ ^b	-۰/۶۸۱±۰/۱۷۴ ^b	۲/۸۳۳±۰/۰۵۱ ^b	۹۳/۶۹۸±۰/۰۵۱ ^b
۲	۹۳/۲۹۸±۰/۲۶۷ ^c	-۰/۴۷۶±۰/۰۲۲ ^b	-۰/۳۶۵±۰/۲۱۴ ^a	۲/۳۱۰±۰/۱۳۰ ^c	۹۳/۲۳۷±۰/۲۲۹ ^c

حروف غیریکسان در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح $P \leq 0.05$ می‌باشد.

خصوصیات مکانیکی

استحکام کششی (TS) و کشش‌پذیری تا نقطه پارگی (E) شاخصه‌های سودمندی در پیش‌بینی توانایی فیلم‌های خوراکی در حفظ یکپارچگی‌شان در هنگام استفاده به عنوان بسته‌بندی مواد غذایی می‌باشند (Ghasemlou *et al.*, 2011).

جدول ۳- تأثیر اسانس بر ویژگی‌های مکانیکی فیلم

اسانس (درصد)	استحکام کششی (مگاپاسکال)	میزان کشش‌پذیری تا نقطه پارگی (درصد)
۰	۴/۹۰۵±۰/۷۸۳ ^a	۳۸/۲۲۳±۱۱/۸۱۸ ^a
۰/۵	۳/۲۷۵±۰/۱۸۷ ^b	۳۷/۴۶۷±۷/۹۰۴ ^a
۱	۲/۱۹۵±۰/۲۷۲ ^c	۳۱/۸۴۰±۹/۹۴۸ ^a
۲	۱/۴۰۹±۰/۲۱۷ ^d	۲۷/۲۰۱±۵/۴۴۰ ^a

حروف غیریکسان در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح $P \leq 0.05$ می‌باشد.

تأثیر غلظت‌های مختلف اسانس بنه روی خصوصیات مکانیکی نمونه‌های فیلم در جدول (۳) ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود استحکام کششی در فیلم شاهد به‌طور معنی‌داری بسیار بالاتر از استحکام کششی در فیلم‌های حاوی اسانس می‌باشد و با افزایش میزان اسانس، این پارامتر به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است. چنانچه با افزایش اسانس از ۰/۵ درصد تا ۲ درصد، از استحکام کششی به میزان ۴۳ درصد کاسته شده است. کاهش استحکام کششی در اثر افزایش غلظت اسانس در پژوهش‌های Ghasemlou و همکاران (۲۰۱۳) و همچنین Souza و همکاران (۲۰۱۳) که روی فیلم نشاسته‌ای حاوی اسانس‌های متفاوت کار کرده بودند نیز مشاهده شده است به‌طوری‌که در پژوهش Ghasemlou و همکاران (۲۰۱۳) استحکام کششی در فیلم با ۳ درصد اسانس به یک سوم استحکام کششی در فیلم کنترل رسیده

تحقیق‌ها روی سایر فیلم‌های خوراکی نیز شرح داده شده است (Shojaee-Aliabadi *et al.*, 2014; Benavides *et al.*, 2012; Atarés *et al.*, 2010). با این حال، هرچند که افزودن ترکیبات لیپیدی و اسانس‌های مختلف باعث بهبودی ویژگی‌های مکانیکی فیلم‌های خوراکی می‌شود ولی این فیلم‌ها قابل مقایسه با ویژگی‌های مکانیکی بسپارهای سنتزی نیستند.

نفوذپذیری به بخار آب

یکی از وظایف اصلی بسته‌بندی مواد غذایی، جلوگیری یا به حداقل رساندن انتقال رطوبت بین مواد غذایی و محیط اطراف آن می‌باشد، بنابراین نفوذپذیری به بخار آب به منظور بهینه‌سازی بسته‌بندی مواد غذایی و افزایش عمر ماندگای محصول باید در صورت امکان به حداقل برسد (Hosseini *et al.*, 2013). در پژوهش حاضر طبق گزارش‌های مندرج در جدول (۴) مشخص شد که افزودن اسانس بنه تا مقدار ۰/۵ درصد به طور معنی‌داری باعث افزایش نفوذپذیری فیلم نسبت به فیلم شاهد شد ولی با افزایش اسانس تا سطح ۲ درصد نفوذپذیری به صورت معنی‌داری تغییر نکرد.

جدول ۴- تأثیر غلظت‌های مختلف اسانس بر نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌ها

مقدار اسانس (درصد)	نفوذپذیری به بخار آب (گرم در میلی‌متر بر مترمربع در ساعت در کیلوپاسکال)
۰	0.884 ± 0.17^b
۰/۵	1.052 ± 0.31^a
۱	1.041 ± 0.51^a
۲	1.005 ± 0.00^a

حروف غیریکسان در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح $P \leq 0.05$ می‌باشد.

نتایج حاصل از این پژوهش در مطالعه Souza و همکاران (۲۰۱۳) که نفوذپذیری فیلم نشاسته‌ای حاوی اسانس دارچین نسبت به بخار آب را بررسی کرده بودند، نیز به چشم می‌خورد به طوری که نفوذپذیری از ۳/۶۱ در فیلم شاهد به ۱۴/۷۹ (گرم در میلی‌متر بر مترمربع در روز در کیلوپاسکال) در فیلم بالاترین میزان از اسانس رسید. این محققین گزارش کردند که افزودن اسانس دارچین، باعث افزایش نفوذپذیری به بخار آب شد و همچنین با افزایش مقدار

بود و در پژوهشی دیگر که توسط Souza و همکاران (۲۰۱۳) انجام شد، استحکام کششی فیلم کنترل با افزایش اسانس از ۳/۷۵ به ۱/۰۵ مگاپاسکال رسید. این می‌تواند به ساختار کمپلکس تشکیل شده بین ترکیبات لیپیدی و بسپارهای نشاسته نسبت داده شود که کاهش پیوستگی و چسبندگی شبکه نشاسته و در پی آن کاهش مقاومت به پارگی فیلم‌ها را به دنبال دارد (Jiménez *et al.*, 2013). Maizura و همکاران (۲۰۰۷) که روی فیلم‌های ترکیبی آلژینات-نشاسته حاوی روغن سنبل‌هندی کار کردند، گزارش کردند که بالا بردن میزان اسانس در فیلم باعث کاهش در استحکام کششی می‌شود. آنها علت این امر را تأثیر لیپید روی زنجیره‌های نشاسته دانستند. جایگزینی جزئی پیوندهای قوی بسپار-بسپار توسط پیوندهای ضعیف روغن-بسپار در شبکه فیلم در حضور اسانس، ساختار شبکه و در نتیجه استحکام کششی فیلم‌های امولسیفیه شده را ضعیف‌تر می‌کند (Sanchez-Gonzalez *et al.*, 2010).

در مقابل افزودن اسانس کشش‌پذیری فیلم‌ها را به صورت معنی‌داری تغییر نداد. به نظر می‌رسد برهم‌کنش‌های ضعیف بین بسپار نشاسته و اسانس منجر به ساختار مولکولی ضعیف در فیلم شده و میزان کشش‌پذیری کاهش می‌یابد. تصاویر SEM از فیلم حاوی اسانس گویای این واقعیت است که اسانس باعث سست شدن ساختار فیلم نشاسته‌ای شده و فیلم تراکم و انسجام خود را از دست داده است و این حالت باعث کاهش میزان کشش‌پذیری شده است. از طرفی این احتمال وجود دارد که این حالت به محتوای رطوبت کم در فیلم‌های حاوی اسانس، نسبت به فیلم‌های کربوهیدراتی مربوط باشد (Bertan *et al.*, 2005). در برخی از تحقیق‌ها، افزودن ترکیبات لیپیدی به فیلم، باعث کاهش کشش‌پذیری می‌شود، چنین نتیجه‌ای برای فیلم کربوکسی‌متیل سلولز حاوی اولئیک‌اسید (Jiménez *et al.*, 2010) و فیلم پروتئین گلبولین پسته حاوی اسیداولئیک (Zahedi *et al.*, 2010) هم مشاهده شده است. کاهش در استحکام کششی و افزایش در کشش‌پذیری نتایج عمومی ترکیب کردن اسانس در فیلم‌های خوراکی و زیست‌تخریب‌پذیر می‌باشد و به طور وسیعی در

میکروارگانیزم‌های موجود در مواد غذایی در میزان اکسیژن خاصی شروع به رشد می‌کنند (KJellgren, 2005). نتایج به‌دست‌آمده از آزمون نفوذپذیری به اکسیژن در قالب عدد پروکسید (میلی اک‌والان اکسیژن بر کیلوگرم روغن) در جدول (۵) آورده شده است.

جدول ۵ - تأثیر غلظت اسانس بر نفوذپذیری به اکسیژن (عدد پروکسید) در نمونه‌های فیلم

مقدار اسانس (درصد)	نفوذپذیری به اکسیژن (میلی اک‌والان اکسیژن در یک کیلوگرم روغن)
۰	$28/668 \pm 1/470^a$
۰/۵	$28/000 \pm 0/730^a$
۱	$27/800 \pm 1/200^a$
۲	$25/000 \pm 0/516^b$

حروف گیرکسان در هر ستون نشان‌دهندهٔ اختلاف آماری معنی‌دار در سطح $P \leq 0/05$ می‌باشد.

همان‌طور که مشخص است نفوذپذیری به اکسیژن با افزایش اسانس تا مقدار ۱ درصد نسبت به فیلم شاهد کاهش تغییر معنی‌داری نداشت. اما در فیلم حاوی ۲ درصد اسانس به‌طور معنی‌داری نفوذپذیری به اکسیژن کاهش یافته است، که دلیل این امر می‌تواند حضور ترکیبات لیپیدی در بستر فیلم نشاسته‌ای باشد چون قطبیت مواد ممانعت‌کننده برای ممانعت از اکسیژن بسیار مهم است و افزایش قطبیت منجر به کاهش ممانعت در برابر اکسیژن می‌شود (KJellgren, 2005). همچنین در فیلم نشاسته‌ای، دلیل بهبود نفوذپذیری به اکسیژن (کاهش نفوذپذیری به اکسیژن) را می‌توان به تشکیل کریستال در طول فرایند رتروگراداسیون نشاسته دانست که این فرایند باعث ایجاد ممانعت‌کنندگی در برابر اکسیژن می‌شود (Shen et al., 2010). در مطالعهٔ Zahedi و همکاران (۲۰۱۰) نیز میزان نفوذپذیری به‌صورت مقدار عدد پروکسید بیان شده است، در این تحقیق افزایش اسیدهای چرب به فیلم پروتئینی گلبولین پسته، باعث ایجاد تغییر معنی‌دار در نفوذپذیری فیلم‌ها نشد. در مقابل، در پژوهش Ghasemlou و همکاران (۲۰۱۳) که روی فیلم نشاسته‌ای حاوی اسانس آویشن و پونه تحقیق کرده بودند، اندکی افزایش نفوذپذیری به

اسانس نیز نفوذپذیری به بخار آب افزایش یافت که این امر را ناشی از افزودن امولسیفایر به‌عنوان یک عامل هیدروفیل اعلام کردند.

چنانچه در نتایج حاصل از این پژوهش مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت اسانس نفوذپذیری نیز بیشتر می‌شود. نتایج حاصل مشابه فیلم ژلاتینی حاوی اسانس ترنج (Ahmad et al., 2012) و فیلم کیتوزانی حاوی اسانس ریحان (Bonilla et al., 2012) بود. محققین اخیر علت این امر را به ناپیوستگی ایجادشده در شبکهٔ بسیاری فیلم توسط قطره‌های روغنی اسانس نسبت دادند که در این صورت فیلم انسجام خود را از دست داده و در نتیجه پدیدهٔ انتقال رطوبت از طریق فیلم رخ می‌دهد. بنابراین نمی‌توان فرض کرد که با افزودن اجزاء آب‌گریز به درون فرمولاسیون فیلم، WVP فیلم‌های خوراکی به راحتی کاهش یابد، اگرچه تأثیر ترکیب لیپید روی ریزساختار فیلم امولسیفیه‌شده یک عامل تعیین‌کننده در توانایی ممانعت در برابر بخار آب می‌باشد (Atarés et al., 2010). چنانچه در تصاویر SEM فیلم‌های مطالعهٔ حاضر نیز چنین تغییراتی در ریزساختار فیلم به وضوح قابل مشاهده است و افزایش نفوذپذیری به بخار آب دور از انتظار نیست. بهبود ویژگی نفوذپذیری به بخار آب یکی از مشکلات اصلی برای سازندگان فیلم و طراحی آن برای برنامه‌های کاربردی در بسته‌بندی مواد غذایی می‌باشد. این واضح است که تولید فیلم یا پوشش خوراکی با توجه به نرخ نفوذپذیری به بخار آب آنان در مقایسه با پلاستیک‌های رایج عرضه‌شده بسیار مشکل می‌باشد (Lacroix, 2009). به‌طور کلی، خواص ممانعتی فیلم‌های زیست‌تخریب‌پذیر به رطوبت به علت خاصیت آب‌دوستی آنها، برخلاف خواص ممانعتی به اکسیژن و سایر گازها، ضعیف است (Anker et al., 2001).

بررسی نفوذپذیری به اکسیژن فیلم‌ها به روش غیرمستقیم (اندازه‌گیری عدد پروکسید)

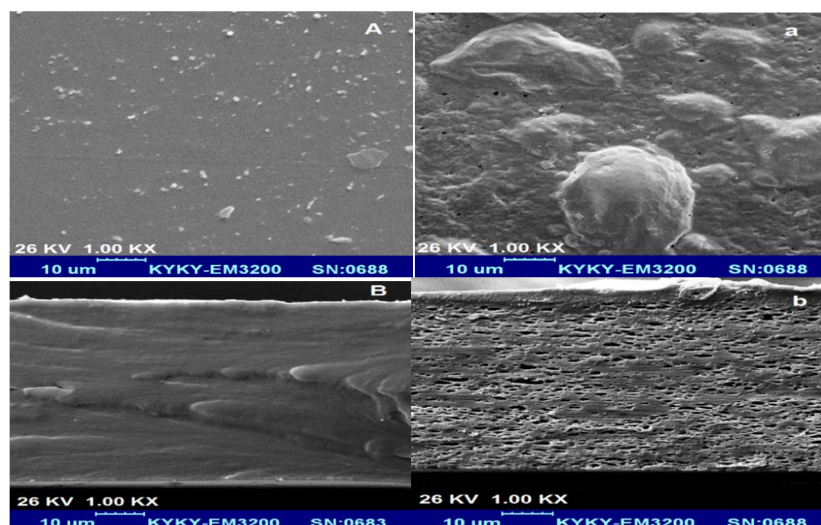
اگر مواد بسته‌بندی نسبت به اکسیژن نفوذپذیری بالایی داشته باشند منجر به واکنش‌های اکسیداتیو چربی‌ها و پروتئین‌ها شده و متعاقباً فساد مواد غذایی را در پی خواهند داشت. علاوه بر این،

این امر را بی‌نظمی‌های ساختاری مشاهده‌شده در میکروگراف‌های SEM بیان کردند.

بررسی ریزساختار فیلم‌ها توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی

میکروگراف‌های SEM از سطوح و مقاطع عرضی فیلم‌های بدون و با اسانس ۲ درصد بنه در شکل (۳) آورده شده است.

اکسیژن در فیلم حاوی اسانس نسبت به فیلم شاهد مشاهده شد که با افزایش غلظت اسانس به ۳ درصد نفوذپذیری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. این محققین علت این امر را تورم ماتریکس بسیار نشاسته در حضور اسانس فرار با غلظت بالا دانستند که در این مورد با Avenainen (۲۰۰۳) هم‌عقیده بودند. همچنین در پژوهش Acosta و همکاران (۲۰۱۳) نفوذپذیری به اکسیژن در فیلم نشاسته‌ای حاوی ترکیبات لیپیدی افزایش یافت که این محققین علت



شکل ۳- میکروگراف‌های SEM از سطح و مقطع عرضی فیلم نشاسته‌ای به‌ترتیب بدون اسانس (A و B) و با اسانس ۲ درصد (a و b).

می‌باشند، در واقع حضور اسانس باعث غیریکنواخت‌شدن ساختار پلیمر نشاسته شده است. در صورتی‌که ساختار فیلم شاهد همگن، متراکم و یکنواخت بدون بی‌نظمی‌هایی از قبیل حباب‌های هوا و منافذ بود. این حالت به‌دلیل حضور اسانس در فرمولاسیون فیلم است که می‌تواند نتیجه فراریت ترکیبات اسانس (Ghasemlou *et al.*, 2013) و نیز اثر امولسیون روغن در آب در بستر فیلم نشاسته‌ای باشد (Hosseini *et al.*, 2015).

نتایج حاصل از SEM حاکی از آن است که ترکیبات اسانس بنه در مقادیر زیاد (۲ درصد) باعث ایجاد غیریکنواختی شبکه پلیمری نشاسته شده و در نتیجه تأثیر قابل توجهی بر ویژگی‌های مکانیکی و نفوذپذیری فیلم گذاشته است به‌طوری‌که باعث کاهش

همان‌طور که مشاهده می‌شود فیلم بدون اسانس سطح یکنواخت و منسجم و نسبتاً صافی دارد که این نتیجه با یافته‌های Souza و همکاران (۲۰۱۴؛ ۲۰۱۳) و Ghasemlou و همکاران (۲۰۱۳) هم‌خوانی دارد که دلیل این امر پیوستگی شبکه پلیمری فیلم نشاسته‌ای می‌باشد (Acosta *et al.*, 2013). در مقابل، در فیلم حاوی اسانس سطح غیریکنواخت دیده می‌شود. چنین نتیجه‌ای در پژوهش Acosta و همکاران (۲۰۱۳) نیز مشاهده شد که قطره‌های اسانس درون ساختار بسیاری نشاسته پراکنده شده و در نتیجه باعث ایجاد فیلمی با سطح زبر و دارای منافذ کوچک شد.

از طرفی براساس میکروگراف‌های حاصل از مقاطع عرضی، فیلم‌های حاوی اسانس بنه در مقایسه با فیلم نشاسته‌ای شاهد، دارای منافذ بسیاری در سرتاسر فیلم

به سفید شیری شد. با افزودن اسانس نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌ها در مقایسه با فیلم شاهد افزایش یافت. همچنین نفوذپذیری به اکسیژن نیز نسبت به فیلم شاهد افزایش یافت ولی با افزایش سطح اسانس نفوذپذیری به اکسیژن افزایش معنی‌داری نشان نمی‌دهد که تصاویر حاصل از SEM گواه این نتایج بود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان بابت حمایت مالی انجام این پایان‌نامه، که مقاله حاضر بخشی از نتایج آن می‌باشد، تقدیر و قدردانی می‌گردد.

مقاومت کششی و درصد کشش‌پذیری فیلم شده و همچنین نفوذپذیری به بخار آب در فیلم حاوی مقادیر زیاد اسانس، افزایش یافته است.

نتیجه‌گیری

افزودن اسانس حاصل از صمغ بنه در ۳ سطح به فیلم نشاسته‌ای به‌طور معنی‌داری بر ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی، نفوذپذیری فیلم تأثیر گذاشت. افزودن اسانس باعث افزایش ضخامت، کاهش حلالیت فیلم در آب و کاهش مقاومت به کشش شد ولی تأثیر معنی‌داری بر کشش‌پذیری نداشت. همچنین افزودن اسانس باعث تأثیر قابل توجهی بر رنگ فیلم شد به‌طوری‌که شاخص‌های L و a کاهش و b افزایش یافته و همچنین ΔE کاهش یافت و رنگ فیلم متمایل

منابع

- 1- Acosta, S., Jiménez, A., Chiralt, A., Martinez, A.G., & Chafer, A. 2013. Mechanical, barrier and microstructural properties of films based on cassava starch gelatin blends: effect of aging and lipid addition. In Inside Food Symposium, Leuven, Belgium.
- 2- Ahmad, M., Benjakul, S., Prodpran, T., & Agustini, T.W. 2012. Physico-mechanical and antimicrobial properties of gelatin film from the skin of unicorn leatherjacket Incorporated with essential oils. Food Hydrocolloids, 28(1):189-199.
- 3- Anker, M., Berntsen, J., Hermansson, A.M., & Stading, M. 2001. Improved water vapor barrier of whey protein film, by addition of an acetylated monoglyceride. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 3(1):81-92.
- 4- AOCS Cd-8-53. 1989. Peroxide Value (acetic acid-chloroform) Official method Cd: 8-53. AOCS, Champaign, IL.
- 5- Arfat, Y.A., Benjakul, S., Prodpran, T., Sumpavapol, P., & Songtipya, P. 2014. Properties and antimicrobial activity of fish protein isolate/fish skin gelatin film containing basil leaf essential oil and zinc oxide nanoparticles. Food Hydrocolloids, 41:265-273.
- 6- ASTM D882. 2001. Annual Book of ASTM, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA.
- 7- ASTM E96-95. 1995. Annual Book of ASTM, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA.
- 8- Atarés, L., De Jess, C., Talens, P., & Chiralt, A. 2010. Characterization of SPI-based edible films incorporated with cinnamon or ginger essential oils. Journal of Food Engineering, 99(3):384-391.
- 9- Avenainen, R. 2003. Packaging-flavour interactions. In R. Avenainen (Ed.), Novel food Packaging Techniques (P. 144-171). Boca Raton, FL: Woodhead Publishing Limited.
- 10- Barzegar, H., Azizi, M.H., Barzegar, M., & Hamidi-Esfahani, Z. 2014. Effect of potassium sorbate on antimicrobial and physical properties of starch-clay nanocomposite films. Carbohydrate polymers, 110(22):26-31.
- 11- Benavides, S., Villalobos-Carvajal, R., & Reyes, J.E. 2012. Physical, mechanical and antibacterial properties of alginate film: Effect of the crosslinking degree and oregano essential oil concentration. Journal of Food Engineering, 110(2):232-239.

- 12-Bertan, L.C., Fakhouri, F.M., Siani, A.C., & Grosso, C.R.F. 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, 229(1):143-149.
- 13-Bonilla, J., Atares, I., Vargas, M., & Chiralt, A. 2012. Effect of essential oils and homogenization conditions on properties of chitosan based films. Food Hydrocolloids, 26(1):9-16.
- 14-Bourtoom, T., & Chinnan, M.S. 2009. Improvement of water barrier property of rice starch-chitosan composite film incorporated with lipids. Food Science and Technology International, 15(2):149-158.
- 15-British Pharmacopoeia. 1988, London: HMSO, London, P. 2, A137-138.
- 16-Coles, R., & McDowell, D. 2003. Food Packaging Technology. Blackwell Publishing Ltd, UK, 346p.
- 17-Falguera, V., Quintero, J.P., Jimenez, A., Munoz, J.A., & Ibarz, A. 2011. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. Trends in Food Science and Technology, 22(6): 292-303.
- 18-Farhoosh, R., Tavassoli-Kafrani, M.H., & Sharif, A. 2013. Assaying Antioxidant Characteristics of Sesame Seed, Rice Bran, and Bene Hull Oils and their Unsaponifiable Matters by Using DPPH Radical-Scavenging Model System. Journal of Agricultural Science and Technology. 15(2):241-253.
- 19-Ghasemlou, M., Khodaiyan, F., & Oromiehie, A. 2011. Rheological and structural characterization of film-forming solutions and biodegradable edible film made from kefir as affected by various plasticizer types. International journal of biological macromolecules, 49(4):814-821.
- 20-Ghasemlou, M., Aliheidari, N., Fahmi, R., Shojae-Aliabadi, S., Keshavarz, B., Cran, M.J., & Khaksar, R. 2013. Physical, mechanical and barrier properties of corn starch films incorporated with plant essential oils. Carbohydrate Polymers. 98(1):1117-1126.
- 21-Hosseini, M.H., Razavi, S.H., & Mousavi, M.A. 2009. Antimicrobial, physical and mechanical properties of chitosan-based films incorporated with thyme, clove and cinnamon essential oils. Journal of Food Processing and Preservation, 33(6):727-743.
- 22-Hosseini, S.F., Rezaei, M., Zandi, M., & Ghavi, F.F. 2013. Preparation and functional properties of fish gelatin-chitosan blend edible films. Food Chemistry, 136(3-4):1490-1495.
- 23-Hosseini, S.F., Rezaei, M., Zandi, M., & Farahmandghavi, F. 2015. Bio-based composite edible films containing *Origanumvulgare* L. essential oil. Industrial Crops and Products, 67:403-413.
- 24-Janjarasskul, T., & Krochta, J.M. 2010. Edible Packaging Materials. Annual Review of Food Science and Technology, 1:415-448.
- 25-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(3):585-593.
- 26-Jiménez, A., Fabra, M. J., Talens, P. & Chiralt, A. 2012. Edible and biodegradable starch films: a review. Food and Bioprocess Technology, 5(6):2058-2076.
- 27-Jiménez, A., Fabra, M.J., Talens, P., & Chiralt, A. 2013. Phase transitions in starch based film containing fatty acids. Effect on water sorption and mechanical behaviour. Food Hydrocolloids, 30(1):408-418.
- 28-Kavoosi, G., Dadfar, S.M.M., & Mohammadi Purfard, A. 2013. Mechanical, physical, antioxidant, and antimicrobial properties of gelatin films incorporated with Thymol for potential use as nano wound dressing. Journal of Food Science, 78(2):E244-250.
- 29-Kjellgren, H. 2005. Barrier properties of greaseproof paper. Licentiatethesis Karlstad University. P.5-12
- 30-Lacroix, M. 2009. Mechanical and permeability properties of edible films and coatings for food and pharmaceutical applications. In: Milda, E.E., Kerry, C.H. (Eds.), Edible Films and Coatings for Food Applications. Springer Science BusinessMedia, New York. pp.347-366.

- 31-Maizura, M., Fazilah, A., Norziah, M.H., & Karim, A.A. 2007. Antibacterial activity and mechanical properties of partially hydrolyzed sago starch–alginate edible film containing lemongrass oil. *Journal of Food Science*, 72(6):C324-330.
- 32-Manso, S., Becerril, R., Nerín, C., & Gómez-Lus, R. 2015. Influence of pH and temperature variations on vapor phase action of an antifungal food packaging against five mold strains. *Food Control*, 47:20-26.
- 33-McHugh, T.H., Avena-Bustillos, R., & Krochta, J.M. 1993. Hydrophilic edible films: modified procedure for water vapor permeability and explanation of thickness effects. *Journal of Food Science*, 58(4):899-903.
- 34-Ojagh, S.M., Rezaei, M., Razavi, S.H. & Hosseini, S.M.H. 2010. Development and evaluation of a novel biodegradable film made from chitosan cinnamon essential oil with low affinity toward water. *Food Chemistry*, 122(1):161-166.
- 35-Padulosi, S. & Hadj-Hassan, A. 1998. Towards a comprehensive documentation of distribution and use of Pistacia: genetic diversity in central and West Asia, North Africa and Mediterranean Europe. Report of the IPGRI Workshop. 16-26.
- 36-Salarbashi, D., Tajik, S., Ghasemlou, M., Shojaee-Aliabadi, S., Noghabi, M.S., & Khaksar, R. 2013. Characterization of soluble soybean polysaccharide film incorporated essential oil intended for food packaging. *Carbohydrate polymers*, 98(1):1127-1136.
- 37-Sanchez-Gonzalez, L., Gonzalez-Martinez, C., Chiralt, A., & Chafer, M. 2010. Physical and antimicrobial properties of chitosan-tea tree essential oil composite films. *Journal of Food Engineering*, 98(4):443-452.
- 38-Sánchez-González, L., Quintero Saavedra, J.I., & Chiralt, A. 2013. Physical properties and antilisterial activity of bioactive edible films containing *Lactobacillus plantarum*. *Food Hydrocolloids*, 33(1):92-98.
- 39-Shen, X.L., Wu, J.M., Chen, Y., & Zhao, G. 2010. Antimicrobial and physical properties of sweet potato starch films incorporated with potassium sorbate or chitosan. *Food Hydrocolloids*, 24(4):285-290.
- 40-Shojaee-Aliabadi, S., Hosseini, H., Mohammadifar, M.A., Mohammadi, A., Ghasemlou, M., Ojagh, S.M., Hosseini, S.M., & Khaksar, R. 2013. Characterization of antioxidant-antimicrobial K-carrageenan films containing *Satureja hortensis* essential oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, 52(1):116-124.
- 41-Shojaee-Aliabadi, S., Mohammadifar, M.A., Hosseini, H., Mohammadi, A., Ghasemlou, M., Hosseini, S.M., & Khaksar, R. 2014. Characterization of nanobiocomposite kappa-carrageenan film with *Zataria multiflora* essential oil and nanoclay. *International Journal of Biological Macromolecules*, 69:282-289.
- 42-Souza, A.C., Goto, G.E.O., Mainardi, J.A., Coelho, A.C.V., & Tadini, C.C. 2013. Cassava starch composite films incorporated with cinnamon essential oil: Antimicrobial activity, microstructure, mechanical and barrier properties. *LWT-Food Science and Technology*, 54(2):346-352.
- 43-Souza, A.C., Dias, A.M., Sousa, H.C., & Tadini, C.C. 2014. Impregnation of cinnamaldehyde into cassava starch biocomposite films using supercritical fluid technology for the development of food active packaging. *Carbohydrate polymers*, 102:830-837.
- 44-Tohidi, M., Khayami, M., Nejati, V., & Meftahizade, H. 2011. Evaluation of antibacterial activity and wound healing of *Pistacia atlantica* and *Pistacia khinjuk*. *Journal of Medicinal Plant Research*, 5(17):4310-4314.
- 45-Zahedi, Y., Ghanbarzadeh, B.A.B.A.K., & Sedaghat, N. 2010. Physical properties of edible emulsified films based on pistachio globulin protein and fatty acids. *Journal of Food Engineering*, 100(1):102-108.

Production and Evaluation of Properties of Edible Starch Film Containing Bene (*Pistacia atlantica*) Gum Essential Oil

Marzieh Panahi¹, Hassan Barzegar^{2*}, Mohammad Hojjati³

1- MSc. Student, Department of Food Science and Technology, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Iran

2- Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Iran

3- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Iran

* Corresponding author (hbarzegar@ramin.ac.ir)

Abstract

Pistacia atlantica is the dominant species of Pistachio in Iran. Mastic Gum is a resinous gum, which is called Saghegh in Iran. Firstly, the essential oil (EO) of *Pistacia atlantica* gum was extracted by hydrodistillation method, then the starch film containing *Pistacia atlantica* essential oil at 0, 0.5, 1 and 2% (V/V) were prepared applying casting method and their physicochemical, mechanical, permeability properties were evaluated. The results showed that the incorporation of EO caused a significant increase ($P < 0.05$) in thickness of films and also caused a significant decrease in solubility in water and tensile strength (TS) of films, although no significant decrease was observed in elongation at break (E). Color of the films were also significantly affected by essential oil and total color difference (ΔE) significantly decreased. Despite the fact that water vapor permeability (WVP) of films containing EO increased in comparison with the control film, the increase was not significant at different levels of the EO ($P < 0.05$). In the films containing EOs, increasing the concentration of essential oils did not cause a significant effect on oxygen permeability. To study the microstructure of the films, further analysis was provided by the scanning electron microscope (SEM), the results of this test indicate the production of uniform and without crack films and also confirming the results of the permeability tests.

Keywords: Bene gum, Edibel film, Essential oil, Mechanical properties, Starch