تهیه و بررسی خواص فیزیکی - مکانیکی فیلم گلوتن و مقایسهٔ آن با فیلم پلی‌اتیلن با دانسیتهٔ پایین (LDPE)

اعظم اعرابی[a*]، حسن عبادی دهاقانی[b]، سمانه وکیلی[c]، شهره خوش اخلاق[c]

[a] عضو هیات علمی گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شهرضا، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرضا، ایران
[b] عضو هیات علمی گروه مهندسی پلیمر، واحد شهرضا، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرضا، ایران
[c] دانش آموخته کارشناسی، واحد شهرضا، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرضا، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۷/۲۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱/۹

چکیده

مقدمه: در حال حاضر تلاش صنایع بسته‌بندی و غذایی در جهت کاهش بسته‌بندی مواد غذایی و استفاده از مواد تجزیه‌پذیر به عنوان دوستدار طبیعت و جایگزین پلیمرهای سنتزی هم از نظر قیمت و هم به دلایل زیست محیطی می‌باشد. هدف از این پژوهش ارزیابی خواص فیزیکی و مکانیکی فیلم تهیه شده از گلوتن گندم و مقایسه آن با فیلم پلی اتیلن با دانسیته پایین (LDPE) می‌باشد.

مواد و روش‌ها: فیلم‌های خوراکی از گلوتن با درصدهای مختلف (۱/۵، ۳ و ۵ درصد) از گلیسرول با دو روش اختلاط معمولی و همچنین اختلاط از طریق تابش امواج فراصوت تهیه گردید و از نظر درصد ازدیاد طول، مقاومت به پارگی و همچنین حلالیت در آب و اسید و میزان نفوذپذیری به اکسیژن مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: مقایسه نتایج آزمون خواص مکانیکی و نفوذپذیری فیلم‌های تهیه شده از اختلاط به روش فرا صوت با نمونه‌های معمولی نشان داد که تابش فراصوت اثری روی خواص مذکور ندارد. فرایند انجماد در فیلم گلوتن سبب افزایش استحکام کششی به میزان ۷۵ درصد و ازدیاد طول در پارگی ۳۰۰ درصد گردید. همچنین مقایسه خواص مکانیکی فیلم‌های گلوتن با فیلم LDPE نشان داد فیلم گلوتن از نظر خواص به ویژه در مقادیر ۳ درصد وزنی از گلیسرول قابل مقایسه با فیلم‌های پلیمری با منشأ نفتی می‌باشد.

نتیجه‌گیری: نتایج نفوذپذیری نسبت به اکسیژن نشان داد فیلم گلوتن به دلیل داشتن نفوذپذیری اکسیژن بسیار پایین‌تر نسبت به فیلم LDPE می‌تواند به عنوان یک ممانعت کننده گاز اکسیژن قوی در صنایع بسته‌بندی به کار رود. علاوه بر این به عنوان یک فیلم خوراکی و دوستدار محیط زیست، در بسته بندی با نفوذپذیری کنترل شده موثر جهت جلوگیری از فساد مواد غذایی به کار رود.

واژه‌های کلیدی: *انجماد، امواج فراصوت، پلی اتیلن با دانسیتهٔ پایین، فیلم خوراکی، گلوتن، LDPE*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: aarabi@iaush.ac.ir

مقدمه

هر ساله مقادیر زیادی از پلاستیک‌های با منشا نفتی تولید می‌شوند که باقی ماندن ضایعات ناشی از عدم تجزیهٔ آنها از یک سو و همچنین روند رو به افزایش تقاضای مصرف کنندگان برای مواد غذایی با کیفیت بالاتر و مدت ماندگاری بیشتر از سوی دیگر موجب گردیده که در سال‌های اخیر تحقیقات دانشمندان به سمت شناسایی و تولید مواد تجزیه پذیر از قبیل فیلم‌های خوراکی برای بسته‌بندی گردد بطوریکه به واسطه تجزیه‌پذیر بودن، جانشین‌های مناسبی برای این مواد با منشا پلاستیکی بوده و تهدیدی برای محیط زیست نباشند.

فیلم‌های خوراکی[1] یک لایه نازکی از مواد خوراکی هستند که روی سطح مواد غذایی قرار گرفته و به عنوان محافظ آنها عمل می‌کنند (Brodly, 2005).

معمولا خواص مکانیکی و نفوذپذیری فیلم‌های بیولوژیکی با قطبیت فیلم ارتباط دارد. در فیلم‌های با منشا پروتئینی خواص مکانیکی فیلم تولیدی به ترکیب اسیدهای آمینه، توزیع و قطبیت آنها بستگی دارد (Irissin–Mangata *et al.*, 2001) با توجه به اینکه گلوتن گندم خاصیت ویسکوالاستیک دارد و از سوی دیگر به عنوان یک منبع در دسترس می‌باشد تهیه فیلم از آن مورد توجه قرار گرفته است (Munoz *et al.*, 2003).

در زمینه تولید و ارزیابی عوامل مختلف در تولید فیلم‌های خوراکی تحقیقات زیادی انجام گرفته است. Minlai and Padua (۱۹۹۷) روشی برای تهیه فیلم خوراکی از زئین ذرت ارائه دادند که در این روش از اسید اولئیک به عنوان عامل نرم کننده استفاده شد و سپس آزمایشات متفاوتی از جمله اندازه‌گیری تنش کششی، بررسی رفتار حرارتی فیلم و بررسی ساختار میکروسکوپی فیلم انجام شد. همچنین در تحقیق دیگر اثر فیلم‌های پلی‌ساکاریدی را بر میزان جذب روغن و انتقال رطوبت در انواع شیرینی‌ها مورد بررسی قرار دادند که در آن فیلم‌های تهیه شده از صمغ ژلان[2]، متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل سلولز مقایسه شدند. هر سه فیلم جذب روغن در غذاها را تا ۵۱ درصد کاهش دادند (Williams *et al.*, 1999).

Micard و همکاران در تهیه فیلم گلوتنی، شرایط متفاوت فیزیکی نظیر حرارت دادن، اشعه دهی با اشعه‌های گاما و UV و شرایط شیمیایی عبور دادن بخارات فرمالدهید را مورد ارزیابی قرار داده و سپس خواص فیزیکی فیلم را مورد بررسی قرار دادند. مشخص گردید با این تیمارها مقاومت مکانیکی فیلم بهبود می‌یابد (Roy *et al.*, 2000; Micard, 2000; Lee *et al.*, 2005; Munos *et al.*, 2004).

تعداد زیادی عامل پلاستی سایزر و نرم کننده شامل پلی الها ، دی و الیگو ساکاریدها، لیپیدها و مشتقات آنها، مورد آزمایش قرار گرفتند که مشخص گردید که ترکیبات آمفی پاتیک مانند گلیکول منو استئارات، استر استیک اسید منو گلیسیرید، استر سوکروز اثر نرم کنندگی نداشتند و مواد آب گریز مانند اسید های چرب لوریک، استئاریک و اولئیک خاصیت ضد نرم کنندگی داشتند.و در این میان ترکیبات هیدروفیلیک مانند (گلیسرول، سوربیتول، پروپان دی ال) اثر بهتری در افزایش توسعه پذیری فیلم و گسترش آن داشتند (Redlb *et al.*, 2003).

Grosso Tanada-Palmu و همکاران (۲۰۰۵) اثر فیلم‌های گلوتنی بر ماندگاری و کیفیت توت فرنگی‌های سردخانه‌گذاری شده را مورد بررسی قرار دادند پوشش‌ها با عمل غوطه‌وری برای بسته بندی میوه استفاده شدند. مشخص شد استفاده از دو لایه پوشش با گلوتن گندم و لیپید (اسید استئاریک، اسید پالمیتیک و موم زنبور در حفظ کیفیت و تازگی توت فرنگی اثر بهتری داشتند.

مرور منابع نشان داد با وجود آنکه کارهای زیادی در زمینهٔ گلوتن انجام شده است ولی تاکنون در زمینهٔ مقایسه فیلم گلوتن با فیلم‌های سنتتیک با منشا نفتی مطالعه انجام نگرفته است. هدف از این پژوهش، تهیهٔ فیلم‌های یکنواخت با استفاده از روش ریخته‌گری از حلال[3] در حضور گلیسرول به عنوان نرم‌کننده می‌باشد. با توجه به نتایج اثر امواج فراصوت بر کیفیت فیلم‌های تهیه شده از پروتئین آب پنیر و کازئینات سدیم و بهبود در کشش‌پذیری فیلم (Banerjee *et al.*, 1996)، در این راستا اثر استفاده از فرایند امواج فراصوت بر روی کیفیت پخش گلوتن در حلال و نرم‌کنندهٔ گلیسرول و در نتیجه خواص فیلم‌های حاصل و همچنین اثر انجماد بر آن ارزیابی شده و نتایج به دست آمده با فیلم پلی‌اتیلن با دانسیته پایین بررسی خواهد شد.

[1] Dible Films [2] Gellan [3] Solution Casting

مواد و روش ها

- مواد

گندم جهت استخراج گلوتن از شرکت آرد جرعه اصفهان و اتانول خالص، نیترات منیزیم، اسید کلریدریک، گلیسرول، آمونیوم هیدروکسید از شرکت مرک آلمان. فیلم دمشی پلی‌اتیلن سبک (LDPE) گرید LH0075 پتروشیمی بندر امام تولید شده در شرکت صدف اصفهان تهیه گردید. دستگاه گلوتن شوی اتوماتیک مدل پرتن ۲۱۰۰ (ساخت سوئد)، دستگاه ارزیابی کشش سنتام[1] (ساخت ایران)، حمام اولتراسونیک مدل پالس ۳۰۰[2] ساخت ایتالیا . دستگاه اندازه‌گیری نفوذپذیری گاز[3] ساخت شرکت کوئسفیلد[4] آلمان، آسیاب والسی آزمایشگاهی بولر[5] آلمان، سانتریفوژ مدل سیگما (آلمان) نیز در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت.

- مراحل تهیه فیلم خوراکی از گلوتن گندم

- تهیه فیلم با روش حرارت

در این مطالعه گندم با آسیاب والسی آزمایشگاهی در آزمایشگاه تبدیل به آرد شد و به منظور جدا شدن ذرات درشت، آرد به دست آمده از الک با مش ۱۸۰ عبور داده شد سپس با کمک دستگاه گلوتن شوی اتوماتیک، گلوتن آن استخراج گردید (ISO 21415-2: 2006). در مرحله بعد به منظور جلوگیری از تخریب بافت گلوتنی، عمل خشک شدن گلوتن در آون خلا در دمای ۴۰ درجه به مدت ۱۵ ساعت و خلا ۲۰ اینچ جیوه خشک گردید و سپس گلوتن خشک شده با آسیاب به پودر بسیار ریزی تبدیل شده و در مرحله بعد برای تهیه فیلم مورد استفاده قرار گرفت. جهت تهیه فیلم محلولی از گلوتن شامل گلوتن (۹/۰ گرم در۱۰۰ میلی لیتر محلول)، اتانول (۳۲/۵میلی لیتر)، گلیسرول (۱/۵، ۳ و ۵ گرم) مخلوط گردید و با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده و سپس pH محلول با هیدروکسید آمونیوم در۱۰ تنظیم شد تمامی این اجزاء با استریر مگنت دار تا رسیدن به دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد و به مدت ۶ دقیقه در ۵۰۰۰ دور بر دقیقه در دمای اتاق با استفاده از دستگاه سانتریفوژ با دور بالا سیگما آلمان، سانتریفوژ شد. در مرحله نهایی قسمت شفاف به دست آمده را روی یک صفحه کاملا صاف تهیه شده از جنس تفلون ریخته و به صورت یکنواخت آن را پخش کرده و اجازه داده شد تا به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه محیط خشک شود (Tanada- Palmu *et al*., 2005). به این ترتیب فیلم‌های گلوتن با غلظت‌های مختلف از نرم‌کنندۀ گلیسرول، از ۱/۵ تا ۵٪ تهیه گردید. یک نمونۀ شاهد از فیلم گلوتن خالص بدون نرم کنندۀ گلیسرول نیز تهیه شد که بعد از خشک شدن به دلیل عدم وجود انعطاف و شکننده بودن، کیفیت لازم برای جدا شدن از قالب را نداشته و به هنگام جدا کردن خرد شدند.

- تهیه فیلم با استفاده از امواج اولتراسونیک

استفاده از امواج فراصوت می‌تواند یک استراتژی جالب برای بهبود پراکندگی پروتئین گلوتن و در نتیجه خواص فیلم حاصل باشد. مراحل تهیه این فیلم مشابه تهیه فیلم با روش حرارت بود با این تفاوت که قبل از قرار دادن مواد روی هیتر، محلول به مدت ۱۲ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد درون دستگاه اولترا سوند، قرار گرفت. این سیستم مجهز به سونتورد[6] با قطر ۲ میلی متر و خروجی ۱۴۰ W و شدت اولتراسونیک ۳۶۰ W/Cm^2 و یک فرکانس ۳۸kHz استفاده گردید.

کلیه نمونه‌های تهیه شده قبل از انجام آزمون مکانیکی و فیزیکی به مدت ۱ روز در رطوبت نسبی ۵۲٪ که برای تهیه آن از نیترات منیزیم اشباع استفاده شد، تیمار شدند.

- بررسی اثر انجماد

جهت بررسی اثر انجماد بر فیلم‌های گلوتنی تهیه شده از غلظت ۱/۵٪ و ۳٪ گلیسرول در یک فریزر به مدت ۱۰ روز در دمای ۲۰- درجۀ سانتی‌گراد قرار داده شد (لازم به ذکر است انتخاب این دو غلظت بر اساس نتایج آزمون های تاثیر گلیسرول بر خواص مکانیکی فیلم انتخاب گردید). سپس نمونه‌ها از فریزر خارج گردید و مشابه نمونه‌های دیگر به مدت یک روز در رطوبت نسبی ۵۲٪ نگهداری شده و سپس در دستگاه کشش خواص کششی آنها بررسی شد.

[1] Santam [2] Puls 300 [3] Gas Permeability Tester [4] Coesfeld [5] Bohler [6] Sonotrode

- آزمون‌ها

- استحکام مکانیکی فیلم‌های تهیه شده از گلوتن

تست کشش فیلم با استفاده از دستگاه کشش مطابق با استاندارد روش استاندارد ASTM D 882-83 و با سرعت کشش ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه برای تمامی فیلم‌های تهیه شده با غلظت‌های مختلف گلیسرول انجام شد و دو پارامتر استحکام کششی[1] و درصد ازدیاد طول تا پارگی فیلم[2] و مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای مقایسه خواص فیلم‌های گلوتنی با فیلم LDPE، از نمونه های فیلم دمشی ذکر شده در جهت کشش فیلم مطابق با استاندارد ذکر شده نمونه‌ها بریده شد (Tanada- Palmu *et al*., 2002). سپس از نمونه پنج فیلم مطابق استاندارد بریده شد و پس از قرار دادن در دستگاه کشش، خواص کششی آنها بررسی شد. عمل کشش تا پاره شدن فیلم انجام گرفت. اعداد به دست آمده میانگین نتایج به دست آمده برای پنج نمونه می‌باشد.

- بررسی اثر انجماد بر خواص کششی

جهت بررسی اثر انجماد بر فیلم‌های به دست آمده تعدادی از نمونه‌های بریده شده برای آزمون کشش مطابق استاندارد ASTM D 882-83 در یک فریزر به مدت ۱۰ روز در دمای ۲۰- درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس نمونه‌ها از فریزر خارج گردید و مشابه نمونه‌های دیگر به مدت یک روز در رطوبت نسبی ۵۲٪ نگهداری شدند و سپس در دستگاه کشش قرار داده شد و خواص کششی آنها نیز بررسی شد تا بتوان با نمونه‌های فریز نشده مقایسه نمود.

- تعیین حلالیت فیلم در آب

خاصیت مقاومت در برابر حلالیت در آب برای فیلمهای خوراکی جهت محافظت از مواد غذایی با فعالیت آبی بالا یک ویژگی مهم می‌باشد. همچنین ممکن است فیلم‌های خوراکی با حلالیت بالا جهت نگهداری مواد و اجزاء که می‌خواهند در آب حل شوند مورد استفاده قرار گیرند.

جهت تعیین حلالیت فیلم در آب از نمونه‌های۱/۵، ۳ و ۵ ٪ گلیسرول دو قطعه دایره‌ای شکل به قطر۲ سانتی‌متر جدا شد و پس از توزین به مدت ۲۴ ساعت در ۵۰ میلی‌لیترآب مقطر قرار گرفت و در این مدت بر روی دستگاه تکان دهنده با سرعت پایین قرار داده شد و بعد از این مدت فیلم را از آب خارج و پس از خشک شدن درآون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت دوباره توزین شد و با محاسبه اختلاف وزن درصد حلالیت فیلم در آب به دست آمد. اعداد به دست آمده، میانگین سه بار تکرار برای هر فیلم می‌باشد که با روش معمول آماری به دست آمده است (Tanada- Palmu *et al.,* 2003).

- تعیین حلالیت فیلم در اسید

در این آزمون از هر نمونه دو قطعه دایره‌ای شکل به قطر۲ سانتی‌متر جدا شد و پس از توزین به مدت ۲۴ ساعت در ۵۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۱ نرمال قرار گرفت و در این مدت بر روی دستگاه تکان دهنده با سرعت پایین قرار داده شد و بعد از این مدت فیلم را از آب خارج کرده و پس از خشک شدن درآون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت دوباره توزین شد (Fakhouri *et al.*, 2004) و با محاسبه اختلاف وزن درصد حلالیت فیلم در اسید به دست آمد. با کاهش گلیسرول بکار رفته در فیلم حلالیت کاهش می‌یابد. در واقع می‌توان پیش‌بینی کرد که حلالیت زمینهٔ پلیمری (polymer matrix) به واسطه وجود گروه‌های هیدروکسیل گلیسرول افزایش می‌یابد. البته این تغییرات بایستی در سطوح گلیسرولی بیشتر و با تکرارهای بالاتر مورد بررسی قرار گیرد.

- آزمون نفوذپذیری نسبت به اکسیژن

آزمون بررسی نفوذپذیری فیلم‌های تهیه شده در دستگاه اندازه‌گیری نفوذپذیری[3] ساخت شرکت کوئسفیلد[4] آلمان در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۲٪ انجام شد. به این منظور فیلم نمونه‌های مختلف به صورت دایره‌ای شکل با قطر حداقل ۱۵ سانتی‌متر و ضخامت ۱۰۰ میکرون تهیه شد و پس از قرار دادن در سل دستگاه، میزان نفوذپذیری تحت اختلاف فشار ۱ بار بر حسب واحد $cm^3/day.bar.m^2$ اندازه‌گیری شد.

- تجزیه و تحلیل آماری

در مورد ویژگی‌های کمی با توجه به دارا بودن پیش‌شرط‌ها از آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) در

[1] Tensile Strength [2] Percent Elongation [3] Gas Permeability Tester [4] Coesfeld

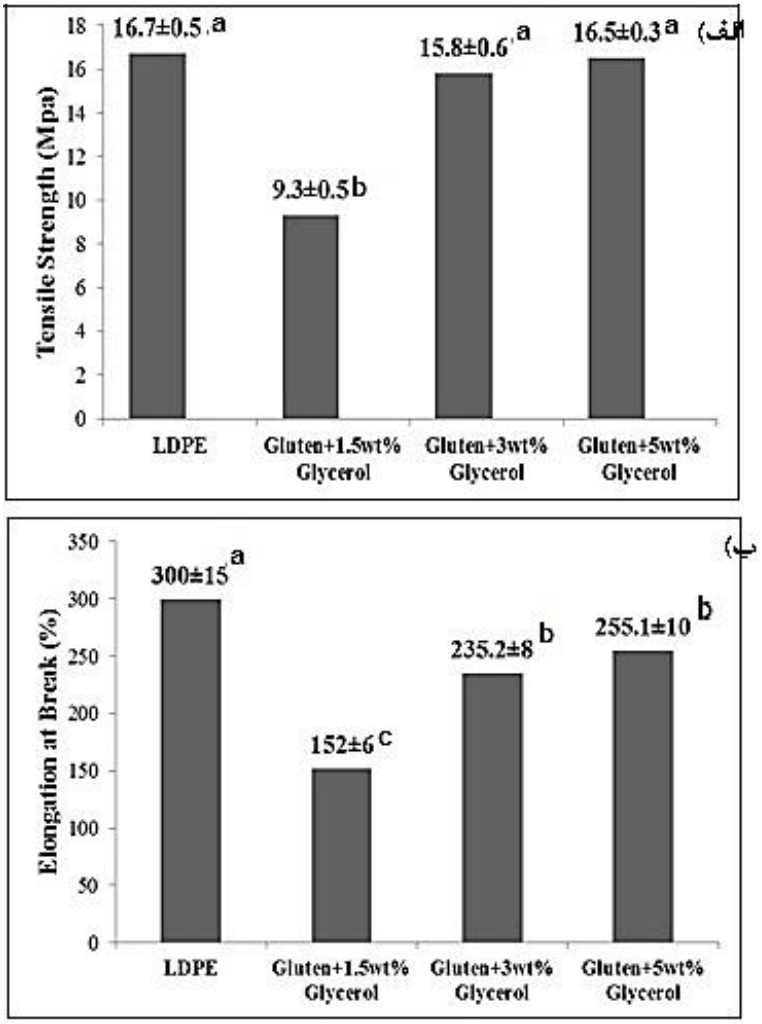
سطح $\alpha=0.01$ استفاده شد و درصورت معنـی دار بـودن، از آزمون مقایسـه چنـد گانـه تـوکی (Tukey test) اسـتفاده گردید.

یافته‌ها

- بررسی خواص مکانیکی

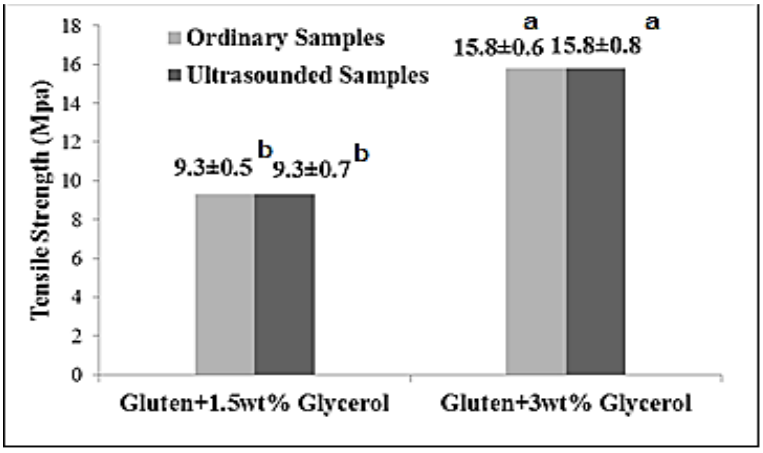
در شکل ۱ نتایج آزمون کشش به صورت نمودارهای ستونی نشان داده شده است. مقادیر انحراف میانگین استاندارد داده‌های هر نمونه نیز روی گراف مربوطه مشخص شده است. همانگونه که دیده می‌شود، با افزایش درصد گلیسرول تا ۵٪ انرژی لازم برای پارگی نمونه‌ها افزایش چشمگیری یافته است و اختلاف معناداری بین نمونه ۱/۵ درصد با نمونه ۳ و ۵ درصد گلیسرول مشاهده می‌شود در حالیکه بین نمونه ۳، ۵ و نمونه پلیمر LDPE اختلاف معناداری در سطح ($P\leq0.01$) دیده نمی‌شود. همچنین در مقایسه فیلم تیمار شده با امواج فراصوت و نمونه شاهد (بدون امواج فراصوت) اختلاف معنی‌داری ($P\leq0.01$) در نتایج کشش فیلم مشاهده نگردید (شکل ۲).

اثر انجماد بر روی استحکام کششی و همچنین اثـر آن بر ازدیـاد طـول در پـارگی فـیلم‌هـای گلـوتن در شـکل ۳ مشاهده می‌شود. نکتهٔ قابل توجه اینکه در اثـر انجمـاد نـه تنها خواص فیلم‌های حاصل افت نکرده اسـت بلکـه تـا دو برابر افزایش در خواص مذکور مشاهده می‌گردد.



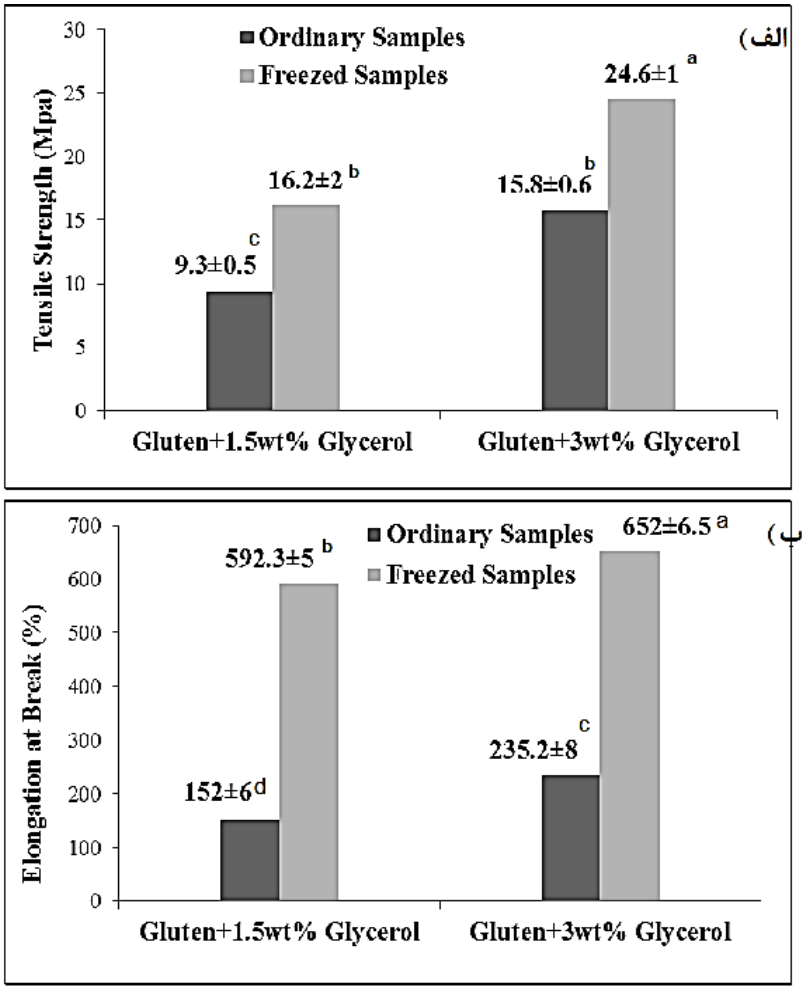
شکل ۱- مقایسهٔ خواص کششی فیلم پلی اتیلن با فیلم‌های گلوتن محتوی ۱/۵تا۵ درصد گلیسرول
الف) استحکام کششی ب) ازدیاد طول در پارگی

(حروف متفاوت در کنار اعداد نشان دهنده وجود اختلاف معنادار ($P\leq0.01$) می‌باشد)



شکل۲- مقایسهٔ استحکام کششی فیلمهای معمولی گلوتن محتوی ۱/۵ تا ۳ درصد گلیسیرین با نمونه‌های تهیه شده توسط امواج فراصوت

(حروف متفاوت در کنار اعداد نشان دهنده وجود اختلاف معنادار (P≤0.01) می باشد)



شکل ۳- مقایسهٔ خواص کششی فیلم های گلوتن معمولی محتوی ۱/۵ تا ۳ درصد گلیسرول با نمونه‌های قرار گرفته در دمای ۲۰- درجهٔ سانتی‌گراد الف) استحکام کششی ب) ازدیاد طول در پارگی

(حروف متفاوت در کنار اعداد نشان دهنده وجود اختلاف معنادار در (P≤0.01) می‌باشد)

- آزمون حلالیت

فیلم‌های گلوتنی نسبتا غیر قابل حل در آب می‌باشند. نتایج آزمون حلالیت در جدول ۱ گزارش شده است.

همانگونه که نتایج نشان می‌دهد حلالیت در اسید زیادتر از حلالیت در آب است.

- نفوذپذیری نسبت به اکسیژن

نتایج آزمون نفوذپذیری در برابر اکسیژن مربوط به نمونه‌های فیلم‌های گلوتن حاوی ۳٪ از گلیسرول با استفاده از سیستم فراصوت و بدون آن، با فیلم پلی اتیلن با دانسیتهٔ پایین مقایسه گردیده است (شکل۴). همانگونه که در شکل مشاهده می‌شود استفاده از امواج فراصوت سبب ایجاد تغییر و تفاوت معنادار در نفوذپذیری فیلم‌های گلوتن نگردیده است. در حالی‌که در مقایسهٔ نفوذپذیری فیلم گلوتن با LDPE اختلاف معناداری دیده می‌شود.

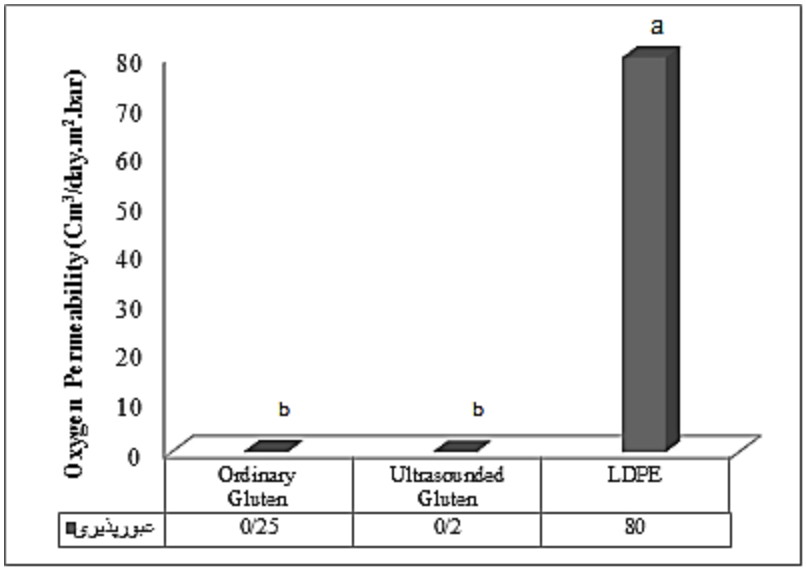
بحث

- بررسی خواص مکانیکی

همانگونه که در شکل ۱ نشان داده شده است با افزودن مقدار گلیسرول، مقدار انعطاف‌پذیری فیلم افزایش یافته است. به عبارتی زمانی که گلیسرول افزوده می‌شود، مولکول‌های گلیسرول در بین زمینهٔ پلیمری نفوذ می‌کنند و جذب و کشش بین رشته‌های گلوتن را کاهش داده و از این طریق سبب افزایش تحرک آنها می‌گردد و این سبب می گردد که با افزایش سهم گلیسرول، انعطاف‌پذیری فیلم افزایش یابد. نتایج به دست آمده با نتایج گزارش شده توسط دیگر محققان که تاثیر مقدار گلیسرول بر روی فیلم‌های تهیه شده از کیتوزان را مورد آزمون قرار دادند مشابهت زیادی داشت (Ziani *et al*., 2008; Thakhiew *et al*., 2010).

جدول ۱- میزان حلالیت نمونه های تهیه شده در آب و اسید

ردیف	غلظت گلیسرول (g/100ml)	حلالیت در آب (درصد)	حلالیت در اسید (درصد)
۱	۱/۵	۲۰/۴۵±۲ /۵^{a}	۲۹/۲۶± ۰/۷۵^{c}
۲	۳	۲۳/۹±۱/۲^{ab}	۴۲±۱^{e}
۳	۵	۳۳/۰±۱/۱^{d}	۴۴/۷±۲^{f}



شکل ٤- مقایسهٔ مقادیر نفوذپذیری نسبت به اکسیژن برای فیلم‌های ۱۰۰ میکرونی از پلی اتیلن و گلوتن محتوی ۱/۵ درصد گلیسیرین معمولی و تهیه شده توسط امواج فراصوت

(حروف متفاوت در کنار اعداد نشان دهنده وجود اختلاف معنادار در ($P\leq0.01$) می باشد)

می‌توان گفت گلیسرول علاوه بر اثر نرم کنندگی که در نتایج میزان ازدیاد طول در پارگی دیده می‌شود، بر روی انرژی شکست هم تاثیر چشم‌گیری داشته است. این میزان افزایش استحکام کششی در اثر افزایش گلیسرول به گلوتن، به پیوندهای هیدروژنی قوی بین اسیدهای آمینهٔ زنجیر گلوتن و گروه‌های هیدروکسیل در گلیسرول نسبت داده شد (Irissin–Mangata *et al*., 2001).

بررسی نتایج در شکل ۲ نشان می دهد که در استحکام کششی و خواص مکانیکی فیلم تیمار شده با فراصوت و نمونه‌های شاهد (بدون استفاده از فراصوت) اختلاف معنا دار دیده نشد و با توجه به شکل ۱ و ۲ مشخص می‌گردد که استحکام و کشش فیلم بیشتر به تعامل اجزاء فیلم و اتصالات آن مرتبط می‌باشد تا اینکه نحوه اختلاط در آن اثر گذار باشد. به طوریکه افزایش گلیسرول سبب افزایش در انعطاف‌پذیری و تغییر در خواص مکانیکی فیلم‌ها گردید. به نظر می‌رسد برای بررسی بیشتر امواج فراصوت، ساختار فیلم از نظر میکروسکوپی (میکروسکوپ الکترونی) مورد بررسی قرار گیرد.

افزایش کشسانی فیلم در اثر انجماد را می‌توان به تابعیت دمایی کشسانی (Elasticity) گلوتن نسبت داد. دماهای پایین باعث افزایش مدول و در نتیجه افزایش استحکام کششی شده است. این در حالی است که در بررسی اثر انجماد بر فیلم‌های تهیه شده از پروتئین‌های آب پنیر نتیجه به صورت متفاوت گزارش گردید. به طوری‌که فیلم‌های حاصل از پروتئین آب پنیر در اثر انجماد، الاستیسیتی خود را از دست دادند و دلیل آن را پارگی در ماتریکس و ایجاد غیریکنواختی در پلیمرها عنوان نمودند (Soazo *et al*., 2013). تفاوت عملکرد فیلم گلوتن در مقایسه با فیلم پروتئین آب پنیر را می‌توان به تفاوت در نوع اسیدهای آمینه بکار رفته در آنها و همچنین بالا بودن تعداد پیوندهای هیدروژنی زیاد بین اسید گلوتامیک موجود در گلوتن با هیدروکسیل گلیسرول عنوان نمود که سبب در انعطاف‌پذیری بیشتر فیلم می‌گردد و تعداد این پیوندها در مورد پروتئین آب پنیر کم می‌باشد (Irissin–Mangata *et al*., 2001).

- آزمون حلالیت

غیر محلول بودن آنها را می‌توان تا حدودی به دلیل تعداد کم اسیدهای آمینه قطبی باردار، تعداد بیشمار اتصالات آبگریز بین اسیدهای آمینه غیرقطبی و همچنین حضور باندهای دی سولفیدی در رشته‌های گلوتن مرتبط دانست (Irissin–Mangata *et al*., 2001) . حلالیت بیشتر در اسید به ساختار شیمیایی گلوتن برمی‌گردد. گروه‌های اسید آمینهٔ موجود در این پروتئین در محیط اسیدی سازگاری بهتری داشته و در نتیجه بهتر حل می‌شوند. نکتهٔ دوم این است که با افزایش گلیسرول همانگونه که انتظار می‌رفت حلالیت گلوتن افزایش یافته است. می‌توان حلالیت بیشتر گلوتن را با افزایش گلیسرول به افزایش پیوندهای هیدروژنی بین گروه‌های هیدروکسیل در گلیسرول با آب نسبت داد. نتایج به دست آمده با نتایج گزارش شده توسط Irissin–Mangata (۲۰۰۱) و همچنین Cuq در سال ۱۹۹۷ مطابقت داشت. مقایسه مقدار حلالیت فیلم‌های گلوتن محتوی گلیسرول با فیلم فاقد گلیسرول به واسطه اینکه فیلم‌های تهیه شده بسیار شکننده و خشک بودند امکانپذیر نبود.

- نفوذپذیری نسبت به اکسیژن

نفوذپذیری پایین در فیلم‌های گلوتن به ساختار قطبی آن برمی‌گردد. این عامل بر روی ضریب حلالیت تاثیر گذاشته و موجب کاهش آن می گردد. زیرا ساختار گلوتن قطبی به لحاظ ماهیت با ساختار گاز عبورکنندهٔ اکسیژن که غیر قطبی است یکسان نیست. لذا حلالیت آن در فیلم گلوتن پایین‌تر است. در نتیجه با توجه به رابطهٔ معروف نفوذپذیری یعنی P=S.D، با کاهش پارامتر S نفوذپذیری فیلم نسبت به اکسیژن کاهش می‌یابد. برعکس به علت نزدیکی ساختار گلوتن و آب از لحاظ قطبیت، نفوذپذیری آن نسبت به بخار آب بالاست که این مسئله در مطالعات حلالیت آب بررسی شد. این در حالی است که LDPE نفوذپذیری بسیار کمی نسبت به بخار آب دارد. به نظر می‌رسد اختلاط گلوتن با LDPE به روش‌های ممکن می‌تواند به یک فیلم بسته‌بندی مناسب با نفوذپذیری کنترل شده[1] نسبت به اکسیژن و بخار آب منجر شود. همانگونه که مشاهده می‌گردد، فیلم گلوتن در مقایسه با فیلم LDPE، به دلیل داشتن نفوذپذیری نسبت به اکسیژن

[1] Modified Atmosphere Packaging (MAP)

۰/۲سانتی‌متر مکعب بر مترمربع در یک روز و تحت اختلاف فشار یک بار می‌تواند به عنوان یک ممانعت کنندهٔ گاز اکسیژن قوی در صنایع بسته بندی و حتی دارویی به کار رود. از آنجا که گلوتن به عنوان یک فیلم خوراکی و سازگار با محیط زیست محسوب می‌گردد، در ساخت فیلم‌های با نفوذپذیری کنترل شده جهت جلوگیری از فساد مواد غذایی یک پتانسیل قوی محسوب می‌گردد. قابلیت اسپری کردن گلوتن محلول و تشکیل فیلم نازک خوراکی با خاصیت مسدود کنندگی اکسیژن قوی امکان ایجاد پوشش نازکی از گلوتن را به عنوان پوشش محافظ بر روی مواد غذایی از جمله سوسیس و کالباس و همچنین میوه‌ها از جمله مرکبات را فراهم می آورد.

نتیجه گیری

روش ریخته‌گری از محلول روش مناسبی جهت تهیهٔ فیلم‌های گلوتن به با نسبت‌های مختلف از گلیسرول تشخیص داده شد. افزایش گلیسرول باعث افزایش میزان نرم‌شدگی فیلم گردید که این تأثیر در خواص مکانیکی با افزایش ازدیاد طول در پارگی بروز یافت. افزایش استحکام کششی به افزایش پیوندهای هیدروژنی بین گلیسرول و گروه‌های عاملی موجود مساعد تشکیل پیوند در اسیدهای آمینهٔ زنجیر گلوتن نسبت داده شد. میزان حلالیت در آب و اسید با افزایش گلیسرول به ایجاد باندهای هیدروژنی بین گلوتن و آب و یا هیدروژن اسید نسبت داده شد. از نتایج آزمون نفوذپذیری چنین نتیجه شد که به دلیل اینکه فیلم گلوتن در مقایسه با فیلم پلی‌اتیلن با دانسیتهٔ پایین، نفوذپذیری نسبت به اکسیژن بسیار کمی دارد می تواند به عنوان یک ممانعت کننده گاز اکسیژن قوی در صنایع بسته بندی به کار رود و به عنوان یک فیلم خوراکی و سازگار با محیط زیست در ساخت فیلم‌های با نفوذپذیری کنترل شده جهت جلوگیری از فساد مواد غذایی یک پتانسیل قوی محسوب می‌گردد. همچنین مشخص گردید اختلاط با استفاده از امواج فراصوت در تهیهٔ فیلم گلوتن اختلاف معنا داری در خواص کشش‌پذیری و نفوذپذیری فیلم‌ها نداشته است اما پیشنهاد می‌گردد اثر امواج فراصوت از نظر میکروسکوپی و همچنین در کنار تیمار حرارت دهی در جهت بهبود استحکام فیلم و پوشش استفاده نمود. مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

هزینه‌های این مطالعه از بودجهٔ طرح پژوهشی مصوب در دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرضا تأمین گردیده است. لذا نگارنده بر خود لازم می‌داند از زحمات بی‌دریغ معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرضا و همکاران کمال تشکر و قدردانی را بنماید.

منابع

Anon. (2006). ISO 21415-2, Wheat and wheat Flour - Gluten Content, Part 2, Determination Of wet gluten by mechanical means.

Banerjee, R., Chen, H. & Wu, J. (1996). Milk Protein-based Edible Film Mechanical Strength Changes due to Ultrasound Process. Journal of Food Science, 61: 824–828.

Brody, L. A.(2005). Packaging. Food Technology, 59 (2), 65-67.

Cuq, B., Gontard, N., Cuq, J. L. & Guilbert, S. (1997). Selected functional properties of fish myofibrillar protein based films as affected by hydrophilic plasticizers. J. Agric. Food Chem., 45, 622-626.

Fakhouri, F. M., Tanada, P. & Grosso, C. R. F. (2004). Characterization of composite biofilms of wheat gluten and cellulose acetate phethate. Brazilian Journal of Chemical Engineering, 21(2), 261-264.

Irissin–Mangata, J., Bouduin, G., Boutevin, B. & Gontard, N. (2001). New plasticizers for wheat gluten films. European polymer journal, 37, 1533-1541.

Lee, S. L., Lee, M. S. & Song, K. B. (2005). Effect of gamma-irradiation on the physicochemical properties of gluten films. . Food Chemistry, 92, 621–625.

Micard, V., Belamri, R., Morel, M. H. & Guilbert, S. (2000). Properties of chemically and physically treated wheat gluten films. J. Agric. Food Chem., 48, 2948-2953.

Minlai, H. & Padua, G. W. (1997). Properties and microstructure of plasticized zein films. Miscellaneous. 74(6), 771-775.

Munoz, H. P., Kanavouras. A., Perry, K. W. N. & Gavar, R. (2003). Development and characterization of biodegradable films made from wheat gluten protein fractions. J. Agric. Food Chem., 51, 2647-2654.

Munoz, H. P., Villalobos, R. & Chiralt, A. (2004). Effect of thermal treatments on functional properties of edible films made from

Wheat gluten fractions. Food Hydrocolloids. 18, 647-654.

Redlb, A., Morela, M. H. & Guilberta, S. (2003). Study of wheat gluten plasticization with fatty acids. Marion Pommeta Polymer, 44, 115–122.

Roy, S., Gennadios, A., Weller, C. L. & Testin, R. F.(2000). Water vapor transport parameters of a cast wheat gluten films. Industrial crops and product. 11, 43-50.

Soazo, M., Pérez, L. M., Rubiolo, A. C. & Verdini, R. A. (2013). Effect of freezing on physical properties of whey protein emulsion films. Food Hydrocolloids, 31, 256-263.

Tanada-Palmu, P. S. & Grosso, C. R. F. (2002). Edible wheat gluten films: development, mechanical and barrier properties and application to strawberries. B.Ceppa, Curitiba, 20: 291-300.

Tanada- Palmu, P. S. & Grosso, R. F. (2003). Development and characterization of edible films basedon gluten from semi-hard and soft Brazilian wheat flours. Cienc.Tecnol.Aliment., 23(2), 264-269.

Tanada- Palmu, P. S. & Grosso, R. F. (2005). Effect of edible Wheat gluten–based films and coatings on refrigerated strawberry(Fragaria ananassa)quality. Postharvest Biology Technology, 36,199-208.

Thakhiew, W., Devahastin, S. & Soponronnarit, S. (2010). Effects of drying methods and plasticizer concentration on some physical and mechanical properties of edible chitosan films. Journal of Food Engineering, 99, 216–224.

Williams, R. & Mittal, G. S. (1999). Water and fat transfer properties of poly saccharide films on fried pastry mix. Lebensm.-Wiss. U. Technol, 32, 440-445.

Ziani, K., Oses, J., Coma, V. & Mate, J. I. (2008). Effect of the presence of glycerol and Tween 20 on the chemical and physical properties of film based on chitosan with different degree of deacetylation. LWT-Food Science and Technology, 41, 2159–2165.