

تولید و ارزیابی خواص فیلم فعال نانوکامپوزیتی نشاسته-رس حاوی اسانس دارچین و سوربات پتاسیم

حسن برزگر^۱، محمد حسین عزیزی^{۲*}، محسن برزگر^۲، زهره حمیدی اصفهانی^۲

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

* نویسنده مسئول (azizit_m@modares.ac.ir)

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۳/۰۴

تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۶/۰۶

واژه‌های کلیدی

اسانس دارچین

بسته بندی فعال

سوربات پتاسیم

نانو کامپوزیت

در سال‌های اخیر تمایل به مواد غذایی تازه که متحمل کمترین فرآیند شده باشند گسترش زیادی پیدا کرده است. استفاده از بسته‌بندی‌های فعال، روش نوینی برای نگهداری این نوع محصولات می‌باشد. در این تحقیق فیلم‌های فعال نانوکامپوزیتی نشاسته-رس حاوی اسانس دارچین یا سوربات پتاسیم (۰، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد نسبت به وزن خشک نشاسته) تولید شده و خواص فیزیکی، مکانیکی و ضد میکروبی آن‌ها جهت کاربرد در بسته بندی مواد غذایی مورد بررسی قرار گرفت. جهت بررسی خاصیت ضد میکروبی فیلم‌ها، از کپک *آسپرژیلوس نایجر* به عنوان میکروارگانیسمی که باعث ایجاد فساد در محصولات نانوائی می‌شود استفاده گردید. نتایج نشان داد که مقادیر ۵ درصد از هر دو نوع ماده افزودنی خاصیت ضد میکروبی در فیلم حاصله ایجاد نکردند. اما با افزایش غلظت این مواد در فرمولاسیون فیلم‌ها، خاصیت ضد میکروبی نیز افزایش پیدا کرد. در مقادیر یکسان از هر دو ماده افزودنی، فیلم‌های حاوی اسانس دارچین دارای اثر ضد میکروبی قوی‌تری بودند. افزودن سوربات پتاسیم به فرمولاسیون فیلم‌ها نفوذپذیری آن‌ها را نسبت به بخار آب افزایش داد. اما افزودن اسانس باعث ایجاد تغییر معنی‌دار در نفوذپذیری فیلم‌ها نشد. نتایج این تحقیق نشان داد که می‌توان از فیلم‌های فعال تولید شده، جهت بسته‌بندی مواد غذایی بخصوص محصولات نانوائی استفاده کرد.

مقدمه

(1992). در بسته‌بندی‌های ضد میکروبی، انتشار مواد ضد میکروب از زمینه بسپاری به سطح ماده غذایی به صورت آهسته و در زمان طولانی انجام می‌شود و در نتیجه برای مدت طولانی غلظت بالای از ماده ضد میکروبی در سطح محصول وجود خواهد داشت. مواد ضد میکروبی از طریق کاهش سرعت رشد و طولانی کردن فاز تأخیری میکروارگانیسیم‌ها و یا غیر فعال کردن و نابودی آن‌ها باعث افزایش ماندگاری فرآورده‌های غذایی می‌شوند. از جمله ترکیباتی که می‌توان از آن‌ها به عنوان یک افزودنی دارای خاصیت

امروزه کاربرد ترکیبات ضد میکروبی در بسته‌بندی مواد غذایی مورد توجه خاصی قرار گرفته است. فیلم‌های دارای خاصیت ضد میکروبی به کنترل رشد میکروارگانیسیم‌های فسادزا و بیماری‌زا کمک می‌کنند. رشد میکروبی روی سطح مواد غذایی، عامل اصلی ایجاد فساد در آن‌ها بوده که می‌توان با استفاده از فیلم‌های فعال حاوی مواد ضد میکروبی آن را کنترل نمود (Torres & Karel 1985; Siragusa & Dikson,)

افزایش و میزان استحکام کششی کاهش می‌یابد. این محققین علت این امر را خاصیت نرم‌کنندگی سوربات ذکر کردند (Fama et al., 2005). در تحقیقی Matan و همکاران (۱۹۹۵)، قدرت ضد میکروبی مخلوط اسانس دارچین و میخک را در برابر ۴ گونه قارچ، ۴ گونه مخمر و ۲ گونه باکتری در شرایط اتمسفر تغییر یافته (غلظت اکسیژن کم و دی اکسید کربن بالا)، مورد بررسی قرار دادند. تحت این شرایط اسانس‌های مذکور به طور مؤثری از رشد میکروب‌ها جلوگیری کردند (Matan, et al., 1995). در سال ۲۰۰۷ نیز گروهی دیگر از محققین روی تأثیر سوربات بر خصوصیات فیزیکی فیلم‌های نشاسته تاپوکا مطالعه‌ای انجام دادند. آنها دریافتند افزودن سوربات باعث افزایش قابلیت انحلال، کاهش شفافیت، افزایش شاخص زردی و کاهش استحکام کششی فیلم می‌شود ولی در خصوصیت نفوذ پذیری به بخار آب فیلم نشاسته، تغییری مشاهده نگردید (Flores et al., 2007).

کپک‌ها معمول‌ترین و مهم‌ترین علت فساد نان و محصولات نانواپی هستند. از مهم‌ترین کپک‌هایی که باعث فساد نان می‌شوند و به کپک نان مشهور هستند می‌توان به *Penicilium Rhizopus stolonifer* و *Aspergillus niger* اشاره کرد (Frazier & westhoff, 1978). در تحقیقی، Rodriguez و همکاران (۲۰۰۸) از کاغذ پارافینی حاوی اسانس دارچین به عنوان یک بسته‌بندی فعال در برابر فساد ناشی از *Rhizopus stolonifer* یا کپک سیاه نان استفاده کردند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مواد فرار حاصل از روغن‌های اساسی دارچین که وارد فاز گازی اتمسفر بسته‌بندی می‌شوند، نقش ضد قارچی را ایفا می‌کنند. همچنین با افزایش میزان اسانس از ۱ به ۶ درصد در پارافین به کار رفته در پوشش کاغذی، خاصیت ضد قارچی آن نیز افزایش پیدا کرد. به طوری که بسته‌بندی حاوی ۶ درصد اسانس بعد از ۳ روز توانست از رشد این قارچ جلوگیری کند (Rodriguez et al., 2008).

مروری بر پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که علیرغم کارهای تحقیقاتی زیاد انجام گرفته بر روی

ضد میکروبی در فیلم‌های بسته‌بندی استفاده کرد، اسانس‌ها هستند (Pranotto et al., 2005). اسانس‌های حاصل از منابع گیاهی، از زمان‌های قدیم به عنوان مواد طعم دهنده مورد استفاده قرار گرفته‌اند و هم اکنون ثابت شده است که این مواد دارای طیف وسیعی از فعالیت ضد میکروبی بوده (Kim et al., 1995) و ترکیب، ساختار و گروه‌های عاملی اسانس‌ها، نقش مهمی در فعالیت ضد میکروبی آنها ایفا می‌کند (Holley & Patel, 2005). از دیگر ترکیباتی که از آن می‌توان به عنوان ماده ضد میکروب در فرمولاسیون فیلم‌های بسته‌بندی استفاده کرد، سوربات پتاسیم است (Flores et al., 2007). اسیدسوربیک و نمک پتاسیم آن (سوربات‌ها) در دسته مواد ایمن قرار دارند و در برابر کپک‌ها، مخمرها و باکتری‌ها فعالند. این مواد نگهدارنده در محلول‌های آبی ناپایدارند و دچار تجزیه اکسایشی می‌شوند. افزودن سوربات‌ها به فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی باعث به حداقل رساندن آلودگی‌های میکروبی در سطح مواد غذایی می‌شود (Flores, et al. 2007). در خصوص افزودن ترکیبات ضد میکروبی به فرمولاسیون فیلم‌های مورد استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی تحقیقات زیادی صورت گرفته از جمله: Baron و Summer (۱۹۹۳) گزارش کردند که افزودن سوربات پتاسیم و اسید لاکتیک به ترکیب فیلم‌های خوراکی نشاسته ذرت مانع رشد *سالمونلا تیفی موریوم*^۱ و *اشریشیا کلی*^۲ روی گوشت طیور می‌گردد (Baron & Summer, 1993). در تحقیقی، Torres و همکاران (۱۹۸۵)، انتشارپذیری سوربات پتاسیم را از فیلم‌های متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز تحت تأثیر اسیدهای چرب، pH و aw مورد بررسی قرار دادند و مشاهده نمودند که سرعت انتشار سوربات پتاسیم در فیلم‌های سلولزی حاوی اسید چرب نسبت به فیلم‌های سلولزی بدون اسید چرب کمتر است (Torres et al., 1985). در سال ۲۰۰۵، Fama و همکاران خصوصیات مکانیکی فیلم‌های خوراکی بر پایه نشاسته حاوی سوربات را بررسی کردند. آنها دریافتند با افزایش مقدار سوربات میزان کشش‌پذیری فیلم‌های نشاسته

- 1- *Salmonella typhimurium*
- 2- *Escherichia coli*

مواد و روش‌ها

مواد

مواد مورد استفاده در این پژوهش عبارت بودند از، نشاسته سیب زمینی (ساخت شرکت الوند همدان)، نانورس (ساخت شرکت USA, Southern Clay)، سوربات پتاسیم (Sdfine- CHMLimi TED, India)، گلیسرول (Merck, Germany)، محیط کشت Potato Dextrose Agar (Merck, Germany)، قارچ *Aspergillus niger* (سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، PTCC 5012) و اسانس دارچین (پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی).

فیلم‌های نشاسته‌ای و نانوکامپوزیتی و همچنین فیلم‌های فعال، تاکنون تحقیقی بر روی فعال کردن فیلم نانوکامپوزیتی نشاسته-رس صورت نگرفته است. بنابراین این تحقیق با هدف تهیه فیلم‌های زیست تخریب پذیر نشاسته-رس حاوی سوربات پتاسیم و اسانس دارچین، که در عین دارا بودن ویژگی‌های مناسب به عنوان یک فیلم زیست تخریب پذیر، دارای اثر ضد میکروبی نیز هستند، صورت گرفت و در ادامه خواص فیزیکی، مکانیکی و ضد میکروبی آن‌ها جهت کاربرد در بسته‌بندی مواد غذایی ارزیابی گردید.

جدول ۱- ترکیبات عمده تشکیل دهنده اسانس دارچین

مقدار (درصد)	نوع ترکیب	مقدار (درصد)	نوع ترکیب
۲/۷۲	β -Elemene	۴۷/۷۸	Cinnamaldhyde (trans)
۲/۵۵	Ethyl cinnamate (trans)	۶/۷۵	Methyl eugenol
۲/۵۱	Para methoxy cinnamic aldehyde	۴/۶۸	δ -Cadinene
		۳/۱۳	γ -Cadinene

تهیه فیلم‌ها

جهت تولید فیلم از روش اصلاح شده Cyras و همکاران (۲۰۰۸)، استفاده شد. بدین منظور ابتدا از یک طرف ۴ گرم نشاسته به ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر حاوی ۳۰ درصد گلیسرول اضافه و مخلوط حاصل در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۰ دقیقه تحت همزدن مداوم ژلاتینه شد. از طرف دیگر ۰/۲ گرم نانورس (۵ درصد بر اساس وزن خشک نشاسته) در ۵۰ میلی لیتر آب مقطر پخش شده و به مدت ۳۰ دقیقه تحت تیمار مکانیکی با سرعت ۱۲۰۰ دور در دقیقه فرا گرفت. سپس این مخلوط به مدت ۳۰ دقیقه تحت تیمار با امواج فراصوت با فرکانس ۳۵ کیلو هرتز (Germany, TRANSSONIC, TP 690/H, 35KHz)، قرار گرفت. محلول نشاسته ژلاتینه شده و نانورس با همدیگر ترکیب شده و به مدت ۳۰ دقیقه تحت تیمار فراصوت قرار گرفت. در نهایت، محلول تشکیل دهنده فیلم بر روی ظروف ساخته شده از پلی متیل متآکریلات (پلگسی گلاس) پخش شده و در ۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۰ ساعت خشک شد. پس

از خشک شدن، فیلم پیوسته و شفاف نشاسته-نانورس، از سطح ظروف جدا شد.

جهت تولید فیلم حاوی سوربات پتاسیم، مقادیر ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد پتاسیم سوربات (بر اساس وزن خشک نشاسته) در آب مقطر حاوی گلیسرول حل شد و بقیه مراحل تولید فیلم مانند فیلم شاهد بود. جهت اضافه کردن اسانس دارچین به فیلم پس از تهیه محلول فیلم، اسانس دارچین در غلظتهای ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد (بر اساس وزن خشک نشاسته) به آن اضافه شد و با همزن مغناطیسی به مدت ۱۰ دقیقه به هم زده شد. سپس این محلول با همزنایزر به مدت ۱ دقیقه در ۱۰۵۰۰ دور در دقیقه هموزن شده و به منظور خروج حباب‌های هوا به مدت ۵ دقیقه در حمام فراصوت قرار گرفت، در نهایت محلول تولیدی بر روی ظروف تهیه فیلم پخش گردید.

تعیین ویژگی‌های مکانیکی فیلم‌ها

آزمون‌های مکانیکی فیلم‌ها، طبق روش D882-91 مصوب ASTM (ASTM 1996)، تغییر یافته صورت

در این فرمول Δm افت وزنی مربوط به فنجان، A سطح در معرض ($7.06 \times 10^{-4} \text{ m}^2$)، Δt زمان (S)، X ضخامت (m) و ΔP اختلاف فشار جزئی (KPa)، بین درون و بیرون فنجان می‌باشد که این اختلاف فشار در رطوبت ۱۰۰ درصد ۳/۱۷۹ کیلوپاسکال (با استفاده از جدول بخار اشباع) در نظر گرفته شد (ASTM, E96-95).

بررسی فعالیت ضد میکروبی فیلم‌ها

برای تعیین فعالیت ضد میکروبی فیلم‌ها از روش نفوذ آگار^۲ استفاده شد. فیلم‌های تولید شده با استفاده از یک قالب به دیسک‌هایی به قطر ۲۰ میلی‌متر تبدیل شدند. دیسک‌ها در شرایط استریل روی محیط Potato dextrose agar قرار داده شدند. سپس قطر هاله‌های تشکیل شده با استفاده از کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. قبل از قرار دادن دیسک‌ها روی سطح محیط کشت، عمل کشت سطحی با استفاده از ۰/۱ میلی‌لیتر کشت مایع از قارچ *Aspergillus niger* (۱۰^۵-۱۰^۶ cfu/ml) صورت گرفت. سپس پلیت‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت گرمخانه‌گذاری شدند. قطر هاله‌های تشکیل شده به عنوان شاخص میزان فعالیت ضد میکروبی فیلم‌ها در نظر گرفته شد. در مواردی که هاله‌ای تشکیل نشده بود، یعنی فعالیت ضد میکروبی وجود نداشت، به جای آنکه عدد ۲۰ میلی‌متر (قطر اولیه دیسک) گزارش شود، اندازه آن معادل صفر در نظر گرفته شد. اما هنگام وجود فعالیت ضد میکروبی، با در نظر گرفتن قطر دیسک‌ها، همواره قطر هاله‌های تشکیل شده بیش از ۲۰ میلی‌متر بود. برای اطمینان از رشد یکنواخت قارچ‌ها بر روی سطح پلیت، یک پلیت کشت داده شده فاقد فیلم در نظر گرفته شد. همچنین از یک پلیت فاقد قارچ برای اطمینان از عدم آلودگی محیط‌های کشت استفاده شد. نمونه‌ای از هاله ایجاد شده در شکل ۱ نشان داده شده است.

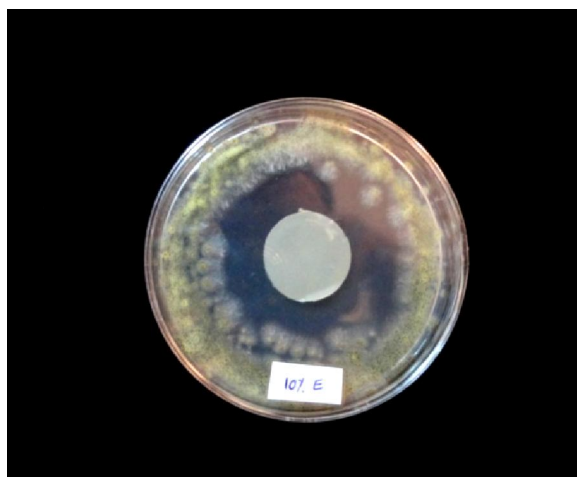
گرفت. فیلم‌ها در قطعات ۱×۶ سانتی‌متر بریده شده و تحت شرایط رطوبت نسبی ۵۰ درصد و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشروط شدند. به منظور جلوگیری از لغزیدن نوارهای تهیه شده از فیلم‌ها در هنگام تست کشش، دو سر نوارها چسب کاغذی ۱ سانتی‌متری چسبانده شد. قبل از اندازه‌گیری‌ها، ضخامت نمونه‌های فیلم در ۶ نقطه اندازه‌گیری شدند. فاصله بین دو فک دستگاه آزمون عمومی (Zwick BZ2.5/THIS, Germany) ۴۰ میلی‌متر و سرعت حرکت فک بالایی ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه بود. استحکام کششی به‌وسیله تقسیم بیشینه نیرو بر سطح اولیه و کرنش تا نقطه شکست (کشیدگی) به‌وسیله تقسیم میزان کشش در لحظه پاره شدن نمونه فیلم بر طول اولیه فیلم به‌دست آمدند (ASTM, D882-91, 1996).

تعیین میزان نفوذپذیری به بخار آب (WVP)

آزمون‌های نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌های تولیدی طبق روش شماره E 96-95 مصوب ASTM (ASTM, 1995)، اصلاح شده صورت گرفت. برای انجام این آزمون از فنجان‌های شیشه‌ای با قطر داخلی ۳ سانتی‌متر و ارتفاع ۳/۵ سانتی‌متر استفاده شد. فنجان‌ها محتوی ۸ میلی‌لیتر آب مقطر بودند که این می‌توانست رطوبت ۱۰۰ درصد را در فضای داخل فنجان ایجاد کند بصورتی که رطوبت داخل فنجان از رطوبت بیرون بیشتر بود. نمونه‌های فیلم به‌وسیله گریس روی فنجان‌ها قرار گرفت و با واشر لاستیکی و گیره، محکم و آب بندی شدند. سپس فنجان‌ها درون یک دسیکاتور محتوی سیلیکاژل قرار گرفتند. فنجان‌ها هر ۱۲ ساعت یک بار توزین شده و میزان افت وزنی با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ تعیین شد. میزان نفوذ پذیری به بخار آب با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

رابطه (۱)

$$wvp = \frac{\Delta m \times x}{A \times \Delta t \times \Delta P}$$



شکل ۱- نمونه‌ای از هاله تشکیل شده فیلم حاوی ۱۰ درصد اسانس

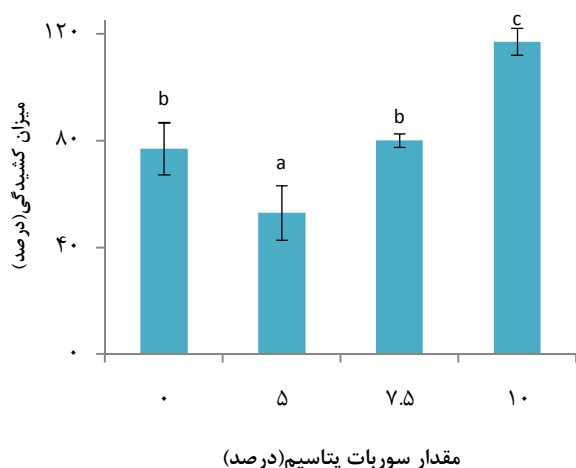
تجزیه و تحلیل آماری

جهت مقایسه فاکتورهای بیان شده و بررسی معنی‌داری اختلافات در سطوح مختلف افزودنی‌ها، از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) در قالب طرح کاملاً تصادفی و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد و سطح معنی‌داری در مورد تمامی فاکتورها، $p < 0/05$ در نظر گرفته شد.

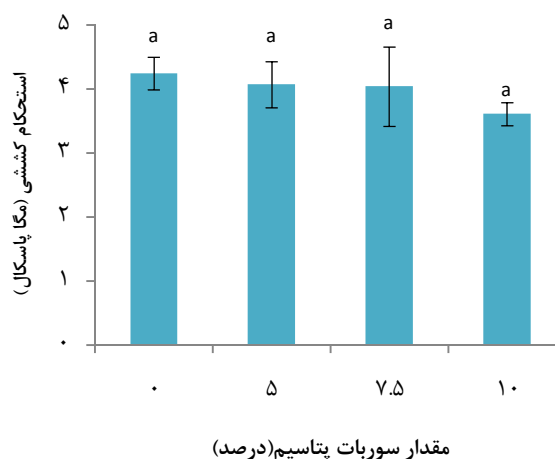
نتایج و بحث

آزمون‌های مکانیکی فیلم‌ها

آزمون‌های تنش - کرنش یکی از پر کاربردترین آزمون‌های تعیین رفتار مکانیکی مواد بسپاری ویسکوالاستیک است. نتایج مربوط به تأثیر سوربات پتاسیم بر این نوع رفتارها در فیلم‌های تولیدی نشان داد هنگامی که غلظت‌های سوربات پتاسیم در فیلم‌های نانوکامپوزیتی نشاسته-رس از صفر تا ۱۰ درصد افزایش یافت، استحکام کششی فیلم‌ها روندی کاهشی داشت که البته این میزان در مقادیر مختلف سوربات پتاسیم با هم اختلاف معنی‌داری نشان نداد (شکل ۲). این در حالی است که میزان کشیدگی مربوط به فیلم‌ها با افزایش سطوح سوربات افزایش معنی‌داری داشت (شکل ۳).



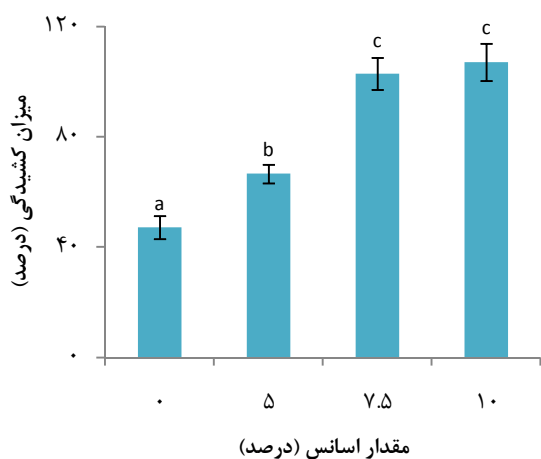
شکل ۳- تأثیر مقادیر مختلف سوربات پتاسیم بر میزان کشیدگی فیلم‌ها
حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.



شکل ۲- تأثیر مقادیر مختلف سوربات پتاسیم بر استحکام کششی فیلم‌ها
حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

کاهش استحکام کششی و افزایش کشش پذیری را به دنبال داشته باشد (Cagri *et al.*, 2001).

در شکل ۴ استحکام کششی فیلم‌های حاوی مقادیر مختلف اسانس دارچین نشان داده شده است. به طور کلی با افزودن اسانس به درون فیلم و با افزایش غلظت اسانس، استحکام کششی کاهش پیدا کرد. حضور اسانس سبب به هم خوردن تراکم ساختاری و کاهش مقاومت نمونه‌های حاوی اسانس در برابر کشش می‌شود. بر اساس تحقیقات صورت گرفته توسط محققین مختلف، افزودن ترکیبات ضد میکروبی به بسپارهای مختلف به علت ایجاد تغییرات در سطح مولکولی، سبب تغییر خواص مکانیکی فیلم‌های تولید شده از این بسپارها می‌شود. این تغییرات به علت تخریب ماتریکس فیلم، در اغلب موارد در جهت کاهش مقاومت فیلم‌ها در برابر کشش می‌باشد (Chen *et al.*, 1996).



شکل ۵ - تاثیر مقادیر مختلف اسانس بر میزان کشیدگی فیلم‌ها.

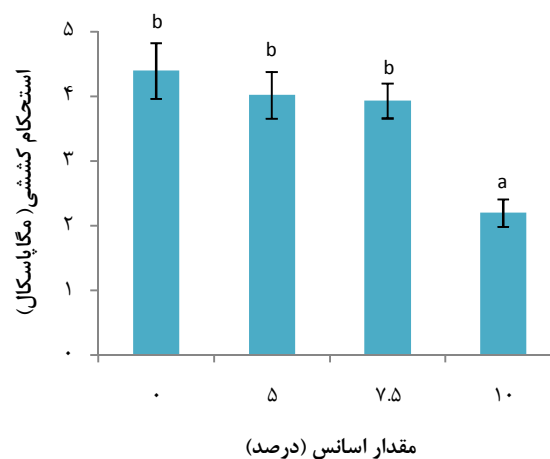
حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

دهند. اسانس‌ها با قرار گرفتن در زنجیره‌های بسپاری، سبب تضعیف پیوندهای درونی می‌شوند و از این طریق انعطاف‌پذیری و تحرک زنجیره‌های بسپار افزایش می‌یابد (Aguirre *et al.*, 2013).

میزان نفوذ پذیری فیلم‌ها در برابر بخار آب

نتایج مربوط به نفوذپذیری فیلم‌ها در برابر بخار آب در جدول ۲ نشان داده شده است.

البته در غلظت ۵ درصد سوربات پتاسیم، کاهش در میزان کشیدگی فیلم مشاهده شد که دلیل چنین پدیده‌ای مشخص نشد. در هر صورت فیلم‌های حاوی سوربات، استحکام کششی کمتر و میزان کشیدگی بیشتری را در مقایسه با فیلم شاهد نشان دادند. نرم‌کننده‌ها از طریق کاهش نیروهای بین مولکولی در فیلم‌های نشاسته‌ای و قرار گرفتن بین زنجیره‌های آمیلوزی، خصوصیات مکانیکی این فیلم‌ها را تغییر می‌دهند. در این مطالعه سوربات به عنوان نرم‌کننده عمل کرده و کاهش استحکام کششی و افزایش کشش‌پذیری را در پی داشته است. دلیل چنین پدیده‌ای را می‌توان این‌گونه بیان کرد که زنجیر مستقیم سوربات می‌تواند به سادگی درون زنجیره‌های نشاسته نفوذ کند و در نتیجه سبب افزایش تحرک بین زنجیره‌های پلی‌ساکارید شده و به موجب آن



شکل ۴ - تاثیر مقادیر مختلف اسانس بر استحکام کششی فیلم‌ها

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

همچنین نتایج مربوط به آزمون کشش نشان داد که افزودن مقادیر مختلف اسانس دارچین به ترکیب فیلم‌ها تاثیر معنی‌داری بر میزان کشیدگی آن‌ها دارد. بدین صورت که با افزایش مقدار اسانس از ۰ به ۱۰ درصد میزان کشیدگی فیلم‌ها نیز افزایش پیدا کرد (شکل ۵). چون روغن‌های اساسی در دمای محیط به صورت قطرات مایع هستند بنابراین به راحتی تغییر شکل داده و می‌توانند کشش‌پذیری فیلم را افزایش

جدول ۲- تاثیر مقادیر مختلف سوربات پتاسیم و اسانس دارچین بر نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌ها

نفوذپذیری [$\times 10^{-11}$ (گرم ثانیه ^{-۱} متر ^{-۱} پاسکال ^{-۱})]		درصد ماده افزودنی
اسانس دارچین	سوربات پتاسیم	
۶/۲ ^a	۵/۵۰ ^a	۰
۵/۰۰ ^a	۷/۵۵ ^{ab}	۵
۵/۶۹ ^a	۹/۹۷ ^b	۷/۵
۶/۲۰ ^a	۱۰/۶۷ ^b	۱۰

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است

به‌دست آمده است، از جمله Aguirre و همکاران (۲۰۱۳)، با افزودن اسانس پونه کوهی به فیلم پروتئین تریتیکاله و Atares و همکاران (۲۰۱۰) با افزودن اسانس‌های زنجبیل و دارچین به فیلم ایزوله پروتئین سویا، نتیجه گرفتند که اسانس باعث ایجاد تغییرات معنی‌دار در نفوذپذیری فیلم‌ها نمی‌شود (Aguirre et al., 2013; Atares et al., 2010). تحقیقات دیگر نشان دهنده کاهش نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌های زیست‌بسپاری در اثر افزودن اسانس است. محققین، علت کاهش میزان نفوذپذیری را اثر دفع‌کننده ترکیبات غیر قطبی موجود در اسانس‌ها بر مولکول‌های آب ذکر کرده‌اند (Pires et al., 2013; Sanchez-Gomez et al., 2010). همچنین پژوهش‌های دیگر افزایش نفوذپذیری فیلم‌های زیست‌بسپاری را در اثر افزودن اسانس‌ها نشان داد. پژوهشگران، افزایش نفوذپذیری به بخار آب را کاهش نیروی پیوستگی مولکولی^۱ شبکه بسپار و کاهش انسجام ساختار فیلم حاوی اسانس دانستند (Bonilla et al., 2012; Hosseini, et al., 2009).

خواص ضد میکروبی فیلم‌ها

در جدول ۳ اثر ضد میکروبی فیلم‌های حاوی سوربات پتاسیم و اسانس دارچین بر اساس قطر هاله شفاف ایجاد شده در محیط کشت، علیه قارچ مورد آزمایش نشان داده شده است. زمانی که مواد ضد میکروبی به درون فیلم افزوده می‌شوند، این ترکیبات به درون آگار نفوذ می‌کنند و خواص ضد میکروبی را نشان می‌دهند.

نتایج نشان می‌دهد که با افزایش مقدار سوربات پتاسیم، میزان نفوذپذیری به بخار آب مربوط به فیلم‌های نشاسته‌ای افزایش پیدا کرد. این افزایش می‌تواند به دلیل افزایش گروه‌های قطبی آب دوست در غلظت‌های بالا باشد. Li Shen و همکاران (۲۰۱۰)، با بررسی تاثیر سوربات پتاسیم بر ویژگی‌های مختلف فیلم‌های نشاسته‌سیب‌زمینی نشان دادند که غلظت‌های بالای سوربات پتاسیم می‌تواند افزایش نفوذپذیری به بخار آب را به‌دنبال داشته باشد (Li Shen et al., 2010). بر طبق مطالعه Mac Hugh و همکاران (۱۹۹۴)، افزودن ترکیبات قطبی ممکن است سبب افزایش ماهیت آب دوستی و قابلیت انحلال گردد. علاوه بر این افزودن ترکیباتی نظیر سوربات پتاسیم می‌تواند تراکم و انباشتگی زنجیر را تضعیف کرده و ساختار شل‌تر و ضعیف‌تری را ایجاد کند که این در نهایت منجر به قابلیت حرکت بیشتر در زنجیره می‌شود (Mac Hugh et al., 1994). تاثیر مقادیر مختلف اسانس دارچین بر نفوذپذیری فیلم‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به نتایج، افزودن اسانس موجب تغییر معنی‌داری در نفوذپذیری فیلم‌ها نشد ($p < 0.05$). اسانس‌های گیاهی ترکیباتی پیچیده و آب‌گریز هستند و نمی‌توان به سادگی فرض کرد که افزودن این مواد آب‌گریز به فرمول فیلم، باعث کاهش نفوذپذیری آن به بخار آب شود، بلکه تأثیری که اسانس بر ریزساختار فیلم می‌گذارد تعیین‌کننده مقدار نفوذپذیری آن به بخار آب است (Atares et al., 2010). در ارتباط با تأثیر افزودن اسانس‌های گیاهی بر میزان نفوذپذیری فیلم‌های زیست‌بسپاری تحقیقات زیادی صورت گرفته و نتایج مختلفی

جدول ۳- قطر هاله تشکیل شده در نمونه‌های فیلم

قطر هاله (میلی‌متر)		درصد ماده افزودنی
اسانس دارچین	سوربات پتاسیم	
d	d	۰
d	d	۵
۳۳/۶۲ ^b	۲۷/۲۵ ^c	۷/۵
۴۶/۱۰ ^a	۳۲/۸۳ ^b	۱۰

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

ترانس سینامالدهید و همچنین مقادیر کمتری از بنزوئیک اسید، بنزالدهید و اوژنول و استات سینامیل می‌باشد که خاصیت قارچ کشی به اسانس دارچین داده و خاصیت ضد میکروبی آن را تقویت می‌کنند (Cowan, 1999).

نتیجه گیری

در این تحقیق امکان تولید فیلم فعال نانوکامپوزیتی با زمینه نشاسته مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از آزمایشات فیزیکی، مکانیکی و میکروبی نشان داد که می‌توان از هر دو ماده سوربات پتاسیم و اسانس دارچین به عنوان مواد ضد میکروب در فرمولاسیون تولید این فیلم‌ها استفاده کرد. از بین این دو ماده، اسانس دارچین به علت دارا بودن اثر قوی تر ضد میکروبی و تاثیر کمتر بر نفوذپذیری فیلم تولیدی، جهت تولید فیلم ضد میکروب مطلوب‌تر تشخیص داده شد. با توجه به خصوصیات فیلم‌های فعال تولید شده می‌توان نتیجه‌گیری کرد که می‌توان از این نوع فیلم‌ها در بسته‌بندی ضد میکروب محصولات نانویی استفاده کرد.

اگر هاله شفاف اطراف دیسک حاصل از فیلم‌ها تشکیل نشود به معنای عدم تشکیل منطقه بازداری بوده و مقدار آن در اندازه‌گیری صفر محسوب می‌شود. در نمونه‌های شاهد که فاقد هر گونه ماده افزودنی بود هیچ هاله‌ای اطراف دیسک‌های فیلم تشکیل نشد که این نشان دهنده این واقیعت است که فیلم‌های نانوکامپوزیتی نشاسته - رس به تنهایی و بدون مواد افزودنی، فاقد خاصیت ضد میکروبی هستند. در مقادیر ۵ درصد از هر دو ماده افزوده شده نیز هاله‌ای مشاهده نشد بدین معنی که در غلظت‌های کم، هم سوربات پتاسیم و هم اسانس دارچین توانایی جلوگیری از رشد قارچ *Aspergillus niger* را نداشته و این قارچ در برابر غلظت پایین هر دو ماده افزوده شده از خود مقاومت نشان داد. حداقل غلظت بازداری برای این قارچ در مقادیر ۷/۵ درصد از هر دو ماده به دست آمد. بیشترین قطر هاله تشکیل شده، مربوط به فیلم حاوی ۱۰ درصد اسانس بود. در هر دو غلظت ۷/۵ و ۱۰ درصد، فیلم‌های حاوی اسانس اثر ضد میکروبی قوی‌تری را از خود نشان دادند. خاصیت ضد میکروبی دارچین بیشتر در ارتباط با حضور مقادیر زیادی از

منابع

- 1- Aguirre, A., Borneo, R. & Leon, A. E. 2013. Antimicrobial, mechanical and barrier properties of triticale protein films incorporated with oregano essential oil. *Food Bioscience*, I: 2-9.
- 2- Atares, L., Jesus, C. D., Talens, P. & Chiralt, A. 2010. Characterization of SPI-based edible films incorporated with cinnamon or ginger essential oils. *Journal of Food Engineering*, 99: 384-391.
- 3- ASTM. Standard test methods for water vapor transmission of material, E96-95. Annual book of ASTM. Philadelphia: 5th ed. American Society for Testing and Materials; 1995.
- 4- ASTM. Standard test methods for tensile properties and thin plastic sheeting, D882-91. Annual book of ASTM. Philadelphia: 5th ed. American Society for Testing and Materials; 1996.
- 5- Baron, J. K. & Summer, S. S. 1993. Antimicrobial containing edible films as an inhibitory system to control microbial growth of meat products. *Journal of Food Protection*, 56: 9-16.
- 6- Bonilla, J., Atares, L., Vargas, L. & Chiralt, A. 2012. Effect of essential oils and homogenization conditions on properties of chitosan-based films. *Food Hydrocolloids*, 26: 9-16.
- 7- Cagri, A., Ustunol, Z. & Ryser, E. T. 2001. Antimicrobial, Mechanical and moisture barrier properties of low pH whey prorein based edible films containing p-aminobenzoic or sorbic acids. *Journal of Food Science*, 66: 865-870.
- 8- Chen, M.C, Yeh, G.H. & Chiang, B. H. 1996. Antimicrobial and physicochemical properties of methyl cellulose and chitosan films containing a preservative. *Journal of Food Processing and Preservation*, 20: 379-390.
- 9- Cowan, M.M. 1999. Plant products as antimicrobial agents. *Journal of Clinical Microbiology*, 12: 564- 582.
- 10- Cyras, V. P., Manfredi, L. B., Ton-That, M. & Vazquez, A. 2008. Physical and mechanical properties of thermoplastic starch/montmorillonite nanocomposite films. *Journal of Carbohydrate Polymers*, 73: 55-63.
- 11- Fama, L., Rojas, A. M., Goyanes, S. & Gerschenson, L. 2005. Mechanical properties of tapioca-starch edible films containing sorbates. *Food Science and Technology*, 38: 631-639.
- 12- Flores, S., Fama, L., Rojas, A. M. Goyanes, S. & Gerschenson, L. 2007. Physical properties of tapioca-starch edible films: Influence of film making and potassium sorbate. *Food Research International*, 40: 257-265.

- 13- Frazier, W. C. & Westhoff, D. C. 1978. Food Microbiology, McGraw-Hill Interamericana, USA, 540pp.
- 14- Holley, R. A. & Patel, D. 2005. Improvement in shelf-life and safety of perishable foods by plant essential oils and smoke antimicrobials: a review. Food Microbiology, 22: 273-292.
- 15- Hosseini, M. H., Razavi, S. H. & Mousavi, M. A. 2009. Antimicrobial, physical and mechanical properties of chitosan-based films incorporated with thyme, clove and cinnamon essential oils. Journal of Food Processing and Preservation, 33: 227-243.
- 16- Kim, J., Marshal, M. R. & Wei, C. 1995. Antimicrobial activity of some essential oil components against five food borne pathogens. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43: 2839-2845.
- 17- Li Shen, X., Min, W. J., Chen, Y. & Zhao, G. 2010. Antimicrobial and Physical properties of sweet potato starch films incorporated with potassium sorbate or chitosan. Food Hydrocolloids, 24: 285-290.
- 18- Matan, N., Rimkeeree, H., Mawson, A. J., Chompreeda, P., Haruthaithanasan, V. & Parker, M. 2006. Antimicrobial activity of cinnamon and clove oils under modified atmosphere conditions. International Journal of Food Microbiology, 107: 180-185.
- 19- Mc Hugh, T. H., Aujard, J. F. & Krochta, J. M. 1994. Plasticized whey protein edible films. WVP properties. Journal of Food Science, 59: 416-419.
- 20- Pires, C., Ramos, C., Teixeira, B., Batista, M. & Marques, A. 2013. Hake protein edible films incorporated with essential oils: physical, mechanical, antioxidant and antibacterial properties. Food Hydrocolloids, 30: 224-231.
- 21- Pranotto, Y., Rakhshit, S. K. & Salokhe, V.M. 2005. Enhancing antimicrobial activity of chitosan films by incorporating garlic oil, potassium sorbate and nisin. LWT- Food Science and Technology, 38(8): 859-865.
- 22- Rodriguez, A., Nerin, C. & Batlle, R. 2008. New cinnamon-based. Active paper packaging against *Rhizopus stolonifer* food spoilage. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56: 6364-6369.
- 23- Sanchez-Gomenez, L., Gonzalez-Martinez, C., Chiralt, A. & Chafer, M. 2010. Physical and antimicrobial properties of chitosan-tea tree essential oil composite films. Journal of Food Engineering, 98: 443-452.
- 24- Siragusa, G. R. & Dickson, J. S. 1992. Inhibition of *Listeria monocytogenes* on beef tissue by application of organic acids immobilized in a calcium alginate gel. Journal of Food Science, 57(2): 293-296.
- 25- Torres, J. A., Motoki, M. & Karel, M. 1985. Microbial stabilization of intermediate moisture food surfaces. I. Control of surface preservative concentration. Journal of Food Processing and Preservation, 9: 75-92.
- 26- Torres, J. A. & Karel, M. 1985. Microbial stabilization of intermediate moisture food surfaces. III. Effects of surface preservative concentration and surface pH control on

microbial stability of an intermediate moisture cheese analog. *Journal of Food Processing and Preservation*, 9: 107-119.

Preparation and evaluation of active starch-clay nanocomposite film containing cinnamon oil and potassium sorbate

Hassan Barzegar¹, Mohammad Hossein Azizi², Mohsen Barzegar² and Zohre Hamidi²

1. PhD. Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University

* Corresponding author (azizit_m@modares.ac.ir)

2. Associate professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University

Abstract

In recent years using fresh foods that have undergone minimal processing, has become widespread. The use of active packaging is a new method for preserving of these products. In this study, active starch-clay nanocomposite films with addition of cinnamon essential oil or potassium sorbate (0, 5, 7.5 and 10% on the base of dry starch) were prepared. The physical, mechanical and antimicrobial properties of the active films were evaluated. For the evaluation of antimicrobial properties of the films, *Aspergillus niger* was used as one of the important spoilage fungi of bread. The results showed that 5% of the antimicrobial additives didn't any antimicrobial activity. However, by increasing the concentration of the additives, antimicrobial activity also increased. In the same amounts of both additives, the films which contained cinnamon essential oil had stronger antimicrobial effects. The addition of potassium sorbate increased water vapor permeability of the films. However, cinnamon essential oil, didn't affect this property of the films. These results showed that the films could be used as an active food packaging.

Keywords: Active packaging; Cinnamon oil; Nanocomposite; Potassium sorbate