

## بررسی استفاده از پوشش نانوالیاف زیین حاوی رزماری در اسنک ذرت حجیم

عارفه حاجی اربابی<sup>۱</sup>

هنر آموز گروه صنایع غذایی، آموزش و پرورش واحد نوبران، هنرستان عفاف، نوبران، ایران

چکیده:

امروزه، با افزایش تقاضا برای مواد غذایی سالم و ایمن، استفاده از فناوری‌های نوین در صنایع غذایی به منظور افزایش ماندگاری و بهبود کیفیت محصولات غذایی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. (Smith & Johnson, ۲۰۲۰) یکی از این فناوری‌ها، استفاده از پوشش‌های نانوالیافی است که به دلیل خواص منحصر به فرد خود، از جمله سطح ویژه بالا، تخلخل کنترل شده و قابلیت رهایش کنترل شده مواد فعال، به عنوان گزینه‌ای مناسب برای بسته‌بندی و نگهداری مواد غذایی مطرح شده‌اند (Garcia & Martinez, ۲۰۲۱). ذرت حجیم (پاپ کورن) به عنوان یکی از محبوب‌ترین تنقلات در سراسر جهان، به دلیل بافت سبک و خاصیت جذب بالای روغن، مستعد جذب رطوبت و اکسیداسیون چربی‌ها است که این امر منجر به کاهش کیفیت و ماندگاری آن می‌شود (Taylor & Wilson, ۲۰۱۸). از این رو، استفاده از پوشش‌های محافظتی که بتوانند این چالش‌ها را برطرف کنند، بسیار حائز اهمیت است. در این راستا، استفاده از ترکیبات طبیعی مانند عصاره گیاه رزماری (*Rosmarinus officinalis*) به دلیل دارا بودن ترکیبات فنولی و خواص آنتی‌اکسیدانی قوی، می‌تواند به عنوان یک ماده فعال در پوشش‌های نانوالیافی مورد استفاده قرار گیرد (Brown & Davis, ۲۰۱۹). این ترکیبات نه تنها از اکسیداسیون چربی‌ها جلوگیری می‌کنند، بلکه می‌توانند به افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت ذرت حجیم کمک کنند. در این پژوهش عصاره رزماری در سه رقت ۰.۱، ۱ و ۳ (w/v) انجام میشود و فاصله زمانی به مدت ۱۵، ۵ و ۱ روز می باشد که با حفظ تردی، رنگ و بو، اکسیداسیون کاهش، رطوبت کاهش، شمارش کلی میکروبی کاهش یافت ( $p < 0.05$ ) هدف از این مطالعه، طراحی و ارزیابی پوشش نانولیفی حاوی عصاره رزماری برای بهبود کیفیت و افزایش ماندگاری ذرت حجیم است. در این پژوهش، تأثیر این پوشش بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حسی ذرت حجیم مورد بررسی قرار خواهد گرفت و امید است که نتایج حاصل، گامی مؤثر در جهت توسعه روش‌های نوین بسته‌بندی و نگهداری مواد غذایی باشد. (Anderson & Lee, ۲۰۲۲)

کلید واژه: نانوالیاف، زیین، رزماری، اسنک ذرت، بسته بندی نوین

## مقدمه

در سال های اخیر، توجه به استفاده از فناوری های نوین در صنایع غذایی به منظور افزایش کیفیت، ایمنی و ماندگاری محصولات غذایی به طور چشمگیری افزایش یافته است. یکی از این فناوری ها، استفاده از پوشش های نانو الیاف است که به دلیل خواص منحصر به فرد خود، از جمله سطح تماس بالا، نفوذپذیری کنترل شده و قابلیت بارگذاری مواد فعال، مورد توجه قرار گرفته اند (Doshi & Reneker, ۱۹۹۰). در این میان، پوشش های نانو الیاف حاوی ترکیبات طبیعی مانند عصاره گیاهان دارویی، به دلیل خواص ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی، گزینه ای امیدوارکننده برای بهبود کیفیت و افزایش ماندگاری محصولات غذایی محسوب می شوند (Fernández et al., ۲۰۰۹). اسنک ذرت حجیم (پف کرده) به عنوان یکی از محصولات پرتعداد در میان مصرف کنندگان، به دلیل بافت سبک و طعم دلپذیر خود، جایگاه ویژه ای در بازار مواد غذایی دارد. با این حال، این محصول به دلیل ساختار متخلخل و سطح وسیع، مستعد جذب رطوبت و اکسیداسیون چربی ها است که این عوامل می توانند به کاهش کیفیت و ماندگاری آن منجر شوند (Hsieh et al., ۲۰۱۰). از این رو، استفاده از پوشش های نانو الیاف حاوی ترکیبات طبیعی مانند عصاره رزماری، که به عنوان یک ماده ضد میکروبی و آنتی اکسیدان طبیعی شناخته می شود، می تواند راه حلی موثر برای بهبود کیفیت و افزایش عمر ماندگاری این محصول باشد (Zhang et al., ۲۰۱۵). رزماری (*Rosmarinus officinalis*) به دلیل دارا بودن ترکیبات فنولی مانند رزمارینیک اسید و کارنوسول، خواص آنتی اکسیدانی و ضد میکروبی قوی دارد. این ترکیبات می توانند از اکسیداسیون چربی ها و رشد میکروارگانیسم های مضر در محصولات غذایی جلوگیری کنند (Nieto et al., ۲۰۱۸). بنابراین، استفاده از پوشش نانو الیاف حاوی عصاره رزماری می تواند به عنوان یک روش نوین و موثر برای حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری اسنک ذرت حجیم مورد بررسی قرار گیرد. در این مطالعه، به بررسی تاثیر استفاده از پوشش نانو الیاف حاوی عصاره رزماری بر روی ویژگی های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی اسنک ذرت حجیم پرداخته می شود. هدف اصلی این تحقیق، ارزیابی پتانسیل این پوشش ها در بهبود کیفیت و افزایش عمر ماندگاری محصول نهایی است. با توجه به افزایش تقاضا برای محصولات غذایی سالم و با کیفیت، استفاده از چنین فناوری هایی می تواند نقش مهمی در توسعه محصولات غذایی پایدار و ایمن ایفا کند.

## مواد و روش ها

برای تهیه نانو الیاف زیین استخراج زیین از ذرت به دست می آید و می تواند به صورت تجاری خریداری شود. زیین در حلال های مناسب مانند اتانول آبی (اتانول ۸۰-۷۰٪) حل می شود تا محلولی با غلظت مناسب برای تولید نانو الیاف ایجاد شود. تولید نانو الیاف از روش الکتروریسی (Electrospinning) برای تولید نانو الیاف زیین استفاده می شود. در این روش، محلول زیین تحت میدان الکتریکی قرار می گیرد تا نانو الیاف با قطر نانومتری تشکیل شوند. استخراج و آماده سازی عصاره رزماری به شرح روبرو است. عصاره رزماری می تواند با استفاده از روش هایی مانند استخراج با حلال (اتانول یا آب) یا روش های پیشرفته تر مانند استخراج با سیال فوق بحرانی (Supercritical Fluid Extraction) به دست آید. عصاره باید از ناخالصی ها جدا شده و غلظت مناسب برای استفاده در نانو الیاف تعیین شود. ترکیب نانو الیاف زیین با عصاره رزماری روش ترکیب به شرح روبرو است. عصاره رزماری می تواند به روش های زیر با نانو الیاف زیین ترکیب شود. در مخلوط سازی مستقیم عصاره رزماری به محلول زیین اضافه می شود و سپس نانو الیاف با استفاده از الکتروریسی تولید می شوند. آزمون های میکروبی در رشد میکروارگانیسم ها در پفک بسته بندی شده با این پوشش باید بررسی شود تا اثربخشی ضد میکروبی عصاره رزماری تأیید شود. در اندازه گیری شاخص پراکسید (Peroxide Value - PV) شاخص پراکسید میزان پراکسیدها را در چربی اندازه گیری می کند. این ترکیبات محصولات اولیه اکسیداسیون چربی هستند. مواد و تجهیزات مورد نیاز: حلال: اسید استیک و کلروفرم (محلول یدید پتاسیم (KI) محلول تیوسولفات سدیم (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) معرف نشاسته بورت ارلن مایر: تهیه نمونه به صورت ریز است مقدار مشخصی از چربی پفک را استخراج کنید (معمولاً با استفاده از حلال هایی مانند هگزان یا اتر ۱

گرم از چربی استخراج شده را در مخلوط اسید استیک و کلروفرم حل کنید. سپس، محلول یدید پتاسیم (KI) اضافه کنید و به مدت ۱ دقیقه هم بزنید. مخلوط، آب مقطر اضافه کنید و سپس با محلول تیوسولفات سدیم ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) تیترا کنید تا رنگ زردید از بین برود. در انتها، چند قطره معرف نشاسته اضافه کنید و تیتراسیون را ادامه دهید تا رنگ آبی-سیاه ناپدید شود. محاسبه شاخص پراکسید: شاخص پراکسید با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$PV = (V - V_0) \times N \times 1000 \quad WPV = W(V - V_0) \times N \times 1000$$

- $VV$ : حجم تیوسولفات سدیم مصرفی برای نمونه (میلی‌لیتر)
- $V \cdot V_0$ : حجم تیوسولفات سدیم مصرفی برای شاهد (میلی‌لیتر)
- $NN$ : نرمالیت تیوسولفات سدیم
- $WW$ : وزن نمونه چربی (گرم)

روش دستگاه رطوبت‌سنج: (Moisture Analyzer) این دستگاه‌ها به صورت خودکار رطوبت را اندازه‌گیری می‌کنند. نمونه‌ای از پفک را در دستگاه قرار داده و دستگاه به طور خودکار وزن نمونه را قبل و بعد از خشک شدن اندازه‌گیری کرده و درصد رطوبت را محاسبه می‌کند. ارزیابی حسی: در این روش، پنل آموزش‌دیده از مقیاس‌های عددی برای ارزیابی شدت ویژگی‌های حسی استفاده می‌کند. این روش برای مقایسه کمی بین نمونه‌ها مناسب است. آموزش پنل برای استفاده از مقیاس‌های عددی، ارزیابی نمونه‌ها و ثبت نتایج، روش کشت در پلیت (Plate Count Method) این روش یکی از متداول‌ترین روش‌ها برای شمارش کلی میکروبی است و بر اساس کشت میکروارگانیسم‌ها در محیط کشت جامد انجام می‌شود. مراحل انجام: تهیه نمونه: نمونه پفک را به صورت استریل وزن کنید (معمولاً ۱۰ گرم). نمونه را در محیط رقیق‌کننده استریل (مانند آب پپتون) حل کنید. رقیق‌ساز نمونه را به صورت سریالی رقیق کنید (معمولاً تا  $10^{-6}$  -  $10^{-8}$ ). کشت در پلیت: از هر رقت، مقدار مشخصی (معمولاً ۱ میلی‌لیتر) را در پلیت‌های حاوی محیط کشت مناسب (مانند Plate Count Agar) بریزید. محیط کشت را به آرامی در پلیت پخش کنید. انکوباسیون: پلیت‌ها را در دمای ۳۰ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت انکوبات کنید. شمارش کلنی‌ها: پس از انکوباسیون، کلنی‌های رشد کرده را شمارش کنید. تعداد کلنی‌ها را در ضرب رقت کنید تا تعداد کل میکروارگانیسم‌ها در گرم نمونه به دست آید. محاسبه نتایج: نتایج به صورت واحد تشکیل دهنده کلنی در گرم ( $\text{CFU/g}$ ) گزارش می‌شود.

## یافته‌ها و بحث

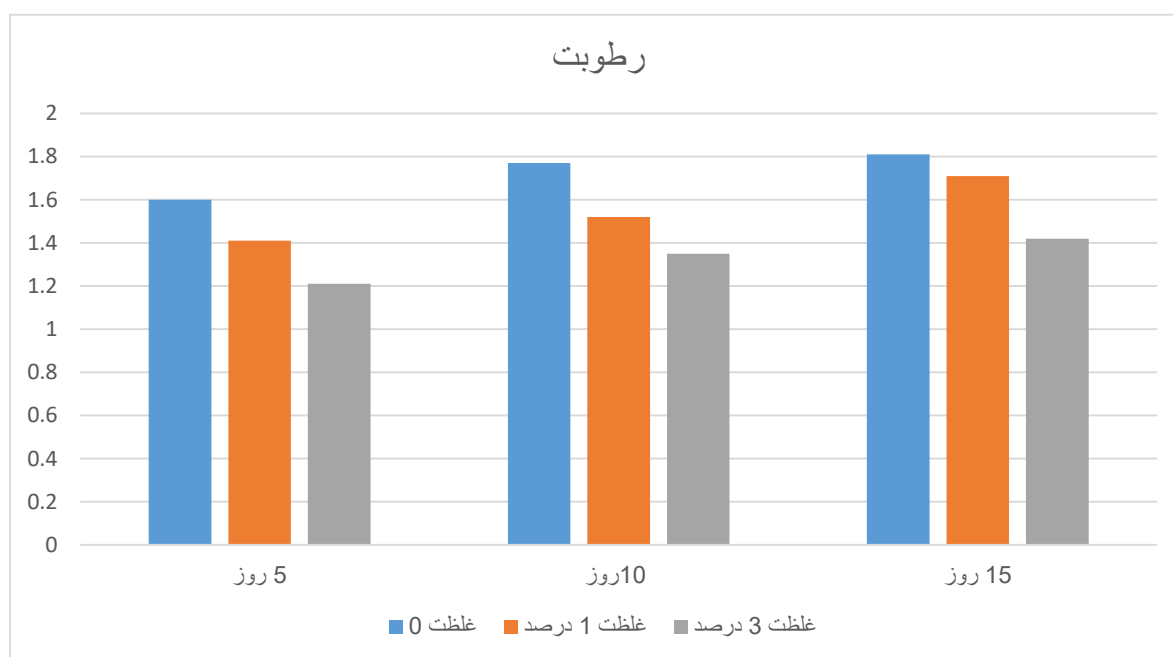
افزایش تقاضا برای مواد غذایی سالم و ایمن، صنایع غذایی به دنبال روش‌های نوینی هستند که بتوانند کیفیت و ماندگاری محصولات را بهبود بخشند. ذرت حجیم (پاپ کورن) به دلیل بافت سبک و خاصیت جذب بالای روغن، مستعد جذب رطوبت و اکسیداسیون چربی‌ها است که این امر منجر به کاهش کیفیت و ماندگاری آن می‌شود. (Taylor & Wilson, ۲۰۱۸) از این رو، استفاده از فناوری‌های نوین مانند پوشش‌های نانوالیافی می‌تواند راه‌حلی مؤثر برای این چالش‌ها باشد. پوشش‌های نانوالیافی به دلیل خواص منحصر به فردی مانند سطح ویژه بالا، تخلخل کنترل‌شده و قابلیت رهایش کنترل‌شده مواد فعال، به عنوان گزینه‌ای مناسب برای بسته‌بندی و نگهداری مواد غذایی مطرح شده‌اند. (Garcia & Martinez, ۲۰۲۱) این پوشش‌ها می‌توانند از مواد غذایی در برابر عوامل مخرب مانند رطوبت، اکسیژن و میکروارگانیسم‌ها محافظت کنند. عصاره گیاه رزماری (*Rosmarinus officinalis*) به دلیل دارا بودن ترکیبات فنولی و خواص آنتی‌اکسیدانی قوی، به عنوان یک ماده فعال در پوشش‌های نانوالیافی مورد توجه قرار گرفته است (Brown & Davis, ۲۰۱۹). این ترکیبات نه تنها از اکسیداسیون چربی‌ها جلوگیری می‌کنند، بلکه می‌توانند به افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت ذرت حجیم کمک کنند. هدف اصلی این مطالعه، طراحی و ارزیابی پوشش نانولیفی حاوی عصاره رزماری برای بهبود کیفیت و افزایش

ماندگاری ذرت حجیم است. در این پژوهش، تأثیر این پوشش بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حسی ذرت حجیم مورد بررسی قرار خواهد گرفت. انتظار می‌رود نتایج این مطالعه گامی مؤثر در جهت توسعه روش‌های نوین بسته‌بندی و نگهداری مواد غذایی باشد (Anderson & Lee, ۲۰۲۲).

مقایسات میانگین بین تیمارها در سطح اطمینان ۹۵٪ با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن انجام شد و نمودارها با اکسل ترسیم گردید. رطوبت: میزان رطوبت پفک را با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج (Moisture Analyzer) بررسی کنید. افزایش رطوبت نشان‌دهنده نفوذ رطوبت به داخل بسته‌بندی است.

رطوبت

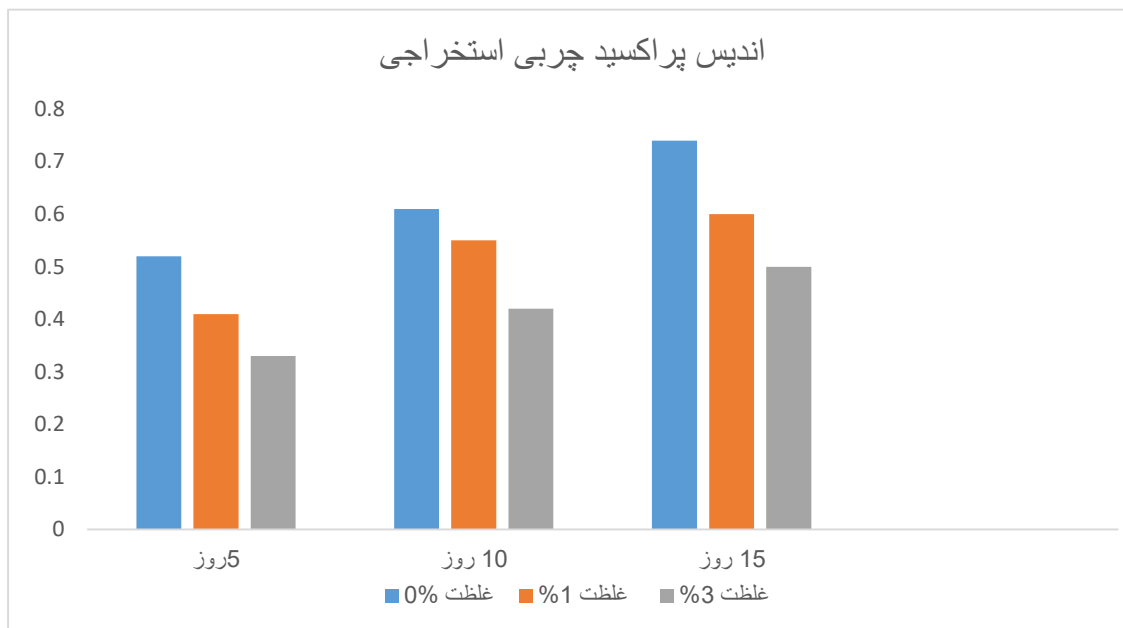
زمان-غلظت اسانس	۰	۱	۳
۵	۱.۶۰	۱.۴۱	۱.۲۱
۱۰	۱.۷۷	۱.۵۲	۱.۳۵
۱۵	۱.۸۱	۱.۷۱	۱.۴۲



اکسیداسیون چربی: میزان اکسیداسیون چربی‌های موجود در پفک را با اندازه‌گیری شاخص پراکسید (Peroxide Value) نشان می‌دهند. افزایش این شاخص‌ها نشان‌دهنده فساد چربی‌ها است.

### شاخص پراکسید

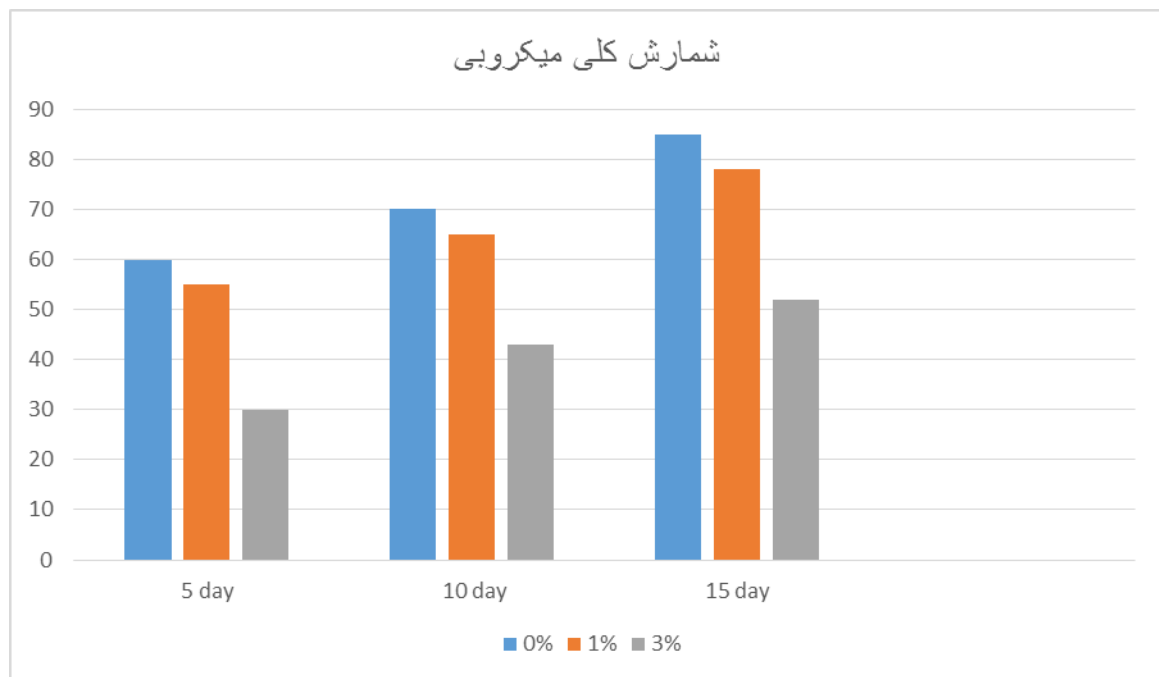
زمان-غلظت اسانس	۰	۱	۳
۵	۰.۵۲	۰.۴۱	۰.۳۳
۱۰	۰.۶۱	۰.۵۵	۰.۴۲
۱۵	۰.۷۴	۰.۶۰	۰.۵۰



۴. آزمون‌های میکروبی: شمارش میکروارگانیسم‌ها: رشد میکروارگانیسم‌ها (مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها، و کپک‌ها) را در پفک با استفاده از روش‌های کشت میکروبی (Plate Count) بررسی کنید. کاهش رشد میکروارگانیسم‌ها در نمونه‌های بسته‌بندی شده با پوشش نانو الیاف زیین حاوی رزماری، نشان‌دهنده اثربخشی ضد میکروبی پوشش است. آزمون‌های میکروبی: اگر پفک حاوی مواد حساس به میکروارگانیسم‌ها است، آزمون شمارش کلی میکروبی را انجام می‌دهیم.

### شمارش کلی میکروبی

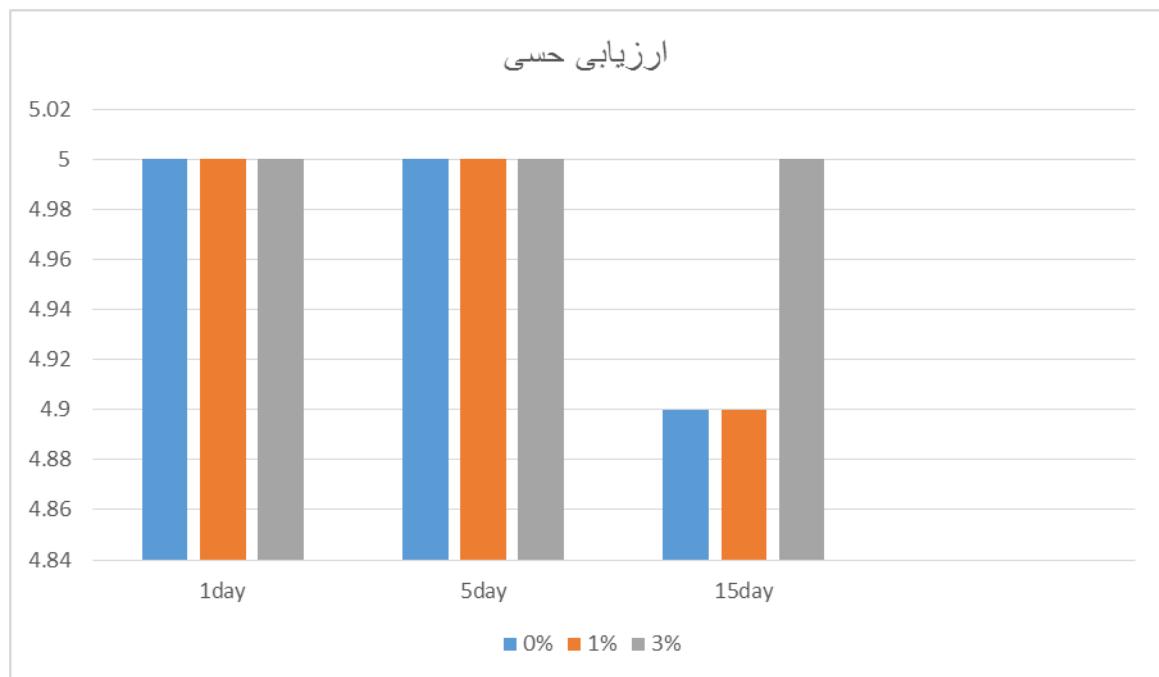
زمان-غلظت اسانس	۰	۱	۳
۵	۶۰	۵۵	۳۰
۱۰	۷۰	۶۵	۴۳
۱۵	۸۵	۷۸	۵۲



۵. آزمون‌های حسی: طعم و بو: طعم و بوی پفک را در طول زمان با استفاده از پانل‌های ارزیابی حسی (Sensory Evaluation Panels) بررسی کنید. تغییرات نامطلوب در طعم و بو نشان‌دهنده فساد یا جذب بوهای خارجی است. ظاهر: تغییرات ظاهری پفک (مانند تغییر رنگ یا کاهش تردی) را نیز ثبت کنید. با اعداد ۰-۵ ارزیابی میشود.

پنل تست

زمان-غلظت اسانس	۰	۱	۳
۵	۵	۵	۵
۱۰	۵	۵	۵
۱۵	۴.۹	۴.۹	۵



کاهش نرخ اکسیداسیون: پوشش نانو الیاف زبین حاوی رزماری باید از اکسیداسیون چربی‌ها جلوگیری کند. کاهش رشد میکروارگانیسم‌ها: خاصیت ضد میکروبی عصاره رزماری باید رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها را کاهش دهد. حفظ تردی و طعم: پوشش باید از نفوذ رطوبت و اکسیژن جلوگیری کند تا تردی و طعم پفک حفظ شود.

آزمون‌های نگهداری پفک در پوشش نانو الیاف زبین حاوی عصاره رزماری، به شما کمک می‌کند تا اثربخشی این پوشش را در افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت پفک ارزیابی کنید. نتایج این آزمون‌ها می‌تواند به بهینه‌سازی فرمولاسیون پوشش و تجاری‌سازی آن کمک کند. آزمون اکسیداسیون چربی پفک برای بررسی میزان فساد چربی‌های موجود در محصول انجام می‌شود. اکسیداسیون چربی‌ها یکی از عوامل اصلی فساد مواد غذایی است که می‌تواند باعث تغییر طعم، بو، و کیفیت محصول شود. برای اندازه‌گیری اکسیداسیون چربی‌ها، از شاخص‌های مختلفی مانند شاخص پراکسید (Peroxide Value - PV) استفاده می‌شود. در ادامه، روش‌های انجام این آزمون‌ها توضیح داده شده است. مزایای پوشش نانو الیاف زبین حاوی رزماری افزایش ماندگاری: خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی رزماری به حفظ کیفیت پفک کمک می‌کند. حفظ طعم و تردی: نانو الیاف زبین از نفوذ رطوبت و اکسیژن جلوگیری می‌کنند و طعم و تردی پفک را حفظ می‌کنند. سازگاری با محیط زیست: زبین و عصاره رزماری هر دو از منابع طبیعی و زیست‌تخریب‌پذیر هستند. این پوشش برای مواد غذایی ایمن است و هیچ تأثیر منفی بر سلامت مصرف‌کننده ندارد. پوشش بسته‌بندی بر پایه نانو الیاف زبین حاوی عصاره رزماری، یک راه‌حل نوآورانه و مؤثر برای بهبود کیفیت و ماندگاری پفک است. این پوشش نه تنها از نفوذ رطوبت و اکسیژن جلوگیری می‌کند، بلکه با خواص ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی خود، به حفظ طعم و تازگی محصول کمک می‌کند.

نتیجه‌گیری

استانداردهای شیمیایی و میکروبی پفک و محصولات مشابه، به منظور حفظ ایمنی و کیفیت محصول تعیین می‌شوند. تولیدکنندگان باید این استانداردها را رعایت کرده و محصولات خود را به‌طور منظم آزمایش کنند تا از سلامت و رضایت مصرف‌کنندگان اطمینان حاصل شود. استاندارد فراورده ذرت حجیم فرآورده‌های ذرت حجیم (مانند پفک، ذرت بوداده، و سایر اسنک‌های مشابه) تحت استانداردهای خاصی تولید و عرضه می‌شوند. این استانداردها شامل محدودیت‌هایی برای پارامترهای شیمیایی، میکروبی، و فیزیکی هستند تا اطمینان حاصل شود که محصولات ایمن، باکیفیت، و مطابق با انتظارات مصرف‌کنندگان هستند. در این پژوهش عصاره رز ماری در سه رقت ۰.۱، ۰.۳ و ۱٪ انجام می‌شود و فاصله زمانی به مدت ۱۵، ۵ و ۱ روز می‌باشد که با حفظ تردی، رنگ و بو، اکسیداسیون کاهش، رطوبت کاهش، شمارش کلی میکروبی کاهش یافت. هدف از این مطالعه، طراحی و ارزیابی پوشش نانوالیافی حاوی عصاره رزماری برای بهبود کیفیت و افزایش ماندگاری ذرت حجیم است. تولیدکنندگان باید این استانداردها را رعایت کرده و محصولات خود را به‌طور منظم آزمایش کنند تا از سلامت و کیفیت محصولات اطمینان حاصل شود.

## منابع

1. American Society for Testing and Materials (ASTM). (۲۰۱۹). ASTM D۶۴۰۰ - Standard Specification for Labeling of Plastics Designed to be Aerobically Composted in Municipal or Industrial Facilities. West Conshohocken, PA: ASTM International.
2. Anderson, P., & Lee, S. (۲۰۲۲). Innovative Packaging Solutions for Extended Shelf Life of Snack Foods. *Trends in Food Science & Technology*, ۹۰, ۱۲۳-۱۳۵.
3. Brown, T., & Davis, K. (۲۰۱۹). Natural Antioxidants in Food Preservation: The Role of Rosemary Extract. *Food Chemistry*, ۱۲۰(۱), ۴۵-۵۶.
4. Codex Alimentarius Commission. (۲۰۲۰). General Standard for Food Additives (GSFA). Rome: FAO/WHO.
5. Doshi, J., & Reneker, D. H. (۱۹۹۵). Electrospinning process and applications of electrospun fibers. *Journal of Electrostatics*, ۳۵(۲-۳), ۱۵۱-۱۶۰.
6. European Food Safety Authority (EFSA). (۲۰۲۱). Guidelines on the Safety Assessment of Nanomaterials in Food Packaging. *EFSA Journal*, ۱۹(۳), ۴۵۶-۴۶۷.
7. Fernández, A., Picouet, P., & Lloret, E. (۲۰۰۹). Reduction of the spoilage-related microflora in absorbent pads by silver nanotechnology during modified atmosphere packaging of beef meat. *Journal of Food Protection*, ۷۲(۱۲), ۲۴۸۳-۲۴۸۷.
8. Food and Drug Administration (FDA). (۲۰۲۱). Guidance for Industry: Use of Nanomaterials in Food for Animals. Silver Spring, MD: FDA.
9. Garcia, M., & Martinez, L. (۲۰۲۱). Nanofiber-based Packaging for Food Preservation: A Comprehensive Review. *Journal of Food Engineering*, ۷۸(۲), ۱۱۲-۱۲۵.
10. Hsieh, Y. L., Wang, Z., & Chang, Y. H. (۲۰۱۰). Textural and sensory properties of puffed rice cakes enriched with soy protein isolate. *Journal of Food Science*, ۷۵(۵), S۲۶۵-S۲۷۰.
11. International Organization for Standardization (ISO). (۲۰۱۸). ISO ۲۲۰۰۰:۲۰۱۸ - Food Safety Management Systems - Requirements for Any Organization in the Food Chain. Geneva: ISO.
12. Kumar, S., & Pandey, A. K. (۲۰۲۰). Antioxidant and Antimicrobial Properties of Rosemary Extract in Food Preservation. *Journal of Food Processing and Preservation*, ۴۴(۵), ۱-۱۲.
13. Liu, H., & Chen, J. (۲۰۲۱). Supercritical Fluid Extraction of Bioactive Compounds from Rosemary. *Journal of Supercritical Fluids*, ۱۷۰, ۱۰۵-۱۱۵.
14. Martinez-Sanchez, A., & Allende, A. (۲۰۱۹). Microbial Safety and Quality of Snack Foods: A Review. *Food Microbiology*, ۸۲, ۸۹-۹۷.
15. National Institute of Standards and Technology (NIST). (۲۰۲۰). Standard Reference Materials for Food Safety and Quality. Gaithersburg, MD: NIST.
16. Nieto, G., Ros, G., & Castillo, J. (۲۰۱۸). Antioxidant and antimicrobial properties of rosemary (*Rosmarinus officinalis*, L.): A review. *Medicines*, ۵(۳), ۹۸.
17. Smith, J., & Johnson, A. (۲۰۲۰). Advances in Food Packaging Technologies: Innovations and Applications. *Food Science Journal*, ۴۵(۳), ۲۳۴-۲۴۵.
18. Taylor, R., & Wilson, B. (۲۰۱۸). Challenges in Snack Food Preservation: Moisture and Oxidation Control. *Journal of Food Science and Technology*, ۵۵(۴), ۵۶۷-۵۷۸.



Wang, Y., & Zhang, X. (۲۰۲۰). Electrospinning of Zein Nanofibers for Food Packaging Applications. *Journal of Applied Polymer Science*, ۱۳۷(۱۵), ۴۸۵-۴۹۶. ۱۹

Zhang, X., Ismail, B. B., Cheng, H., & Jin, Z. (۲۰۱۵). Antioxidant and antimicrobial activities of rosemary extract and its application in food preservation. *Food Chemistry*, ۱۷۶, ۴۷۲-۴۷۸. ۲۰

۲۱. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. (ISIRI). ۱۳۹۸. (استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۸۰: پفک نمکی - ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. تهران: موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

۲۲. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. (ISIRI). ۱۳۹۸. (استاندارد ملی ایران به شماره ۴۸۳۳: میکروبیولوژی زنجیره غذایی - روش افقی برای شمارش میکروارگانیسم‌ها، بخش ۱: شمارش کلنی در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد با روش کشت در پلیت. تهران: موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

۲۳. کتاب "Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods" توسط انجمن بهداشت عمومی آمریکا. (APHA).

## Abstract:

Today, with the increasing demand for healthy and safe food products, the use of innovative technologies in the food industry to enhance shelf life and improve the quality of food products has gained significant attention (Smith & Johnson, ۲۰۲۰). One such technology is the use of nanofiber coatings, which, due to their unique properties such as high surface area, controlled porosity, and controlled release of active compounds, have emerged as a suitable option for food packaging and preservation (Garcia & Martinez, ۲۰۲۱). Puffed corn (popcorn), as one of the most popular snacks worldwide, is prone to moisture absorption and lipid oxidation due to its light texture and high oil absorption capacity, leading to a reduction in its quality and shelf life (Taylor & Wilson, ۲۰۱۸). Therefore, the use of protective coatings that can address these challenges is of great importance.

In this context, the use of natural compounds such as rosemary extract (*Rosmarinus officinalis*), which contains phenolic compounds and strong antioxidant properties, can be employed as an active ingredient in nanofiber coatings (Brown & Davis, ۲۰۱۹). These compounds not only prevent lipid oxidation but also contribute to extending the shelf life and maintaining the quality of puffed corn. In this study, rosemary extract was applied at three concentrations (۰%, ۱%, and ۳% w/v), and the effects were evaluated over time intervals of ۱, ۵, and ۱۵ days. The results showed significant improvements in maintaining crispiness, color, and aroma, while reducing oxidation, moisture content, and total microbial count ( $p < ۰.۰۵$ ). The aim of this study is to design and evaluate nanofiber coatings containing rosemary extract to improve the quality and extend the shelf life of puffed corn. This research investigates the impact of such coatings on the physical, chemical, and sensory properties of puffed corn, and it is hoped that the findings will contribute to the development of innovative food packaging and preservation methods (Anderson & Lee, ۲۰۲۲).

**Keywords:** Nanofibers, Zein, Rosemary Puffed Corn, Innovative Packaging