# مطالعه ویژگی‌های فیلم خوراکی ایزوله پروتئین نخود با روش سطح پاسخ

آرتیمس عامری شهرابی[۱]، فوژان بدیعی[۲]*، ندا مفتون‌آزاد[۳]، محمدرضا احسانی[۴]

۱-دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد 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، پست الکترونیکی:
۳-استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس
۴- استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران

**(تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۶ تاریخ پذیرش: ۸۹/۶/۲۳)**

## چکیده

حبوبات غنی از پروتئین منبع خوبی برای تهیه فیلم‌های پروتئینی هستند. در این پژوهش ایزوله پروتئین از آرد چربی گرفته نخود بوسیله استخراج قلیایی و ترسیب اسیدی استخراج گردید، سپس فیلم خوراکی از ایزوله پروتئینی نخود تهیه شد و اثر غلظت‌های مختلف پروتئین وگلیسرول بر خواص مکانیکی و فیزیکی فیلم پروتئینی نخود شامل میزان انتقال بخار آب، قدرت کششی، میزان کشش، میزان تغییررنگ، ضخامت و کدورت به روش سطح پاسخ بررسی شد. نتایج نشان داد که افزایش غلظت گلیسرول موجب افزایش میزان انتقال بخار آب، میزان کشش، میزان اختلاف رنگ، ضخامت و کدورت و کاهش قدرت کششی فیلم‌های پروتئینی می‌شود. افزایش غلظت پروتئین باعث افزایش مقاومت کششی، کدورت و میزان اختلاف رنگ فیلم‌ها گردید ولی میزان انتقال بخار آب و میزان کشش فیلم‌ها را کاهش داد. مدل‌های پیشنهادی به روش سطح پاسخ برای خواص فیزیکی و مکانیکی فیلم‌های تهیه شده، ضریب همبستگی بالایی ($R^2$>۰/۸۵) داشتند و این بیانگر مناسب بودن این روش برای بررسی و مطالعه اثر عوامل مختلف تولید فیلم بر ویژگی‌های آن می‌باشد.

**کلید واژگان:** پروتئین نخود، خواص مکانیکی، میزان اتنقال بخارآب، فیلم خوراکی، روش سطح پاسخ

*مسئول مکاتبات:fjbadii@gmail.com



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23 ]

## ۱-مقدمه

امروزه تهیه فیلم های خوراکی برای حفظ مواد غذائی بسیار مورد توجه قرار گرفته است، فیلم های خوراکی از تغییرات نامطلوب در عطر، بافت و ظاهر مواد غذائی ممانعت می‌کنند و از مهاجرت رطوبت، اکسیژن، دی اکسیدکربن، مواد عطر زا، چربی ها و ... جلوگیری می‌نمایند [۳و۲و۱]. بنابراین این فیلم ها کیفیت محصول غذائی را حفظ نموده و پایداری و ماندگاری آنها را افزایش می‌دهند. فیلم ها و پوشش های خوراکی باید بی مزه بوده، در صورت امکان در حین مصرف غذا قابل تشخیص نباشند، در صورتیکه دارای طعم خاص و قابل توجهی هستند، خصوصیات حسی آنها با نوع غذا سازگار باشد و طعم دلپذیری داشته باشند. همچنین باید محلول بوده و به آسانی در دهان حل شده و یا در آب و روغن موجود در ساختار غذا پخش شوند[۵و۴] . فیلم ها و پوششهای خوراکی باید از نظر سازمان غذا و دارو آمریکا [1] بعنوان GRAS[2] شناخته شوند و از نظر خوراکی ایمن و مطمئن باشند[۶]. فیلم های خوراکی از پلیمرهای طبیعی و عمدتا" مشتقات سلولز، هیدروکسی پروپیل سلولز، نشاسته، زئین ذرت، گلوتن گندم، پروتئین سویا و پروتئین های شیر تهیه می شوند. اخیرا" تهیه فیلم هایی با پروتئین نخود، سویا و آب پنیر مورد توجه قرار گرفته است[۹و۸و۷و۲]. اعرابی و همکاران در سال ۱۳۸۵ فیلم خوراکی از گلوتن گندم و گلیسرول (با درصدهای متفاوت) تهیه و برخی خواص فیزیکی آن را بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که با تغییر فرمولاسیون اجزای تشکیل دهندهٔ فیلم می‌توان فیلم هایی با خواص متفاوت از نظر حلالیت، کشش پذیری و نفوذ پذیری تهیه نمود [۱]. دارایی و همکاران در سال ۱۳۸۸ اثر پوشش خوراکی از متیل سلولز را برعمر انبارداری و ماندگاری شلیل بررسی کردند. نتایج نشان داد که کاربرد این پوشش باعث رسیدن طبیعی، بهبود کیفیت و افزایش ماندگاری شلیل می شود[۱۰]. در سال ۱۹۹۹ سالمورال[3] و همکاران فیلم های خوراکی از ایزوله های پروتئین و آرد کامل چربی گرفته نخود و لوبیای سویا تهیه نمودند. مقاومت کششی، درصد طویل شدن در نقطه پارگی و جذب آب فیلم ها اندازه گیری و مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد فیلم خوراکی حاصل از ایزوله پروتئینی نخود خواص مکانیکی بهتر و جذب آب کمتری نسبت به فیلم پروتئینی سویا دارند، پرتودهی جذب آب فیلم های پروتئینی سویا و نخود را کاهش داد در حالی که تاثیر مهمی بر خواص مکانیکی آنها نداشت[۱۱]. در سال ۲۰۰۱، *چویی*[4] *و هان*[5] فیلم خوراکی از محلول پروتئینی غلیظ و دناتوره شده نخود فرنگی تهیه کردند و خواص فیزیکی و مکانیکی فیلم ها را مطالعه نمودند [۷]. اثر گلیسرول، زایلیتول و سوربیتول بر برخی خواص فیزیکی فیلم‌های ایزوله پروتئینی آب پنیر توسط *شاو*[6] در سال ۲۰۰۲ بررسی گردید. افزایش مقدار گلیسرول یا سوربیتول باعث افزایش مقدار رطوبت، نفوذپذیری به بخار آب، درصد افرایش طول فیلم و کاهش مقاومت کششی، مدل الاستیک و دمای انتقال شیشه‌ای شد، در حالیکه افزایش مقدار زایلیتول هیچ اثری بر موارد مذکور نداشت[۱۲]. خصوصیات جذب سطحی فیلم های تشکیل شده از پروتئین سویا و ارتباط آن با خواص مکانیکی فیلم ها در سال ۲۰۰۲ توسط چو[7] *و ری*[8] مطالعه شد. اثر پلاستی‌سایزرهای مختلف از قبیل گلیسرول، سوربیتول و ترکیب گلیسرول و سوربیتول به نسبت ۱ به ۱ بر جذب رطوبت فیلم های آبدوست تشکیل شده از ایزولهٔ پروتئین سویا بررسی گردید. از طرفی اثر رطوبت نسبی و پلاستی سایزر بر خواص مکانیکی فیلم ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادکه رطوبت فیلم های تشکیل شده از ایزولهٔ پروتئین سویا تحت تأثیر خصوصیات آبدوستی و غلظت پلاستی سایزر قرار می‌گیرد و در رطوبت نسبی مشخص، فیلم هایی که میزان گلیسرول بیشتری دارند، رطوبت بیشتری جذب می‌نمایند و میزان رطوبت فیلم ها با میزان پلاستی سایزر ارتباط مستقیم دارد[۱۳]. در سال ۲۰۰۷، چو [9] و همکاران فیلم خوراکی از کنسانتره پروتئینی سویا به روش غشائی، تهیه نمودند. سپس خصوصیات فیلم خوراکی تهیه شده به روش غشائی با فیلم خوراکی تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا به روش قلیایی و رسوب اسیدی مقایسه شد. نتایج نشان داد که فیلم تهیه شده از کنسانتره پروتئینی سویا درآب محلول تر و شفاف تر از فیلم تهیه شده از ایزوله پروتئینی سویا است[۱۴]. *برتوزی*[10] و همکاران در سال ۲۰۰۷ ، اثر ترکیب فیلم و روش

1. Food and Drug Administration
2. Generally Recognized As Safe
3. Salmoral

4. Choi
5. Han
6. Shaw
7. Cho
8. Rhee
9. Cho
10. Bertuzzi



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23 ]

آماده سازی آن را بر خواص فیلم خوراکی تهیه شده از نشاسته ذرت حاوی آمیلوز بالا بررسی نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که در فیلم‌های تهیه شده هرچه میزان گلیسرول کاهش یابد، میزان کدورت وحلالیت فیلم نیزکاهش می یابد. همچنین زمان فرایند قلیایی بر خواص فیلم تأثیر گذار است[۱۵].

نخود یکی از مهمترین بقولات خوراکی و از محصولات زراعی مهم کشور است. پروتئین نخود ارزش غذائی بالا و خصوصیات سودمند مختلفی دارد. جزء[1] اصلی پروتئین نخود، گلوبولین است. آلبومین ها حدود یک چهارم آنها را تشکیل داده اند، پروتئین‌های نخود بدلیل تعادل خوب در ترکیب اسیدهای آمینه ضروری، قابلیت دسترسی بالا ومیزان کم فاکتورهای ضد تغذیه‌ای و سمی منبع خوبی از پروتئین غذایی محسوب می شوند[۱۶]. نخود در بین حبوبات بیشترین سطح زیر کشت را در ایران دارد، کشت آن در اکثر نقاط ایران به استثنای سواحل دریای خزر کم و بیش متداول است[۱۷]. بر اساس گزارش آمارنامه کشاورزی در ایران در سال زراعی ۸۵-۸۴ سطح زیر کشت و میزان تولید کل نخود به ترتیب ۹۴۰۸۱۳ هکتار و ۶۷۷۸۵۸ تن بوده است[۱۸]. در نتیجه با توجه به سطح زیر کشت قابل توجه نخود در کشور و ارزان بودن آن، این محصول منبع پروتئینی ارزان، قابل دسترس و مناسبی بشمار می‌آید. یکی از اهداف توسعه تکنولوژیکی، بدست آوردن مصارف صنعتی برای محصولات زراعی می-باشد[۱۱] لذا در این تحقیق بمنظور استفاده مطلوب از پروتئین نخود در صنعت غذای کشور فیلم خوراکی از ایزوله پروتئین آن تهیه شد. در ادامه به‌منظور کاربرد این فیلم در صنایع غذایی، برخی خواص فیزیکوشیمیایی و مکانیکی آن اندازه‌گیری گردید.

## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- تهیه و آماده سازی آرد نخود

دانه های نخود رقم آرمان از کرمانشاه تهیه شدند. پس از تمیز کردن و خارج سازی دانه های چروکیده، کپک زده و اجزای خارجی، دانه تمیز توسط دستگاه آسیاب به آرد کامل تبدیل شد و آرد کامل با الک با مش ۳۰ الک شد. آرد نخود فاقد چربی به روش استخراج سرد با حلال n- هگزان با درجه خلوص بالا(بیش از ۹۵٪) تهیه گردید.

### ۲-۲- تهیه ایزوله پروتئینی نخود

ایزوله پروتئین نخود از آرد نخود بدون چربی با استفاده از استخراج قلیایی و ترسیب اسیدی تهیه شد. آرد حاصل به نسبت ۱ به ۱۰ با آب مقطر مخلوط و به کمک محلول سود ۱ نرمال به pH=۱۰ رسانده شد. این سوسپانسیون بمدت ۱ ساعت روی همزن مخلوط و سپس با استفاده از سانتریفوژ با دور ۳۰۵۰ دور در دقیقه بمدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ شد. محلول شفاف رویی جدا شده و با استفاده از اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال به pH= ۴/۳ (pH ایزوالکتریک پروتئین نخود ) رسانده شد. این سوسپانسیون نیز بمدت ۱ ساعت روی همزن بطور کامل مخلوط و با استفاده از سانتریفوژ با دور ۳۰۵۰ دور در دقیقه بمدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ گردید. مراحل استخراج قلیایی و رسوب اسیدی مجددا" تکرار شدند. رسوب حاصل با استفاده از آب شستشو شد تا pH آن به حدود ۷ برسد. ایزوله مرطوب نخود با ازت مایع بلافاصله منجمد و با استفاده از خشک کن انجمادی خشک گردید و در ظروف دربدار در دمای ۱۸- درجه سلسیوس نگهداری شد [۱۵] . میزان پروتئین در ایزوله پروتئین نخود به ۸۹ ٪ رسید که به روش کلدال اندازه‌گیری گردید[۱۹].

### ۲-۳- تهیه فیلم خوراکی از ایزوله پروتئین نخود

مقادیر مناسب از ایزوله پروتئین نخود بر حسب گرم (۲/۶، ۳، ۴، ۵، ۵/۴ ) در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل شدند. گلیسرول بعنوان پلاستی سایزر در پنج سطح ۰/۲۶، ۰/۳۰، ۰/۴۰، ۰/۵۰و ۰/۵۴گرم به ازای هر گرم ایزوله نخود افزوده گردید (مقادیر مناسب پروتئین و پلاستی‌سایزر براساس روش سطح پاسخ مطابق جدول۱ تعیین شدند). محلول حاصل با استفاده از همزن با دور بالا (۹۰۰۰ دور در دقیقه) بمدت ۲ دقیقه مخلوط شد. سپس pH محلول به کمک سود ۰/۱ نرمال به ۱۰ رسیده و در حالی که هم زده می شد تا دمای ۸۰ درجه سلسیوس روی گرمکن همزن دار گرم شد. ۱۵ گرم از محلول شفاف حاصل داخل ظروف پلی استیرن ۱۱×۱۱ سانتی متر ریخته و در دمای ۱ ± ۲۵ درجه سلسیوس خشک گردید. فیلم های خوراکی تهیه شده از ایزوله پروتئین نخود در دمای $^{o}c$ ۱ ± ۲۵ و

1. Fraction



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23 ]

رطوبت نسبی ۵۵٪ به مدت ۵ روز نگهداری شدند و سپس خواص فیزیکی و مکانیکی فیلم‌ها شامل ضخامت، کدورت، رنگ، مقاومت کششی، میزان کش آمدگی و نفوذ پذیری به بخار آب روی آنها اندازه‌گیری شدند[۲۰و۱۶].

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

| تیمارها | میزان پروتئین ( گرم ) | پلاستی سایزر (٪) |
|---|---|---|
| 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) |

## ۲-۴- آزمایشهای فیزیکی و مکانیکی فیلم های پروتئینی

### ۲-۴-۱- بررسی رنگ فیلم ها

رنگ فیلم های پروتئینی نخود با استفاده از دستگاه رنگ سنج مدل DP 25 9000 ساخت آمریکا و به روش هانتر لب اندازه گیری شدند. میزان رنگ با استفاده از پارامترهای هانتر بر حسب سفیدی-سیاهی ( L*) ، قرمزی-سبزی ( a*) و زردی-آبی ( b*) بیان شد. تغییر رنگ کلی ( ΔE) با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد[۲۲و۲۱].

$$\Delta E=[(L_0-L)^2 + (a_0-a)^2 + (b_0-b)^2]^{0.5}$$ :معادله(۱)

$L_0$، $a_0$ و $b_0$ مربوط به فیلم خالص پروتئینی (بدون پلاستی سایزر) است.

### ۲-۴-۲- اندازه گیری کدورت فیلم ها

اندازه گیری کدورت فیلم های پروتئینی نخود با استفاده از روش هانتر لب، با استفاده از دستگاه رنگ سنج مدل DP 25 9000 ساخت آمریکا انجام پذیرفت. کدورت (Y) نمونه ها بر اساس نسبت کدورت هر کدام از نمونه ها روی کاشی استاندارد 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 (۲) محاسبه شد[۲۳].

معادله(۲ ): $Y=Y_b/Y_w$

این محاسبات به صورت خودکار توسط نرم افزار یونیورسال[1] صورت گرفت.

### ۲-۴-۳- تعیین ضخامت فیلم

ضخامت فیلم با استفاده از میکرومتر دستی Микрометр مدل 5504 ساخت روسیه با دقت ۰/۰۱ میلی متر اندازه گیری شد. اندازه گیریها در هشت نقطه مختلف از فیلم صورت گرفت و میانگین گزارش شد.

### ۲-۴-۴-اندازه‌گیری مقاومت کششی و میزان کش‌آمدگی

مقاومت یا تنش کششی، تنشی است که در اثر نیروی کششی در جسم به وجود می آید و بر اساس تعریف استاندارد ملی امریکا عبارت است از مقدار نیرویی که بر واحد سطح نمونه در اثر کشش تا نقطه پارگی بدست می آید و بر حسب نیوتن بر متر مربع محاسبه می گردد. میزان کش آمدگی یا درصد ازدیاد طول عبارت است از نسبت تغییرات طول در اثر کشش (با واردآوردن نیروی ثابت) به طول اولیه ضرب در ۱۰۰ [۲۴و۴].

معادله(۳): $\Delta L=L/L_0\times100$

مقاومت کششی فیلم ها بر اساس روش استاندارد ASTM[2] شماره ۰۲-۸۸۲ D ( ۲۰۰۷a ) اندازه‌گیری شد [۲۴] . مقاومت کششی[3] و مقدار کشش[4] با استفاده از دستگاه بافت سنج هانسفیلد[5] مدل H5KS ساخت انگلستان تعیین گردید. برای این منظور نوارهایی به اندازه ۴×۱ سانتی متر از فیلم ها جدا

1. Universal Software 3.2
2. American Standard Test Method
3. Tensile Strength
4. Extension
5. Hounsfield

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23 ]

گردید. نوارها 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 گردید [۲۴].

### ۲-۴-۵- اندازه گیری میزان انتقال بخار آب[1] (WVTR)

میزان انتقال به بخار آب در فیلم بر اساس روش استاندارد ASTM شماره E۹۶-۰۰ (۲۰۰۷b) تعیین شد[۲۵]. برای این منظور فنجانک های ویژه ای ( با قطر داخلی ۴۵ میلی متر، ارتفاع ۳۰ میلی متر و پهنای لبه ۱۲ میلی متر) طراحی گردید. حدود ۳ گرم از نمک کلرید کلسیم بدون آب در هر فنجانک ریخته شد. سطح رویی ظروف با فیلم های تهیه شده پوشانده و 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 فیلم باشد. فنجانک ها توزین شده و در دسیکاتور حاوی نمک نیترات منیزیم که در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی معادل با ۵۵ درصد ایجاد می کند، قرار داده شدند، سپس دسیکاتورها در انکوباتور با دمای ثابت ۲۵ درجه سلسیوس قرار گرفتند. توزین ظروف هر دو ساعت یکبار تا زمان رسیدن به تعادل صورت گرفت. میزان انتقال بخار آب بر اساس افزایش وزن فنجانک ها محاسبه گردید و در نموداری بر اساس زمان رسم شد. مقدار شیب نمودارها تعیین و در نهایت با استفاده از رابطه (۴)، میزان انتقال بخار آب، بر حسب گرم بر متر مربع× ساعت محاسبه شد[۲۵].

$$WVTR=(G/t)/A \qquad \text{معادله(۴)}$$

G: تغییر وزن بر حسب گرم

t: زمان بر حسب ساعت

A: سطح مقطع در تماس با بخارآب بر حسب مترمربع

## ۲-۵- طرح آزمایشی

در این تحقیق برای ارزیابی اثرهای اصلی و متقابل فاکتورهای مختلف، از یک طرح فاکتوریل شکسته[2] به صورت سطح پاسخ استفاده شد. در مرحله تهیه فیلم های پروتئینی نخود از یک طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر[3] با دو متغیر مستقل و شش متغیر وابسته استفاده شد. متغیرهای مستقل شامل غلظت-های ایزوله پروتئین نخود و پلاستی‌سایزر گلیسرول و شش متغیر وابسته شامل میزان انتقال بخار آب، مقاومت کششی، میزان کشیدگی، تغییر رنگ، ضخامت و کدورت فیلم های پروتئینی نخود می‌باشند. 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 می‌باشد. نقطه مرکزی برای تخمین خطای تجزیه و پیش‌بینی ویژگی برازش مدل است. هر شش متغیر وابسته (y) یا پاسخ تحت تاثیر دو متغیر مستقل قرار می‌گیرند. جدول ۱ مقادیر کدگذاری شده مربوط به متغیرهای مستقل را نشان می دهد.

## ۲-۶- تجزیه آماری

داده‌های آزمایشی برای هر یک از متغیرهای وابسته با معادله زیر برازش شدند:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 \qquad \text{معادله (۵)}$$

$b_n$: ضرایب ثابت رگرسیون

$X_1, X_2$: متغیرهای مستقل کد گذاری شده

تجزیه واریانس (ANOVAs) و محاسبه ضریب رگرسیون با نرم‌افزار اکسل (Microsoft Excel) به‌دست آمد. با نرم-افزار سیگماپلات ( Sigma plot) نیز نمودارهای سه‌بعدی رسم شدند.

# ۳- نتایج و بحث

## ۳-۱- تعیین مدل مناسب

مقادیر کدگذاری شده مربوط به متغیرهای مستقل و پاسخ‌های متغیرهای وابسته به اجزای تشکیل دهنده فیلم ایزوله نخود در جدول ۲ نشان داده شده است.

1. Water Vapor Transmission Rate
2. Fractional facrorial design
3. Box,s central composite design



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23 ]

**جدول۲** مقادیر کد گذاری شده مربوط به متغیرهای مستقل و پاسخ‌های متغیرهای وابسته به اجزاء تشکیل دهنده فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین نخود با گلیسرول

| اجرا | متغیرهای مستقل* | | متغیرهای وابسته** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $X_1$ | $X_2$ | $Y_1$ | $Y_2$ | $Y_3$ | $Y_4$ | $Y_5$ | $Y_6$ |
| ۱ | ۳(–۱) | ۳۰(–۱) | ۵/۰۷ | ۲/۶۷ | ۸۷ | ۵/۴۵ | ۲/۰۹ | ۳/۰۵ |
| ۲ | ۵(۱) | ۳۰(–۱) | ۳/۷۷ | ۷/۶۸ | ۹۸ | ۶/۶۹ | ۷/۳۱ | ۰/۸۱ |
| ۳ | ۳(–۱) | ۵۰(۱) | ۱۵/۴۱ | ۴/۶۹ | ۱۰۰ | ۵/۹۴ | ۱/۹۹ | ۵/۹۱ |
| ۴ | ۵(۱) | ۵۰(۱) | ۱۳/۶۵ | ۷/۱۲ | ۱۱۲ | ۷/۹ | ۵/۳۱ | ۱/۷۸ |
| ۵ | ۲/۶(–۱/۴۱) | ۴۰(۰) | ۹/۷۵ | ۴/۲۲ | ۸۸ | ۵/۷۴ | ۰/۹۳ | ۵/۴ |
| ۶ | ۵/۴(۱/۴۱) | ۴۰(۰) | ۷/۱۶ | ۹/۸۱ | ۱۳۵ | ۷/۹ | ۵/۳۴ | ۱/۴۸ |
| ۷ | ۴(۰) | ۲۶(–۱/۴۱) | ۷/۰۱ | ۵/۰۴ | ۷۹ | ۶/۰۵ | ۴/۴۳ | ۰/۹ |
| ۸ | ۴(۰) | ۵۴(۱/۴۱) | ۱۸/۸۱ | ۵/۸ | ۱۰۰ | ۶/۹۲ | ۲/۷۳ | ۲/۹ |
| ۹ | ۴(۰) | ۴۰(۰) | ۱۱/۰۶ | ۶/۱۷ | ۸۱ | ۶/۷۴ | ۳/۱۴ | ۱/۲۲ |
| ۱۰ | ۴(۰) | ۴۰(۰) | ۱۲/۴۳ | ۵/۸۱ | ۸۲ | ۶/۴۹ | ۳/۰۹ | ۱/۲۲ |
| ۱۱ | ۴(۰) | ۴۰(۰) | ۱۱/۶۷ | ۷/۴۴ | ۸۱ | ۶/۶۱ | ۳/۶۸ | ۱/۸۸ |
| ۱۲ | ۴(۰) | ۴۰(۰) | ۱۲/۰۵ | ۶/۶۲ | ۸۱ | ۶/۵۵ | ۳/۵۶ | ۱/۴۷ |
| ۱۲ | ۴(۰) | ۴۰(۰) | ۱۵/۲۲ | ۵/۸۳ | ۱۰۷ | ۵/۳۱ | ۳/۲۳ | ۲/۴۴ |

$X_1$، غلظت پروتئین ( گرم )؛ $X_2$، غلظت پلاستی سایزر گلیسرول ( ٪ )

$Y_1$: میزان کشش، $Y_2$: مقاومت کششی (نیوتن)، $Y_3$: ضخامت (میکرومتر)، $Y_4$: کدورت، $Y_5$: رنگ،

$Y_6$: قابلیت نفوذ بخار آب (مترمربع×ساعت/گرم )

متغیرهای مستقل عبارتند از غلظت‌های متفاوت ایزوله پروتئین نخود (P) و پلاستی‌سایزر گلیسرول(G) و پاسخ‌های مشاهده شده عبارتند از ضخامت، تغییر رنگ، کدورت، مقاومت کششی، میزان کشیدگی و میزان انتقال بخار آب فیلم های ایزوله پروتئینی نخود و پلاستی سایزرگلیسرول. داده‌های آزمایشی بدست آمده برای هریک از پاسخ ها در جدول۲ با معادله ۵ ارزیابی برازش شدند.

برای برازش داده های آزمایشی با معادله ۵، متغیرهای $x_1$ و $x_2$ به ترتیب غلظت ایزوله پروتئین نخود (P) و غلظت پلاستی سایزر گلیسرول(G) در نظر گرفته شدند. معادلات زیر، معادلات رگرسیون محاسبه شده را برای متغیرهای وابسته در مورد فیلم ایزوله پروتئین نخود و پلاستی‌سایزر گلیسرول نشان می دهند.

معادله (۶) $Y_1=12- 0.84P+4.62G-2.03P^2$

معادله (۷) $Y_2=6.58+1.91P-0.4G^2$



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23 ]

معادله (۸) $Y_3=84.28+11.19P+7.1G+14.12P^2$

معادله (۹) $Y_4=6.58+0.78P+0.37G+0.18PG$

معادله (۱۰) $Y_5=3.64+1.85P-0.56G$

معادله (۱۱) $Y_6=1.67-1.49P+0.83G-0.47PG+P^2$

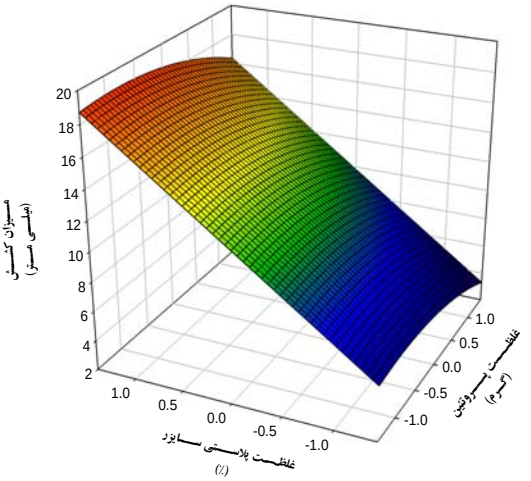
## ۳-۲- ویژگی‌های فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئینی نخود

### ۳-۲-۱-تعیین میزان کشش و مقاومت کششی فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئینی نخود

فیلم های خالص تهیه شده از پروتئین نخود ترد و شکننده هستند، مقاومت کششی بالا و میزان کش آمدگی پایینی دارند. بنابراین برای بهبود خواص مکانیکی آنها افزودن پلاستی سایزر ضروری است. با افزودن پلاستی سایزر خواص مکانیکی فیلم ها تغییر می‌کند. در این پژوهش از پلاستی سایزر گلیسرول استفاده شد. مولکول پلاستی سایزر به درون شبکه پروتئینی راه می یابد و پیوندهای ضعیف پلاستی سایزر – پروتئین جایگزین پیوندهای پروتئین – پروتئین می شوند. افزایش فضای بین مولکولی و ایجاد پیوندهای ضعیف‌تر باعث می شوند تا هنگام اعمال نیرو زنجیره ها راحت تر روی یکدیگر بلغزند، در نتیجه فیلم انعطاف پذیرتر می شود[۲۶].

### ۳-۲-۱-۱- میزان کشش فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئینی نخود با گلیسرول

با توجه به جدول ۳ در مورد میزان کشش، ضرایب $b_2$ ،b. و $b_{11}$ در سطح احتمالی ۱٪ و ضریب $b_1$ در سطح احتمالی ۵٪ معنی دار می باشند. بنابراین معادله رگراسیون محاسبه شده در مورد میزان کشش فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین نخود با گلیسرول بر اساس روش سطح پاسخ به صورت معادله ۶ می باشد. جدول۳ نشان می‌دهد که اثر خطی غلظت پلاستی-سایزر و اثر درجه دوم غلظت پروتئین بر میزان کشش فیلم‌های خوراکی بر پایه ایزوله پروتئینی نخود و پلاستی‌سایزر گلیسرول معنی‌دار شده اند. شکل ۱ نشان می‌دهد که با افزایش غلظت گلیسرول، میزان کشش فیلم بطور خطی افزایش می‌یابد در حالیکه غلظت پروتئین بصورت درجه دوم روی این ویژگی اثر می گذارد. کمترین میزان کشش مربوط به فیلم‌های تهیه شده از ۵ گرم ایزوله پروتئینی با ۳۰٪ گلیسرول و بیشترین میزان آن مربوط به فیلم های تهیه شده از ۴ گرم پروتئین با ۵۴٪ گلیسرول بود ( جدول۲ و شکل ۱ ). نتایج به دست آمده توسط چو و ری (۲۰۰۲) در مورد فیلم های تهیه شده از پروتئین سویا با پلاستی سایزرهای مختلف ( گلیسرول، سوربیتول و ترکیب گلیسرول و سوربیتول به نسبت ۱ به ۱) نشان داد که افزایش غلظت گلیسرول باعث افزایش میزان کشش فیلم ها شد، در حالیکه اثر گلیسرول نسبت به سوربیتول بر این ویژگی بیشتر بود. چو و ری (۲۰۰۴) خواص مکانیکی فیلم‌های خوراکی تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا (ایزوله پروتئین سویا به روش اولترافیلتراسیون تهیه شد) با گلیسرول را مطالعه کردند و دریافتند که با افزایش وزن مولکولی پروتئین و غلظت گلیسرول، میزان کشش فیلم ها افزایش یافت[۱۳و۲۰].




**شکل ۱** میزان کشش فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئینی نخود با گلیسرول

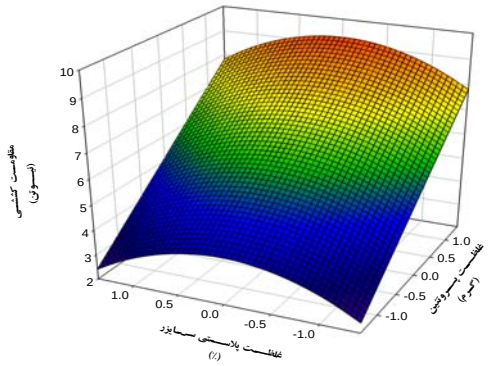
### ۳-۲-۱-۲- مقاومت کششی فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئینی نخود با گلیسرول

با توجه به جدول ۳ در مورد متغیر مقاومت کششی، ضرایب $b_0$و $b_1$ در سطح احتمالی ۱٪ و ضریب $b_{22}$ در سطح احتمالی ۵٪ معنی دار شدند و سایر ضرایب معنی دار نمی باشند. معادله رگرسیون محاسبه شده در مورد مقاومت کششی فیلم‌های تهیه شده از ایزوله پروتئین نخود با گلیسرول بر اساس روش سطح پاسخ به صورت معادله ۷ می باشد. این معادله نشان می‌دهد که اثر خطی غلظت پروتئین و اثر درجه دوم غلظت پلاستی سایزر گلیسرول بر مقاومت کششی فیلم های تهیه شده از ایزوله



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23 ]

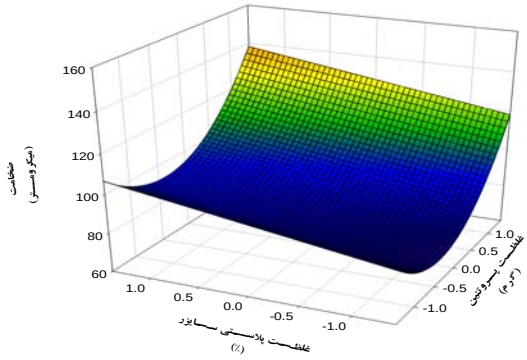
پروتئین نخود با گلیسرول معنی دار شده است. مطابق شکل۲، کمترین مقاومت کششی مربوط به فیلم های تهیه شده از ۳ گرم ایزوله پروتئینی با ۳۰٪ گلیسرول و بیشترین میزان آن مربوط به فیلم های تهیه شده از ۵/۴ گرم پروتئین با ۴۰٪ گلیسرول بود. افزایش غلظت پروتئین، مقاومت کششی فیلم ها را افزایش داد، از طرفی افزایش غلظت گلیسرول باعث افزایش میزان کشش و کاهش مقاومت کششی فیلم ها گردید. با توجه به نتایج گزارش شده توسط چو و ری (۲۰۰۲) در مورد فیلم های تهیه شده از پروتئین سویا با پلاستی سایزرهای مختلف (گلیسرول، سوربیتول و ترکیب گلیسرول و سوربیتول به نسبت ۱ به ۱) و چو و ری (۲۰۰۴) در مورد فیلم تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا با گلیسرول، افزایش غلظت پلاستی‌سایزر باعث کاهش مقاومت کششی فیلم ها شد[۱۳و۲۱]. افزودن پلاستی-سایزرها و از جمله گلیسرول باعث تشکیل پیوندهای هیدروژنی با زنجیره پلیمری و درنتیجه افزایش انعطاف‌پذیری و کاهش دمای انتقال شیشه‌ای ماتریکس پلیمری می‌شوند (۲).




**شکل۲** مقاومت کششی فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئینی نخود با گلیسرول

## ۳-۳- ضخامت فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئینی نخود با گلیسرول

با توجه به جدول ۳ در مورد متغیر ضخامت، ضرایب $b_0$،$b_1$، و $b_{11}$ در سطح احتمالی ۱٪ و ضریب $b_2$ در سطح احتمالی ۵٪ معنی دار می باشند و ضرایب $b_{12}$ و $b_{22}$ معنی دار نیستند. بنابراین معادله رگرسیون محاسبه شده در مورد ضخامت فیلم-های تهیه شده از ایزوله پروتئین نخود با گلیسرول بر اساس روش سطح پاسخ به صورت معادله ۸ می باشد. این معادله نشان می‌دهد که اثر خطی و درجه دوم غلظت پروتئین و اثر خطی غلظت پلاستی‌سایزر گلیسرول بر میزان ضخامت فیلم-های خوراکی بر پایه ایزوله پروتئینی نخود و پلاستی‌سایزر گلیسرول معنی‌دار بود. با افزایش غلظت گلیسرول ضخامت فیلم افزایش می‌یابد ولی مطابق شکل۳ غلظت پروتئین اثر بیشتری بر ضخامت فیلم تهیه شده دارد. با توجه به نتایج به دست آمده، کم ترین میزان ضخامت، مربوط به فیلم های تهیه شده از۴گرم پروتئین با ۲۶٪ پلاستی سایزر و بیشترین میزان آن مربوط به فیلم های تهیه شده از ۵/۴ گرم ایزوله پروتئینی با ۴۰٪ گلیسرول بود (شکل ۳).




**شکل۳** ضخامت فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئینی نخود با گلیسرول

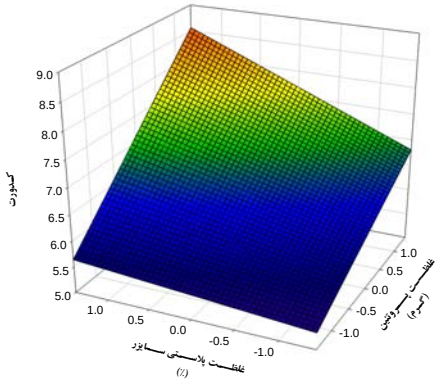
## ۳-۴- اندازه گیری کدورت فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئینی نخود با گلیسرول

با توجه به جدول۲ در مورد متغیر کدورت، ضرایب $b_0$، $b_1$ و $b_2$ در سطح احتمالی ۱٪ و ضریب $b_{12}$ در سطح احتمالی ۵٪ معنی‌دار هستند. بر این اساس، معادله رگراسیون محاسبه شده در مورد کدورت فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین نخود با گلیسرول به صورت معادله ۹ می باشد. بنابراین اثر خطی غلظت پروتئین و پلاستی‌سایزر گلیسرول و اثر متقابل غلظت پروتئین و پلاستی‌سایزر بر میزان کدورت فیلم‌های خوراکی بر پایه ایزوله پروتئینی نخود و پلاستی‌سایزر گلیسرول معنی‌دار شده است. کم‌ترین میزان کدورت در فیلم های تهیه شده از ۳ گرم ایزوله پروتئینی با ۳۰٪ پلاستی سایزر گلیسرول و بیشترین میزان آن در فیلم‌های تهیه شده از ۵ گرم با ۵۰٪ گلیسرول مشاهده شد (جدول۲ و شکل ۴). بدین‌ترتیب با افزایش غلظت پروتئین و پلاستی‌سایزر کدورت فیلم پروتئینی افزایش می‌یابد،



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23 ]

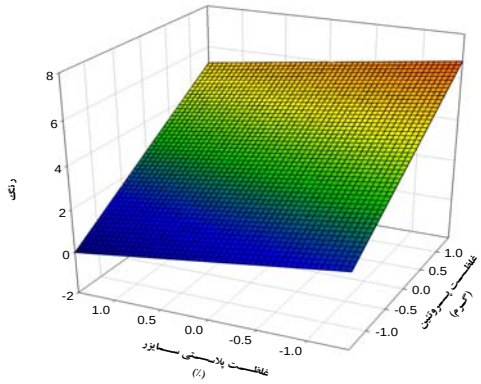
از طرفی اثر متقابل غلظت پروتئین و پلاستی‌سایزر نیز معنی‌دار شده‌است. در مورد فیلم‌های تهیه شده از پکتین نیز با افزایش غلظت پلاستی‌سایزر و پکتین مقدار کدورت فیلم افزایش یافت[۲۷] .




**شکل۴** میزان کدورت فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئینی نخود با گلیسرول

## ۳-۵- اندازه گیری رنگ فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین نخود با گلیسرول

با توجه به جدول۳ در مورد متغیر تغییر رنگ فیلم، ضرایب $b_0$ و $b_1$ در سطح احتمالی ۱٪ و ضریب $b_2$ در سطح احتمالی ۵٪ معنی دار هستند و سایر ضرایب معنی دار نمی باشند. معادله رگرسیون پیشنهادی برای تغییر رنگ فیلم ایزوله پروتئینی نخود با گلیسرول بصورت معادله ۱۰ بدست آمد. بر اساس این معادله اثر خطی غلظت پروتئین و پلاستی‌سایزر گلیسرول بر میزان رنگ فیلم‌های خوراکی بر پایه ایزوله پروتئینی نخود و پلاستی‌سایزر گلیسرول معنی‌دار شده است. با توجه به نتایج به دست آمده، کم‌ترین میزان تغییر رنگ، مربوط به فیلم های تهیه شده از ۲/۶ گرم ایزوله پروتئین نخود با ۴۰٪ گلیسرول و بیشترین میزان آن، مربوط به فیلم های تهیه شده از ۵ گرم پروتئین با ۳۰٪ گلیسرول بوده است (جدول۲). با افزایش غلظت پروتئین میزان تغییر رنگ فیلم افزایش می‌یابد در حالیکه با افزایش غلظت پلاستی‌سایزر این عامل بطور خطی کاهش می‌یابد. کاهش رنگ فیلم با افزایش غلظت گلیسرول احتمالا به‌دلیل خاصیت رقیق‌کنندگی و شفافیت آن است. [۲۳].




**شکل۵** رنگ فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئینی نخود با گلیسرول

## ۳-۶- میزان انتقال بخار آب (WVTR) فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین نخود با گلیسرول

با توجه به جدول۳ در مورد متغیر انتقال بخار آب، ضرایب $b_0$، $b_1$ ، $b_2$ و $b_{11}$ در سطح احتمالی ۱٪ و ضریب $b_{12}$ در سطح احتمالی ۵٪ معنی دارمی باشند. معادله رگرسیون محاسبه شده در مورد میزان انتقال بخار آب فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئین نخود با گلیسرول بر اساس روش سطح پاسخ به صورت معادله (۱۱) بدست آمد. بر اساس این معادله تنها اثر درجه دوم غلظت پلاستی‌سایزر گلیسرول بر میزان انتقال بخار آب فیلم‌های خوراکی بر پایه ایزوله پروتئینی نخود معنی‌دار نشده‌است. غلظت پروتئین بصورت خطی و درجه دوم و پلاستی سایزر بصورت خطی بر میزان انتقال بخارآب اثر می گذارند، از طرفی اثر متقابل غلظت پلاستی سایزر و پروتئین نیز معنی دار بود (شکل ۶). کم‌ترین میزان انتقال بخار آب در فیلم‌های تهیه شده از ۳ گرم ایزوله پروتئینی با ۳۰٪ پلاستی سایزر گلیسرول و بیشترین مقدار آن در فیلم‌های تهیه شده از ۵/۴ گرم پروتئین با ۴۰٪ گلیسرول مشاهده شد (جدول۲ و شکل۶). سرعت انتقال بخار آب و نفوذپذیری فیلم نسبت به بخار آب، تحت تأثیر عوامل مختلفی از قبیل ماهیت آب‌گریزی و آب‌دوستی اجزای تشکیل دهنده فیلم، پیچیدگی ساختار فیلم، حضور فضاهای خالی و شکستگی‌های میکروسکوپی قرار می‌گیرد.



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23 ]

**جدول۳** ضرایب رگرسیون ( $R^2$ ) و تجزیه واریانس ۶ پاسخ متفاوت برای فیلم ایزوله پروتئینی نخود با نرم کننده گلیسرول

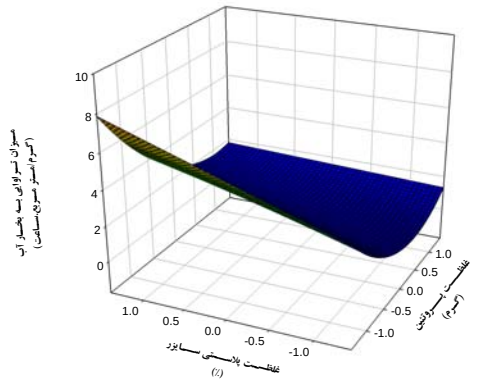
| ضرایب | ضخامت | کدورت | رنگ | میزان کشش | مقاومت کششی | قابلیت نفوذ به بخار آب |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $b_0$ | ۸۱/۲۵** | ۶/ ۵۹** | ۳/۳۷ ** | ۱۱/۸** | ۶/۵۱ ** | ۱/۴۴ ** |
| خطی | | | | | | |
| $b_1$ | ۱۱/ ۱۹** | ۰/۷۸** | ۱/۸۵** | −۰/۸۴* | ۱/ ۹۱** | −۱/۴۹** |
| $b_2$ | ۷/۰۹* | ۰/۳۶ ** | −۰/۵۶* | ۴/۶۲ ** | ۰/۳۱ ns | ۰/۸۳ ** |
| اثر متقابل | | | | | | |
| $b_{12}$ | ۰/ ۲۵ns | ۰/۱۸ * | −۰/۴۷ ns | −۰/۱۱ ns | −۰/۶۴ ns | −۰/۴۷* |
| اثر درجه دوم | | | | | | |
| $b_{11}$ | ۱۴/ ۸۷** | ۰/ ۰۷ns | ۰/ ۰۸ns | −۱/۹۸** | ۰/ ۰۸ns | ۱/۰۵ ** |
| $b_{22}$ | ۳/۸ ns | −۰/۰۹ns | ۰/۳۱ ns | ۰/۲۵ ns | −۰/۷۲* | ۰/۲۸ ns |
| ضریب همبستگی ($R^2$) | ۰/۹۲ | ۰/۹۸ | ۰/۹۳ | ۰/۹۷ | ۰/۹۳ | ۰/۹۸ |
| مقدار احتمال F رگرسیون | ۱۳/۸۷ | ۶۵/۸۲ | ۱۶/۵۶ | ۴۴/۸۹ | ۱۷/۵۵ | ۶۳/۷ |

ns معنی دار نیست

* معنی دار در سطح احتمالی ۵٪

** معنی دار در سطح احتمالی ۱٪

جذب آب توسط پلیمرهای سنتزی اغلب منجر به متورم شدن و تغییرات در پیکربندی آنها می شود، در نتیجه تحرک انتهای زنجیره ها افزایش می یابد و نفوذپذیری بیشتر می-شود[۳۰و۲۹و۲۸].




**شکل ۶** انتقال بخار آب فیلم های تهیه شده از ایزوله پروتئینی نخود با گلیسرول

## ۴- نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر دانه نخود بعنوان منبع خوب پروتئینی مورد توجه قرار گرفته است و بصورت کنسانتره و ایزوله های پروتئینی برای تولید فراورده های پروتئینی در صنعت بکار می-رود. نتایج این تحقیق نشان داد که می‌توان فیلم‌های خوراکی از پروتئین نخود تهیه کرد. اثر غلظت‌های مختلف گلیسرول و پروتئین بر برخی خواص فیزیکی و مکانیکی فیلم‌های پروتئینی نخود با روش سطح پاسخ ارزیابی شد. مدل‌های پیشنهادی به روش سطح پاسخ برای خواص فیزیکی و مکانیکی فیلم‌های تهیه شده، ضریب همبستگی بالایی ($R^2$>۰/۸۵) داشتند و این بیانگر مناسب بودن این روش برای بررسی و مطالعه اثر عوامل و شرایط مختلف تهیه فیلم بر ویژگی‌های آن می‌باشد. نتایج نشان داد که فیلم‌های تهیه شده از پروتئین نخود همانند بسیاری از فیلم‌های تهیه شده از پروتئینها میزان انتقال بخارآب بسیار بالایی دارند. این فیلم‌ها بطور کامل در آب محلولند ولی



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23 ]

از بسیاری جهات بویژه خواص مکانیکی با برخی از فیلم‌های خوراکی برپایه پلی‌ساکاریدها برابری می‌کنند. با افزودن ترکیبات مختلف و تغییر ویژگیهای فیلم خوراکی ایزوله پروتئینی نخود، این فیلم می‌تواند در آینده کاربردهای متعددی در صنایع غذایی و بسته‌بندی کشور داشته باشد.

## ۵- منابع


[1] Arabi, A., Azizi, M.H. and Bahrami, B. 2006. Producing of edible film from wheat gluten. 16th National Food Congress Industry, 12-13 April, Gorgan, Iran. (in Farsi).

[2] Guilbert, S., and Biquet, B. 1996. Edible films and coatings, In: Food Packaging Technology. (Bureau, G. and Multon, J.L., eds.). Wiley-VCH, 315-333.

[3] Payne , N .2001. Frontiers in packaging edible films as an environment- friendly alternative. http://www.gftc.ca./Newslett/index.cfm.

[4] Debeaufort, F., Quezada-Gallo, J.A., and Voilley, A. 1998. Edible films and coatings: Tomorrow's packaging: Review. Food Science. 38(4), 299-313.

[5] Krochta, J.M., and Mulder, J, C. 1997. Edible and biodegradable polymer films: Challenges and Opportunities. Food Technology.51, 59-65.

[6] Klahorst, S.J. 1999. Redible edible films. http://www.food product design.com

[7] Choi, W.S., and Han, J.H. 2001. Physical and mechanical properties of pea-protein – based edible films. Food Engineering and Physical Properties. 66, 319-322.

[8] Choi, W.S., and Han, J. 2000. Film–Forming mechanism and heat denaturation effects on the physical and chemical properties of pea- protein –isolate edible films. Journal of Food Science. 67, 1399-1406.

[9] Kroehta, J.M. 2002. Protein as raw materials for films and coating: definition, current status and opportunities, in: Protein-based films and coatings (Gennadios, A., ed.). CRC press, Boca Raton, FL., 1-41.

[10] Daraei, F., Badii, F., Mizani, M., and Gerami, A. 2009. The influence of methylcellulose edible coating on the storage life of neetarine. Journal of Food Technology and Nutrition. 6, 2-11 (in Farsi).

[11] Salmoral, E.M., Gonzalez, M.E., Mariscal, M.P., and Medina, L.E. 1999. Comparision of chick pea and soy protein isolate and whole flour as biodegradable plastics. Industrial Crops and Products. 11, 227-236.

[12] Cao, N.F.Y., and He .J. 2007. Preparation and physical properties of soy protein isolate and gelatin composite films .Food Hydrocolloids. 21, 1153-1162.

[13] Cho, S.Y., and Rhee, C. 2002. Sorption characteristics of soy protein films and their relation to mechanical properties.Lebensm.-Wiss.u-Technol. 35, 151-157.

[14] Cho, S.Y., Park, J.W., Batt, H.P. and Thomas, L. 2007. Edible films made from membrane processed soy protein concentration. LWT. 40, 418-423.

[15] Bertuzzi, M.A., Armada. M., and Gottifredi, J.C. 2007. Physicochemical characterization of starch based films. Journal of Food Engineering. 82, 17-25.

[16] Kim, K.M., Weller, C., Hanna, M.A. and Gennadios, A. 2001. Heat curing of soy proteins films at selected temperatures and pressures. Lebensm.-Wiss.u-Technol. 35, 140-145.

[17] Majnoon Hosseini, N. 1993. Food legumes in Iran. Jihad Daneshghahi Publication, Tehran University.

[18] Anon. 2006. Agricultural statistics of 2004-2005. Information and Technology Office. Ministry of Jihade-e-Agriculture. (in Farsi)

[19] AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. Gaithersburg, MD, USA, Association of Official Analytical Chemists International.

[20] Cho, S.Y, and 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.

[21] Albert, S. and 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.

[22] Bertolini, R., Suarez, L.A., Campanone, M.A., Garcia, M.A. and Zaritzky, N.E. 2008. Comparison of the deep frying process in coated and uncoated dough systems. Journal of Food Engineering. 84, 383-393.




[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23 ]

[23] Paschoalich, T.M., Garcia, F.T., Sobral, P.J.A., and Habitante, AM.Q.B. 2003. Characterization of some functional properties of edible films based on muscle proteins of Nile Tilapia. Food Hydrocolloids.17, 419-427.

[24] ASTM International.2007a. Standard test methods for tensile properties of thin plastic sheeting.D882-02 Annual Book of ASTM Standards 14.02.United States.

[25] ASTM International.2007b. Standard test methods for water vapor transmission standards .E96-00. Annual Book of ASTM Standards.14.02.United States.

[26] Hangwan, V.C., Kim, M.S., and 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.

[27] Maftoonazad, N., Ramaswamy, H.S. and Marcotte, M. 2007. Evaluation of factors affecting barrier, mechanical and optical properties of pectin based films using response surface methodology. Journal of Food Process Engineering. 30, 539-563.

[28] Park, H.J., Weller, C.L., Verrgano, P.J. and Testin, R.F. 1993. Permeability and mechanical properties of cellulose-based edible films. Journal of Food Science, 58(6), 1361-1364.

[29] Parris, N., Coffin, D.R., Joubran, R.F. and Pessen, H. 1995. Composition factors affecting the water vapor permeability and tensile properties of hydrophilic films. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 43, 1432-1435.

[30] Turhan, K.N. and Sahbas, F. 2003. Water Vapor permeability, tensile properties and solubility of methylcellulose-based edible films. Journal of Food Engineering. 61, 459-466.

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23 ]

# Evaluating the properties of edible pea protein-based films using response surface methodology

**Ameri Shahrabi, A.[1], Badii, F.[2] *, Maftoonazad, N.[3], Ehsani, M. R.[4]**

1-M.Sc. Graduate of Food Science & Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
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, Iran.
4- Prof. of Faculty of Agriculture, Tehran University
**(Received: 89/3/6 Accepted: 89/6/23)**

Protein rich legumes are suitable for the production of edible films and coatings. In this research, pea protein isolate was obtained from defatted pea flour by alkaline extraction and acid precipitation. Then edible films were prepared from pea protein isolate. The effects of protein and glycerol concentrations on water vapor transmission rate (WVTR), mechanical properties, thickness, opacity and total color difference (ΔE) of the films were evaluated, using response surface methodology (RSM). The results showed that WVTR, elongation, ΔE, thickness and opacity were increased, while tensile strength decreased by glycerol concentration. Increasing the concentration of protein increased tensile strength, opacity and ΔE, while decreased WVTR and elongation 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.

**Keywords:** Pea protein, Mechanical properties, Water vapor transmission rate, Edible film, Response surface methodology

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



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23 ]