Journal of Marine Medicine
Autumn 2020, Volume 2, Issue 3
Pages: 171-180
10.30491/2.3.171

Using Cherry Tree Sap to Produce a Natural Coating Film on the Body Surface to Prevent Sweating

Abdolreza Ayoubi Najafabadi [1], Hojat Borna [1 *]

[1] *Institute of Biochemistry and Biophysics, Tehran University, Tehran, Iran*

Received: 5 June 2020 **Accepted:** 31 October 2020

Abstract

Background and Aim: Edible films in thin and uniform layers are the basic ways to control physiological, microbial and physicochemical changes. In the present study, the physical properties of cherry sap were investigated as new substances to produce a natural coating film on the body surface to prevent sweating.

Methods: First, a homogeneous powder was prepared with pieces of cherry tree sap, and a clear solution was obtained from it. This material was used to produce the edible films. The effect of variables such as sap concentration, glycerol as a casting agent and hydrogen peroxide as a bleaching agent on the physical properties of the produced film was evaluated based on the response surface method. The physical properties of the film produced from the cherry tree sap such as thickness, moisture, water solubility and water vapor permeability were measured.

Results: The thickness of the edible films prepared from cherry tree sap in the present study varied between 60-96 microns. The solubility decreased with increasing the concentration of cherry sap. Glycerol and dry matter content was directly related to the amount of water vapor permeability. The results showed that the amount of permeability to sweating and thickness increased with increasing dry matter and glycerol while hydrogen peroxide reduced them. Optimal conditions for cherry sap film with dry matter 3%, glycerol 11.85% and hydrogen peroxide 0.05% was predicted.

Conclusion: The results of this study showed that cherry tree sap as a biopolymer has suitable physical properties that can be significantly improved by using various methods such as suitable additives such as hydrogen peroxide; therefore, it can be recommended as a suitable way to reduce sweating and thus reduce water loss when water is not available.

Keywords: Edible Film, Cherry Sap, Heatstroke, Hydrogen Peroxide.

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.30491/2.3.171]

[*]**Corresponding author:** Hojat Borna, **Email**: hojat.borna@ut.ac.ir
Address: Institute of Biochemistry and Biophysics, Tehran University, Tehran, Iran.

مجله طب دریا
دوره ۲، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹
صفحات: ۱۸۰-۱۷۱
10.30491/2.3.171

استفاده از صمغ درخت گیلاس برای تولید پوششی (فیلم) طبیعی بر سطح بدن برای جلوگیری از تعریق

عبدالرضا ایوبی نجف آبادی [۱]، حجت برنا [۱] *

[۱] مرکز تحقیقات بیوشیمی و بیوفیزیک، دانشگاه تهران، تهران، ایران

دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۱۶ **پذیرش مقاله:** ۱۳۹۹/۰۸/۱۰

چکیده

زمینه و هدف: فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی (Edible films) به‌صورت لایه‌های نازک و به‌عنوان یکی از راه‌های اساسی کنترل تغییرات فیزیولوژیکی، میکروبی و فیزیکوشیمیایی مطرح هستند. در مطالعه حاضر خواص فیزیکی صمغ درخت گیلاس به‌عنوان یک ماده‌ای جدید برای تولید پوششی طبیعی بر سطح بدن برای جلوگیری از تعریق مورد بررسی قرار گرفت.

روش‌ها: ابتدا با تکه‌های صمغ درخت گیلاس، پودری یکسان و همگن تهیه شد و از آن محلول شفاف به دست آمد. این ماده برای تولید فیلم‌های موردنظر استفاده شد. تأثیر متغیرهایی مانند غلظت صمغ، گلیسرول به‌عنوان ریخت‌پذیرکننده و هیدروژن پراکسید به‌عنوان عامل سفیدکننده، بر ویژگی‌های فیزیکی فیلم تولیدشده بر اساس روش سطح پاسخ ارزیابی شد. ویژگی‌های فیزیکی فیلم تولیدشده از صمغ درخت گیلاس همچون ضخامت، رطوبت، حلالیت در آب و نفوذپذیری به بخارآب اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: ضخامت فیلم‌های تهیه‌شده از صمغ درخت گیلاس در مطالعه حاضر بین ۶۰-۹۶ میکرون متغیر بود. با افزایش غلظت صمغ گیلاس مقدار حلالیت کاهش یافت. محتوای گلیسرول و ماده خشک رابطه مستقیم با مقدار نفوذپذیری به بخارآب داشت. نتایج نشان داد مقدار نفوذپذیری به تعریق و ضخامت با افزایش ماده خشک و گلیسرول افزایش می‌یابد درصورتی‌که هیدروژن پراکسید موجب کاهش آن‌ها گردید. شرایط بهینه برای فیلم صمغ درخت گیلاس با ماده خشک ۳ درصد و گلیسرول ۱۱/۸۵ درصد و پراکسید هیدروژن ۰/۰۵ درصد پیش‌بینی شد.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که صمغ درخت گیلاس به‌عنوان یک بیوپلیمر دارای خواص فیزیکی مناسب است که با استفاده از روش‌های مختلف ازجمله افزودنی‌های مناسب مانند آب‌اکسیژنه، می‌توان این خواص را به‌طور چشمگیر بهبود داد؛ بنابراین می‌توان آن را به‌عنوان روشی مناسب برای کاهش تعریق و درنتیجه کاهش از دست دادن آب در مواقعی که آب در دسترس نیست توصیه کرد.

کلیدواژه‌ها: فیلم خوراکی، صمغ گیلاس، گرمازدگی، هیدروژن پراکسید.

*نویسنده مسئول: **حجت برنا**. پست الکترونیک: hojat.borna@ut.ac.ir
آدرس: مرکز تحقیقات بیوشیمی و بیوفیزیک، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.30491/2.3.171]

مقدمه

آب کافی برای سربازان در مناطق دورافتاده و به‌دوراز هرگونه آب آشامیدنی مانند کویر و حتی مناطق دریایی اهمیت زیادی دارد. در شرایطی که تشنگی خیلی شدید باشد می‌تواند باعث کند شدن فعالیت مغزی گردد، بنابراین اولین قدم در شرایط بحرانی برنامه‌ریزی برای مدیریت و تهیه آب است (۱).

در آب‌وهوای گرم و مرطوب با بالا رفتن درجه حرارت، بدن واکنش نشان داده و شروع به تعریق می‌کند، ولی چون هوا از رطوبت اشباع است بدن خنک نمی‌شود و به‌صورت مستمر رطوبت خود را از دست می‌دهد و این درحالی است که دمای بدن کاهش نمی‌یابد. حال اگر آب در دسترس نباشد و بدن هم به‌طور مداوم آب خود را از دست بدهد، درحالی‌که خنک نشود، می‌تواند موجب وخیم‌تر شدن اوضاع گردد. در چنین وضعیتی بدن نه‌تنها آب بلکه الکترولیت‌های خود را نیز ازدست می‌دهد و این عامل موجب می‌شود تا زمینه گرمازدگی مهیا شود. پس اگر در محیط دریایی آب در دسترس نباشد کاهش آب بدن و در نتیجه آن گرمازدگی پیش خواهد آمد (۲،۳).

روش‌های زیادی برای مقابله با کم‌آبی توصیه شده است. یکی از این روش‌ها که کمتر موردتوجه بوده است، کاهش نیاز به آب یا در واقع حفظ آب در بدن و کاهش میزان از دست دادن آب است یعنی اگر آب را در بدن حفظ کنیم دیگر نیازی به مصرف آب به‌طور موقت نخواهد بود. برای دستیابی به این مهم بایستی مانع از دست رفتن آب از طریق تعریق پوست شد. مواد پلیمری در دسترس هستند که اگر بر سطح بدن قرار بگیرند با ایجاد تغییراتی در آن مانع تبخیر آب از سطح بدن می‌شود. در واقع این ایجاد پوشش بر سطح بدن مانع تبخیر آب خواهد شد که به این روش پوشش یا فیلم طبیعی گویند (۴،۵).

فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی (Edible films) به‌صورت لایه‌های نازک هستند و به‌عنوان یکی از راه‌های اساسی کنترل تغییرات فیزیولوژیکی، میکروبی و فیزیکوشیمیایی مطرح می‌باشند. ساختار اصلی آنها بر پایه پلیمرهای طبیعی با خواص ویژه است. عملکرد آنها ایجاد یک سد در مقابل انتقال مواد (آب، گاز، چربی)، حفظ و جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها در سطح بدن است. از مزایای بالقوه دیگر فیلم‌های طبیعی بهبود کیفیت محصول، افزایش عمر ماندگاری، قابلیت زیست‌تخریب‌پذیری و سهولت دسترسی است (۶). از سوی دیگر کاهش مهاجرت ترکیبات مضر و منابع تجدیدشونده باعث توجه بیش‌ازپیش محققان به مقوله پوشش‌های طبیعی در دهه‌های اخیر شده است (۷).

صمغ گیلاس (Sweet cherry) نوعی صمغ شفاف است که از تنه درخت گیلاس *prunnus avium* ترشح می‌شود (۸). پلی‌ساکاریدهای این صمغ نوعی آرابینوگالاکتان است که شامل ارابینوز، زایوز، گالاکتوز، گلوکورونیک اسید و به مقدار کمی رامنوز و مانوز است. پلی‌ساکاریدهای این صمغ به دلیل وزن مولکولی بالا و ساختار انشعابی دارای حلالیت کمی در آب هستند. این صمغ به‌وسیله آلودگی‌هایی نظیر حمله حشرات، آسیب‌های ماشینی و شیمیایی، استرس‌های آبی و دیگر عوامل محرک تنش‌زای محیطی در برخی گونه‌های گیاهان القا می‌شود. همه این فاکتورها وابسته به اتیلن تولید شده در بافت‌های گیاهی است. اتیلن یک فاکتور اصلی مسئول برای القای تولید صمغ به شمار می‌آید (۹،۱۰).

در مطالعه حاضر از صمغ درخت گیلاس به‌عنوان یک ماده‌ای جدید برای تولید پوششی طبیعی بر سطح بدن برای جلوگیری از تعریق استفاده شد و خواص فیزیکی آن بررسی گردید.

روش‌ها

آماده‌سازی محلول صمغ

برای تولید فیلم بر سطح بدن و همچنین در انجام تست‌ها برای تعیین خصوصیت‌های صمغ موردنظر محدودیت‌های اخلاقی وجود داشت. لذا ابتدا فیلم در ظروف تفلونی تهیه شد و در شرایط آزمایشگاهی محیطی مشابه پوست ایجاد گردید و بعد از جدا کردن فیلم‌ها تست‌های موردنظر بر روی آن انجام شد.

تکه‌های صمغ درخت گیلاس دارای درصدهای متفاوتی از مواد زائد هستند، پس برای به دست آوردن پودری یکسان و همگن لازم بود آن‌ها را به‌صورت کامل خشک کرده تا قابلیت پودر شدن پیدا کرده و سپس با آسیاب به‌صورت پودری همگن درآورد (شکل-۱). خشک‌کردن اولیه به‌وسیله آون در ۴۰-۵۰ درجه سلسیوس و به مدت ۲۴ ساعت در فشار اتمسفری انجام شد. در ادامه به‌منظور تکمیل فرایند خشک‌کردن، نمونه‌ها از آون خارج‌شده و به مدت چند روز در سایه و در شرایط هوای آزاد (۲۵ درجه سلسیوس) خشک گردید. تکه‌های صمغ خشک‌شده، آسیاب گردیده و با الک مش ۵۰ صاف شدند تا یک پودر زرد متمایل به سفید برای مصارف بعدی حاصل شود. نمونه‌ها پیش از پودر کردن تا حد امکان سرد شد تا شکنندگی آن‌ها افزایش یابد.

با حل کردن ۵ گرم آرد صمغ در ۱۰۰میلی‌لیتر آب مقطر تحت شرایط همزنی ثابت به‌وسیله همزن مغناطیسی با سرعت ثابت ۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۶ ساعت در دمای ۴۵ درجه سلسیوس، مخلوط اولیه ۵ درصد (وزنی /حجمی) فیلم گیلاس حاصل گردید. به دلیل تشکیل یک مخلوط با ویسکوزیته بالا و عدم ادامه انحلال، از یک مخلوط‌کن با توان ۸۲۰ وات به مدت ۲ دقیقه استفاده شد و سپس مخلوط حاصل به‌وسیله همزن اولتراتوراکس با دور ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه هموژن گردید. به‌وسیله سانتریفوژ با سرعت ۶۰۰۰×g به مدت ۵ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس بخش نامحلول صمغ و مواد زائد از بخش شفاف رویی (به‌عنوان محلول نهایی) جدا شد و مقدار ماده خشک محلول نهایی محاسبه گردید.

از محلول شفاف به‌دست‌آمده برای تولید فیلم‌های موردنظر استفاده شد.

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.30491/2.3.171]

شکل-۱. صمغ درخت گیلاس

تولید فیلم بر پایه بخش محلول صمغ گیلاس

برای امکان‌سنجی تولید فیلم با استفاده از صمغ درخت گیلاس و همچنین بررسی اثر گلیسرول بر روی فیلم تشکیل‌شده و استفاده از آب‌اکسیژنه به‌عنوان یک ماده سفیدکننده و اثر آن بر سایر خواص فیلم تشکیل‌شده و درنهایت تعامل بین متغیرها از طرح آماری روش سطح پاسخ طرح باکس بنکن (Box-Behnken) با سه متغیر در سه سطح (۱ و ۰ و ۱-) شامل درصد صمغ ۳-۵ (درصد وزنی/حجمی) و درصد گلیسرول ۵-۲۵ (درصد وزنی/وزنی) و درصد آب‌اکسیژنه ۰-۰/۱ (درصد وزنی/وزنی) استفاده شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و رسم نمودارهای سطح پاسخ از نرم‌افزار Design Expert (8,0,7,1trial) استفاده شد.

معادله چندجمله‌ای درجه دوم استفاده‌شده در تجزیه‌وتحلیل به‌صورت زیر است: که در این فرمول Y متغیر وابسته یا پاسخ مدل، b_{ij} ضرایب رگرسیون برای عامل‌های ضریب ثابت، ضریب اثر خطی، ضریب اثر درجه دوم و ضریب اثر متقابل است.

$$Y= b_0+b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3+b_{12}X_1X_2+b_{13}X_1X_3+b_{23}X_2X_3+b_{11}X_{21}+b_{22}X_2^2+b_{33}X_3^2+b_{123}X_1X_2X_3$$

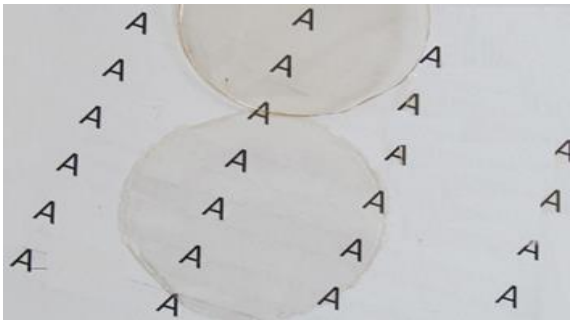
جدول-۱. محدوده و سطوح مورداستفاده برای متغیرهای مستقل

متغیرها	متغیرهای کد شده	سطح پایین	سطح میانه	سطح بالا
صمغ گیلاس ٪ (w/v)	X1	۳	۴	۵
گلیسرول ٪ (w/w)	X2	۵	۱۵	۲۵
هیدروژن پراکسید ٪ (w/w)	X3	۰	۰/۰۵	۰/۱

به‌منظور آماده‌سازی فیلم از صمغ درخت گیلاس، با توجه به غلظت محلول نهایی، ابتدا محلول اولیه به‌وسیله همزن با سرعت ثابت ۵۰۰ دور در دقیقه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه یکنواخت گردید و سپس برای رسیدن به غلظت‌های بالاتر و پایین‌تر به ترتیب از تغلیظ در دمای ۵۵ درجه سلسیوس تحت شرایط ثابت همزنی و رقیق‌سازی با آب مقطر استفاده شد.

برای تهیه فیلم از نسبت‌های ذکرشده در جدول-۱ استفاده شد. تهیه غلظت‌های بالاتر از (w/v) ۳درصد دشوار و فیلم‌های تولیدی از غلظت‌های پایین‌تر از (w/v) ۱درصد ضعیف بود به همین دلیل از تهیه و بررسی آن‌ها صرف‌نظر شد. سپس ۷۰ میلی‌لیتر از هر محلول در مرکز قالب‌های تفلونی به‌آرامی ریخته شدند. سپس قالب‌ها در یک سطح کاملاً تراز قرار داده شدند تا در دمای محیط (۲۵ درجه سلسیوس) و فشار اتمسفری خشک‌شده و فیلم‌ها تشکیل شوند. مدت‌زمان لازم برای تشکیل فیلم ۳۶ ساعت بود.

در این پژوهش از آب‌اکسیژنه جهت افزایش شفافیت فیلم‌ها و کاستن رنگ فیلم تولیدشده استفاده شد بر اساس تیمارهای موجود آب‌اکسیژنه به‌صورت وزنی-وزنی به محلول فیلم موردنظر اضافه شد و ۳۰ دقیقه اجازه داده شد تا رنگ‌بری انجام شود و برای خارج کردن باقی‌مانده آب‌اکسیژنه محلول موردنظر ۳۰ دقیقه روی حمام آب گرم در دمای ۶۵ درجه قرار گرفت. فیلم‌های تشکیل‌شده (شکل-۲) شفاف، نرم، یکنواخت و بدون سوراخ و شکستگی ظاهری بودند. دو طرف فیلم از نظر ظاهری متفاوت بودند. سمت زیری فیلم که در تماس با قالب قرار داشت صاف‌تر به نظر می‌رسید و سمت رویی فیلم غیریکنواخت‌تر دیده می‌شد.



شکل-۲. فیلم تولیدی بر پایه بخش محلول صمغ

اندازه‌گیری خواص فیزیکی فیلم

ضخامت

ضخامت فیلم به‌وسیله یک میکرومتر دستی با دقت ۰/۰۱mm در حداقل ۱۵ نقطه تصادفی هر فیلم اندازه‌گیری شد.

میزان رطوبت

پس‌ازآن که فیلم‌ها در دمای۲۵°C و رطوبت نسبی ۵۵درصد به تعادل رطوبتی رسیدند. میزان رطوبت آن‌ها تعیین شد. رطوبت بر اساس مقدار افت وزن نمونه مشخصی از فیلم در طی خشک‌کردن در آون ۱۰۵ °C اندازه‌گیری شد. برای انجام این آزمایش، ابتدا ظروف آلومینیمی در دمای۱۰۵ °C به وزن ثابت

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.30491/2.3.171]

رسانیده شدند. آنگاه ظروف، در دسیکاتور خنک شده و با ترازو تا دقت ۰/۰۰۰۱ گرم وزن شدند. تکه‌های فیلم با وزن مشخص در ظروف قرار داده شد و در دمای ۱۰۵ °C به وزن ثابت رسانیده شد. محتوای رطوبت فیلم‌ها به کمک رابطه زیر محاسبه گردید.

$$\text{درصد رطوبت بر مبنای وزن مرطوب} = \frac{100 \times \text{وزن آب}}{\text{وزن نمونه مرطوب}} \times 100$$

حلالیت در آب

حلالیت فیلم در آب برابر است با نسبت مواد جامد فیلم محلول در آب پس از غوطه‌ور کردن فیلم در آب مقطر نسبت به وزن اولیه آن (۱۱). تکه‌هایی از هر فیلم وزن شده و در دمای ۱۰۵ °C در آون خشک شدند. تکه‌های فیلم پس از توزین در ۵۰ ml آب مقطر غوطه‌ور شد و در دمای ۲۵ °C به مدت ۶ ساعت به‌آرامی هم زده شد. سپس کل مجموعه شامل مواد نامحلول و فاز محلول را بر روی کاغذ صافی (با وزن مشخص) ریخته و مواد جامد نامحلول به‌وسیله کاغذ صافی جدا شدند. صافی و مواد جامد نامحلول در آون در دمای ۱۰۵ °C خشک و سپس وزن شد. درصد حلالیت فیلم در آب از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$\text{درصد حلالیت} = \frac{\text{وزن فیلم خشک پس ازغوطه وری} - \text{وزن ماده خشک اولیه تکه فیلم}}{\text{وزن ماده خشک اولیه تکه فیلم}}$$

نفوذپذیری به بخارآب (WVP) (Water Vapor Permeability)

اندازه‌گیری نفوذپذیری نسبت به بخار آب بر طبق استاندارد ASTM- E96 انجام شد (۱۲). ابتدا سلول‌های دارای قطر ۱۲/۶۲mm، مساحت دهانه $۱/۲۵\times۱۰^{-۴}m^2$ و حجم ۱۰ ml کلرید کلسیم خشک پر شد و سپس فیلم به‌صورت گرد بریده شد و در دهانه سلول به‌وسیله پارافیلم چسبانده شد. سلول درون یک دسیکاتور حاوی محلول اشباع نمک طعام در دمای ۲۵ °C قرار داده شد. به علت وجود کلرید کلسیم در داخل سلول و وجود محلول کلرید سدیم اشباع در دسیکاتور، به ترتیب رطوبت نسبی ۰ و ۷۵ درصد ایجاد شد و همین اختلاف رطوبت باعث ایجاد اختلاف فشار بخار برابر ۱۷۵۳/۵۵ Pa گردید. این اختلاف فشار عامل انتقال بخارآب از دسیکاتور به داخل سلول بود. در بازه زمانی ۲۴ ساعت، هر یک ساعت یک‌بار نمونه از دسیکاتور خارج و به‌وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ g وزن شد. نمودار افزایش وزن سلول‌ها در برابر زمان رسم شد. شیب این منحنی با استفاده از رگرسیون خطی تعیین شد. با استفاده از معادله‌های زیر به ترتیب آهنگ عبور بخارآب (WVTR) (Water Vapor Transfer Rate) و نفوذپذیری نسبت به بخارآب (WVP) (Water-vapor permeability) به دست آمد. ضخامت مورداستفاده در معادله زیر برابر میانگین ضخامت فیلم موردنظر بود.

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

$$WVP = \frac{WVTR \times \text{ضخامت}}{\text{اختلاف فشار}}$$

آنالیزهای آماری

ابتدا برای تعیین فیلم بهینه با استفاده از نرم‌افزار designexpert و طرح آماری باکس بنکن با سه متغیر مقدار غلظت ماده خشک، گلیسرول و هیدروژن پراکسید استفاده شد و پس از به دست آوردن فیلم بهینه برای بررسی اثر نانو سلولز و اختلاف بین تیمارهای مختلف، بر اساس طرح آماری فاکتوریل کاملاً تصادفی با استفاده از تحلیل واریانس (ANOVA) در سطح احتمال ۵ درصد تعیین شد. مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون دانکن Duncan با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ و EXCEL نسخه (2010Chicago, USA) انجام گرفت.

نتایج

طرح‌ریزی و به دست آوردن داده‌ها در نقاط تعیین‌شده

اثر غلظت صمغ، گلیسرول و هیدروژن پراکسید با استفاده از ۱۵ آزمون بر ضخامت، حلالیت، نفوذپذیری، در نقاط مشخص‌شده با طرح باکس بنکن، در جدول-۲ ارائه شده است.

در مرحله بعدی نتایج به‌دست‌آمده از آزمون‌های مختلف توسط روش سطح پاسخ تجزیه‌وتحلیل گردید. تخمین اثر متغیرهای غلظت صمغ، گلیسرول و هیدروژن پراکسید و نیز اثر متقابل آن‌ها تعیین و در جدول-۳ ارائه شده است.

ضریب تبیین R^2 برای هر پاسخ معیاری است از اینکه تا چه اندازه تغییرپذیری در مقادیر مشاهده‌شده پاسخ، می‌تواند توسط داده‌ها و مدل‌های RSM توضیح داده شود. وقتی مقدار R^2 به عدد ۱ نزدیک می‌شود، مدل تجربی به‌طور مناسب با داده‌های واقعی منطبق است و مقدار کم R^2 نشان می‌دهد که نسبت بالایی از تغییرپذیری توسط مدل‌ها قابل توضیح دادن نیست.

بررسی خواص فیزیکی- ضخامت

ضخامت فیلم‌های تهیه‌شده از صمغ درخت گیلاس در جدول-۲ آمده است. مقادیر داده‌های به‌دست‌آمده برای ضخامت بین ۶۰-۹۶ میکرون متغیر بود. در جدول-۳ نتایج حاصل از بررسی متغیرهای مستقل بر روی متغیرهای وابسته آورده شده است.

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.30491/2.3.171]

جدول-۲. نتایج آزمون در نقاط مشخص‌شده با طرح باکس بنکن

تیمار	صمغ گیلاس (w/v)	گلیسرول (w/w)	هیدروژن پراکسید w/w	ضخامت µm	حلالیت (درصد)	نفوذپذیری به بخارآب g/m. s. Pa
۱	۳	۵	۰/۰۵	۶۰	۲۷/۳۳	۱/۲۴
۲	۵	۵	۰/۰۵	۹۲	۲۱/۱۱	۲/۹۱
۳	۳	۲۵	۰/۰۵	۷۳	۴۲	۳/۸۱
۴	۵	۲۵	۰/۰۵	۹۴	۳۲/۴۱	۴/۷۹
۵	۳	۱۵	۰	۷۰	۴۲/۲۷	۲/۱۴
۶	۵	۱۵	۰	۹۶/۲	۳۳/۳	۳/۶۸
۷	۳	۱۵	۰/۱	۷۰	۶۳/۶۹	۲/۰۱
۸	۵	۱۵	۰/۱	۹۰	۵۱/۷۹	۳/۲۸
۹	۴	۵	۰	۷۲/۶	۲۰/۵	۲/۱۴
۱۰	۴	۲۵	۰	۸۰	۳۱/۶۷	۴/۹۵
۱۱	۴	۵	۰/۱	۷۰	۴۲/۶۹	۱/۹۲
۱۲	۴	۲۵	۰/۱	۷۳	۵۹/۲۸	۴/۳۴
۱۳	۴	۱۵	۰/۰۵	۷۷	۳۷/۱۴	۳/۱۴
۱۴	۴	۱۵	۰/۰۵	۷۹	۳۳/۲۱	۳/۲۴
۱۵	۴	۱۵	۰/۰۵	۷۶	۳۵/۰۸	۳/۰۸

جدول-۳. جدول تجزیه واریانس

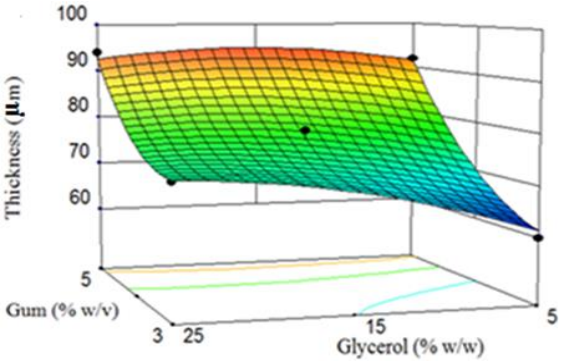
منبع	ضخامت (mm)		حلالیت (درصد)		نفوذپذیری	
	ضریب	مقدار P	ضریب	مقدار P	ضریب	مقدار P
مدل	۷۷/۳۳	۰/۰۰۰۲	۳۵/۱۴	۰/۰۰۰۲	۳/۱۶	۰/۰۰۰۱<
X_1	۱۲/۴	۰/۰۰۰۱<	-۴/۵۹	۰/۰۰۱۹	۰/۶۸	۰/۰۰۰۱<
X_2	۳/۱۷	۰/۰۰۳۳	۶/۷۲	۰/۰۰۰۳	۱/۲۱	۰/۰۰۰۱<
X_3	-۱/۹۸	۰/۰۲۲۰	۱۱/۲۱	۰/۰۰۰۱<	-۰/۱۷	۰/۰۲۰۱
X_1X_2	-۲/۷۵	۰/۰۲۳۳	-۰/۸۴	۰/۴۷۲۷	-۰/۱۷.	۰/۰۶۰۶
X_1X_3	-۱/۵۵	۰/۱۲۸۷	-۰/۷۳	۰/۵۲۹۷	-۰/۰۶۶	۰/۳۹۳۰
X_2X_3	-۱/۱	۰/۲۵۳۴	۱/۳۶	۰/۲۶۷۱	-۰/۰۹۴	۰/۲۴۲۷
X_1^2	۵/۰۳	۰/۰۰۲۴	۲/۴	۰/۰۸۷۲	-۰/۲۶	۰/۰۱۶۵
X_2^2	-۲/۶۲	۰/۰۳۱۹	-۶/۸۳	۰/۰۰۱۸	۰/۲۹	۰/۰۱۰۵
X_3^2	-۰/۸۲	۰/۳۹۹۶	۱۰/۲۲	۰/۰۰۰۳	-۰/۱۱	۰/۱۸۶۶

با افزایش ماده خشک فیلم، ضخامت به شکل معناداری افزایش یافت (شکل-۳). با توجه به ماهیت آب‌دوست این پلیمر، با افزایش ماده خشک فیلم، مقدار تورم ناشی از رطوبت افزایش پیدا می‌کند که این تورم خود را به‌صورت ناهمواری‌های سطحی نشان می‌دهد. با افزایش ماده خشک از (w/v) ۳درصد به (w/v) ۴درصد میزان یکنواختی سطحی کاهش پیدا کرده که با افزایش ماده خشک از (w/v) ۴درصد به (w/v) ۵ درصد مقدار مواد نامحلول خیلی بیشتر شده‌اند.

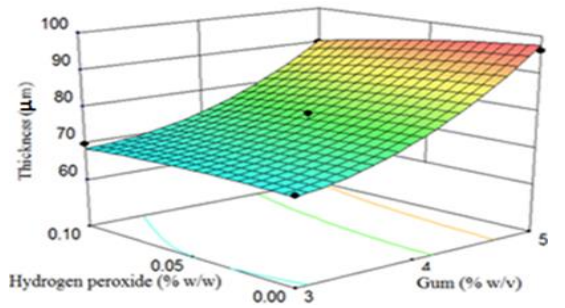
هیدروژن پراکسید به‌منظور بهبود شفافیت فیلم‌های تولیدی مورداستفاده قرار گرفت اما خصوصیات دیگر فیلم‌های تولیدی مانند ضخامت نیز تحت تأثیر افزودن هیدروژن پراکسید قرار گرفت. همان‌طور که در شکل-۴ دیده می‌شود با افزودن هیدروژن پراکسید ضخامت فیلم‌ها کاهش یافت.

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.30491/2.3.171]



شکل-۳. تأثیر متقابل پارامترهای گلیسرول و غلظت صمغ بر ضخامت



شکل-۴. تأثیر متقابل صمغ و پراکسید هیدروژن بر ضخامت

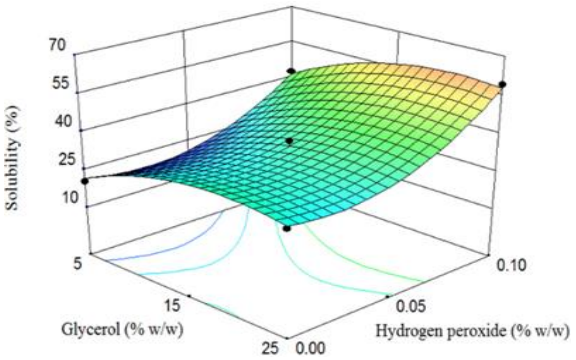
حلالیت

با استفاده از جداول آنالیز واریانس (جدول-۳)، معنی‌دار بودن اثرات خطی، درجه دوم و متقابل، ضرایب مدل رگرسیون برای پاسخ‌ها بررسی گردید. در بررسی تأثیر گلیسرول بر حلالیت در آب فیلم‌های صمغ درخت گیلاس مشاهده شد که با افزایش غلظت گلیسرول، حلالیت در آب افزایش پیدا می‌کند (شکل-۵). این افزایش حلالیت در آب به‌وسیله تأثیر گلیسرول باعث نرم شدن ساختار پلیمر و افزایش قابلیت کشیدگی و کاهش میزان مقاومت به کشش فیلم‌های صمغ درخت گیلاس در تمامی غلظت‌های ماده خشک می‌گردد (شکل-۵) همچنین میزان حلالیت فیلم‌ها با نفوذپذیری به بخارآب فیلم‌ها رابطه مستقیمی دارد. همان‌طور که در شکل-۶ مشاهده می‌شود، با افزایش گلیسرول میزان نفوذپذیری به بخارآب افزایش پیدا می‌کند که این می‌تواند ناشی از وجود گلیسرول و افزایش خاصیت آب‌دوستی فیلم‌ها و حلالیت در آب باشد.

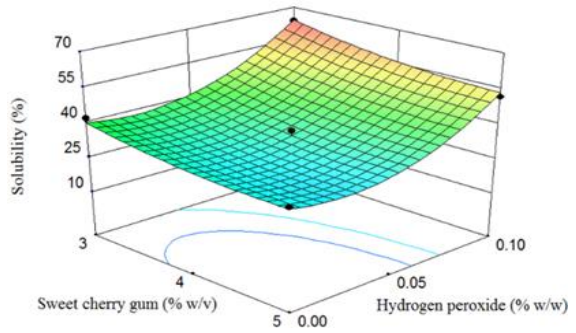
در بررسی غلظت ماده خشک مشاهده شد که با افزایش غلظت صمغ گیلاس مقدار حلالیت کاهش یافت که می‌تواند وابسته به نسبت سطح به حجم در غلظت‌یابی بالاتر باشد (شکل-۶). درواقع مقدار سطح ثابت بوده فقط در غلظت‌های بالاتر مقدار ماده بیشتر با همان سطح مقطع در معرض آب قرار می‌گیرد بنابراین زمان بیشتری نیاز است تا همه صمغ موردنظر حل شود. حلالیت نیز متأثر از افزودن هیدروژن پراکسید شد به‌طوری‌که با افزایش مقدار هیدروژن پراکسید حلالیت نیز افزایش یافت.

نفوذپذیری به بخارآب در فیلم‌های صمغ درخت گیلاس

با استفاده از جداول آنالیز واریانس (جدول-۳)، معنی‌دار بودن اثرات خطی، درجه دوم و متقابل، ضرایب مدل رگرسیون برای پاسخ‌ها بررسی گردید.



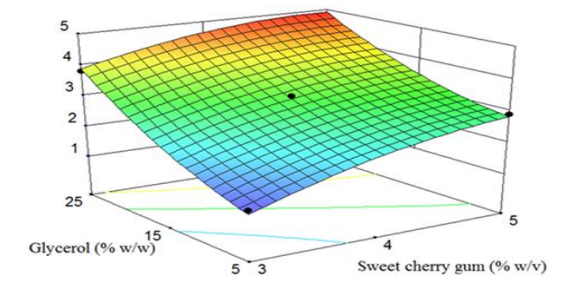
شکل-۵. تأثیر متقابل گلیسرول و پراکسید هیدروژن بر حلالیت



شکل-۶. تأثیر متقابل صمغ و پراکسید هیدروژن بر حلالیت

معادله درجه دوم برای توضیح نتایج حاصل از آزمایش‌های دارای ضریب رگرسیون ۹۸درصد بود. مقادیر نفوذپذیری به بخارآب بین $1.24\text{-}4.95\times10^{-11}$ g/Pa s m متغیر بود. محتوای گلیسرول و ماده خشک رابطه مستقیم با مقدار نفوذپذیری به بخارآب داشت (شکل-۷).

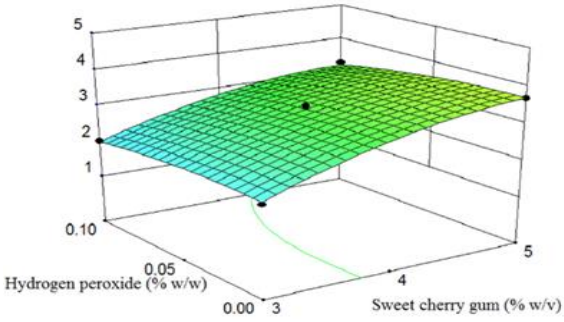
نفوذپذیری به بخارآب نیز تحت تأثیر افزودن هیدروژن پراکسید قرار گرفت (شکل-۸). نفوذپذیری به بخارآب رابطه عکس با مقدار هیدروژن پراکسید داشت و این اثر با افزایش مقدار ماده خشک افزایش یافت.



شکل-۷. تأثیر متقابل صمغ و گلیسرول بر نفوذپذیری

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.30491/2.3.171]



شکل-۸. تأثیر متقابل صمغ و پراکسید هیدروژن بر نفوذپذیری

بحث

ضخامت فیلم‌های تهیه‌شده از صمغ درخت گیلاس در مطالعه حاضر بین ۶۰-۹۶ میکرون متغیر بود. با افزایش ماده خشک فیلم، ضخامت به شکل معناداری افزایش یافت. با توجه به ماهیت آب‌دوست این پلیمر، با افزایش ماده خشک فیلم، مقدار تورم ناشی از رطوبت افزایش پیدا می‌کند که این تورم خود را به‌صورت ناهمواری‌های سطحی نشان می‌دهد.

در بررسی تأثیر افزایش غلظت گلیسرول بر روی ضخامت فیلم‌های صمغ درخت گیلاس مشاهده شد که در سطح (w/v) ۳ درصد ماده خشک، با افزایش غلظت گلیسرول ضخامت افزایش بیشتری داشت و با افزایش ماده خشک تأثیر گلیسرول بر ضخامت کمتر شد. در غلظت‌های کمتر احتمالاً زنجیره‌های پلیمر به دلیل نظم ساختاری در بهترین فاصله ممکن قرار دارند، به همین دلیل افزایش گلیسرول باعث افزایش رطوبت موجود در فیلم‌ها و افزایش فاصله بین زنجیره‌های فیلم‌ها شده و در نتیجه ضخامت فیلم‌ها در غلظت‌های کمتر ماده خشک به شکل معنی‌داری افزایش پیدا می‌کند. می‌توان دید در غلظت۳ درصد ماده خشک افزایش غلظت گلیسرول ضخامت را ۲۰درصد افزایش داده این در حالی است که این مقدار برای فیلم‌ها با ماده خشک ۵ درصد تنها ۲درصد بوده است. افزایش ضخامت با افزایش ماده خشک و گلیسرول در تحقیقات مشابه نیز بررسی شده است و به نتایج مشابهی دست‌یافته‌اند (۱۵-۱۳).

با افزودن هیدروژن پراکسید ضخامت فیلم‌ها کاهش یافت. این پدیده می‌تواند به علت تجزیه مولکول‌های صمغ درخت گیلاس باشد. همان‌طوری که قبلاً ذکر شد مولکول‌های صمغ درخت گیلاس ساختاری کاملاً منشعب و پیچیده دارند بنابراین هیدروژن پراکسید با شکستن شاخه‌های مولکول صمغ، ساختاری ساده‌تر به آن می‌دهد و می‌تواند موجب کاهش ضخامت شده باشد. با افزایش مقدار ماده خشک، تأثیر هیدروژن پراکسید افزایش یافته است که می‌تواند به دلیل انحلال بیشتر صمغ باشد که موجب کاهش بیشتر ضخامت فیلم شده است (۱۶).

حلالیت در آب یک خصوصیت مهم فیلم‌های خوراکی است. فیلم‌های خوراکی پلی‌ساکاریدی اغلب پلیمرهای آب‌دوست می‌باشند به همین دلیل نسبت به اکثر پلیمرها حلالیت بالاتری در آب دارند. همچنین تغییرات غلظت گلیسرول و غلظت ماده خشک فیلم، میزان حلالیت در آب فیلم‌ها را تغییر می‌دهند (۱۷).

در بررسی تأثیر گلیسرول بر حلالیت در آب فیلم‌های صمغ درخت گیلاس مشاهده شد که با افزایش غلظت گلیسرول، حلالیت در آب افزایش پیدا می‌کند. از آنجایی‌که اتصالات عرضی و میزان استحکام این اتصالات در حلالیت در آب فیلم‌ها نقش مؤثری دارد، با قرارگیری مولکول‌های ریز گلیسرول در ساختار پلیمر، استحکام اتصالات عرضی بین زنجیره‌های پلیمر کاهش پیدا کرده و حلالیت در آب فیلم‌ها افزایش می‌یابد (۱۹،۱۸). این افزایش حلالیت در آب به‌وسیله تأثیر گلیسرول باعث نرم شدن ساختار پلیمر و افزایش قابلیت کشیدگی و کاهش میزان مقاومت به کشش فیلم‌های صمغ درخت گیلاس در تمامی غلظت‌های ماده خشک می‌گردد. همچنین میزان حلالیت فیلم‌ها با نفوذپذیری به بخارآب فیلم‌ها رابطه مستقیمی دارد. با افزایش گلیسرول میزان نفوذپذیری به بخارآب افزایش پیدا می‌کند که این می‌تواند ناشی از وجود گلیسرول و افزایش خاصیت آب‌دوستی و حلالیت در آب فیلم‌ها باشد.

در بررسی غلظت ماده خشک مشاهده شد که با افزایش غلظت صمغ گیلاس مقدار حلالیت کاهش یافت که می‌تواند وابسته به نسبت سطح به حجم در غلظت‌یابی بالاتر باشد. در واقع مقدار سطح ثابت بوده فقط در غلظت‌های بالاتر مقدار ماده بیشتر با همان سطح مقطع در معرض آب قرار گیرد بنابراین زمان بیشتری نیاز است تا همه صمغ موردنظر حل شود.

حلالیت نیز متأثر از افزودن هیدروژن پراکسید شد به‌طوری‌که با افزایش مقدار هیدروژن پراکسید حلالیت نیز افزایش یافت. این نتیجه می‌تواند این‌گونه توجیه شود که با اضافه شدن هیدروژن پراکسید مولکول‌های پیچیده صمغ به مولکول‌های ساده‌تری (و احتمالاً کوچک‌تری) تبدیل‌شده در نتیجه در هنگام تشکیل فیلم نتوانسته ماتریکس محکمی تشکیل دهد و در نتیجه مولکول‌های آب راحت‌تر در آن نفوذ کرده و موجب گسستن شبکه تشکیل‌شده گردیده است.

بازدارندگی فیلم‌های پلیمری بسیار مهم است (۲۰،۲۱). مقادیر نفوذپذیری به بخارآب بین $1.24\text{-}4.95\times10^{-11}$ g/Pa s m متغیر بود. محتوای گلیسرول و ماده خشک رابطه مستقیم با مقدار نفوذپذیری به بخارآب داشت. نتایج مشابهی در پژوهش‌های قبلی به دست آمد. گلیسرول نرم‌کننده‌ای ریزمولکول با طبیعت آب‌دوست است که باعث کاهش نیروی جاذبه بین زنجیره‌های پلیمر شده و تحرک زنجیره‌ها نسبت به هم افزایش می‌یابد در نتیجه نفوذپذیری نسبت به بخارآب افزایش می‌یابد که نتایج مشابه مطالعات پیشین در زمینهٔ فیلم‌های خوراکی پلی‌ساکاریدی و پروتئینی است (۲۵-۲۲).

فیلم‌های حاصل از صمغ درخت گیلاس دارای خاصیت سدکنندگی خوبی در مقایسه با برخی فیلم‌های ساخته‌شده دارد.

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.30491/2.3.171]

برای مثال مقدار نفوذپذیری به بخار آب برای فیلم‌های ساخته‌شده با نشاسته، سدیم کازئینات، میوفیبریل ماهی، گلوتن گندم، سلوفان و کیتوزان به ترتیب برابر با ۸/۶۸، ۱/۵۱، ۶/۴، ۸/۴، ۴/۵۲ و ۲/۲۵×۱۰$^{-۱۱}$g/Pa.s.m است (۲۸-۲۶). بر اساس نتایج Amarioarei و همکاران وزن مولکولی مولکول‌های صمغ گیلاس در بازه بزرگی جای می‌گیرند که مقدار نفوذپذیری کم فیلم تولیدی از صمغ درخت گیلاس می‌تواند حاصل آن باشد. در واقع مولکول‌ها با وزن کم خاصیت پرکنندگی دارند و بین مولکول‌های بزرگ‌تر قرار می‌گیرند و روزنه‌هایی که موجب انتقال مولکول‌های آب از آن‌ها می‌شود را مسدود می‌کنند (۲۹).

در مطالعه حاضر نفوذپذیری به بخارآب نیز تحت تأثیر افزودن هیدروژن پراکسید قرار گرفت. نفوذپذیری به بخارآب رابطه عکس با مقدار هیدروژن پراکسید داشت و این اثر با افزایش مقدار ماده خشک افزایش یافت. همان‌طور که قبلاً ذکر شد این نتیجه ناشی از حلالیت بیشتر صمغ و اصلاح ساختار مولکول صمغ در حضور هیدروژن پراکسید است. در واقع مولکول‌های کوچک تشکیل‌شده فضاهای خالی را پرکرده در نتیجه مقدار نفوذپذیری کاهش می‌یابد.

به‌طورکلی نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که صمغ درخت گیلاس به‌عنوان یک بیوپلیمر دارای خواص فیزیکی مناسب است که استفاده از روش‌های مختلف ازجمله افزودنی‌های مناسب مانند نانو سلولز و آب‌اکسیژنه، می‌توان این خواص را به‌طور چشمگیر بهبود داد؛ بنابراین می‌توان آن را به‌عنوان روشی مناسب برای کاهش تعریق و در نتیجه کاهش از دست دادن آب در مواقعی که آب در دسترس نیست توصیه کرد. با این روش بدن آب از دست نداده، بنابراین با علائم ناشی از کاهش شدید آب روبرو نمی‌شود و در نتیجه با این عمل به دو هدف مهم می‌رسیم اول در مواقع بی‌آبی، سربازان مدت بیشتری را بدون آب می‌توانند سپری کنند دوم آن‌که از عوارض تعریق شدید که کاهش آب بدن و تخلیه الکترولیت‌ها است و این خود مقدمه‌ای بر گرمازدگی است جلوگیری می‌شود.

نتیجه‌گیری

بخش محلول صمغ گیلاس دارای پتانسیل خوبی برای ایجاد یک فیلم خوراکی است، بااین‌حال برای تولید یک فیلم خوراکی با قابلیت‌های مناسب، افزودن گلیسرول به‌عنوان نرم‌کننده لازم است. گلیسرول نقش اساسی درساخت فیلم‌های انعطاف‌پذیر و همگن دارد و همچنین خواص فیزیکی فیلم‌های گیلاس به میزان قابل‌توجه تحت تأثیر میزان نرم‌کننده است. شرایط بهینه برای فیلم صمغ درخت گیلاس با ماده خشک ۳ درصد و گلیسرول ۱۱/۸۵ درصد و پراکسید هیدروژن ۰/۰۵ درصد پیش‌بینی شد.

تشکر و قدردانی: از همه افرادی که در انجام مطالعه حاضر همکاری داشتند سپاسگزاری می‌گردد.

نقش نویسندگان: همه نویسندگان در نگارش اولیه مقاله یا بازنگری آن سهیم بودند و همه با تایید نهایی مقاله حاضر، مسئولیت دقت و صحت مطالب مندرج در آن را می پذیرند.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می کنند که هیچ گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Szinnai G, Schachinger H, Arnaud MJ, Linder L, Keller U. Effect of water deprivation on cognitive-motor performance in healthy men and women. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 2005. doi:10.1152/ajpregu.00501.2004
2. Pedersen RS, Bentzen H, Bech JN, Pedersen EB. Effect of water deprivation and hypertonic saline infusion on urinary AQP2 excretion in healthy humans. American Journal of Physiology-Renal Physiology. 2001;280(5):F860-7. doi:10.1152/ajprenal.2001.280.5.F860
3. Shit SC, Shah PM. Edible polymers: challenges and opportunities. Journal of Polymers. 2014. doi:10.1155/2014/427259
4. Sanchez-Gonzalez, Laura, Elmira Arab-Tehrany, Maite Cháfer, Chelo González-Martínez, and Amparo Chiralt. "Active edible and biodegradable starch films. 2014: 717-734. doi:10.1007/978-3-319-16298-0_74
5. Miller KS, Krochta JM. Oxygen and aroma barrier properties of edible films: A review. Trends in food science & technology. 1997;8(7):228-37.
6. Ray SS, Bousmina M. Biodegradable polymers and their layered silicate nanocomposites: In greening the 21st century materials world, Progress in Materials Science. 2005;50:962-1079 doi:10.1016/j.pmatsci.2005.05.002
7. Giacalone G, Chiabrando V. Modified atmosphere packaging of sweet cherries with biodegradable films. International Food Research Journal. 2013;20 (3).
8. Jiménez A, Fabra MJ, Talens P, Chiralt A. Edible and biodegradable starch films: a review. Food and Bioprocess Technology. 2012;5(6):2058-76. doi:10.1007/s11947-012-0835-4
9. Najafabadi AA, Askari G, Mousavi M, Emamdjomeh Z. Novel Biodegradable Cast Film from Cherry Tree Gum, Development, Modification and Characterization. Journal of Polymers and the Environment. 2017;25(2):241-9. doi:10.1007/s10924-016-0803-6
10. Zeynalov NA, Taghiyev DB, Akhmedova UM, Mammadova AI, Amirov MA. Research into properties and structure of basic polysaccharide in prunus Domestica (cherry). Kimya Problemleri. 2018(1). doi:10.32737/2221-8688-2018-1-35-43

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.30491/2.3.171]

11. Kim SR, Choi YG, Kim JY, Lim ST. Improvement of water solubility and humidity stability of tapioca starch film by incorporating various gums. LWT-Food Science and Technology. 2015;64(1):475-82. doi:10.1016/j.lwt.2015.05.009
12. ASTM, Standard test methods for water vapor transmission of material, E96-95, in Annual book of ASTM, Philadelphia, American Society for Testing and Materials, 1995.
13. Godbillot L, Dole P, Joly C, Rogé B, Mathlouthi M. Analysis of water binding in starch plasticized films. Food Chemistry. 2006;96(3):380-6. doi:10.1016/j.foodchem.2005.02.054
14. Laohakunjit N, Noomhorm A. Effect of plasticizers on mechanical and barrier properties of rice starch film. Starch-Stärke. 2004;56(8):348-356. doi:10.1002/star.200300249
15. Nazan Turhan K, Şahbaz F. Water vapor permeability, tensile properties and solubility of methylcellulose-based edible films. Journal of Food Engineering.2004;61(3):459-466 doi:10.1016/S0260-8774(03)00155-9
16. Yao X, Cao Y, Pan S, Wu S. Preparation of peach gum polysaccharides using Hydrogen peroxide. Carbohydrate Polymers. 2013;94(1):88-90. doi:10.1016/j.carbpol.2013.01.048
17. Perez-Gago M, Nadaud P, Krochta J. Water Vapor Permeability, Solubility, and Tensile Properties of Heat-denatured versus Native Whey Protein Films. Journal of Food Science. 2006; 64(6): 1034-1037 doi:10.1111/j.1365-2621.1999.tb12276.x
18. Ekrami M, Emam-djomeh Z. Water vapor permeability, optical and mechanical properties of salep-based edible film. Journal of Food Processing and Preservation. 2013: 1745-4549. doi:10.1111/jfpp.12152
19. Ghasemlou M, Khodaiyan F, Oromiehie A. Physical, mechanical, barrier, and thermal properties of polyol-plasticized biodegradable edible film made from kefiran. Carbohydrate Polymers. 2011;84(1): 477-483 doi:10.1016/j.carbpol.2010.12.010
20. Parris N, Coffin DR. Composition factors affecting the water vapor permeability and tensile properties of hydrophilic zein films. Journal of agricultural and food chemistry. 1997;45(5):1596-1599 doi:10.1021/jf960809o
21. Guilbert S, Cuq B, Gontard N. Recent innovations in edible and/or biodegradable packaging materials. Food Additives & Contaminants.1997.14(7):741-751 doi:10.1080/02652039709374585
22. Ahmadi R, Kalbasi-Ashtari A, Oromiehie A, Yarmand MS, Jahandideh F. Development and characterization of a novel biodegradable edible film obtained from psyllium seed (Plantago ovata Forsk). Journal of Food Engineering. 2012;109(4):745-51. doi:10.1016/j.jfoodeng.2011.11.010
23. Yang L, Paulson A. Mechanical and water vapour barrier properties of edible gellan films. Food Research International. 2000;33(7):563-570 doi:10.1016/S0963-9969(00)00092-2
24. Ghanbarzadeh B, Musavi M, Oromiehie AR, Rezayi K, Rad ER, Milani J. Effect of plasticizing sugars on water vapor permeability, surface energy and microstructure properties of zein films. LWT-Food Science and Technology. 2007;40(7):1191-7. doi:10.1016/j.lwt.2006.07.008
25. Chen CH, Lai LS. Mechanical and water vapor barrier properties of tapioca starch/decolorized hsian-tsao leaf gum films in the presence of plasticizer. Food Hydrocolloids. 2008;22(8):1584-1595 doi:10.1016/j.foodhyd.2007.11.006
26. Mchugh TH, Krochta JM. Dispersed phase particle size effects on water vapor permeability of whey protein-beeswax edible emulsion films. Journal of Food Processing and Preservation.1994;18(3): 173-188. doi:10.1111/j.1745-4549.1994.tb00842.x
27. Ojagh SM, Rezaei M, Razavi HS, Hosseini SMH. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. Food chemistry. 2010; 120(1): 193-198. doi:10.1016/j.foodchem.2009.10.006
28. Cuq B, Gontard N, Aymard C, Guilbert S. Relative humidity and temperature effects on mechanical and water vapor barrier properties of myofibrillar protein-based films. Polymer Gels and Networks. 1997;5(1):1-15. doi:10.1016/S0966-7822(96)00026-3
29. Amarioarei G, Lungu M, Ciovica S. Molar mass characteristics of cherry tree exudate gums of different seasons. Cellulose Chemistry and Technology. 2012; 46: 583-588.

[Downloaded from jmarmed.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.30491/2.3.171]