مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال بیستم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴، صفحات ۹۱-۸۳

تولید و بررسی ویژگی های فیلم های بر پایه ی پروتئین ارزن حاوی اسانس دارچین

مریم نجفی [۱]، سعیده شجاعی علی آبادی [۲]، لیلا میرمقتدایی [۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده تغذیه و علوم صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

۲- نویسنده مسئول: دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران. پست الکترونیکی: saeedeh.shojaee@gmail.com

۳- نویسنده مسئول: دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران. پست الکترونیکی: le_mirmoghtadaie@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۶/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۷/۲۱

چکیده

سابقه و هدف: در سال های اخیر استفاده از فیلم‌های خوراکی در صنایع بسته‌بندی به علت زیست تخریب پذیر بودن و سازگاری با محیط زیست، رشد چشمگیری داشته است. در این مطالعه فیلم بر پایه‌ی پروتئین ارزن حاوی غلظت های متفاوت از اسانس دارچین تهیه و ویژگی‌های مختلف آن اندازه‌گیری می شود.

مواد و روش‌ها: فیلم‌های پروتئین ارزن حاوی غلظت های v/v ٪ ۲، ۱/۵ ،۱ به روش پخش مرطوب محلول فیلم ساز، تهیه و ویژگی‌های فیزیکی و سدکنندگی فیلم‌های بدست آمده مورد اندازه گیری قرار می گیرد. علاوه بر این ویژگی‌های مکانیکی فیلم‌ها شامل قدرت کشش و افزایش طول تا نقطه شکست نمونه های فیلم توسط دستگاه بافت سنج تعیین گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که افزودن اسانس به محلول فیلم ساز منجر به کاهش حلالیت از ۶۲/۳۹ درصد به ۵۵/۲۸ درصد و کاهش رطوبت از ۱۰/۶۶ به ۷/۲۵ ٪ و اصلاح ویژگی نفوذپذیری به بخار آب گردد. مقاومت کششی فیلم با افزودن اسانس دارچین تا غلظت ۱/۵ ٪ افزایش، اما در غلظت ۲ ٪ کاهش یافت. بررسی فعالیت ضد کپکی فیلم‌های حاوی اسانس علیه کپک *Aspergillus niger* توسط روش دیسک دیفوزیون (تماس مستقیم و فاز گازی) نشان‌دهنده افزایش اثر بازدارندگی فیلم حاوی اسانس در تماس مستقیم با افزایش غلظت اسانس بود.

نتیجه‌گیری: فیلم بر پایه‌ی پروتئین ارزن حاوی ۲ ٪ اسانس دارچین، می‌تواند پتانسیل خوبی برای استفاده در کاربردهایی مانند پوشش کیک داشته باشد که در مطالعات بعدی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

واژگان کلیدی: پروتئین ارزن، اسانس دارچین، فیلم، ویژگی‌های ضد قارچی، ویژگی‌های مکانیکی

پیام‌های اصلی

- امکان تشکیل فیلم با استفاده از محلول ۵ ٪ پروتئین ارزن وجود دارد.
- افزودن اسانس دارچین به محلول فیلم ساز پروتئین ارزن، منجر به کاهش حلالیت و رطوبت و اصلاح ویژگی نفوذپذیری به بخار آب می‌گردد.
- فیلم بر پایه ی پروتئین ارزن حاوی اسانس دارچین، اثر بازدارندگی روی رشد کپک *Aspergillus niger* نشان داد که این اثر با افزایش غلظت اسانس افزایش می یابد.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.61882/nsft.20.4.83]

• مقدمه

در سال های اخیر توجه به بسته‌بندی فعال در تولید مواد غذایی افزایش یافته است (۱). یکی از موادی که در تشکیل فیلم‌های خوراکی به‌کار می‌رود پروتئین‌ها می‌باشد. پتانسیل فیلم‌سازی پروتئین ها ناشی از ویژگی‌های ذاتی آنها است که به مقادیر ترکیبات آمینواسیدها و جایگزینی آنها در میان زنجیره‌های پروتئینی، سایز مولکول‌ها، توزیع بار، نقطه‌ی ایزوالکتریک و شکل شبکه‌ی سه بعدی وابسته است (۲،۳). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که به طور کلی فیلم‌های برپایه‌ی پروتئین خصوصیات ممانعتی بهتری در مقابل چربی، اکسیژن و عطر و طعم در رطوبت نسبی پائین دارند (۴). جهت تشکیل فیلم، ساختار درهم رفته‌ی پروتئین می‌بایست توسط گرما یا حلال‌ها و بازها، باز شود. بعد از باز شدن، زنجیره‌ها توسط پیوندهای هیدروژنی، یونی، هیدروژنی و کوالانت به هم می‌پیوندند که باعث تشکیل فیلم پایدار می‌شود که میزان چسبندگی آن به درجه‌ی کشش و گسترش زنجیره‌ها، ماهیت و توالی آمینواسیدهای ترسیب شده، توزیع گروه‌های آبگریز، قطبی، پیوندهای دی‌سولفیدی بستگی داشته و همچنین بر انعطاف‌پذیری فیلم و نفوذپذیری به آب و گازها و محلول‌ها تاثیر می‌گذارد. این پلیمر که توسط پیوندهای یونی و هیدروژنی به هم می‌پیوندند به‌عنوان سدکننده‌های عالی اکسیژن استفاده می‌شود اما نقطه ضعف آنها حساسیت به‌رطوبت است (۵). به‌دلیل مقاومت ضعیف به بخار آب و قدرت مکانیکی ضعیف‌تر فیلم‌های پروتئینی، کاربردشان در بسته‌بندی غذا محدود شده است و اصلاح این فیلم‌ها باعث می‌تواند باعث افزایش کاربرد آنها در صنعت شود (۶). در این راستا Meshkan و همکاران در سال ۲۰۱۲ به بررسی امکان تولید فیلم خوراکی از ایزوله پروتئین نخود و تعیین اثر غلظت ایزوله پروتئین نخود و غلظت پلاستیسایزر روی برخی ویژگی‌های فیلم خوراکی پرداختند. نتایج نشان داد که درصد پلاستیسایزر در محدوده مورد مطالعه اثر معنی داری روی نفوذپذیری به بخارآب دارد. همچنین افزایش غلظت پروتئین باعث افزایش میزان نفوذپذیری نسبت به بخارآب شد (۷). در مطالعه دیگری Ameri Shahrabi و همکاران در سال ۲۰۱۳ به تهیه ی ایزوله پروتئین از آرد چربی گرفته نخود بوسیله استخراج قلیایی و ترسیب اسیدی استخراج پرداختند. نتایج نشان دادکه افزایش غلظت گلیسرول موجب افزایش میزان انتقال بخارآب، میزان کشش، میزان اختلاف رنگ، ضخامت وکدورت و کاهش قدرت کششی فیلم‌های پروتئینی می شود. افزایش غلظت پروتئین باعث افزایش مقاومت کششی، کدورت و میزان اختلاف رنگ فیلم‌ها گردید ولی میزان انتقال بخارآب و میزان کشش فیلم‌ها را کاهش داد (۸).

برای افزایش ویژگی‌های ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی فیلم ها می توان از ترکیبات حاوی مواد موثره مانند اسانس ها استفاده کرد. با توجه به تعداد ترکیبات شیمیایی در اسانس گیاهان، نمی‌توان مکانیسم واحدی برای اثرات ضد قارچی و ضد باکتریایی آنها در نظر گرفت. ویژگی آب گریزی اسانس‌ها موجب نفوذ این مواد به لیپیدهای غشائی سلول میکروبی و میتوکندری‌ها می‌شود و سبب اختلال در ساختمان آنها و ایجاد نفوذ پذیری بیشتر سلول می‌شود. این مسئله موجب خروج و نشت یون‌ها و دیگر محتویات سلولی و مرگ سلول می‌شود (۹).

در این راستا، Hoque و همکاران در سال ۲۰۱۰ به بررسی ویژگی‌های فیلم‌های ژلاتینی حاوی اسانس دارچین، میخک و عصاره ی بادیان رومی پرداختند که به دوصورت هیدرولیز جزئی ۱/۲ درصد و بدون هیدرولیز بدست آمد. فیلم‌های حاوی اسانس در مقایسه با نمونه‌ی شاهد دارای خواص ضد میکروبی و ضد قارچی بیشتری بودند(۱۰).

هدف از مطالعه ی حاضر، بررسی اثر افزودن اسانس دارچین بر ویژگی‌های ویژگی‌های فیلم‌های به دست آمده از پروتئین ارزن است که در ۳ غلظت ۱، ۱/۵ ،۲ ٪ به فیلم افزوده می گردند.

• مواد و روش‌ها

مواد

دانه‌ی ارزن از موسسه ی اصلاح بذر و نهال جهاد کشاورزی کرج تهیه شد و سدیم هیدروکسید، کلریدریک اسید، گلیسرول، توئین ۸۰، نیترات منیزیوم، سدیم کلرید، کلسیم کلرید از شرکت مرک آلمان و اسانس دارچین خالص از شرکت زردبنداستخراج و فرآوری کننده موادموثره گیاهان دارویی تهیه شد.

سوش کپک *آسپرژیلوس نایجر* (*Aspergillus niger* PTCC5011) از مؤسسه ی سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران تهیه شد. محیط کشت های پپتون واتر، سابورود دکستروز آگار Sabourraud Dextrose Agar ۴%و Potato Dextrose Agar از شرکت مرک آلمان خریداری شدند.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.61882/nsft.20.4.83]

روش ها

استخراج پروتئین ارزن

استخراج پروتئین ارزن مطابق با روش استخراج قلیایی با کمی اصلاحات توسط سود و اسید ۱ نرمال و در pH ایزوالکتریک ۴/۸ توسط صورت گرفت. نمونه های پروتئین تهیه شده در ظرف درب دار درون زیپ کیپ در یخچال نگهداری شدند (۱۱).

تهیه فیلم‌های بر پایه‌ی پروتئین ارزن حاوی اسانس دارچین

تهیه ی فیلم بر پایه‌ی پروتئین ارزن به روش پخش مرطوب محلول فیلم ساز مطابق با روش سرمدی زاده و همکاران در سال ۲۰۱۰ و Park و همکاران در سال ۲۰۰۷ با انجام کمی اصلاحات صورت گرفت (۱۳،۱۲). به طور خلاصه ۵ گرم از پروتئین ارزن به ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه شد و جهت حل شدن کامل پروتئین PH محلول توسط سود ۱ نرمال به ۹،۵ رسانده و به مدت ۴۵ دقیقه در دمای محیط هم زده شد. سپس به مدت ۳۰ دقیقه دمای محلول در دمای ۸۵ درجه ی سلسیوس نگهداری تا پروتئین جهت تشکیل فیلم دناتوره شود. در ۱۵ دقیقه ی آخر گلیسرول به عنوان پلاستیسایزر به میزان ۴۰٪ اضافه شد. برای تهیه فیلم‌های دارای اسانس بعد از گلیسرول از امولسیفایر توئین ۸۰ استفاده شد. سپس برای تهیه فیلم‌های حاوی به ترتیب ۱، ۱/۵ و ۲ درصد حجمی –حجمی اسانس، اسانس دارچین اضافه و به مدت ۳ دقیقه محلول در mixer مخلوط و سپس به هموژنایزر منتقل و به مدت ۳،۵ دقیقه هم در این قسمت هموژن شد.

ضخامت فیلم ها

ضخامت فیلم‌ها با میکرومتر (ریزسنج) تعیین گردید. اندازه‌گیری‌ها در ۱۰ نقطه مختلف در هر نمونه تکرار شد. میانگین ضخامت محاسبه شده و در تعیین قدرت کششی، نفوذپذیری به بخار آب و کدورت استفاده گردید (۱۳).

اندازه‌گیری حلالیت فیلم ها در آب

نمونه های فیلم در ابعاد ۳×۱cm بریده شده و پس از تعیین وزن اولیه، نمونه ها درون ۵۰ میلی لیتر آب مقطر قرار گرفته و تحت شرایط ثابت در دمای۲۵ درجه سلسیوس تحت همزدن ملایم به مدت ۶ ساعت قرار گرفت. محلول حاصله توسط کاغذ صافی که قبلا به وزن ثابت رسیده و توزین شده بود صاف گردید. درصد حلالیت فیلم در آب از رابطه زیر محاسبه گردید (۱۴).

$$\text{درصد حلالیت} = \frac{\text{وزن ماده خشک} - \text{وزن فیلم خشک پس از غوطه وری} \times ۱۰۰}{\text{وزن ماده خشک اولیه موجود در فیلم}}$$

اندازه گیری میزان نفوذپذیری فیلم‌ها در برابر بخار آب

میزان نفوذپذیری فیلم‌ها به بخارآب بااستفاده از روش شماره E96 مصوب به ASTM تعیین گردید (ASTM، ۱۹۹۵) (۱۵). نمونه فیلم روی ظروف شیشه ای با مساحت دهانه ۰/۰۰۲۸۷ متر مربع حاوی کلرید کلسیم بدون آب قرار داده شد و با کمک پارافین مایع دربندی شد و در درون دسیکاتور حاوی آب نمک اشباع (رطوبت نسبی ۷۵٪) و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شد. تغییرات وزن ظروف طی زمان ثبت شده نمودار تغییرات وزن ظروف نسبت به زمان رسم می گردد. با تقسیم شیب خط حاصله بر سطح فیلم مورد بررسی، نرخ انتقال بخار آب بدست می آید. سپس ضخامت فیلم‌ها اندازه‌گیری و میزان نفوذپذیری بخار آب توسط معادله زیر محاسبه گردید:

(۳-۳) (اختلاف فشار موجود در دو سمت فیلم / ضخامت فیلم × نرخ انتقال بخار آب) = نرخ انتقال بخارآب

بررسی فعالیت ضدمیکروبی فیلم‌ها (روش دیسک دیفوزیون (تماس مستقیم))

فعالیت ضدمیکروبی فیلم‌های خوراکی درحالت تماس مستقیم بصورت کمی بااستفاده ازروش آگار دیسک دیفوزیون (Solid Disc Diffusion Method) تعیین شد. هرآزمون با سه تکرارانجام شد (۱۶).

روش تبخیر از روی دیسک (فاز گازی)

روش تبخیر از روی دیسک (Vapor Disc Diffusion Method) مطابق روش Lopez و همکاران (۲۰۲۵) برای تعیین فعالیت ضد میکروبی فیلم‌ها در فاز گازی استفاده شد (۱۷). بطور خلاصه، کشت سطحی با استفاده از ۵۰ میکرولیتر کشت مایع محتوی تقریباً $۱۰^۶$ CFU/ml از کپک مورد آزمایش بر محیط کشت سابورود دکستروز آگارانجام شد. دیسکهایی با قطر ۱۰ میلیمتر از فیلم تهیه، تحت شرایط اسپتیک روی سطح داخلی در پلیت قرار داده شد (بدون تماس مستقیم با سطح محیط کشت). پس از درزبندی پلیتها با پارافیلم برای جلوگیری از نشت بخارات اسانسها، در در دمای $۲۵\ C^\circ$ به مدت ۷۲ ساعت گرمخانه گذاری شدند. کل قطر هاله ایجاد شده به‌عنوان منطقه بازداری در نظر گرفته شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی فیلم

ویژگی‌های مکانیکی فیلم‌ها شامل قدرت کشش (مگاپاسکال) و افزایش طول تا نقطه شکست (٪) نمونه های فیلم توسط دستگاه دستگاه بافت سنج (M350-10CT ساخت کشور انگلیس) طبق روش شماره D882 مصوب ASTM

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.61882/nsft.20.4.83]

تعیین گردید (ASTM، ۲۰۰۱) (۱۵). تمام برش‌های (۱۰ × ۱/۵سانتیمتر مربع) نمونه های مورد آزمایش قبلاً در دمای ۲۵°C و رطوبت نسبی ۵۳٪ به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شده بودند. فاصله بین دو فک دستگاه ۵ سانتی متر و سرعت حرکت فک ها ۵۰ میلیمتر بر دقیقه انتخاب شد.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده های حاصله با نرم افزار SPSS انجام پذیرفت. به منظور مقایسه میانگین ها به دست آمده از آزمایش های شیمیایی و میکروبی از آنالیز واریانس یکطرفه استفاده گردید.

• یافته‌ها

ویژگی‌های فیزیکی (مقدار رطوبت، حلالیت و نفوذپذیری به بخار آب) فیلم‌ها

ویژگی‌های فیزیکی فیلم شاهدو فیلم‌های دارای اسانس دارچین شامل ضخامت، مقدار رطوبت، درصد حلالیت و نفوذپذیری به بخار آب در جدول ۱ آمده است. با افزودن اسانس دارچین و افزایش درصد اسانس به فیلم شاهد ضخامت فیلم افزایش داشت، اما این اختلاف معنی‌دار نبود. افزودن اسانس دارچین به فیلم شاهد منجر به کاهش رطوبت فیلم شد و رطوبت فیلم شاهددر حضور اسانس دارچین بصورت معنی‌داری کاهش نشان داد (p <۰/۰۵). اختلاف معنی‌داری در درصد حلالیت در آب فیلم‌های امولسیونه دارای اسانس دارچین نسبت به فیلم شاهد مشاهده شد (p <۰/۰۵). با افزودن اسانس و افزایش درصد اسانس میزان حلالیت فیلم در آب کاهش داشت (p <۰/۰۵). در فیلم‌های حاوی اسانس دارچین در هر غلظت در کاهش حلالیت تفاوت معنی‌دار نبود (p<۰/۰۵). وجود اسانس در همه غلظت ها نفوذپذیری فیلم‌ها نسبت به بخار آب را در مقایسه با فیلم شاهد تحت تاثیر قرار داده اند. افزودن اسانس دارچین ۱٪ منجر به افزایش معنی‌دار نفوذپذیری به بخار آب شد اما افزایش غلظت اسانس تا ۲٪ منجر به کاهش معنی‌دار نفوذپذیری به بخار آب نسبت به فیلم شاهد گردید (p<۰/۰۵).

ویژگی‌های مکانیکی فیلم‌های امولسیونه

همچنان‌که از جدول ۲ بر می آید افزودن اسانس دارچین تا سطح ۱,۵٪ باعث افزایش مقاومت کششی فیلم گردید، این افزایش نسبت به فیلم شاهد معنی‌دار نبود اما نسبت به سایر تیمار ها معنی‌دار بود. سطح ۲٪ فیلم حاوی اسانس دارچین منجر به کاهش معنی‌دار مقاومت فیلم نسبت به فیلم شاهد شد. فیلم دارچین ۱,۵٪ با مقاومت کششی ۰,۳۲۳۲ مگا پاسگال دارای بالاترین مقاومت کششی بود. مقادیر افزایش طول تا نقطه‌ی شکست با مقادیر مقاومت کششی رابطه‌ی عکس داشت به طوری‌که هر جا که مقاومت بالاترین بود، افزایش طول تا نقطه‌ی شکست آن کمترین بود. میزان کش‌آمدگی فیلم حاوی دارچین ٪ ۱و ۱/۵ (٪۲۴/۸۵و ۲۶/۶۴) دارای مقادیر کمتری نسبت به سایر تیمارها بود و این کاهش در سطح اطمینان ۰/۰۵ معنی‌دار بود.

ویژگی‌های ضد میکروبی فیلم‌های امولسیونه

همچنان که از جدول ۳ مشخص است بررسی فعالیت ضد کپکی فیلم‌های امولسیونه حاصله به دو روش تماس مستقیم و فاز گازی بر کپک *آسپرژیلوس نایجر* نشان داد که فیلم برپایه‌ی پروتئین ارزن فاقد اسانس (شاهد) فاقد فعالیت ضد کپکی بود، اما رشد کپک *آسپرژیلوس نایجر* در حضور اسانس دارچین (۱٪،۱,۵٪و ۲٪) بازداری شد (p< ۰/۰۵). افزایش درصد اسانس دارچین میزان بازداری را افزایش داد به طوری که اسانس دارچین ۲ ٪ بیشترین میزان بازدارندگی را داشت و این افزایش بازداری رشد به طور معنی‌داری با سایر تیمارها تفاوت داشت. بازداری از رشد کپک توسط هاله ایجاد شده اطراف برش دیسک مشخص گردید. بطور کلی اثر بازداری اسانس‌ها در تماس مستقیم بیشتر از فاز گازی بود. اسانس دارچین ۲٪ در فاز گازی نیز بالاترین قدرت بازدارندگی را داشت و این افزایش با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت.

جدول۱. ویژگی‌های فیزیکی فیلم شاهد و فیلم‌های دارای اسانس دارچین

نوع فیلم	ضخامت (میلیمتر)	مقدار رطوبت (٪)	حلالیت در آب (٪)	نفوذپذیری به بخار آب گرم بر ثانیه متر پاسکال ×10^{-10}
شاهد	۰/۱۶±۰/۰۰۶^{a}	۱۰/۶۶±۲/۵۳^{d}	۶۲/۳۹±۱/۰۳^{c}	۳/۵۹±۰/۱۳^{ab}
دارچین۱٪	۰/۲۰±۰/۰۰۱^{b}	۸/۲۷۷±۱/۰۶^{c}	۵۷/۲۳±۱/۳۸^{a}	۵/۴۴±۰/۱۳۳^{c}
دارچین۱,۵٪	۰/۲۰±۰/۰۰۳^{b}	۷/۲۷۸±۱/۳۷^{ab}	۵۶/۰۵±۰/۷۱^{bc}	۴/۱۶±۰/۰۷^{b}
دارچین۲٪	۰/۲۱±۰/۰۰۴^{bc}	۷/۲۵۹±۱/۴^{ab}	۵۵/۲۸±۱/۲۸^{b}	۲/۹۸۳±۰/۱۲۰^{a}

انحراف استاندارد ± میانگین ^{a}

مقادیرباحروف متفاوت براساس آزمون دانکن درسطح (p <۰/۰۵) در هر ستون بایکدیگراختلاف معنی‌دارند.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.61882/nsft.20.4.83]

جدول ۲. ویژگی‌های مکانیکی فیلم شاهد و فیلم‌های دارای اسانس دارچین

نوع فیلم	افزایش طول (٪)	مقاومت کششی (مگاپاسکال)
شاهد	۴۰/۷۳±۵/۱۰۷^{b}	۰/۲۸۸۵±۰/۰۲۹^{c}
دارچین ۱٪	۲۶/۶۴۱±۶/۶۰۵^{a}	۰/۳۰۳۳±۰/۰۵۴^{c}
دارچین ۱٫۵٪	۲۴/۸۵±۴/۸۸۲^{a}	۰/۳۲۳۲±۰/۱۹^{c}
دارچین ۲٪	۵۶/۰۱۲±۵/۴۹^{c}	۰/۱۵۴۸±۰/۰۲۹^{a}

انحراف استاندارد ± میانگین

مقادیرباحروف متفاوت براساس آزمون دانکن درسطح ($p < ۰/۰۵$) در هر ستون بایکدیگراختلاف معنی‌دار دارند

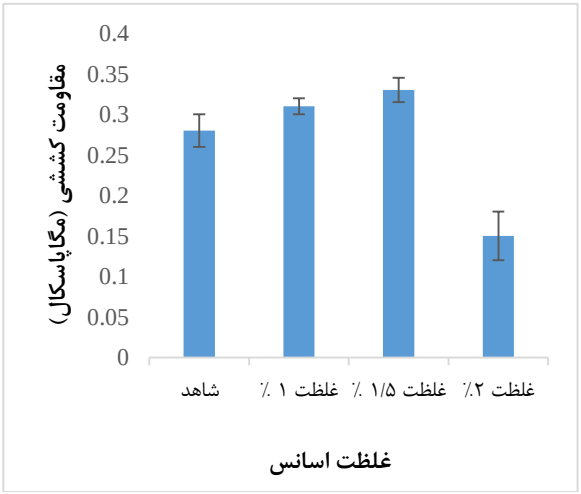
جدول ۳. فعالیت ضد کپکی فیلم‌های بر پایه‌ی پروتئین ارزن حاوی اسانس دارچین با دو روش تماس مستقیم و فاز گازی

Aspergillus Niger		
فیلم	تماس مستقیم	تماس غیر مستقیم
شاهد	۰/۰۰^{a}	۰/۰۰^{a}
دارچین ۱٪	۴۶۷/۶۵±۶۴/۱۰^{b}	۱۳۷/۹۶±۵/۵۳^{b}
دارچین ۱٫۵٪	۶۰۱/۵۸±۷/۳۰^{c}	۳۸۳/۴۲±۸/۳۳^{c}
دارچین ۲٪	۸۷۹/۰۴±۲/۸۲^{d}	۴۶۵/۴۷±۰/۶۹^{d}

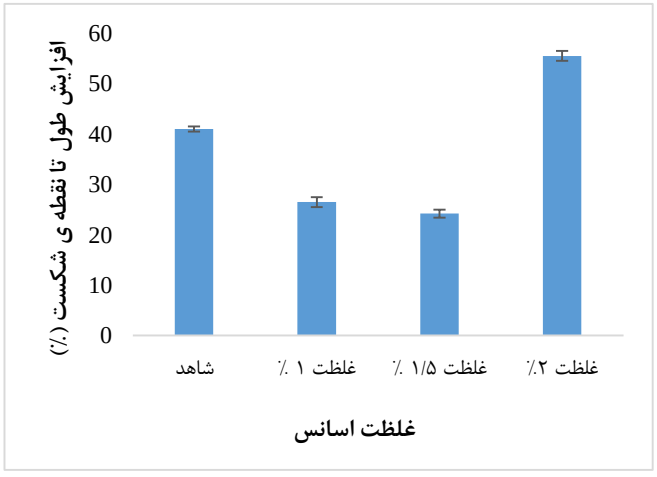
انحراف استاندارد ± میانگین

مقادیرباحروف متفاوت براساس آزمون دانکن درسطح ($p < ۰/۰۵$) در هر ستون بایکدیگراختلاف معنی‌داردارند

الف



ب



نمودار۱ . مقایسه ی مقاومت کششی (الف) و افزایش طول فیلم (ب) تهیه شده از پروتئین ارزن حاوی اسانس دارچین

(حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان دهنده ی تفاوت معنی دار بر اساس آزمون آنالیز واریانس یک طرفه و آزمون تعاقبی دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ می باشد)

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.61882/nsft.20.4.83]

• بحث

آزمایشهای اولیه به منظوردستیابی به فیلم مناسب برپایه پروتئین ارزن

ابتدا مطالعات اولیه به منظورتعیین مقادیر مناسب پروتئین و نرم‌کننده در ساخت فیلم‌ها انجام شد. برای این منظور فیلم‌های خوراکی با غلظت‌های ۳ ٪و ۵ ٪پروتئین (مقادیر مورد استفاده در مقالات) با مقادیر گلیسرول ۲۵ ٪، ۴۰ ٪و ۵۰٪ وزن پروتئین تهیه شدند. غلظت ۵ ٪ به عنوان غلظت مناسب پروتئین در تهیه سایر فیلم‌های مورد بررسی در این پژوهش انتخاب گردید. در مورد فیلم‌های دارای اسانس نیز لازم بود غلظت مناسب اسانس تعیین گردد. بر پایه بررسی های میکروبی (روش دیسک دیفوزیون) و ارگانولپتیکی سه غلظت مختلف ۱، ۲ و ۳ ٪ حجمی/حجمی از اسانس های دارچین انتخاب گردید.

تعیین ویژگی‌های فیزیکی وشیمیایی فیلم‌های تولیدشده

ضخامت فیلم‌های تولید شده

فیلم‌های خشک شده به راحتی از پایه جدا شدند، سطح آنها صاف بوده و هیچگونه ترک یا حباب هوا در آنها مشاهده نگردید. ضخامت فیلم شاهد (فاقد اسانس) ۰/۱۶ میلی‌متر بود (جدول ۱) که با افزودن اسانس و متناسب با غلظت آنها ضخامت افزایش یافت، بگونه ای که در مورد بیشترین ضخامت مربوط به فیلم‌های دارای ۲٪ اسانس بود. افزایش ضخامت فیلم‌ها در حضور اسانس احتمالاً بعلت افزایش میزان مواد جامد موجود در آنها است. البته نحوه قرارگیری مولکول‌های اسانس و توئین ۸۰ در فیلم نیز در افزایش ضخامت مؤثر است. سالارباشی در سال ۲۰۱۳ نیز به این نتیجه رسید که افزودن غلطت ۲ و ۳ ٪ اسانس آویشن به فیلم پروتئینی تهیه شده از پروتئین سویا باعث افزایش ضخامت فیلم می شود (۱۸).

میزان رطوبت و حلالیت در آب فیلم‌های امولسیونه

جدول ۱ میزان رطوبت فیلم‌ها را که پس ازبه تعادل رسیدن آنها دررطوبت نسبی ۵۳٪ (دسیکاتورحاوی نیترات منیزیم اشباع) تعیین گردید، نشان می دهد. افزودن ۲٪ اسانس دارچین سبب کاهش معنی‌داری در میزان رطوبت فیلم‌ها گردید ($p<$ ۰/۰۵). ماهیت هیدروفوب اسانس ها منجر به کاهش پیوند بین مولکولی آب و گروه های آب دوست شده و منجر به کاهش جذب رطوبت فیلم می گردد. حسینی و همکاران در سال ۲۰۰۹ در زمینه ی فیلم کیتوزان حاوی اسانس دارچین، میخک و آویشن به نتایج مشابه دست یافتند (۱۹).

قابلیت انحلال درآب، یکی از ویژگی‌های مهم مورد مطالعه در فیلم‌های خوراکی است. هرچه حلالیت بیشتر باشد، مقاومت به آب کمتر است (۲۰). جدول۱ درصد حلالیت فیلم شاهد و فیلم‌های امولسیونه را در آب نشان می دهد. فیلم‌های پروتئینی بعد از ۲۴ ساعت غوطه وری در آب ساختار کلی خود را حفظ کرده بودند. با افزودن اسانس و افزایش درصد اسانس میزان حلالیت فیلم در آب کاهش داشت. علت کاهش میزان حلالیت فیلم‌های امولسیونه را می توان به ماهیت آب گریز اسانسهای مورد استفاده نسبت داد که سبب کاهش نسبت بخش آب دوست به آب گریز فیلم می شود. همچنین برهمکنش میان ترکیبات اسانسها و گروه‌های هیدروکسیل پلیمر را نیز باید در نظر داشت زیرا وجود این برهمکنش ها خود منجر به کاهش دسترسی مولکول‌های آب به گروه‌های هیدروکسیل شده و لذا تولید فیلم‌های مقاومتر به آب را سبب می شود. نتایج مشابهی توسط S Pries C و همکاران در سال۲۰۱۳ (۲۱) و Galus و همکاران در سال ۲۰۱۶ (۲۲) گزارش شده است.

میزان نفوذپذیری فیلم‌های امولسیونه نسبت به بخارآب

بایوپلیمرها به مقدار زیادی مستعد جذب آب هستند. به همین دلیل اندازه گیری میزان نفوذپذیری به بخار آب یکی از خصوصیات محصول محسوب می شود. در رابطه با مواد غذایی هرچقدر این شاخص کمتر باشد بهتر است زیرا میان رطوبت محصول در طی دوره ی نگهداری تغییر نیافته، فساد میکروبی و شیمیایی در آن ایجاد نمی شود (۲۳).

جدول ۱ مقادیر نفوذپذیری به بخارآب فیلم‌های شاهد و امولسیونه بر پایه‌ی پروتئین ارزن را نشان میدهد. میزان نفوذپذیری به بخارآب در فیلم شاهد $۳/۵۹ \times ۱۰^{-۱۰}$ گرم بر ثانیه متر پاسکال بود. افزودن اسانس دارچین ۱٪ منجر به افزایش معنی‌دار نفوذپذیری به بخارآب شد اما افزایش غلظت اسانس تا ۲ ٪ منجر به کاهش معنی‌دار نفوذپذیری به بخارآب نسبت به فیلم شاهد شد ($p<$۰/۰۵). همانگونه که از جدول مشخص است افزودن ۲ ٪ اسانس دارچین، میزان نفوذپذیری به بخارآب را به $۲/۹۸ \times ۱۰^{-۱۰}$ گرم بر ثانیه متر پاسکال رساند که بیانگر کارایی بالای افزودن اسانس در بازدارندگی نفوذ بخارآب می باشد (۱۲). با افزایش غلظت اسانس، میزان مقاومت به نفوذ رطوبت نیز افزایش نشان داد. علت این پدیده را می توان به ماهیت آبگریزی اسانس دارچین نسبت داد که سبب کاهش تمایل مولکولهای آب به فیلم می شود. علت آن میتواندباین باشد که وجود اسانس در ماتریکس فیلم منجر به کاهش نیروی پیوستگی مولکولی (Cohesion forces) شبکه پلیمر و کاهش انسجام ساختار فیلم و لذا افزایش نفوذپذیری به بخارآب می شود (۲۵، ۲۴). در مطالعه‌ای که Atares و همکاران انجام دادند دیدند که افزودن اسانس دارچین درمقدار کم نفوذ پذیری به بخار آب را کاهش می دهد (۲۶). .

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.61882/nsft.20.4.83]

تعیین ویژگی‌های مکانیکی فیلم‌های امولسیونه

یکی از ویژگی‌های مهم فیلم‌های خوراکی خواص مکانیکی آنها است که دانستن اطلاعات کمی در مورد پارامترهای مکانیکی (مقاومت کششی و درصد افزایش طول) فیلم‌های خوراکی جهت طراحی فرایند بسته‌بندی و پیش بینی توانایی آنها در حفظ یکپارچگی خود در طول استفاده بعنوان بسته‌بندی بسیار مهم است (۲۷). مقاومت کششی، مقاومت فیلم به تنش و درصد افزایش طول، کشش پذیری فیلم و انعطاف پذیری فیلم را نشان می دهند (۲۰). فیلم‌های خوراکی نسبت به پلیمرهای سنتزی دارای مقاومت کمتری هستند.

اثر افزودن مقادیر مختلف اسانس‌های دارچین بر ویژگی‌های مکانیکی فیلم‌های بر پایه پروتئین ارزن در جدول ۲ آمده است. فیلم بدون اسانس دارای مقاومت کششی برابر ۰/۲۸۸ مگاپاسکال بود.

حضور قطرات اسانس در ماتریکس فیلم بر مقاومت کششی و درصد افزایش طول اثر داشت. افزودن اسانس دارچین تا سطح ۱/۵ ٪ باعث افزایش مقاومت کششی فیلم گردید، این افزایش نسبت به فیلم شاهد معنی‌دار نبود اما نسبت به سایر تیمار ها معنی‌دار بود. سطح ۲٪ فیلم حاوی اسانس دارچین منجر به کاهش معنی‌دار مقاومت فیلم نسبت به فیلم شاهد شد (۲۸). فیلم دارچین ۱/۵ ٪ با مقاومت کششی ۰/۳۲۳۲ مگا پاسگال دارای بالاترین مقاومت کششی بود.

کاهش مقاومت کششی فیلم پروتئینی ارزن در حضور اسانس احتمالاً ناشی از برهمکنش فیلم با ترکیبات اسانس‌ها است که خود بعلت ویژگیهای الکترولیت آن است (۲۹). رخ دادن برهمکنش‌های ضعیف میان پلیمر قطبی و اسانس غیر قطبی سبب کاهش تعداد برهمکنش های قوی تر میان زنجیره های پلیمر می شود (۳۰). البته در این مطالعه تلقیح دارچین در سطح ۱و ۱/۵ ٪ منجر به افزایش مقاومت کششی فیلم گردید که وابسته به ویژگی اسانس دارچین و ظرفیت آن برای واکنش با ماتریکس پروتئین است. روغن دارچین منجر به یک با آرایش جدید در ساختار فیلم شده با تشکیل پیوندهای قطبی با پروتئین بویژه گروه‌های آمینی آن انسجام شبکه را بیشتر کرده باشد، ولی در غلظت ۲ ٪ دارچین به دلیل اثر پلاستیسایزری که روی فیلم داشت منجر به کاهش مقاومت کششی شد. نتایج مشابهی توسط Fabra و همکاران در سال ۲۰۰۹ به دست آمد (۲۵).

مقادیر افزایش طول تا نقطه ی شکست با مقادیر مقاومت کششی رابطه ی عکس نشان داد به طوری که هر جا که مقاومت بالاترین بود، افزایش طول تا نقطه ی شکست آن کمترین بود. میزان کش آمدگی فیلم حاوی دارچین ۱و ۱/۵٪ دارای مقادیر کمتری نسبت به سایر تیمارها بود و این کاهش در سطح اطمینان ۰/۰۵ معنی‌دار بود. در مطالعه ی دیگری دیده شدکه فیلم تهیه شده از پروتئین آب پنیر همراه اسانس میخک نسبت به فیلم شاهد دارای مقاومت کمتری هستند. آنها به این نتیجه رسیدند افزودن اسانس بیشتر باعث نرم شدن بیشتر فیلم و افزایش طول تا نقطه ی شکست می شود (۳۱).

ویژگی‌های ضد کپکی فیلم‌های امولسیونه

فعالیت ضد کپکی فیلم‌های پروتئینی ارزن دارای اسانسهای دارچین در تماس مستقیم و فاز گازی بر کپک آسپرژیلوس نایجر به روش دیسک دیفوزیون بررسی شد (جدول۱). فیلم برپایه‌ی پروتئین ارزن بدون اسانس بعنوان شاهد بکار رفت تا هر گونه فعالیت ضد میکروبی فیلم بدون اسانس تعیین شود. فیلم شاهد هیچگونه اثر بازداری بر کپک مورد مطالعه نشان نداد. نتایج نشان داد که در روش تماس مستقیم تمام فیلم‌های دارای اسانس دارچین توانستند از رشد کپک مورد مطالعه بازداری کنند. همچنانکه انتظار می رفت فعالیت ضد میکروبی فیلم‌ها در غلظت‌های بالاتر اسانس تقویت شد بگونه ای که بزرگترین هاله ی بازداری در غلظتهای ۲ ٪ هر دو نوع اسانس دیده شد ($p< ۰/۰۵$). بطور کلی اثر بازداری اسانسها در تماس مستقیم بیشتر از فازگازی بود. اسانس دارچین ۲ ٪ در فاز گازی نیز بالاترین قدرت بازدارندگی را داشت و این افزایش با سایر تیمار ها اختلاف معنی‌دار داشت. نتایج این مطالعه با داده های به دست آمده از تحقیق Avila-Sosa و همکاران در سال۲۰۱۲ همخوانی دارد (۳۲).

• References

1. Shen, XL, Wu JM, Chen Y, et al. Antimicrobial and physical properties of sweet potato starch films incorporated with potassium sorbate or chitosan. Food Hydrocolloid 2010; 24: 285–290.
2. Embuscado, ME and Huber, KC. Edible films and coatings for food applications. Springer, New York. 2009.
3. Rhim, JW and Ng, PKW. Natural biopolymer-based nanocomposite films for packaging applications .Critical Rev Food Sci Nutr 2007; 47: 411-33.
4. Bamdad, F, Goli, AH, Kadivar, M. Preparation and characterization of proteinous film from lentil (*Lens culinaris*) edible film from lentil. Food Res Int 2006; 39: 106–111.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.61882/nsft.20.4.83]

5. Mihalca V, Kerezsi AD, Weber A, Gruber-Traub C, Schmucker J, Vodnar DC, Dulf FV, Socaci SA, Fărcaş A, Mureşan CI, Suharoschi R. Protein-based films and coatings for food industry applications. Polym 2021; 13: 769 [Internet].

6. Wittaya, T. Protein based edible films: Characteristics and improvement of properties. Springer, Thailand. 2012.

7. Meshkani, SM, Mortazavi, SA, Milani, E, Bakhshi Moghadam, F. Effect of physical properties and optimized formulation of edible film with using from chickpea protein isolated (*Cicerarietinum L.*). JFST 2012; 36 (9):109-117.

8. Ameri Shahrabi, A , Badii, F, Maftoonazad, N, Ehsani, MR. Evaluating the properties of edible pea protein-based films using response surface methodology JFST 2013; 38:89-101 .

9. BURT, S. Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods. Int J Food Microbiol 2004; 94: 223-253.

10. Sazedul Hoque, MD, Benjakul, S, Prodpran, T. Properties of film from cuttlefish (Sepia pharaonis) skin gelatin incorporated with cinnamon, clove and star anise extracts. Food Hydrocolloid 2010; 25(5): 1-13.

11. Kamara Mohamed, T, Zhu, K, Issoufou, A, Fatmat , T, Zhou, H. Functionality, in vitro digestibility and physicochemical properties of two varieties of defatted foxtail millet protein concentrates. Int J Mol Sci 2009; 10; 5224-5238.

12. Sarmadizadeh D, Badii F, Ehsani MR, Maftoonazad N, Goodarzi F. Effects of soy-protein isolate coating on the properties of French fries using response surface methodology JFST. 2010; 6: 75-86.

13. Cho, Y S, Park, J W, Batt, H T, Thomas, R L. Edible films made from processed soy protein concentrates. LWT 2007; 40:418- 423.

14. Sothornvit R, Hong S, DJ, Rhim JW. Effect of clay content on the physical and antimicrobial properties of whey protein isolate/organo-clay composite films LWT 2010; 43: 279–284.

15. ASTM D882. Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting. Annual Book of ASTM, American Society for Testing and Materials. Philadelphia, PA. 2001.

16. Kamaliroosta L, Ghavami M, Gharachorloo M, Azizinezhad., R. Isolation of cinnamon extract and assessing its effect on the stability of sunflower oil. Iran J Nutr Sci Food Tech 2010; 6 (1):13-22.

17. Lopes AI, Melo A, Afonso TB, Silva S, Barros L, Tavaria FK, Pintado M. Alginate edible films containing essential oils: characterization and bioactive potential Polym 2025;17(9):1188.

18. Salarbashi D, Tajik S, Ghasemlou M, Shojaee-Aliabadi S, Shahidi Noghabi M, Khaksar R. Characterization of soluble soybean polysaccharide film incorporated essential oil intended for food packaging. Carbohyd Polym 2013; 98 (1):1127-36.

19. Hosseini M, Razavi S, Mousavi M. Antimicrobial, physical and mechanical properties of chitosan-based films incorporated with thyme, clove and cinnamon essential oils. J Food Process Preserv 2009; 33 (6):727-43.

20. Chana-Thaworn, J, Chanthachum, S, and Wittaya, T. Properties and antimicrobial activity of edible films incorporated with kiam wood (*Cotyleobium lanceotatum*) extract LWT 2011; 44: 284-92

21. Pires C, Ramos C, Teixeira B, Batista I, Nunes ML, Marques A. Hake proteins edible films incorporated with essential oils: Physical, mechanical, antioxidant and antibacterial properties. Food Hydrocolloid 2013; 30 (1):224-31.

22. Galus S, Kadzińska J. Whey protein edible films modified with almond and walnut oils. Food Hydrocolloid 2016; 52:78-86.

23. Pereda M, Amica G, Marcovich NE. Development and characterization of edible chitosan/olive oil emulsion films. Carbohydrate Polym 2012; 87(2):1318-25.

24. Ghamari MA, Amiri S, Rezazadeh-Bari M, Rezazad-Bari L. Physical, mechanical, and antimicrobial properties of active edible film based on milk proteins incorporated with Nigella sativa essential oil Polym Bull 2022; 79(2):1097-117.

25. Fabra, M J, Jimenez, A, Atarés, L, Talens, P, Chiralt, A. Effect of fatty acids andbeeswax addition on properties of sodium caseinate dispersions and films. Biomacromol 2009; 10: 1500–1507.

26. Atarés, L, Bonilla, J, Chiralt A. Characterization of sodium caseinate based edible films incorporated with cinnamon or ginger essential oils J Food Eng 2010; 100:678–687.

27. Shah YA, Bhatia S, Al-Harrasi A, Afzaal M, Saeed F, Anwer MK, Khan MR, Jawad M, Akram N, Faisal Z. Mechanical properties of protein-based food packaging materials. Polymers. 2023 Mar 30;15(7):1724.

28. Cheng J, Velez FJ, Singh P, Cui L. Fabrication, characterization, and application of pea protein-based edible film enhanced by oregano essential oil (OEO) micro-or nano-emulsion. Cur Res Food Sci 2024;1(8):100705.

29. Bourtoom, T. Edible films and coatings: characteristics and properties. Int Food Res J. 2008; 15: 1-12.

30. Tao R, Sedman J, Ismail A. Characterization and in vitro antimicrobial study of soy protein isolate films incorporating carvacrol Food Hydrocolloid 2022;122:107091.

31. Ervandi M, Indrianti MA, Suparwata DO, Yasin IA, Gobel YA, Mokoolang S, Mokoginta MM. Mechanical properties of whey composite edible film with the addition of clove essential oil and different types of plasticizer. In IOP conference series: Earth and environmental science 2021; 755(1): 012004.

32. 32) Avila-Sosa, R, Palou, E, Munguía, MT, Nevárez-Moorillón, GV, Cruz, AR, López-Malo A. Antifungal activity by vapor contact of essential oils added to amaranth, chitosan, or starch edible films. Int J Food Microbiol 2012; 1;153: 66-72.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.61882/nsft.20.4.83]

Production and Investigation of Millet Protein-Based Edible Film Containing Cinnamon Essential Oil

Najafi M[1], Shojaee- Aliabadi S[2], Mirmoghtadaie L[3*]*

1- MSC student, Dept. of Food Sciences and Technology, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

*2- *Corresponding author: Associate Prof, Dept. of Food Sciences and Technology, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. Email: S_Shojaee@sbmu.ac.ir*

*3- *Corresponding author: Associate Prof, Dept. of Food Sciences and Technology, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. Email: le_mirmoghtadaie@yahoo.com*

Received 2 Sep, 2025 **Accepted 12 Oct, 2025**

Background and Objectives: In recent years, the use of edible films in the packaging industry has grown significantly due to their biodegradability and environmental compatibility. In this study, millet protein based films containing different concentrations of cinnamon essential oil were prepared and their various properties were measured.

Materials & Methods: Millet protein films containing concentrations of 1, 1.5, and 2% v/v were prepared by wet dispersion of the film-forming solution, and the physical and barrier properties of the obtained films were measured. In addition, the mechanical properties of the films, including tensile strength and elongation to break were determined by a texture analyzer.

Results: The results showed that adding essential oil to the film-forming solution led to a decrease in solubility from 62.39% to 55.28% and a decrease in moisture content from 10.66 to 7.25%, and improved water vapor permeability. The tensile strength of the film increased with the addition of cinnamon essential oil up to 1.5%, but decreased at 2% concentration. The investigation of the anti-mold activity of the films containing essential oil against *Aspergillus niger* by the disk diffusion method (direct contact and gas phase) showed an increase in the inhibitory effect of the film containing essential oil in direct contact with increasing essential oil concentration.

Conclusion: The film based on millet protein containing 2% cinnamon essential oil can have good potential for use in applications such as cake coating, which will be investigated in future studies.

Keywords: Millet protein, Film, Antifungal properties, Cinnamon essential oil, Mechanical properties

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.61882/nsft.20.4.83]