



تأثیر غلظت سوربیتول بر خواص فیزیکی و مکانیکی فیلم زیستی موسیلاژ دانه به

مریم داوطلب^۱، محبوبه کشیری^{۲*}

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، موسسه غیرانتفاعی خزر محمود آباد، محمود آباد، ایران.

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>تاریخ های مقاله :</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۳۱</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۲۶</p>	<p>فیلم های زیستی بر پایه موسیلاژ دانه به در حضور سوربیتول (۲۰، ۳۵ و ۵۰ درصد وزنی/وزنی) تولید و خواص فیزیکی و مکانیکی آن ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که با افزایش غلظت سوربیتول، نفوذ پذیری نسبت به بخار آب، مقاومت کششی، حلالیت در آب و درصد رطوبت فیلم ها به طور معنی داری افزایش و آب گریزی سطحی کاهش یافت. هم چنین با افزایش غلظت سوربیتول اندیس روشنائی، قرمزی و زردی فیلم های تولیدی به ترتیب کاهش، افزایش و افزایش یافت. نفوذ پذیری نسبت به بخار آب فیلم ها با افزایش رطوبت نسبی محیط افزایش یافت. مقایسه خصوصیات فیلم موسیلاژ دانه به حاوی ۳۵ درصد گلیسرول (شاهد) با نرم کننده سوربیتول در غلظت مشابه نشان داد که خواص ممانعت کنندگی نسبت به بخار آب و خواص آب دوستی فیلم زیستی تولیدی در حضور نرم کننده سوربیتول بهتر بود. تصاویر میکروسکوپ الکترونی و طیف سنجی مادون قرمز نتایج به دست آمده را مورد تایید قرار داد. بر این اساس استفاده از سوربیتول در پلیمر موسیلاژ دانه به برای تولید فیلم های زیستی با آبدوستی کمتر جهت بسته بندی محصولات غذایی توصیه می گردد.</p>
<p>کلمات کلیدی:</p> <p>فیلم زیستی، موسیلاژ دانه به، سوربیتول، خواص فیزیکی و مکانیکی.</p> <p>DOI: 10.22034/FSCT.19.132.199</p> <p>DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.132.15.8</p> <p>* مسئول مکاتبات:</p> <p>Kashiri@gau.ac.ir</p>	

۱- مقدمه

گسترده به ساختار شیمیایی نرم کننده، وزن مولکولی و گروه‌های فعال وابسته است [۹]. تاثیر نرم کننده‌ها بر ویژگی‌های فیلم حاصل از پلی‌مرهای زیستی جدید مورد توجه محققان می‌باشد. با توجه به این که تاکنون تاثیر نرم کننده سوربیتول بر ویژگی فیلم موسیلاژ دانه به مورد بررسی قرار نگرفته است، هدف اصلی این تحقیق بررسی تاثیر غلظت سوربیتول بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی فیلم موسیلاژ دانه به و مقایسه آن با نرم کننده گلیسرول بود.

بسته بندی محصولات غذایی در حفظ کیفیت آن‌ها می‌تواند نقش موثری ایفا کند. باتوجه به نگرانی‌های موجود در خصوص افزایش سطح کیفیت و سلامت محصول غذایی و کاهش ضایعات حاصل از صنعت بسته بندی، تمایل به استفاده از فیلم‌های زیست تخریب پذیر افزایش یافته است. فیلم‌های زیستی با قرارگیری بر سطح سیستم‌های غذایی می‌تواند ممانعت کننده خوبی در برابر اکسیژن، کربن‌دی‌اکسید، ترکیبات آروماتیک و چربی تلقی گردند [۱]. از طرفی دیگر فیلم‌های زیستی به عنوان حامل مناسب برای ترکیبات مغذی و عوامل تشدید کننده طعم می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند [۲].

۲- مواد و روش‌ها

دانه به مورد استفاده در این تحقیق از بازاری در گیلان ایران خریداری شد. گلیسرول (Sigma-Aldrich, USA) و سوربیتول (Titrachem, Iran) برای تولید فیلم مورد استفاده قرار گرفت.

میوه به (*Cydonia oblonga* Miller) از خانواده *Rosaceae* که درخت آن در آسیای شرقی، آفریقای جنوبی و اروپای مرکزی کشت می‌شود [۲]. ایران پس از ترکیه، چین، ازبکستان و مراکش از کشورهای مهم تولید کننده میوه به محسوب می‌شود (فائو، ۲۰۱۴). موسیلاژ دانه به قابل استخراج تحت شرایط ملایم در آب [۳] کمپلکسی از بخش‌های سلولز با پلی ساکاریدهای قابل هیدرولیز می‌باشد. مهم‌ترین پلی ساکارید محلول در آب موسیلاژ دانه به استیل- (۴-اکسی متیل دی گلوکورونیک) دی-زایلان است [۴]. از ویژگی‌های سلامت بخش موسیلاژ دانه به می‌توان به از نابودی سلول‌های سرطانی [۵]، کمک کننده مشکلات گوارشی [۶]، فعال کننده عوامل رشد و تسریع در التیام پوست [۷] اشاره کرد. اخیراً تحقیقاتی در خصوص کاربرد موسیلاژ دانه به جهت تولید فیلم و پوشش‌های خوراکی انجام شده است [۸، ۹]. در تولید فیلم و پوشش‌های خوراکی از پلی‌مرهای زیستی (پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها و...) همراه با افزودنی‌هایی نظیر نرم کننده استفاده می‌شود [۱۰]. گلیسرول و سوربیتول از جمله نرم‌کننده‌های پلی‌الی متداول در تولید فیلم‌های زیستی بر پایه پلی ساکاریدها می‌باشد [۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶]. در خصوص چگونگی عملکرد نرم کننده‌ها در تولید فیلم می‌توان به کاهش نیروی اصطکاکی بین زنجیره‌های پلی‌مری (نظریه لوبیرکانت)، شکست پیوندهای بین پلی‌مری (نظریه زل) و هم‌چنین افزایش حجم آزاد و فضای بین زنجیره‌ای اشاره کرد [۱۵]. انعطاف پذیری فیلم‌های زیستی به‌طور

۲-۱- استخراج موسیلاژ دانه به

جهت استخراج موسیلاژ دانه به از روش جوکیو همکاران (۲۰۱۴) با اندکی تغییرات استفاده شد [۸]. بر این اساس مقدار معین از دانه وزن و در آب مقطر با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت غوطه ور (نسبت آب به دانه ۱:۲۵) و مرتباً هم زده شد. محلول با صافی فیلتر و عمل استخراج تکرار گردید. ناخالص‌های ماده استخراجی طی سانتریفیوژ (۶۰۰۰ دور در دقیقه) جداسازی و موسیلاژ حاصل در آن با دمای 40 ± 5 درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت خشک گردید.

۲-۲- تولید فیلم زیستی بر پایه موسیلاژ دانه به

محلول یک درصد از موسیلاژ دانه به خشک شده تهیه گردید. سوربیتول به‌عنوان نرم کننده در غلظت ۲۵، ۳۵ و ۵۰ درصد (بر پایه وزن پودر خشک شده موسیلاژ دانه به) اضافه گردید. با توجه به ارزیابی اولیه نویسندگان مبنی بر تاثیر غلظت گلیسرول بر خواص فیزیکی و مکانیکی فیلم‌های زیستی بر پایه موسیلاژ دانه به در این تحقیق این موسیلاژ دانه به حاوی ۳۵ درصد گلیسرول به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. محلول‌های فیلمی حاصل به مدت ۸ دقیقه هم‌زده شدند. در ادامه به مدت ۱۵ دقیقه در سانتریفیوژ (۵۰۰۰ دور در دقیقه) قرار داده شدند. جهت خروج

۲-۳-۴ - نفوذپذیری در برابر بخار آب فیلم‌های زیستی بر پایه موسیلاژ دانه به

نفوذپذیری نسبت به بخار آب با اندازه گیری تغییرات وزنی فیلم‌های زیستی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد طبق روش استاندارد ASTM تعیین شد [۱۹]. در این روش فیلم‌ها بر سطح فنجانک-ها قرار داده و در دسیکاتور حاوی محلول اشباع سدیم کلرید (رطوبت نسبی ۷۵ درصد) و آب (رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد) نگهداری شدند. وزن هر یک از فنجانک‌ها به طور مرتب تا رسیدن به وزن ثابت اندازه گیری شد. سرعت نفوذپذیری به بخار آب (WVTR) فیلم از شیب خط مستقیم تقسیم بر سطح فیلم مطابق معادله ۲ محاسبه شد. برای تعیین مقدار نفوذپذیری سرعت نفوذپذیری بر اختلاف فشار دو سطح فیلم (کیلوپاسکال) تقسیم شد (معادله ۳).

$$WVTR = S/A$$

$$WVP = WVLR/\Delta P \times L_{film}$$

در معادله فوق L متوسط ضخامت فیلم بر حسب میلی‌متر و ΔP اختلاف فشار جزئی است.

۲-۳-۵ - خواص مکانیکی فیلم‌های زیستی بر پایه موسیلاژ دانه به

مقاومت به کشش (TS)، کشیدگی تا نقطه شکست (EB) و مدول یانگ (YM) فیلم توسط دستگاه Instron Universal Model 200, Hiwa Engineering Co.,) Testing (Iran طبق روش استاندارد ASTM انجام شد [۲۰]. هر یک از فیلم‌های بریده شده در ابعاد ۵×۲ سانتی‌متر بین گیره‌های دستگاه قرار داده شدند. سرعت دستگاه ۱۰ میلی‌متر بر دقیقه تنظیم گردید. آزمون‌های مکانیکس در ۸ تکرار انجام شد.

۲-۳-۶ - زاویه تماس فیلم‌های زیستی بر پایه موسیلاژ دانه به

به منظور اندازه گیری زاویه تماس فیلم‌های زیستی از گونیومتر (Thwing-Albert Instrument Co., USA) PG-X استفاده شد. ۵ میکرولیتر آب دیونایزر بر سطح فیلم به ابعاد ۵×۵

حباب‌های هوا محلول‌ها در حمام اولتراسونیک به مدت ۱ ساعت نگهداری و در نهایت در دمای 40 ± 5 درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ ساعت خشک گردیدند [۸].

۲-۳-۳ - ارزیابی خواص فیلم‌های زیستی بر پایه موسیلاژ دانه به

۲-۳-۱ - حلالیت در آب فیلم‌های زیستی بر پایه موسیلاژ دانه به

اندازه گیری حلالیت در آب فیلم مطابق روش بلاگر و همکاران (۲۰۱۳) با اندکی تغییرات انجام شد [۱۷]. نمونه‌های فیلم‌ها در اندازه های ۳×۳ سانتی‌متر در دسیکاتور حاوی فسفریت‌تواکسید تا رسیدن به وزن ثابت خشک و وزن (وزن اولیه فیلم) و در ظروف حاوی ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر غوطه‌ور و دمای اتاق به مدت ۴ ساعت نگهداری شدند. در ادامه پس از خروج قطعات فیلم از محلول‌ها و جذف رطوبت سطحی در دسیکاتور قرار داده شدند (وزن فیلم پس از غوطه‌وری و خشک شدن) و درصد حلالیت در آب فیلم‌های تولیدی با استفاده از معادله ذیل محاسبه شد.

=حلالیت

$$100 \times \frac{\text{وزن فیلم پس از غوطه‌وری و خشک کردن} - \text{وزن اولیه فیلم}}{\text{وزن اولیه فیلم}}$$

۲-۳-۲ - ضخامت فیلم‌های زیستی بر پایه موسیلاژ دانه به

ضخامت فیلم‌ها با میکرومتر دیجیتالی دستی (Mitutoyo, Mizonokuchi, Japan) با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌متر در ۱۲ نقطه از فیلم به‌طور تصادفی اندازه گیری شد.

۲-۳-۳ - جذب رطوبت فیلم‌های زیستی بر پایه موسیلاژ دانه به

فیلم‌های برش داده شده در ابعاد ۳×۳ سانتی‌متر وزن شدند (وزن اولیه). سپس در آون با دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شدند (وزن نهایی). اختلاف وزن نهایی نسبت به وزن اولیه محاسبه و به عنوان درصد جذب رطوبت نمونه گزارش گردید [۱۸].

۳- نتایج و بحث

فیلم زیستی بر پایه موسیلاژ دانه به بدون حضور نرم کننده فاقد ساختار پیوسته و همچنین بسیار شکننده بود. از این رو ارزیابی خواص فیزیکی و مکانیکی آن امکان پذیر نبود.

۳-۱- ارزیابی تاثیر غلظت نرم کننده بر خواص

مکانیکی فیلم‌های تولیدی

مقاومت به کشش (TS)، کشش پذیری (EB) و مدول الاستیک (E) از جمله پارامترهای کاربردی برای توصیف خواص مکانیکی فیلم می‌باشند [۲۱]. نتایج حاصل از خواص مکانیکی فیلم موسیلاژ دانه به در حضور غلظت‌های مختلف سوربیتول در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌طوری که در شکل ۱a مشاهده می‌شود با افزایش سطح سوربیتول از ۲۵ تا ۵۰ درصد (برپایه وزن پودر خشک موسیلاژ) مقاومت به کشش (TS) فیلم از ۱۴/۱۴ به ۲۵/۳۲ مگاپاسکال افزایش یافت که با نتایج سایر محققان مبنی بر تاثیر افزایش غلظت نرم‌کننده بر کاهش مقاومت به کشش مطابقت داشت [۲۲ و ۲۳]. هم‌چنین مقایسه نتایج حاصل از فیلم زیستی حاوی سوربیتول و گلیسرول در غلظت مشابه نشان داد که مقاومت به کشش فیلم در حضور سوربیتول بیش از گلیسرول بود. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج سایر محققان مبنی بر تاثیر گلیسرول و سوربیتول بر ویژگی‌های مکانیکی فیلم زیستی مطابقت داشت [۲۴-۲۶]. همان‌طوری که در شکل ۱ نشان داده شده است با افزایش غلظت سوربیتول میزان کشش‌پذیری فیلم افزایش یافت. هم‌چنین قابل ذکر است که انعطاف‌پذیری (شکل ۱b) و مدول الاستیک فیلم‌های تولیدی (شکل ۱c) در غلظت یکسان سوربیتول و گلیسرول از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند. مدول الاستیک معیاری برای تعیین میزان سختی و سفتی فیلم می‌باشد [۲۵]. همان‌طوری که در شکل ۱c نشان داده شده است با افزایش غلظت سوربیتول، مدول الاستیک افزایش یافت که علت آن را می‌توان به وزن مولکولی بیشتر سوربیتول در مقایسه با گلیسرول نسبت داد.

سانتی‌متر ریخته و تانژانت زاویه قطره آب با سطح فیلم در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید.

۳-۲- ساختار فیلم‌های زیستی بر پایه موسیلاژ دانه به

ساختار فیلم‌های زیستی حاوی ۳۵ درصد نرم‌کننده (سوربیتول و گلیسرول) با استفاده از تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (Eindhoven, Philips) مورد ارزیابی قرار گرفتند. فیلم برش داده شده و پودر طلا در BAL-TEC SCD005 به کمک پاشنده (BAL-TEC AG, Balzers, Liechtenstein) پراکنده و ساختار آن با میکروسکوپ الکترونی روبشی تحت خلاء زیاد در ولتاژ ۲۰ کیلو ولت بررسی شدند.

۳-۲-۸- طیف سنجی مادون قرمز با تبدیل فوریه

فیلم‌های زیستی بر پایه موسیلاژ دانه به

تاثیر غلظت سوربیتول بر ساختار فیلم با استفاده از طیف سنجی مادون قرمز با تبدیل فوریه (FTIR) با استفاده از طیف‌سنج (Ettlingen, Germany) Bruker Equinox 55 FTIR در محدوده $4000-500\text{ cm}^{-1}$ مورد بررسی قرار گرفت.

۳-۲-۹- خواص رنگی فیلم‌های زیستی بر پایه موسیلاژ

دانه به

خواص رنگی فیلم‌های با استفاده از آنالیز پردازش تصویر تعیین شد. به این منظور از دستگاه اسکنر Genius Color Page HR6X Slim استفاده شد. فیلم‌های تولیدی در دستگاه اسکنر قرار داده شده و تصویر با 32 بیت RGB بیتی با وضوح 300 dpi اسکن شد. سپس با استفاده از نرم افزار Image J شاخص‌های رنگی فیلم‌های تولیدی شامل L^* ، a^* و b^* تعیین شدند.

۳-۲-۴- آنالیزهای آماری

آنالیز آماری با استفاده از طرح کاملاً تصادفی با تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) و با استفاده از نرم افزار SAS (Version 9.1) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. جهت مقایسه مقادیر میانگین خواص فیلم‌ها از آزمون‌های چند دامنه‌ای LSD در سطح آماری ۹۵ درصد استفاده شد.

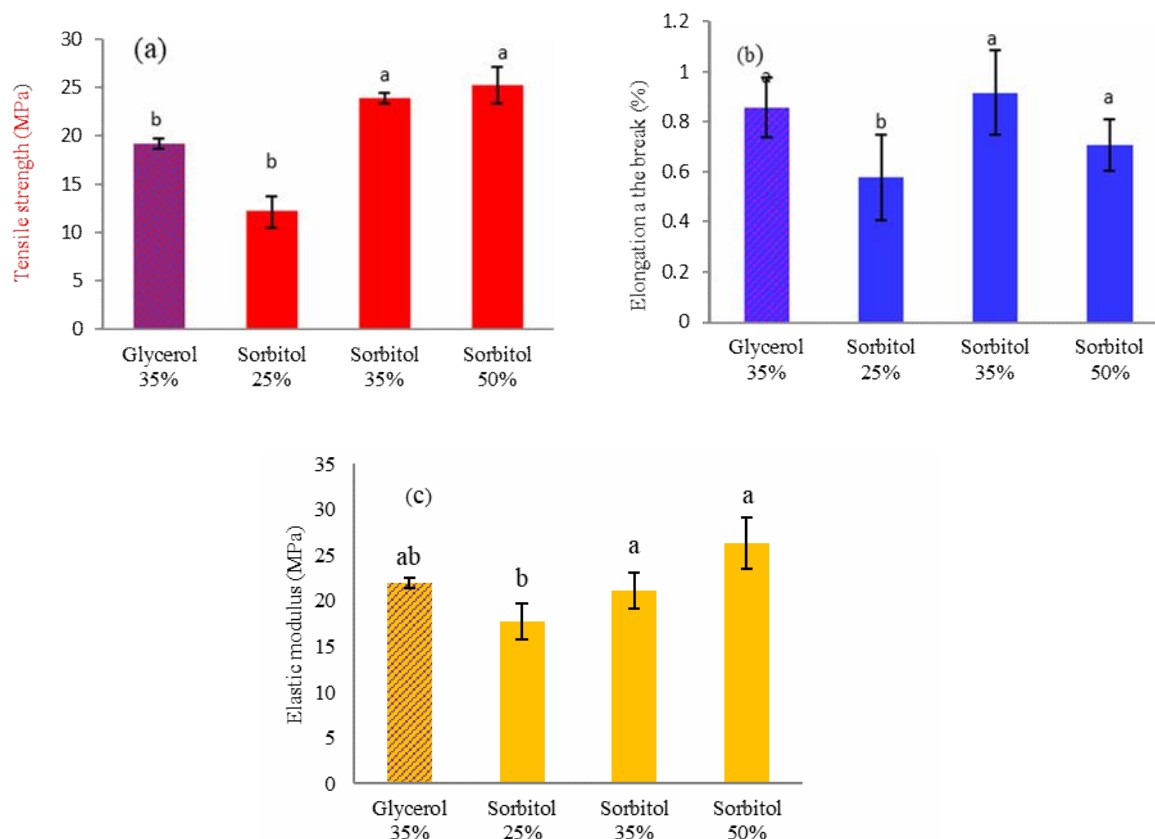


Fig 1 Effect of different concentrations of sorbitol on mechanical properties of quince seeds mucilage films, (a) tensile strength, (b) elongation at the break (c) modulus of Young; standard deviations are indicated by error bars, different letters on error bars represent statistical significances.

می‌گردد [۲۷،۲۸]. از طرفی با افزایش غلظت سوربیتول شاخص زردی فیلم‌های تولیدی افزایش یافت (جدول ۱). نتایج ارزیابی اختلاف رنگ (ΔE) فیلم‌های تولیدی در این تحقیق در جدول ۱ آورده شده است. همان طوری که مشاهده می‌شود، اختلاف رنگ فیلم‌های زیستی در حضور سوربیتول در مقایسه با گلیسرول بیشتر بود. اختلاف رنگ فیلم‌های تولیدی موسیلاژ دانه به مشابه سایر فیلم‌های زیستی نظیر پروتئین سویا [۲۹]، کیتوزان/هیدروکسی پروپیل متیل سلولز [۳۰] و موسیلاژ دانه به [۳۱] بود. لازم به ذکر است اختلاف رنگی فیلم‌های تولیدی بر پایه موسیلاژ دانه به بیش از برخی از فیلم‌های زیستی مانند پروتئین آلبومین [۳۲]، ایزوله پروتئین سویا [۳۳]، آلژینات [۱۸] و آگار [۳۴] بود. شاخص روشنایی موسیلاژ دانه به در حضور گلیسرول در مقایسه با سوربیتول در غلظت مشابه بیشتر بود که می‌تواند ناشی از تاثیر وزن مولکولی گلیسرول بر شفافیت و درخشش فیلم قلمداد گردد.

۲-۳- ارزیابی تاثیر غلظت نرم کننده بر خواص

رنگی

از مهم‌ترین خواص رنگی فیلم می‌توان به شاخص شفافیت (۰ تا ۱۰۰)، شاخص سبز تا قرمز (-۶۰ تا +۶۰) و شاخص آبی تا زردی (-۶۰ تا +۶۰) اشاره کرد. همان طوری که در جدول ۱ نشان داده شده است، شاخص روشنایی بیش از ۸۳ فیلم‌های تولیدی بیانگر شفافیت نسبتاً مطلوب فیلم حاصل از موسیلاژ دانه به داشت. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش غلظت‌های نرم کننده کاهش معناداری بین شاخص روشنایی فیلم موسیلاژ دانه در سطح ۵ درصد مشاهده شد ($P < 0.05$) (جدول ۱) که از این حیث با نتایج سایر محققان مطابقت داشت [۲۳، ۲۶]. بر اساس گزارش محققان حضور نرم کننده‌ها در غلظت بالا منجر به افزایش شاخص روشنی فیلم زیستی بر پایه پلی ساکاریدها

Table 1 Color parameters plasticized films and Contact angle

Type of films	Thickness (mm)	L*	a*	b*	ΔE	Contact angle (degree)
Glycerol 35%	65 ± 3 ^{c*}	93.59 ± 0.98 ^a	0.85 ± 0.12 ^d	8.81 ± 0.46 ^d	7.83 ± 0.31 ^d	46.16 ± 1.02 ^c
Sorbitol 25%	57 ± 4 ^d	91.66 ± 0.85 ^b	1.22 ± 0.28 ^c	11.16 ± 0.25 ^c	10.84 ± 0.31 ^c	53.52 ± 2.69 ^a
Sorbitol 35%	68 ± 3 ^b	89.02 ± 0.70 ^c	1.67 ± 0.37 ^b	14.11 ± 0.32 ^a	14.77 ± 0.27 ^b	49.13 ± 0.12 ^b
Sorbitol 50%	72 ± 2 ^a	83.95 ± 0.25 ^d	1.80 ± 0.45 ^a	12.22 ± 0.85 ^b	16.84 ± 0.55 ^a	45.12 ± 2.85 ^d

*Values for each film are means ± standard deviations. Values with different superscript letters in a given column are significantly different ($p < 0.05$) according to LSD test.

۳-۳-۴- ارزیابی تاثیر غلظت نرم کننده بر حلالیت

در آب فیلم های تولیدی

نتایج ارزیابی حلالیت در آب فیلم های تولیدی در شکل ۳ نشان داده شد. همان طوری که مشاهده می شود، حلالیت در آب فیلم موسیلاژ دانه به حاوی ۲۵ درصد سوربیتول (0.75 ± 0.18 درصد) در مقایسه با ۳۵ درصد (0.29 ± 0.37) و ۵۰ درصد سوربیتول (0.75 ± 0.18 درصد) کم تر بود. بر اساس نتایج به دست آمده فیلم زیستی حاوی ۳۵ درصد سوربیتول به عنوان یک هگزا الکل غیرفرار در مقایسه با فیلم حاوی گلیسرول در غلظت مشابه از حلالیت در آب کمتری برخوردار بود که از این حیث با نتایج فخوری و همکاران (۲۰۱۲) مبنی بر کاهش حلالیت در آب فیلم حاوی سوربیتول نسبت به گلیسرول مطابقت داشت [۳۷]. این ویژگی ها سبب شده است تا سوربیتول یک نرم کننده مناسب با هدف تولید فیلم های مقاومت تر در برابر آب در نظر گرفته شود. مقایسه نتایج حلالیت فیلم های موسیلاژ دانه به در تحقیق حاضر با سایر هیدروکلوئیدها به عنوان جایگزین پلی مرهای مصنوعی حاکی از مقاومت در برابر آب بیشتر فیلم موسیلاژ دانه نسبت به فیلم های بر پایه ژلاتین با درصد حلالیت ۶۳/۸۱ [۳۶] و آلژینات با درصد حلالیت ۹۹/۵ [۱۸] بود.

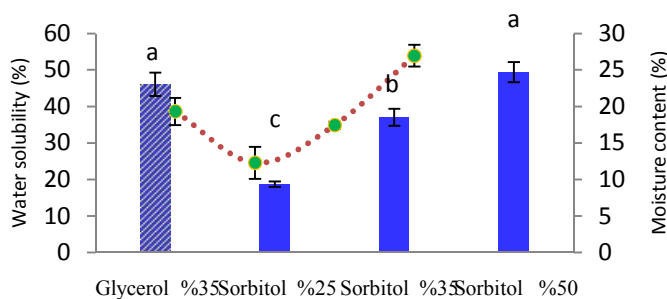


Fig 3 Effect of different concentrations of sorbitol on water solubility and moisture content of quince seeds mucilage films

۳-۳-۳- ارزیابی تاثیر غلظت نرم کننده بر زاویه

تماس فیلم های تولیدی

آب گریزی فیلم های زیستی با تعیین زاویه تماس قابل ارزیابی می باشند. زاویه تماس فیلم های می تواند از صفر درجه (پخش شدگی کامل قطره آب بر سطح فیلم) تا ۱۸۰ درجه (جذب اندک رطوبت در سطح فیلم) متغیر باشند. نتایج حاصل از ارزیابی زاویه تماس فیلم تولیدی در حضور غلظت های مختلف نرم کننده در جدول ۱ نشان داده شده است. همان طوری که مشاهده می شود، با افزایش غلظت سوربیتول زاویه تماس فیلم از ۵۳/۵۲ به ۴۵/۱۲ درجه کاهش یافت. همچنین در غلظت ۳۵ درصد نرم کننده گلیسرول زاویه تماس آب کمتری در مقایسه با سوربیتول داشت (جدول ۱) که علت این پدیده را می توان به آب دوستی بیشتر گلیسرول در مقایسه با سوربیتول نسبت داد. نتایج زاویه تماس حاصل از فیلم موسیلاژ دانه در حضور گلیسرول به در این تحقیق با گزارش جوکی و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت داشت [۳۵].



Fig 2 Quince seed mucilage films with 35% sorbitol as a plasticizer

۳-۵- ارزیابی تاثیر غلظت نرم کننده بر رطوبت

فیلم‌های تولیدی

با افزایش غلظت نرم کننده سوربیتول درصد رطوبت فیلم موسیلاژ دانه به به طور معناداری افزایش یافت ($P < 0.05$) (شکل ۳). بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق درصد رطوبت فیلم در حضور ۳۵ درصد گلیسرول در مقایسه با غلظت مشابه از سوربیتول بیشتر بود. که دلیل این امر را می‌توان به خاصیت هیگروسکوپی و آب‌دوستی بیشتر گلیسرول نسبت داد [۲۳، ۳۸، ۳۹، ۴۰، ۴۱].

۳-۶- ارزیابی تاثیر غلظت نرم کننده بر

نفوذپذیری نسبت به بخار آب فیلم‌های تولیدی

نفوذپذیری نسبت به بخار آب بسته بندی‌های زیستی می‌تواند سرعت قهوه‌ای شدن، اکسیداسیون لیپید، تغییر ساختار ویتامین، فعالیت آنزیمی، رشد میکروبی و تخریب بافت را تحت تاثیر قرار دهد. نفوذپذیری نسبت به بخار آب پارامتری مهم که وابسته به حلالیت، سرعت نفوذ رطوبت به بستر فیلم و فشار جزئی بخار آب است [۴۲]. نتایج ارزیابی تاثیر نرم کننده بر نفوذپذیری به بخار آب فیلم در حضور رطوبت نسبی ۵۰ و ۷۰ درصد در شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌طوری که می‌شود با افزایش غلظت سوربیتول در محلول فیلمی، نفوذپذیری نسبت به بخار آب فیلم‌های تولیدی به‌طور معناداری در رطوبت‌های نسبی مورد بررسی افزایش یافت ($P < 0.05$) که از این حیث با نتایج سایر محققان مبنی بر افزایش نفوذپذیری نسبت به بخار آب فیلم هیدروکلئیدی با افزایش غلظت سوربیتول مطابقت [۱۱، ۱۳، ۲۳، ۴۱، ۴۳، ۴۴]. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق با افزایش رطوبت از ۵۰ به ۷۰ درصد نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌های حاوی گلیسرول از $10^{-11} \times 36$ تا $10^{-11} \times 54/9$ گرم‌متر بر مترمربع. پاسکال ثانیه افزایش نشان داد که مشابه روند تغییرات نفوذپذیری نسبت به بخار آب فیلم‌های حاوی سوربیتول بود (شکل ۴). این نتایج بیانگر حساسیت فیلم موسیلاژ دانه به تغییرات رطوبت نسبی محیطی بود بر این اساس به‌طور احتمال در رطوبت نسبی بالاتر تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین فیلم و پلی‌ال با جذب آب نسبت پیوندهای پلی‌ساکارید-آب و پلی‌ال-آب افزایش و در نتیجه پخش آب در بستر فیلم و در نهایت درصد رطوبت افزایش یافت. قابل ذکر است که افزایش

نفوذپذیری نسبت به بخار آب در اغلب فیلم خوراکی مطلوب تلقی نمی‌گردد [۴۵].

نفوذپذیری نسبت به بخار آب فیلم‌های حاوی گلیسرول و سوربیتول در غلظت ۳۵ درصد در رطوبت نسبی ۵۰ درصد به‌ترتیب ۳۶/۰۱ و ۲۴/۷ گرم‌متر بر مترمربع پاسکال ثانیه بود (شکل ۴) که می‌توان بیان داشت که گلیسرول به‌عنوان ترکیب آب دوست و کوچک می‌تواند بین زنجیرهای پلی‌مر وارد و با کاهش نیروی بین مولکولی و حرکت مولکولی بین بستر پلی‌مر افزایش دهد که این افزایش تحرک بالطبع منجر به افزایش حجم آزاد و حرکات جزئی و تسریع مهاجرت مولکول‌های بخار آب گردد. نتایج به دست آمده از این تحقیق با نتایج سایر محققان مبنی بر اثر ممانعت‌کنندگی مطلوب سوربیتول در مقایسه با گلیسرول در فیلم زیستی مطابقت داشت [۳۷، ۱۳ و ۲۳].

۳-۷- ارزیابی ساختار فیلم تولیدی با استفاده از

میکروسکوپی الکترونی روبشی (SEM)

تصاویر میکروسکوپ الکترونی می‌تواند بیانگر بهتر ارتباط بین انتقال بخار آب، خواص مکانیکی و ساختاری فیلم باشد. تصاویر مقطع عرضی فیلم موسیلاژ دانه به در حضور سوربیتول و گلیسرول در غلظت مشابه در شکل ۵ نشان داده شده است. همان‌طوری که مشاهده می‌شود ساختار فیلم در حضور گلیسرول یکنواخت و همراه با منافذ و ترک (شکل ۵a، ۵b) مشهودتر در مقایسه با سوربیتول (شکل ۵a، ۵b) برخوردار بود. همچنین سطح فیلم حاوی سوربیتول بسیار غیریکنواخت بوده که به‌طور احتمال می‌تواند به کریستالیزاسیون سوربیتول طی خشک کردن مرتبط باشد. از طرفی وزن مولکولی و پیوندهای هیدروژنی-هیدروکسیلی بیشتر سوربیتول نسبت به گلیسرول می‌تواند منجر به محدود شدن انتشار این نرم کننده در بستر فیلم و تجمع در سطح گردد. قابل ذکر است که این تجمع سطحی می‌تواند تاییدی بر کاهش نفوذپذیری به بخار آب و انحلال پذیری در آب و نیز افزایش مقاومت به کشش فیلم باشد [۴۶]. از سوی دیگر، این تصاویر گویای آن است که سازش‌پذیری گلیسرول با فیلم موسیلاژ دانه به حتی در بزرگ‌نمایی بیشتر (شکل ۵b، ۵d)، هیچ‌گونه جداسازی فازی قابل مشاهده نبود اما ترک‌هایی در حضور نرم‌کننده گلیسرول نمایان شد که می‌تواند دلیلی بر افزایش نفوذپذیری به بخار آب و کاهش مقاومت به کشش آن باشد [۴۷].

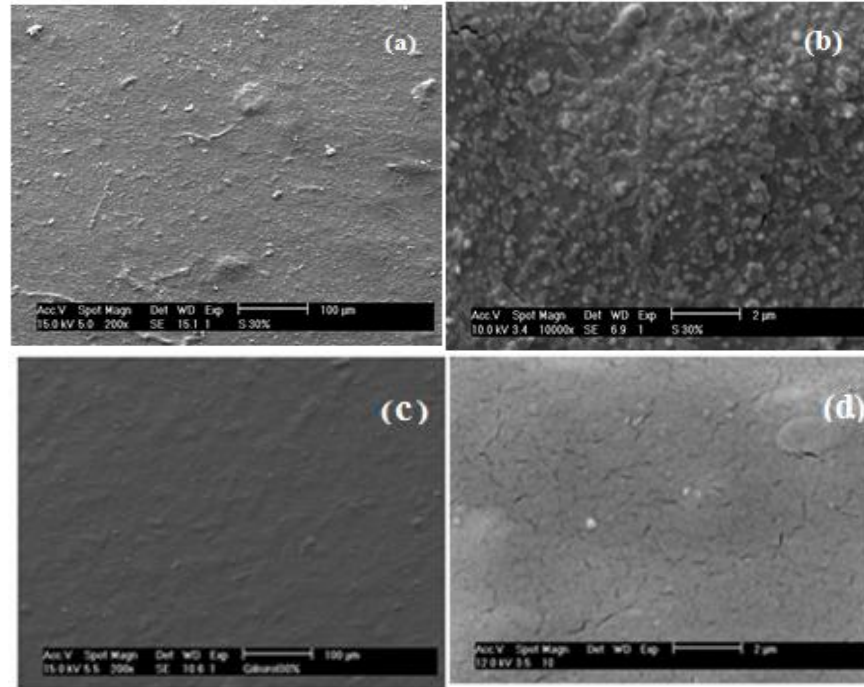


Fig 4 SEM micrographs of cross section for quince seed mucilage films containing 35% sorbitol (a, b) and glycerol (c, d)

داد که ناشی از کشش ارتعاشی متقارن CH_2 بوده که می‌تواند نشان‌دهنده پیوند سوربیتول با بستر فیلم تلقی گردد. همچنین تفاوت‌های جزئی در پیوند و شدت پیوند در فیلم موسیلاژ دانه به در پیک جذب $1200 - 800 \text{ cm}^{-1}$ FTIR قابل مشاهده است.

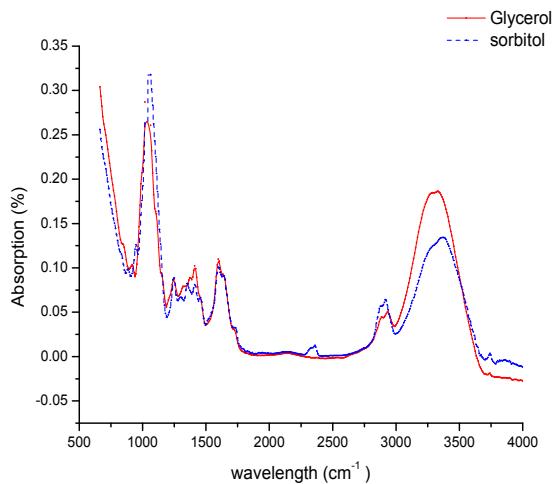


Fig 5 FTIR spectra of quince seed plasticized with addition of glycerol and sorbitol at the concentration of 35%

۳-۸- ارزیابی ساختار فیلم تولیدی با استفاده از

طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه

طیف سنجی مادون قرمز گروه‌های عملکردی و تغییرات ساختار فیلم در سطح مولکولی از طریق تجزیه و تحلیل طیفی دقیق نشان می‌دهد. طیف سنجی مادون قرمز فیلم موسیلاژ دانه به در حضور گلیسرول و سوربیتول (غلظت ۳۵ درصد) در شکل ۶ نشان داده شده است. بیشترین جذب در دامنه عدد موجی $800 - 1200 \text{ cm}^{-1}$ به عنوان اثر انگشت کربوهیدرات، $1618/17 \text{ cm}^{-1}$ برای کشش نامتقارن COO ، $2924/85 \text{ cm}^{-1}$ و $2359/74 \text{ cm}^{-1}$ برای پیوند ارتعاشی متقارن CH_2 و کشش ارتعاشی CH و همچنین $3435/17 \text{ cm}^{-1}$ برای گروه هیدروکسیل مشاهده شده است [۸]. فیلم موسیلاژ دانه به در حضور گلیسرول ارتعاشاتی در دامنه عدد موجی 3100 تا 3600 cm^{-1} نشان داد که احتمالاً می‌تواند ناشی از تعامل بیشتر گلیسرول از طریق گروه O-H بین زنجیره‌های کربوهیدراتی فیلم نسبت به سوربیتول باشد. بر این اساس حلالیت کمتر فیلم در حضور سوربیتول در مقایسه با گلیسرول قابل توجیه خواهد بود. فیلم موسیلاژ دانه به در حضور سوربیتول، شدت جذب بیشتری در عدد موجی 2869 cm^{-1} نشان

- [6] Sarić-Kundalić, B., Dobeš, C., Klatte-Asselmeyer, V., Saukel, J. (2011) Ethnobotanical survey of traditionally used plants in human therapy of east, north and north-east Bosnia and Herzegovina. *Journal of Ethnopharmacol*, 133(3):1051-1076.
- [7] Hemmati, A.A., Kalantari, H., Jalali, A., Rezai, S., Zadeh, H.H. (2012) Healing effect of quince seed mucilage on T-2 toxin-induced dermal toxicity in rabbit. *Experimental and Toxicologic Pathology*, 64(3):181-186
- [8] Jouki, M., Mortazavi, S.A., Yazdi, F.T., Koocheki, A. (2014) Optimization of extraction, antioxidant activity and functional properties of quince seed mucilage by RSM. *International Journal of Biological Macromolecules*, 66: 113-124.
- [9] Vieira, M.G.A., da Silva, M.A., dos Santos, L.O., Beppu, M.M. (2011) Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review *European Polymer Journal*, 47: 254-263
- [10] García, M.A., Martino, M.N and Zaritzky, N.E. (2000). Lipid Addition to Improve Barrier Properties of Edible Starch-based Films and Coatings. *Journal of food science*, 65(6): 941-944.
- [11] Arvanitoyannis, I., Psomiadou, E., Nakayama, A., Aiba, S. and Yamamoto, N. 1997. Edible films made from gelatin, soluble starch and polyols,. *Food Chemistry*, 60:593-604.
- [12] Bergo, P.V.A., Carvalho, R.A., Sobral, P.J.A., Dos Santos, R.M.C., Da Silva, F.B.R., Prison, J. M., Habitante. and A.M.Q. B. 2008. Physical properties of edible films based on cassava starch as affected by the plasticizer concentration. *Packaging Technology and Science*, 21(2): 85-89.
- [13] Müller CMO, Yamashita F. and Laurindo JB. 2008. Evaluation of the effects of glycerol and sorbitol concentration and water activity on the water barrier properties of cassava starch films through a solubility approach. *Carbohydrate Polymers*, 72(1):82-87.
- [14] Silva MAD, Bierhalz ACK. and Kieckbusch TG. 2009. Alginate and pectin composite films crosslinked with Ca_2^+ ions: Effect of the plasticizer concentration. *Carbohydrate Polymers*, 77: 736-742
- [15] Suyatma, N.E., Tighzert, L., Copinet, A. and Coma, V. 2005. Effects of hydrophilic plasticizers on

۴- نتیجه گیری

خواص فیلم زیستی موسیلاژ دانه به تحت تاثیر غلظت‌های مختلف سوربیتول قرار داشت و کارایی سوربیتول به‌عنوان نرم‌کننده در تولید فیلم موسیلاژ دانه به نسبت به گلیسرول در غلظت مشابه با توجه به کاهش WVP، درصد رطوبت، حلالیت در آب، درصد آب‌گریزی سطحی بیشتر بود. علاوه بر این به افزایش شگفت‌انگیزی مقاومت به کشش فیلم بدون تاثیر معناداری بر ویژگی کشش پذیری گردید. نتایج تصاویر میکروسکوپ الکترونی نشان داد که افزایش سختی فیلم در حضور سوربیتول دلیلی بر کاهش حلالیت و نفوذپذیری به بخار آب فیلم موسیلاژ دانه به بود. استفاده از فی موسیلاژ دانه به حاوی سوربیتول به عنوان عامل تشکیل دهنده فیلم و نیز به صورت پوشش خوراکی در بادام زمینی به عنوان محافظت‌کننده از کسایش چربی‌ها مورد بررسی که در آینده نزدیک انتشار خواهد یافت.

۵- منابع

- [1] Lacroix, M., Cooksey, K. (2005). Edible films and coatings from animal-origin proteins. *Innovations in food packaging*,:301-317.
- [2] BeMiller, J.N, Whistler, R., Barkalow, D.G., Chen, C.C. (1993). Aloe, chia, flaxseed, okra, psyllium seed, quince seed, and tamarind gums. *In Industrial Gums (Third Edition)*, 227-256.
- [3] Forgacs, K., Jodal, I., Kandra, L., Wagner, H., Nanasi, P. (1998) Water-soluble polysaccharides in the seeds of the quince tree (*Cydonia oblonga*). *ACH, models in chemistry*, 135(6): 953-959.
- [4] Lindberg, B., Mosihuzzaman, M., Nahar, N., Abeysekera, R.M., Brown, R.G., Willison, J.H.M. (1990) An unusual (4-O-methyl-d-glucurono)-d-xylan isolated from the mucilage of seeds of the quince tree (*Cydonia oblonga*). *Carbohydrate Research*, 207(2): 307-310.
- [5] Carvalho, Mr., Silva, BM., Silva, R., Valentão, Pc., Andrade, P.B., Bastos, M.L. (2010) First report on *Cydonia oblonga* Miller anticancer potential: differential antiproliferative effect against human kidney and colon cancer cells. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(6): 3366-3370

- and tensile property evaluation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42: 841-845.
- [26] Qiao, X., Tang, Z. and Sun, K. 2011. Plasticization of corn starch by polyol mixtures. *Carbohydrate Polymers* 83(2): 659-664.
- [27] Bourtoom, T. 2008 Plasticizer effect on the properties of biodegradable blend film from rice starch-chitosan Sonklanakarim. *Journal of Science and Technology*, 30:149.
- [28] Ghasemlou, M., Khodaiyan, F., Oromiehie, A. and Yarmand, M. S. 2011 Characterization of edible emulsified films with low affinity to water based on kefir and oleic acid. *International Journal of Biological Macromolecules*, 49 (3): 378-384.
- [29] Kunte, L., Gennadios, A., Cuppett, S., Hanna, M. and Weller, C.L. 1997. Cast films from soy protein isolates and fractions. *Cereal Chemistry*, 74(2): 115-118.
- [30] Rotta, J., Ozório, R.Á., Kehrwald, A.M., de Oliveira Barra, G.M., Amboni, R.D.d.M.C. and Barreto, P.L.M. 2009. Parameters of color, transparency, water solubility, wettability and surface free energy of chitosan/hydroxypropylmethylcellulose (HPMC) films plasticized with sorbitol. *Materials Science and Engineering*, 29 (2): 619-623.
- [31] Jouki, M., Yazdi, F.T., Mortazavi, S.A. and Koocheki, A. 2014. Quince seed mucilage films incorporated with oregano essential oil: Physical, thermal, barrier, antioxidant and antibacterial properties. *Food Hydrocolloids* 36: 9-19.
- [32] Gennadios, A., Weller, C., Hanna, M and Froning, G. 1996. Mechanical and barrier properties of egg albumen films. *Journal of Food Science*, 61:585-589.
- [33] Monedero, FM., Fabra, MJ., Talens, P. and Chiralt, A. 2009. Effect of oleic acid-beeswax mixtures on mechanical, optical and water barrier properties of soy protein isolate based films. *Journal of Food Engineering*, 91: 509-515.
- [34] Atef, M., Rezaei. M. and Behrooz, R. 2014. Characterization of physical, mechanical, and antibacterial properties of agar-cellulose bionanocomposite films incorporated with savory essential oil *Food Hydrocolloids*, 45: 150-157.
- mechanical, thermal, and surface properties of chitosan films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10): 3950-3957.
- [16] Talja, R.A., Helén, H., Roos, Y.H. and Jouppila, K. 2007. Effect of various polyols and polyol contents on physical and mechanical properties of potato starch-based films. *Carbohydrate polymers*, 67(3): 288-295.
- [17] Balaguer, M.P, Fajardo, P., Gartner, H., Gomez-Estaca, J., Gavara, R., Almenar, E. and Hernandez-Munoz, P., 2014. Functional properties and antifungal activity of films based on gliadins containing cinnamaldehyde and natamycin. *International Journal of Food Microbiology*, 173:62-71.
- [18] Abdollahi, M., Alboofetileh, M., Behrooz, R., Rezaei M. and Miraki, R. 2013. Reducing water sensitivity of alginate bionanocomposite film using cellulose nanoparticles. *International Journal of Biological Macromolecules*, 54:166-173.
- [19] ASTM, 2010. Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials (E 96-95) Philadelphia, PA.
- [20] ASTM, 2009. Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting D882-02. Philadelphia, PA.
- [21] Ninnemann, K., 1968. Measurement of physical properties of flexible films The science and technology of polymer films, 1:546-650
- [22] Jouki, M., Tabatabaei Yazdi, F., Mortazavi, S.A. and Koocheki, A. 2013. Physical, barrier and antioxidant properties of a novel plasticized edible film from quince seed mucilage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 62: 500-507.
- [23] Razavi, S.M.A., Mohammad Amini, A. and Zahedi, Y. 2015. Characterisation of a new biodegradable edible film based on sage seed gum: Influence of plasticiser type and concentration. *Food Hydrocolloids*, 43:290-298.
- [24] Isotton, F., Bernardo, G., Baldasso, C., Rosa, L. and Zeni, M. 2015. The plasticizer effect on preparation and properties of etherified corn starches films. *Industrial Crops and Products*, 76: 717-724.
- [25] McHugh, T.H. and Krochta, J.M. 1994. Sorbitol-vs glycerol-plasticized whey protein edible films: integrated oxygen permeability

- of binary polyol mixtures on physical and mechanical properties of starch-based edible films, *Carbohydrate Polymers* 71:269-276.
- [42] Kester, J. J. and Fennema, O. R. 1986. Edible films and coatings: a review. *Food technology (USA)*.
- [43] Arvanitoyannis, I., Nakayama A. and Aiba, S-i. 1998. Edible films made from hydroxypropyl starch and gelatin and plasticized by polyols and water. *Carbohydrate Polymers*, 36:105-119.
- [44] Talja, R.A., Helén, H., Roos, Y.H. and Jouppila, K. 2007 Effect of various polyols and polyol contents on physical and mechanical properties of potato starch-based films. *Carbohydrate polymers*, 67(3): 288-295.
- [45] Bangyekan, C., Aht-Ong, D. and Srikulkit, K. 2006. Preparation and properties evaluation of chitosan-coated cassava starch films. *Carbohydrate Polymers*, 63(1): 61-71.
- [46] Wakai, M. and Almenar, E. 2015. Effect of the presence of montmorillonite on the solubility of whey protein isolate films in food model systems with different compositions and pH. *Food Hydrocolloids*, 43: 612-621
- [47] Bonilla, J., Atarés, L., Vargas, M. and Chiralt, A. 2012. Edible films and coatings to prevent the detrimental effect of oxygen on food quality: Possibilities and limitations. *Journal of Food Engineering*, 110(2): 208-213.
- [35] Jouki, M., Khazaei, N., Ghasemlou, M. and HadiNezhad, M. 2013. Effect of glycerol concentration on edible film production from cress seed carbohydrate gum. *Journal of Carbohydrate polymers*, 96:39-46
- [36] Hosseini, S.F, Rezaei, M., Zandi, M. and Ghavi, F.F. 2013. Preparation and functional properties of fish gelatin–chitosan blend edible films. *Food chemistry*, 136(3): 1490-1495.
- [37] Fakhoury, F.M., Martelli S.M., Bertan, L.C., Yamashita, F., Me i,L.H. and Queiroz, F.P.C. 2012. Edible films made from blends of manioc starch and gelatin – Influence of different types of plasticizer and different levels of macromolecules on their pro perties. *Journal of LWT- Food Science and Technology*, 49(1): 149-154.
- [38] Sothornvit, R. and Krochta, J. 2005. Plasticizers in edible films and coatings *Innovations in food packaging*,403-433.
- [39] Piermaria, J. A., Pinotti, A., Garcia, M. A., Abraham, A. G. 2009. Films based on kefiran, an exopolysaccharide obtained from kefir grain: development and characterization. *Food Hydrocolloids*, 23(3): 684-690.
- [40] Da Silva, G. P., Mack M. and Contiero J. 2009. Glycerol: a promising and abundant carbon source for industrial microbiology. *Biotechnology advances*, 27(1): 30-39.
- [41] Talja, R.A., Helén, H., Roos, YH. and Jouppila, K. 2008. Effect of type and content



Effect of sorbitol concentration on physical and mechanical properties of bio-based film of quince seed mucilage

Davtalab, M. ¹, Kashiri, M. ^{2*}

1. Department of Food Science and Technology, Food Science Faculty, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
2. Associate professor, Department of Food Science and Technology, Food Science Faculty, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2018/ 05/ 21
Accepted 2020/ 04/ 14

Keywords:

Bio-film,
Quince seed,
Sorbitol,
Physical and mechanical properties.

DOI: 10.22034/FSCT.19.132.199
DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.132.15.8

*Corresponding Author E-Mail:
Kashiri@gau.ac.ir

ABSTRACT

Novel films based on the incorporation of sorbitol (20, 35, and 50% w/w) on quince seed mucilage were manufactured and physical, mechanical properties were investigated. Based on the results, by increasing sorbitol concentration the water vapor permeability (WVP), tensile strength (TS), water solubility and moisture content of quince seed mucilage films increased significantly and surface hydrophobicity declined. Moreover, by increasing sorbitol concentration, L^* , b^* and a^* value of films decreased, increased, increased, respectively. The results revealed that incorporation of sorbitol in the biopolymer solution respected to glycerol (at the same concentration) led to obtaining a film with better barrier property and lower affinity to water. The WVP of the films increased with increasing storage relative humidity. Microscopic images showed the crystalline structure of film with sorbitol meanwhile a smooth, continuous structure with some cracks was observed in the film containing glycerol. Concluding, sorbitol suggested to incorporate in quince seed mucilage based films to obtaining advanced bio-films with low affinity to water for packaging of food products.