

زیاد است. برای رفع این مشکل می‌توان از لیپیدها به صورت کمپلکس^{۱۱} با این فیلم‌ها استفاده کرد، زیرا این ترکیبات، هیدروفوبیک^{۱۲} بوده و پلاریزه^{۱۳} (قطبی) نیستند و علاوه بر آن خاصیت پلاستیسایزری نیز دارند. ولی به تنهایی شکننده می‌باشند که در صورت همراه شدن با سایر پلی‌مرها، این مشکل حل می‌شود. [۵]

یکی دیگر از ترکیباتی که به این فیلم‌ها اضافه می‌شود، پلاستیسایزرها می‌باشند. مانند گلیسرول^{۱۴}، سوربیتول^{۱۵}، مانیتول^{۱۶}، پلی‌اتیلن^{۱۷} و برخی از لیپیدها مانند فسفولیپیدها^{۱۸}. پلاستیسایزرها باعث نرم کردن پلی‌مر شده و دمای انتقال شیشه‌ای پلی‌مر را کاهش می‌دهند.

در این تحقیق، از کنسانتره پروتئین آب پنیر که علاوه بر خصوصیات مطلوب فیلم‌های پروتئینی، دارای ارزش تغذیه‌ای بالایی نیز می‌باشد و از پولالان که یک پلی‌ساکارید میکروبی محلول در آب بوده و فیلم بدون رنگ و عطر و بو، شفاف، انعطاف‌پذیر و مقاوم به اکسیژن، چربی و حرارت می‌باشد، به عنوان ماده و گلیسرول به عنوان پلاستیسایزر استفاده می‌شود. [۶]

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه

کنسانتره پروتئین آب پنیر از شرکت آریاراما در شهرک صنعتی صدرا در قم تهیه شد. پولالان از ژاپن سفارش داده شد، موم زنبور عسل از دماوند و گلیسرول و سایر ترکیبات مورد نیاز از بازار تهیه گردید. مواد اولیه مورد نیاز کنسانتره پروتئین آب پنیر، پولالان، موم زنبور عسل، گلیسرول و سایر ترکیبات مورد نیاز بوده است.

زمینه، ازدیاد آلودگی محیط زیست و همچنین به علت نیاز به غذای سالم و محیط زیست‌عاری از آلودگی، استفاده از مواد قابل تجزیه زیستی، به خصوص ضایعات تجدیدپذیر کشاورزی و مواد دریایی گسترش یافته است. میزان تجزیه‌پذیری این مواد در محیط و تولید محصولاتمانند CO₂، آب و کودهای آلی با کیفیت، نقطه عطفی است که نیازمند نقد و سرمایه‌گذاری است. [۳]

ایجاد پیوندهای عرضی بین پلی‌مرهای طبیعی و سنتزی و کوپلی‌مری^۱ پلی‌مرهای طبیعی و سنتزی از دیگر موارد استفاده از فیلم‌های با قابلیت تجزیه زیستی در بسته‌بندی مواد غذایی می‌باشد. اگرچه جایگزینی کامل این پلی‌مرها با پلی‌مرهای سنتزی، غیر ممکن و احتمالاً غیر ضروری است، اما حداقل در برخی کاربردهای خاص جایگزین بودن و هدف ما بیشتر متوجه آینده خواهد بود بدون شک، پوشش‌های خوراکی زندگی آینده ما را تحت تأثیر قرار می‌دهند. [۴]

مهم‌ترین ترکیباتی که در فیلم‌های خوراکی استفاده می‌شوند شامل پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها^۲ و لیپیدها^۳ می‌باشند که می‌توانند منشأ گیاهی یا حیوانی داشته باشند. از جمله ترکیبات پروتئینی آن‌ها می‌توان به ایزوله^۴ آب پنیر، سویا، کازئین^۵، ژلاتین^۶ و غیره و ترکیبات کربوهیدراتی به نشاسته، پولالان، آلزینات^۷، سلولز^۸ و از ترکیبات لیپیدی به تری‌گلیسیریدها^۹، موم‌ها، اسیدهای چرب و غیره اشاره کرد. از جمله ویژگی‌های مطلوب فیلم‌های پروتئینی و کربوهیدراتی، ممانعت مطلوب در مقابل اکسیژن، دی‌اکسید کربن، ترکیبات آروماتیک^{۱۰} و نفوذ چربی در رطوبت‌های نسبی پایین می‌باشد، اما نفوذپذیری این ترکیبات به بخار آب

- 1- Copolymer
- 2- Carbohydrate
- 3- Lipid
- 4- Isolate
- 5- Casein
- 6- Gelatin
- 7- Algenat
- 8- Cellulose
- 9- Triglyceride
- 10- Aromatic

- 11- Complex
- 12- Hydrophobic
- 13- Polarized
- 14- Glycerol
- 15- Sorbitol
- 16- Mannitol
- 17- Polyethylene
- 18- Phospholipids

۲-۲- روش تهیه فیلم

ابتدا پروتئین آب پنیر را در آب مقطر ریخته و بر روی هیتر مغناطیسی قرار می‌دهند تا به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد مخلوط شود. اعمال حرارت برای دناتوره کردن (تخریب ساختار) باندهای سولفیدی پروتئین می‌باشد. سپس برای جلوگیری از دناتوراسیون^۲ (تخریب) بیش از حد پروتئین‌ها بعد از ۳۰ دقیقه محلول را به سرعت سرد می‌کنند. پیرالان نیز در ظرفی جداگانه در آب مقطر حل می‌شود و نیازی به اعمال حرارت ندارد. بعد از سرد شدن پروتئین آب پنیر، این دو ترکیب با نسبت‌های مشخص (۷۰:۳۰، ۵۰:۵۰ و ۳۰:۷۰) با یکدیگر مخلوط شده و گلیسرول به عنوان پلاستیسایزر به میزان ۲۰٪ وزنی ماده خشک به ترکیب اضافه شده و به مدت یک ساعت بر روی همزن قرار می‌گیرد تا ترکیبی همگن تولید شود. سپس توسط آون، خلأ هواگیری شده و بر روی ظروف تفلونی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد طی مدت ۴۸ ساعت فیلم آماده می‌شود.

۲-۳- اندازه‌گیری ضخامت فیلم‌ها

ضخامت فیلم‌های تولید شده با استفاده از یک میکرومتر دیجیتال^۳ با دقت ۰/۰۰۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری می‌شود. اندازه‌گیری ضخامت فیلم‌ها برای آزمایشات مکانیکی و نفوذپذیری ضروری می‌باشد. [۴]

۲-۴- اندازه‌گیری میزان رطوبت فیلم‌های تولید شده

پس از آنکه فیلم‌ها به تعادل رطوبتی رسیدند و میزان رطوبت آن‌ها تعیین شد، برای انجام این آزمایش، کپسول‌های خالی در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد در آون به مدت یک ساعت برای رسیدن به وزن ثابت قرار داده می‌شوند. برای اطمینان از اینکه کپسول‌ها به وزن ثابت رسیده‌اند پس از خروج از آون، در دسیکاتور قرار داده شده و پس از سرد

شدن به وسیله‌ی ترازو و با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم توزین می‌شوند. سپس کپسول‌های حاوی فیلم را در آون در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد قرار می‌دهند تا به وزن ثابت برسند. مجموعه را وزن کرده تا وزن نمونه خشک را به دست آورند. [۶]

محتوای رطوبت روکش‌ها مطابق رابطه زیر محاسبه می‌گردد. در این آزمایش تبخیر پلاستی‌سایزر^۴ از درون روکش‌ها ناچیز در نظر گرفته شد.

$$\text{درصد رطوبت بر مبنای وزن مرطوب} = \frac{100 \times \text{وزن آب}}{\text{وزن نمونه مرطوب}}$$

۲-۵- اندازه‌گیری حلالیت فیلم‌ها در آب

پس از تعیین میزان رطوبت موجود در هر فیلم، میزان مواد جامد موجود در هر روکش مشخص می‌شود. تگه‌های فیلم را پس از توزین، درون ۵۰ سی‌سی آب مقطر انداخته و به مدت ۳ ساعت عمل همزدن آرام در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام می‌گیرد. سپس مجموعه بر روی یک کاغذ صافی که قبلاً به وزن ثابت رسیده و دقیقاً توزین شده است، صاف می‌شود. کاغذ صافی به همراه نمونه در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا به وزن ثابت برسد. [۶]

درصد حلالیت روکش‌ها در آب از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$\text{درصد حلالیت} = \frac{\text{وزن ماده خشک اولیه موجود در فیلم}}{\text{وزن فیلم خشک پس از غوطه‌وری - وزن ماده خشک اولیه موجود در فیلم}}$$

۲-۶- اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری فیلم‌ها نسبت به

بخار آب

آزمون اندازه‌گیری نفوذپذیری با استفاده از روش اصلاح شده‌ی شماره E96 مصوب ASTM انجام گرفت. برای انجام آزمایش، درون سل‌های شیشه‌ای کلرید کلسیم^۵

4- Plasticizer
5- Calcium chloride

فصلنامه علمی-ترویجی علوم و فنون
بسته‌بندی

1- Polyethylene
2- Phospholipid
3- Digital

نقطه پاره شدن، درصد افزایش طول در خط پاره شدن (تغییر طول نمونه تقسیم بر طول اولیه ضرب در ۱۰۰) با استفاده از روش شماره D882-91 مصوب ASTM از روی منحنی‌های نیرو برحسب تغییر شکل به دست می‌آیند. دو تکرار نیز برای هر روکش در نظر گرفته می‌شود. [۶]

۲-۸- رنگ‌سنجی فیلم‌ها

رنگ نمونه‌ها توسط دستگاه رنگ‌سنج هانتر لب (مدل D25-9000، کشور آمریکا) تعیین می‌شود. در این آزمون، فیلم‌های تولیدی با نسبت‌های متفاوت مورد آزمایش رنگ‌سنجی قرار می‌گیرند. شدت رنگ‌ها با استفاده از شاخص‌های هانتر برحسب:

(۱) روشنایی L

(۲) قرمزی - سبزی a

(۳) زردی - آبی b

بیان می‌گردد.

YI به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$YI = \frac{142/86b}{L}$$

اندیس زردی:

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

اندیس سفیدی:

$$\Delta E = [(L-L^*)^2 + (a-a^*)^2 + (b-b^*)^2]^{0.5}$$

میزان اختلاف رنگ کلی بین نمونه‌های اندازه‌گیری از

نقاط مختلف فیلم‌ها به دست می‌آید و از آن‌ها میانگین

گرفته می‌شود و برای هر یک انحراف معیار نیز به دست

می‌آید.

۲-۹- روش‌های آماری

اختلاف بین تیمارهای مختلف، براساس طرح آماری

فاکتوریل^۴ کاملاً تصادفی و با استفاده از تحلیل واریانس

بدون آب ریخته شد. سپس سطح سلول به وسیله روکش با استفاده از پارا فیلم پوشانده شد. [۷]

بدین ترتیب درون سل‌ها رطوبت نسبی ۰٪ وجود داشت.

سل‌ها درون دسیکاتور حاوی آب نمک اشباع قرار گرفتند.

آب نمک اشباع در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۷۵٪

ایجاد می‌کند. اختلاف رطوبت در دو سمت فیلم در دمای ۲۵

درجه سانتی‌گراد، گرادیانت^۱ فشار بخاری معادل ۱۷۵۳/۵۵

پاسکال ایجاد می‌کند. تغییر در وزن سل‌ها با استفاده از یک

ترازوی دیجیتال، با دقت ۰/۰۰۰۱ ثبت می‌شود و نمودار آن

به صورت تابعی از زمان رسم می‌گردد. یک سلول فاقد

کلرید کلسیم که توسط فیلم پوشانده می‌شود، به عنوان شاهد

در نظر گرفته می‌شود. هدف اندازه‌گیری رطوبتی بود که

جذب فیلم شده، اما از آن عبور نکرده است. [۶]

شیب هر خط رسم شده به وسیله

رگرسیون خط $(=r^2)$ محاسبه می‌شود و نرخ انتقال

بخار آب از تقسیم شیب خط کشیده شده (gs^{-1}) بر سطح

فیلم‌های مورد آزمون (m^2) به دست می‌آید.

شیب منحنی

$$WVTR = \frac{\text{مساحت سطح فیلم}}{\text{با ضرب کردن ضخامت فیلم و تقسیم بر اختلاف فشار}}$$

مساحت سطح فیلم

با ضرب کردن ضخامت فیلم و تقسیم بر اختلاف فشار

بین رطوبت نسبی درون سل‌ها و رطوبت نسبی دسیکاتور،

نفوذپذیری نسبت به بخار آب به دست می‌آید.

ضخامت × WVTR

$$WVP = \frac{\text{اختلاف فشار}}{\text{اختلاف فشار}}$$

اختلاف فشار

۲-۷- اندازه‌گیری خواص مکانیکی فیلم‌ها

آزمایشات مکانیکی فیلم‌ها با استفاده از دستگاه

تستومتریک^۲ انجام می‌گیرد. فیلم‌ها به شکل مستطیل به ابعاد

۱×۱۰ سانتی‌متر مربع بریده می‌شوند. فاصله بین دو فک

دستگاه ۵۰ میلی‌متر و سرعت حرکت فک‌ها نیز ۵۰ میلی‌متر

بر دقیقه انتخاب می‌شود. شاخص‌هایی شامل حداکثر نیرو در

3- Hanterlab

4- Factorial

1- Gradient (اختلاف جریان)

2- Testometric

(ANOVA) در سطح احتمال ۵٪ تعیین می‌شود. مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون دانکن^۱ با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ در سطح احتمال ۵٪ انجام می‌گیرد.

۳- نتایج و بحث‌ها

۳-۱- میزان ضخامت فیلم تولید شده

نسبت‌های مختلف ترکیبات سازنده فیلم‌ها، ضخامت تقریباً مشابهی دارند. تنها در فیلم‌های با نسبت ۷۰/۳۰ آب پنیر/ پولالان ضخامت کمی کمتر است. ضخامت فیلم‌ها در دامنه‌ی بین ۰/۰۶۷±۰/۰۰۶ تا ۰/۰۲۴±۰/۰۰۱ میلی‌متر متغیر است. نتایج نشان می‌دهد که گلیسرول و موم زنبور عسل، تأثیر محسوسی بر روی ضخامت فیلم‌های تولیدی ندارند، اما با افزایش درصد پولالان ضخامت تا حدودی افزایش پیدا می‌کند. تفاوت در ضخامت‌ها، می‌تواند بر اثر تفاوت در شرایط محیطی نیز به وجود آمده باشد. همچنین وجود لاکتوز^۲ در آب پنیر نیز می‌تواند بر میزان ضخامت فیلم‌های تولیدی تأثیر داشته باشد. [۸]

۳-۲- میزان رطوبت فیلم‌های تولید شده

پس از آنکه فیلم‌ها در دسیکاتور^۳ حاوی نیترات منیزیم^۴ اشباع (رطوبت نسبی ۵۰٪) به تعادل رطوبتی رسیدند، میزان رطوبت آن‌ها تعیین می‌شود که مقادیر آن در (جدول ۱) نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود میزان رطوبت موجود در فیلم‌ها به میزان موم مورد استفاده بستگی دارد. [۹]

بر اساس نتایج به دست آمده، با افزایش درصد موم، رطوبت فیلم‌ها افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش درصد آب پنیر و کاهش درصد پولالان، درصد رطوبت نیز افزایش پیدا می‌کند، اما در کل، درصد رطوبت فیلم‌های تولید شده در این آزمایش پایین است که می‌تواند وابسته به شرایط آزمایشی باشد، اما این تحقیق با نتایج تحقیق خاویر اوسس و همکاران (۲۰۰۹) تا حدودی همخوانی دارد که تفاوت موجود نیز می‌تواند بر اثر میزان مصرف گلیسرول به وجود آمده باشد، زیرا به علت وجود لاکتوز در آب پنیر مورد استفاده، مصرف گلیسرول کاهش پیدا می‌کند که نشان وجود خاصیت پلاستیسایزری در لاکتوز می‌باشد. [۱۰]

جدول ۱- میزان رطوبت فیلم‌های تولید شده با نسبت‌های مختلف مواد اولیه

نوع فیلم	میزان موم زنبور عسل (درصد گلیسرول) ^۱	میزان رطوبت (درصد)
آب پنیر/ پولالان ۳۰/۷۰	۰	۶/۰۲±۰/۵۵ ^a
آب پنیر/ پولالان ۳۰/۷۰	۲۰	۶/۸۶±۱/۲۴ ^a
آب پنیر / پولالان ۵۰/۵۰	۰	۷/۶۳±۰/۹۳ ^b
آب پنیر / پولالان ۵۰/۵۰	۲۰	۸/۸۴±۱/۱۱ ^d
آب پنیر/ پولالان ۷۰/۳۰	۰	۷/۳۲±۱/۴۹ ^c
آب پنیر/ پولالان ۷۰/۳۰	۲۰	۹/۳±۱/۳۴ ^e

۱. میزان گلیسرول در تمام فیلم‌ها یکسان و ۲۰٪ ماده جامد می‌باشد. [۱]

۲. مقادیر با حروف متفاوت بر اساس آزمون دانکن در سطح $p > ۰/۰۵$ با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند.

3- Desiccator

4- Nitrate

فصلنامه علمی-ترویجی علوم و فنون

بسته‌بندی

1- Dancan's

2- Lactose

۸

۳-۳- درصد حلالیت فیلم‌های تولید شده در آب

قابلیت انحلال در آب، یکی از خصوصیات مورد مطالعه در فیلم‌های خوراکی است. در بعضی موارد ضروری

۳-۴- میزان نفوذپذیری فیلم‌ها به بخار آب

در (جدول ۳) مقادیر عبور بخار آب از فیلم‌ها گزارش شده است. بین مقادیر نفوذ پذیری بخار آب فیلم‌ها با ترکیبات مختلف و درصد موم اختلاف اختلاف معنی‌داری

جدول ۲- مقادیر حلالیت در آب فیلم‌های تولید شده با نسبت‌های مختلف مواد اولیه

نوع فیلم	میزان موم زنبور عسل (درصد گلیسرول)	حلالیت در آب (درصد)
آب پنیر / پولان ۳۰/۷۰	۰	۸۸/۸۳±۱/۱۱ ^d
آب پنیر / پولان ۳۰/۷۰	۲۰	۸۱/۴۰±۰/۹۶ ^c
آب پنیر / پولان ۵۰/۵۰	۰	۸۰/۸۳±۱/۴۲ ^c
آب پنیر / پولان ۵۰/۵۰	۲۰	۷۳/۵۴±۰/۸۳ ^b
آب پنیر / پولان ۷۰/۳۰	۰	۷۱/۳۵±۱/۲۴ ^b
آب پنیر / پولان ۷۰/۳۰	۲۰	۶۳/۴۰±۱/۱۹ ^a

۱. میزان گلیسرول در تمام فیلم‌ها یکسان و ۲۰٪ ماده جامد می‌باشد.
۲. مقادیر با حروف متفاوت بر اساس آزمون دانکن در سطح $p > 0/05$ با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند.

است که فیلم، طوری طراحی شود که تا قبل از مصرف آن، قابلیت انحلال در آب را داشته باشد. به طور کلی، با افزایش غلظت پلاستی‌سایزر، قابلیت انحلال فیلم‌ها نیز باید افزایش یابد. پلاستی‌سایزر می‌تواند میزان تعاملات بین مولکول‌های پلی‌مری را کاهش دهد و بر اساس وابستگی آن به آب، قابلیت انحلالش را افزایش دهد. (جدول ۲)

با توجه به نتایج به دست آمده، می‌توان بیان کرد که با افزایش درصد پولان، حلالیت در آب فیلم‌ها افزایش و با افزایش آب پنیر حلالیت کاهش می‌یابد. این نتایج با نتایج تحقیق ماهمادو ال حاجی گونگا^۱ و همکاران (۲۰۰۷) نیز تا حدودی همخوانی داشت که تفاوت‌های حاصل نیز می‌تواند مربوط به تفاوت شرایط آزمایشگاهی و میزان پلاستی‌سایزر مصرفی باشد، زیرا همان‌طور که قبلاً بیان شد به علت وجود لاکتوز در ترکیب فیلم، مصرف گلیسرول کاهش پیدا می‌کند و همچنین با افزایش درصد موم زنبور عسل، حلالیت کاهش محسوسی پیدا می‌کند که می‌تواند مربوط به خاصیت آب‌گریزی آن باشد.

وجود داشت. افزایش درصد پولان باعث افزایش نفوذپذیری به بخار آب می‌شود که می‌تواند به علت وجود مقادیر بیشتری گروه هیدروکسیل^۲ نسبت به آب پنیر در آن باشد که با نتایج مطالعات ماهمادو ال حاجی گونگا هم‌خوانی دارد. [۱۱]

بر اساس مطالعات براوین^۳ و همکاران (۲۰۰۶) ضخامت نیز در میزان نفوذپذیری به بخار آب تأثیرگذار است. بدین ترتیب که با افزایش ضخامت، نفوذپذیری فیلم به بخار آب افزایش می‌یابد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که افزایش درصد موم نیز باعث کاهش میزان نفوذپذیری به بخار آب می‌شود که به علت ماهیت آب‌گریزی این ترکیب می‌باشد. [۱۳]

بر اساس مطالعات صورت گرفته در چند دهه اخیر، فیلم‌های هیدروکلوئیدی^۴ یک مانع بسیار خوب در برابر عبور گازها می‌باشند، اما خصوصیات نفوذپذیری آن‌ها در برابر بخار آب ضعیف می‌باشد. علت این پدیده را می‌توان

جدول ۳- نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌های تولید شده با نسبت‌های مختلف مواد اولیه

نوع فیلم	میزان موم زنبور عسل (درصد گلیسرول ۱)	نفوذ پذیری به بخار آب ($\text{gm}^{-1}\text{s}^{-1}\text{pa}^{-1} \times 10^{-11}$)
آب پنیر / پولالان ۳۰/۷۰	۰	$14/53 \pm 0/23^d$
آب پنیر / پولالان ۳۰/۷۰	۲۰	$12/05 \pm 0/11^c$
آب پنیر / پولالان ۵۰/۵۰	۰	$12/19 \pm 0/29^c$
آب پنیر / پولالان ۵۰/۵۰	۲۰	$9/38 \pm 0/14^b$
آب پنیر / پولالان ۷۰/۳۰	۰	$9/45 \pm 0/33^b$
آب پنیر / پولالان ۷۰/۳۰	۲۰	$7/55 \pm 0/45^a$

۱. میزان گلیسرول در تمام فیلم‌ها یکسان و ۲۰٪ ماده جامد می‌باشد.
۲. مقادیر با حروف متفاوت بر اساس آزمون دانکن در سطح $p > 0/05$ با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند.

در ماهیت آبدوستی ترکیبات پلی‌ساکاریدی دانست. ترکیبات پروتئینی نیز نسبت به بخار آب نفوذپذیر می‌باشند. به طور کلی، میزان نفوذپذیری فیلم‌های خوراکی در برابر عبور بخار آب پایین‌تر در برابر پلی‌اتیلن با دانسیته بالا، بالاتر از سلوفان^۱ است. این پلی‌مر معمولاً به عنوان ماده اولیه بسته‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد. [۱۴]

در ماهیت آبدوستی ترکیبات پلی‌ساکاریدی دانست. ترکیبات پروتئینی نیز نسبت به بخار آب نفوذپذیر می‌باشند. به طور کلی، میزان نفوذپذیری فیلم‌های خوراکی در برابر عبور بخار آب پایین‌تر در برابر پلی‌اتیلن با دانسیته بالا، بالاتر از سلوفان^۱ است. این پلی‌مر معمولاً به عنوان ماده اولیه بسته‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد. [۱۴]

در ماهیت آبدوستی ترکیبات پلی‌ساکاریدی دانست. ترکیبات پروتئینی نیز نسبت به بخار آب نفوذپذیر می‌باشند. به طور کلی، میزان نفوذپذیری فیلم‌های خوراکی در برابر عبور بخار آب پایین‌تر در برابر پلی‌اتیلن با دانسیته بالا، بالاتر از سلوفان^۱ است. این پلی‌مر معمولاً به عنوان ماده اولیه بسته‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد. [۱۴]

در ماهیت آبدوستی ترکیبات پلی‌ساکاریدی دانست. ترکیبات پروتئینی نیز نسبت به بخار آب نفوذپذیر می‌باشند. به طور کلی، میزان نفوذپذیری فیلم‌های خوراکی در برابر عبور بخار آب پایین‌تر در برابر پلی‌اتیلن با دانسیته بالا، بالاتر از سلوفان^۱ است. این پلی‌مر معمولاً به عنوان ماده اولیه بسته‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد. [۱۴]

۳-۵- تعیین خصوصیات مکانیکی فیلم‌های تولید شده

یکی از مهم‌ترین خواصی که یک فیلم سنتزی باید داشته باشد، خواص مکانیکی آن است. این خصوصیت متأثر از طول زنجیر و وزن مولکولی ماکرو مولکول‌ها و همچنین طول و موقعیت زنجیرهای جانبی در آن است. این ویژگی‌ها بر توانایی بیوپلی‌مر در تشکیل پیوندهای بین مولکولی اثر می‌گذارند. هر چه قدر این پیوندها بیشتر و قوی‌تر باشند، پیوستگی ساختاری بیشتر و در نتیجه مقاومت مکانیکی بالاتر خواهد بود. مقاومت به کشش فیلم فاقد موم زنبور عسل، ۲/۸۵ مگا پاسکال^۲ به دست آمد. حضور موم زنبور عسل باعث کاهش حفره‌های بین مولکولی و افزایش برهمکنش‌های فیزیکی از جمله افزایش در میزان پیوندهای هیدروژنی^۳ بین مولکولی در فیلم‌های تولیدی شد، لذا فیلم‌های حاوی مقادیر بیشتر موم دارای انعطاف‌پذیری کمتر

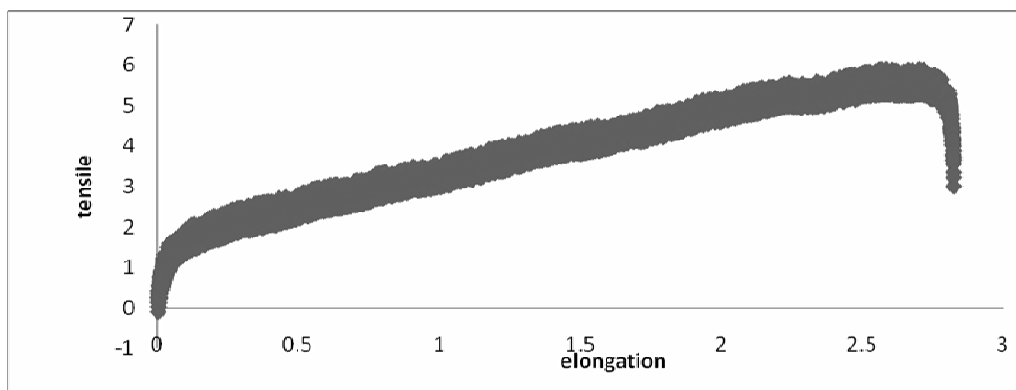
در (شکل ۱) نمونه‌ای از منحنی‌های تنش- کرنش رسم شده توسط دستگاه تستومتریک^۴ برای فیلم‌های آزمایش شده نشان داده شده است.

۳-۶- مطالعات رنگ‌سنجی فیلم‌های تولید شده

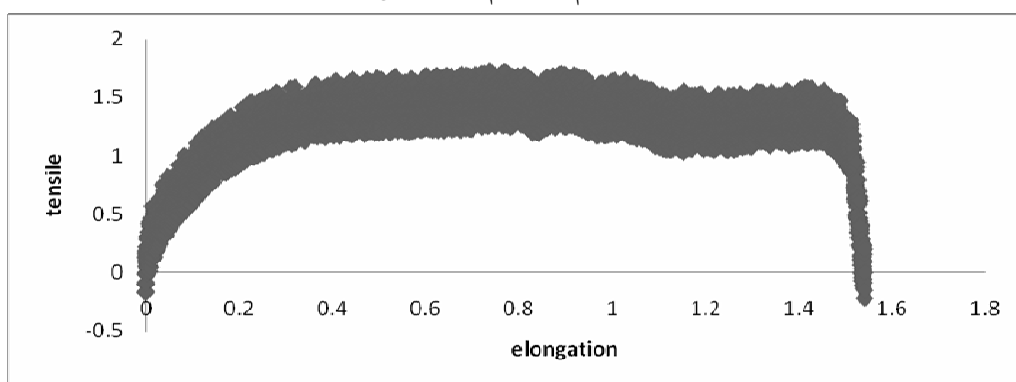
با افزایش آگاهی‌های مصرف‌کنندگان و پیچیدگی تقاضای آن‌ها، کاربرد روش‌های نوین کنترل کیفی اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. کیفیت را می‌توان مجموعه‌ای از ویژگی‌ها و صفات در نظر گرفت که تلفیق آن‌ها از دیدگاه مصرف‌کننده، منجر به پذیرش محصول می‌گردد. [۱۵]

از جمله روش‌هایی که برای رنگ‌سنجی مواد غذایی به کار می‌رود، روش‌های دستگاهی (نظیر رنگ‌سنجی با

- 1- Celophane
- 2- Mega pascal
- 3- Hydrogen



فیلم فاقد موم زنبور عسل



فیلم حاوی ۲۰٪ موم زنبور عسل به ازای گلیسرول

شکل ۱- منحنی تنش کرنش برخی از فیلم‌های تولیدی [۱]

جدول ۴- مقادیر ΔE ، W_i و Y_i فیلم‌های تولید شده با نسبت‌های مختلف مواد اولیه [۱]

ΔE	W_i	Y_i	میزان موم (درصد گلیسرول)	نوع فیلم
$8/9 \pm 0/11$	$88/14 \pm 0/13$	$0/071 \pm 0/028^c$	۰	آب پنیر/ پولالان ۳۰/۷۰
$7/54 \pm 0/20$	$88/41 \pm 0/21$	$0/035 \pm 0/018^b$	۲۰	آب پنیر/ پولالان ۳۰/۷۰
$9/29 \pm 0/10$	$87/88 \pm 0/12$	$0/018^a$	۰	آب پنیر/ پولالان ۵۰/۵۰
$7/05 \pm 0/13$	$88/98 \pm 0/19$	$0/0047 \pm 0/007^c$	۲۰	آب پنیر/ پولالان ۵۰/۵۰
$6/68 \pm 0/75$	$89/75 \pm 0/13$	$0/058 \pm 0/029^d$	۰	آب پنیر/ پولالان ۷۰/۳۰
$9/45 \pm 0/02$	$86/88 \pm 0/07$	$0/078 \pm 0/015^e$	۲۰	آب پنیر/ پولالان ۷۰/۳۰

۱. میزان گلیسرول در تمام فیلم‌ها یکسان و ۲۰٪ ماده جامد می‌باشد.

۲. مقادیر با حروف متفاوت بر اساس آزمون دانکن در سطح $p > 0/05$ با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند.

ترکیب آب پنیر/ پولالان با افزایش میزان موم زنبور عسل اختلاف رنگ با سطح (ΔE) تغییر محسوسی کرده و کاهش می‌یابد، اما در نسبت‌های ۳۰/۷۰ و ۵۰/۵۰ تغییرات متناسب با افزایش میزان موم تغییر نمی‌کند که می‌تواند بر اثر شرایط متفاوت آزمایشگاهی به وجود آمده باشد. اندیس سفیدی در تمام فیلم‌ها تا حدودی یکسان است که

هائتر لب) و نیز آزمایشگاهی شیمیایی می‌باشند. در مواردی هم از آزمون حسی توسط داوران مجرب در کنترل کیفیت محصولات غذایی و نیز تولید فرمولاسیون‌های جدید استفاده می‌شود. مقادیر اختلاف رنگ، اندیس زردی و سفیدی فیلم‌های تولیدی در (جدول ۴) آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در نسبت ۳۰/۷۰ از

نشان می‌دهد افزوده شدن موم، تغییر محسوسی در اندیس سفیدی ایجاد نکرده است و فیلم‌ها تا حدودی شفاف هستند. اندیس زردی نیز در نسبت‌های مختلف ترکیبات اولیه با یکدیگر تفاوت معنی‌داری دارند، اما در همه آن‌ها، این اندیس مقدار کمی دارد که نشان می‌دهد فیلم‌های تولیدی رنگ زیادی نداشته و همان‌طور که گفته شد تا حدودی شفاف هستند. [۱۶]

۲۰- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج آزمایش‌های بالا می‌توان به این نتیجه رسید که وجود موم زنبور عسل در فیلم‌ها، باعث کاهش حلالیت و نفوذپذیری فیلم‌ها می‌شود در نتیجه می‌توان از آن برای بسته‌بندی ترکیباتی که به این موارد حساس هستند به عنوان یک پوشش کامل و یا جزئی از بسته‌بندی استفاده کرد. و وجود لاکتوز در ترکیب فیلم‌های تولیدی باعث افزایش کشسانی و کاهش مصرف گلیسرول به عنوان پلاستیسایزر شده است. کشسانی بالای فیلم‌های تولیدی می‌تواند کاربرد آن‌ها را برای بسته‌بندی مواد غذایی افزایش دهد. همچنین حلالیت بالای فیلم‌ها در آب و نفوذپذیری مطلوب به بخار آب نیز قابلیت استفاده از آن‌ها را به عنوان پوشش میوه‌ها و سبزیجات به صورت اسپری و یا غوطه‌وری ممکن می‌سازد. به این دلیل که می‌تواند باعث خروج بخار آب از سطح پوشش شده و مانع گندیدگی آن شود و یا آن را به تأخیر بیندازد. همچنین با افزودن ضداکسیدان‌های طبیعی به این پوشش‌ها می‌تواند مانع فساد میکروبی میوه‌ها و سبزی‌ها بشود که باید در تحقیقات آینده مورد بررسی قرار بگیرند. علاوه بر تمام این موارد، مزیت مهم دیگر این فیلم‌ها، تجزیه پذیر بودن این ترکیبات در محیط و کاهش ضایعات در محیط زیست می‌باشد.

۲۱- منابع

- خانزادی، مهرداد. (۱۳۹۱). «بررسی امکان تهیه فیلم خوراکی از کنسانتره پروتئین آب پنیر و

ارزیابی». پایان نامه تحصیلی رشته صنایع غذایی- تکنولوژی در مواد غذایی. دانشکده صنایع غذایی. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

- M.B. Perez-Gago, M. Serra, M. Alonso, M. Mateos, M.A. del Rio. "Effect of whey protein- and hydroxypropyl methylcellulose-based". Vol. 36.
- Rene' Floris, Igor Bodnara, Fanny Weinbreck, Arno C. Alting. s.l. 2008, "Dynamic rearrangement of disulfide bridges influences". International Dairy Journal, Vol. 18.
- M.B. Perez-Gago, M. Serrab, M. Alonso, M. Mateosb, M.A. del Rio. s.l. 2005, "Effect of whey protein- and hydroxypropyl methylcellulose-based". Postharvest Biology and Technology, Vol. 36.
- Krochta, Seok-In Hong and John M. s.l. 2004, "Whey Protein Isolate Coating on LDPE". Packaging Technology and science, Vol. 17.
- Muharrem Certel, Mustafa K. Uslu* and Feramuz Ozdemir. S.l. 2004, "Effects of sodium caseinate- and milk protein". Journal of the Science of Food and Agriculture, Vol. 84.
- Jaejoon Han, Simon Bourgeois, Monique Lacroix. s.l. 2009, "Protein-based coatings on peanut to minimise oil migration". Food Chemistry, Vol. 115.
- Catarina O. Ferreira, Carla A. Nunes, Ivonne Delgadillo, J.A. Lopes-da-Silva. s.l. 2009, "Characterization of chitosan-whey protein films at acid pH". Food Research International, Vol. 42.
- John N. Coupland, Niamh B. Shaw, Frank J. Monahan, E. Dolores O'Riordan,. s.l. 2000 "Modeling the effect of glycerol on the moisture sorption behavior of". Journal of Food Engineering, Vol. 43.
- Paulo J. do A. Sobral, Juliana S. dos Santos, Farah T. Garcia. s.l. 2005, "Effect of protein and plasticizer concentrations in film". Journal of Food Engineering, Vol. 70.

11. F.M. Vanina, P.J.A. Sobral, F.C. Menegallib, R.A. Carvalho, A.M.Q.B. Habitate. s.l. 2005, "Effects of plasticizers and their concentrations on thermal". Food Hydrocolloids, Vol. 19.
12. Mahamadou Elhadji Gounga, Shi-Ying Xu, Zhang Wang. s.l. 2007, "Whey protein isolate-based edible films as affected". Journal of Food Engineering, Vol. 83.
13. Javier Osés, Idoya Fernandez-Pan, Mauricio Mendoza, Juan I. Mate. s.l. 2009, "Stability of the mechanical properties of edible films based on whey". Food Hydrocolloids, Vol. 23.
14. M. Ozdemir, John D. Floros. s.l. 2008, "Optimization of edible whey protein films containing preservatives". Journal of Food Engineering, Vol. 84.
15. M.B. Perez-Gago, M. Serra, M.A. del Rio. s.l. 2006, "Color change of fresh-cut apples coated with whey protein". Postharvest Biology and Technology, Vol. 39.
16. A. Longares, F.J. Monahan, E.D. O'Riordan, M. O'Sullivan. s.l. 2005, "Physical properties of edible films made from mixtures of sodium". International Dairy Journal, Vol. 15.

آدرس نویسنده

تهران - پاسداران - خیابان بهستان ۴ - خیابان
هاتف اصفهانی - کوچه ناز - ساختمان ناز -
پلاک ۴ - زنگ اول جنوبی.