

بررسی اثر گلیسرول و سوربیتول بر ویژگیهای فیلم های خوراکی ایزوله پروتئین سویا به روش سطح پاسخ

دریادخت سرمدی زاده^۱، فوژان بدیعی^{۲*}، ندامفتون آزاد^۳، محمدرضا احسانی^۴،
آرتیمس عامری شهرابی^۵

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات
۲- نویسنده مسئول: استادیار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، بخش تحقیقات مهندسی صنایع غذایی
۳- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس
۴- استاد گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات
۵- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات
(تاریخ دریافت: ۸۹/۴/۶ تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۱۶)

چکیده

فیلم ها و پوشش های خوراکی جهت ارتقاء سطح کیفی و افزایش ماندگاری محصولات غذایی در صنعت استفاده می شوند. در این تحقیق ابتدا ایزوله پروتئین سویا به روش استخراج قلیایی و ترسیب اسیدی تهیه شد. در ادامه فیلم های خوراکی از ترکیب پروتئین سویا با پلاستی سایزرهای گلیسرول یا سوربیتول در نسبت های مشخص تهیه شدند. اثر غلظت های مختلف پروتئین سویا و پلاستی سایزرهای گلیسرول و سوربیتول بر خواص فیزیکی و مکانیکی فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا به روش سطح پاسخ بررسی گردید. نتایج نشان داد که افزایش غلظت پروتئین سویا باعث افزایش مقاومت کششی، کدورت، ضخامت و میزان انتقال بخار آب و کاهش میزان کشش در فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا می شود. از طرفی افزایش غلظت پلاستی-سایزرهای گلیسرول و سوربیتول باعث افزایش میزان انتقال بخار آب، میزان کشش، میزان اختلاف رنگ، ضخامت و کدورت و کاهش قدرت کششی فیلم های پروتئینی گردید. مدل های پیشنهادی بدست آمده به روش سطح پاسخ به خوبی قادر به برازش داده های آزمایشی ویژگی های فیزیکی و مکانیکی فیلم های پروتئین سویا بودند ($R^2 > 0.86$). این مدل ها نشان دادند که نوع و غلظت پلاستی سایزر و غلظت پروتئین عوامل اصلی تعیین کننده ویژگی فیلم هستند و اثر معنی داری بر ویژگیهای فیلم های پروتئین سویا دارند.

کلید واژگان: ایزوله پروتئین سویا، فیلم خوراکی، سوربیتول، گلیسرول، روش سطح پاسخ

* مسئول مکاتبات: fjbadii@gmail.com

۱- مقدمه

در سالهای اخیر فیلم های خوراکی در بحث صنایع غذایی، جایگاه خاصی را به خود اختصاص داده اند. فیلم خوراکی عبارتست از لایه‌ای نازک که بر سطح یا بین ترکیبات ماده غذایی قرار می‌گیرد و از جابه‌جایی مواد بین ماده غذایی و محیط اطراف جلوگیری می‌کند و نیز می‌تواند به عنوان پوشش در بسته‌بندی محصولات غذایی جهت کاهش آلودگی استفاده شود [۱،۲،۳]. به طور کلی فیلم های خوراکی برای افزایش ماندگاری و بهبود کیفیت غذاها به کار می‌روند و از مهاجرت رطوبت، اکسیژن، دی‌اکسید کربن، مواد عطرزا و چربی‌ها جلوگیری می‌نمایند [۴]. فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی باید بی‌مزه باشند و در صورتیکه دارای طعم خاص و قابل توجهی هستند، خصوصیات حسی آنها با نوع غذا سازگار باشد، طعم دلپذیری داشته باشند و به آسانی در دهان و یا در آب و روغن بکار رفته در ساختار غذا، توزیع شوند [۵،۶].

کاربرد فیلم‌های خوراکی در محصولات غذایی به سال‌های بسیار دور برمی‌گردد. چینی‌ها در قرن دوازدهم و سیزدهم میلادی مرکبات را با موم (واکس) پوشش می‌دادند تا از افت وزن و کاهش رطوبت آنها جلوگیری شود [۵]. در قرن شانزدهم میلادی گوشت را با چربی پوشش می‌دادند تا از چروکیدگی آن جلوگیری شود. در همان زمان برای نگهداری گوشت و سایر مواد غذایی، آنها را با فیلم‌های ژلاتین پوشش می‌دادند [۷]. یوبا^۱ نوعی فیلم ترکیبی چربی و پروتئین خوراکی است که از قرن پانزدهم در شرق آسیا به طور سنتی از شیر سویا تهیه می‌شده است [۸،۳]. در قرن نوزدهم فندق و بادام را با ساکارز پوشش می‌دادند تا از اکسید شدن و تندی آنها جلوگیری شود. از دهه ۱۹۳۰ تاکنون، سطح میوه‌ها را با امولسیون موم‌ها و روغن در آب پوشش می‌دهند. این پوشش‌ها ویژگی‌های ظاهری و رنگ میوه را بهبود می‌بخشند و باعث کنترل رسیدگی، انتقال قارچ‌کش‌ها و کاهش افت آب میوه می‌شوند [۵].

یکی از روش‌های تولید فیلم‌های تجزیه‌پذیر استفاده از پلیمرهای طبیعی^۲ نظیر کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌هاست [۹]. در میان این

موارد، استفاده از پروتئین در تهیه پوشش خوراکی بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. این فیلم‌ها علاوه بر بهبود ارزش تغذیه‌ای ماده غذایی، ویژگی‌های مکانیکی و تراوایی بهتری نسبت به فیلم‌های تهیه شده از کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها دارند [۱۰]. تاکنون پروتئین‌های فراوانی از جمله ژلاتین، کازئین، پروتئین آب پنیر، زئین ذرت، گلوتن گندم و ایزوله پروتئین سویا برای این منظور بررسی شده‌اند که به علت گران قیمت بودن پروتئین‌های حیوانی، انواع گیاهی آنها بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند [۱۰،۱۱]. پروتئین سویا در مقایسه با سایر پروتئین‌های گیاهی ارزش تغذیه‌ای بالایی دارد و نسبتاً ارزان است و می‌توان از آن محصولات متفاوتی تولید نمود. ارزش غذایی بالا، محتوای اسیدهای آمینه ضروری و خواص عملگرایی عالی پروتئین سویا باعث می‌شوند که این پروتئین بعنوان یک ماده مغذی با ارزش به شمار آید [۱۲،۱۰]. به علت قابلیت بالای ایجاد فیلم، فراورده‌های پروتئینی حاصل از آرد سویای روغن‌کشی شده، از جمله ایزوله سویا و کنسانتره سویا را می‌توان برای فیلم‌های خوراکی به کار برد [۹]. این پروتئین، پوششی با بافت یکنواخت، شفاف و انعطاف‌پذیر ایجاد می‌کند که نسبت به نفوذ اکسیژن و چربی بسیار مقاوم است [۱۳]، ولی به دلیل خواص آب‌دوستی پروتئین سویا، فیلم تهیه شده از آن، مقاومت کمی در برابر رطوبت دارد [۳]. پروتئین سویا مناسب برای پوشش‌دهی کشمش و خشکبار است و از دست رفتن رطوبت را کاهش می‌دهد. پوشش پروتئین سویا در محصولات سرخ شده باعث کاهش جذب روغن می‌شود و از تبادل رطوبت جلوگیری می‌کند [۱۴].

نفوذپذیری فیلم‌ها نسبت به بخار آب و اکسیژن تحت تأثیر فاکتورهایی همچون ساختار پلیمر، نوع و غلظت پلاستی‌سایزر، حلال و غیره قرار می‌گیرد. فیلم تهیه شده از پلیمر طبیعی شکننده است. افزودن پلاستی‌سایزر به ماتریکس پلیمری باعث می‌شود تا شکنندگی فیلم کاهش یافته و انعطاف‌پذیری آن افزایش یابد. خواص فیزیکی و مکانیکی فیلم‌ها را می‌توان با تغییر نوع و غلظت پلاستی‌سایزر کنترل نمود. پلاستی‌سایزرها یا نرم‌کننده‌ها، مولکولهای کوچک با وزن مولکولی پایین و غیر فرار هستند که باعث افزایش جنبش مولکولی زنجیره‌های پلیمری، جدا شدن

1. Yuba
2. Biopolymers

کامل روی همزن به مدت ۱ ساعت مخلوط و با استفاده از سانتریفوژ با دور ۳۰۵۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ شد تا رسوب پروتئینی جدا گردد. رسوب حاصل با استفاده از آب شستشو داده شد تا pH آن به حدود ۷ برسد. سپس ایزوله مرطوب سویا با ازت مایع به طور آبی منجمد و بلافاصله در خشک کن انجمادی خشک شد. ایزوله پروتئین در ظروف دردار در دمای ۱۸- درجه سلسیوس نگهداری شد [۱۴،۱۶]. مقدار پروتئین ایزوله بدست آمده ۹۰/۲٪ بود که مطابق با روش استاندارد AOAC اندازه‌گیری شد [۱۷].

۲-۴- تهیه فیلم از ایزوله پروتئین سویا: مقادیر مناسب از ایزوله پروتئین سویا بر حسب گرم (۲/۶، ۳، ۴، ۵، ۵/۴) در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شدند. پلاستی سایزهای گلیسرول و سوربیتول در مقادیر مناسب (۰/۲۶، ۰/۳۰، ۰/۴۰، ۰/۵۰، ۰/۵۴ گرم به ازای هر گرم پروتئین سویا) به ایزوله پروتئین سویا افزوده شدند (مقادیر مناسب پروتئین و پلاستی‌سایزر براساس روش سطح پاسخ مطابق جدول ۱ تعیین شدند). مخلوط حاصل با استفاده از همزن با دور بالا (۹۰۰۰ دور در دقیقه) به مدت ۲ دقیقه مخلوط شد، سپس pH این محلول با کمک سود ۰/۱ نرمال در حالیکه روی گرمکن همزن دار در دمای ۸۰ درجه درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه هم زده می‌شد، به ۱۰ رسانیده شد. ۱۵ گرم از محلول شفاف حاصل داخل ظروف پلی‌استیرین ۱۱×۱۱ سانتی‌متر ریخته و در دمای 1 ± 25 درجه سانتی‌گراد خشک شد. بعد از این مدت فیلم‌ها در محیطی با رطوبت نسبی ۵۵ درصد و دمای ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۵ روز نگهداری شدند [۱۸،۱۶].

۲-۵- تعیین ضخامت فیلم: ضخامت فیلم با استفاده از میکرومتر دستی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. ضخامت در هشت نقطه از فیلم اندازه‌گیری و میانگین در محاسبات مربوط به آزمون‌های مکانیکی و تراوایی به بخار آب به کار برده شد.

۲-۶- اندازه‌گیری کدورت فیلم‌ها: کدورت فیلم‌های پروتئین سویا با استفاده از دستگاه رنگ سنج مدل DP 25 9000 و به روش هانتربل اندازه‌گیری شد. کدورت (Y) بر اساس نسبت کدورت هر کدام از نمونه‌ها روی کاشی استاندارد

نسبی زنجیره‌ها از یکدیگر و کاهش اصطکاک بین آنها می‌شوند و در حقیقت به عنوان یک روان کننده داخلی عمل می‌کنند، در نتیجه باعث بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی فیلم و افزایش انعطاف پذیری زنجیره‌های پلیمری می‌شوند. با افزودن پلاستی-سایزرها، فیلمی با قابلیت شکنندگی کمتر، انعطاف پذیرتر و با بافت بهتر به دست می‌آید [۴].

از آنجاکه ساختمان مولکولی پروتئین سویا قطبی و آب‌دوست است، ترکیبات هیدروکسیلی نظیر گلیسرول و سوربیتول برای بهبود ویژگی‌های فیلم پروتئینی سویا بسیار مناسبند. در این تحقیق فیلم خوراکی با غلظت‌های مختلف ایزوله پروتئین سویا و پلاستی‌سایزهای گلیسرول و سوربیتول تهیه شد و اثر این دو پلاستی‌سایزر بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی فیلم‌های خوراکی برپایه ایزوله پروتئین سویا مقایسه شد.

۲- مواد و روشها

۲-۱- مواد: لوبیای سویا (گونه DPX) که از گرگان و از شرکت دانه های روغنی تهیه شد. محلول n-هگزان (C_6H_{14}) با درجه خلوص ۹۵٪، سود و اسید کلریدریک غلیظ از شرکت مرک (Merck) آلمان، سوربیتول (۹۷٪) از شرکت آکروس امریکا (Acros) تهیه شدند.

۲-۲- تهیه آرد سویای بدون چربی: آرد کامل از دانه سویا توسط دستگاه آسیاب بدست آمد. آرد سویای بدون چربی از آرد کامل به روش استخراج سرد تولید شد [۱۵].

۲-۳- تهیه ایزوله پروتئین سویا: ایزوله پروتئین سویا از آرد سویای بدون چربی با استفاده از روش استخراج قلبایی و رسوب اسیدی تهیه شد. آرد حاصل به نسبت ۱ به ۱۰ با آب مقطر مخلوط شد و به کمک محلول سود ۱ نرمال به $pH=10$ رسانده شد. نمونه به خوبی روی همزن به مدت ۱ ساعت مخلوط و با استفاده از سانتریفوژ با دور ۳۰۵۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ شد. محلول شفاف رویی جدا و با استفاده از اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال به $pH=4.3$ (pH) ایزوالکتریک پروتئین سویا) رسانده شد. این سوسپانسیون به طور

فیلم باشد. فنجانک ها توزین شده و در دسیکاتور حاوی نمک نیترات منیزیم که در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد، رطوبت نسبی معادل با ۵۵ درصد ایجاد می کند، قرار داده شدند، سپس دسیکاتورها در انکوباتور با دمای ثابت ۲۵ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. میزان تراوایی بخار آب بر اساس افزایش وزن فنجانک ها محاسبه و در نموداری بر اساس زمان رسم شدند. مقدار شیب نمودارها محاسبه شد و در نهایت با استفاده از رابطه (۳)، میزان انتقال بخار آب^۶ (WVTR) بر حسب گرم بر متر-مربع. ساعت محاسبه گردید.

$$WVTR=(G/t)/A \quad (3)$$

که در آن G تغییر وزن بر حسب گرم، t زمان بر حسب ساعت و A سطح مقطع در تماس با بخار آب بر حسب متر مربع است [۲۲].

۲-۱۰- طرح آزمایشی: در این تحقیق برای ارزیابی

اثرهای اصلی و متقابل فاکتورهای مختلف، از یک طرح فاکتوریل شکسته^۷ به صورت سطح پاسخ استفاده شد. در مرحله تهیه فیلم های پروتئین سویا از یک طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر^۸ با دو متغیر مستقل و شش متغیر وابسته استفاده شد. متغیرهای مستقل شامل غلظت های ایزوله پروتئین سویا و پلاستی سائزهای گلیسرول یا سوربیتول هستند و شش متغیر وابسته شامل میزان انتقال بخار آب، مقاومت کششی، میزان کشیدگی، تغییر رنگ، ضخامت و کدورت فیلم های پروتئین سویا می باشند. مقادیر کدگذاری شده برای متغیرهای مستقل عبارتند از ۱/۴۴- (کوچکترین سطح)، ۱- (سطح میانی)، ۱ و ۱/۴۴ (بزرگترین سطح). طرح کامل شامل ۱۲ نقطه آزمایشی و یک نقطه مرکزی با ۴ تکرار می باشد. نقطه مرکزی برای تخمین خطای تجزیه و پیش بینی ویژگی برازش مدل است. هر شش متغیر وابسته (Y) یا پاسخ تحت تاثیر دو متغیر مستقل قرار می گیرند. جدول ۱ مقادیر کدگذاری شده مربوط به متغیرهای مستقل را نشان می دهد.

مشکی رنگ (Y_b) و کدورت هر کدام از نمونه ها نسبت به کاشی استاندارد سفید رنگ (Y_w) تعیین و با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد.

$$Y=Y_b/Y_w \quad (1)$$

این محاسبات به صورت خودکار توسط دستگاه رنگ سنج و با نرم افزار یونیورسال^۳ صورت گرفت [۱۹].

۲-۷- بررسی رنگ فیلم ها: رنگ فیلم های پروتئین سویا با استفاده از دستگاه رنگ سنج و به روش هانتربل مورد بررسی قرار گرفتند. میزان رنگ با استفاده از پارامترهای هانتربل بر حسب سفیدی سیاهی (L*)، قرمزی-سبزی (a*) و زردی-آبی (b*) بیان شد. تغییر رنگ کلی (ΔE) با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد [۱۶،۲۰].

$$\Delta E=[(L_0-L)^2 + (a_0-a)^2 + (b_0-b)^2]^{0.5}$$

L₀، a₀ و b₀ مربوط به نمونه شاهد (بدون پلاستی سائزر) است.

۲-۸- آزمون مقاومت کششی: آزمون مقاومت کششی

فیلم ها بر اساس روش استاندارد ASTM^۴ شماره ۸۸۲-۰۲ D (۲۰۰۷a) انجام شد. برای این منظور نوارهایی به اندازه ۱×۴ سانتی متر از فیلم ها جدا شدند. مقاومت کششی و مقدار کشش با استفاده از دستگاه بافت سنج هانسفیلد^۵ مدل H5KS تعیین گردید. فیلم ها با لود سل ۵۰۰ نیوتن و با سرعت ۱۰ میلی متر بر دقیقه کشیده شدند و مقاومت کششی و میزان کشش تا نقطه پارگی محاسبه شد [۲۱].

۲-۹- اندازه گیری میزان انتقال بخار آب: میزان

تراوایی به بخار آب در فیلم بر اساس روش استاندارد ASTM شماره ۹۶-۰۰ E (۲۰۰۷b) تعیین شد. برای این منظور فنجانک های ویژه ای (با قطر داخلی ۴۵ میلی متر، ارتفاع ۳۰ میلی متر و پهنای لبه ۱۲ میلی متر) طراحی شدند. مقداری نمک کلرید کلسیم بدون آب در هر فنجانک ریخته شد. سطح رویی ظروف با فیلم های تهیه شده پوشانده شد. سپس فیلم ها با استفاده از درپوش ویژه و گیره محکم شدند. اطمینان حاصل شد که درزی بین فیلم و ظرف وجود نداشته باشد و تنها محل عبور بخار آب، سطح

6. Water Vapor Transmission Rate
7. Fractional factorial design
8. Box,s central composite design

3. Universal Software 3.2
4. American Standard Test Method
5. Hounsfield

سایزر گلیسرول معنی‌دار شده‌است. معادله ۵، معادله رگرسیون محاسبه شده در مورد میزان انتقال بخار آب فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا با گلیسرول بر اساس روش سطح پاسخ را نشان می دهد.

(۵)

$$WVTR = 1/49 - 0/42P + 0/57G + 0/64P^2$$

در معادله فوق غلظت‌های ایزوله پروتئین سویا با (P) و پلاستی-سایزر گلیسرول با (G) نشان داده شده است شکل ۱-الف نشان می دهد که غلظت پروتئین و پلاستی سایزر گلیسرول هر دو بر میزان انتقال بخار آب فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا اثر معنی دار داشته اند. با توجه به شکل با افزایش میزان غلظت پلاستی سایزر، میزان انتقال بخار آب به طور خطی افزایش یافته ولی در مورد غلظت پروتئین، با افزایش آن میزان انتقال بخار آب ابتدا کاهش و سپس افزایش یافته است و از یک تابع درجه دوم تبعیت می کند.

با توجه به جدول ۳ در مورد متغیر انتقال بخار آب فیلم های ایزوله پروتئینی سویا و سوربیتول، ضریب b_1 در سطح احتمالی ۱٪ و ضرایب b_{22} و b_2 در سطح احتمالی ۵٪ معنی دار هستند و ضرایب b_{12} و b_{11} معنی دار نمی باشند، بنابراین اثر خطی غلظت پروتئین و پلاستی‌سایزر سوربیتول و اثر درجه دوم غلظت پلاستی‌سایزر سوربیتول بر میزان انتقال بخار آب فیلم‌های خوراکی بر پایه ایزوله پروتئینی سویا و پلاستی‌سایزر سوربیتول معنی‌دار شده‌است و معادله رگرسیون محاسبه شده در مورد میزان انتقال بخار آب این فیلم‌ها بر اساس روش سطح پاسخی بصورت معادله ۶ به دست آمد.

$$WVTR = 2/40 - 1/08P + 0/54S - 0/62S^2$$

(۶) S: غلظت سوربیتول

شکل ۱-ب نیز نشان می دهد که غلظت پروتئین و پلاستی سایزر هر دو بر میزان انتقال بخار آب فیلم ها تأثیر گذار بوده اند. با توجه به شکل با افزایش غلظت پلاستی سایزر سوربیتول، میزان انتقال بخار آب در فیلم ها افزایش یافته است که اثر افزایش پلاستی سایزر بر این ویژگی به صورت خطی و درجه دوم است در حالیکه مطابق شکل ۱-الف افزودن گلیسرول فقط بصورت خطی باعث افزایش WVTR فیلم پروتئینی می شود.

۲-۱۱- تجزیه آماری: داده‌های آزمایشی برای هر یک

از متغیرهای وابسته با معادله زیر برازش شدند:

(۴)

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{12}X_1X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2$$

b_n : ضرایب ثابت رگرسیون

X_1, X_2, X_3 : متغیرهای مستقل کد گذاری شده

تجزیه واریانس^۹ و محاسبه ضریب رگرسیون با نرم‌افزار اکسل^{۱۰} به دست آمد. با نرم‌افزار سیگماپلات^{۱۱} نیز نمودارهای سه‌بعدی رسم شدند.

۳- یافته‌ها و بحث

فیلم‌های خوراکی از ایزوله پروتئین سویا با استفاده از پلاستی‌سایزرهای گلیسرول و سوربیتول در نسبت‌های مشخص تهیه شدند و ویژگی‌های فیلم‌ها از قبیل تعیین ضخامت، کدورت، تغییر رنگ، مقاومت کششی، میزان کشش و میزان انتقال بخار آب اندازه‌گیری شد. قبل از انجام آزمایشها، فیلم‌ها در دمای 25 ± 1 °C و رطوبت نسبی ۵۵٪ به مدت ۵ روز نگهداری شدند و سپس آزمونهای فیزیکی و مکانیکی روی آنها انجام شدند، زیرا خواص مکانیکی فیلم‌ها به شدت تحت تأثیر دو پارامتر رطوبت نسبی و دما قرار می‌گیرد [۱۳].

۳-۱- میزان انتقال بخار آب (WVTR) فیلم

های تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا

جدول ۲ نتایج برازش داده‌های آزمایشی مربوط به میزان انتقال بخار آب فیلم‌های ایزوله پروتئینی سویا و گلیسرول را با معادله ۴ نشان می دهد. با توجه به جدول ۲ در مورد میزان انتقال بخار آب، ضرایب b_2 و b_{11} در سطح احتمالی ۱٪ و ضریب b_1 در سطح احتمالی ۵٪ معنی دار شده‌اند ولی ضرایب b_{12} و b_{22} معنی دار نمی باشند، بنابراین اثر خطی غلظت پروتئین و پلاستی‌سایزر گلیسرول و اثر درجه دوم غلظت پروتئین بر میزان انتقال بخار آب فیلم‌های خوراکی بر پایه ایزوله پروتئینی سویا و پلاستی-

⁹ ANOVAs

¹⁰ Microsoft excel

¹¹ Sigmaplot

جدول ۱ جدول تعیین سطوح مختلف فیلم های خوراکی تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا

تیمارها	میزان پروتئین (گرم)	پلاستی سائزر (%)
۱	۳ (-۱)	۳۰ (-۱)
۲	۵ (۱)	۳۰ (-۱)
۳	۳ (-۱)	۵۰ (۱)
۴	۵ (۱)	۵۰ (۱)
۵	۲/۶ (-۱/۴۱)	۴۰ (۰)
۶	۵/۴ (۱/۴۱)	۴۰ (۰)
۷	۴ (۰)	۲۶ (-۱/۴۱)
۸	۴ (۰)	۵۴ (۱/۴۱)
۹	۴ (۰)	۴۰ (۰)
۱۰	۴ (۰)	۴۰ (۰)
۱۱	۴ (۰)	۴۰ (۰)
۱۲	۴ (۰)	۴۰ (۰)

جدول ۲ جدول ضرایب رگرسیون (R^2) و تجزیه واریانس ۶ پاسخ متفاوت برای فیلم ایزوله پروتئینی سویا با نرم کننده گلیسرول

ضرایب	ضخامت	کدورت	رنگ	میزان کشش	مقاومت کششی	میزان انتقال بخار آب
b_0	۶۵/۰۲	۵/۸۷	$۱/۹۲ \times 10^{-4}$ ns	۵۴۳/۱۸	۱۱/۸۷	۱/۴۹
خطی						
b_1	۱۱/۳۰**	۰/۱۹*	۰/۳۷ns	۳۰/۴۹ns	۱/۹۵*	-۰/۴۱*
b_2	۶/۵۱**	-۰/۵۸**	$۰/۴۴ \times 10^{-3}$ **	۹۲/۴۶**	-۲/۳۴*	۰/۵۶**
اثر متقابل						
b_{12}	۰/۲۵ns	-۰/۷۵ $\times 10^{-4}$ ns	$۰/۵۳ \times 10^{-2}$ **	۹۲/۵**	-۱/۸۵ns	۰/۰۲ns
اثر درجه دوم						
b_{11}	-۴/۲۶*	۰/۱۱ns	۰/۲۵ns	-۷۲/۳۱**	-۴/۴۳**	۰/۶۳**
b_{22}	-۲/۵۰ns	$۰/۶۹ \times 10^{-3}$ **	۰/۳۳**	-۵۵/۹۶*	-۲/۳۳*	۰/۱۱ns
ضریب همبستگی (R^2)	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۰	۰/۹۱
F مقدار احتمال	۱۷/۸۹	۱۶/۷۳	۱۷/۲۶	۱۸/۵۸	۱۲/۰۶	۱۲/۷۰
رگرسیون						

ns معنی دار نیست

* معنی دار در سطح احتمالی ۰/۵

** معنی دار در سطح احتمالی ۰/۱

EXT: میزان کشش

با توجه به جدول ۳ در مورد متغیر میزان کشش فیلم پروتئینی حاوی سوربیتول، ضریب b_2 در سطح احتمال ۱٪ و ضریب b_1 در سطح احتمال ۵٪ معنی دار هستند و سایر ضرایب معنی دار نمی باشند، بنابراین معادله رگرسیون محاسبه شده در مورد میزان کشش فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا با سوربیتول بر اساس روش سطح پاسخی به صورت معادله ۸ می باشد. بر اساس این معادله اثر خطی غلظت پروتئین و پلاستی سائزر سوربیتول بر میزان کشش فیلم های خوراکی بر پایه ایزوله پروتئینی سویا و پلاستی سائزر سوربیتول معنی دار شده است.

$$EXT = 35/69 - 2/49P + 5/35S \quad (8)$$

با توجه به شکل ۲-ب با افزایش غلظت پروتئین میزان کشش فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا با سوربیتول به طور خطی کاهش یافته و برعکس با افزایش غلظت پلاستی سائزر میزان کشش فیلم ها به طور خطی افزایش یافته است. بنابراین هم غلظت پروتئین و هم غلظت پلاستی سائزر بر میزان کشش فیلم ها مؤثر بوده اند.

فیلم های خالص تهیه شده از پروتئین سویا ترد و شکننده هستند، مقاومت کششی بالا و میزان کش آمدگی پایین دارند. بنابراین برای بهبود خواص مکانیکی آنها افزودن پلاستی سائزر ضروری است. با افزودن پلاستی سائزر خواص مکانیکی فیلم ها تغییر می کند. مولکول پلاستی سائزر به درون شبکه پروتئینی راه می یابد و پیوندهای ضعیف پلاستی سائزر - پروتئین جایگزین پیوندهای پروتئین-پروتئین می شوند. افزایش فضای بین مولکولی و ایجاد پیوندهای ضعیف تر باعث می شوند تا هنگام اعمال نیرو زنجیره ها راحت تر روی یکدیگر بلغزند، در نتیجه فیلم انعطاف پذیر تر می شود. به طور کلی افزایش در غلظت پلاستی سائزر، باعث افزایش میزان کشش در فیلم می شود [۱۳، ۱۸، ۲۳، ۲۴]. در حالیکه مطابق شکل ۲ اثر گلیسرول نسبت به سوربیتول بر این ویژگی بیشتر است.

پلاستی سائزرهای گلیسرول و سوربیتول به دلیل داشتن وزن مولکولی پایین و گروههای قطبی، به راحتی با پروتئینها ترکیب شده و باعث کاهش دانسیته و افزایش فضاهای خالی در شبکه پروتئینی و در نهایت افزایش میزان انتقال بخار آب فیلم می شوند. گلیسرول و سوربیتول با دارا بودن خاصیت آبدوستی باعث نرم شدن ساختار فیلم های خوراکی و افزایش خاصیت آبدوستی فیلم ها (به دلیل داشتن گروههای هیدروکسیلی) می شوند. اختلاف در میزان انتقال رطوبت در فیلم های تهیه شده با پلاستی سائزرهای گلیسرول و سوربیتول به دلیل تفاوت در میزان جذب رطوبت پلاستی سائزرها می باشد. مولکولهای گلیسرول دارای گروههای هیدروکسیلی بیشتری نسبت به مولکولهای سوربیتول می باشند، بنابراین فیلم های حاوی گلیسرول قادر به جذب مولکولهای آب بیشتری می باشند. میزان غلظت پلاستی سائزر نیز بر میزان انتقال بخار آب تأثیر می گذارد. هرچه غلظت پلاستی سائزر بیشتر باشد، فیلم رطوبت بیشتری جذب می کند که همانطور که ذکر شد به دلیل ماهیت آبدوستی پلاستی سائزر می باشد [۲۴، ۲۳، ۶]. نتایج مشابهی نیز قبلاً در مورد اثر پلاستی سائزرهای مختلف بر انتقال بخار آب فیلم پروتئینی سویا گزارش شده است [۳۲، ۳۴، ۳۵].

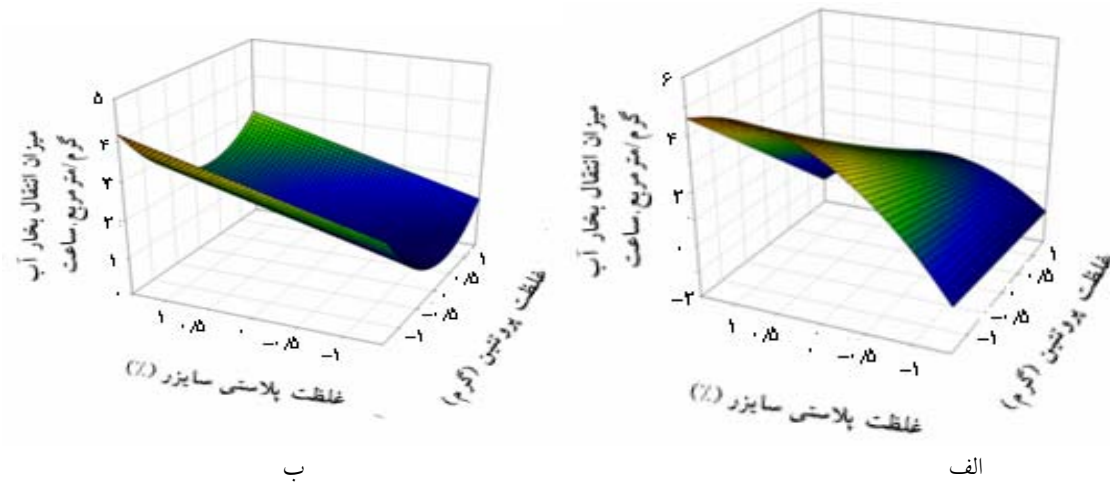
۲-۳- میزان کشش فیلم های تهیه شده از ایزوله

پروتئین سویا

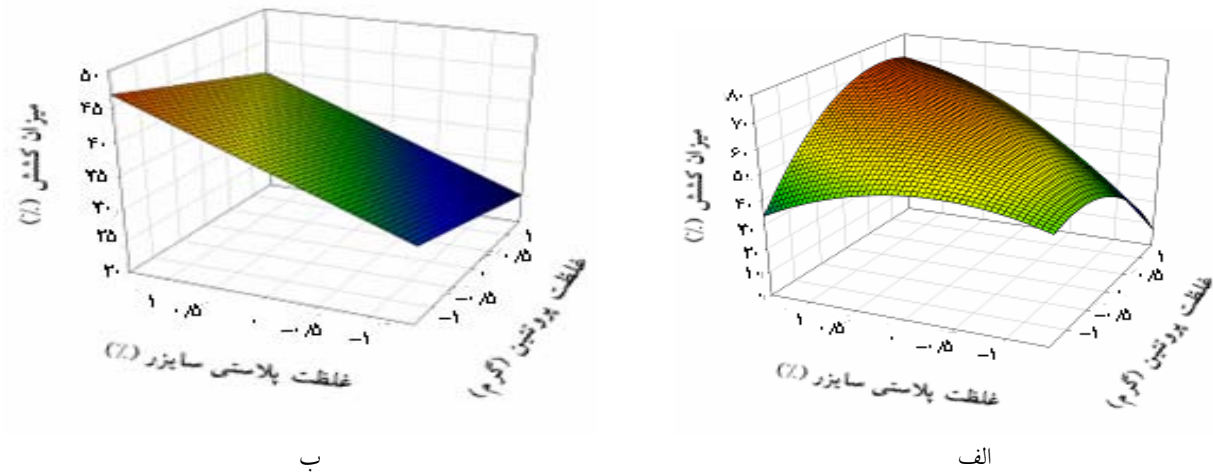
با توجه به جدول ۲ در مورد متغیر میزان کشش فیلم پروتئینی سویا با پلاستی سائزر گلیسرول، ضرایب b_2 ، b_{12} و b_{11} در سطح احتمال ۱٪ و ضریب b_{22} در سطح احتمالی ۵٪ معنی دار شدند ولی ضریب b_1 معنی دار نشد، لذا برای میزان کشش فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا با گلیسرول، معادله رگرسیون ۷ بر اساس روش سطح پاسخ بدست آمد. این معادله و شکل ۲-الف نشان می دهد که اثر خطی غلظت گلیسرول، اثر متقابل غلظت گلیسرول و پروتئین و اثر درجه دوم غلظت پروتئین بر میزان کشش فیلم های خوراکی بر پایه ایزوله پروتئینی سویا و پلاستی سائزر گلیسرول معنی دار شده اند.

$$EXT = 543/18 + 92/46G + 92/5PG - 72/31P^2 - 55/96G^2$$

(۷)



شکل ۱ میزان انتقال بخار آب فیلم های تهیه شده از الف) ایزوله پروتئین سویا با گلیسرول ب) ایزوله پروتئین سویا با سوربیتول



شکل ۲ میزان کشش فیلم های تهیه شده از الف) ایزوله پروتئین سویا با گلیسرول ب) ایزوله پروتئین سویا با سوربیتول

جدول ۳ جدول ضرایب رگرسیون (R^2) و تجزیه و تحلیل واریانس ۶ پاسخ متفاوت برای فیلم ایزوله پروتئینی سویا با نرم کننده سوربیتول

ضرایب	میزان انتقال بخار آب	میزان کشش	مقاومت کششی	رنگ	کدورت	ضخامت
b_0	۲/۵۱	۳۲/۹۸	۲/۹۷	۹/۲۹	۸/۴۹	۵۳/۱۰
خطی	-۱/۰۸**	-۲/۴۹*	-۰/۰۵ns	۱/۱۵**	۰/۵۷**	۶/۳۸**
b_1	۰/۸۰*	۵/۳۵**	۰/۵۴*	۰/۶۶ns	۰/۳۸**	۰/۰۹ns
b_2						
اثر متقابل						
b_{12}	-۰/۶۵ns	۱/۰۴ns	۰/۶۷*	۱/۱۰*	-۰/۰۹ns	-۴/۰۲ns
اثر درجه دوم						
b_{11}	-۰/۰۴ns	۲/۳۴ns	۱/۲۹**	-۱/۷۳**	-۰/۲۰*	۸/۳۰**
b_{22}	-۰/۹۳*	۱/۷۷ns	۱/۴۵**	-۱/۲۱*	۰/۰۷ns	۴/۰۲*
ضریب همبستگی (R^2)	۰/۸۹	۰/۸۷	۰/۹۴	۰/۹۰	۰/۹۴	۰/۹۱
مقدار احتمال F رگرسیون	۱۰/۴۷	۸/۱۱	۲۰/۳۱	۱۱/۳۴	۱۹/۸۳	۱۲/۴۷

ns معنی دار نیست

* معنی دار در سطح احتمالی ۰/۵

** معنی دار در سطح احتمالی ۰/۱

۳-۳- مقاومت کششی فیلم های تهیه شده از

ایزوله پروتئین سویا

با توجه به جدول ۲ در مورد مقاومت کششی فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا با گلیسرول، ضریب b_{11} در سطح احتمالی ۱٪ و ضرایب b_1 ، b_2 و b_{22} در سطح احتمالی ۵٪ معنی دار شدند ولی ضریب b_{12} معنی دار نشد، بنابراین اثر خطی و اثر درجه دوم غلظت پروتئین و پلاستی ساینر گلیسرول بر مقاومت کششی فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا با گلیسرول معنی دار شده اند ولی اثر متقابل آنها معنی دار نشده است. براین اساس معادله رگرسیون محاسبه شده در مورد مقاومت کششی فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا با گلیسرول بر اساس روش سطح پاسخی به صورت معادله ۹ به دست آمد.

$$TS = 11/87 + 1/95P - 2/34G - 4/43P^2 - 2/33G^2 \quad (9)$$

TS: مقاومت کششی فیلم های پروتئینی

با توجه به نمودار ۳-الف، مقاومت کششی فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا با گلیسرول با تغییرات غلظت پروتئین و پلاستی ساینر تغییر کرده است، یعنی هم غلظت پروتئین و هم غلظت گلیسرول بر مقاومت کششی فیلم ها تأثیر گذار بوده اند. مطابق شکل، غلظت پروتئین اثر خطی مستقیم بر میزان مقاومت کششی دارد ولی اثر غلظت پلاستی ساینر به صورت معکوس می باشد. از طرفی مطابق شکل، اثرهای درجه دوم غلظت پروتئین و غلظت پلاستی ساینر نیز معنی دار شده اند.

جدول ۳ نشان می دهد که در مورد مقاومت کششی فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا با سوربیتول، ضرایب b_2 و b_{12} در سطح احتمالی ۵٪ و ضرایب b_{11} و b_{22} در سطح احتمالی ۱٪ معنی دار شدند. بنابراین معادله رگرسیون ۱۰ برای این ویژگی محاسبه شد. مطابق این معادله و شکل ۳-ب اثر خطی غلظت سوربیتول و اثر درجه دوم غلظت پروتئین و پلاستی ساینر سوربیتول و اثر متقابل آنها بر مقاومت کششی فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا با سوربیتول معنی دار شده است.

$$TS = 2/97 + 0/54S + 0/67PS + 1/29P^2 + 1/45S^2 \quad (10)$$

افزودن پلاستی ساینر به ماتریکس پروتئینی باعث افزایش انعطاف پذیری آن می شود، در نتیجه با افزایش غلظت پلاستی ساینر مقاومت کششی فیلم ها کاهش می یابد [۱۳، ۲۴، ۲۵]. گزارشات چو و ری (۲۰۰۲) در مورد خواص مکانیکی فیلم های تهیه شده از پروتئین سویا و نیز چوک و همکاران (۲۰۰۵) در این مورد نشان دادند که افزایش غلظت پلاستی ساینر باعث کاهش مقاومت کششی فیلمها شد که با نتایج به دست آمده در این تحقیق مطابقت داشت.

۳-۴- تغییر رنگ فیلم های تهیه شده از ایزوله

پروتئین سویا

با توجه به جدول ۲ معادله رگرسیون ۱۱ برای متغیر رنگ فیلم ایزوله پروتئینی سویا و پلاستی ساینر گلیسرول بدست آمد. این معادله نشان می دهد که اثر خطی و درجه دوم پلاستی ساینر گلیسرول و اثر متقابل غلظت پلاستی ساینر گلیسرول و پروتئین بر میزان تغییر رنگ فیلم های خوراکی بر پایه ایزوله پروتئینی سویا و پلاستی ساینر گلیسرول معنی دار شده است.

$$CO = 10/5 + 1/35G - 1/17PG - 0/89G^2 \quad (11)$$

CO: میزان تغییر رنگ فیلم های پروتئینی

شکل ۴-الف نشان می دهد که غلظت گلیسرول به طور خطی و درجه دوم بر میزان تغییر رنگ فیلم ها تأثیر می گذارد، از طرفی اثر متقابل غلظت پروتئین و پلاستی ساینر نیز بر میزان رنگ فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا با گلیسرول تأثیر معنی دار شده است. بطورکلی اثر غلظت گلیسرول نسبت به غلظت پروتئین بر میزان تغییر رنگ فیلم پروتئین سویا بیشتر بوده است.

جدول ۳ نشان می دهد که در مورد میزان تغییر رنگ فیلم های ایزوله پروتئینی سویا و پلاستی ساینر سوربیتول، ضرایب b_1 و b_{11} در سطح احتمالی ۱٪ و ضرایب b_{12} و b_{22} در سطح احتمالی ۵٪ معنی دار هستند و ضریب b_2 معنی دار نمی باشد. بنابر این معادله رگرسیون محاسبه شده در مورد رنگ فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا با سوربیتول بر اساس روش سطح پاسخ به صورت معادله ۱۲ می باشد. بر اساس این معادله اثر خطی و درجه دوم غلظت پروتئین و اثر متقابل غلظت پروتئین و

خطی غلظت پروتئین و پلاستی سایزر سوربیتول و اثر درجه دوم غلظت پروتئین بر میزان کدورت فیلم های خوراکی بر پایه ایزوله پروتئینی سویا و پلاستی سایزر سوربیتول معنی دار شده است. شکل ۵-ب نیز نشان می دهد که با افزایش غلظت پروتئین و پلاستی سایزر، میزان کدورت فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا با سوربیتول افزایش یافته است. در اینجا غلظت پروتئین در مقایسه با غلظت پلاستی سایزر، تأثیر بیشتری بر میزان کدورت فیلم ها داشته است. افزایش پلاستی سایزر به طور خطی باعث افزایش کدورت فیلم ها می شود ولی اثر غلظت پروتئین به صورت خطی و درجه دوم است. در مورد فیلم های تهیه شده از پکتین نیز با افزایش غلظت پلاستی سایزر و پکتین مقدار کدورت فیلم افزایش یافت [۲۶]. مقایسه نتایج کدورت فیلم های پروتئین سویا نشان می دهد که اثر پلاستی سایزرهای گلیسرول و سوربیتول بر کدورت فیلم متفاوت است و کدورت فیلم بسته به نوع و غلظت پلاستی سایزر تغییر می کند.

$$OP = 8/50 + 0/57P + 0/38S - 0/2P^2 \quad (14)$$

۳-۶- ضخامت فیلم های تهیه شده از ایزوله

پروتئین سویا

مطابق جدول ۲ در مورد متغیر ضخامت فیلم پروتئینی سویا و گلیسرول، معادله رگرسیون ۱۵ بدست می آید. مطابق این معادله اثر خطی غلظت پروتئین و پلاستی سایزر گلیسرول و اثر درجه دوم غلظت پروتئین بر میزان ضخامت فیلم های خوراکی بر پایه ایزوله پروتئینی سویا و پلاستی سایزر گلیسرول معنی دار شده است.

$$TH = 65/02 + 11/30P + 6/51G - 4/26P^2 \quad (15)$$

TH: ضخامت فیلم ها

شکل ۶-الف نشان می دهد که افزایش غلظت پروتئین و پلاستی سایزر هر دو باعث افزایش خطی میزان ضخامت فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا با گلیسرول می شوند.

سوربیتول بر میزان تغییر رنگ فیلم های خوراکی بر پایه ایزوله پروتئینی سویا و پلاستی سایزر سوربیتول معنی دار شده اند. با توجه شکل ۴-ب، افزایش غلظت پروتئین به صورت خطی و درجه دوم باعث تغییر رنگ فیلم ها شده است. از طرفی اثر متقابل غلظت پلاستی سایزر پروتئین نیز بر میزان تغییر رنگ فیلم ها معنی دار شده است. از طرفی معادلات رگرسیون ۱۱ و ۱۲ نشان می دهد که گلیسرول نسبت به سوربیتول اثر بیشتری بر تغییر رنگ فیلم دارد.

$$CO = 7/92 + 1/15P + 1/1PS - 0/86P^2 \quad (12)$$

۳-۵- کدورت فیلم های تهیه شده از ایزوله

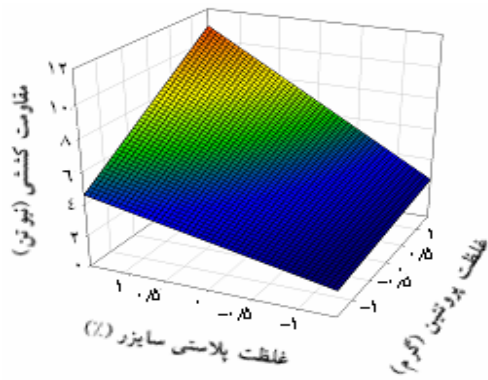
پروتئین سویا

با توجه به جدول ۲، معادله رگرسیون ۱۳ برای توصیف اثر گلیسرول و غلظت پروتئین بر کدورت فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا با گلیسرول بدست می آید. شکل ۵-الف نشان می دهد که با افزایش غلظت پروتئین، میزان کدورت فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا با گلیسرول افزایش یافته است. افزایش غلظت گلیسرول بصورت خطی و درجه دوم بر میزان کدورت فیلم ها اثر می گذارد، بنابراین میزان کدورت فیلم ها تحت تأثیر هر دو عامل غلظت پروتئین و غلظت پلاستی سایزر قرار گرفته است.

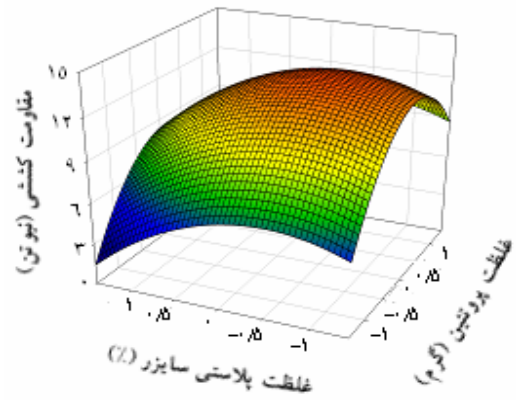
$$OP = 5/88 + 0/2P - 0/58G + 0/34G^2 \quad (13)$$

OP: کدورت فیلم های پروتئینی

با توجه به جدول ۳ در مورد کدورت فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا با سوربیتول، ضرایب b_1 و b_2 در سطح احتمال ۱٪ و ضریب b_{11} در سطح احتمال ۵٪ معنی دار هستند و ضرایب b_{12} و b_{22} معنی دار نمی باشند. بنابراین معادله رگرسیون محاسبه شده در مورد کدورت فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا با سوربیتول بر اساس روش سطح پاسخ به صورت معادله ۱۴ می باشد. این معادله نشان می دهد که اثر

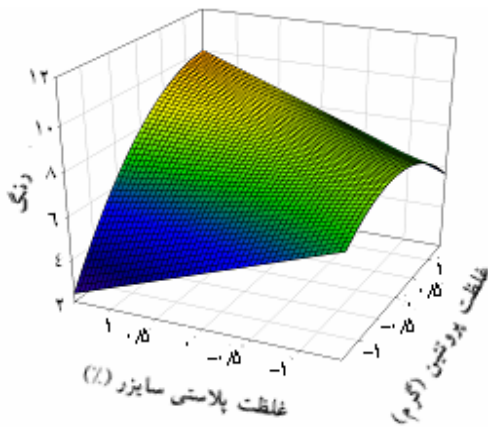


ب

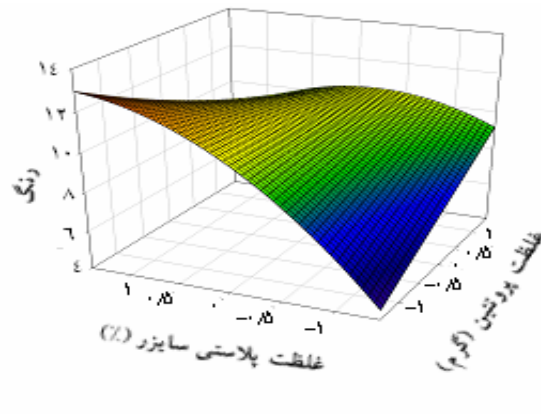


الف

شکل ۳ مقاومت کششی فیلم های تهیه شده از الف) ایزوله پروتئین سویا با گلیسرول ب) ایزوله پروتئین سویا با سوربیتول

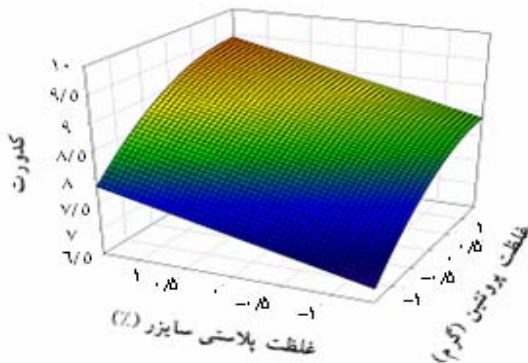


ب

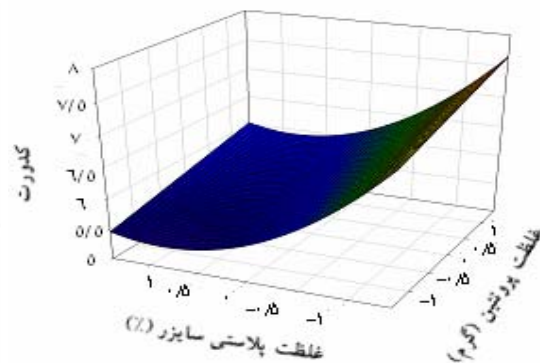


الف

شکل ۴ میزان تغییر رنگ فیلم های تهیه شده از الف) ایزوله پروتئین سویا با گلیسرول ب) ایزوله پروتئین سویا با سوربیتول

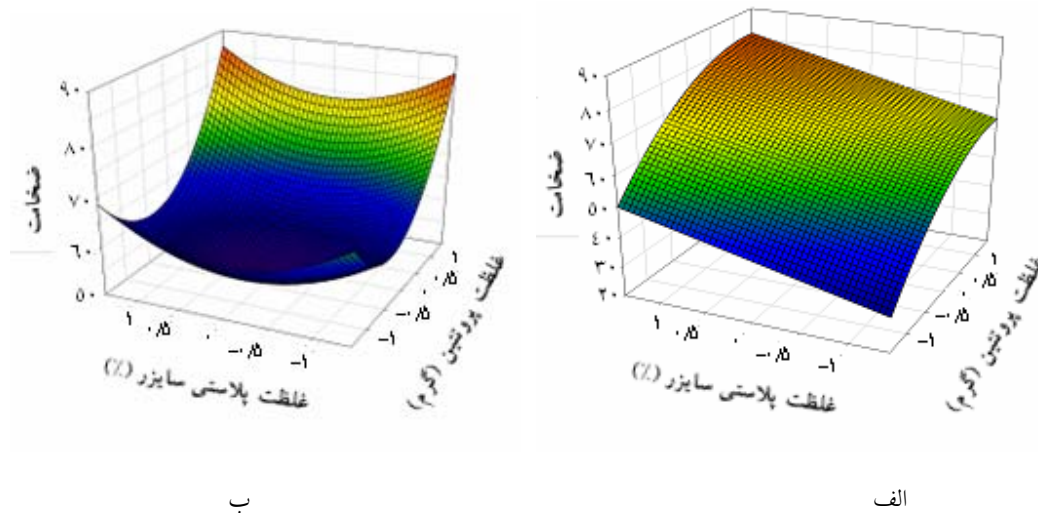


ب



الف

شکل ۵ کدورت فیلم های تهیه شده از الف) ایزوله پروتئین سویا با گلیسرول ب) ایزوله پروتئین سویا با سوربیتول



شکل ۶ ضخامت فیلم تهیه شده از الف) ایزوله پروتئین سویا با گلیسرول ب) ایزوله پروتئین سویا با سوربیتول

سایزر و غلظت پروتئین عامل اصلی تعیین کننده خواص فیلم های پروتئینی سویا هستند. پلاستی سایزرهای سوربیتول و گلیسرول اثر متفاوتی بر ویژگیهای فیلم سویا داشتند و مدل های پیشنهادی بدست آمده به روش سطح پاسخ به خوبی قادر به توصیف ویژگیهای فیلم های تهیه شده بودند ($R^2 > 0.86$).

بطور کلی فیلم های خوراکی تهیه شده از پروتئین سویا با پلاستی سایزرهای گلیسرول و سوربیتول مقاومت ضعیفی در برابر رطوبت داشته و بطور کامل در آب محلولند ولی خواص مکانیکی خوبی دارند، بویژه بعضی از انواع فیلم های تهیه شده با گلیسرول میزان کشش بالایی دارند. با توجه به خواص آبدوست این فیلم ها و محلول بودن آنها در آب می توان از این فیلم ها در تولید بسته بندی های محلول در آب استفاده نمود. پیشنهاد می شود در خصوص کاربردهای فیلم های پروتئینی سویا در صنایع غذایی و امکان تولید صنعتی آنها مطالعه شود.

از طرفی اثر درجه دوم غلظت پروتئین بر ضخامت فیلم ها نیز معنی دار شده است.

در مورد ضخامت فیلم های پروتئینی سویا و پلاستی سایزر سوربیتول، معادله رگرسیون بر اساس روش سطح پاسخ بدست آمد. بنابراین اثر خطی و درجه دوم غلظت پروتئین و اثر درجه دوم غلظت پلاستی سایزر سوربیتول بر میزان ضخامت فیلم های ایزوله پروتئینی سویا و پلاستی سایزر سوربیتول معنی دار شده است. همانگونه که در شکل ۶-ب مشخص است، غلظت پروتئین اثر خطی و درجه دوم بر ضخامت فیلم ها داشته و غلظت پلاستی سایزر اثر کم تری نسبت به پروتئین بر ضخامت فیلم های ایزوله پروتئینی سویا با سوربیتول داشته است. معادله ۱۶ نشان می دهد که ضخامت فیلم پروتئینی به نوع و غلظت پلاستی سایزر وابسته است.

$$TH = 53/1 + 6/38P + 8/32P^2 + 4/02S^2 \quad (16)$$

۴- نتیجه گیری

فیلم ها و پوشش های خوراکی نقش مهمی را در بهبود کیفیت و افزایش ماندگاری محصولات غذایی تازه و فرآیند شده ایفا می کنند. در این تحقیق اثر غلظت های مختلف پروتئین سویا و دو پلاستی سایزر گلیسرول و سوربیتول بر برخی خواص فیزیکی و مکانیکی فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا با روش سطح پاسخ ارزیابی شد. نتایج نشان داد که نوع و غلظت پلاستی-

۵- منابع

- [1] Choi, W. S. & Han, J. H. (2001). Physical and mechanical properties of Pea-Protein-based edible films. *Journal of Food Science*-vol.66,2
- [2] Jun-Hung, O., Wang, B., Field, P. D. & Aglan, H. A. (2004). Characteristics of edible films made from dairy proteins and zein hydrolysate cross-linked with transglutaminase. *International Journal of Food Science and Technology*, 39,287-294

- different gums for deep-fat frying of carrot slices. *Journal of Food Engineering*, 75, 522-526
- [17] AOAC (2000). Official methods of analysis. 17th ed. Gaithersburg, M.D., USA, Association of Official Analytical Chemists International.
- [18] Cho, S.Y., Rhee, C. (2004). Mechanical properties and water vapor permeability of edible films made from fractionated soy proteins with ultrafiltration. *Lebensm.-Wiss.u-Technol*, 37, 833-839
- [19] Paschalik, Garcia, T. M., Sobral, A. T. & Habitante, A. M. Q. B. (2003). Characterization of some Functional Properties of Edible Films based on muscle proteins Nile Tilapia. *Food Hydrocolloids*, 17, 419-427
- [20] Bertolini, R., Suarez, L.A., Campanone, M. A., Garcia, M. A. & Zaritzky, N. E. (2008). Comparison of the deep frying process in coated and uncoated dough systems. *Journal of Food Engineering*, 84, 383-393
- [21] ASTM International. 2007a. Standard Test Methods for Tensile Properties of thin plastic sheeting. D882-02 ANNUAL Book of ASTM Standards 14.02. United States.
- [22] ASTM International. 2007 b. Standard Test Methods for water vapor transmission standards. E96-00. ANNUAL Book of ASTM Standards. 14. 02. United States.
- [23] Cheuk, V., Wan, H., Kim, M.S. & Lee, S.Y. (2005). Water vapor Permeability and Mechanical Properties of Soy Protein Isolate Edible Films Composed of Different Plasticizer Combinations. *Food Engineering and Physical Properties. Journal of Food Science*. vol. 70. Nr6
- [24] Cho, S.Y., & Rhee, C. (2002). Sorption characteristics of soy protein films and their relation to mechanical properties. *Lebensm.-Wiss.u-Technol*, 35, 151-157
- [25] Turhan, K. N. & Sahbas, F. (2003). Water Vapor permeability, tensile properties and solubility of methylcellulose-based edible films. *J. Food engineering*, 61, 459-466
- [26] Maftoonazad, N., Ramaswamy, H. S. & Marcotte, M. (2006). Evaluation of factors affecting barrier, mechanical and optical properties of Pectin-based films using Response Surface Methodology. Department of Food Science. McGill University, Macdonald Campus. 21, 111 Lakeshore Ste-Anne-de-Bellevue, Quebec, Canada, 539-563
- [3] Kim, K. M., Weller, C., Hanna, M. A. & Gennadios, A. (2001). Heat curing of soy proteins films at selected temperatures and pressures. *Lebensm.-Wiss. u-Technol.*, 35, 140-145
- [4] Guilbert, S., Biquet, B. Edible films and coatings. Chapter 22
- [5] Debeaufort, F., Quezada-Gallo, J. A., & Voilley, A. (1998). Edible films and coatings: Tomorrow's packagings: a review. *Critical Reviews in Food Science*, 38 (4), 299-313
- [6] Krochta, J. M. & Mulder-Johnson, C. (1997). Edible and Biodegradable polymer films: challenges and opportunities. *Food Technology*, 51, 61-74
- [7] Kester, J. J. & Fenneme, O. R. (1986). Edible films and coatings: a review *Food Technology*, 48, 47-59
- [8] Contreras-Medellin, R., & Labuza, T. P. (1981). Prediction of moisture protection requirements for foods. *Cereal Food World*, 26(7), 335
- [9] Salmoral, E. M., Gonzalez, M. E., Mariscal, M. P., And Medina, L. F. 2000. Comparison of chickpea and soy protein isolate and whole flour as biodegradable plastics. *Industrial Crops and Products*, 11, 227-236
- [10] Bureau, G., & Multon, J. L. (1996). *Food Packaging Technology*. Wiley-VCH, 315-335
- [11] Cao, N. Fu.Y. & He. J. (2007). Preparation and physical properties of Soy Protein Isolates and gelatin composite films. *Food Hydrocolloids*. 21. 1153-1162
- [12] Fishman, M. L. (1997). Edible and biodegradable polymer films. Challenges and opportunity. *Food Technology*. 5(2):16,60-74
- [13] Hangwan, V. C., Kim, M. S., & Lee, S.Y. (2005). Water vapor permeability and mechanical properties of soy protein isolate edible films composed of different plasticizer combinations. *Journal of Food Sciences*. 70(6): E387-E391
- [14] Albert, S. & Mittal, G. S. (2002). Comparative evaluation of edible coatings to reduce fat uptake in a deep-fried cereal product. *Food Research International*, 35, 445-458
- [15] Krochta, J. M. (1997). Edible protein films and coating. In Damodaran, S., food protein and their application (pp:529-544). Marcel Dekker, New York.
- [16] Akdeniz, N., Sahin, S. & Sumnu, G. (2006). Functionality of batters containing

Evaluating the effects of glycerol and sorbitol on the properties of edible soy protein-based films using response surface methodology

Sarmadizadeh, D.¹, Badii, F.^{2*}, Maftoonazad, N.³, Ehsani, M. R.⁴, Ameri, A.⁵

1. M.Sc. Graduate of Food Science & Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran.

2. Assistant Prof. of Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, Iran.

3. Assistant Prof. of Agricultural Engineering Research Department, Agriculture and Natural Resources Center, Zargan, Fars.

4. Prof, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran.

5. M.Sc. Graduate of Food Science & Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran.

(Received: 89/4/6 Accepted: 90/8/16)

Edible films and coatings are developed to improve quality and to extend shelf-life of food products. In this study, soy protein isolate was obtained from defatted soy flour by alkaline extraction and acid precipitation. Then edible films were prepared from soy protein isolate. The effects of protein concentrations and two plasticizers of glycerol and sorbitol on some physical and mechanical properties of the films were evaluated, using response surface methodology (RSM). The results showed that tensile strength, opacity, thickness and water vapor transmission rate (WVTR) were increased, while elongation of the films decreased by protein concentration. Increasing the concentration of glycerol and sorbitol increased WVTR, elongation, total color difference (ΔE), thickness and opacity, while declined tensile strength of the films. The model developed by RSM for the physical and mechanical properties of the films had high coefficient of multiple determination ($R^2 > 0.87$) and significant F values. The models suggested that the concentration of soy protein and the type and concentrations of the plasticizers are the most influential factors with significant effects on the properties of soy protein isolate films.

Keywords: Soy protein isolate, Edible film, Sorbitol, Glycerol, Response surface method

* Corresponding Author E-Mail address: fjbadii@gmail.com