# نقش گلیسرول بر برخی ویژگی های فیزیکی مکانیکی فیلم پروتئینی ایزوله سویا

زینب دهقان‌شعار[1]، فوژان بدیعی[2]*، هما بهمدی[3]

1- دانش آموخته دوره کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس
2- عضو هیأت علمی و استادیار پژوهش مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
3- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

## چکیده

به دلیل مخاطرات زیست محیطی ناشی از کاربرد پوشش‌های مصنوعی و تجزیه‌ناپذیر، پژوهشگران زیادی به سمت تولید پوشش‌های خوراکی طبیعی روی آورده‌اند که یکی از منابع تهیهٔ آنها پروتئین سویا است. در این تحقیق فیلم خوراکی از ایزوله پروتئینی سویا تولید شد و اثر افزودن گلیسرول به عنوان پلاستیسایزر در سه سطح 0/4، 0/6 و 0/8 گرم به ازای هر گرم ایزوله سویا بررسی شد. آزمون‌های ویژگی‌های مکانیکی (مقاومت کششی و میزان کش‌آمدگی) و ویژگی‌های فیزیکی (میزان تراوایی به بخار آب، میزان کدورت، درصد مواد محلول و درصد جذب آب) روی فیلم‌ها انجام گرفت. فیلم تهیه شده بدون افزودن گلیسرول بسیار شکننده بود. نتایج نشان داد که افزودن گلیسرول منجر به بهبود معنی‌دار ($p<0/05$) ویژگی‌های مکانیکی، کاهش مقاومت کششی و افزایش میزان کش‌آمدگی فیلم‌ها شد. درصد مواد محلول، درصد جذب آب و تراوایی به بخار آب فیلم‌ها با افزایش گلیسرول افزایش یافت. در حالیکه افزودن گلیسرول منجر به کاهش معنی‌داری در کدورت فیلم‌ها شد ($p<0/05$)، اما غلظت گلیسرول روند مشخصی را در کاهش کدورت فیلم‌ها ایجاد نکرد.

**کلید واژگان**: فیلم پروتئینی ایزوله سویا، گلیسرول، مقاومت کششی، میزان تراوایی به بخار آب

## 1- مقدمه

مشکلات زیست محیطی ناشی از تجزیه ناپذیری پلاستیک‌های مصنوعی، تمایل روز افزون به تولید پوشش‌های خوراکی قابل تجزیه یا تهیه شده از منابع تجدید پذیر را به دنبال داشته است [1 و 2]. پوشش‌های خوراکی قابل تجزیه، به وسیله میکروارگانیسم‌ها مصرف شده و به ترکیبات ساده تبدیل می‌شوند [3]. کاربرد فیلم‌های خوراکی درمحصولات غذایی به سالهای بسیار دور برمی‌گردد. چینی‌ها در قرن دوازدهم وسیزدهم میلادی مرکبات را با موم (واکس) پوشش می‌دادند تا از افت وزن و کاهش رطوبت آنها جلوگیری شود [4]. در قرن شانزدهم میلادی گوشت را با چربی پوشش می‌دادند تا ازچروکیدگی آن جلوگیری شود. در همان زمان برای نگهداری گوشت و سایر مواد غذایی، آنها را با فیلم‌های ژلاتین پوشش می‌دادند [5]. یوبا[1]

*مسئول مکاتبات: fjbadii@gmail.com

1. Yuba



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12 ]

نوعی فیلم ترکیبی چربی و پروتئین خوراکی است که از قرن پانزدهم در شرق آسیا به طور سنتی از شیر سویا تهیه می‌شده است [6 و 7]. در قرن نوزدهم فندق و بادام را با ساکارز پوشش می‌دادند تا از اکسید شدن و تندی آنها جلوگیری شود. از دهه 1930 تاکنون، سطح میوه‌ها را با موم‌ها و امولسیون 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 [4]. طی 40 سال گذشته تحقیقات متعددی در زمینه تهیه، کاربرد و ویژگی‌های فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی انجام شده است. این پوشش‌ها با ممانعت از ورود رطوبت، گازها، بو، چربی و همچنین حفظ کیفیت غذا بعد از باز شدن اولین لایهٔ بسته‌بندی آن، باعث بهبود ویژگی‌های کیفی مادهٔ غذایی، بهبود ویژگی‌های ظاهری و حفظ رنگ و طعم آنها و به تأخیر افتادن فساد میکروبی در سطح مواد غذایی می‌شوند[8]. پوشش‌های خوراکی میزان جذب آب نمک، محلول اسمزی و روغن سرخ کردنی را به‌درون ماده غذایی کاهش می‌دهند، ویژگی‌های مکانیکی را بهبود می‌بخشند و منجر به تسهیل در جابه‌جایی و نگهداری، استحکام ساختمان مواد غذایی، کاهش فساد و افزایش ماندگاری آن می‌شوند. این پوشش‌ها از به‌هم چسبیدن محصولاتی نظیر میوه‌های خشک، آب‌نبات و محصولات نانوایی جلوگیری می‌کنند. همچنین برای ریزپوشانی[1] ترکیبات فرار استفاده می‌شوند. پوشش‌های خوراکی لایه محافظی برای میوه‌ها و محصولات تازه فراهم می‌کنند. این پوشش‌ها همانند بسته‌بندی‌های با اتمسفر اصلاح شده عمل می‌کنند، ترکیب گازهای داخلی را تغییر می‌دهند و با کاهش شدت تنفس باعث افزایش ماندگاری میوه‌ها می‌شوند [2 و 9].

یکی از روش‌های تولید فیلم‌های تجزیه‌پذیر استفاده از بسپارهای طبیعی[2] بر پایه نشاسته، پروتئین و سلولز است [3]. 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 [8]. تا-کنون پروتئین‌های فراوانی از جمله ژلاتین، کازئین، پروتئین آب پنیر، زئین ذرت، گلوتن گندم و ایزوله پروتئین سویا برای این منظور بررسی شده‌اند [10] که به علت گران قیمت بودن پروتئین‌های حیوانی، انواع گیاهی آنها بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند [8]. پروتئین سویا در مقایسه با سایر پروتئین‌های گیاهی ارزش تغذیه‌ای بالایی دارد و نسبتاً ارزان است [1، 2 و 9]. به علت قابلیت بالای ایجاد پوشش، فراورده‌های پروتئینی حاصل از آرد سویای روغن‌کشی شده، از جمله ایزوله سویا و کنسانتره سویا را می‌توان برای فیلم‌های پوششی به کار برد [3]. این پروتئین پوششی با بافت یکنواخت، شفاف و انعطاف‌پذیر ایجاد می‌کند که نسبت به نفوذ اکسیژن و چربی بسیار مقاوم است [1 و 11]. ولی به‌دلیل خواص آب‌دوستی پروتئین سویا، فیلم تهیه شده از آن، مقاومت کمی در برابر رطوبت دارد [12]. 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 [13].

از سویا به صورت عمده در صنعت به منظور استخراج روغن استفاده می‌شود. کیک باقیمانده از روغن‌کشی سویا منبع غنی پروتئین است که هم‌اکنون به عنوان خوراک دام مصرف می‌شود [14]. مطابق آمار وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی 84-1383 سطح زیر کشت سویا در ایران حدود 82 هزار هکتار بوده و حدود 198 هزار تن سویا تولید شده است، که با در نظر گرفتن میانگین 20 درصد روغن در دانه، سالانه بالغ بر 120 هزار تن کیک باقیمانده از روغن‌کشی سویا در کشور تولید می‌شود [15 و 16]. از این رو استفاده از پروتئین سویا در تولید پوشش‌های خوراکی می‌تواند میزان بازدهی اقتصادی این محصول را افزایش دهد.

مطالعات متعددی در زمینه تهیه فیلم پروتئینی سویا و بررسی ویژگی‌های آن صورت گرفته است. به عنوان مثال، اثر دما بر قابلیت نفوذ اکسیژن در فیلم ترکیبی گلوتن و ایزوله پروتئینی سویا مطالعه شده است [17]. در تحقیقی دیگر اثر محلول قلیایی ضعیف بر بهبود ویژگی‌های فیلم سویا بررسی شده است [18]. فیلم تهیه شده از ایزوله پروتئینی سویا بسیار شکننده است، اما با افزودن پلاستیسایزرها قبل از مرحله خشک شدن، فیلم حاصل انعطاف‌پذیر شده و از شکنندگی آن جلوگیری می‌شود. از آنجاکه

1. Encapsulation
2. Biopolymers



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12 ]

ساختمان مولکولی پروتئین سویا قطبی و آب‌دوست است، ترکیبات هیدروکسیلی نظیر گلیسرول برای بهبود ویژگی‌های فیلم پروتئینی سویا بسیار مناسب هستند. اثر پلاستیسایزرهای گلیسرول و سوربیتول بر ویژگی‌های مکانیکی و جذب آب فیلم پروتئینی سویا بررسی شده است [10]. در تحقیق دیگری گزارش شده که پلاستیسایزر ترکیبی گلیسرول و سوربیتول به نسبت 50 به 50 اثر بسیار مطلوبی بر ویژگی‌های فیزیکی فیلم پروتئین سویا دارد [11]. گلیسرول بیش از سایر پلاستیسایزرها برای تهیه فیلم ایزوله پروتئین سویا استفاده می‌شود، زیرا مولکولی کوچک و آب‌دوست است که با ساختار پروتئین سویا بسیار سازگار است، لذا هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر گلیسرول به عنوان پلاستیسایزر بر ویژگی‌های مکانیکی، تراوایی به بخار آب، درصد مواد محلول و درصد جذب آب پوشش خوراکی تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا بوده است.

## 2- مواد و روش‌ها

### 2-1- مواد شیمیایی

آرد سویای تجارتی با 50 درصد پروتئین برای تهیه ایزوله پروتئین سویا استفاده شد و کلیهٔ مواد شیمیایی مصرفی از شرکت Merck و با درجهٔ خلوص Extra pure خریداری شدند.

### 2-2- تجهیزات

میکرومتر دستی Микрометр مدل 5504 ساخت روسیه، سوکسلهٔ اتوماتیک Soxtherm ساخت شرکت Gerhardt آلمان، pHمتر Metrohm ساخت سوئیس، سانتریفوژ Hermle مدل Z323 ساخت آلمان، همزن مدل RZR1 ساخت شرکت Heidolph آلمان، گرمکن همزن‌دار Ara Medical ساخت ایران، خشک‌کن انجمادی مدل OPR- FDB- 5503 ساخت کره، بافت‌سنج مدل H5KS شرکت Hounsfield ساخت انگلستان، فنجانک‌های شیشه‌ای با قطر 9 سانتی‌متر، ارتفاع 1 سانتی‌متر و لبه‌های برگشته به عرض 1 سانتی‌متر، رنگ‌سنج هانترلب مدل DP9000 ساخت آمریکا، اتاقک رشد ساخت شرکت Georuftvon آلمان، ترازوی دقیق مدل BP2150 ساخت شرکت Sartorius آلمان با دقت 0/1 میلی‌گرم، اون خلاء ساخت شرکت Ehret آلمان.

### 2-3- روش تهیه ایزوله پروتئین سویا

ایزوله پروتئین سویا[1] از آرد سویای بدون چربی با استفاده از استخراج قلیایی تهیه شد. چربی آرد سویا با کمک دستگاه سوکسلهٔ اتوماتیک استخراج شد. آرد حاصل به نسبت 7:1 با آب مقطر مخلوط شد و به کمک محلول سود 1 نرمال به پ‌هاش 10 رسانده شد. این سوسپانسیون به مدت 30 دقیقه روی همزن مخلوط شد و سپس با استفاده از سانتریفوژ با 3050 دور در دقیقه به مدت 20 دقیقه سانتریفوژ شد. محلول شفاف رویی جدا شده و با استفاده از اسید کلریدریک 0/1 نرمال به پ‌هاش 4/3 رسانده شد. این سوسپانسیون نیز به مدت 15 دقیقه روی همزن به طور کامل مخلوط شد و با استفاده از سانتریفوژ با 3050 دور در دقیقه به مدت 15 دقیقه سانتریفوژ شد. رسوب حاصل با استفاده از آب شست‌وشو شد تا پ‌هاش آن به حدود 7 برسد. ایزوله مرطوب سویا با استفاده از خشک‌کن انجمادی خشک شد و در ظروف دردار در فریزر 18- درجهٔ سلسیوس نگهداری شد [10].

### 2-4- تهیه فیلم از پروتئین سویا

4 گرم ایزوله پروتئین سویا در 100 میلی‌لیتر آب مقطر حل شد. گلیسرول به عنوان پلاستیسایزر در سه سطح 0/4، 0/6 و 0/8 گرم به ازای هر گرم ایزوله سویا افزوده شد. محلول حاصل با استفاده از همزن با دور بالا به مدت 2 دقیقه مخلوط شد. سپس پ‌هاش این محلول با کمک سود 0/1 نرمال به 10 رسانیده و در حالی‌که هم زده می‌شد تا دمای 80 درجهٔ سلسیوس روی گرمکن همزن‌دار گرم شد. 15 گرم از محلول شفاف حاصل داخل ظروف تفلون 11×11 سانتی‌متر ریخته و در دمای 25 درجه سلسیوس خشک گردید. بعد از این مدت فیلم‌ها در محیطی با رطوبت نسبی 55 درصد و دمای 25 درجه سلسیوس به مدت 5 روز نگهداری شدند [1].

روی فیلم‌ها آزمون‌های فیزیکی و مکانیکی به شرح زیر انجام شد:

1. Soy Protein Isolate (SPI)



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12 ]

## 2-5- تعیین ضخامت فیلم

ضخامت فیلم با استفاده از میکرومتر دستی با دقت 0/01 میلی-متر اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها در هشت نقطه از فیلم صورت گرفت و میانگین در محاسبات مربوط به آزمون‌های ویژگی‌های مکانیکی و تراوایی به بخار آب به کار برده شد.

## 2-6- آزمون ویژگی‌های مکانیکی

ویژگی‌های مکانیکی بر اساس روش استاندارد[1] ASTM شمارهٔ D 882 - 02 (2007a)تعیین شد [19]. برای این منظور نوارهایی به اندازه 4×1 سانتی‌متر از فیلم‌ها جدا شد. مقاومت کششی[2] و مقدار کشش[3] با استفاده از دستگاه بافت‌سنج تعیین گردید. فیلم‌ها با لود سل 500 نیوتن و با سرعت 10 میلی‌متر بر دقیقه کشیده شدند و مقاومت کششی و میزان کشش تا نقطه پارگی محاسبه شد.

## 2-7- آزمون ویژگی‌های فیزیکی

### 2-7-1- تراوایی به بخار آب

میزان تراوایی به بخار آب بر اساس روش استاندارد ASTM شمارهٔ E 96 -00 (2007b) تعیین شد [20]. برای این منظور فنجانک‌های ویژه‌ای طراحی شد. حدود 3 گرم از نمک کلرید کلسیم بدون آب در هر فنجانک ریخته شد. سطح رویی ظروف با فیلم‌های تهیه شده پوشانده شد. فیلم‌ها 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، از سطح فیلم باشد. فنجانک‌ها توزین شده و در دسیکاتور حاوی نمک نیترات منیزیم که در دمای 25 درجه سلسیوس رطوبت نسبی معادل با 55 درصد ایجاد می‌کند، قرار داده شدند. دسیکاتورها در انکوباتور با دمای ثابت 25 درجه سلسیوس قرار داده شدند. توزین ظروف هر دو ساعت یکبار تا زمان رسیدن به تعادل صورت گرفت. میزان تراوایی بخار آب بر اساس افزایش وزن فنجانک‌ها محاسبه شد و در نموداری بر اساس زمان رسم شد. مقدار شیب نمودارها به دست آمد و در نهایت با استفاده از رابطهٔ 1 میزان تراوایی به بخار آب[4] (WVTR) بر حسب گرم بر متر مربع. ساعت محاسبه شد:

$$WVTR= (G/t)/A \qquad (1)$$

که در آن G تغییر وزن برحسب گرم، t زمان بر حسب ساعت و A سطح مقطع در تماس با بخار آب بر حسب متر مربع است. اندازه‌گیری‌ها در سه تکرار انجام گرفت و میانگین به عنوان نتیجه گزارش شد.

### 2-7-2- اندازه‌گیری کدورت فیلم‌ها

اندازه‌گیری کدورت فیلم‌های پروتئینی سویا با استفاده از روش هانترلب انجام گرفت [21]. کدورت (Y) نمونه‌ها بر اساس نسبت کدورت هر کدام از نمونه‌ها روی کاشی استاندارد مشکی رنگ ($Y_b$) و کدورت هر کدام از نمونه‌ها نسبت به کاشی استاندارد سفید رنگ ($Y_w$) تعیین و با استفاده از رابطهٔ 2 محاسبه شد:

$$Y = Y_b/Y_w \qquad (2)$$

این محاسبات به صورت خودکار توسط نرم‌افزار یونیورسال (Universal Software 3.2) صورت گرفت. به عنوان نمونه کنترل از فیلم پلی اتیلن کم دانسیته تجارتی استفاده شد.

### 2-7-3- درصد مواد محلول

نمونه‌های فیلم به صورت نوارهایی به ابعاد 2×1 سانتی‌متر بریده و به مدت 3 روز در دسیکاتور حاوی کلرید کلسیم بدون آب خشک شده و سپس توزین شدند ($W_1$). 5 میلی‌لیتر آب مقطر به نمونه‌های فیلم خشک و توزین شده درون لوله‌های آزمایش افزوده شد و سر لوله‌ها به کمک فویل آلومینیومی پوشانده شدند. این لوله‌ها به مدت 24 ساعت در دمای اتاق نگهداری شده و گاهی اوقات نیز لوله‌ها به خوبی تکان داده شدند. فیلم‌های داخل لوله‌ها به مدت 24 ساعت در دمای 70 درجه سلسیوس تحت خلأ خشک شده و برای تعیین وزن نهایی ($W_2$) توزین گردیدند. درصد مواد محلول (SM) با استفاده از رابطهٔ 3 محاسبه شد:

$$SM= [(W_1- W_2)/ W_1]\times 100 \qquad (3)$$

اندازه‌گیری‌ها سه بار تکرار شد و میانگین به عنوان نتیجه گزارش شد [22].

### 2-7- 4- جذب آب

فیلم‌ها به شکل نوارهایی به اندازه 2 ×1 سانتی‌متر بریده و تا رسیدن به وزن ثابت به وسیله نمک پنتوکسید فسفر ($P_2O_5$) خشک شدند. وزن فیلم‌ها بعد از خشک شدن اندازه‌گیری شد ($W_1$). سپس داخل لوله‌های حاوی 5 میلی‌متر آب مقطر به مدت 2 ساعت قرار داده شدند. بعد از این مدت نمونه‌ها از آب مقطر خارج شده و سطح آنها با صافی خشک شده و دوباره توزین شدند ($W_2$). درصد جذب آب بر اساس اختلاف وزن حاصل

1. American Standard Test Method
2. Tensile Strength
3. Extension
4. Water Vapor Transmission Rate



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12 ]

محاسبه شد. اندازه‌گیری‌ها سه بار تکرار شد و میانگین آنها گزارش شد [8].

## 3- تجزیه و تحلیل آماری

یافته‌ها با استفاده از طرح فاکتوریل در قالب کاملاً تصادفی با سه تکرار در هر تیمار ارزیابی شدند. بررسی تأثیر تیمارها بر ویژگی‌های کیفی فیلم با آنالیز واریانس (ANOVA) در سطح اطمینان 95 درصد و مقایسهٔ میانگین داده‌ها با آزمون دانکن و استفاده از برنامه نرم افزار SPSS صورت گرفت. ویژگی‌های مورد آزمون شامل خواص مکانیکی (مقاومت کششی و میزان کش‌آمدگی)، کدورت، میزان تراوایی به بخار آب، درصد مواد محلول و درصد جذب آب فیلم بود.

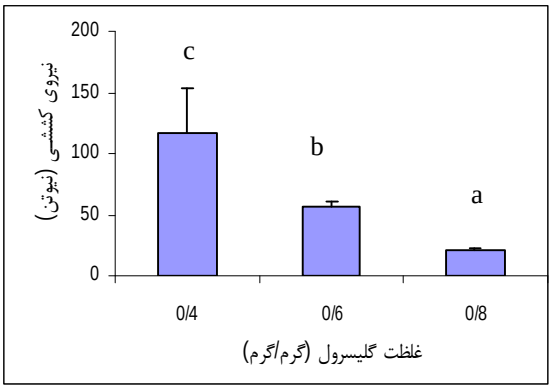
## 4- نتایج و بحث

### 4-1- تشکیل فیلم

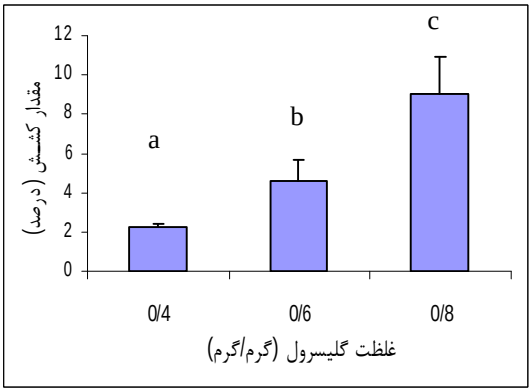
فیلم‌های حاوی پلاستیسایزر به راحتی از ظروف تفلون جدا شده، شفاف، انعطاف‌پذیر و تا حدودی محکم و به آسانی قابل جابه‌جایی بودند. در حالی که فیلم‌های بدون پلاستیسایزر که نقش شاهد را ایفا می‌کردند، بسیار شکننده بودند و امکان انجام هیچ آزمایشی روی آنها وجود نداشت و فقط برای آزمایش کدورت استفاده شدند. میانگین ضخامت فیلم‌ها 110±10 میکرومتر بود.

### 4-2- مقاومت کششی

غلظت گلیسرول در سطح 95 درصد اثر معنی‌داری بر مقاومت کششی و میزان کشش داشت. شکل 1 اثر غلظت‌های گلیسرول بر میزان مقاومت کششی و شکل 2 این اثر را بر میزان کشش فیلم‌های ایزوله سویا نشان می‌دهد. بر اساس شکل 1 با افزایش غلظت گلیسرول، مقاومت کششی فیلم کاهش می‌یابد و کمترین مقدار مقاومت کششی در فیلم‌های دارای 0/8 گرم گلیسرول در هر گرم پروتئین ایزوله سویا مشاهده می‌شود. شکل 2 روندی مخالف را نشان می‌دهد. گلیسرول به عنوان پلاستیسایزر منجر به انعطاف‌پذیری بیشتر فیلم‌ها، کاهش مقاومت کششی و در نتیجه بهبود خواص مکانیکی آنها می‌شود. فیلم بدون استفاده از پلاستیسایزر، در شرایط محیط حالت شیشه‌ای[1] و بسیار شکننده پیدا می‌کند [10 و 23]. در واقع پلاستیسایزرها از جمله گلیسرول، فیلم را از حالت شیشه‌ای به حالت انعطاف‌پذیر[2] نزدیک می‌کنند. به همین دلیل در تولید اکثر فیلم‌های خوراکی از گلیسرول به منظور افزایش انعطاف‌پذیری فیلم استفاده می‌شود [10، 22 و 24]. فیلم تهیه شده از ایزوله پروتئینی سویا ویژگی‌های مکانیکی نسبتاً خوبی دارد و از این نظر مشابه فیلم‌های تهیه شده از زئین، گلوتن و پروتئین آب‌پنیر است و نسبت به سایر منابع پروتئینی نظیر کلاژن و کازئین برتری دارد [2].




**شکل 1** اثر غلظت گلیسرول بر مقاومت کششی فیلم ایزوله پروتئین سویا




**شکل 2** اثر غلظت گلیسرول بر مقدار کشش فیلم ایزوله پروتئین سویا

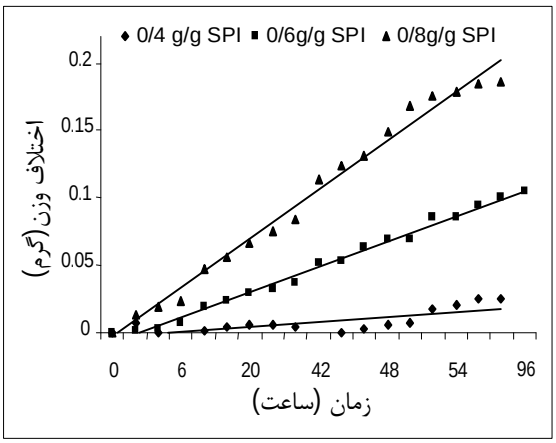
1. Glassy State
2. Rubbery State



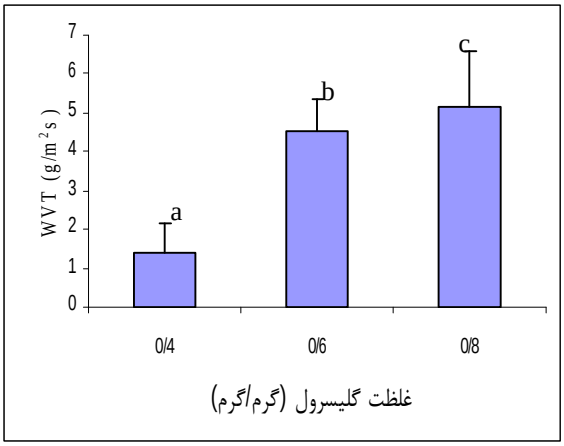
[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12 ]

## 4-3- تراوایی به بخار آب

در شکل 3 تغییرات وزنی ایجاد شده در فیلم‌ها با غلظت‌های متفاوت گلیسرول در اثر جذب بخار آب و در شکل 4 اثر غلظت‌های متفاوت گلیسرول بر میزان تراوایی به بخار آب نمایش داده شده‌اند. همانطور که از شکل 3 مشخص است، افزایش وزن در نمونه‌های دارای بیشترین مقدار گلیسرول بیش از سایر نمونه‌ها بود. مطابق با شکل 4، اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان 95 درصد بین فیلم‌های دارای مقادیر متفاوت از گلیسرول مشاهده گردید و افزایش میزان گلیسرول منجر به افزایش تراوایی به بخار آب شد. به طور کلی پلاستیسایزرها بر خاصیت آب‌دوستی فیلم اثر می‌گذارند که به علت تمایل زیاد این ترکیبات از جمله گلیسرول به جذب رطوبت است. با افزودن گلیسرول، گروه‌های هیدروکسیل آب‌دوست در سطح فعال فیلم افزایش می‌یابند که در نتیجهٔ آن نقاط فعال برای جذب رطوبت نیز افزایش می‌یابد [10 و 25]. می‌توان نتیجه گرفت که آب‌دوستی گلیسرول و غلظت آن مهمترین تأثیر را بر تمایل فیلم به جذب رطوبت دارد [10]. در مقایسه با سایر فیلم‌های پروتئینی، تراوایی به بخار آب فیلم‌های سویا همانند فیلم‌های تهیه شده از کازئین، ژلاتین، کلاژن و پروتئین آب‌پنیر زیاد است. در حالیکه فیلم‌های تهیه شده از زئین و گلوتن مقاومت نسبتاً خوبی در برابر نفوذ رطوبت دارند [2 و 11].



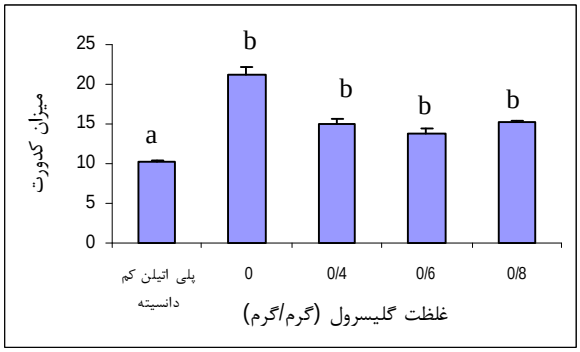

**شکل 3** تغییرات وزن ایجاد شده در فیلم‌های ایزوله پروتئینی سویا بر اثر جذب بخار آب در طی 96 ساعت نگهداری




**شکل 4** اثر غلظت گلیسرول بر تراوایی به بخار آب در فیلم ایزوله پروتئین سویا

## 4-4- کدورت فیلم

کدورت فیلم‌ها بر اساس روش هانترلب مطابق رابطه 2 به دست آمد. شکل 5 اثر گلیسرول را بر کدورت فیلم‌ها نشان می‌دهد. حضور گلیسرول کدورت فیلم‌ها را به صورت معنی‌داری کاهش داده است ($p<0/05$). شفاف شدن فیلم‌ها در حضور گلیسرول احتمالاً به علت خاصیت رقیق‌کنندگی گلیسرول می‌باشد زیرا خود ماده‌ای شفاف است [21]. در مقایسه با نمونه فاقد گلیسرول، فیلم‌های دارای گلیسرول شفاف‌تر بودند اما نسبت به پلی اتیلن کم دانسیته شفافیت کمتری داشتند. این در حالی است که اثر غلظت گلیسرول معنی‌دار ارزیابی نشد و روند مشخصی بین غلظت گلیسرول و میزان کدورت مشاهده نشد. مشابه با این یافته‌ها، ایریسین مانگاتا و همکاران ذکر کردند که نوع پلاستیسایزر نسبت به غلظت آن تأثیر بیشتری بر کدورت دارد [26].



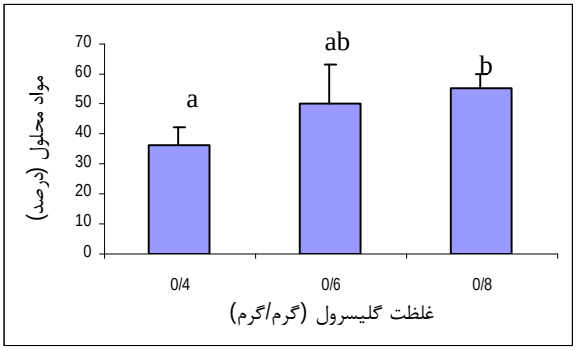

**شکل 5** اثر غلظت گلیسرول بر میزان کدورت فیلم ایزوله پروتئین سویا



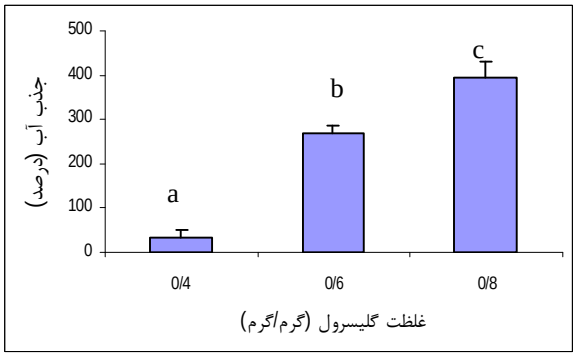
[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12 ]

## 4-5- درصد مواد محلول

اثر غلظت گلیسرول بر درصد مواد محلول فیلم‌ها در سطح 95 درصد معنی‌دار بود. بر اساس شکل 6، کمترین مقدار مواد محلول در فیلم‌های حاوی غلظت کمتر گلیسرول مشاهده شد. به علت کوچک بودن اندازه مولکولی پلاستیسایزرها و وارد شدن این مولکول‌ها به داخل ساختار پروتئین، تحرک مولکولی داخل بافت فیلم افزایش یافته و در نتیجه درصد مواد محلول افزایش می‌یابد [27]. از طرف دیگر به علت ورود مولکول‌های پلاستیسایزر در ساختار مولکولی فیلم پروتئینی، پیوستگی و جاذبه بین مولکولی بسپار پروتئینی کاهش و درصد مواد محلول در آب افزایش می‌یابد [28]. به طوری‌که بیشترین مقدار مواد محلول در نمونه‌های دارای بیشترین مقدار گلیسرول مشاهده می‌شود. تعیین درصد مواد محلول فیلم‌ها در پوشش‌های خوراکی از اهمیت خاصی برخوردار است. فیلم‌هایی که برای مصرف خوراکی همراه با غذا کاربرد دارند، باید حلالیت بالایی داشته باشند [29].




**شکل 6** اثر غلظت گلیسرول بر درصد مواد محلول فیلم ایزوله پروتئین سویا




**شکل 7** اثر غلظت گلیسرول بر درصد جذب آب فیلم ایزوله پروتئین سویا

## 4-6- درصد جذب آب

اثر گلیسرول بر درصد جذب آب در فیلم‌های پروتئینی سویا در شکل 7 نمایش داده شده است. درصد جذب آب به صورت معنی‌داری ($p<0/05$) با افزایش غلظت گلیسرول، افزایش یافت. مطابق با شکل 7، درحالی که فیلم‌های دارای 0/4 گرم گلیسرول به ازای هر گرم ایزوله پروتئین توانستند 0/4 وزن خود آب جذب کنند، فیلم‌های دارای 0/8 گرم گلیسرول به ازای هر گرم ایزوله، تا 4 برابر وزن خود، آب جذب کردند. نتایج مشابهی توسط پژوهشگران دیگر گزارش شده است [30 و 31]. نشان داده شده است که بسپارهای پروتئینی مختلف از جمله پروتئین سویا [30]، گلوتن گندم، پروتئین برنج و سفیده تخم مرغ [32] جاذب آب هستند اما در حضور پلاستیسایزرها از جمله گلیسرول، جذب آب در آنها افزایش چشمگیری پیدا می‌کند. این افزایش جذب آب به دلیل ماهیت آب‌دوستی و جذب رطوبت گلیسرول است [33]. با توجه به خواص آب‌دوستی پروتئین سویا و بالا بودن خاصیت جذب آب آن، از پروتئین سویا برای تولید بسته‌های محلول در آب و همچنین کاهش مهاجرت رطوبت در خشکبار به‌ویژه کشمش استفاده می‌شود [2].

# 5- نتیجه‌گیری

کنجاله سویا حاصل از کارخانه‌های روغن‌کشی از جمله منابع در دسترس، ارزان قیمت و غنی پروتئین است. در این پژوهش نشان داده شد که می‌توان از پروتئین سویا فیلم‌های خوراکی تهیه کرد. همچنین، نوع و غلظت مناسب پلاستیسایزر در فیلم حاصل از ایزوله پروتئین سویا، می‌تواند کارآیی و خواص فیزیکوشیمیایی آن را به نحو مطلوب و مورد نظر بهبود بخشد. ایزوله پروتئینی سویا در مقایسه با سایر پروتئین‌های گیاهی ارزش غذایی بالایی دارد و از منابع پروتئینی ارزان است. ویژگی‌های فیلم تهیه شده از این پروتئین در بسیاری از موارد مشابه با منابع پروتئین نظیر ژلاتین، کلاژن، کازئین، آب‌پنیر، گلوتن و زئین است. از فیلم پروتئینی سویا برای تولید بسته‌های محلول در آب و همچنین کاهش مهاجرت رطوبت در خشکبار به‌ویژه کشمش استفاده می‌شود [2]. این فیلم پروتئینی، می‌تواند در آینده نزدیک کاربردهای متعددی در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی داشته باشد.

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12 ]

## 6- منابع

[1] Cho, Y. S., Park, J. W., Batt, H. T., And Thomas, R. L. 2007. Edible films made from processed soy protein concentrates. LWT-Food Science and Technology. 40, 418- 423.

[2] Fishman, M. L. 1997. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. Food Technology. 51, 60-74.

[3] 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.

[4] Debeaufort, F., Quezada-Gallo, J.A., And Voilley, A. 1998. Edible films and coatings: Tomorrow's packagings: a review. Critical Reviews in Food Science, 38(4): 299-313.

[5] Kester, J.J., And Fennema, O.R. 1986. Edible films and coatings: a review. Food Technology, 48, 47-59.

[6] Contreras-Medellin, R., And Labuza, T.P. 1981. Prediction of moisture protection requirements for foods. Cereal Food World. 26(7), 335.

[7] Kim, K.M., Weller, C.I., Hanna, M.A., And Gennadios, A. 2002. Heat curing of soy protein films at atmospheric and sub-atmospheric conditions. Journal of Food Scioence. 67(2), 708-713.

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

[9] Bureau, G., And Multon, J.L.1996. Food Packaging Technology. Wiley-VCH**,** 315-335

[10] Cho, Y. S., And Rhee, C. 2002. Sorption characteristics of soy protein films and their relation to mechanical properties. LWT- Food Science and Trchnology. 35, 151-157.

[11] 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.

[12] Kim, K.M., Weller, C.L., Hanna, M.A., And Gennadios, A. 2002. Heat curing of soy protein films at selected temperatures and pressure. Lebensm-Wiss.u.-Technol., 35, 140-145.

[13] Albert, S., And Gauri, M. 2002. Comparative evaluation of edible coatings to reduce fat uptake in a deep-fried cereal product. Food Research International. 35, 445-458.

[14] Fredrick, J.F. 2000. Wiley's Encyclopedia of Food Science and Technology. Wiley Interscience, 579-584.

[15] Anon. 2004. Agricultural statistics of 2002-2003. Information and Technology Office. Ministry of Jihade-e-Agriculture. (in Farsi).

[16] Weiss, E.A. 1991. Oilseed crops, Naseri, F. Mashhad. Moavenat Farhangi Astan Ghods Rzavi. 442-440. (in Farsi).

[17] Gennadios, A. Weller, C.L., And Testin, R.F. 1993. Temperature effect on oxygen permeability of edible protein-based films. Journal of Food Sciences. 58(1): 212-214.

[18] Brandenburg, A.H., Weller, C.L., And Testin, R.F. 1993. Edible films and coatings from soy protein. Journal of Food Sciences. 58(5): 1086-1089.

[19] ASTM International. 2007a. Standard Test Methods for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting, D 882 - 02. Annual Book of ASTM Standards, 14.02, United States.

[20] ASTM International. 2007b. Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials, E 96 – 00. Annual Book of ASTM Standards, 14.02, United States.

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

[22] Javanmard, M. and Han, J. H. 2006. Study of effect of plasticizer and relative humidity on the physical and mechanical properties of pea starch films. 16th national food congress industry, 12-13 April, Gorgan, Iran. (in Farsi)

[23] Lim, L. T., Mine, Y. and Tungo, M. A. 1999. Barrier and tensile properties of transglutaminase cross-linked gelatin films as affected by relative humidity, temperature, and glycerol content. Journal of Food Science. 64, 616-622.

[24] Aarabi, 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).

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12 ]

[25] Park, H. J., Weller, P. J, Vergano, P. J., And Testin, R. F. 1993. Permeability and mechanical properties of cellulose-based edible films. Journal of Food Science. 58, 1361-1370.

[26] Irissin-Mangata, J., Bauduin, G., Boutevin, B., And Gontard, N. 2001. New plasticizers for wheat gluten films. European Polymer Journal. 37, 1533-1541.

[27] Beckett, S.T. 1995. Physico-Chemical Aspects of Food Processing. London, Blackie Academic & Professional, 17-48.

[28] Turhan, N. K., And Sahbaz, F. 2004. Water vapor permeatibility, tensile properties and solubility of methylcellulose-based edible films. Journal of Food Engineering. 61, 459-466.

[29] Adebiyi, A. P., Adebiyi, A. O., Jin, D. H., Ogawa, T., And Muramoto, K. 2007. Rice bran protein-based edible films. International Food Science and Technology, 1-8.

[30] Zhang, J., Mungara, P., And Jane, J. 2001. Mechanical and thermal properties of extruded soy protein sheets. Polymer. 42, 2569-2578.

[31] Teixeira, E. M., Da Roz, A. L., Carvalho, A. J. F., And Curvello, A. A. S. 2007. The effect of glycerol/sugar/water and sugar/water mixtures on the plasticization of thermoplastic cassava starch. Carbohydrate Polymers. 69, 619-624.

[32] Jerez, A., Partal, P., Martinez, I., Gallegos, C., And Guerrero, A. 2007. Protein-based bioplastics: effect of thermo-mechanical processing. Rheologica Acta, 46, 711-720.

[33] Thomazine, M., Carvalho, R. A., And Sobral, P. J. A. 2005. Physical properties of gelatin films plasticized by glycerol and sorbitol. Journal of Food Science. 70, 172-177.

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12 ]

# Effect of glycerol addition on the mechanical and physical properties of soy protein isolate film

**Dehghan Shoar, Z. [1], Badii, F. [2 *], Behmadi, H. [3]**

1- M. Sc. Graduate of Food Science and Technology, Tarbiat Modares University.
2- Assistant Prof. of Food Science and Technology, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research and Education Organization.
3- Academic Staff, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research and Education Organization.

Due to the environmental hazards of using plastic films, studies on the development of plant based films such as soy protein films, are receiving more attention. In this research, edible films were prepared from soy protein isolate and the effect of glycerol as a plasticizer at three concentration levels of 0.4, 0.6 and 0.8 g/g of soy protein isolate on the properties of these films was investigated. Some Mechanical properties, i.e. tensile strength and extension, and physical properties, i.e. water vapor transmission rate, opacity, water adsorption and solubility were examined. Films prepared without glycerol were very brittle and could not be examined. Results showed that increasing the concentration of glycerol led to a significant ($p<0.05$) increase in extension rate and decrease in tensile strength of soy protein isolate films. Solubility percentage, water adsorption and water vapor transmission rate of the films were found to increase when the glycerol level increased. Although glycerol addition reduced the opacity of the films, its concentration did not have a significant correlation with this parameter ($p<0.05$).

**Keywords**: Soy protein isolate, Edible films, Glycerol, Tensile strength, Water vapor transmission rate

* Corresponding author E-mail address: fjbadii@gmail.com

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12 ]