

(مقاله پژوهشی)

بررسی خصوصیات فیلم خوراکی بر پایه نشاسته سیب زمینی و گندم/ ژلاتینروح الامین مهدیان^۱، هومان مولوی^{۲*}، محمد حجت الاسلامی^۲

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران.

۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۰۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۰۶

چکیده

فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی لایه‌نازکی از پلیمرهای زیستی هستند که به‌عنوان پوشش مواد غذایی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. به دلیل معایب متعدد مواد بسته‌بندی سنتزی از قبیل مهاجرت مواد غذایی، ایجاد آلودگی زیست‌محیطی، مشکل بازیافت پسماند از فیلم خوراکی استفاده شده است. فیلم‌های خوراکی بر پایه نشاسته/ژلاتین به جهت دسترسی آسان و قیمت مقرون‌به‌صرفه نشاسته منبع خوبی برای تهیه فیلم‌های خوراکی هستند. در این پژوهش فیلم‌های خوراکی با استفاده از نشاسته‌های سیب‌زمینی، گندم/ژلاتین برای بهبود خواص فیلم نشاسته استفاده شد و با توجه به پژوهش‌های مشابه با نسبت‌های ۱:۱، ۱:۴ و ۴:۱ ساخته شد و خصوصیات فیزیکی (ضخامت، مقاومت به کشش و درصد افزایش طول)، حلالیت در آب و اسید، نفوذپذیری به بخار آب، شفافیت، رنگ و خصوصیات مورفولوژی کیفی هم‌مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داده است که با افزایش میزان نسبت ژلاتین در تیمارها حلالیت فیلم‌ها در اسید، استحکام کششی، افزایش طول، نفوذپذیری به بخار آب و شفافیت فیلم‌ها افزایش یافت ($p < 0/05$). افزایش نسبت نشاسته منجر به افزایش کدورت، کاهش افزایش طول و حلالیت در آب و اسید ($p < 0/05$) شد. فیلم‌های بر پایه نشاسته گندم ضخامت بیشتر و افزایش طول کم‌تری را نسبت به فیلم‌های بر پایه نشاسته سیب‌زمینی نشان داد در حالی که با توجه به نتایج به دست آمده مشخص گردید نشاسته سیب‌زمینی، فیلم‌هایی با انعطاف‌پذیری بالاتر و فیلم‌های حاصل از نشاسته گندم خواص ممانعت‌کنندگی بهتری دارند.

واژه های کلیدی: ژلاتین، فیلم خوراکی، نشاسته، خصوصیات فیزیکی

۱- مقدمه

به بخار آب و افزایش استحکام کششی فیلم شده است که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد (۷). مطالعات بسیاری به منظور بهبود خصوصیات فیلم‌هاییر پایه منابع دیگر نشاسته انجام شده است. تولید فیلم‌های خوراکیا استفاده از نشاسته به دلیل ایجاد فیلم‌هایمقرون‌به‌صرفه و بدون عطر و طعم که از خواص ممانعت کنندگی خوب در برابر اکسیژن و همچنین از افزایش طول و قابلیت هضم بالا نیز برخوردار هستند، افزایش یافته است. از طرفی این نوع فیلم‌ها معمولاً ظاهر کدری داشته و ممانعت کنندگی ضعیفی در برابر بخار آب به دلیل ماهیت آب‌دوستشان از خود نشان می‌دهند. (۷) همین دلایل استفاده از نشاسته برای تولید فیلم را محدود می‌کند لذا از ژلاتین برای بهبود کدورت فیلم نشاسته استفاده شده است (۹). ژلاتین یک هیدرو کلوئید و پروتئین کامل است که تقریباً تمام اسید آمینه‌های ضروری را به جز تریئوفان دارا است (۷). هدف از این تحقیق تولید فیلم بر پایه نشاسته گندم و سیب‌زمینی/ژلاتین برای بهبود شفافیت و خصوصیات فیزیکی فیلم بوده است.

۲- مواد و روش‌ها**۲-۱- مواد**

نشاسته گندم و سیب‌زمینی از شرکت سیگما (آلمان)، گلیسرول و پودر ژلاتین از شرکت مرک (آلمان)، و سایر مواد شیمیایی با درجه آزمایشگاهی از شرکت رومیل (آلمان) تهیه شد.

۲-۲- آماده‌سازی ژلاتین و محلول‌های نشاسته

برای ساخت فیلم در بالن ۵۰۰ میلی‌لیتری، ۱۰ گرم ژلاتین در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت یک ساعت در دمای اتاق هیدراته شد. سپس به مدت ۱۰ دقیقه در ۷۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری و سپس پلاستی‌سایزر گلیسرول با نسبت ۵۰٪ وزنی ژلاتین (۵ گرم) به آرامی به دلیل جلوگیری از ایجاد حباب مخلوط گردید. برای ساخت محلول نشاسته گندم ابتدا ۵ گرم نشاسته گندم را با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط نموده، هم زدن را تا حل شدن کامل گرانول‌های نشاسته در آب ادامه داده و سپس در حمام آب گرم Memmert WNB ساخت آلمان، به مدت ۲۰ دقیقه در

در سال‌های اخیر فیلم‌ها و پوشش‌های گیاهی به دلیل زیست‌تخریب‌پذیری و عدم تأثیرگذاری نامطلوب بر روی محیط‌زیست مورد توجه هستند (۲). فیلم‌ها و پوشش‌های گیاهی لایه‌نازکی از ترکیبات طبیعی هستند که می‌توانند نقش مهمی از جهت نگهداری مواد غذایی ایفا کنند. در سال‌های اخیر نگرانی‌هایی به جهت افزایش تولید و استفاده از پلاستیک‌های سنتزی به دلیل اثرات مخربی که بر روی محیط‌زیست می‌گذارند و تجزیه‌ناپذیر هستند به وجود آمده است (۳). فیلم‌های خوراکی می‌توانند منجر به افزایش کیفیت مواد غذایی بخصوص سبزی‌ها و میوه‌های فصلی در طول دوره نگهداری شوند (۴). فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی از طریق ممانعت از مهاجرت رطوبت و ترکیبات عطری و طعمی باعث حفظ کیفیت مواد غذایی می‌شوند. ترکیبات اصلی تشکیل‌دهنده فیلم‌های خوراکی شامل پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها، موم‌ها و چربی‌ها هستند که می‌توان به‌تنهایی و یا با استفاده از ترکیب آن‌ها با یکدیگر فیلم‌های خوراکی متفاوتی تهیه نمود (۵). در ایران سالانه حجم بالایی از محصولات باغبانی به دلیل شرایط نگهداری در سردخانه‌ها کیفیت خود را از دست می‌دهند. یکی از راه‌های مهم و کارآمد در جهت کاهش این آسیب‌ها استفاده از فیلم‌های خوراکی با منشأ زیستی است. نشاسته گندم و سیب‌زمینی به دلیل سطح زیر کشت فراوان در سراسر ایران و قیمت پایین از منابع بسیار مناسب برای ساخت فیلم‌های خوراکی می‌باشند. نشاسته پلیمری متشکل از مولکول‌های گلوکز است که از دو نوع مولکول پلیمری شامل پلیمر خطی فاقد انشعاب موسوم به آمیلوز و پلیمر دارای انشعاب موسوم به آمیلوپکتین تشکیل شده است که معمولاً حدود ۷۵-۸۰ درصد نشاسته را آمیلوپکتین و مابقی آن را آمیلوز تشکیل داده‌است (۸) بسته به منبع نشاسته نسبت آمیلوز و آمیلوپکتین متفاوت است، در نتیجه خصوصیات فیلمی متفاوتی مشاهده می‌شود. از همین رو از نشاسته گندم و سیب‌زمینی در این پژوهش استفاده شد تا تأثیر منبع نشاسته مقایسه گردد. نتایج پژوهش الحسن و نوریزا نشان می‌دهد که ژلاتین در فیلم نشاسته ساگو منجر به افزایش نفوذپذیری

آب مقطر برای حلالیت در آب و برای حلالیت در اسید در محلول اسید هیدروکلریک (۱ مولار) قرار داده شده و در آون شیکر دار (Labnet311DS ساخت آمریکا) به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس فیلم‌ها را خارج کرده و در آون (Memmert UNB ساخت آلمان) در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد و سپس وزن گردید. میزان حلالیت فیلم‌ها از فرمول ۲ به دست آمد (M1 وزن ماده خشک اولیه، M2 وزن ماده خشک نامحلول) (۳).

(۲)

۲-۶- نفوذپذیری در برابر بخار آب

نفوذپذیری فیلم‌ها بر اساس استاندارد E96 ASTM مورد بررسی قرار گرفت. نمونه فیلم بر روی سطح فنجان‌های حاوی ۲ گرم کلسیم کلراید با قطر دهانه ۴ سانتی‌متر و ارتفاع ۳/۵ سانتی‌متر قرار گرفت و سپس با پارافیلیم درزبندی شد تا اطمینان حاصل شود که تنها راه تبادل از سطح فیلم‌ها است. مقدار بخار آب عبور کرده مستقیماً بر وزن فنجان‌ها مؤثر است. فنجان‌ها به مدت ده روز در دسیکاتور حاوی آب نمک اشباع سدیم کلراید (رطوبت نسبی ۷۵٪) قرار گرفت و دسیکاتور در ژرمیناتور (کاوش آزما مدل ۲۰۰، ساخت ایران) با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس هرروز اختلاف وزن‌ها اندازه‌گیری شد و میزان WVP_۱ بر اساس فرمول ۳ محاسبه شد. در این فرمول Δm اختلاف وزن فنجان‌ها، A سطح در معرض، Δp اختلاف فشار درون و بیرون فنجان‌ها (از جدول فشار بخار اشباع به دست می‌آید) و X ضخامت فیلم‌ها است (۱۲).

(۳)

۲-۷- خصوصیات مکانیکی

استحکام کششی و میزان افزایش طول بر اساس استاندارد ASTM D882 با تغییرات جزئی انجام شد (۱۳). در این آزمون فیلم‌ها ابتدا به رطوبت ثابت رسیده و سپس به طول ۴ سانتی‌متر و عرض ۱ سانتی‌متر بریده شده و به پروب‌های

دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد نشاسته ژلاتینه گردید. سپس همانند ژلاتین ۵۰٪ وزنی نشاسته معادل ۲/۵ گرم پلاستی-سایزر به آن اضافه کرده و هم زده تا به‌طور کامل محلول یکنواخت شد. برای ساخت محلول نشاسته سیب‌زمینی همانند مراحل ساخت نشاسته گندم، با این تفاوت که ۳ گرم نشاسته سیب‌زمینی و ۱/۵ گرم پلاستی‌سایزر گلیسرول با نشاسته ژلاتینه شده مخلوط گردید (۱۰).

۲-۳- آماده‌سازی فیلم‌های خوراکی

به منظور تهیه فیلم‌ها، با توجه به مقالات مشابه (۱۰) که بر روی فیلم نشاسته/ژلاتین انجام گرفته بود نسبت‌های ۱:۱، ۱:۴ و ۴:۱ از محلول‌های آماده‌سازی شده از هر منبع نشاسته با ژلاتین ترکیب شد و در پلیت‌های با قطر ۸ سانتی‌متری به میزان ۱۵ میلی‌لیتر از محلول‌های ساخته شده، ریخته شد و سپس پلیت‌های حاوی فیلم‌ها در آون دارای گردش هوا (70 Bc oven / ساخت ایران) در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شد.

۲-۴- جنبه‌های ظاهری، ضخامت و رنگ

به این منظور فیلم‌ها از جهت یکنواختی و عدم وجود ژلاتین نامحلول، انعطاف‌پذیری و وجود ترک‌های احتمالی مورد بررسی قرار گرفت. ضخامت فیلم‌ها به وسیله میکرومتر (size مدل MDC25 ساخت آلمان) در سه ناحیه متفاوت از سطح فیلم اندازه‌گیری و میانگین آن به‌عنوان ضخامت هر تیمار محاسبه شد (۱۰). رنگ فیلم‌ها به وسیله هانتربل (ColorFelix EZ ساخت آمریکا) اندازه‌گیری شد. فاکتورهای به‌دست آمده شامل a^* ، b^* ، L^* بودند که نشان‌دهنده میزان روشنایی، C^* ، کدورت یا اندیس سفیدی فیلم (1)، a^* (قرمز-سبز) و b^* (زرد-آبی) است.

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (۱)$$

۲-۵- آنالیز حلالیت در آب و اسید

جهت اندازه‌گیری حلالیت در اسید و آب فیلم‌ها در ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر مربع بریده شده و در ظرفی به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. بعد از وزن کردن اولین، نمونه‌ها در فلاسک حاوی ۵۰ میلی‌لیتر

۳-۱- نتایج رنگ و شفافیت

با توجه به تجزیه و تحلیل داده ها که در جدول ۱ آورده شده است مشاهده می شود که با افزایش نسبت نشاسته در فیلم ها میزان کدورت یا اندیس سفیدی افزایش یافته است و با افزایش میزان ژلاتین میزان روشنایی افزایش یافته است. در مورد فیلم نشاسته سیب زمینی با کتیرا اوسیس^۱ و همکاران دریافتند که با افزایش میزان کتیرا میزان اندیس سفیدی افزایش و میزان روشنایی کاهش می یابد (۱۵). فخوری^۲ و همکاران نیز در فیلم نشاسته ذرت/ ژلاتین، عامل شفافیت و افزایش میزان روشنایی فیلم را ساختار تریپل هلیکس ژلاتین دانسته اند (۱۰). در فیلم نشاسته گندم اختلاف معنی داری بین دو نسبت ۱:۱ و ۴:۱ در میزان روشنایی مشاهده می شود. همچنین بین دو تیمار با نسبت بالای نشاسته گندم و نشاسته سیب زمینی بیشترین میزان اندیس سفیدی و کمترین میزان روشنایی مشاهده شد. این نتایج نشان دهنده کدورت هرچه بیشتر فیلم ها در نسبت های بالای نشاسته است در این رابطه می توان تفاوت بین نوع گرانول های این دو منبع و وجود فضاهای خالی بین زنجیره های دو منبع را عامل این نتایج دانست.

کشکی (Brookfield ct3 ساخت آمریکا) متصل شد. سرعت حرکت فک بالای ۰/۵ میلی متر بر ثانیه و طول بازه کشش ۷۰ میلی متر تنظیم شد. مقاومت کششی و افزایش طول فیلم ها نسبت به طول اولیه در نقطه شکست محاسبه گردید.

۲-۸- خصوصیات مورفولوژیکی

برای این آزمون ابتدا نمونه های مورد نظر در ابعاد ۲×۲ سانتی متر مربع برش داده شد و سپس با طلا پوشش دهی شد و در آون خلأ دستگاه میکروسکوپ الکترونی (Zeiss ساخت آلمان) قرار گرفت و با بزرگنمایی ۵۰۰ برابر از سه نقطه مختلف فیلم تصویربرداری شد (۱۴).

۲-۹- آنالیز آماری

این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. مقایسه میانگین ها با آزمون توکی در سطح اطمینان ۹۵٪ با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام گرفت. کلیه آزمایش ها در سه تکرار انجام شد.

۳- نتایج و بحث

فیلم های ساخته شده پس از خشک شدن به راحتی از سطح پلیت ها جدا شد.

جدول ۱- اندیس سفیدی و روشنایی در فیلم نشاسته گندم ژلاتین و سیب زمینی ژلاتین با پلاستی سائزر گلیسرول

تیمار	نسبت	شاخص سفیدی (c)	روشنایی (L*)
سیب زمینی/ ژلاتین	۱:۱	۸/۱۳ ^d ± ۰/۴۳	۸۸/۰۹ ^c ± ۰/۵۳
سیب زمینی/ ژلاتین	۴:۱	۵/۱۶ ^c ± ۰/۳۲	۹۶/۴۷ ^a ± ۱/۰۴
سیب زمینی/ ژلاتین	۱:۴	۱۱/۷۲ ^a ± ۱/۰۲	۸۲/۳۱ ^e ± ۰/۳۹
گندم/ ژلاتین	۱:۱	۹/۳۱ ^{bc} ± ۰/۵۳	۸۴/۵۶ ^d ± ۰/۸۳
گندم/ ژلاتین	۴:۱	۹/۰۶ ^c ± ۰/۲۱	۹۴/۹۲ ^b ± ۰/۴۱
گندم/ ژلاتین	۱:۴	۱۱/۰۵ ^{ab} ± ۰/۴۱	۸۳/۴۳ ^f ± ۰/۲۲

*حروف مختلف نشان دهنده، اختلاف معنی دار در هر ستون است (p<۰/۰۵).

۲-۳- حلالیت در آب و اسید، نفوذپذیری به بخار آب
 در جدول ۲ میزان نفوذپذیری به بخار، حلالیت در آب و اسید مشاهده می‌شود. به‌طور کلی حلالیت در اسید بیشتر از حلالیت در آب بوده است. حلالیت در اسید از جهت قابل هضم بودن فیلم‌های خوراکی اهمیت بالایی دارد (۱۶). با افزایش میزان ژلاتین به دلیل قرارگیری ژلاتین بین زنجیره‌های نشاسته و ایجاد فضاهای خالی و در نتیجه جذب آب و اسید بالاتر حلالیت فیلم‌ها در آب و اسید نیز افزایش یافته است. تیمار ۱:۴ نشاسته سیب‌زمینی/ژلاتین حلالیت بالاتری در اسید و آب نسبت به تیمار مشابه با نشاسته گندم/ژلاتین را نشان داده است. در مورد حلالیت در آب اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای ۱:۱ گندم/ژلاتین و ۱:۱ و ۴:۱ سیب‌زمینی/ژلاتین مشاهده می‌شود. بیشترین حلالیت در اسید در نسبت ۴:۱ در هر دو تیمار مشاهده شد که با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. ژلاتین منجر به ایجاد فاصله بین زنجیره‌های نشاسته و همچنین وجود فضاهای خالی در فیلم شده است از این رو جذب آب بیشتری صورت می‌گیرد و این عامل منجر به بالا رفتن حلالیت فیلم‌ها با نسبت بالای ژلاتین شده است (۱۰). برتوزی^۱ و همکاران بیان کرده‌اند که فیلم‌های نشاسته/پروتئین به‌طور کلی خصوصیات نفوذپذیری به بخار، حلالیت و اکسیژن را تغییر می‌دهد. آن‌ها خاصیت آب‌دوستی ژلاتین را عامل افزایش میزان حلالیت دانسته‌اند (۱۷ و ۱۸). فخروری و همکاران در پژوهشی مشابه بیان داشتند که فیلم‌های بر پایه

نشاسته بسته به نوع منبع، حلالیت متفاوتی را از خود نشان می‌دهند. منابع مختلف نشاسته میزان جذب آب متفاوتی دارند (۱۰). در مورد نفوذپذیری به بخار که نتایج در جدول ۲ آمده است اختلاف معنی‌داری بین نسبت‌های مشابه در تیمارهای هر دو منبع نشاسته دیده نمی‌شود. ژلاتین در فرمولاسیون فیلم منجر به افزایش ضخامت فیلم‌ها شده است که در جدول ۴ مشاهده می‌شود. با توجه به این مطلب که ضخامت رابطه مستقیم با نفوذپذیری به بخار آب دارد، اما ژلاتین علی‌رغم افزایش ضخامت به دلیل اینکه باعث افزایش فضای خالی بین فیلم‌ها می‌شود و همچنین گلیسرول در زنجیره پلیمری آمیلوز و آمیلوپکتین قرار گرفته که این مطلب عاملی برای افزایش فضای بین زنجیره‌ها و افزایش نفوذپذیری می‌گردد در نتیجه با افزایش ژلاتین نفوذپذیری فیلم‌ها افزایش یافته است. این نتایج به‌طور قوی با نتایج جانگجارتوناک^۲ و همکاران همخوانی دارد آن‌ها میزان بالاتر نفوذپذیری به بخار را در غلظت‌های بالاتر ژلاتین مشاهده کردند (۱۹). جدول ۳ میانگین شیب افزایش وزن تیمارها در طی ده روز را نشان می‌دهد. تیمار ۱:۱ گندم/ژلاتین کم‌ترین شیب خط افزایش وزن را نشان می‌دهد که بیانگر این نکته است که سرعت تبادل بخار پایین‌تری را در طول ده روز داشته است. این نکته اهمیت فراوانی دارد زیرا این تیمار شفافیت و نفوذپذیری مطلوبی را فراهم کرده است. در میزان بالاتر ژلاتین، به دلیل فضاهای خالی بیشتر در سطح فیلم نفوذپذیری افزایش یافته است.

جدول ۲- حلالیت در آب و اسید و نفوذپذیری به بخار در فیلم نشاسته گندم / ژلاتین و سیب زمینی / ژلاتین با پلاستی سائزر گلیسرول

WVP($\times 10^7 \text{kgm}^{-1} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$)	حلالیت در اسید (%)	حلالیت در آب (%)	نسبت	تیمار
$3/67^b \pm 0/24$	$71/3^b \pm 1/8$	$52/09^a \pm 1/38$	۱:۱	سیب زمینی / ژلاتین
$4/53^a \pm 0/53$	$85/2^a \pm 0/9$	$52/11^a \pm 1/52$	۴:۱	سیب زمینی / ژلاتین
$2/55^c \pm 0/35$	$64/5^c \pm 2/2$	$50/03^c \pm 0/39$	۱:۴	سیب زمینی / ژلاتین
$3/67^b \pm 0/13$	$70/6^b \pm 1/2$	$53/29^a \pm 0/81$	۱:۱	گندم / ژلاتین
$4/48^a \pm 0/61$	$85/3^a \pm 0/8$	$51/43^{ab} \pm 0/64$	۴:۱	گندم / ژلاتین
—	$60/1^d \pm 2/5$	$47/06^d \pm 0/75$	۱:۴	گندم / ژلاتین

*در هر ستون حروف نوشته شده مقابل اعداد اختلاف معنی دار بین تیمارها را نشان می دهد. ($p < 0/05$)

*تیمار ۱:۴ گندم/ژلاتین به جهت منافذ و ترک های فراوان و در نتیجه خطای ایجاد شده حذف گردید.

جدول ۳- عرض از مبدأ و میانگین شیب افزایش وزن تیمارهای نشاسته گندم / ژلاتین و سیب زمینی / ژلاتین طی ده روز

تیمار	عرض از مبدأ	شیب خط
سیب زمینی / ژلاتین ۱:۱	$47/89^{ab}$	$0/19^c$
سیب زمینی / ژلاتین ۴:۱	$47/41^{ab}$	$0/21^a$
سیب زمینی / ژلاتین ۱:۴	$47/62^{ab}$	$0/20^b$
گندم / ژلاتین ۱:۱	$46/73^c$	$0/18^d$
گندم / ژلاتین ۴:۱	$48/33^a$	$0/20^b$

*حروف در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارها در سطح احتمال ($p < 0/05$) است.

۳-۳- ضخامت و خصوصیات مکانیکی

خصوصیات مکانیکی از جمله خصوصیات است که تعامل بین پلیمرها تأثیر مستقیمی بر آن دارد. ضخامت فیلم تأثیر مستقیم بر دیگر پارامترهای اساسی فیلمها دارد. جدول ۵ ضخامت و خصوصیات مکانیکی فیلمها را نشان می دهد. با افزایش میزان ژلاتین ضخامت فیلمها افزایش یافته است. فخروری و همکاران (۱۰) دلیل افزایش ضخامت را ممانعت ژلاتین از نزدیک شدن زنجیره های نشاسته به یکدیگر دانسته اند. ضخامت فیلمهای نشاسته گندم بیشتر از فیلمهای با نشاسته سیب زمینی است، که این مورد را می توان به بالاتر بودن نسبت آمیلوپکتین نشاسته سیب زمینی به نشاسته گندم دانست (۹). بیشترین میزان افزایش طول در تیمار ۴:۱ نشاسته

سیب زمینی / ژلاتین مشاهده شد که بیشترین میزان استحکام کششی را نشان می دهد. منابع مختلف و نسبت های مختلف آمیلوز و آمیلوپکتین باعث بروز خصوصیات فیزیکی متفاوتی در فیلمها می شود. همان طور که مشاهده می شود در فیلمهای هر دو منبع نشاسته در نسبت (۱:۴) کم ترین میزان افزایش طول مشاهده شده است. اما فیلم نشاسته سیب زمینی / ژلاتین با نسبت ۴:۱ افزایش طول بیشتری را نشان می دهد. این نتایج نشان دهنده این مطلب است که فیلمهای با نشاسته سیب زمینی افزایش طول بیشتری را نشان داده است و فیلم نشاسته گندم با همین نسبت افزایش طول کمتری را داشته است. ژلاتین و گلیسرول میان زنجیره های آمیلوز و آمیلوپکتین قرار گرفته و در نتیجه نیروی بین مولکولی

نشاسته و تفاوت اثر میزان ژلاتین بر این دو منبع نشاسته در فیلم‌ها را می‌توان عامل این تفاوت‌ها دانست. نشاسته‌های با آمیلوز بالاتر مثل نشاسته گندم فیلم‌های محکم‌تر و با افزایش طول کمتری به جهت طول زنجیره کوتاه‌تر ایجاد می‌کنند. نتیجه دیگر پژوهش‌ها نشان می‌دهد که منابع مختلف نشاسته و حتی گونه‌های متفاوت آن تعاملات متفاوتی با پلاستی-سایزر گلیسرول ایجاد می‌کنند (۲۱). به همین دلیل می‌تواند دیگر تفاوت‌های میان نشاسته گندم و سیب‌زمینی را از جهت تفاوت تعاملات درون زنجیری که با گلیسرول دارند، دانست.

زنجیره‌ها کاهش می‌یابد و از طرفی ژلاتین تعاملات درون زنجیره‌های نشاسته را نیز بهبود می‌بخشد و افزایش طول و حرکت پلیمر را تسهیل می‌کند (۵، ۲۰ و ۲۱). با افزایش میزان ژلاتین استحکام کششی افزایش یافته است. نتایج‌الحسن و همکاران نشان می‌دهد که ژلاتین خصوصیات مکانیکی فیلم را بهبود می‌بخشد (۷). در تیمارها با افزایش نسبت ژلاتین افزایش طول فیلم‌ها روندی صعودی را نشان می‌دهد اختلاف معنی‌داری بین تمامی تیمارها مشاهده می‌شود، خصوصیات و ویژگی‌های کاملاً متفاوت منابع

جدول ۴- خصوصیات فیزیکی فیلم‌های نشاسته گندم/ژلاتین و سیب‌زمینی/ژلاتین با پلاستی‌سایزر گلیسرول

تیمار	نسبت	ضخامت (میلی‌متر)	استحکام کششی (MPa)	افزایش طول (%)
سیب‌زمینی/ژلاتین	۱:۱	$0.21^d \pm 0.01$	$6.6^e \pm 0.2$	$181.3^d \pm 6.1$
سیب‌زمینی/ژلاتین	۴:۱	$0.31^b \pm 0.01$	$25.1^a \pm 1.7$	$354.7^a \pm 5.2$
سیب‌زمینی/ژلاتین	۱:۴	$0.18^e \pm 0.05$	$4.2^f \pm 0.3$	$150.4^e \pm 6.1$
گندم/ژلاتین	۱:۱	$0.24^{cd} \pm 0.01$	$13.8^c \pm 0.2$	$194.8^c \pm 4.2$
گندم/ژلاتین	۴:۱	$0.25^{bc} \pm 0.01$	$15.5^b \pm 0.3$	$311.7^b \pm 4.3$
گندم/ژلاتین	۱:۴	$0.32^a \pm 0.04$	$11.3^d \pm 0.6$	$56.1^f \pm 3.3$

*حروف مختلف نشان‌دهنده، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ($p < 0.05$) در هر ستون است.

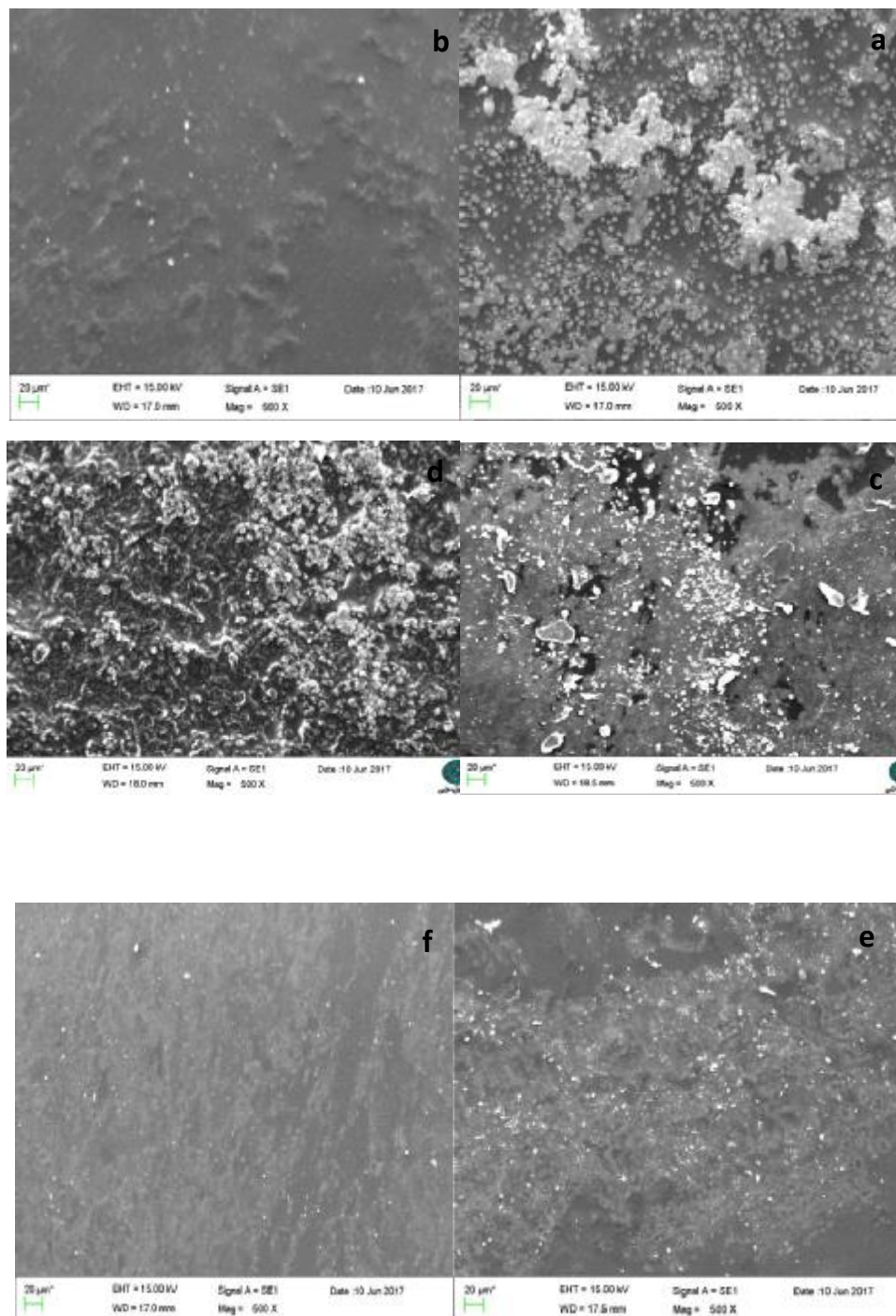
۳-۴- خصوصیات مورفولوژیکی

خصوصیات مورفولوژیکی فیلم تصویر واضح‌تری از سطح فیلم، یکنواخت بودن، چروکیدگی سطح فیلم و یا زبری آن را نشان می‌دهد. در مورد اثر منبع نشاسته بر خصوصیات فیلم با توجه به شکل ۱ می‌توان متوجه شد که فیلم‌های با نشاسته سیب‌زمینی/ژلاتین سطح یکنواخت‌تری دارند. فیلم‌هایی با غلظت‌های بالای نشاسته چروکیدگی‌های زیاد دارند که در مورد فیلم نشاسته گندم/ژلاتین ۱:۴ چروکیدگی‌های بیشتری نسبت به فیلم مشابه نشاسته سیب‌زمینی/ژلاتین مشاهده می‌شود. وجود حفرات در فیلم نشاسته گندم/ژلاتین نشان‌دهنده خروج بخار آب در مرحله خشک شدن فیلم‌ها است. این حفرات می‌توانست منجر به میزان بالای

نفوذپذیری در این فیلم شود که البته این تیمار به همین دلیل حذف گردید. در نسبت‌های برابر نیز می‌توانیکنواختی بیشتر فیلم نشاسته سیب‌زمینی را مشاهده کرد. در نسبت بالای ژلاتین شباهت فیلم‌ها بیشتر شده است. با توجه به تصاویر می‌توان نتیجه گرفت که افزایش میزان ژلاتین منجر به یکنواختی و کاهش چروکیدگی در فیلم‌ها شده است. توزیع یکنواخت ژلاتین در محلول نشاسته باعث ایجاد بافت یکدست‌تر خواهد شد. ژلاتین عامل مهمی در زمینه جلوگیری از ایجاد ترک‌ها در سطح فیلم است (۱۰) نتایج دیگری که بر روی فیلم نشاسته ذرت با ژلاتین ماهی و پکتین بوده است نشان می‌دهد که ژلاتین از ایجاد حفرات و ترک‌های پراکنده در فیلم جلوگیری کرده و منجر به تولید

نشاسته و همچنین نوع گرانول‌ها مهم‌ترین عامل در شکل سطح فیلم است به‌علاوه عامل وجود حفرات و ترک‌های سطحی در مرحله خشک شدن را مرتبط با میزان آبی که با نشاسته‌ها در تعامل است، می‌دانند (۷).

فیلم یکنواخت‌تری می‌شود (۲۲). لویز، گارسیا و همکاران با مقایسه فیلم نشاسته ذرت و کاساوا نشان داده‌اند که نشاسته ذرت فیلمی با ذرات همگن‌تر و فیلم‌های نشاسته کاساوا متراکم‌تر هستند (۱۴). الحسن و همکاران بیان کردند که منبع



شکل ۱- خصوصیات مورفولوژیکی فیلم‌های نشاسته حاصل از گندم و سیب‌زمینی با ژلاتین در نسبت‌های مختلف

- coatings for food packaging: A review. *Food Hydrocolloids*, 68:136-148.
- Molavi, H., Behfar, S., Shariati, M.A., Kaviani, M. and Atarod, S., 2015. A review on biodegradable starch based film. *The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 4(5):456.
 - Dang, K.T., Singh, Z. and Swinny, E.E., ۲۰۰۸. Edible coatings influence fruit ripening, quality, and aroma biosynthesis in mango fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(4):1361-1370.
 - Bourtoom, T., 2008. Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal*, 15(3):237-248.
 - Jiménez, A., Fabra, M.J., Talens, P. and Chiralt, A., 2012. Edible and biodegradable starch films: a review. *Food and Bioprocess Technology*, 5(6):2058-2076.
 - Al-Hassan, A.A. and Norziah, M.H., 2012. Starch-gelatin edible films: Water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizers. *Food Hydrocolloids*, 26(1):108-117.
 - Bader, H.G. and Göritz, D., 1994. Investigations on high amylose corn starch films. Part 3: stress strain behaviour. *Starch-Stärke*, 46(11): 435-439.
 - García, M.A., Pinotti, A., Martino, M.N. and Zaritzky, N.E., 2009. Characterization of starch and composite edible films and coatings. In *Edible films and coatings for food applications*. Springer, New York, NY. pp.169-209
 - Fakhouri, F.M., Martelli, S.M., Caon, T., Velasco, J.I. and Mei, L.H.I., 2015. Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 109:57-64.
 - Gontard, N., Duchez, C., CUQ, J.L. and Guilbert, S., 1994. Edible composite films of wheat gluten and lipids: water vapour permeability and other physical properties. *International*

تصویربرداری با بزرگنمایی (۵۰۰×) (a) تیمار ۱:۱ نشاسته سیب‌زمینی / ژلاتین (b) تیمار ۱:۱ نشاسته گندم / ژلاتین (c) تیمار ۱:۴ نشاسته سیب‌زمینی / ژلاتین (d) تیمار ۱:۴ نشاسته گندم / ژلاتین (e) تیمار ۴:۱ نشاسته سیب‌زمینی / ژلاتین (f) تیمار ۴:۱ نشاسته گندم / ژلاتین

۴- نتیجه‌گیری

این پژوهش باهدف تولید فیلمی با استفاده از دو منبع نشاسته گندم و سیب‌زمینی به همراه ژلاتین به منظور بهبود خواص فیلمی صورت گرفت. نتایج نشان دادند که ژلاتین منجر به افزایش ضخامت، نفوذپذیری و بهبود خصوصیات مکانیکی از جمله افزایش طول و همچنین یکنواختی سطح فیلم‌ها در تصاویر میکروسکوپ الکترونی شده است و همچنین فیلم‌هایی با روشنایی بالا در نسبت‌های بالاتر ژلاتین مشاهده گردید. نشاسته گندم فیلم‌هایی ضخیم و با افزایش طول کم‌ترازاجاد کرده است. فیلم تهیه‌شده با نسبت ۴:۱ نشاسته سیب‌زمینی بیش‌ترین افزایش طول را نشان داد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده فیلم‌های با نسبت‌های ۱:۱ را می‌توان به جهت فراهم آوردن هم‌زمان خصوصیات مهمی از جمله افزایش طول، شفافیت و نفوذپذیری مناسب بهترین ترکیب فیلم انتخاب نمود. البته بسته به کاربرد پوشش خوراکی برای مثال پوشش میوه‌های که سطح تنفس بالایی دارند فیلم ۱:۴ نشاسته سیب‌زمینی / ژلاتین به جهت کمترین نفوذپذیری، بهترین فیلم خواهد بود و برای محصولاتی که نیاز به تنفس و نفوذپذیری بالاتری می‌باشند، فیلم نشاسته سیب‌زمینی با نسبت ۴:۱ مناسب خواهد بود.

۵- منابع

- فاضل، م.، عزیزی، م.، عباسی، س و برزگر، م. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر کنیرا، گلیسرول و روغن روی خصوصیات فیلم خوراکی بر پایه نشاسته سیب‌زمینی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، شماره ۳۴، دوره ۹.
- Cazón, P., Velazquez, G., Ramirez, J.A. and Vázquez, M., 2017. Polysaccharide-based films and

- Journal of applied polymer science*, 88(1):64-71.
18. Bertuzzi, M.A., Vidaurre, E.C., Armada, M. and Gottifredi, J.C., 2007. Water vapor permeability of edible starch based films. *Journal of food engineering*, 80(3):972-978.
 19. Jongjareonrak, A., Benjakul, S., Visessanguan, W. and Tanaka, M., 2006. Effects of plasticizers on the properties of edible films from skin gelatin of bigeye snapper and brownstripe red snapper. *European Food Research and Technology*, 222(3-4):229-235.
 20. Jiménez, A., Fabra, M.J., Talens, P. and Chiralt, A., 2012. Edible and biodegradable starch films: a review. *Food and Bioprocess Technology*, 5(6): 2058-2076.
 21. Chillo, S., Flores, S., Mastromatteo, M., Conte, A., Gerschenson, L. and Del Nobile, M.A., 2008. Influence of glycerol and chitosan on tapioca starch-based edible film properties. *Journal of Food Engineering*, 88(2): 159-168.
 22. Liu, L., Liu, L., Liu, C.K., Fishman, M.L. and Hicks, K.B., 2007. Composite films from pectin and fish skin gelatin or soybean flour protein. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(6):2349-2355.
 12. Standard, A.S.T.M., 1989. Standard test methods for water vapor transmission of materials. Annual book of ASTM standards. Designation E96-E80, pp.730-739.
 13. Standard, A.S.T.M., 2010. D638: Standard test method for tensile properties of plastics. West Conshohocken (PA): ASTM International.
 14. García, M.A., Martino, M.N. and Zaritzky, N.E., 1999. Edible starch films and coatings characterization: scanning electron microscopy, water vapor, and gas permeabilities. *Scanning*, 21(5):348-353.
 15. Osés, J., Fabregat-Vázquez, M., Pedroza-Islas, R., Tomás, S.A., Cruz-Orea, A. and Maté, J.I., 2009. Development and characterization of composite edible films based on whey protein isolate and mesquite gum. *Journal of Food Engineering*, 92(1): 56-62.
 16. Ogur, S. and Erkan, N., 2015. The physicochemical properties of edible protein films. *Italian Journal of Food Science*, 27(1):1F.
 17. Jagannath, J.H., Nanjappa, C., Das Gupta, D.K. and Bawa, A.S., 2003. Mechanical and barrier properties of edible starch-protein-based films. *Journal of Food Science and Technology*, 29(1):39-50.

(Original Research Paper)
**Characteristics of Edible Films Made by Potato / Wheat Starch
and Gelatin**

Rooholamin Mahdian¹, Hooman Movlavi^{2*}, Mohammad Hojjatoleslami²

1-MSc Graduated of Food Science and Technology, ShahreKord Branch, Islamic Azad University, ShahreKord, Iran.

2-Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, ShahreKord Branch, Islamic Azad University, ShahreKord, Iran.

Received:28/07/2018

Accepted: 23/12/2018

Abstract

Edible films and coatings are thin layers of biopolymers which have been used as food coatings. Due to numerous disadvantages of synthetic packaging materials including migration, environmental pollution and recycling problems, starch-based films were used because of abundance and low cost of starch. However, regarding weak mechanical properties of starch, gelatin was used for improving the properties of starch film. In this study, edible films were made using potato starch, wheat starch, and gelatin at 4:1, 1:4, and 1:1 levels and then their physical properties (thickness, elasticity resistance, and elongation), solubility in acid and water, water vapor permeability, transparency, color as well as morphological properties were measured. The results showed that as the gelatin content increased, acid solubility, elasticity resistance, elongation, water vapor permeability, and transparency of film samples significantly increased ($p \leq 0.05$) and increasing in starch content led to increased turbidity, elongation, and acid- and water-solubility. Wheat starch-based films showed higher thickness and less elongation than potato starch-based films while potato starch-based films had better elasticity and barrier properties.

Keywords: Edible film, Gelatin, Starch, Physical properties

*Corresponding Author: hmolavi2010@yahoo.com