مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

تهیه فیلم‌های امولسیونی ژلاتین به روش پیکرینگ امولسیون حاوی نانوذرات کیتین

سحر یوسفی هزاری[۱]، جعفر محمدزاده میلانی[۲*]، علی معتمدزادگان[۲]، ثمر صحرائی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم ومهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

۲-استاد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

۳- دانشجوی پسادکتری گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشگاه تبریز.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰ /۰۴/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۳

کلمات کلیدی:

پیکرینگ امولسیون،

ژلاتین،

فیلم خوراکی،

نانوکیتین.

DOI: 10.52547/fsct.18.120.24

DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.25.7

* مسئول مکاتبات:

jmilany@yahoo.com

چکیده

هدف از این تحقیق تولید و بررسی فیلم امولسیونی از ژلاتین به روش پیکرینگ امولسیون حاوی نانوذرات کیتین می‌باشد. غلظت‌های مختلف نانوکیتین (۰/۲، ۰/۵، ۱و ۲ گرم در گرم ژلاتین خشک) و دو غلظت متفاوت روغن ذرت (۲۰٪ و ۳۰٪ بر پایه وزن ماده خشک) برای تهیه فیلم امولسیونی ژلاتینی به روش پیکرینگ امولسیون استفاده شد. سپس خصوصیات فیلم‌ها با بررسی پتانسیل زتا، ضخامت، میزان رطوبت و حلالیت، نفوذپذیری به بخار آب، آبگریزی سطحی، خصوصیات مکانیکی و حرارتی مورد بررسی قرار گرفت.نتایج بدست آمده نشان داد که امولسیون ژلاتین حاوی ۰/۵ گرم‌درگرم نانوذرات کیتین پایداری بیشتری نسبت به سایر نمونه‌ها داشت. فیلم‌های امولسیونی پایدارشده با نانوکیتینمیزان رطوبت، حلالیت و نفوذپذیری به بخارآب را نسبت‌به فیلم‌های کنترل و فیلم‌های حاوی توین کاهش دادو فیلم‌های حاوی نانوکیتین خصوصیات مکانیکی را بهبود بخشیدند. علاوه بر این افزودن نانوکیتین تا ۰/۵ گرم در گرم به فیلم امولسیونی ژلاتین خصوصیات حرارتی را بهبود بخشید زیرا منجر به افزایش دمای ذوب و آنتالپی شد. همچنین افزودن نانوکیتین خواص آبگریزی فیلم را افزایش داد. غلظت ۳۰٪ روغنبر روی خواص فیلم اثر بهتری نسبت به ۲۰٪ روغن داشت. بنابراین استفاده از نانوکیتین به عنوان تثبیت‌کننده امولسیون پیکرینگ در فیلم‌های ژلاتین با غلظت ۳۰٪ روغن ذرت می‌تواند منجر به ایجاد پلیمرهای زیست تخریب‌پذیر با خصوصیات قابل قبولی برای بسته‌بندی مواد غذایی شود.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-04]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.25.7]

[DOI: 10.52547/fsct.18.120.24]

۱- مقدمه

فرآیند بسته‌بندی مرحله مهمی از تولید مواد غذایی را شامل می‌شود که هدف آن پوشش و محافظت کردن از مواد غذایی، ارائه اطلاعات مربوط به محصول و تسهیل روند کنترل مواد غذایی از توزیع به میز مصرف‌کننده است. مدت‌های طولانی است که از پلیمرهای سنتزی به دلیل دسترسی فراوان به ماده اولیه، هزینه کم، ویژگی‌های مکانیکی مطلوب، بازدارندگی خوب در برابر اکسیژن، دی‌اکسیدکربن و ترکیبات معطر به‌عنوان مواد بسته‌بندی استفاده می‌شود[۱].با این وجود مواد بسته‌بندی سنتزی تقریبا غیرقابل‌تجزیه و تجدیدناپذیرهستند و باعث آلودگی محیط‌زیست می‌شوند. از این‌رو مسئله جایگزینی آن‌ها با پلیمرهای زیستی که قابلیت زیست‌تخریب‌پذیر و سازگاری با محیط‌زیست را داشته باشند ضروری به‌نظر می‌رسد[۲]. بدینمنظور یکی ازبهترین گزینه‌ها، بسته‌بندی‌های خوراکی است که به دو صورت وجود دارد: فیلم‌ها و پوشش‌هایی که از طریق بیوپلیمرهایی مانند پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها و لیپیدها با کمک مواد افزودنی غذایی تهیه می‌شوند [۳]. فیلم خوراکییک لایه نازک از پیش ساخته شده از مواد خوراکی است که به صورت مجزا رویا بیناجزای مواد غذایی قرار می‌گیرد، درحالی که پوشش‌های خوراکی لایه نازکی از مواد خوراکی است که ازطریق پاشش آن بر روی ماده غذایی یا غوطه‌ور کردن ماده غذایی در آن به عنوان یک پوشش رویک محصول غذایی تشکیل می‌شود[٤]. فیلم‌ها و پوشش‌های زیست تخریب‌پذیر خوراکی می‌توانند انتقال اکسیژن، دی اکسید کربن، رطوبت، چربی‌ها و ترکیبات طعمی را کنترل کنند و با حفظ کیفیت، ماندگاری محصولات غذایی را افزایش دهند [۵]. استفاده از ژلاتین برای تولید فیلم‌ها به صورت گسترده‌ای مورد برررسی قرار گرفته است [٦]. ژلاتین در اثر تجزیه شیمیایی کلاژن حاصل از پوست، استخوان یا بافت‌های حیوانات ایجاد می‌شود.این پروتئین‌ها خوراکی و زیست‌تخریب‌پذیر هستندو برای خواص تشکیل فیلم رئولوژیکی مناسب، درنظر گرفته‌می‌شود[۷].

فیلم‌های خوراکی تهیه شده از پروتئین‌ها ویژگی‌های مکانیکی مناسبی داشته اما تراوایی زیادی در برابر رطوبت دارند. درمقابل، فیلم‌های بدست‌آمده از ترکیبات لیپیدی تراوایی پایینی به رطوبت داشته ولی ویژگی‌های مکانیکی ضعیفی را دارا می‌باشند. با ترکیب این دو نوع ماده، فیلم مرکب حاصله از ویژگی‌های مطلوبی برخوردار خواهد بود. فیلم‌های مرکب به دو صورت لایه‌ای و امولسیونی تهیه می‌شوند. فیلم‌های مرکب لایه‌ای بازدارندگی بهتری در برابر بخارآب دارند ولی به‌دلیل مشکل بودن فرآیند تهیه آن‌ها فیلم‌های امولسیونی ترجیح داده می‌شوند [۱].

تلفیق نانوذرات در فرمولاسیون فیلم و افزایش خصوصیات بسته‌بندی مانند ویژگی‌های مکانیکی، حرارتی و بازدارندگی یکی از راه‌حل‌های نسبتا جدید برای بهبود مواد زیست تخریب‌پذیر به منظور ایجاد خواص کافی به عنوان یک ماده بسته‌بندی است. پیکرینگ امولسیون، امولسیون روغن در آبی است که توسط ذرات جامد به جای سورفاکتانت‌ها تثبیت می‌شود [٦].نانوذرات به طور گسترده‌ای به‌عنوان تثبیت‌کننده‌های امولسیون پیکرینگ استفاده می‌شوند[۸]. مزیت پیکرینگ امولسیون نسبت به امولسیون‌هایی که با سورفاکتانت‌ها تثبیت می‌شوند مقاومت بالای آن‌ها در برابر انعقاد است [۹]. برخلاف سورفاکتانت‌ها در این پدیده ذرات جامد بر سطح تماس روغن-آب جذب سطحی می‌شوند و با تشکیل یک مانع مکانیکی، مانع ناپایداری امولسیون می‌شوند [۱۰]. در حال حاضر از انواع مختلف تثبیت کننده‌های مواد غذایی برای امولسیون‌های پیکرینگ استفاده می‌شود [۱۱].

کیتین یک پلی‌ساکارید طبیعی است و به‌طور عمده در پوسته سخت پوستانی مثل خرچنگ و میگو، کوتیکول حشرات و دیواره سلولی قارچ‌ها یافت می‌شود. نانوکیتین به دلیل دسترسی فراوان، زیست تخریب‌پذیری، اثر ضد باکتری، کم هزینه بودن و غیر سمی بودن شناخته شده است. همچنین دارای طبیعت آبگریزی است که با اکثر پلیمرهای پلی‌ساکارید وپروتئین سازگاراست و می‌تواند در ماتریس‌های آن‌ها به‌صورت همگن پراکنده شود. بنابراین می‌تواند به خوبی در بستر ژلاتین پخش شود [۱۲].

هدف از این تحقیق تهیه فیلم امولسیونی از ژلاتین به روش پیکرینگ امولسیون پایدار شده با نانوذرات کیتین و بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و مکانیکی آن‌هاست.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد لازم

مواد مورد استفاده در این تحقیق پودر ژلاتین گاوی با درجه بلوم ۲۰۰ و دانسیته ۱۳۵۸ kg/m^3 از شرکت مرک در ایران

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-04]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.25.7]
[DOI: 10.52547/fsct.18.120.24]

تهیه شد. ژل نانوکیتین با ماده خشک ۱/۵٪ و سایز ۷۰-۵۰ نانومتر از شرکت نانو شیمی یاخته مازندرانو گلیسرول مایع از شرکت سیگما در ایران خریداری شد. همچنین روغن ذرت تجاری حاوی ۱۰۰٪ لیپید، ۱۱/۴۲٪ اسید چرب اشباع شده و ۸۸/۵۷٪ اسیدچرب غیر اشباع از کمپانی فامیلا در ایران تهیه شد. توین ۸۰ نیز از نمایندگی شرکت مرک در ایران خریداری شد.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- تهیه محلول نانوذرات کیتین

مقدار ۰، ۰/۲ ، ۰/۵ ، ۱ و۲ گرم نانوکیتین بر پایه ماده خشک ژلاتین در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت یک ساعت توسط همزن مغناطیسی (مدل MS300HS) هم‌زده شدند. سپس در حمام اولتراسوند (مدل Elmasonic S)۳۰ دقیقه سونیکیت گردیدند.

۲-۲-۲- تهیه محلول ژلاتین

چهار گرم ژلاتین در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد توسط همزن مغناطیسی هم‌زده شد. سپس محلول کیتین در داخل محلول ژلاتین ریخته شد. به‌مدت ۱۰ دقیقه با اولتراتورکس (مدل DRAGON LAB)در ۱۰۰۰۰rpm هم‌زده شد. سوسپانسیون حاصله در ۲۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ (مدل T4-50cc) شد تا ذرات نامحلول ته‌نشین شوند. بخش رویی آن محلول کیتین-ژلاتین است.

۲-۲-۳- پتانسیل زتا

پتانسیل زتای امولسیون‌ها با استفاده از زتاسایزر (مدل HORIBA SZ-100z) پس از رقیق‌سازی مناسب اندازه‌گیریشد. تمام اندازه‌گیری‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد، و نتایج گزارش شده میانگین حداقل سه قرائت مستقل است [۱۳].

۲-۲-۴- تهیه فیلم امولسیونی پیکرینگ

در مرحله بعد ۳۵ ٪ گلیسرول برحسب وزن ماده خشک به محلول اضافه و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد با همزن مغناطیسی هم‌زده شد. بعد از کاهش دمای مخلوط تا دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد، روغن ذرت یک‌بار با غلظت ۲۰٪ و یک‌بار با غلظت ۳۰٪بر حسب وزن ماده خشک و ۲ درصد توئین ۸۰ بر حسب وزن روغن به محلول اضافه گردید و نیم ساعت در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد روی همزن مغناطیسی قرار گرفت.محلول حاصل در۶۰۰۰rpm با اولتراتورکس هموژن شده و توسط فیلتر تحت خلا (مدل TC2000) هوازدایی گردید. نهایتا محلول فیلم داخل ظرف تفلون با قطر ۱۶ سانتی‌متر ریخته شده و با دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت درون آون (مدل UFLLO) در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند.

۲-۲-۵- تعیین ضخامت فیلم

نمونه‌های فیلم بعد از مشروط شدن در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۰٪ به مدت دو روز، ضخامتشان با استفاده از میکرومتر (مدل Helios) تعیین شد. اندازه‌گیری در حداقل پنج نقطه از فیلم صورت گرفت. در محاسبات، برای هرنمونه میانگین هر ۵ ضخامت اندازه‌گیری شده لحاظ شد [۱۴].

۲-۲-۶- محتوای رطوبت و حلالیت

قطعات کوچک (۰/۲ گرم) از فیلم بعد از مشروط کردن کافی بریده‌شدند و در ظروف پتری دیشی قرار داده شدند که قبل و بعد از خشک‌کردن در آون توزین شده بودند. میزان رطوبت به‌عنوان یک بخش از افت وزن فیلم در اثر خشک شدن در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد برمبنای وزن مرطوب گزارش گردید. حلالیت فیلم در آب بر اساس روش گونجاو همکاران اندازه‌گیری شد[۱۵].

$$\text{درصد رطوبت} = (W_0 - W_1 / W_0) \times 100$$

W_0=وزن نمونه‌ها قبل از خشک شدن

W_1=وزن نمونه‌ها بعد از خشک شدن

برای اندازه‌گیری حلالیت فیلم‌ها سه قطعه از هر نمونه (۲*۲cm^2) وزن شده و سپس در آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند، و در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت غوطه‌ور شدند. سپس نمونه‌هاتوسط یک کاغذ صافی صاف و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. میزان باقی‌مانده ماده خشک تعیین شد[۷].

$$\text{حلالیت} = \frac{W1 - W2}{W1} * 100$$

W_1 = وزن ماده خشک اولیه فیل

W_2 = وزن ماده خشک فیلم پس از انحلال

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-04]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.25.7]

[DOI: 10.52547/fsct.18.120.24]

۲-۲-۷- نفوذپذیری به بخار آب(WVP[1])

نفوذپذیری به بخار آب توسط مدل اصلاح شده استاندارد E ASTM۹۶-۹۵ تعیین گردید. در این روش ویال‌های شیشه‌ای با قطر۱/۵ سانتی‌متر و عمق ٤ سانتی‌متر با سیلیکاژل پر شد تارطوبت نسبی داخلی آن‌ها تا صفر درصد کاهش یابد. سپس نمونه‌های فیلم بر روی ویال تثبیت گردیدند. بعد از اندازه‌گیری وزن اولیه ویال‌ها آن‌ها به یک دسیکاتورحاوی محلول اشباع سولفات پتاسیم با رطوبت نسبی ۷۵٪ و دمای ۲۵ درجه سانتیگراد منتقل گردیدند. وزن ویال‌ها در فواصل ۲٤ ساعت به مدت ۷ روز ثبت شد و سرعت عبور بخار آب با توجه به شیب نمودار خطی وزن نمونه‌های فیلم نسبت به زمان محاسبه گردید. نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌ها طبق معادله زیر ارزیابی شد[۱۲].

$$WVP = \frac{WVTR * L}{\Delta P}$$

$$WVTR = \frac{\Delta m}{\Delta t A}$$

در رابطه فوق L میانگین ضخامت فیلم و ΔP اختلاف فشار بخار آب بین داخل و خارج ویال‌هاست.

۲-۲-۸- تعیین زاویه تماس

در این روش قطعات مربعی از فیلم‌ها (۲*۲ سانتی‌متر مربع) بر روی سطح مشکی قرارداده شدند. سپس ۱۰ میکرولیتر قطره‌ی آب از فاصله مشخص (۱۰میلی‌متر) بر روی سطح فیلم چکانده شد و در فواصل زمانی تعیین شده تصاویری از جهت‌های معین از قطره روی سطح فیلم با استفاده از دوربین دیجیتال ثبت شد. سپس زاویه تماس قطره با سطح فیلم با استفاده از نرم‌افزار Adobe acrobate pro 2021محاسبه و میانگین ۳ تکرار از هر نمونه به‌عنوان مقدار نهایی گزارش شد[۱٦].

۲-۲-۹- ویژگی‌های مکانیکی

ویژگی‌های کششی فیلم‌ها شامل نیروی کششی (TS[2])، افزایش طول در نقطه شکست (EB[3]) و مدول یانگ (YM[4]) طبق استاندارد ASTM(۲۰۰۲ b)با استفاده از یک دستگاه بافت‌سنج بروکفیلد مدل CT3اندازه‌گیریشد. ابتدا نمونه‌ها به منظور مشروط شدن، به مدت ۲ روز در یک ثابت تعادل دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۰٪ قرار گرفتند. سپس نمونه‌های فیلم به‌صورت نوارهایی بریده (۱۰*۱) و EB،TS و YM توسط دستگاه بافت‌سنج اندازه‌گیری شد[۱۲].

۲-۲-۱۰- آنالیزگرماسنجی پویش افتراقی (DSC[5])

ویژگی حرارتی فیلم‌ها با استفاده از گرماسنج افتراقی (مدل DSC-500) بررسی شد. ۱۵ میلی‌گرم از نمونه در دامنه دمایی۳۵۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت گرمایشی°C/min ۱۰ تحت نیتروژنحرارت داده شد[۱۷].

۲-۲-۱۱- تحلیل آماری

جهت مقایسه تیمارهای مختلف از طرح کاملا تصادفی استفاده شد. برای تعیین اختلاف معنی‌داری از آنالیز واریانسیک‌طرفه و برای مقایسه‌ی آن‌ها از آزمون دانکن و نرم‌افزار SPSS۲٦ استفاده شد. اختلاف معنی‌داری ($P \leq ۰/۰۵$) بین میانگین‌ها با آزمون دانکن تعیین شد و مقادیر نهایی به عنوان میانگین ± انحراف معیار ثبت شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- پتانسیل زتا

پتانسیل زتا می‌تواند نیروی دافعه یا جاذبه بین ذرات را اندازه‌گیری کند. هرچه قدر مطلق پتانسیل بیشتر باشد، سیستم امولسیون پایدارتر است و احتمال تجمع آن کمتر است[۱۸].پتانسیل زتا امولسیون‌های پیکرینگ در جدول۱ نشان داده شده است.بار الکتریکی سطحی قطرات در تمام نمونه‌های مورد بررسی منفی و در گستره ٤- تا ۱۳- میلی‌ولت نوسان می‌کند.با افزایش غلظت نانو ذرات کیتین پتانسیل زتا افزایش یافت و بیشترین پایداری در امولسیون حاوی ۰/۵ گرم در گرم و روغن ۲۰٪ مشاهده شد. سان و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی استفاده از نانوذرات کیتین و ذرات کلوئیدی زئین به‌عنوان تثبیت کننده پیکرینگ امولسیون گزارش کردند که با افزایش محتوای کمپلکس نانوذرات کیتین و ذرات زئین، پتانسیل زتا افزایش یافت که نتایج ما با آن مطابقت داشت[۱۹].

1. Permeability water vapor
2. Ultimate Tensile Strenght
3. Elongation to Break
4. Young modulus
5. Differential scanning calorimetry

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-04]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.25.7]
[DOI: 10.52547/fsct.18.120.24]

Table 1 Zeta potential of edible gelatin films with different ratios of nanochitin and oil

Sample Film	Zeta potential (mV)
Gelatin mixture containing 20% oil	-5.8±0.23[ef]
Gelatin emulsion containing 80 tween and 20% oil	-6.9±0.21[e]
Gelatin emulsion containing 0.2gr/gr N-chitin and 20% oil	-13.5±0.11[ab]
Gelatin emulsion containing 0.5gr/gr N-chitin and 20% oil	-13.9±0.19[a]
Gelatin emulsion containing 1 gr/gr N-chitin and 20% oil	-11.8±0.25[bc]
Gelatin emulsion containing 2 gr/gr N-chitin and 20% oil	-9.5±0.32[d]
Gelatin mixture containing 30% oil	-4.9±0.17[f]
Gelatin emulsion containing twine 80 and 30% oil	-5.2±0.35[ef]
Gelatin emulsion containing 0.2gr/gr N-chitin and 30% oil	-10.5±0.15[cd]
Gelatin emulsion containing 0.5 gr/gr N-chtin and 30% oil	-12.0±0.28[bc]
Gelatin emulsion containing 1 gr/gr N-chitin and 30% oil	-11.5±0.12[c]
Gelatin emulsion containing 2 gr/gr N-chitin and 30% oil	-8.9±0.14[d]

*Values with similar superscripts have no significant difference($p > 0.05$)

۳-۲- ضخامت فیلم‌ها

جدول ۲ تاثیر غلظت‌های مختلف نانوکیتین و روغن ذرت را بر ضخامت فیلم‌های ژلاتینی نشان می‌دهد. طبق این نتایج غلظت‌های مختلف نانوکیتین و روغن ذرت تاثیر معنی‌داری بر روی ضخامت فیلم نداشته است ($P \geq ۰/۰۵$). ضخامت فیلم‌ها بین ۰/۰۹ و ۰/۱۲ میکرومتر در نوسان بود. نتایج این بررسی با مطالعات داماک و همکاران (۲۰۱۸) که به بررسی خصوصیات فیلم ژلاتین به‌روش پیکرینگ امولسیون حاوی هسپردین پرداخته بودند مطابقت داشت [٦].

Table 2 Thickness of edible gelatin films with different ratios of nanochitin and oil

Sample Film	Thickness(Mm)
Gelatin film containing 20% oil	0.12[a]
Twin 80 gelatin film containing 20% oil	0.12[a]
Gelatin film 0.2gr/gr Nanochitin containing 20% oil	0.10[a]
Gelatin film 0.5gr/gr Nanochitin containing 20% oil	0.11[a]
Gelatin film 1 gr/gr Nanochitin containing 20% oil	0.10[a]
Gelatin film 2 gr/gr Nanochitin containing 20% oil	0.12[a]
Gelatin film containing 30% oil	0.12[a]
Twin 80 gelatin film containing 30% oil	0.10[a]
Gelatin film 0.2gr/gr Nanochitin containing 30% oil	0.09[a]
Gelatin film 0.5gr/gr Nanochitin containing 30% oil	0.11[a]
Gelatin film 1 gr/gr Nanochitin containing 30% oil	0.09[a]
Gelatin film 2 gr/gr Nanochitin containing 30% oil	0.10[a]

*Values with similar superscripts have no significant difference($p > 0.05$)

۳-۳- محتوای رطوبت و حلالیت

رطوبت و حلالیت فیلم ژلاتینی حاوی نانوذرات کیتین و روغن در جدول ۳ نشان داده شده است.نتایج نشان داد که به کاربردن نانوذرات کیتیندر فیلم ژلاتین باعث کاهش محتوای رطوبت نسبت به فیلم کنترل (فیلم بدون نانوذرات) و فیلم حاوی توئین می‌شود. اما تفاوت معنی‌داری بین محتوای رطوبت فیلم‌های ژلاتینی خالص و حاوی توئین جز در فیلم حاوی ۲ گرم در گرم نانوکیتین و روغن ۲۰٪ وجود ندارد. همانطور که مشاهده می‌شود افزودن روغن در فیلم در غلظت ۲۰٪ باعث کاهش محتوای رطوبت آن گردید. از طرفی، غلظت‌های مازاد روغن بیشتر از ۲۰٪ منجر به افزایش محتوای رطوبت فیلم شد که می‌تواند نتیجه ناپیوستگی در ماتریس پلیمر ژلاتین یا عدم پخش همگن در ماتریس پلیمری باشد [۱۲]. همچنین تفاوت معنی‌داری بین رطوبت فیلم‌های حاوی نانوکیتین درغلظت‌های متفاوت با روغن ۳۰٪ مشاهده نشد. صحرایی و همکاران نتایج مشابهی را به عنوان تاثیر روغن ذرت بر خواص فیلم نانوکامپوزیت ژلاتین حاوی نانوکیتین گزارش دادند.

نتایج ارزیابی حلالیت فیلم ژلاتین حاوی نانوکیتین و روغندر جدول ۳ درج شده‌است. طبق این نتایج می‌توان دریافت که فیلم خالص ژلاتینی یک فیلم آبدوست با تمایل زیاد به حل شدن در آب است. با افزایش غلظت نانوکیتین در این فیلم

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-04]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.25.7]
[DOI: 10.52547/fsct.18.120.24]

حلالیت آن کم می‌شود. با ورود نانوذرات در فرمولاسیون فیلم با افزایش تعامل بین زنجیره‌های پلیمری و نانوذرات، حلالیت کاهش می‌یابد. صحرایی و همکاران (۲۰۱۷) از نانو کیتین در فیلم نانوکامپوزیت ژلاتین استفاده کردند و دریافتند که حلالیت فیلم‌های نانوکامپوزیتی با اضافه کردن نانوکیتین کاهش می‌یابد . کاهش حلالیت فیلم‌های نانوکامپوزیتی می‌تواند نتیجه تعامل زنجیره ژلاتین تقویت شده و نانوکیتین باشد که منجر به ساختار فشرده‌تر و حلالیت کمتر در آب می‌شود [۱۲].

نتایج این بررسی نشان داد که افزودن روغن در فیلم ژلاتین/ نانوکیتین اثر قابل توجهی بر حلالیت آن داشت و افزایش نسبت روغن به ماده خشک فیلم باعث حلالیت کمتر فیلم‌ها در آب گردید. در نتیجه فیلم‌های ژلاتینی حاوی٪۳۰ روغن دارای حلالیت کمتری در مقایسه با فیلم‌های حاوی۲۰٪ روغن بودند. همچنین کمترین میزان حلالیت نیز مربوط به فیلم ژلاتین با ۲ گرم در گرم نانوکیتین حاوی ۳۰٪ روغن بود.

Table 3 Moisture and Solubility of edible gelatin films with different ratios of nanochitin and oil

Sample Film	Moisture(%)	Solubility (%)
Gelatin film containing 20% oil	22.46 ± 3.6^{ab}	30.43 ± 1.21^{ab}
Twin 80 gelatin film containing 20% oil	22.39 ± 0.7^{ab}	31.20 ± 1.04^{a}
Gelatin film 0.2gr/gr Nanochitin containing 20% oil	20.55 ± 2.4^{ab}	25.47 ± 1.51^{cd}
Gelatin film 0.5gr/gr Nanochitin containing 20% oil	20.08 ± 0.4^{ab}	23.62 ± 3.19^{cde}
Gelatin film 1 gr/gr Nanochitin containing 20% oil	16.52 ± 5.3^{bc}	23.20 ± 3.44^{de}
Gelatin film 2 gr/gr Nanochitin containing 20% oil	13.27 ± 4.3^{c}	19.28 ± 0.81^{f}
Gelatin film containing 30% oil	24.65 ± 2.6^{a}	26.52 ± 2.04^{cd}
Twin 80 gelatin film containing 30% oil	22.69 ± 6.2^{a}	27.27 ± 2.97^{bc}
Gelatin film 0.2gr/gr Nanochitin containing 30% oil	19.52 ± 0.58^{ab}	21.25 ± 2.02^{ef}
Gelatin film 0.5gr/gr Nanochitin containing 30% oil	19.46 ± 0.63^{ab}	20.27 ± 0.61^{ef}
Gelatin film 1 gr/gr Nanochitin containing 30% oil	20.37 ± 1.91^{ab}	18.75 ± 1.90^{f}
Gelatin film 2 gr/gr Nanochitin containing 30% oil	21.32 ± 1.15^{ab}	17.83 ± 1.03^{f}

*Values with similar superscripts have no significant difference($p > 0.05$)

۳-٤- نفوذپذیری به بخار آب

خصوصیات بازدارندگی فیلم‌های امولسیونی ژلاتین در برابر بخار آب در جدول ٤ نشان داده شده‌است. نتایج نشان داد که افزودن نانوکیتین در ساختار فیلم ویژگی بازدارندگی به بخار آب فیلم‌ها را افزایش داده است. مطالعات متعددی در مورد تأثیر نانوذرات بر نفوذپذیری بخار آب فیلم‌های نانو کامپوزیت منجر به این نتیجه شد که نانوذرات می‌توانند از طریق ایجادیک مسیر عبور طاقت فرسا در طول فیلم و افزایش انسجام پلیمر با پر کردن فضاهای حجم آزاد بین زنجیرهای پلیمری و تعامل با آن‌ها، نفوذپذیری فیلم را کاهش دهند[۲۰ و ۲۱].این یافته‌ها مطابق با نتایج مطالعات کانمانی و همکاران (۲۰۱٤) بود که خواص فیلم‌های نانوکامپوزیت ژلاتین حاوی نانوذرات نقره و نانوذرات رس را بررسی کردند و دریافتند خاصیت بازدارندگی بخار آب پس از افزودن این نانوذرات بهبود یافت[۲۲]. همچنین افزایش غلظت روغن تا غلظت ۳۰٪ نسبت به غلظت ۲۰٪ روغن باعث کاهشنفوذپذیری به بخار آب شد. مشابه این نتایج توسط عمران و همکاران (۲۰۱۲)، آسودوفانی و همکاران (۲۰۱۵) مشاهده شد.

Table 4 WVP of edible gelatin films with different ratios of nanochitin and oil

Sample Film	Water vapor permeability($gmmm^{-2}pa^{-1}day^{-1}*10^{-4}$)
Gelatin film containing 20% oil	5.60 ± 0.03^{a}
Twin 80 gelatin film containing 20% oil	5.41 ± 0.10^{a}
Gelatin film 0.2gr/gr Nanochitin containing 20% oil	4.76 ± 0.14^{b}
Gelatin film 0.5gr/gr Nanochitin containing 20% oil	4.38 ± 0.11^{cd}
Gelatin film 1 gr/gr Nanochitin containing 20% oil	4.32 ± 0.02^{cd}
Gelatin film 2 gr/gr Nanochitin containing 20% oil	4.27 ± 0.06^{cd}
Gelatin film containing 30% oil	4.45 ± 0.14^{c}
Twin 80 gelatin film containing 30% oil	4.16 ± 0.14^{d}
Gelatin film 0.2gr/gr Nanochitin containing 30% oil	3.87 ± 0.11^{e}
Gelatin film 0.5gr/gr Nanochitin containing 30% oil	3.81 ± 0.02^{e}
Gelatin film 1 gr/gr Nanochitin containing 30% oil	3.40 ± 0.29^{f}
Gelatin film 2 gr/gr Nanochitin containing 30% oil	3.09 ± 0.01^{g}

*Values with similar superscripts have no significant difference($p > 0.05$)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-04]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.25.7]
[DOI: 10.52547/fsct.18.120.24]

این محققین نشان دادند که با افزایش قطرات روغن، نفوذپذیری به‌دلیل خاصیت آبگریز قطرات روغن کاهش می‌یابد [۲۳ و ۲٤]. بیشترین میزان بازدارندگی در نمونه فیلم ژلاتینی حاوی ۲ گرم در گرم نانوکیتین با غلظت روغن ۳۰٪ مشاهده شد و کمترین میزان بازدارندگی به نفوذپذیری مربوط به فیلم ژلاتینی حاوی روغن ۲۰٪ بود. همچنین تفاوت معنی‌داری بین فیلم کنترل و فیلم حاوی غلظت‌های متفاوت نانوکیتین وجود دارد، و میان نمونه‌های فیلم ژلاتینی حاوی نانوکیتین با غلظت ۰/۵، ۱ و ۲ گرم در گرم با روغن ۲۰٪ تفاوت معنی‌داری وجود نداشتو فیلم‌های حاوی غلظت روغن ۲۰ و ۳۰٪ روغن تفاوت معنی داری با یکدیگر داشتند ($P\leq ۰/۰۵$).

۳-۵- زاویه تماس

نتایج آنالیز زاویه تماس قطره آب بر روی سطح فیلم جهت بررسی آبگریزی سطحی فیلم در جدول ۵ آمده است. همانطور که مشاهده می‌شود افزودن نانوکیتین به فیلم ژلاتینی باعث افزایش زاویه تماس گردید. زاویه تماس بیشتر فیلم با قطره آب، آبگریزی بیشتر سطح فیلم را نشان می‌دهد. نانوکیتین می‌تواند پیوندهای آمیدی و هیدروژنی با زنجیره‌های پروتئینی ایجاد کند و احتمالاً باعث کاهش گروه‌های آزاد آبدوست و افزایش انسجام در سطح فیلم مبتنی بر ژلاتین می‌شود، که به نوبه خود آبگریزی سطح را افزایش می‌دهد [۲۰]. افزودن روغن ذرت به میزان ۳۰٪ نسبت به مقدار روغن ۲۰٪ باعث آبگریزی بیشتر شد. پردا و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای به بررسی فیلم امولسیونی خوراکی کیتوزان و روغن زیتون پرداختند که گزارش کردند افزایش غلظت روغن زیتون باعث افزایش مقادیر زاویه تماس می‌شود [۲۵]. همچنین اجاق و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند ترکیب روغن‌های اسانسی دارچین در فیلم‌های کیتوزان منجر به کاهش آبدوستی فیلم‌های کامپوزیت می‌شود که به از دست دادن گروه‌های عملکردی آزاد نسبت داده می‌شود[۲٦]. بیشترین زاویه تماس قطره آب با فیلم مربوط به فیلم ژلاتینی حاوی ۲ گرم در گرم نانوکیتین حاوی روغن۳۰٪ و کمترین زاویه تماس مربوط به فیلم ژلاتینی حاوی توِئین۸۰ حاوی روغن۲۰٪ بود.

Table 5 contact angle of edible gelatin films with different ratios of nanochitin and oil

Sample Film	contact angle (^{0})
Gelatin film containing 20% oil	82.48 ± 0.77^{f}
Twin 80 gelatin film containing 20% oil	76.38 ± 0.73^{h}
Gelatin film 0.2gr/gr Nanochitin containing 20% oil	84.55 ± 0.11^{e}
Gelatin film 0.5gr/gr Nanochitin containing 20% oil	87.93 ± 0.21^{d}
Gelatin film 1 gr/gr Nanochitin containing 20% oil	90.66 ± 0.78^{c}
Gelatin film 2 gr/gr Nanochitin containing 20% oil	92.60 ± 0.40^{b}
Gelatin film containing 30% oil	85.03 ± 0.14^{e}
Twin 80 gelatin film containing 30% oil	80.53 ± 0.71^{g}
Gelatin film 0.2gr/gr Nanochitin containing 30% oil	90.62 ± 0.66^{c}
Gelatin film 0.5gr/gr Nanochitin containing 30% oil	90.92 ± 0.54^{c}
Gelatin film 1 gr/gr Nanochitin containing 30% oil	93.51 ± 0.29^{ab}
Gelatin film 2 gr/gr Nanochitin containing 30% oil	94.31 ± 0.43^{a}

*Values with similar superscripts have no significant difference($p > 0.05$)

۳-٦- خواص مکانیکی

به‌طورکلی مقاومت مکانیکی و قابلیت انعطاف‌پذیری دو پارامتر اساسی برای بسته‌بندی مواد غذایی است زیرا باید دربرابر فشارهای خارجی مقاومت کرده و یکپارچگی ساختاری آن‌ها را در طی بسته‌بندی، حمل‌ونقل و ذخیره‌سازی حفظ کند [۲۷]. ویژگی‌های مکانیکی فیلم ژلاتینی حاوی نانوذرات کیتین با غلظت‌های متفاوت روغن در جدول٦ نشان داده شده است. با افزایش غلظت نانوذرات کیتین با میزان غلظت روغن ۲۰٪، مقاومت کششی افزایش یافت اما با افزایش غلظت نانوکیتین تا ۱ گرم در گرم میزان مقاومت کششی کاهش یافت. نتایج مشابهی درمورد مدول یانگ بدست آمد که با افزایش غلظت نانوکیتین تا ۰/۵ گرم در گرم موجب کاهش مدول یانگ شد. به همین ترتیب چانگ و همکاران (۲۰۱۰) دریافتند مقاومت کششی فیلم‌های کامپوزیت نشاسته سیب‌زمینی حاوی نانوذرات کیتین با افزایش محتوای ماده پرکننده تا ٦٪ افزایش یافته و سپس با بیش از ٦٪ نانوذرات کیتین، کاهش می‌یابد [۲۸]. درصدافزایش طول تا نقطه پارگی با افزایش غلظت نانوکیتین افزایش یافت. در نمونه های فیلم با روغن۳۰٪ مقاومت

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-04]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.25.7]
[DOI: 10.52547/fsct.18.120.24]

کششی و مدول یانگ نسبت به میزان غلظت روغن ۲۰٪ کاهش پیدا کرد که نشان دهنده کاهش سفتی فیلم است. با توجه به این‌که ژلاتینیک پلیمر آبدوست ناسازگار با روغن تشکیل می‌دهد، پیش بینی می‌شود که مولکول‌های روغن باعث ایجاد فضاهای آزاد بین زنجیره‌های ژلاتین شده و باعث کاهش انسجام ماتریس می‌شوند [۱۲]. بنابراین، فیلم‌های حاوی روغن ۳۰٪ نسبت به فیلم‌های دارای روغن ۲۰٪ دارایEB بیشتر و TS و EM کمتری بودند که با نتایج مطالعات شی و همکاران (۲۰۱٦) مطابقت داشت [۱۳]. همچنین فیلم ژلاتینی حاوی ۰/۵ گرم‌درگرمنانوکیتین حاوی روغن۲۰٪ دارای بیشترین مقاومت کششی است که با نمونه فیلم ژلاتینی حاوی ۰/۵ گرم‌درگرمنانوکیتین حاوی روغن ۳۰٪ اختلاف معنی داری ندارد (P≥ ۰/۰۵). اما با نمونه فیلم ژلاتینی کنترل و فیلم حاوی توئین دارای اختلاف معنی‌داری هستند. نمونه فیلم ژلاتینی با ۲ گرم‌درگرم نانوکیتین با روغن ۳۰٪ بیشترین درصد افزایش طول تا نقطه پارگی را نشان داد که نسبت به نمونه فیلم ژلاتینی کنترل و فیلم حاوی توین با روغن ۳۰٪ اختلاف معنی‌داری دارد (P≤ ۰/۰۵). همچنین بین نمونه‌های فیلم با غلظت‌روغن ۲۰٪ و ۳۰٪ در EB اختلاف معنی‌داری وجود دارد. فیلم ژلاتینی حاوی ۰/۵ گرم در گرم نانوکیتین با روغن ۳۰٪ بیشترین میزان مدول یانگ را نشان داد و با نمونه کنترل و حاوی توین با روغن ۲۰ و ۳۰ ٪ اختلاف معنی داری را نشان داد (P≤ ۰/۰۵). خصوصیات مکانیکی فیلم، توزیع فعل و انفعالات بین و درون مولکولی را اثبات می‌کند، بنابراین این پدیده بر ویژگی فیلم تأثیر زیادی دارد.

Table 5 Mechanical properties of edible gelatin films with different ratios of nanochitin and oil

Sample Film	(MPa) UTS	EB(%)	(MPa) EM
Gelatin film containing 20% oil	4203.33±64.29^{j}	10.30±0.81^{i}	7867.21±76.19^{d}
Twin 80 gelatin film containing 20% oil	5307.67±44.65^{c}	32.46±1.76^{f}	8341.41±21.46^{d}
Gelatin film 0.2gr/gr Nanochitin containing 20% oil	5701.00±56.93^{b}	33.13±1.80^{ef}	9361.68±81.12^{c}
Gelatin film 0.5gr/gr Nanochitin containing 20% oil	5954.33±55.82^{a}	35.30±2.40^{e}	11878.66±37.42^{a}
Gelatin film 1 gr/gr Nanochitin containing 20% oil	5245.33±41.01^{d}	45.83±2.38^{d}	9617.41±63.25^{c}
Gelatin film 2 gr/gr Nanochitin containing 20% oil	5058.67±13.05^{f}	75.10±2.52^{b}	9136.21±83.29^{c}
Gelatin film containing 30% oil	4884.33±12.50^{gh}	26.29±1.39^{h}	6326.85±53.11^{f}
Twin 80 gelatin film containing 30% oil	4906.67±67^{g}	30.49±0.89^{fg}	6747.34±20.51^{f}
Gelatin film 0.2gr/gr Nanochitin containing 30% oil	5168.33±17.55^{e}	28.47±2.21^{gh}	7289.27±33.27^{e}
Gelatin film 0.5gr/gr Nanochitin containing 30% oil	5910.67±27.22^{a}	34.83±2.45^{e}	10254.06±13.29^{b}
Gelatin film 1 gr/gr Nanochitin containing 30% oil	4831.33±11.06^{h}	52.52±2.41^{c}	9141.96±30.82^{c}
Gelatin film 2 gr/gr Nanochitin containing 30% oil	4372.00±9.16^{i}	82.30±1.41^{a}	9051.02±25.62^{c}

*Values with similar superscripts have no significant difference($p > 0.05$).

۳-۷- آنالیز حرارتی

اندوترمیک به عنوان دمای ذوب (Tm) درنظر گرفته می‌شود. یکی از دلایل اصلی مقاومت حرارتی فیلم‌های ژلاتینی، محتوای اسیدهای آمینه هیدروکسی پرولین و پرولین در ساختار مارپیچ سه گانه ژلاتین است[۲۹].همانطور که می‌توان از ترموگرام‌ها دریافت، اضافه کردن نانوذرات به فیلم‌های ژلاتینی باعث تغییر ویژگی‌های حرارتی آن‌ها شد. افزودن نانوکیتین نقطه ذوب و آنتالپی ذوب فیلم‌های ژلاتینی را نسبت به فیلم ژلاتینی خالص و فیلم دارای توین افزایش داد که با توجه به سازگاری مناسب و خاصیت پر کردن نانوذرات با ژلاتین قابل توجیه است. چانگ و همکاران (۲۰۱۰) با اعمال نانوکیتین در پلیمر نشاسته به نتایج مشابهی رسیدند.آن‌ها دریافتند که بهبود اثر نانوکیتین، به تعامل آن با مولکول‌های نشاسته و پر کردن فضاهای آزاد بین زنجیره های مجاور مربوط می‌شود[۲۸]. همچنین نتایج ما با یافته‌های جریدی و همکاران (۲۰۱٤) مطابقت دارد. آنها اثبات کردند که افزایش محتوای کیتوزان در فیلم‌های ژلاتینی باعث افزایش دمای ذوب و آنتالپی می‌شود[۳۰]. افزودن نانو کیتین تا۰/۵ گرم در گرمنقطه ذوب را تا افزایش داد و بعد از آن با افزودن نانوکیتین نقطه ذوب کاهش یافت. کاهش نقطه ذوب در غلظت‌های بالاتر نانوذرات می‌تواند مربوط به مکانیسم نسبتاً پیچیده‌ای باشد. افزایش نانوکیتین می‌تواند باعث افزایش پیوندهای هیدروژنی شود که باعث افزایش ویسکوزیته و انرژی فعال برای انتشار می‌شوند.این می‌تواند باعث کاهش حرکت زنجیره‌های پلیمری شود که به نوبه خود باعث کاهش هسته و رشد کریستال می شود[۲۱]. افزایش غلظت روغن تا ۳۰٪ نسبت به غلظت ۲۰٪ ویژگی‌های حرارتی را بهبود نبخشید و نقطه ذوب و آنتالپی کاهش یافت. دلیل این امر ممکن است پراکندگی ناهمگن روغن اضافی در ماتریس پلیمر و افزایش تحرک زنجیره‌ها توسط اثر پلاستیک کردن روغن‌ها باشد[۱۲].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-04]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.25.7]
[DOI: 10.52547/fsct.18.120.24]

Table 3 Thermal properties of edible gelatin films with different ratios of nanochitin and oil

Sample Film	Tm (°C)	ΔH_m (J/g)
Gelatin film containing 20% oil	61.57±1.7[f]	18.31±0.7[hi]
Twin 80 gelatin film containing 20% oil	65.45±0.8[cd]	19.65±1.5[h]
Gelatin film 0.2gr/gr Nanochitin containing 20% oil	72.22±2.1[b]	98.77±1.3[c]
Gelatin film 0.5gr/gr Nanochitin containing 20% oil	79.96±1.3[a]	149.27±0.3[a]
Gelatin film 1 gr/gr Nanochitin containing 20% oil	67.42±1.6[c]	119.16±1.5[b]
Gelatin film 2 gr/gr Nanochitin containing 20% oil	64.65±0.7[de]	101.56±1.2[c]
Gelatin film containing 30% oil	57.29±1.9[g]	10.26±1.6[j]
Twin 80 gelatin film containing 30% oil	58.31±1.2[g]	15.94±0.4[i]
Gelatin film 0.2gr/gr Nanochitin containing 30% oil	67.53±2.2[c]	79.55±0.9[e]
Gelatin film 0.5gr/gr Nanochitin containing 30% oil	73.70±1.2[b]	90.71±1.3[d]
Gelatin film 1 gr/gr Nanochitin containing 30% oil	64.53±0.7[de]	67.25±1.7[f]
Gelatin film 2 gr/gr Nanochitin containing 30% oil	62.56±0.5[ef]	52.42±0.6[g]

*Values with similar superscripts have no significant difference($p > 0.05$)

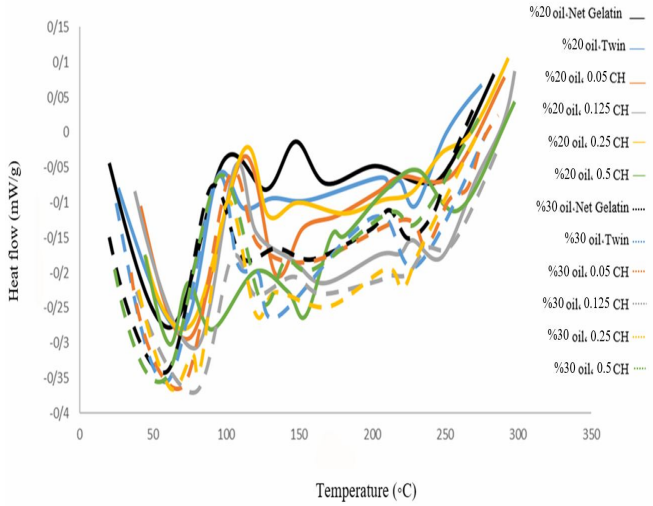

Fig 1 Thermal analysis curve of gelatin emulsion film with different ratios of nanochitin and oil

٤- نتیجه‌گیری

در این مطالعه، فیلم‌های ژلاتینی با درصدهای متفاوت نانوذرات کیتین و حاوی دو غلظت متفاوت روغن (۲۰٪، ۳۰٪) به روش پیکرینگ امولسیون تهیه شدند. امولسیون ژلاتینی حاوی ۰/۵ گرم‌درگرم نانوکیتین پایداری بیشتری نسبت به سایر نمونه‌ها از خود نشان داد. میزان رطوبت، حلالیت و نفوذپذیری به بخار آب با افزایش نانوکیتین کاهش یافت و می‌توان نتیجه گرفت تمایل فیلم‌ها به سمت آب کاهش پیدا کرده است. اگرچه با افزایش میزان غلظت روغن تا ۳۰٪ محتوای رطوبت افزایش پیدا کرد ولی حلالیت و نفوذپذیری به بخار آب کاهش یافت. در ادامه خصوصیات حرارتی فیلم‌های حاوی نانوکیتین بهبود یافته است زیرا افزودن نانوکیتین تا ۰/۵ گرم در گرم، منجر به افزایشدمای ذوب و آنتالپیشد ولی با افزایش بیشتر نانوکیتین نقطه ذوب و آنتالپی کاهش پیدا کرد همچنین روغن با غلظت۳۰٪ باعث بهبود خواص حرارتی نشد و نقطه ذوب و آنتالپی کاهش پیدا کرد. نتایج آزمایش مکانیکی نشان داد افزایش نانوذرات کیتین تا۰/۵گرم در گرممی‌تواند UTS و EMرا بهبود بخشداما با افزایش بیشتر غلظت نانوکیتین منجر به کاهش UTS و EM شد درصورتی‌که EB تقویت شد، اما میزان ۳۰٪ روغن ذرت نسبت به ۲۰٪ باعث کاهش UTSو EM فیلم‌ها شد. بنابراین ترکیب نانوکیتین در فیلم ژلاتینیبا محتوای روغن ۲۰٪ باعث بهبود خواص مکانیکی فیلم‌ها می‌شود. همچنین با افزایش میزان غلظت نانوکیتین خواص آبگریزی فیلم افزایش یافت وافزودن روغن ذرت به میزان ۳۰٪ نسبت به مقدار روغن ۲۰٪ باعث آبگریزی بیشتر شد که با نتایج بدست آمده از آزمایش رطوبت، حلالیت و بازدارندگی بخارآب مطابقت دارد. باتوجه‌به نتایج این مطالعه فیلم‌های ژلاتینی که به روش امولسیون پیکرینگ توسط نانوذرات کیتین تثبیت شدند از خواص کلی قابل قبولی برای استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی برخوردار هستند و می‌توانند منجر به بهبود خواص فیزیکی فیلم ژلاتین شوند.

۵- منابع

[1] Zahedi, Y., Sedaghat, N. and Ghanbarzadeh, B. 2012. Physical Properties of edible emulsified films from pistachio oil cake globulin protein and stearic acid. Iranian journal of food science and technology 33: 47-57.

[2] Briassoulis, D. and Giannoulis, A. 2018. Evaluation of the functionality of bio-based

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-04]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.25.7]
[DOI: 10.52547/fsct.18.120.24]

food packaging films. Polymer Testing 69: 39-51.

[3] Milani, J. M. and Tirgarian, B. 2020. An overview of edible protein-based packaging: Main sources, advantages, drawbacks, recent progressions and food applications. Journal of Packaging Technology and Research 4(1): 103-115.

[4] Falguera, V., Quintero, J. P., Jiménez, A., Muñoz, J. A. and Ibarz, A. 2011. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. Trends in Food Science & Technology 22(6): 292-303.

[5] Ghasemloo, R,. Khaksar, R., Mardani, T., Shahnia, M. and Rashedi, H. 2012. Preparation and study of biodegradable antimicrobial biofilm packaging based on corn starch. Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Industry, 5: 115-123.

[6] Dammak, I., Lourenço, R. V. and do Amaral Sobral, P. J. 2018. Active gelatin films incorporated with pickering emulsions encapsulating hesperidin: Preparation and physicochemical characterizations. Journal of food engineering 240: 9-20.

[7] Sahraee, S., Milani, J. M., Ghanbarzadeh, B. and Hamishehkar, H. 2017. Physicochemical and antifungal properties of bio-nanocomposite film based on gelatin-chitin nanoparticles. International journal of biological macromolecules 97: 373-381

[8] Calabrese, V., Courtenay, J. C., Edler, K. J. and Scott, J. L. 2018. Pickering emulsions stabilized by naturally derived or biodegradable particles. Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry 12: 83-90.

[9] Yuan, D. B., Hu, Y. Q., Zeng, T., Yin, S. W., Tang, C. H. and Yang, X. Q. 2017. Development of stable Pickering emulsions/oil powders and Pickering HIPEs stabilized by gliadin/chitosan complex particles. Food & function 8(6): 2220-2230.

[10] Kolahi, P. and Shekarchizadeh, H. 2018. Pickering emulsion and its application in food industry. 2nd International Congress and 25th National Congress of Food Science and Technology of Iran, Sari.

[11] Li, M. F., He, Z. Y., Li, G. Y., Zeng, Q. Z., Su, D. X., Zhang, J. L. and He, S. 2019. The formation and characterization of antioxidant pickering emulsions: Effect of the interactions between gliadin and chitosan. Food hydrocolloids 90: 482-489.

[12] Sahraee, S., Milani, J. M., Ghanbarzadeh, B. and Hamishehkar, H.2017. Effect of corn oil on physical, thermal, and antifungal properties of gelatin-based nanocomposite films containing nano chitin. LWT-Food Science and Technology 76: 33-39.

[13] Shi, W. J., Tang, C. H., Yin, S. W., Yin, Y., Yang, X. Q., Wu, L. Y. and Zhao, Z. G. 2016. Development and characterization of novel chitosan emulsion films via pickering emulsions incorporation approach. Food Hydrocolloids 52: 253-264.

[14] Lee, J. H., Song, N. B., Jo, W. S. and Song, K. B. 2014. Effects of nano‐clay type and content on the physical properties of sesame seed meal protein composite films. International journal of food science & technology 49(8): 1869-1875.

[15] Gounga, M. E., Xu, S. Y. and Wang, Z. 2007. Whey protein isolate-based edible films as affected by protein concentration, glycerol ratio and pullulan addition in film formation. Journal of Food Engineering 83(4): 521-530.

[16] Liu, F., Antoniou, J., Li, Y., Ma, J. and Zhong, F. 2015. Effect of sodium acetate and drying temperature on physicochemical and thermomechanical propertiesof gelatin films. Food Hydrocolloids 45: 140-149.

[17] De Carvalho, R. A. and Grosso, C. R. F. 2004. Characterization of gelatin based films modified with transglutaminase, glyoxal and formaldehyde. Food hydrocolloids, 18(5):717-726.

[18] Xu, Y., Chu, Y., Feng, X., Gao, C., Wu, D., Cheng, W. and Tang, X. 2020. Effects of zein stabilized clove essential oil Pickering emulsion on the structure and properties of chitosan-based edible films. International journal of biological macromolecules 156: 111-119.

[19] Sun, G., Zhao, Q., Liu, S., Li, B. and Li, Y. 2019. Complex of raw chitin nanofibers and zein colloid particles as stabilizer for producing stable pickering emulsions. Food Hydrocolloids 97: 105178.

[20] Rubentheren, V., Ward, T. A., Chee, C. Y. and Tang, C. K. 2015. Processing and analysis of chitosan nanocomposites reinforced with chitin whiskers and tannic acid as a crosslinker. Carbohydrate polymers 115: 379-387.

[21] Shankar, S., Reddy, J. P., Rhim, J. W. and Kim, H. Y. (2015). Preparation, characterization, and antimicrobial activity of chitin nanofibrils reinforced carrageenan

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-04]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.25.7]
[DOI: 10.52547/fsct.18.120.24]

and evaluation of a novel biodegradable film made from chitosan and cinnamon essential oil with low affinity toward water. Food Chemistry 122: 161–166.

[27] Yang, L. and Paulson, A. T. 2000. Effects of lipids on mechanical and moisture barrier properties of edible gellan film. Food research international 33(7): 571-578.

[28] Chang, P. R., Jian, R., Yu, J. and Ma, X. 2010. Starch-based composites reinforced with novel chitin nanoparticles. Carbohydrate polymers 80(2): 420-425.

[29] Khedri, S., Sadeghi, E., Rouhi, M., Delshadian, Z., Mortazavian, A. M., de Toledo Guimarães, J. and Mohammadi, R. 2021. Bioactive edible films: Development and characterization of gelatin edible films incorporated with casein phosphopeptides. LWT 138: 110649.

[30] Jridi, M., Hajji, S., Ayed, H. B., Lassoued, I., Mbarek, A., Kammoun, M. and Nasri, M. 2014. Physical, structural, antioxidant and antimicrobial properties of gelatin–chitosan composite edible films. International journal of biological macromolecules 67: 373-379.

nanocomposite films. Carbohydrate polymers 117: 468-475.

[22] Kanmani, P. and Rhim, J. W. 2014. Physical, mechanical and antimicrobial properties of gelatin based active nanocomposite films containing AgNPs and nanoclay. Food Hydrocolloids 35: 644-652.

[23] Imran, M., Revol-Junelles, A. M., René, N., Jamshidian, M., Akhtar, M. J., Arab-Tehrany, E. and Desobry, S. 2012. Microstructure and physico-chemical evaluation of nano-emulsion-based antimicrobial peptides embedded in bioactive packaging films. Food Hydrocolloids 29(2): 407-419.

[24] Acevedo-Fani, A., Salvia-Trujillo, L., Rojas-Graü, M. A. and Martín-Belloso, O. 2015. Edible films from essential-oil-loaded nanoemulsions: Physicochemical characterization and antimicrobial properties. Food hydrocolloids 47: 168-177.

[25] Pereda, M., Amica, G. and Marcovich, N. E. 2012. Development and characterization of edible chitosan/olive oil emulsion films. Carbohydrate polymers, 87(2): 1318-1325.

[26] Ojagh, S. M., Rezaei, M., Razavi, S. H. and Hosseini, S. M. H. 2010. Development

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-04]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.25.7]

[DOI: 10.52547/fsct.18.120.24]

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Preparation of Gelatin emulsion films by emulsion pickering method containing Chitin nanoparticles

Yousefi Hezari, S. [1], Mohammadzadeh Milani, J. [2*], Motamedzadegan, A. [2], Sahraei, S. [3]

1. Ms.C.Student of Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
2. Professor, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
3. Postdoctoral student, Department of Food Science and Technology, University of Tabriz.

ARTICIE INFO

Article History:

Received 2021/ 07/ 20
Accepted 2021/ 10/ 25

Keywords:

Pickering emulsion,
Gelatin,
Edible film,
Nanochitin.

DOI: 10.52547/fsct.18.120.24

DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.25.7

*Corresponding Author E-Mail:
jmilany@yahoo.com

ABSTRACT

This study aimed to produce and investigate an emulsion film of gelatin by emulsion pickering method containing chitin nanoparticles. Different concentrations of nanochitin (0.2, 0.5, 1, and 2 g/g dry gelatin) and two different concentrations of corn oil (20% and 30% based on dry matter weight) were used to prepare the gelatin emulsion film by the emulsion pickering method. Then the properties of the films were investigated by examining the zeta potential, thickness, moisture and solubility, water vapor permeability (WVP), surface hydrophobicity, mechanical and thermal properties. The results showed that the gelatin emulsion containing 0.5 g/g of chitin nanoparticles was more stable than other samples. Nanochitin-stabilized emulsion films reduced moisture, solubility, and water vapor permeability compared to control films and tween-containing films, and nanochitin-containing films improved mechanical properties. In addition, the addition of nanochitin up to 0.5 g/g to the gelatin emulsion film improved the thermal properties because it led to increase in melting temperature and enthalpy. The addition of nanochitin also increased the hydrophobic properties of the film. 30% oil concentration had a better effect on film properties than 20% oil. Therefore, the use of nanochitin as a stabilizing emulsion for pickering in gelatin films with a concentration of 30% corn oil can lead to the formation of biodegradable polymers with more acceptable properties for food packaging.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-04]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.25.7]
[DOI: 10.52547/fsct.18.120.24]