Archive of SID

تولید و بررسی ویژگی‌های فیلم‌های ترکیبی بر پایه موسیلاژ دانه به و ایزوله پروتئین آب پنیر

زینب زنگانه[1*]، علیرضا صادقی ماهونک[2]، محمد قربانی[2]، مهدی کاشانی نژاد[2]، نرجس آقاجانی[3]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- دانشیار دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی بهار، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

(تاریخ دریافت: ۹٤/۰۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹٤/۰٤/۲٤)

چکیده

در این پژوهش موسیلاژ دانه به[1](Qsm)، به روش بهینه استخراج شد و فیلم‌های خوراکی ترکیبی از موسیلاژ دانه به و ایزوله پروتئین آب پنیر[2](Wpi)در نسبت های مختلف۱۰۰:۰، ۷۰:۳۰، ۵۰:۵۰، ۳۰:۷۰ و ۰:۱۰۰ تهیه گردید. در ادامه اثر افزودن نسبت‌های مختلف موسیلاژ دانه به و ایزوله پروتئین آب پنیر بر ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و ممانعت‌کنندگی فیلم خوراکی حاصل از آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. به‌طور کلی ایزوله پروتئین آب پنیر و موسیلاژ دانه به سازگاری خوبی از لحاظ تشکیل محلول و فیلم نشان دادند. نتایج حاصل نشان داد با افزایش درصد ایزوله پروتئین آب پنیر در فیلم‌های تولید شده، ضخامت، رطوبت و حلالیت فیلم‌های تولیدی افزایش و مقدار جذب رطوبت کاهش یافت. بررسی خواص مکانیکی فیلم‌ها با افزایش درصد موسیلاژ دانه به، حاکی از افزایش نیروی لازم برای پارگی فیلم‌ها و کاهش کشسانی بود. در رنگ سنجی فیلم‌های تولیدی با افزایش درصد ایزوله پروتئین آب پنیرفاکتور L(روشنایی) افزایش داشت ولی افزایش درصد موسیلاژ دانه به، فاکتور a(زردی) را کاهش داد. نفوذپذیری نسبت به بخار آب فیلم ها نیز با افزایش درصد موسیلاژ دانه به، کاهش یافت.

کلید واژگان: فیلم خوراکی، صمغ دانه به، ایزوله پروتئین آب پنیر، ویژگی های فیزیکی، مکانیکی و ممانعت کنندگی

* مسئول مکاتبات: z.zanganeh60@gmail.com

1. Whey protein isolate
2. Quince seed mucilage

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

سالهاست که پلاستیک‌ها به‌طور گسترده در صنعت غذا به عنوان ماده بسته بندی استفاده می‌شوند اما به‌کار گیری این مواد با مسایل زیست محیطی فراوانی همراه است. جهت رفع این مشکلات و بنا به درخواست مصرف کنندگان مبنی بر استفاده از غذاهای طبیعی، در دهه‌های گذشته فیلم ها و پوشش‌های خوراکی مورد مطالعه و پژوهش قرار گرفتند و وارد صنعت بسته‌بندی شدند[۱و۲]. اگر چه جایگزینی کامل پلیمرهای طبیعی به جای پلیمرهای سنتزی غیر ممکن و احتمالا غیرضروری است ولیکن این جایگزینی در مواردی لازم است به‌طوری که برای انواعی از مواد غذایی، استفاده از پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی به عنوان یکی از کم هزینه‌ترین روش‌های حفظ کیفیت و ایمنی مواد غذایی به حساب می آید [۳و٤]. فیلم‌های پلیمری بر پایه زیستی عمدتا از پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها، لیپیدها و یا ترکیب آن ها تهیه می شوند [۵]. در این میان به نظر می‌رسد که فیلم های خوراکی پروتئینی، از ارزش تغذیه‌ای و خواص مکانیکی قابل توجهی برخوردار بوده و در برابر گازها نیز خاصیت ممانعت کنندگی خوبی دارند ولیکن این دسته از فیلم های خوراکی به رطوبت بسیار حساس بوده و نسبت به نفوذ بخار آب مقاومت اندکی از خود نشان می دهند[٦]. از جمله ترکیبات پروتئینی مورد استفاده در ساخت فیلم‌های خوراکی می توان به ایزوله پروتئین آب پنیر اشاره کرد که به علت ارزان، فراوان و در دسترس بودن مورد استفاده وسیعی قرار گرفته است[۷] و به تنهایی توانایی ایجاد فیلم شفاف و انعطاف‌پذیر را دارد[۸]. از جمله ترکیبات پلی‌ساکاریدی که برای تشکیل فیلم خوراکی مورد استفاده قرار گرفته است نیز می توان به موسیلاژدانه به اشاره کرد. موسیلاژ دانه به، در غلظت‌های کم می تواند ترکیب بسیار ویسکوزی ایجاد کند که مانند سفیده تخم مرغ شفاف، کشسان و ارتجاعی است. موسیلاژ دانه به شامل میوفیبریل های سلولز(۳۵-۳۰٪) معلق در یک زمینه پلی-ساکاریدی است که اغلب آن را D-زایلوز(۷۲٪) تشکیل می-دهد. دانه میوه به یک منبع قدیمی تولید صمغ بوده اما به دلیل قیمت بالا، امکان دسترسی کم(بومی آسیای مرکزی)، و کیفیت متفاوت آن نسبت به صمغ های دیگر، هنوز صنعتی نشده است[۹].طی سال های اخیرکارهای تحقیقاتی اندکی روی این صمغ انجام شده است. جوکی و همکاران(۲۰۱۳) ویژگی‌های مکانیکی، ممانعت‌کنندگی، آنتی‌اکسیدانی و خواص عملکردی فیلم خوراکی موسیلاژ دانه به را بررسی و گزارش کردند که این پلی ساکارید علی رغم قیمت بالا، هزینه های تولید کم و استخراج آسانی داشته و همچنین پتانسیل تشکیل فیلم خالص و یا ترکیبی را دارا می باشد. بنابراین موسیلاژ دانه به می تواند به عنوان یک ماده فیلم‌ساز جدید برای بسته‌بندی طیف گسترده‌ای از محصولات غذایی به ویژه آنهایی که فساد اکسیداتیو بالایی دارند استفاده شود[۱]. تحقیقات کیورک و همکاران(۲۰۱٤) نشان داده است که مخلوط دو ترکیب پروتئینی و پلی‌ساکاریدی پتانسیل خوبی برای تشکیل فیلم دارد و فیلم تشکیل شده توانایی خوبی در خواص ممانعت کنندگی و مکانیکی نسبت به فیلم خالص هر کدام نشان می دهد[۱۰].

۲- مواد و روشها

۲-۱- مواد اولیه

دانه به مورد استفاده در این تحقیق از بازار محلی مشهد تهیه شد. ایزوله پروتئین آب پنیر(۸۰٪)از شرکت پاریز نوا واقع در شهر تهران خریداری گردید.گلیسرول(۹۹٪خوراکی)از شرکت مرک(Merk) آلمان تهیه و به عنوان نرم کننده در تمام فرمولاسیون هااستفاده شد. سایر مواد شیمیایی برای انجام آزمون ها شامل نیترات منیزیم، کلرید سدیم، سولفات پتاسیم، سولفات کلسیم از شرکت Merk آلمان تهیه گردید.

۲-۲- استخراج موسیلاژ

استخراج بهینه موسیلاژ دانه های به، طبق روش جوکی و همکاران(۲۰۱٤) با اندکی تغییرانجام شد[۱۱]. ۱۰۰ گرم دانه به با نسبت ۱ به ۲۵ با آب مقطر مخلوط و به مدت ۲ ساعت در دمای محیط (۲۵°c)هم زده شد. سپس کل محتویات از فیلتر پارچه‌ای عبور داده شد. دانه‌های باقیمانده روی فیلتر پارچه‌ای دوباره با نسبت کمتری آب مقطر مخلوط شد و پس از ۱ ساعت هم زدن، از فیلتر پارچه‌ای عبور داده شد. سپس دانه ها در دستگاه سطح تراش ریخته شد تا موسیلاژ باقیمانده روی دانه ها بطور کامل گرفته شود. کل موسیلاژ بدست آمده از دانه ها در ٦۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه و در دمای محیط سانتریفوژ شد تا ناخالصی ها جدا گردد. سپس در آون۵۰°c به مدت ٢٤-۱۸ ساعت خشک شد. موسیلاژ خشک شده پس از خارج شدن از آون توسط آسیاب تبدیل به پودر گردید و در کیسه‌های پلاستیکی زیپ دار در یخچال نگهداری شد تا در زمان ساخت فیلم‌ها مورد استفاده قرار بگیرد.

۲-۳- روش تهیه فیلم ها

www.SID.ir

Archive of SID

ابتدا طبق روش کیورک و همکاران(٢٠١٤)محلول آبی (w/w) ٢٪ از ایزوله پروتئین آب پنیر تهیه و روی هیتر مغناطیسی در دمای ٨٠°c به مدت ٣٠ دقیقه همزده شد[١٠]. از حرارت جهت دناتوره کردن ساختار پروتئین استفاده می گردد زیرا بدون دناتوره شدن پروتئین، تشکیل فیلم امکان پذیر نمی باشد. سپس برای جلوگیری از تخریب بیش از حد ساختار پروتئین‌ها، محلول در یخچال قرار گرفت تا به سرعت سرد و به دمای محیط برسد. سپس گلیسرول به عنوان نرم کننده در سطح ٣٥٪ وزن پروتئین اضافه شد. با توجه به روش جوکی و همکاران(٢٠١٣) مخلوط حاوی ١٪ موسیلاژ دانه به و ٣٥٪ وزن ماده خشک، گلیسرول به عنوان نرم کننده تهیه شد[١] و روی هیتر مغناطیسی تحت تکان ثابت در دمای ٣٥°c به مدت ١٥ دقیقه هموژن شد، سپس به مدت ٥ دقیقه در١٠٠٠٠ دور در دقیقه سانتریفوژ گردید. نسبت های مشخص ٠ :١٠٠، ٣٠ :٧٠، ٥٠ :٥٠، ٧٠ :٣٠و ١٠٠ :٠از دو محلول ساخته شده، با یکدیگر مخلوط و به مدت ١٥ دقیقه روی همزن قرار گرفت تا ترکیبی همگن تولید شود. به منظور حذف حباب‌های هوا، از آون خلا استفاده شد. در انتها ٦٥ میلی لیتر از هر مخلوط داخل ظروف تفلون که در محلی صاف تراز شده بودند ریخته شد تا به مدت ٤٨-٢٤ ساعت در دمای اتاق خشک شوند.

٢-٤- مشروط کردن فیلم ها

قبل از انجام آزمون‌ها(تعیین ویژگی‌های مکانیکی، فیزیکی و نفوذ پذیری به بخار آب)، فیلم‌های تولیدی جهت تعدیل رطوبتی(رسیدن به وزن ثابت) مطابق با استاندارد ASTM D 618-05 داخل دسیکاتور حاوی محلول نیترات منیزیم اشباع در درجه حرارت٢٥ °c، رطوبت نسبی ٥٠٪ به مدت ٤٨ ساعت مشروط شدند.

٢-٥- اندازه گیری ضخامت

ضخامت فیلم‌های تولید شده با استفاده از یک کولیس دیجیتال با دقت ٠/٠١ میلی متر در ١٠ موقعیت تصادفی از هر فیلم اندازه گیری شد. میانگین ضخامت هر فیلم در محاسبات ویژگی‌های مکانیکی و نفوذ پذیری به بخار آب استفاده شد.

٢-٦- اندازه گیری رطوبت

مقدار رطوبت فیلم‌ها طبق روش اجاق و همکاران(٢٠١٠) پس از رسیدن به تعادل رطوبتی تعیین شد[١٢]. قطعات ٣×٣ سانتی متر از هر فیلم با وزن مشخص درون پلیت‌های شیشه‌ای که از قبل به تعادل رطوبتی رسیده و توزین شده بود قرار گرفت. سپس به مدت ٢٤ ساعت در دمای ١٠٥ °c خشک گردید. نمونه‌ها همراه با پلیت پس از سرد شدن در دسیکاتور، مجددا توزین گردید. مقدار رطوبت فیلم ها از رابطه ١ محاسبه گردید. این آزمون در سه تکرار برای هر فیلم انجام شد.

رابطه (١)

$$\text{درصد رطوبت} = \left(\frac{\text{وزن نمونه بعد از خشک شدن} - \text{وزن اولیه نمونه}}{\text{وزن اولیه نمونه}}\right) \times 100$$

٢-٧- اندازه گیری حلالیت فیلم ها در آب

میزان حلالیت فیلم‌ها در آب به روش اکرامی و همکاران(٢٠١٤) انجام شد[١٣]. قطعات ٣×٣ سانتیمتر از هر فیلم پس از توزین درون ٥٠ سی سی آب مقطر انداخته و مدت ٦ ساعت در دمای٢٥°c توسط ارلن شیکر به آرامی هم زده شد. سپس کل محتویات ظرف روی کاغذ صافی واتمن شماره ٤١ که قبلا به وزن ثابت رسیده و دقیقا توزین شده بود، ریخته شد. کاغذ صافی به همراه نمونه در دمای١٠٥ °c تا رسیدن به وزن ثابت خشک شد. حلالیت فیلم‌ها به کمک رابطه ٢ محاسبه گردید. این آزمون با سه تکرار برای هر فیلم انجام شد.

رابطه(٢)

$$\text{درصد حلالیت در آب} = \left(\frac{\text{وزن خشک نهایی} - \text{وزن خشک اولیه}}{\text{وزن خشک اولیه}}\right) \times 100$$

٢-٨- اندازه گیری نفوذپذیری فیلم‌ها نسبت به بخار آب

آزمون تراوایی نسبت به بخار آب فیلم‌های خوراکی تولید شده، طبق روش سیری پتروان(٢٠١٠)انجام شد[١٤]. در این آزمون از سل‌های شیشه‌ای استفاده شد. سل‌ها با ٣٠ گرم سیلیکاژل پر و نمونه های فیلم روی دهانه سل ها قرار داده شد و با چسب نواری، پارافین مذاب و پارافیلم، محکم و آب بندی گردید. سل ها درون دسیکاتور حاوی محلول اشباع کلرید سدیم با رطوبت نسبی ٧٥٪ و دمای ٢٥ °c قرار گرفت. مدت دو هفته در بازه-های زمانی مشخص سل‌ها با ترازویی با دقت ٠/٠٠٠١ گرم توزین و نمودار آن به صورت تابعی از زمان رسم گردید. شیب هر خط رسم شده محاسبه و نرخ انتقال بخار آب از تقسیم شیب خط کشیده شده بر سطح فیلم های مورد آزمون به دست آمد(رابطه ٣).

رابطه (٣)

$$WVTR = \frac{\text{شیب منحنی}}{\text{مساحت سطح فیلم}}$$

www.SID.ir

Archive of SID

با ضرب کردن نرخ انتقال بخار آب در ضخامت فیلم و تقسیم کردن بر اختلاف فشار بین رطوبت نسبی درون سل ها و رطوبت نسبی دسیکاتور، نفوذ پذیری نسبت به بخار آب حاصل شد (رابطه ٤). این آزمون با سه تکرار برای هر فیلم انجام گردید.

$$WVP = \frac{WVTR \times \text{ضخامت}}{\text{اختلاف فشار}}$$ رابطه (٤)

۲-۹- اندازه گیری جذب رطوبت فیلم ها

مقدار جذب آب فیلم‌های تولید شده طبق روش قنبرزاده و همکاران(۲۰۱۰) انجام شد[۱۵]. فیلم‌ها در قطعات۲ × ۲ سانتیمتر آماده و در دسیکاتور حاوی سولفات کلسیم(رطوبت نسبی کمتر از ۵٪) به مدت ۲٤ ساعت مشروط گردید. پس از توزین، نمونه ها(m_1) به دسیکاتور حاوی محلول اشباع سولفات پتاسیم(دمای۲۵ °c و رطوبت نسبی ۹۷٪) منتقل و در فواصل زمانی معین تا رسیدن به وزن ثابت توزین شدند(m_2). مقدار جذب رطوبت از رابطه ۵ محاسبه گردید. این آزمون با سه تکرار برای هر فیلم انجام شد.

رابطه (۵)

$$\text{درصد جذب رطوبت} = \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1}\right) \times ۱۰۰$$

۲-۱۰- اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی فیلم ها

در این آزمون از دستگاه بافت سنج(XT.PLUS, England-TA) برای اندازه گیری خواص کششی فیلم‌های مشروط شده استفاده شد. با توجه به روش استانداردASTM D882-95 یک نوار۲۵ ×۱۰۰ میلی متر از هر فیلم با قیچی بریده شد. فاصله بین دو فک دستگاه ۵۰ میلی متر و سرعت حرکت فک ها نیز ۱ میلی متر بر ثانیه انتخاب شد. فاکتورهایی مانند نیروی لازم برای پارگی فیلم ها(F) و کشسانی(d) با استفاده از منحنی‌های نیرو در برابر تغییر شکل حاصل گردید. برای هر فیلم سه تکرار در نظر گرفته شد.

۲-۱۱- رنگ سنجی فیلم‌ها

جهت تعیین رنگ نمونه‌های فیلم مطابق با روش صالحی و همکاران(۲۰۱٤) از دستگاه اسکنر(HP G3110, China) استفاده شد[۱٦]. بررسی رنگ با مقیاسCIELAB انجام شد: روشنایی(L)، پارامترهای رنگیa (زرد- آبی) و b(قرمز- سبز). مقدارΔE (میزان اختلاف رنگ با سطح شاهد) طبق رابطه ٦ محاسبه شد. اندازه گیری‌ها با سه تکرار از هر فیلم انجام گرفت.

رابطه(٦)

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

۲- ۱۲- تجزیه و تحلیل آماری

اختلاف بین تیمارهای مختلف، بر اساس طرح آماری فاکتوریل کاملا تصادفی و با استفاده از تحلیل واریانس (ANOVA) در سطح احتمال ۵٪ تعیین شد. مقایسه میانگین داده ها بر اساس آزمون دانکن با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ در سطح احتمال ۵٪ انجام گرفت.

۳- نتایج و بحث

ایزوله پروتئین آب پنیر و موسیلاژ دانه به، در ایجاد محلول فیلم، کاملا سازگار بودند و بدون جداشدن دو فاز مخلوط شده، از هم، فیلمی همگن با سطوح صاف و ظاهرا بدون منافذ و ترک تولید کردند. فیلم‌های خالص ایزوله پروتئین آب پنیر بسیار شکننده بودند در نتیجه جدا کردن آن‌ها از قالب به دقت زیادی نیاز داشت اما وقتی مقدار موسیلاژ دانه به در فیلم‌ها افزایش یافت، فیلم‌ها انعطاف پذیرتر شدند و به راحتی از قالب جدا گردیدند.

۳-۱- ضخامت فیلم

شکل(۱) ضخامت فیلم‌های تولید شده با نسبت های مختلف را نشان می دهد. با توجه به شکل، ضخامت فیلم‌های تولید شده با نسبت های مختلف بایکدیگر اختلاف معنی دار داشت، به-طوری که ضخامت فیلم‌ها در دامنه ۰/۰۰۱±۰/۰٤۷ تا ۰/۰۰۱±۰/۰۷۱ میلی متر متغیر بود. فیلم خالص QSM دارای کمترین ضخامت بود که با افزایش درصد WPI، ضخامت فیلم‌ها افزایش یافت. تفاوت در ضخامت‌ها احتمالا بر اثر تشکیل شبکه پروتئینی وسیع توسط WPI می باشد که قادر است آب بیشتری را در ساختار خود به دام بیاندازد. این نتایج تا حدودی با نتایج دیواندری و همکاران(۱۳۸۷) همخوانی داشت[۱۷].

www.SID.ir

Archive of SID

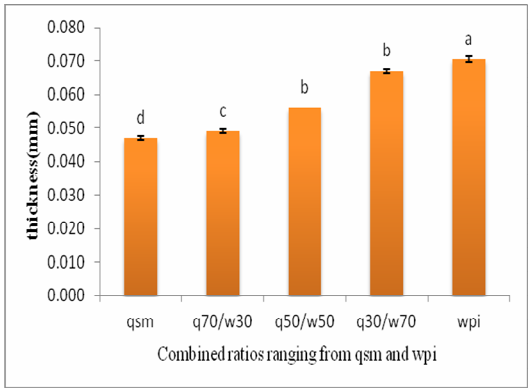

Fig 1 thickness of the composite films of quince seed mucilage and whey protein isolates (wpi, w =whey protein isolate & qsm, q =quince seed mucilage)

* Statistically, different letters indicate significant differences at a confidence level of 95%

٣-٢- درصد رطوبت فیلم

بر اساس نتایج به‌دست آمده مقدار رطوبت فیلم‌های تولید شده با افزایش مقدار WPI افزایش یافت. نتیجه این تحقیق بر خلاف نتایج تحقیق خانزادی و همکاران(١٣٩٢) و خاویر اوسس و همکاران (٢٠٠٩) بود[١٨و٣] که این تفاوت را می‌توان به تفاوت در نوع پلی‌ساکارید و درصد پروتئین ایزوله مورد استفاده دانست. همچنین با توجه به شکل(١) و (٢) می‌توان گفت میزان رطوبت فیلم ها با ضخامت آنها رابطه مستقیم داشت.

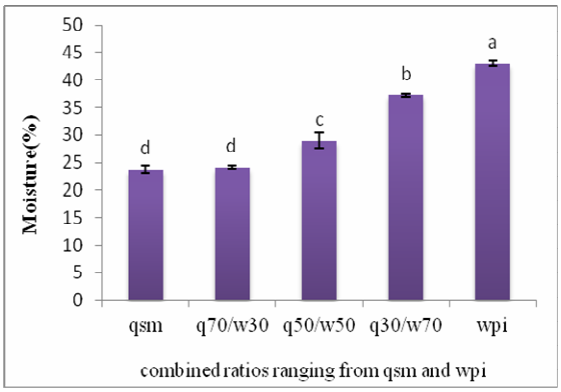

Fig 2 Moisture values of the composite films from quince seed mucilage and whey protein isolates (wpi, w =whey protein isolate & qsm, q =quince seed mucilage)

* Statistically, different letters indicate significant differences at a confidence level of 95%

٣-٣- درصد حلالیت فیلم ها در آب

نتایج نشان داد به‌طور کلی میزان حلالیت فیلم‌ها با افزایش درصد موسیلاژ دانه به، کاهش یافت که احتمالا می‌تواند به وجود رشته‌های سلولز در موسیلاژ دانه به مربوط باشد. همان طور که در شکل(٣) دیده می شود حلالیت فیلم‌های دارای ٠، ٣٠ و ٥٠ درصد موسیلاژ دانه به، از نظر آماری تفاوت معنی داری نداشتند ولی با افزایش درصد موسیلاژ دانه به، به ٧٠ و١٠٠درصد، این اختلاف معنی دار شد.

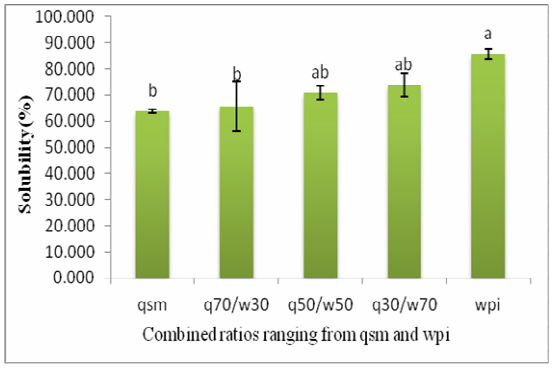

Fig 3 the solubility percentage of composite films from quince seed mucilage and whey protein isolates (wpi, w =whey protein isolate & qsm, q =quince seed mucilage)

* Statistically, different letters indicate significant differences at a confidence level of 95%

٣-٤- نفوذپذیری فیلم‌ها نسبت به بخار آب

در جدول(١) مقادیر عبور بخار آب از فیلم‌های تولید شده گزارش شده است. بیشترین نفوذ پذیری به بخار آب مربوط به فیلم خالص ایزوله پروتئین آب پنیر و کمترین مربوط به فیلم خالص موسیلاژ دانه به بود. افزایش موسیلاژ دانه به از ٠و ٣٠ درصد به مقادیر بیشتر ٥٠، ٧٠ و١٠٠ درصد باعث کاهش در نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌ها گردید. این نتایج تا حدودی مشابه نتایج باسیاک(٢٠١٥) و جیمنز(٢٠١٢) بود[١٩و٢٠]. احتمالا در فیلم های ترکیبی، موسیلاژ دانه به، در جاهای خالی مابین شبکه پروتئینی قرار گرفته و منافذ موجود را تا حدودی مسدود می‌کند. بر اساس مطالعات براوین و همکاران(٢٠٠٦) ضخامت نیز در میزان نفوذپذیری به بخار آب، تاثیر گذار است به این ترتیب که با افزایش ضخامت، نفوذپذیری فیلم به بخار آب افزایش می یابد[٣].

www.SID.ir

Archive of SID

Table 1 water vapor permeability in the Composite films from quince seed mucilage and whey protein isolates.

Film type	water vapor permeability (10^{-8}×g mm h^{-1} $m^{-1}$$kpa^{-1}$)
qsm	9.41±0 [b]
q70/w30	9.81±0 [b]
q50/w50	10.73±2.32 [b]
q30/w70	12.72±8.38 [a]
wpi	14.24±7.83 [a]

wpi, w = whey protein isolate & qsm, q =quince seed mucilage

*In each column numbers with the same letters are not significantly different ($p<0.05$)

۵-۳- جذب رطوبت فیلم ها

شکل (٤) مقدار جذب رطوبت فیلم‌های تولید شده با نسبت-های مختلف را نشان می دهد. همان طور که در شکل مشاهده می شود، فیلمی که دارای ۱۰۰ درصد موسیلاژ دانه به بود با۱۰۵/۹۷درصد جذب رطوبت، بیشترین میزان جذب را نسبت به تمامی نمونه‌های دیگر داشت که با افزایش درصد ایزوله پروتئین آب پنیر در فیلم ها، میزان جذب رطوبت کاهش یافت. احتمالا جذب بالای رطوبت توسط فیلم های خالص موسیلاژ دانه به، به دلیل ماهیت آبدوستی شدید موسیلاژ دانه به باتوجه به وجود سلولز و پلی ساکارید در ساختارش است که با جایگزین شدن ایزوله پروتئین آب پنیر در فیلم‌ها از این خاصیت کاسته می شود. همچنین این نتایج را می‌توان به این مسئله مربوط دانست که در مرحله خشک شدن، موسیلاژ دانه به، نسبت به ایزوله پروتئین آب پنیر با تعداد مولکول کمتری از آب می‌تواند پیوند شدید تشکیل دهد در نتیجه مقدار کمتری آب را در ساختار خود نگه می‌دارد به همین دلیل در مرحله جذب آب می‌تواند آب بیشتری جذب کند. ظاهر خشک فیلم-های خالص موسیلاژ دانه به با وجود جذب ۱۰۵/۹۷ درصد رطوبت در مقابل ظاهر کاملا خیس فیلم‌های خالص ایزوله پروتئن آب پنیر با ۸٤/٤٥ درصد جذب رطوبت، نکته قابل توجه و تامل در این بخش بود.

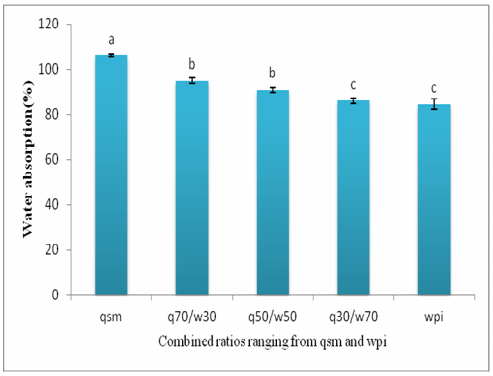

Fig 4 the percentage of water absorption in the composite films from quince seed mucilage and whey protein isolates
(**wpi, w** =whey protein isolate & **qsm, q** =quince seed mucilage)
* Statistically, different letters indicate significant differences at a confidence level of 95%

٦-۳- خواص مکانیکی فیلم ها

نتایج به دست آمده طبق جدول(۲) نشان داد بالاترین نیروی لازم برای پارگی فیلم‌ها مربوط به فیلم دارای ۱۰۰درصد موسیلاژ دانه به و کمترین نیرو، مربوط به فیلم دارای ۱۰۰ درصد ایزوله پروتئین آب پنیر بود. روند کاهشی نیروی لازم برای پارگی را با افزایش درصد ایزوله پروتئین آب پنیر در فیلم ها شاهد بودیم که می تواند به دلیل شکنندگی فیلم‌های پروتئینی باشد. برخلاف روند کاهشی نیروی لازم برای پارگی فیلم ها، میزان کشسانی فیلم ها، یک روند افزایشی را با افزایش درصد ایزوله پروتئین آب پنیر از خود نشان داد.

Table 2 mechanical properties of the composite films from quince seed mucilage and whey protein isolates.

Film types	Tensile strength (N)	Elongation (mm)
Qsm	20.98 ± 1. 30 [a *]	0.91 ± 0.07 [d]
q70/w30	15.63 ± 2.14 [b]	1.68 ± 0.08 [c]
q50/w50	13.8 ± 0.25 [bc]	2.28 ± 0.03 [cb]
q30/w70	11.23 ± 0.27 [c]	2.57 ± 0.24 [b]
Wpi	3.35 ± 0.05 [d]	3.98 ± 0.47 [a]

(wpi, w =whey protein isolate & **qsm, q** =quince seed mucilage)
* In each column numbers with the same letters are not significantly different ($p<0.05$).

www.SID.ir

Archive of SID

۷-۳- رنگ سنجی فیلم‌ها

تعیین رنگ فیلم‌های تولید شده تفاوت معنی داری را از لحاظ روشنایی(L)، زردی(a) و قرمزی(b) نشان داد. همان طور که در جدول(۲) مشاهده می شود فیلم دارای ۱۰۰درصد ایزوله پروتئین آب پنیر دارای بیشترین مقدار روشنایی(شفافیت) بود. همچنین بیشترین زردی(a) و قرمزی(b) نیز نسبت به فیلم‌های دارای درصدهای مختلف موسیلاژ دانه به، مربوط به فیلم ایزوله پروتئین آب پنیر بود. افزایش درصد موسیلاژ دانه به، در فیلم ها منجر به کاهش روشنایی(L) و همچنین کاهش درجه زردی(a) شد.این نتایج تا حدودی با نتایج خاویر اوسس و همکاران(۲۰۰۹) همخوانی داشت[۱۸]. بیشترین اختلاف رنگ با سطح شاهد(ΔE) مربوط به فیلم ۵۰/۵۰ درصد با عدد۲۱/۹٤۵ و کمترین اختلاف رنگ با سطح شاهد مربوط به فیلم دارای ۱۰۰ درصد ایزوله پروتئین آب پنیر با٦/٧١٢ بود، اما به‌طور کلی می‌توان گفت فیلم های تولید شده شفاف بودند.

Table 3 the Results of colorimetric of the composite films from quince seed mucilage and whey protein isolates.

Film types	L*	a*	b*	ΔE
Qsm	88.815 ± 0.606 [c]	-1.46 ± 0.026 [a]	14.322 ± 0.177 [b]	18.216± 0.321 [bc]
q70/w30	88.703 ± 0.881 [c]	-1.585 ± 0.26 [a]	16.743 ± 1.47 [b]	20.29 ± 1.358 [ab]
q50/w50	92.101 ± 0.785 [b]	-1.63 ± 0.3 [a]	20.41 ± 1.214 [a]	21.945 ± 1.387 [a]
q30/w70	93.915 ± 0.546 [b]	-2.313 ± 0.074 [b]	15.94 ± 0.103 [b]	17.208 ± 0.215 [c]
Wpi	98.52 ± 0.612 [a]	-2.676 ± 0.223 [b]	6.011 ± 0.386 [c]	6.712 ± 0.552 [d]

(**wpi, w** =whey protein isolate & **qsm, q** =quince seed mucilage)
L= Lightness ، **a**=yellowness ،**b** = redness ، ΔE =Color differences by level of evidence
In each column numbers with the same letters are not significantly different ($p<0.05$).*

٤- نتیجه گیری

موسیلاژ دانه به و ایزوله پروتئین آب پنیر از نظر تشکیل محلول و فیلم کاملا سازگار بودند. همه فیلم‌های ناشی از اختلاط این دو ماده با نسبت‌های مختلف، ظاهری همگن، صاف و بدون منفذ و ترک داشتند. اختلاط مقادیر مختلف موسیلاژ دانه به و ایزوله پروتئین آب پنیرعلاوه بر تولید فیلم‌های ترکیبی با انعطاف پذیری بهبود یافته، بدون افزایش مقدار نرم کننده، سبب بهبود ویژگی‌هایی نظیر خواص مکانیکی، نفوذپذیری نسبت به بخار آب ،کدورت و رنگ زرد شد. جذب رطوبت فیلم‌ها با افزایش درصد موسیلاژ دانه به، بدون داشتن ظاهری خیس در آن‌ها افزایش داشت. ازسوی دیگر حلالیت بالای فیلم ها در آب و نفوذ پذیری مطلوب نسبت به بخار آب نیز قابلیت استفاده از آن ها را به عنوان پوشش میوه ها و سبزیجات به صورت اسپری و غوطه وری ممکن می سازد که باید در تحقیقات آینده مورد بررسی بیشتر قرار بگیرد.

٥- منابع

[1] Jouki, M., Mortazavi, S. A., Tabatabaeiyazdy, F., Koocheki, A. (2013). Physical, barrier and antioxidant properties of a novel plasticized edible film from quince seed mucilage. international *Journal of biological macromolecules*, 62, 500-507.

[2]. Belghaisy, S.,Azizi, M, H., Zohoorian, G., Hadian, Z. (2008). Evaluation of physical properties of whey protein-mono glyceride edible film and its coating effect Moisture loss and sensory properties of fresh mutton. *Journal of Nutrition and Food Technology*, 3, 83-93.

[3] Khanzadi, M., Jafari, S. M., Khodaiyanchegini, F. (2014). Filmconsistingofwhey protein concentrate containing 30% lactose and pullulan in food packaging. *Journal of Science and Technology* Package, 13, 4-13.

[4] Pavlath, A. E., & Orts, W. Edible Films and Coatings: Why, What, and How (2009). In M. E. Embuscado& K. C. Huber (Eds.), Edible Films and Coatings for Food Applications , New York: Springer, 1-20.

www.SID.ir

Archive of SID

[5] Lee, K. Ya., Shim, J., Lee, H. G. (2004). Mecanical properties of gellan and gelatin films composite. *Journal of carbohydrate polymer* ,56, 251-254.

[6] Ou, S. Y., Kwok, K. C., & Kang, Y. J.(2004). Changes in in vitro digestibility and available lysine of soy protein isolate after formation of film. *Journal of Food Engineering*, 64(3):301–305.

[7] Garooci, F., Javanmard, M., Hassani, F. (2011).Edible coatings based on whey protein and Glahn gum on apricot fruit. *Journal of Food Science and Technology*, 29, 39-48.

[8] Mate, J. I. , Frankel, E. N. and Krochta, J. M. (1996). Whey protein isolate edible coatings: Effect on the rancidity process of dry roasted peanuts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 1736-1740.

[9] Ramsden, L. (2003). 15 Plant and Algal Gums and Mucilages. In: Tomasik, P,editor. Chemical and functional properties of food saccharides. New York; 231.

[10]. Kurek, M., Galus, s., Debeaufort, F. (2014). surfac, Mechanical and barrier properties of bio-based composite films based on chitosan and whey protein. *Journal food packaging and shelf life*, 1, 55-67.

[11] Jouki, M., Mortazavi, S.A., Tabatabaeiyazdy, F., Koocheki, A. (2014). Optimization of extraction, antioxidant activity and functional properties of quince seed mucilage by RSM. *international Journal of biological* macromolecules, 66, 113-124.

[12] Ojagh, S. M.,Rezaei, M., Razavi, S. H., Hosseini, S. M. H. (2010). Development and evaluation of a novel biodegradable film made from chitosan and cinnamon essential oil with low affinity toward water. Journal food chemistry, 122,161-166.

[13] Ekrami, M., & Emam Djomeh, Z. (2014). Water Vapor Permeability, Optical and Mechanical Properties of Salep Based Edible Film. Journal of Food Processing and Preservation, 38(4), 1812-1820.

[14] Siripatrawan, U., Harte , B.R.(2010). Physical properties and antioxidant activity of an active film from chitosan incorporated with green tea extract. *Journal of Food Hydrocolloids*,24,770-775.

[15] Ganbarzadeh, B., Almasi, H.(2009) Physical characteristics biodegradable edible films comprising carboxy methyl cellulose-Oleic acid. *Journal of Food Science and Technology*, 2, 35-42.

[16] Salehi, F., and Kashaninejad, M.(2014). Effect of Different Drying Methods on Rheological and Textural Properties of Balangu Seed Gum, *Journal of Drying Technology*. 32, 720-727.

[17] Divandari, n., Divandari, M., Mortazavi, S.A, Armin, M.(2009) Tensile properties of edible films based on whey, casein sodium and Tragakant gum. Eighteenth National Congress of Food Industries.

[18] Oses, j., Fabregat-Vazques, M., Pedroza-Islas, R., A.Tomas, S., Cruz-Orea, A., I.Mate, J. (2009). *Journal of food engineering*, 92, 56-62.

[19] Basiak, E., Galus, S., Lenart, A. (2015). Characterization of composite edible films based on wheat starch and whey protein isolate. *Journal of food science and technology*, 50, 372-380.

[20] Jimenez, A., Fabra, M.J., Talens, P. &Chiralt, A. (2012). Effect of re-crystallization on tensile, optical and water vapour barrier properties of corn starch films containing fatty acids. Food .*Journal of Hydrocolloids*, 26, 302–310.

www.SID.ir

Archive of SID

Production and evaluation of composite films properties based on quince seed mucilage and whey protein isolate

Zanganeh, Z. [1*], Sadeghi Mahoonak, A. R. [2], Ghorbani, M. [2], Kashaninjad, M. [2], Aghajani, N. [3]

1.M.A Student of Faculty of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
2. Associate Professor of Faculty of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
3. Assistant professor of Department of Food Science and Technology, Faculty of Bahar food industry, Bu Ali Sina University, Hamedan.

(Received: 2015/05/03 Accepted: 2015/07/15)

In this study, quince seed mucilage(Qsm) was extracted in the best optimal way and composite edible films based on quince seed mucilage and whey protein isolate(Wpi) were prepared in different proportions of 0:100,30:70, 50:50, 70:30 and 100:0. In the following, the effect of the addition of the different proportion of quince seed mucilage and whey protein isolate on physical, mechanical and barrier properties of edible films resulted from them was studied. Qsm and Wpi were totally good compatible to make solutions and films. The results showed that increasing of the percentage of Wpi in produced films caused to increase thickness, moisture and solubility of produced films. However, the amount of water absorption decreased mechanical properties of the films showed when the percentage of Qsm is increased, maximum force at rupture of the film is increased and distance elongation at break is decreased. In color measurement of produced films, lightness(L) was significantly improved as Wpi content increased, but yellowness (a) decreased. When the Qsm content and also, water vapor permeability was lowered by the growth of the Qsm content.

Keywords: Edible film, Quince seed mucilage, Whey protein isolate, Physical, Mechanical and barrier properties.

*Corresponding Author E-Mail Address: z.zanganeh60@gmail.com

www.SID.ir