

تولید فیلم خوراکی زیست تخریب پذیر از صمغ کتیرا و تعیین ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آن

حمیده‌السادات عقیلی‌مقدم^{۱*}، باقر عمادی^۲، فرشته حسینی^۳، حسن صدرنیا^۴

۱- کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، پردیس بین‌الملل دانشگاه فردوسی مشهد
* نویسنده مسئول (melinaaghili@gmail.com)

۲- دانشیار گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استادیار گروه پژوهشی افزودنی‌های غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی

۴- دانشیار گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

به دلیل معایب متعدد مواد بسته‌بندی سنتزی از قبیل مهاجرت ترکیبات پلیمری به محتوی مواد غذایی، ایجاد آلودگی زیست‌محیطی، عدم بازیافت آسان، گران بودن مواد اولیه و بالا بودن هزینه تولید و غیره، در سالهای اخیر پلیمرهای طبیعی به‌عنوان جایگزین‌هایی ایمن و زیست تخریب پذیر برای پلاستیک‌های حاصل از مشتقات نفتی بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. هدف این پژوهش تولید فیلم خوراکی از صمغ کتیرای بومی ایران و تعیین مشخصات فیزیکی و مکانیکی آن بود. همچنین تأثیر درصد‌های مختلف پلاستی‌سایزر (۳۰٪، ۴۰٪ و ۵۰٪) بر ویژگی‌های فیلم‌های حاصل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد صمغ کتیرا دارای خاصیت فیلم‌پذیری مناسب بوده و فیلم‌های حاصل از آن شفافیت بسیار خوبی دارند. تغییرات درصد گلیسرول بر ویژگی‌های فیزیکی نظیر شفافیت، ضخامت و دانسیته فیلم تأثیر معنی‌داری نداشت، اما بر ویژگی‌های مکانیکی فیلم‌های کتیرا تأثیرگذار بود، به طوری که فیلم‌های کتیرای دارای ۳۰٪ گلیسرول، از مقاومت به کشش بالاتری برخوردار بودند. همچنین در فیلم دارای ۵۰٪ گلیسرول، درصد ازدیاد طول تا پارگی و سفتی کمتر نسبت به نمونه‌های دیگر بیشتر بود. حلالیت بالای فیلم‌های کتیرا از میزان مطلوبیت آنها برای تولید فیلم به تنهایی می‌کاهد، درعین حال، کتیرا گزینه‌ای مناسب در تهیه فیلم‌های کامپوزیتی می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۷/۲۳

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۹/۱۴

واژه‌های کلیدی

زیست تخریب پذیر

کتیرا

فیلم خوراکی

مقدمه

تأثیرات مخرب محیطی ناشی از تجمع مواد پلاستیکی و غیرتخریب پذیر یکی از مهم‌ترین نگرانی‌ها در جهان امروز است. حجم قابل توجهی از این زباله‌ها مربوط به پلیمرهای مورد استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی می‌باشند، از این رو، در سالهای اخیر متخصصان صنعت

غذا به دنبال یافتن جایگزین‌های زیست تخریب پذیر مناسب برای پلیمرهای سنتزی بوده‌اند. فیلم‌های زیست تخریب پذیر با گردش آب، دی‌اکسیدکربن، اکسیژن و نیتروژن در زنجیره غذایی راه حل بالقوه‌ای برای رفع این نگرانی‌ها می‌باشند (Romero-Bastida *et al.*, 2005).

بهبود زخم‌ها به اثبات رسیده است. صمغ کتیرا معمولاً در غلظت پایین در آب هیدراته می‌شود و در غلظت ۲ تا ۴٪ ژل تشکیل می‌دهد. محلول آن خاصیت سودوپلاستیک دارد و با افزایش نیروی برشی ویسکوزیته ظاهری آن کاهش می‌یابد که برگشت‌پذیر است (حدیدی و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین کتیرا در مقایسه با سایر هیدروکلوئیدها کمتر تحت تأثیر میکروارگانیسم‌ها قرار می‌گیرد و بدون کاهش ویسکوزیته دارای طول عمر نگهداری بالایی است. این صمغ از نظر میکروبیولوژی عاری از سالمونلا و E.coli می‌باشد و از نظر فلزات سنگین: میزان سرب حداکثر ۱۰ ppm و میزان آرسنیک حداکثر ۳ ppm است (فرحناکی و همکاران، ۱۳۸۸).

نرم‌کننده‌ها یا پلاستی‌سایزرها در فیلم‌های پلیمری به‌خاطر کاهش شکنندگی، بهبود جریان، نرمی، افزایش چسبندگی و مقاومت مؤثر پوشش فیلم اضافه می‌شوند (Mauer et al., Schou et al., 2005؛ Sothornvi Romero-Bastida et al., 2005؛ Krochta 2001 &).

در سالهای اخیر پژوهش‌های متعددی از صمغ‌ها به‌صورت کامپوزیت با بیوپلیمرها و ترکیبات دیگر برای تولید فیلم مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Mali et al., 2005؛ Talja et al., 2008؛ Lafargue et al., 2007؛ Ghanbarzadeh et al., 2008؛ Hernandez O et al., 2010). در این میان مطالعاتی در زمینه استفاده از کتیرا به‌عنوان ماده اولیه در تولید فیلم خوراکی مشاهده نشده است.

باتوجه به اهمیت تولید فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی زیست تخریب پذیر در صنعت غذا، هدف کار موجود، تولید فیلم خوراکی از صمغ کتیرای بومی ایران و مطالعه مشخصات فیزیکی و مکانیکی آن و بررسی تأثیر درصدهای مختلف گلیسرول به‌عنوان نرم‌کننده یا پلاستی‌سایزر بر ویژگی‌های فیلم‌های حاصل می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد

کتیرا از نوع صدفی از بازار محلی تهیه گردید. گلیسرول از شرکت مرک آلمان خریداری شد.

تراگاکانت یا کتیرا، صمغ یا شیرهای است که از ساقه گیاهی به نام گون گرفته می‌شود (Grobl et al., 1994; Krochta et al., 2005). این گیاه بیشتر در جنوب غربی آسیا به‌خصوص در مناطق کوهستانی و خشک ایران و ترکیه می‌روید. مهم‌ترین کشور تولیدکننده کتیرا ایران است که سالانه حدود ۳۰۰ تا ۳۵۰ تن صمغ کتیرا صادر می‌کند. از نظر ساختمان شیمیایی این صمغ یک پروتئوگلیکان هتروژن، اسیدی با وزن مولکولی بالا است. محدوده pH آن ۵-۶ است. ویسکوزیته صمغ در pH بالای ۴ به حداکثر می‌رسد. در مقایسه با هیدروکلوئیدهای دیگر، پایداری آن در برابر اسیدها خوب است. در نتیجه آنالیز صمغ کتیرا ترکیبات فوکوز^۱، گزیلوز^۲، آرابینوز^۳، رامنوز^۴ و اسیدگالاکتورونیک^۵، گالاکتوز^۶ و گروه‌های متوکسی در آن شناخته شده است که گروه‌های متوکسی این صمغ بالا بوده در حالی که مقدار آرابینوز و بخش‌های نیتروژنی در آن کمتر است. این صمغ به‌عنوان پایدارکننده، امولسیون‌کننده، قوام‌دهنده و جایگزین چربی کاربرد وسیعی در صنایع غذایی دارد (حدیدی و همکاران، ۱۳۹۱). مطالعات نشان می‌دهند استفاده از گونه‌های مختلف کتیرا می‌تواند باعث پایداری سس‌ها شود. مصرف‌کنندگان مایونز را با گرانی و قوام بالا و احساس خامه‌ای، بیشتر می‌پسندند که صمغ کتیرا در موقع مصرف این احساس را تقویت می‌کند، همچنین کتیرا باعث جلوگیری از جدایی فاز روغن می‌شود و رنگ روشن‌تر و مشتری‌پسندتری را به سس می‌دهد (حدیدی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Krochta et al., 1994).

در داروسازی نیز به‌عنوان ژل‌ساز، عامل معلق‌ساز و اتصال‌دهنده در تهیه قرص‌ها، داروها و ریزپوشانی مواد مختلف مثل ویتامین‌ها و عطر و طعم استفاده می‌شود. در علوم پزشکی نیز گزارش شده که کتیرا از رشد سلول سرطانی ممانعت کرده و مصرف دائمی آن باعث تعدیل قند خون در بیماران دیابتی می‌شود و اثر آن در

- 1 L-fucose
- 2 D-xylose
- 3 L-arabinose
- 4 Rhamnose
- 5 D-galactronicacid
- 6 D-galactose

۴۰٪ و ۵۰٪ وزنی/حجمی به عنوان نرم کننده به محلول افزوده و سوسپانسیون حاصل به مدت ۱۵ دقیقه بر روی اجاق برقی حرارت داده شد تا ژل مناسب تشکیل شود. در نهایت ژل مذکور بر روی قالب پلیت به طور یکنواخت پهن شده و به مدت ۷۲ ساعت در مجاورت هوا و دمای محیط خشک گردید تا فیلم های مورد نظر به دست آیند. کلیه تیمارهای مورد نظر در دو تکرار تولید شدند. تصاویر فیلم های تهیه شده در شکل (۱) قابل مشاهده است.

آزمایش ها در پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی مشهد انجام گردید.

تهیه فیلم های کتیرا

به منظور تهیه فیلم، محلول ۱/۵٪ نمونه های کتیرا در آب مقطر سرد تهیه شده و به مدت یک شبانه روز در محیط اتاق نگهداری شد. سپس در دمای ۸۰ - ۱۰۰ درجه سانتی گراد کاملاً هم زده شد تا محلول یکنواختی حاصل شود. گلیسرول در مقادیر ۳۰٪،



ج

ب

الف

شکل ۱- فیلم تهیه شده با ۳۰٪ پلاستی سائزر (الف)، فیلم تهیه شده با ۵۰٪ پلاستی سائزر (ب)، فیلم تهیه شده با ۴۰٪ پلاستی سائزر (ج).

در این معادله m جرم و v حجم نمونه می باشد.

ویژگی های مکانیکی

ویژگی مقاومت به کشش^۱ و درصد ازدیاد طول تا نقطه پارگی^۲ مدول یانگ^۳ بر اساس استاندارد ASTM D882 - 02 (۲۰۰۲) و با اندکی تغییرات به وسیله دستگاه بافت سنج LLOYD مدل RS 232 ساخت شرکت AMETEK آمریکا اندازه گیری گردید. قبل از انجام آزمون نمونه ها از نظر میزان رطوبت در دسیکاتور محتوی محلول اشباع کلرید سدیم (رطوبت نسبی ۷۵٪) به مدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه قرار گرفتند تا از نظر میزان رطوبت تعدیل گردیدند. فاصله بین دو فک قبل از شروع آزمون ۵۰ میلی متر، سرعت حرکت فکها ۵۰ میلی متر بر دقیقه و حداکثر بار

تعیین ضخامت و دانسیته

ضخامت فیلم های تولیدی توسط کولیس بادقت ۰/۰۵ سانتی متر و در ۱۰ نقطه از نمونه های فیلم اندازه گیری گردید. برای تعیین دانسیته قطعات مستطیل شکل از فیلم به ابعاد ۲×۳ سانتی متر تهیه شد. سپس ضخامت آنها در ۵ نقطه، ۴ نقطه در پیرامون و یک نقطه در مرکز اندازه گیری شده و وزن آنها با استفاده از ترازوی ساخت شرکت Kern & Sohn GmbH آلمان بادقت ۰/۰۰۰۱ تعیین شد. دانسیته یا چگالی که برابر با مقدار جرم موجود در واحد حجم ماده و به عبارت دیگر جرم واحد حجم یا جرم مخصوص می باشد با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید (Muller et al., 2008):

رابطه (۱)

$$\rho = \frac{m}{v}$$

¹ Tensile Strength (MPa)

² % Elongation

³ Young's Modulus (MPa)

(۱) تا تغییرات احتمالی شفافیت که مربوط به تغییر ضخامت فیلم باشد، حذف گردد.

حلالیت فیلم در آب

برای تعیین حلالیت، ابتدا فیلمها در قطعات ۳×۲ سانتی‌متر بریده شده و سپس در دسیکاتور حاوی سلیکاژل به مدت ۲ روز قرار داده شدند. پس از طی این مدت فیلمها با استفاده از ترازوی با دقت یک هزارم گرم توزین شده و در بشر حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۱ ساعت بر روی شیکر با ۲۰۰ دور در دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بهم زده شدند. درصد حلالیت از رابطه (۵) محاسبه گردید (Lopez et al., 2008):

$$\text{رابطه (۵)}$$

= درصد حلالیت

(وزن خشک نهایی - وزن خشک اولیه)

۱۰۰ * وزن خشک اولیه /

روش آماری

کلیه آزمایش‌های فوق در ۲ تکرار انجام شده و در قالب طرح کاملاً تصادفی آنالیز واریانس گردیدند. آنالیز واریانس و مقایسه میانگینها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و آزمون LSD در سطح $\alpha=0/05$ صورت گرفت. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

ضخامت و دانسیته

بر اساس نتایج آنالیز واریانس و مقایسه میانگینها، افزایش درصد گلیسرول در ساختار فیلم تهیه شده از کتیرا سبب تغییرات معنی‌دار در دانسیته و ضخامت فیلم‌های حاصل نشده است ($P>0/05$) (جدول ۱). در تحقیقات مشابه نیز تغییر نسبت‌های گلیسرول در فرمولاسیون فیلم‌های مختلف تأثیر معنی‌داری در ضخامت فیلمها ایجاد نکرده است (جوانمرد و گلستان، ۱۳۸۹).

اعمالی ۵۰ نیوتن تنظیم شد. مقاومت به کشش و درصد ازدیاد طول تا نقطه پارگی با رابطه‌های (۲) و (۳) تعیین شدند:

$$\text{رابطه (۲)}$$

= مقاومت به کشش

/ بیشینه نیروی وارد شده به فیلم (نیوتن)

سطح مقطع عرضی اولیه فیلم (مترمربع)

$$\text{رابطه (۳)}$$

= درصد کش آمدگی

/ مقدار اتساع تا لحظه پارگی (میلی‌متر)

طول اولیه نمونه بین دو فک (میلی‌متر)

مدول یانگ یا مدول الاستیسیته به نسبت تنش به کرنش مواد جامد خطی در پایین‌تر از استحکام تسلیم گفته می‌شود که در این حالت قانون هوک صادق بوده و مدول الاستیک ثابت است.

عبور نور و شفافیت

ویژگی ممانعت‌کنندگی در برابر نور مرئی در فیلمها با استفاده از دستگاه UV-Vis اسپکتروفوتومتر مدل CAMSPECM550 ساخت انگلستان در طول موج تعیین شده اندازه‌گیری گردید (Yan et al., 2011). بدین‌منظور قطعات ۴×۱ سانتی‌متری از فیلمها بریده شده و ضخامت آنها در ۵ نقطه در امتداد فیلم اندازه‌گیری شد و سپس قطعه فیلم در دیواره شفاف داخل سل کوارتزی دستگاه قرار داده شده و میزان جذب نمونه قرائت گردید. شفافیت از رابطه (۴) محاسبه شد (Han & Floros, 1997):

$$\text{رابطه (۴)}$$

$$\text{Transparency} = \frac{A_{600}}{X}$$

در این رابطه A میزان نشر نور در طول موج ۶۰۰ نانومتر و X متوسط ضخامت فیلم برحسب میلی‌متر می‌باشد.

لازم به ذکر است که چون شفافیت تحت تأثیر ضخامت فیلم قرار می‌گیرد (Wu et al., 2009)، در این مطالعه ضخامت فیلم به دقت کنترل شده (جدول

جدول ۱- میانگین ضخامت و دانسیته فیلم‌های کتیرا با درصدهای مختلف پلاستی‌سایزر

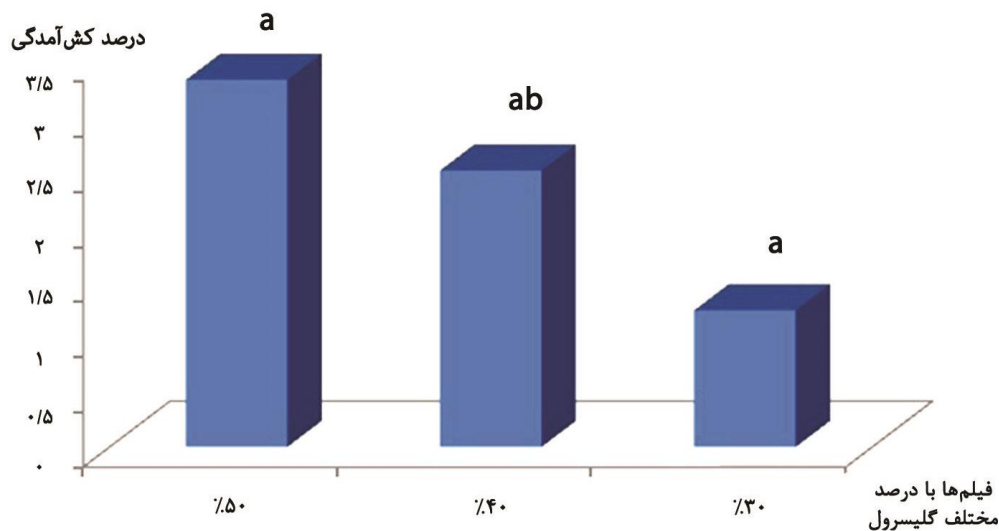
درصد پلاستی‌سایزر	ضخامت (سانتی‌متر)	دانسیته (گرم/سانتی‌متر مکعب)
(b)/۳۰	0.095 ± 0.01	۰/۰۰۲
(ab)/۴۰	0.089 ± 0.01	۰/۰۰۲
(a)/۵۰	0.099 ± 0.01	۰/۰۰۲

حروف یکسان در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۵ درصد است.

ویژگی‌های مکانیکی

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده ویژگی‌های مکانیکی فیلم‌ها بر اساس درصد متفاوت گلیسرول مورد استفاده در ساختار آنها تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪

داشته است که مقایسه‌های میانگین درصد کش‌آمدگی تا نقطه پارگی در بین دو نمونه ۵۰٪ و ۳۰٪ گلیسرول تفاوت معنی‌داری نشان داده است (شکل ۲).



شکل ۲- مقایسه درصد کش‌آمدگی تا نقطه پارگی فیلم‌های کتیرا با درصد گلیسرول مختلف (حروف یکسان بر روی ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۵ درصد است).

مخلوط آب‌پنیر- کازئینات سدیم و همچنین فیلم کازئینات سدیم، استحکام کششی، مدول یانگ و ضخامت کاهش و کشش‌پذیری افزایش یافت. فیلم کتیرا با گلیسرول (به‌عنوان شاهد) دارای کمترین استحکام کششی (۰/۴ مگاپاسکال) و بالاترین درصد کشش‌پذیری در میان تمام فیلم‌های تولید شده بود که احتمالاً ترکیب گلیسرول و کتیرا باعث افزایش باندهای هیدروژنی جدید می‌شود. گلیسرول با کتیرا دارای سازگاری مناسبی است پس کشش‌پذیری افزایش می‌یابد و استحکام کاهش می‌یابد. در مطالعه‌های دیگر، افزایش مقدار کتیرا باعث افزایش

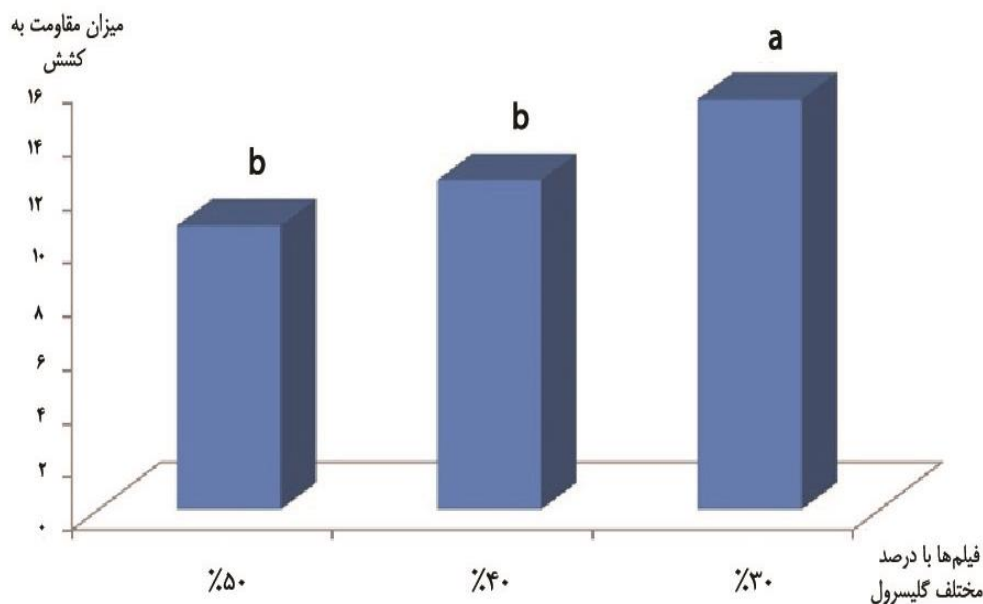
تغییرات خواص مکانیکی با تغییر درصد گلیسرول در تحقیقات دیگر محققان نیز گزارش شده است. جوانمرد و بصیری (۱۳۸۵) در مطالعه خود مشاهده نمودند که افزودن گلیسرول منجر به افزایش معنی‌دار در میزان کش‌آمدگی فیلم‌ها می‌گردد. همچنین گزارش شده است که افزایش میزان ماده نرم‌کننده در فیلم‌های خوراکی به‌طوراساسی منجر به افزایش میزان کش‌آمدگی و کاهش قدرت کشش می‌شود (Choi & Han, 2001). دیواندری و همکاران (۱۳۸۷) نیز گزارش کردند که با افزایش محلول کتیرا (به‌نسبت‌های ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد) به محلول فیلم

در تحقیقات دیگر گزارش گردیده گلیسرول و روغن بین زنجیره‌های نشاسته (آمیلوز و آمیلوپکتین) قرار گرفته و باعث کاهش میزان نیروی بین مولکولی بین زنجیره‌های آمیلوز و آمیلوپکتین می‌شود، به‌همین علت زنجیره‌های آمیلوز و آمیلوپکتین روی یکدیگر بهتر حرکت کرده و همین امر باعث افزایش میزان کشش‌پذیری فیلم و کاهش مقاومت به کشش می‌شود (Bravin et al., 2006؛ Chillo et al., 2008؛ Perez-Mateos et al., 2009؛ Rodriguez et al., 2006).

بررسی نتایج ویژگی مقاومت به کشش و درجهٔ سفتی فیلم^۱ نشان داد که بین نمونه‌های ۳۰٪، ۴۰٪ و ۵۰٪ گلیسرول با دو نمونهٔ ۵۰٪ و ۴۰٪ گلیسرول تفاوت معنی‌داری وجود داشته و نمونهٔ ۳۰٪، مقاومت کشش بیشتر و درجهٔ نرمی کمتری را نشان داد و نمونهٔ ۵۰٪ دارای نرمی بیشتر بوده که مطلوب‌تر می‌باشد (شکل ۳ و ۴).

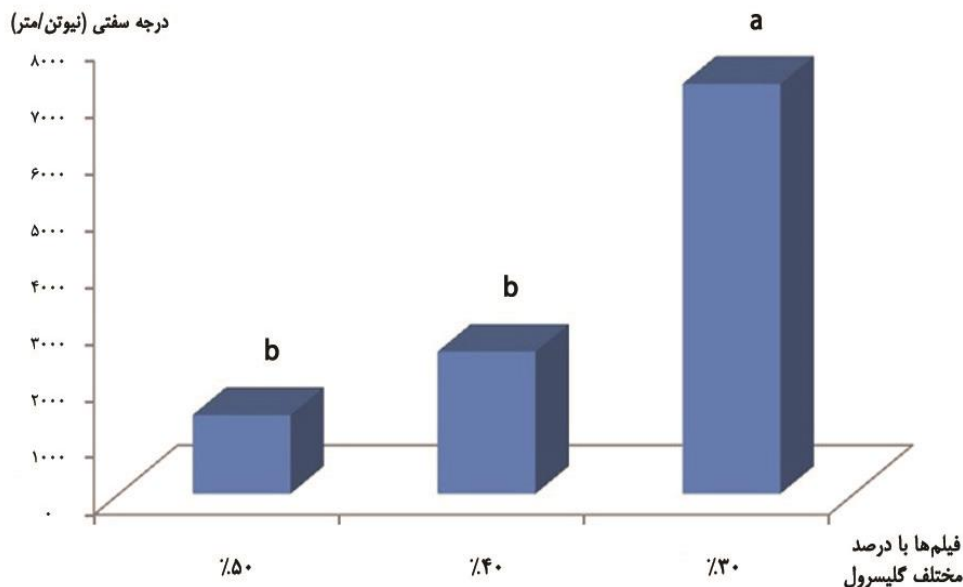
مقاومت به کشش فیلم در سطح اطمینان ۹۰٪ گردید، در صورتی‌که افزایش گلیسرول و روغن در سطح اطمینان ۹۹٪ باعث کاهش میزان مقاومت به کشش گردید. گلیسرول در سطح اطمینان ۹۹٪ و روغن در سطح اطمینان ۹۰٪ باعث افزایش میزان کشش‌پذیری فیلم نشاسته می‌شود. با این‌وجود میزان کتیرا در میزان کشش‌پذیری فیلم تأثیری نداشت (فاضل و همکاران، ۱۳۹۱). جوانمرد و گلستان (۱۳۸۹) گزارش کردند افزایش میزان گلیسرول در مقادیر ۰/۱ و ۰/۲ باعث افزایش جزئی در ازدیاد طول فیلم‌های تولیدی شد.

همچنین آزمون‌های مقاومتی نشان داد که چربی به‌عنوان یک پلاستی‌سایزر، پایداری نسبت به شکستگی فیلم‌ها را افزایش می‌دهد. نتایج تحقیق گروسی و همکاران (۱۳۹۰) نیز نشان داد افزایش میزان گلیسرول و پلی‌اتیلن گلیکول در فیلم‌ها منجر به کاهش در مدول یانگ و قدرت کششی می‌شود.



شکل ۳ - مقایسهٔ ویژگی مقاومت به کشش فیلم‌های کتیرا با درصد گلیسرول مختلف (حروف یکسان بر روی ستون‌ها نشان‌دهندهٔ عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است).

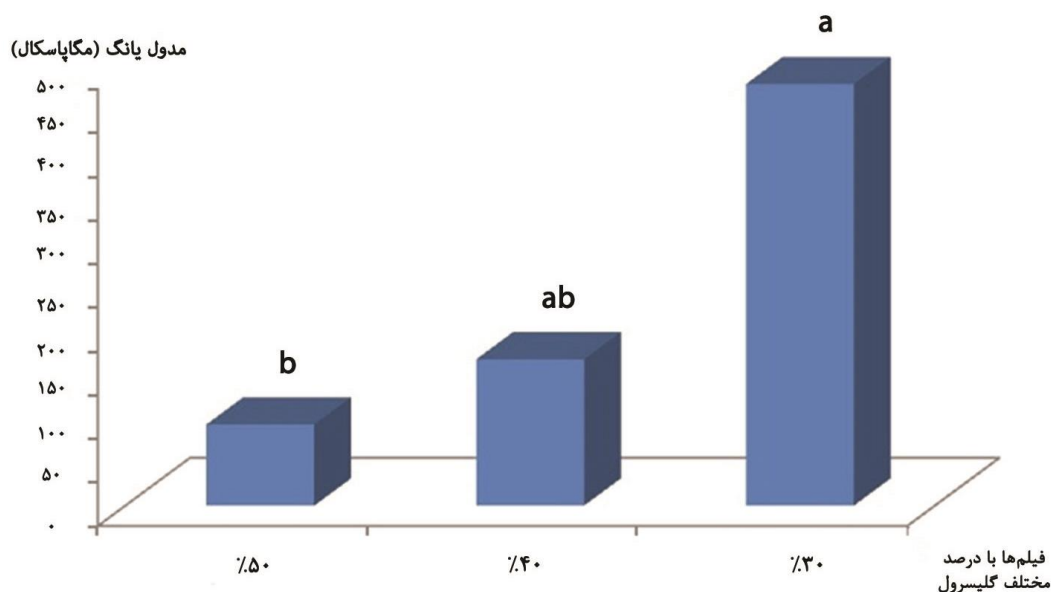
¹ Stiffness (N/m)



شکل ۴- مقایسه درجه سفتی فیلم‌های کتیرا با درصد گلیسرول مختلف (حروف یکسان بر روی ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است).

باتوجه به نتایج آنالیز مدول یانگ مشاهده شد که بین نمونه‌های ۳۰٪ گلیسرول با نمونه ۵۰٪ گلیسرول تفاوت معنی‌داری وجود داشته و نمونه ۳۰٪ از شاخص مدول یانگ بالاتری برخوردار است (شکل ۵).

اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند با افزایش غلظت گلیسرول و سوربیتول به‌عنوان نرم‌کننده به فیلم‌ها، مقاومت به کشش (تفاوت غیرمعنی‌دار) و مدول یانگ فیلم‌ها (اختلاف معنی‌دار) کاهش و ازدیاد طول (تفاوت غیرمعنی‌دار) افزایش یافت.



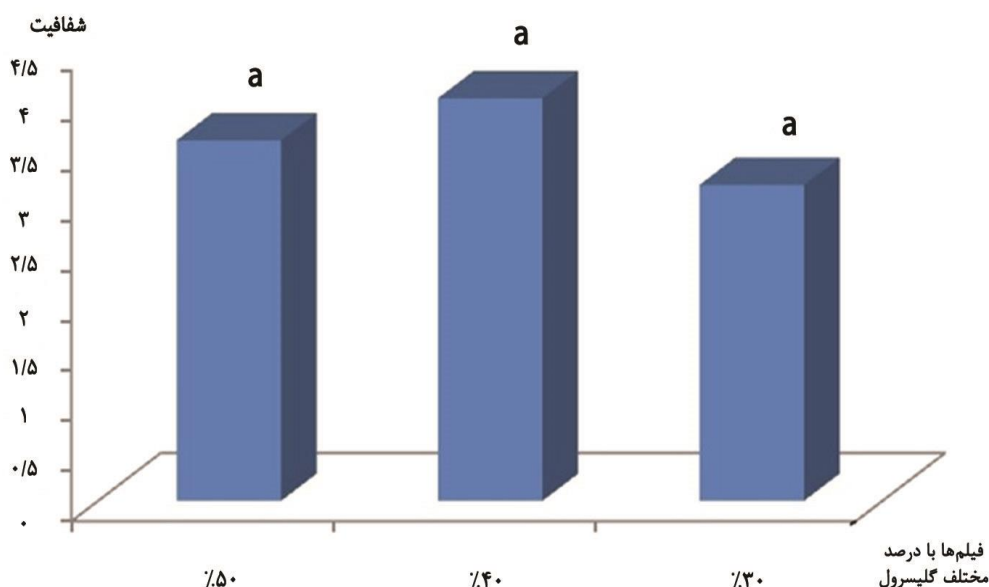
شکل ۵- مقایسه مدول یانگ فیلم‌های کتیرا با درصد گلیسرول مختلف (حروف یکسان بر روی ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است).

عبور نور و شفافیت

شفافیت یک ویژگی بسیار مهم برای فیلم‌هایی است که به‌عنوان پوشش یا بسته‌بندی برای مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Gontard *et al.*, 1992). همچنین شفافیت یک شاخص مؤثر و کارآمد در تعیین اطلاعات مربوط به اندازه ذرات پراکنده شده در ماتریکس پلیمر است، به طوری که ذرات و گرانول‌های بزرگ‌تر از طول موج مرئی، مسیر عبور نور را مسدود نموده و باعث افزایش کدورت فیلم می‌شوند

(Piyaporn *et al.*, 2007).

نتایج اندازه‌گیری میزان شفافیت و عبور نور فیلم‌ها نشان داد کلیه نمونه‌های به‌دست‌آمده از شفافیت بسیار بالایی برخوردارند که قابل‌مقایسه با فیلم‌های سنتزی می‌باشند، آنالیز واریانس نتایج به‌دست‌آمده توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر حاکی از آن است که تفاوت شفافیت انواع فیلم‌های مورد آزمون در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیست ($P > 0.05$) (شکل ۶).



شکل ۶- مقایسه شفافیت فیلم‌های کتیرا با درصد گلیسرول متفاوت (حروف یکسان بر روی ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است).

حلالیت فیلم‌ها در آب

صمغ کتیرا در آب متورم و حل می‌شود و یک محلول غلیظ با ویسکوزیته بالا ایجاد می‌کند (فرحناکی و همکاران، ۱۳۸۸). نتایج حلالیت فیلم‌ها در آب نشان داد که فیلم‌های کتیرا صددرصد در آب محلول می‌باشند که این امر استفاده از آنها را به تنهایی برای تولید فیلم‌های مربوط به مواد غذایی مرطوب نامناسب می‌سازد، زیرا فیلم تولید شده بلافاصله در اثر تماس با سطح ماده غذایی مرطوب، حل شده و ساختار خود را از دست خواهد داد. نتایج فاضل و همکاران (۱۳۹۱) نشان داد، فیلم‌های دارای غلظت‌های بالای گلیسرول

بخصوص بیشتر از ۲۵٪ نسبت به سایر ترکیبات در فیلم‌های تولید شده، دارای حلالیت بیشتری می‌باشند و در این پژوهش میزان گلیسرول بالای ۳۰٪ بود که فیلم‌ها به‌طور کامل حل شدند. در تحقیق Araujo-Farro و همکاران (۲۰۱۰) که به بررسی تأثیر مقدار گلیسرول در قالب طرح آماری RSM انجام دادند، مشخص شد که با افزایش مقدار گلیسرول، حلالیت افزایش می‌یابد.

نتیجه گیری

سنتزی باشد، زیرا بدون تغییر چشمگیر در شفافیت ظاهری آنها، سبب افزایش زیست تخریب پذیری فیلم‌های مذکور خواهد شد. همچنین مشاهده شد که فیلم کتیرا دارای ۳۰٪ گلیسرول نسبت به سایر فیلم‌ها از مقاومت به کشش و به تعبیر دیگر استحکام بیشتری برخوردار می‌باشد اما فیلم دارای ۵۰٪ گلیسرول سفتی کمتر، انعطاف‌پذیری بالاتر و درصد ازدیاد طول تا پارگی بیشتری دارد.

مجموع نتایج به دست آمده از آزمایش‌های مختلف نشان داد که فیلم تهیه شده از کتیرا با وجود ظاهر مناسب و شفافیت، به دلیل حلالیت بسیار زیاد در آب برای تولید فیلم خوراکی مطلوب نیست مگر اینکه با سایر فیلم‌های خوراکی به دلیل داشتن ویژگی‌های قابل قبول کتیرا ترکیب شود، همچنین می‌تواند گزینه‌ای مناسب برای تلفیق با سایر فیلم‌های شفاف

منابع

- ۱- اسماعیلی، س.، محمدزاده میلانی، ج. و کسای، م. ر. ۱۳۹۳. بررسی اثر نوع و غلظت نرم‌کننده بر ویژگی‌های فیلم خوراکی تهیه شده از صمغ چرخک. نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی، ۳(۴):۳۱۷-۳۳۰.
- ۲- جوانمرد، م. و بصیری، ع. ۱۳۸۵. بررسی امکان تهیه فیلم زیست سازگار از نشاسته نخود و تأثیر رطوبت نسبی و پلاستی سایزر بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آن. نشریه علوم محیطی، ۴(۲):۶۳-۷۱.
- ۳- جوانمرد، م. و گلستان، ل. ۱۳۸۹. نفوذپذیری نسبت به بخار آب در فیلم‌های خوراکی بر پایه کنسانتره پروتئین آب‌پنیر و روغن زیتون. مجله مهندسی شیمی ایران، ۹(۴۶):۴-۱۲.
- ۴- حدیدی، م.، ضرابی، الف. و نادعلیان، ز. ۱۳۹۱. بررسی خواص و کاربردهای صمغ‌های بومی ایران. دومین سمینار ملی امنیت غذایی، ۲۶-۲۷ مهر ماه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه.
- ۵- دیواندردی، ن.، دیواندردی، م.، مرتضوی، س.ع. و آرمین، م. ۱۳۸۷. بررسی خواص کششی فیلم‌های خوراکی بر پایه آب‌پنیر، کازئینات سدیم و صمغ تراگاکانت. هیجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی، ۲۲-۲۵ مهر ماه، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی.
- ۶- فاضل، م.، عزیزی، م.ج.، عباسی، س. و برزگر، م. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر کتیرا، گلیسرول و روغن روی خصوصیات فیلم خوراکی بر پایه نشاسته سیب‌زمینی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، ۹(۳۴):۲۰۶-۲۱۴.
- ۷- فرحناکی، ع.، مجذوبی، م. و مصباحی، غ. ۱۳۸۸. خصوصیات و کاربردهای هیدروکلوئیدها در مواد غذایی و دارویی (ژلاتین، کتیرا، صمغ عربی، نشاسته، نشاسته اصلاح شده و پکتین). نشریه علم کشاورزی ایران، صفحه ۷۹ و ۸۴.
- ۸- گروسی، ف.، جوانمرد، م. و حسنی، ف. ۱۳۹۰. کاربرد پوشش خوراکی بر پایه پروتئین آب‌پنیر و صمغ گلان برای میوه زردآلو (*Prunus armeniaca L.*). فصلنامه علوم و صنایع غذایی، ۸(۲۹):۳۹-۴۸.
- 9- Araujo-Farro, P.C., Podadera, G., Sobral, P.J.A., & Menegalli, F.C. 2010. Development of films based on quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willdenow) starch. Carbohydrate Polymers, 81(4):839-848.
- 10-ASTM 2002. Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting, D882-02. In Annual book of ASTM standards. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Material.
- 11-Bravin, B., Peressini, D., & Sensidoni, A. 2006. Development and application of polysaccharide-lipid edible coating to extend shelf-life of dry bakery products. Journal of Food Engineering, 76(3):280-290.
- 12-Chillo, S., Flores, S., Mastromatteo, M., Conte, A., Gerschenson, L., & Dell Nobile, M.A. 2008. Influence of glycerol and chitosan on tapioca starch-based edible film properties. Journal of Food Engineering, 88(2):159-168.

- 13-Choi, W.S., & Han, J.H. 2001. Physical and mechanical properties of pea-protein-based edible films. *Journal of Food Science*, 66(2):319-322.
- 14-Ghanbarzadeh, B., Almasi, H., & Entezami, A. 2010. Physical properties of edible modified starch/carboxymethyl cellulose films. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(4):697-702.
- 15-Gontard, N., Guilbert, S., & Cuq, J.L. 1992. Edible wheat gluten films: Influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. *Journal of Food Science*, 57(1):190-195.
- 16-Grobl, M., Harrison, S., Kaml, I., & Kenndler, E. 2005. Characterisation of natural polysaccharides (plant gums) used as binding media for artistic and historic works by capillary zone electrophoresis. *Journal of Chromatography A*, 1077(1):80-89.
- 17-Han, J.H., & Floros, J.D. 1997. Casting antimicrobial packaging films and measuring their physical properties and antimicrobial activity. *Journal of Plastic Film and Sheeting*, 13(4):287-298.
- 18-Hernandez, O., Emaldi, U., & Tovar, J. 2008. In vitro digestibility of edible films from various starch sources. *Carbohydrate Polymers*, 71(4):648-655.
- 19-Lafargue, D., Lourdin, D., & Doublier, J.L. 2007. Film-forming properties of a modified starch kappa-carrageenan mixture in relation to its rheological behavior. *Carbohydrate Polymers*, 70(1):101-111.
- 20-Mali, S., Grossmann, M.V.E., Garcia, M.A., Martino, M.N., & Zaritzky, N.E. 2005. Mechanical and thermal properties of yam starch films. *Food Hydrocolloids*, 19(1):157-164.
- 21-Mauer, L.J., Smith, D.E., & Labuza, T.P. 2000. Water vapor permeability, mechanical, and structural properties of edible β -casein films. *International Dairy Journal*, 10(5-6):353-358.
- 22-Muller, C.M.O., Yamashita, F., & Laurindo, J.B. 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.
- 23-Lopez, O.V., Garcia, M.A., & Zaritzky, N.E. 2008. Film forming capacity of chemically modified corn starches. *Carbohydrate Polymers*, 73(4):573-581.
- 24-Perez-Mateos, M., Montero, P., & Gomez-Guille, M.C. 2009. Formulation and stability of biodegradable films made from cod gelatin and sunflower oil blends. *Food Hydrocolloids*, 23(1):53-61.
- 25-Piyaporn, K., Duangdao, A., Duanghathai, P., & Kawee, S. 2007. Preparation of cassava starch/montmorillonite composite film. *Carbohydrate Polymers*, 67(2):155-163.
- 26-Rodriguez, M., Osés, J., Ziani, K., & Mate, J.I. 2006. Combined effect of plasticizers and surfactants on the physical properties of starch based edible films. *Food Research International*, 39(8):840-846.
- 27-Romero-Bastida, C.A., Bello-Perez, L.A., Garcia, M.A., Martino, M.N., Solorza-Feria, J., & Zaritzky, N.E. 2005. Physicochemical and microstructural characterization of films prepared by thermal and cold gelatinization from non-conventional sources of starches. *Carbohydrate Polymers*, 60(2):235-244.
- 28-Schou, M., Longares, A., Montesinos-Hrrero, C., Monahan, F.J., O'Riordan, D., & O'Sullivan, M. 2005. Properties of edible sodium caseinate films and their application as food wrapping. *LWT-Food Science and Technology*, 38(6):605-610.
- 29-Sothornvit, R., & Krochta, J.M. 2001. Plasticizer effect on mechanical properties of β -lactoglobulin films. *Journal of Food Engineering*, 50(3):149-155.
- 30-Talja, R.A., Helen, H., Roos, Y.H., & Jouppila, K. 2008. Effect of type and content of binary polyol mixtures on physical and mechanical properties of starch-based edible films. *Carbohydrate Polymers*, 71(2):269-276.

-
- 31-Wu, H., Liu, C., Chen, J., Chang, P.R., Chen, Y., & Anderson, D.P. 2009. Structure and properties of starch/ α -zirconium phosphate nanocomposite films. *Carbohydrate Polymers*, 77(2):358–364.
- 32-Yan, Q., Hou, H., Guo, P., & Dong, H. 2011. Effects of extrusion and glycerol content on properties of oxidized and acetylated corn starch-based films. *Carbohydrate Polymers*, 87(1)707-712.

Production of Biodegradable Edible Films from Tragacanth Gum and Determination of Their Physical and Mechanical Properties

Hamideh sadat Aghili moghaddam^{1*}, Bagher Emadi², Fereshteh Hosseini³,
Hassan Sadrnia⁴

1- MSc Graduated, Department of Biosystems Engineering, International Campus of Ferdowsi University of Mashhad

* Corresponding author (melinaaghili@gmail.com)

2- Associate Professor of Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

3- Assistant Professor, Food Additives Research group, ACECR, Khorasan Razavi Branch, Iran

4- Associate Professor of Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

Abstract

Due to the disadvantages of synthetic packaging materials such as migration into food, polluting the environment, difficult recovery, high costs of raw materials and production, natural biopolymers have recently been paid more attention as alternatives to the petroleum-derived plastics for packaging. The aim of this study was producing biodegradable edible films based on native tragacanth from Iran and determining their physical and mechanical properties. Also, the effects of different percentages of glycerol as a plasticizer (30%, 40% and 50%) on the films properties were investigated. According to the results, tragacanth based films showed appropriate mechanical properties and high transparency. Different percentage of glycerol did not affect the physical properties of the samples, but made some changes in mechanical properties. Among all treatments, films with 30% glycerol showed higher tensile strength in comparison to the other samples. Also, films with 50% glycerol showed more %E and lower stiffness. Because of high solubility of tragacanth films, they cannot be used in film production alone, but it is an appropriate candidate for composite films.

Keywords: Biodegradable, Edible film, Tragacanth