تهیه فیلم زیست تخریب پذیر از پروتئین دانه گاودانه و تأثیر کلرور کلسیم بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن

اکرم عربستانی [1*]، مهدی کدیور [2]، محمد شاهدی [3]، سید امیر حسین گلی [4]

تاریخ دریافت مقاله: مرداد ماه۱۳۹۲
تاریخ پذیرش مقاله: آبان ماه ۱۳۹۲

چکیده

هدف این تحقیق، بررسی پتانسیل تهیه یک فیلم زیست تخریب‌پذیر از پروتئین‌های دانه گاودانه و تأثیر کلرور کلسیم بر خصوصیات فیلم پروتئینی تهیه شده به منظور بسته‌بندی مواد غذایی بود. ابتدا فیلم از کنسانتره پروتئینی دانه گاودانه و گلیسرول تهیه و برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن اندازه‌گیری شد. در مرحله بعد کلرور کلسیم در چهار سطح ۰/۱، ۰/٤، ۰/۷ و ۱ درصد وزنی/ وزنی کنسانتره پروتیئنی به محلول تشکیل‌دهنده فیلم اضافه و خصوصیات فیزیکوشیمیایی فیلم‌های تهیه شده مورد ارزیابی قرار گرفت. مطابق با نتایج به دست آمده، در حضور کلرور کلسیم خصوصیات فیزیکوشیمیایی فیلم‌های تهیه شده به ویژه میزان مواد محلول کل، نفوذپذیری به رطوبت و میزان آبگریزی آن‌ها به طور معنی‌داری بهبود یافت. به نظر می‌رسد ایجاد اتصال عرضی بین گروه‌های کربوکسیلیک پروتئین‌ها و یون‌های کلسیم عامل اصلی بهبود خصوصیات باشد. البته غلظت کلرور کلسیم نیز عامل مهمی است که باید در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی

گاودانه، فیلم زیست تخریب پذیر و کلرور کلسیم.

۱- مقدمه

بسته‌بندی مرحله‌ای ضروری برای نگهداری، حفظ کیفیت و ایمنی مواد غذایی از زمان فرآوری تا مصرف است. انواع مختلف مواد بسته‌بندی به سه صورت پوشش، فیلم و ظرف مورد استفاده قرار می‌گیرند و به دو دسته سنتزی[5] و زیست تخریب‌پذیر قابل تقسیم‌اند[۲]. تجمع انواع مواد سنتزی غیر قابل تجزیه به خصوص انواع مختلف مواد بسته‌بندی در طبیعت سبب شد تا طبیعی بودن مواد بسته‌بندی به خصوص برای غذاها، ذاتاً زیست تخریب‌پذیر و قابل بازیافت شدن به طور جدّی مطرح شود. در این راستا بیوپلی‌مرهای[6] مختلفی مانند پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها[7] و چربی‌ها به عنوان فیلم برای بسته‌بندی استفاده شده‌اند[۳].

اگر چه استفاده از فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی در محصولات غذایی جدید به نظر می‌رسد، در واقع پیشینه استفاده از آن‌ها به قرن‌ها پیش بر می‌گردد. موم اولین پوشش خوراکی استفاده شده روی میوه‌ها و سبزی‌هاست. چینی‌ها، پوشش‌های موم را در قرن‌های ۱۲ و ۱۳ برای افزایش ماندگاری پرتقال و لیمو استفاده می‌کردند. اخیراً فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی، کاربردهای بیشتری پیدا

۱- دانشجوی دکترای علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
(* نویسنده مسئول: arabestaniakram@yahoo.com)
۲ و ۳- استاد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
٤- استادیار علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

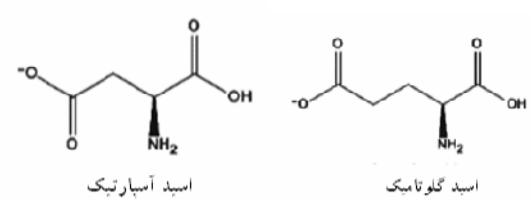
5- Synthetic
6- Bio polymer
7- Polysaccharide

کرده‌اند که از جمله می‌توان به تهیه روکش برای سوسیس‌ها، پوشش شکلاتی برای مغزها، میوه‌ها و پوشش‌های مومی برای میوه‌ها و سبزی‌ها اشاره کرد.

به طور کلی فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی می‌توانند به صورت لایه‌هایی نازک از مواد روی غذاها یا بین ترکیبات آن‌ها به صورت لفاف[1]، قلم‌مو زدن[2]، غوطه‌وری[3] و اسپری[4] کردن به کار برده شوند تا انتقال جرم را کنترل و محافظت مکانیکی را تأمین و پذیرش محصولات غذایی را بیشتر کنند[۷].

در این تحقیق نیز ماده اصلی برای تهیه فیلم، پروتئین دانه گاودانه بود. این گیاه با نام علمی[5] به خانواده حبوبات تعلق دارد و از آن بیشتر به عنوان علوفه و پوشش گیاهی خاک‌های شور استفاده می‌شود. از آنجایی که گاودانه منبعی ارزان از پروتئین و انرژی است[۱۱]. پتانسیل خوبی جهت تهیه فیلم‌های پروتئینی دارد.

از این رو، هدف این تحقیق در مرحله اول، تهیه و تعیین برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی فیلم پروتئینی از پروتئین‌های دانه گاودانه بود. با توجّه به این که اکثر فیلم‌های زیست تخریب‌پذیر به سبب طبیعت آبدوست برخی از ترکیبات تشکیل‌دهنده به طور ذاتی نسبت به جذب رطوبت بسیار حساس هستند و همچنین حضور برخی از



شکل۱- ساختار شیمیایی اسیدهای آمینه غالب در پروتئین دانه گاودانه

افزودنی‌ها مانند نرم‌کننده‌ها (که عمده‌ترین آن‌ها گلیسرول[6] می‌باشد) در فرمول محلول تشکیل‌دهنده فیلم‌ها نیز سبب تشدید این خاصیت می‌شود، تیمارهای مختلف فیزیکی، شیمیایی و آنزیمی برای کاهش نفوذپذیری به رطوبت و بهبود سایر خصوصیات آن‌ها پیشنهاد شده است[۱۲].

در این تحقیق نیز با توجّه به ترکیب اسیدهای آمینه موجود در ساختار پروتئین‌های دانه گاودانه و غالب بودن اسیدهای آمینه گلوتامیک[7] و آسپارتیک[8](شکل ۱) که جز اسیدهای آمینه اسیدی به شمار می‌آیند[۱۱] سعی شد که با استفاده از یک عامل ایجاد اتصالات عرضی مانند کلرور کلسیم خصوصیات فیلم تهیه شده به ویژه میزان آبگریزی آن بهبود یابد.

کلرور کلسیم نمک سفید رنگی است (شکل ۲) که در محلول به صورت یون کلسیم با دو بار مثبت در آمده و قادر است از طریق واکنش‌های الکترواستاتیک به صورت یک پل بین دو گروه کربوکسیل پروتئین‌ها با بار منفی عمل کرده و در نتیجه باعث استحکام ساختار و شبکه پروتئینی حاصل شود[٤]. از این رو در مرحله دوم تحقیق از کلرور کلسیم به عنوان عامل ایجاد اتصالات عرضی استفاده و تأثیر آن بر خصوصیات فیلم‌های تهیه شده مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

دانه گاودانه از مغازه‌ای محلی در اصفهان تهیه شد. مواد شیمیایی و حلال‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل هیدروکسید سدیم، اسیدکلریدریک (۳۷٪)، گلیسرول (۸۷٪) و کلرور کلسیم بوده است.

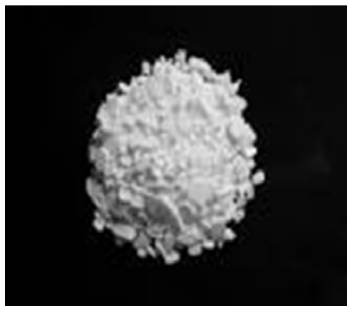
در مرحله اول تحقیق، پروتئین از دانه گاودانه استخراج شد به این ترتیب که ابتدا دانه‌های گاودانه آسیاب شده و سپس با نسبت ۱ به ۱۰ وزنی- حجمی در

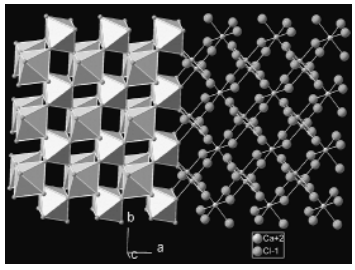
1- Wrapping
2- Brushing
3- Immersing
4- Spraying
5- Vicia ervilia

6- Glycerol
7- Glutamic acid
8- Aspartic acid

آب مقطر قلیایی با pH=۱۱ خیسانده شدند. مخلوط به مدّت ۱ ساعت به هم زده شد و سپس در ۳۲۰۰g به مدّت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ[1] شد. بعد از آن محلول شفاف روئی[2] جمع‌آوری شده و pH آن با HCl ۰/۱ نرمال به ۵/٤ رسانده شد، مجدداً سانتریفوژ انجام گرفته و رسوبات حاصل در شرایط خلأ در دمای ٤۰ درجه سانتی‌گراد خشک سپس فیلم آن تهیه شد.

برای تهیه فیلم، کنسانتره پروتئینی به دست آمده از مرحله قبل به نسبت ۵ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر با هم زدن یکنواخت، پخش شد. در مرحله بعد گلیسیرین به عنوان نرم‌کننده به نسبت ۵۰ درصد(وزنی-وزنی پروتئین) اضافه شد. pH محلول با استفاده از NaOH ۱ نرمال روی ۱۱ تنظیم و در حمام آب ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدّت ۲۰ دقیقه حرارت داده شد. در نهایت محلول تشکیل‌دهنده فیلم پس از حذف حباب‌های هوا به صورت یک لایه نازک و یکنواخت





شکل ۲- نمک کلرور کلسیم و ساختار فضایی آن

روی شیشه‌ای با پوشش تفلون(۳۰*۳۰ سانتی‌متر) پخش و تا زمان خشک شدن کامل در دمای محیط قرار داده شد[۳]. نمونه‌ای از محلول تشکیل‌دهنده فیلم‌ها در(شکل ۳) قابل مشاهده است.

در مرحله دوم تحقیق، چهار سطح ۰/۱، ۰/٤، ۰/۷ و ۱ گرم کلرور کلسیم به ازای هر گرم وزن کنسانتره پروتئینی محاسبه و به فرمولاسیون تهیه فیلم کنترل اضافه شد. کلیه مراحل تهیه فیلم، مشابه فیلم کنترل بود با این تفاوت که پس از اضافه کردن نرم‌کننده، غلظت‌های محاسبه شده از کلرور کلسیم نیز به محلول تشکیل‌دهنده فیلم افزوده شد. بعد از خشک شدن کامل فیلم‌ها و مشروط کردن آن‌ها به مدّت ٤۸ ساعت در دسیکاتور[3] حاوی محلول اشباع نیترات منیزیم[4] با ٦ مولکول آب(دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) آزمون‌های زیر روی آن‌ها انجام گرفت:

۱- اندازه‌گیری ضخامت با استفاده از کالیپر[5].

۲- اندازه‌گیری رطوبت.

۳- اندازه‌گیری مواد محلول کل[۱۳].

٤- اندازه‌گیری خصوصیات مکانیکی با استفاده از دستگاه Zwick 1446-60 (روش استاندارد ASTM، ۲۰۰۳).

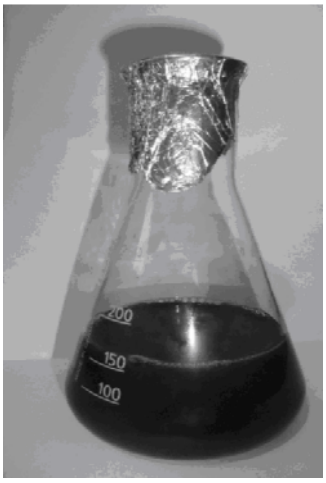
۵- اندازه‌گیری نفوذپذیری به بخارآب[۳].

در(شکل ٤) نمونه‌ای از ظرف‌های استفاده شده برای اندازه‌گیری نفوذپذیری به بخارآب فیلم‌ها نشان داده شده است.

٦- میزان آبگریزی[۸].

1- Centrifuge
2- Supernatant

3- Desicator
4- $Mg(NO3)_2 .6H2O$
5- Caliper



۳- تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمایشات(به استثنای اندازه‌گیری میزان آبگریزی با حداقل ۵ تکرار) با سه تکرار انجام و میانگین و انحراف معیار داده‌های به دست آمده با میکروسافت اکسل[1] محاسبه شد. به منظور تجزیه و تحلیل نتایج مربوط به خصوصیات مختلف فیلم‌های تهیه شده در عدم حضور(فیلم کنترل) و در حضور غلظت‌های مختلف کلرور کلسیم از قالب بلوک طرح کاملاً تصادفی و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار[2](LSD) در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

٤- نتایج و بحث

میزان خلوص کنسانتره پروتئینی تهیه شده از دانه گاودانه ۸٦/٤٥ درصد براساس وزن خشک به دست آمد و میزان ضخامت فیلم‌ها ۰/۰۲±۰/۱ میلی‌متر بود.

٤-۱- میزان رطوبت

مطابق نتایج به دست آمده(جدول ۱) در حضور کلرورکلسیم، میزان رطوبت فیلم‌ها از ۲۷/٦۹ درصد در نمونه کنترل به ۲٤/۰۷ درصد کاهش یافت، اما این کاهش فقط در بالاترین غلظت کلرور کلسیم(۱ درصد وزنی/ وزنی) معنی‌دار بود. تشکیل اتصالات عرضی بین گروه‌های کربوکسلیک[3] منفی پروتئین‌ها و یون‌های مثبت کلسیم، سبب محدودتر شدن برهم‌کنش‌های پروتئین- آب از طریق پیوندهای هیدروژنی شده در نتیجه میزان رطوبت فیلم‌ها در حضور کلسیم در مقایسه با فیلم کنترل کاهش یافته است.

٤-۲- مواد محلول کل

فیلم کنترل، بیشترین مواد محلول کل (۳٦/۵۵ درصد) را نشان داد که با کاربرد و افزایش غلظت کلرور کلسیم به طور معنی‌داری کاهش یافت(جدول ۱). کاهش مواد محلول کل نیز احتمال ایجاد اتصال عرضی را در فیلم‌های حاوی کلرور کلسیم تأیید می‌کند. با ایجاد این اتصالات، شبکه پروتئینی فیلم‌ها پایدارتر شده و بهتر می‌توانند ساختار خود را در آب حفظ کنند. محققان نیز نشان دادند که شاخص تورم فیلم‌های گلان حاوی غلظت‌های مختلف کلرور کلسیم(۲۰-۵ درصد وزنی/ وزنی) به دلیل ایجاد اتصالات عرضی در شبکه فیلم توسط یون‌های کلسیم، در مقایسه با فیلم کنترل کمتر است[۱٦].

1- Microsoft Excel
2- Least significant difference
3- Carboxylic groups

جدول۱- برخی خصوصیات فیلم پروتئینی گاودانه در حضور و عدم حضور کلرور کلسیم

غلظت کلرور کلسیم (درصد وزنی/ وزنی)	میزان رطوبت (درصد)	میزان مواد محلول کل (درصد)	استحکام کششی (مگا پاسکال)	کشش پذیری تا نقطه شکست (درصد)
۰	۲۷/٦۹±.۱/۱۸^{a}	۳٦/۵۷± ۲/۰۸^{a}	۵/۰٤±.۰/۸۱	۱۱۸/٤۹±.۱۸/۷۱
۰/۱	۲۷/۱۳± ۰/۷٦^{a}	۳٤/۰۳± ۰/۵٤^{ab}	٤/٦٤±.۰/٦۲	۱۱۲/۳۳±.۱۱/٦۱
۰/٤	۲٦/٤٤± ۰/۱٦^{a}	۳۲/۵۳± ۱/۵۵^{b}	٤/۹±.۰/٤	۱۱۱/٤۱±.۱۵/۷٦
۰/۷	۲۵/۹٤± ۱/۲۵^{ab}	۳۱/۷۳± ۰/۹۵^{bc}	۵/۳۲±.۰/٦۲	۱۱۹/۷۹±.۱/٤۳
۱	۲٤/۰۷±۰/۹٦^{b}	۲۸/۲۷± ۱/۸۸^{c}	۵/۱۲±.۰/۲۹	۹۸/٤٦±.۱۲/۲۱

در هر ستون، تفاوت میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار است.

اعداد، میانگین ± SD بوده و حاصل سه تکرار می‌باشند.

٤-۳- خصوصیات مکانیکی

در رابطه با خصوصیات مکانیکی مقاومت کششی و کشش‌پذیری تا نقطه شکست فیلم‌ها اندازه‌گیری شد تا میزان مقاومت آن‌ها در شرایط مختلف فرآیند، حمل‌ونقل و انبارداری مشخص شود. استحکام کششی فیلم‌های حاصله از کنسانتره پروتئینی گاودانه ۵/۰٤ مگاپاسکال و کشش‌پذیری آن‌ها ۱۱۸/٤۹٪ به دست آمد، مطابق نتایج به دست آمده (جدول ۱) کاربرد کلرور کلسیم اثر معنی‌داری بر خصوصیات مکانیکی فیلم‌ها نداشت.

در تحقیقات دیگر هم نتایج متفاوتی در رابطه با اثر غلظت‌های مختلف کلرور کلسیم بر خصوصیات مکانیکی فیلم‌های مختلف گزارش شده است. به عنوان مثال محققان در مطالعات خود افزایش چسبندگی[1] و تراکم را در فیلم‌های تهیه شده از پروتئین آب پنیر حاوی کلرور کلسیم پیش‌بینی کردند، اما اضافه کردن کلرور کلسیم(به مقدار ۰/۰۵ گرم به ازای ۱۰۰ گرم ماده خشک) در محلول تشکیل‌دهنده فیلم، اثر معنی‌داری بر بهبود خصوصیات مکانیکی فیلم‌ها نداشت[۵]. همچنین محققان نشان دادند که در حضور کلرور کلسیم در دامنه ۲۰-۵ درصد وزنی/ وزنی مقاومت کششی فیلم‌های گلان[2] در مقایسه با فیلم کنترل کاهش می‌یابد[۱٦].

محققان گزارش کردند که فیلم‌های تهیه شده از ایزوله پروتئینی سویا حاوی ۰/۱ و ۰/۳ درصد وزنی/ وزنی کلرور کلسیم مقاومت کششی کمتر و کشش‌پذیری بیشتری در مقایسه با کنترل داشتند[۱۰]. در حالی که محققان دیگر نشان دادند کشش‌پذیری فیلم‌های گلوتنی که در محلول ۱ مولار[3] کلرور کلسیم خیسانده شده بودند به طور معنی‌داری کاهش و مقاومت کششی آن‌ها افزایش یافته است[٦].

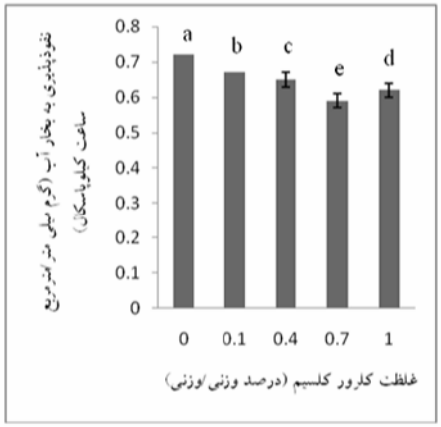
این نتایج نشان می‌دهد که اثر اتصالات عرضی ایجاد شده توسط کلرور کلسیم روی خصوصیات مکانیکی فیلم‌ها به شدّت وابسته به نوع فیلم پروتئینی و غلظت یون کلسیم می‌باشد.

٤-٤- نفوذپذیری به رطوبت

میزان نفوذپذیری به رطوبت فیلم حاصل از کنسانتره پروتئینی دانه گاودانه ۰/۷۲ گرم میلی‌متر/ کیلوپاسکال ساعت مترمربع (gmm/kPa.h.m2) به دست آمد که در محدوده گزارش شده برای سایر فیلم‌های پروتئینی است. از آنجایی که فیلم‌های زیست تخریب‌پذیر معمولاً از جنس پروتئین یا پلی‌ساکارید هستند به دلیل وجود گروه‌های هیدروکسیل آزاد، پتانسیل بالایی برای جذب رطوبت

1- Sohesion
2- Gellan
3- Molar

دارند. از طرفی به منظور بهبود خصوصیات مکانیکی فیلم‌ها از نرم‌کننده‌ها استفاده می‌شود که اکثرا آبدوست می‌باشند و میزان نفوذپذیری به رطوبت را افزایش می‌دهند. در نتیجه، این فیلم‌ها در مقایسه با انواع فیلم‌های سنتزی از میزان نفوذپذیری بالایی نسبت به رطوبت برخوردارند. مطابق نتایج به دست آمده (نمودار ۱) نفوذپذیری به رطوبت فیلم‌ها با افزایش غلظت کلرور کلسیم از ۰/۱ تا ۰/۷ درصد در مقایسه با فیلم کنترل کاهش معنی‌داری داشت، اما در غلظت ۱ درصد نسبت به ۰/۷ درصد افزایشی مشاهده شد. به طور کلی نرم‌کننده‌ها سبب کاهش نیروی بین زنجیرهای پروتئین‌ها، افزایش تحرک آن‌ها و در نتیجه افزایش انعطاف‌پذیری فیلم‌ها می‌شوند، اما در عین حال، نفوذپذیری به بخار آب و دیگر گازها را نیز افزایش[۹] که ویژگی نامطلوبی به شمار می‌رود.



نمودار ۱- میزان نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌های گاودانه در عدم حضور و در حضور غلظت‌های مختلف کلرور کلسیم

در هر ستون، تفاوت میانگین‌های دارای حروف غیرمشترک با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار است.
اعداد، میانگین ± SD بوده و حاصل سه تکرار می‌باشد.

از طرف دیگر، یون‌های مثبت کلسیم می‌توانند با گروه‌های با بار منفی پروتئین‌ها برهم کنش داده و اتصالات و پل‌هایی را ایجاد کنند که تا حدّی فضای بین زنجیرها را که توسط نرم‌کننده‌ها ایجاد شده، خنثی کنند در نتیجه، شبکه‌های پروتئینی محکم‌تر با ساختارهای مقاوم‌تر به وجود آورند. محققان [۱۰] گزارش کردند که نفوذپذیری به رطوبت فیلم‌های تهیه شده از ایزوله پروتئینی سویا در حضور کلسیم (۳/ درصد وزنی/ وزنی پروتئین) کاهش یابد. اگر چه این کاهش معنی‌دار نیست. محققان[٦] نشان دادند که تیمار فیلم‌های گلوتنی[1] با کلرور کلسیم ۱ مولار نفوذپذیری به رطوبت فیلم‌ها را به طور معناداری(حدود ۱۵ درصد) در مقایسه با فیلم‌های کنترل کاهش می‌دهد.

در رابطه با نتایج به دست آمده در این تحقیق که نفوذپذیری به رطوبت فیلم‌ها در حضور کلسیم تا غلظت ۰/۷ درصد روندی کاهشی داشت و در غلظت ۱ درصد دوباره افزایش مشاهده شده را می‌توان چنین توجیه کرد:

اثر اتصالات عرضی ایجاد شده توسط یون‌های کلسیم بر خصوصیات فیلم‌ها به غلظت یون‌های کلسیم بستگی دارد. غلظت یون‌های کلسیم تا نقطه‌ای مشخص که به آن نقطه بحرانی می‌گویند اثر مثبت و مطلوبی بر خصوصیات فیلم‌ها دارد. در حقیقت در غلظت‌های خیلی زیاد یون‌های کلسیم در محلول تشکیل‌دهنده فیلم، بین یون‌های کلسیم برای واکنش با سایت‌های آنیونی[2] در زنجیرهای پلی‌مری رقابت به وجود آمده و به دلیل نیرو رانشی بین یون‌های با بار مشابه، فضای بین زنجیرها افزایش یافته و در نتیجه میزان نفوذپذیری فیلم هم بیشتر می‌شود[۱۵]. بنابراین افزایش مشاهده شده در نفوذپذیری به رطوبت فیلم‌ها در غلظت ۱ درصد نسبت به ۰/۷ درصد را می‌توان تا حدودی توجیه کرد.

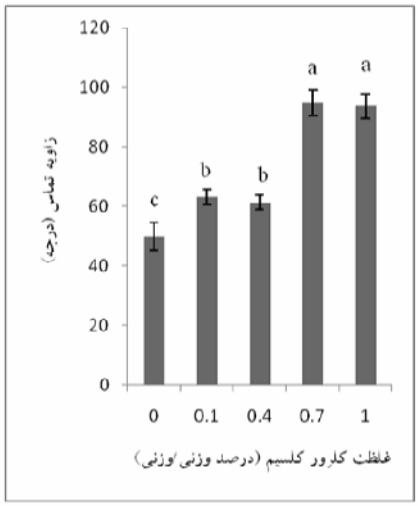
٤-٥- میزان آبگریزی(هیدروفوبیسیتی)

در این تحقیق میزان آبگریزی(هیدروفوبیسیتی[3]) فیلم تهیه شده با اندازه‌گیری زاویه تماس ارزیابی شد. زاویه‌ای که از تقاطع دو خط مورّب به سطح مایع و جامد در محل تماس با هوا تشکیل می‌شود به عنوان زاویه تماس در نظر گرفته شده و ملاکی از میزان آبگریزی سطح مورد مطالعه می‌باشد. نمودار(۲) زاویه تماس به دست آمده برای فیلم کنترل و فیلم‌های تیمار شده با غلظت‌های مختلف کلرور

1- Gluten films
2- Anionic
3- Hydrophobicity

کلسیم را نشان می‌دهد. فیلم کنترل، کمترین زاویه(۴۹/۸۳ درجه) را داشت که با افزایش غلظت کلرور کلسیم زاویه تماس به طور معنی‌داری افزایش یافت(بین ۲۳ تا ۹۰ درجه).

سطوحی که زاویه تماس بیشتر از ٦٥ و کمتر از ٦٥ درجه دارند به ترتیب به عنوان سطوح آبگریز و آبدوست در نظر گرفته می‌شوند[١٤]. بنابراین فیلم کنترل و فیلم‌های حاوی ۰/۱ و ۰/٤ درصد کلرور کلسیم به عنوان فیلم‌های آبدوست و فیلم‌های حاوی ۰/۷ و ۱ درصد کلرور کلسیم با زاویه تماس بیشتز از ٦٥ درجه آبگریز در نظر گرفته



نمودار ۲- میزان آبگریزی فیلم‌های گاودانه در عدم حضور و در حضور غلظت‌های مختلف کلرور کلسیم

در هر ستون، تفاوت میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار است.

اعداد، میانگین ± SD بوده و حاصل سه تکرار می‌باشد.

از آن جایی که افزایش زاویه تماس، شاخصی از آبگریزی بیشتر سطوح است می‌توان نتیجه گرفت که حضور و کاربرد کلرور کلسیم به طور مشخصی آبگریزی سطحی فیلم‌های پروتئینی گاودانه را افزایش داده است. فیلم حاوی ۰/۷ درصد کلرور کلسیم، بیشترین زاویه تماس یعنی بیشترین آبگریزی سطح را نشان داد. البته این فیلم، کم‌ترین نفوذپذیری به بخار آب را هم داشت.

با توجّه به این که آنالیز[1] اسیدهای آمینه[2] پروتئین‌های گاودانه، غالب بودن اسیدهای آمینه اسیدی را نشان داده است و این که در آزمایش‌های ما pH محلول‌های تشکیل‌دهنده فیلم بالاتر از pH ایزوالکتریک[3] پروتئین‌های گاودانه بود، زنجیرهای جانبی پروتئین‌ها، سایت‌های منفی زیادی دارند که یون‌های کلسیم می‌توانند با آن‌ها باند شوند و شبکه‌های پروتئینی متراکم‌تری را تشکیل دهند. در نتیجه این برهم کنش‌ها، زنجیرهای جانبی با بار منفی قادر به واکنش با آب نیستند و آبگریزی پروتئین‌ها افزایش می‌یابد. مطابق نتایج به دست آمده، کاهش مشاهده شده در میزان مواد محلول کل و نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌های حاوی کلرور کلسیم می‌تواند به سبب افزایش آبگریزی سطح آن‌ها باشد.

۵- نتیجه‌گیری

با توجّه به این که یکی از نقاط ضعف فیلم‌های زیست تخریب‌پذیر، حساسیت بالای آن‌ها به جذب رطوبت است در این تحقیق از کلسیم به عنوان عامل اتصال‌دهنده به منظور کاهش نفوذپذیری به رطوبت فیلم‌های تهیه شده از گاودانه استفاده شد. علت انتخاب کلرور کلسیم به عنوان ماده اتصال‌دهنده غالب بودن اسیدهای آمینه اسیدی در پروتئین‌های دانه گاودانه است که دارای بار منفی می‌باشند. همچنین در مرحله تشکیل فیلم نیز pH محلول قلیایی است(pH=11) که سبب می‌شود زنجیره‌های جانبی پروتئین‌ها دارای بار منفی باشند و با کلرور کلسیم که دارای بار مثبت می‌باشد، پیوند برقرار کنند. در نتیجه ایجاد اتصال عرضی بین گروه‌های کربوکسیلیک[4] پروتئین‌ها و یون‌های کلسیم، واکنش پروتئین‌ها به خصوص با آب کاهش یافته و در نتیجه میزان آبگریزی فیلم‌ها افزایش و نفوذپذیری آن‌ها به رطوبت کاهش می‌یابد.

1- Analysis
2- Amino-acid
3- Isoelectric
4- Carboxylic

٦- منابع

1. ASTM. Annual book of ASTM standards. pennsylvania: american society for testing and materials, 2003.
2. Atarés, L., De Jes's, C., Talens, P., Chiralt, A., "Characterization of SPI-based edible films incorporated with cinnamon or ginger essential oils". Journal of food engineering, Vol. 99, 384–391, 2010.
3. Bamdad, F., Goli, A.H., Kadivar, M., "Preparation and characterization of proteinous film from lentil (Lens culinaris) edible film from lentil (Lens culinaris)". Food research international, Vol. 39, 106–111, 2006.
4. Bosquez-Molina, E., Tomás, S.A., Rodríguez-Huezo, M.E., "Influence of $CaCl_2$ on the water vapour permeability and the surface morphology of mesquite gum based edible films". LWT-Food science and technology, Vol. 43, 1419-1425, 2010.
5. Galietta, G., Gioia, L., Guilbert, S., Cqu, B., "Mechanical and thermomechanical properties of films based on whey protein is affected by plasticizer and crosslinking agents". Journal of dairy science, Vol. 81, 3123-3130, 1998.
6. Gennadios, A., Waller, C.L., Testin, R.F., "Modification of physical and barrier properties of edible wheat gluten-based films". Cereal chemistry, Vol. 70, 426-429, 1993.
7. Gennadios, A., Weller, L., "Edible films and coatings from wheat and corn proteins". Food technology, Vol. 10, 63-69, 1990.
8. Ghasemlou, M., Khodaiyana, F., Oromiehie, A.R., Yarmand, M.S., "Characterization of edible emulsified films with low affinity to water based on kefiran and oleic acid". International Journal of biological macromolecules, Vol. 49, 378–384, 2011.
9. Gontard, N., Guilbert, S., Cuq, J.L., "Water and glycerol as plasticizer affect mechanical and water vapour barrier properties of an edible wheat gluten film". Journal of food science, Vol. 58, 206-211, 1993.
10. Park, S.K., Rhee, C.O., Bae, D.H., Hettiarachchy, N.S., "Mechanical properties and water-vapour permeability of soy-protein films affected by calcium salts and glucono-ä-lactone". Journal of agricultural and food chemistry, Vol. 49, 2308−2312, 2001.
11. Sadeghi, GH., Pourreza, J., Samei, A., Rahmani, H., "Chemical composition and some anti-nutrient content of raw and processed bitter vetch (Vicia ervilia) seed for use as feeding stuff in poultry diet". Tropical animal health and production, Vol. 41, 85–93, 2009.
12. Tang, C.H., Jiang, Y., "Modulation of mechanical and surface hydrophobic properties of food protein films by transglutaminase treatment". Food research international, Vol. 40, 504-509, 2007.
13. Tang, C.H., Jiang, Y., Wen, Q-B., Yang, X-Q., "Effect of transglutaminase treatment on the properties of cast films of soy protein isolates". Journal of biotechnology, Vol. 120, 296-307, 2005.
14. Tang, C.H., Xiao, M.L., Chen, Z., Yang, X.Q., Yin, S.W., "Properties of cast films of vicilin-rich protein isolates from phaseolus legumes: Influence of heat curing". LWT- Food science and technology, Vol. 42, 1659–1666, 2009.
15. Tang, J., Lelievre, J., Tung, M.A., Zeng, Y., "Polymer and ion concentration effects on gellan gel strength and strain". Journal of food science, Vol. 59, 216-220, 1994.
16. Yang, L., Paulson, A.T., Nickerson, M.T., "Mechanical and physical properties of calcium-treated gellan films". Food research international, Vol. 43, 1439-1443, 2010.

آدرس نویسنده

اصفهان – دانشگاه صنعتی اصفهان – دانشکده علوم کشاورزی.