



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی تأثیر پوشش خوراکی کیتوزان و صمغ عربی حاوی ناتامایسین بر ویژگی‌های میکروبی، شیمیایی و حسی پسته خام

سمانه اسلامی^۱ - راضیه پرتوی^{۱*} - حجت اله شکری^۲ - محبوبه زارع^۳ - اصغر عزیزیان^۴ - کوثر مقصودی^۱

۱- گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تخصصی فناوری های نوین آمل، آمل، ایران

۲- گروه پاتوبیولوژی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تخصصی فناوری های نوین آمل، آمل، ایران

۳- گروه علوم پایه، دانشکده گیاهان دارویی، دانشگاه تخصصی فناوری های نوین آمل، آمل، ایران

۴- گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله : تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۸/۲۰	این مطالعه با هدف بررسی تأثیر پوشش خوراکی کیتوزان و صمغ عربی حاوی ناتامایسین بر ویژگی‌های میکروبی، شیمیایی و حسی پسته خام طی ۲۸ روز نگهداری در یخچال (4 ± 1 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰ درصد) انجام شد. نمونه‌ها در پنج گروه شامل کنترل (C)، پوشش داده شده با کیتوزان (Ch)، پوشش داده شده با صمغ عربی (Ga)، پوشش داده شده با کیتوزان و ناتامایسین (Ch+Na)، پوشش داده شده با صمغ عربی و ناتامایسین (Ga+Na) و پوشش داده شده با کیتوزان و صمغ عربی و ناتامایسین (Ch+Ga+Na) تهیه و آزمون‌های مشخصه‌یابی (طیف مادون‌قرمز تبدیل فوریه، پراش اشعه ایکس، آنالیز وزن‌سنجی حرارتی و میکروسکوپ الکترونی روبشی)، میکروبی (شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها، رشد آسپرژیلوس و شمارش کپک و مخمر)، شیمیایی (افت وزن و رطوبت) و حسی انجام شد. نتایج آزمون‌های میکروبی نشان داد نمونه‌های پوشش داده شده با کیتوزان/صمغ عربی/ناتامایسین در مقایسه با سایر تیمارها بطور معناداری در مهار رشد موثر عمل کرده است ($P < 0.05$) بطوریکه در ابتدا و انتهای دوره شمارش باکتری‌ها از $3.47 \log \text{cfu/g}$ به $4.61 \log \text{cfu/g}$ ، کپک و مخمر از $2.22 \log \text{cfu/g}$ به $1.04 \log \text{cfu/g}$ و درصد توسعه آسپرژیلوس از ۲۰ به ۱۲ درصد رسید. همچنین پوشش‌دهی با کیتوزان/صمغ عربی/ناتامایسین تأثیر مثبتی بر ویژگی‌های شیمیایی به‌ویژه ممانعت از افت وزن داشت بطوریکه از ۵/۱۲ درصد در روز صفر به ۳/۷۷ درصد در روز پایانی رسید درحالی‌که این میزان برای تیمار کنترل در روز صفر و ۲۸ به ترتیب ۴/۰۸ و ۷/۰۳ درصد بود. پوشش‌دهی با کیتوزان/صمغ عربی/ناتامایسین نه تنها بر کیفیت ظاهری پسته‌ها تأثیر نامطلوب نگذاشته، بلکه در تمامی پارامترها به استثنای طعم موجب بهبود مشخصات حسی شده است. بطور کلی نتایج نشان داد که پوشش کیتوزان و صمغ عربی، بویژه زمانی که حاوی ناتامایسین باشد می‌تواند به عنوان پوشش خوراکی موثر در حفظ و ارتقاء کیفیت مواد غذایی به‌ویژه خشکبار مورد توجه قرار گیرد.
کلمات کلیدی: پسته خام، صمغ عربی، کیتوزان، ناتامایسین	
DOI: 10.22034/FSCT.22.162.104. * مسئول مکاتبات: r.partovi@ausmt.ac.ir	

۱-مقدمه

در ساخت پوشش خوراکی است. هنگامی که صمغ عربی با مایعات مخلوط می‌شود، یک فیلم نازک و محافظ روی سطح ماده غذایی ایجاد می‌کند. این پوشش موجب محافظت در برابر اکسیداسیون، کپک زدگی و خشک شدن مواد غذایی شده و ماندگاری آن‌ها را افزایش می‌دهد (۹، ۸، ۷).

ناتامایسین که گاهی با نام پیماریسین نیز شناخته می‌شود، یک آنتی‌بیوتیک پلی‌ئنی ماکرولیدی است که به‌طور طبیعی توسط برخی از باکتری‌ها تولید می‌شود و به‌طور ویژه برای مهار کپک‌ها و مخمرها کاربرد دارد (۹، ۱۰). پوشش‌های حاوی ناتامایسین معمولاً بر روی سطح پنیرها، نان‌ها، و برخی محصولات گوشتی به کار می‌روند، که با ایجاد یک سد حفاظتی ضد قارچی، عمر مفید محصولات را افزایش می‌دهند. همچنین، از آنجا که ناتامایسین فقط اثرات سطحی دارد و در دستگاه گوارش انسان تجزیه می‌شود، از این نظر به‌عنوان یک افزودنی امن به شمار می‌آید (۱۱).

باتوجه به مطالب ذکر شده، مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر پوشش خوراکی کیتوزان و صمغ عربی حاوی ناتامایسین بر ویژگی‌های میکروبی، شیمیایی و حسی پسته خام انجام شده است.

۲-مواد و روش کار

۲-۱-تهیه پوشش خوراکی

جهت تهیه محلول کیتوزان، پودر کیتوزان (۰/۵ درصد)، اسید استیک (۰/۵ میلی‌لیتر) و آب مقطر (۱۰۰ میلی‌لیتر)، با استفاده از همزن مغناطیسی مخلوط و تا دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد گرم شد. محلول صمغ عربی (۲/۵ درصد) حاوی گلیسرول با مخلوط کردن پودر ااقیا با آب ساخته شد و با استفاده از همزن مغناطیسی در دمای اتاق (20 ± 2) درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ ساعت هم‌زده شد. در نهایت پس از سرد شدن مخلوط‌ها تا دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد،

پسته به دلیل محتوای مواد مغذی مانند اسیدهای چرب مفید، سطوح بالای پتاسیم، ۷-توکوفرول و طعم بدیع در سطح جهانی شهرت دارد و همواره محصولی پر تقاضا می‌باشد (۱). با این حال، طبیعت لطیف پسته تازه باعث فسادپذیری آن می‌شود و این امر ماندگاری پس از برداشت این محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. رشد کپک، آلودگی به آفلاتوکسین، تغییر رنگ، تخریب بافت و واکنش‌های اکسیداتیو از جمله چالش‌های نگهداری پسته می‌باشد (۲). برای غلبه بر این مسائل و افزایش ماندگاری پسته، محققان تکنیک‌های مختلف نگهداری از جمله استفاده از پوشش‌های خوراکی را بررسی کرده‌اند (۳).

پوشش‌های خوراکی که عموماً ماهیت پروتئینی یا پلی‌ساکاریدی دارند، لایه‌های نازکی از مواد هستند که به عنوان مانع عمل می‌کنند و از انتقال رطوبت، اکسیژن و مواد محلول در غذا جلوگیری می‌کنند. آنها نقش مهمی در حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری محصولات مختلف غذایی دارند. هنگامی که با مواد دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی ترکیب می‌شوند، پوشش‌های خوراکی مزایای بیشتری را ارائه می‌دهند (۳).

کیتوزان، یک پلی‌ساکارید است که به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد و اثرات تغذیه‌ای آن مورد توجه قرار گرفته است و به عنوان یک افزودنی غذایی توسط سازمان غذا و داروی ایالات متحده تایید شده است. کیتوزان به دلیل دارا بودن خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی و غیر سمی و ویژگی‌های مطلوب در تشکیل فیلم به طور وسیع در پوشش‌های خوراکی استفاده می‌شود (۴، ۵، ۶).

صمغ عربی پلیمری زیستی متشکل از گالاکتوز، رامنوز، آرابینوز و اسید گلوکورونیک است که به‌طور گسترده‌ای به دلیل ویژگی‌های امولسیون‌کنندگی، استحکام‌بخشی و چسبندگی‌اش در صنعت مواد غذایی و دیگر بخش‌ها به کار می‌رود (۶). یکی از اصلی‌ترین کاربردهای صمغ عربی

۲-۳-آزمون‌های میکروبی

۱-۲-۳-شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها

۱۰ گرم از هر نمونه با ۹۰ میلی‌لیتر پپتون واتر همگن و رقت‌های متوالی تهیه شد. برای شمارش بار میکروبی، ۰/۱ میلی‌لیتر از هر رقت در محیط نوترینت آگار ریخته شد و از روش کشت سطحی استفاده شد. ظروف پتری در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت انکوبه شد (۱۳).

۲-۳-۲-شمارش کپک و مخمر

۱ گرم از هر نمونه را به مخلوط‌کن که حاوی ۹ میلی‌لیتر پپتون واتر است منتقل کرده تا پس از تهیه رقت‌های سریالی، در محیط کشت دکستروز آگار کشت داده شود و پس از تلقیح، پتری دیش‌ها به مدت یک هفته در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند (۱۶).

۳-۳-۲-بررسی رشد آسپرژیلوس

۱۰ عدد پسته از هر تیمار داخل پتری دیش‌های از قبل استریل شده حاوی کاغذ صافی مرطوب قرار داده شد و در انکوباتور در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵-۷ روز گرمخانه‌گذاری شد و نهایتاً پس از انکوباسیون، تعداد پسته‌های آلوده در هر پلیت شمارش شده و میزان رشد آسپرژیلوس به صورت درصد گزارش گردید (۱۶).

۲-۴-آزمون‌های شیمیایی

۱-۴-۲-تعیین میزان افت وزن

نمونه‌ها، طی دوره نگهداری وزن شدند و افت وزن، از رابطه زیر محاسبه گردید (۱۷):

$$100 \times \frac{\text{وزن اولیه} - \text{وزن ثانویه}}{\text{وزن اولیه}} = \text{درصد}$$

کاهش وزن

۲-۴-۲-تعیین میزان رطوبت

برای تعیین میزان رطوبت پسته، حدود ۳ تا ۵ گرم نمونه را آسیاب کرده و در آون با دمای 103 ± 2 درجه سانتی‌گراد

ناتامایسین (۰/۱۵ درصد) با کمک همزن مغناطیسی به مخلوط کیتوزان و صمغ عربی اضافه گردید (۱۲).

پسته تازه و سالم که فاقد هرگونه آسیب مکانیکی باشد با آب لوله‌کشی شسته و سپس رطوبت اضافی از سطح آن حذف گردید. پسته‌های تازه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه در محلول‌های پوششی تهیه شده غوطه‌ور شدند و در نهایت اجازه داده شد تا سطح پسته خشک شود. پسته‌ها در زیپ کیپ بسته بندی شده و در یخچال (4 ± 1) درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰ درصد قرار داده شد و آزمایش‌ها در روزهای ۲۸، ۲۱، ۱۴، ۷، ۰ نگهداری انجام شد (۱۳).

۲-۲-آزمون‌های مشخصه‌یابی

۲-۲-۱-سنجش طیف مادون‌قرمز تبدیل فوریه (FTIR)^۱

پروفاایل‌های FTIR نانوذرات حاصله با استفاده از دستگاه طیف سنج (Bruker, VERTEX 70, Germany) در محدوده $4000-400 \text{ cm}^{-1}$ تعیین شد (۱۴).

۲-۲-۲-سنجش پراش اشعه ایکس (XRD)^۲

با استفاده از دستگاه طیف سنج پراش پرتو ایکس (Panalytical, Xpert Pro MPD, Nederland) ساختار کریستالی نمونه‌ها تعیین شد (۱۴).

۲-۲-۳-آنالیز وزن‌سنجی حرارتی (TGA)^۳

با سیستم ترمو آنالیزر و گرماوزن سنجی تحت شرایط (Thermo Scientific, Niton xl2, USA) N2 فرایندهای تخریب حرارتی نانوذرات تا ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (۱۴).

۲-۲-۴-آنالیز میکروسکوپ الکترونی روبشی

مورفولوژی نانوذرات سنتز شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FE-SEM) ساخت ژاپن (Hitachi, S-4160, Japan) تعیین شد (۱۵، ۱۴).

3- Thermal Gravimetric Analysis

1- Fourier Transform Infrared Spectroscopy

2- X-Ray Diffraction

شکل ۱(a) تصویر آنالیز FTIR پوشش کیتوزان/صمغ عربی / ناتامایسین را نشان می‌دهد. پیک‌های مشاهده شده در طول موج‌های 1641 و 1410 ، 785 cm^{-1} مربوط به نمونه سه جزیی سنتز شده به ترتیب مرتبط با ارتعاشات (C-N)، (O)، و (N-H) ساختار کیتوزان هستند. همچنین پیک واقع در 2892 cm^{-1} مربوط به ارتعاشات کششی (C-H) ساختار کیتوزان تهیه شده است. علاوه بر این پیک پهن و گسترده در 3440 cm^{-1} مربوط به ارتعاشات کششی (OH) و (NH) است. پیک‌های موجود در 605 cm^{-1} و 900 تا 1200 cm^{-1} مربوط به ساختار صمغ عربی می‌باشند. در ساختار سه جزیی، پیوندهایی در نقاط 1079 cm^{-1} تا 1152 cm^{-1} مشخص است که مربوط به ساختار اتر ناتامایسین می‌باشند. به علاوه پیک موجود در طول موج 2940 cm^{-1} مربوط به پیوند C-H ساختار ناتامایسین می‌باشد.

۳-۱-۲- آنالیز وزن‌سنجی حرارتی

نتایج این آنالیز در شکل ۱(b) ارائه شده است. کاهش وزن اولیه (تقریباً ۱۱/۰۷ درصد)، مشاهده شده در فاصله دمایی کمتر از ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد، را می‌توان به حذف آب جذب شده توسط ساختار و حذف ناخالصی‌ها نسبت داد. کاهش وزن ثانویه که در دماهای بالاتر از ۱۰۵ درجه رخ داده است نتیجه تجزیه ساختار صمغ عربی و همچنین تجزیه کیتوزان و ناتامایسین است که تقریباً ۶۵/۱۲ درصد وزن ساختار را تشکیل می‌دهد.

۳-۱-۳- سنجش پراش اشعه ایکس

الگوی XRD پوشش سه جزیی، متشکل از کیتوزان، صمغ عربی و ناتامایسین سنتز شده، در شکل ۱(c) نشان داده شده است. در تصویر XRD، صفحات کریستالی کیتوزان (020) و (110) یافت می‌شود که با پیک‌ها در زاویه‌های $11/41^\circ$ و $20/74^\circ$ مطابقت دارند. از طرف دیگر، قله شناسایی شده در زاویه $18/6^\circ$ نشان دهنده وجود صمغ عربی در این آرایش سه جزیی می‌باشد. با بررسی بیشتر

به مدت ۳ ساعت خشک شد تا زمانی که اختلاف بین دو وزن ناچیز گردد. حال مقدار رطوبت تبخیر شده محاسبه و میزان رطوبت به صورت درصد بیان شد (۱۸).

۵-۲- خصوصیات حسی

نمونه‌ها توسط ۱۲ پانلیست آموزش دیده مورد ارزیابی قرار گرفت. از شرکت‌کنندگان در مورد خصوصیات کیفی متفاوت (رنگ، بافت، طعم، عطر و پذیرش کلی) پسته تازه، با استفاده از مقیاس ۱ تا ۹ به شرح زیر سوال شد: رنگ از قهوه‌ای بسیار تیره (۱) تا بسیار زرد-قرمز و با حداقل لکه‌های قهوه‌ای (۹)، بافت از بسیار نرم (۱) به بسیار سفت (۹)، عطر پسته از بی بویی قوی (۱) تا رایحه بسیار تازه (۹) و طعم پسته از خیلی بد مزه (۱) تا طعم خیلی تازه (۹). پذیرش کلی نیز با استفاده از یک مقیاس لذت‌گرا از بسیار نامطلوب (۱) تا بسیار مطلوب (۹) ارزیابی شد (۱۹).

۶-۲- تجزیه و تحلیل آماری

برای مقایسه روند تغییرات میکروبی و شیمیایی در طول دوره مطالعه در هر گروه از آزمون مدل رویه خطی برای داده‌های تکراری و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. جهت مقایسه بین گروه‌ها در هر زمان از آزمون پارامتری آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون تعقیبی توکی استفاده گردید. در متغیرهای حسی مقایسه روند تغییرات طی دوره مطالعه در هر گروه از آزمون غیرپارامتری فریدمن استفاده شد. جهت مقایسه بین گروه‌ها در هر زمان آزمون غیرپارامتری کروسکال والیس مورد استفاده قرار گرفت. نتایج بر اساس میانگین و انحراف معیار بیان شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ انجام شد. سطح معنی‌داری کمتر از ۵ درصد در نظر گرفته شد.

۳-نتایج

۳-۱-۳- نتایج آزمون‌های مشخصه‌یابی

۳-۱-۱- سنجش طیف مادون قرمز تبدیل فوری

آزمون الگوی پراش اشعه ایکس، پیک های متفاوتی در زوایای $16/9^\circ$ ، $18/8^\circ$ ، $19/8^\circ$ ، $20/26^\circ$ ، $20/9^\circ$ ، $21/56^\circ$ و $23/29^\circ$ نشان داده شده که مشخصاً مرتبط با ناتامایسین است. وجود پیک های هر سه ترکیب نشان دهنده ترکیب سه جزئی کیتوزان/صمغ عربی/ناتامایسین است.

۴-۱- آنالیز میکروسکوپ الکترونی روبشی

تصویر ساختار کیتوزان به دست آمده از FE-SEM را می توان در شکل ۲ (a) مشاهده کرد. بدیهی است که کیتوزان ذرات کروی را نشان داده است که دارای مورفولوژی ثابتی هستند. علاوه بر این، ذرات به دلیل تمایل زیاد به جمع شدن، ساختار تقریباً کلوخه ای از خود نشان داده اند. شکل ۲(b) تصویر مربوط به میکروسکوپ الکترونی روبشی ساختار پوشش خوراکی تشکیل شده از کیتوزان/صمغ عربی/ناتامایسین را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود، ذرات کیتوزان به صورت پراکنده در سراسر ساختار صمغ عربی پراکنده شده اند. این تحلیل تجربی وجود هر دو ماده کیتوزان و صمغ عربی را در ساختار کلی کامپوزیت تأیید می کند. از طرفی هم هیچ گونه کریستال ناتامایسین بر روی سطح ساختار دیده نمی شود که حاکی از آن است که ناتامایسین درون ساختار سه جزئی قرار گرفته است.

۳-۲- نتایج آزمون های میکروبی

۳-۲-۱- شمارش کلی میکروارگانیسم ها

در جدول ۱ تغییرات شمارش باکتری های کل در تیمارهای مختلف ارائه شده است. روند کلی تعداد باکتری ها در نمونه ها طی مطالعه افزایشی بود. در تمامی روزهای مورد مطالعه به جز روز صفر بین گروه کنترل و تمام گروه های تیمار اختلاف معنادار مشاهده شد ($P < 0/05$)، بنابراین کیتوزان و صمغ عربی خالص نیز اثر ضد میکروبی از خود نشان دادند و با افزودن ناتامایسین این اثر قوی تر خود را نشان داد (به ویژه در روزهای ۲۱ و

۲۸ نگهداری). میزان اولیه تعداد باکتری های کل در روز صفر تیمار کنترل $\log \text{cfu/g}$ ۳/۱۱ بود که در روز ۲۸م نگهداری این مقدار به $\log \text{cfu/g}$ ۶/۸۱ رسید و بیشترین میزان را نشان داد. کمترین میزان باکتری های کل در روز آخر نگهداری مربوط به تیمار کیتوزان/ صمغ عربی/ ناتامایسین ($\log \text{cfu/g}$ ۴/۶۱) بود.

۲-۲-۳- شمارش کپک و مخمر

در جدول ۱ نتایج تغییرات شمارش کپک و مخمر در تیمارهای مختلف پسته خام ارائه شده است. در روز صفر نگهداری بین تیمارها اختلاف معناداری مشاهده نشد ($P > 0/05$). در روز هفتم نگهداری کمترین تعداد مربوط به پسته های تیمار شده با کیتوزان/ صمغ عربی/ ناتامایسین بود ($\log \text{cfu/g}$ ۲/۰۱) که در مقایسه با تمامی تیمارها اختلاف معناداری داشت ($P < 0/05$). تعداد کپک و مخمر در تمامی روزهای نگهداری به جز روز صفر بین گروه کیتوزان/ صمغ عربی/ ناتامایسین با سایر گروه ها اختلاف معنادار نشان داد. همچنین بین گروه کیتوزان با کیتوزان حاوی ناتامایسین و نیز بین گروه صمغ عربی با صمغ عربی حاوی ناتامایسین در تمام روزهای مطالعه به جز روز صفر اختلاف معنادار مشاهده شد.

۳-۲-۳- رشد آسپرژیلوس

طبق نمودار ۱ روند تغییرات رشد آسپرژیلوس در روز صفر نگهداری گروه کنترل ۲۰ درصد و در روز پایانی این مقدار به ۱۰۰ درصد رسید. در روز پایانی تیمار کنترل بیشترین درصد (۱۰۰) و تیمار پوشش کیتوزان/ صمغ عربی/ ناتامایسین کمترین درصد (۱۲) رشد آسپرژیلوس را دارا بودند. طی نگهداری همواره درصد توسعه کپک در نمونه های کیتوزان/ ناتامایسین و صمغ عربی/ ناتامایسین بین ۲۵ تا ۳۷ درصد بود که کمتر از گروه کنترل بود و در هر سه گروه حاوی ناتامایسین از روز ۱۴ به بعد کاهش

درصد رشد آسپرژیلوس مشاهده شد، در حالیکه در گروه های بدون ناتامایسین همواره این روند افزایشی بوده است.

۳-۳-۳-۳ نتایج آزمون های شیمیایی

۳-۳-۳-۳-۱ میزان افت وزن

در جدول ۲ تغییرات افت وزن در تیمارهای مختلف نمونه های پسته خام ارائه شده است. میزان افت وزنی نمونه های پسته خام به استثنای نمونه های کیتوزان/ صمغ عربی/ ناتامایسین، در سایر تیمارها در طی نگهداری افزایش یافت ($P < 0.05$). در تمام روزهای نگهداری به جز روز صفر اختلاف فاحشی از نظر میزان افت وزن بین گروه کنترل و سایر تیمارها مشاهده شد که این اختلاف در روزهای پایانی نگهداری نمود بیشتری دارد. در روز آخر نگهداری، بالاترین میزان افت وزنی در نمونه کنترل ($7/03$ درصد) و کمترین میزان افت وزنی در نمونه های پوشش دهی کیتوزان/ صمغ عربی/ ناتامایسین ($3/77$ درصد) و نمونه صمغ عربی/ ناتامایسین ($4/21$ درصد) مشاهده شد.

۳-۳-۳-۲ میزان رطوبت

در جدول ۲ تغییرات میزان رطوبت در تیمارهای مختلف نمونه های پسته خام ارائه شده است. در بررسی روند تغییرات مشاهده می شود که در روز صفر بین تیمارهای مختلف اختلاف معنادار مشاهده نشد ($P > 0.05$) و با گذر زمان روند افزایشی در تیمارها مشاهده شد. در روز هفتم نگهداری کمترین میزان رطوبت در تیمار پوشش دهی شده با کیتوزان/ صمغ عربی/ ناتامایسین ($5/41$ درصد) مشاهده شد که نسبت به سایر تیمارها اختلاف معناداری داشت و این اختلاف معنادار را تا پایان مطالعه حفظ کرد ($P < 0.05$). قابل ذکر است که در تمام روزهای نگهداری به جز روز صفر اختلاف معنادار بین گروه کنترل و سایر تیمارها مشاهده شد.

۳-۳-۴ خصوصیات حسی

نتایج مربوط به بررسی خصوصیات حسی طعم، عطر، رنگ، بافت و پذیرش کلی در نمودار ۲ قابل مشاهده است. بررسی اثر متقابل زمان نگهداری و نوع پوشش بر روی تغییرات حسی در پسته های خام تیمار شده طی نگهداری نشان داد که در ارزیابی رنگ، بافت و پذیرش کلی در روز پایانی با اختلاف معناداری بیشترین امتیاز برای نمونه های پوشش داده شده با کیتوزان/ صمغ عربی/ ناتامایسین بود در حالیکه این تیمار در ارزیابی طعم کمترین امتیاز را نسبت به سایر نمونه های پوشش داده شده دریافت کرد ($P < 0.05$). همچنین مشخص شد نمونه های کنترل در ابتدای دوره نگهداری بیشترین امتیاز طعم را داشته اما با گذر زمان در روزهای ۱۴، ۲۱ و ۲۸ نگهداری امتیاز طعم این گروه کاهش یافت و اختلاف معناداری با سایر تیمارها داشت ($P < 0.05$). همچنین نتایج بررسی عطر نشان داد امتیاز مربوط به این ویژگی حسی در تمام تیمارها کاهش بود و تیمار کنترل در ابتدای مطالعه بیشترین امتیاز و در روز پایانی کمترین امتیاز را داشت. در روز پایانی با اختلاف معناداری بیشترین امتیاز برای نمونه های پوشش داده شده با کیتوزان حاوی ناتامایسین بود ($P < 0.05$) و پس از آن بیشترین امتیاز برای نمونه های پوشش داده شده با کیتوزان و نمونه های پوشش داده شده با کیتوزان/ صمغ عربی/ ناتامایسین بود که امتیاز برابری دریافت کردند ($P > 0.05$).

۴-۴ بحث

۴-۴-۱ آزمون های مشخصه یابی

آزمون FTIR با هدف بررسی دقیق سنتز کامپوزیت و تجزیه و تحلیل ترکیبات شیمیایی پیوندهای ایجاد شده در پوشش خوراکی کیتوزان/ صمغ عربی/ ناتامایسین انجام شد. Hamodin و همکاران (۲۰۲۳) در ساختار کیتوزان، پیکهایی در طول موج های 1373 cm^{-1} ، 1373 cm^{-1} ، 1423 cm^{-1} و 1589 cm^{-1} مشاهده کردند که به ترتیب مرتبط با پیوندهای (C-O)، (CH₂)، (CH₃)، (N-)، (H) (N-COCH₃) بودند. به علاوه در پژوهش مذکور

نشان داد که مرحله اول به دلیل از دست دادن آب فیزیکی بوده و مرحله دوم به دلیل تخریب ساختار پلی ساکارید اتفاق افتاده است (۲۴).

آزمون پراش اشعه ایکس (XRD) نقش بسزایی در مشاهده خصوصیات ساختاری مواد و همچنین خواص کریستالی ترکیبات دارد. Li و همکاران (۲۰۲۳) در یک پژوهش، با استفاده از نتایج الگوی پراش اشعه ایکس، حضور دو پیک در زوایای 10° و 20° را برای ساختار کیتوزان اثبات کردند (۲۵). Emam و همکاران (۲۰۱۹) ساختار صمغ عربی را با استفاده از آنالیز الگوی پراش اشعه ایکس مورد بررسی قرار داده و وجود قله‌های متفاوتی را گزارش کردند. با بررسی این آنالیز، حضور پیک در زوایای 7.7° و 18.5° تأیید شد که نشان دهنده ماهیت آمورف صمغ عربی بوده است (۲۶). با تجزیه و تحلیل تطبیقی مطالعات پیشین و نتایج این تحقیق، می‌توان نتیجه گرفت که الگوی پراش این مطالعه دارای قله‌های قابل تشخیص مرتبط با هر سه ساختار موجود در کامپوزیت می‌باشد که به عنوان شواهد روشنی از سنتز موفقیت‌آمیز کامپوزیت عمل می‌کنند.

آزمون FE-SEM جهت تجزیه و تحلیل مورفولوژی کامپوزیت تهیه شده استفاده شد. نتایج مطالعه انجام شده توسط Oh و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که ذرات کیتوزان ساختاری کروی دارند و در یک ساختار ماتریسی سه بعدی مرتب کنار هم قرار گرفته اند (۲۷). در مطالعه‌ای دیگر میکروسکوپ الکترونی روبشی تصویری از صمغ عربی را ارائه داد که ساختاری نامنظم و طیف متنوعی از اندازه‌های ذرات ماده را به تصویر کشید (۲۸). با مقایسه نتایج آنالیز FE-SEM مطالعات قبلی با تصاویر میکروسکوپی این تحقیق، مشخص شد که تصاویر FE-SEM پوشش خوراکی کیتوزان/ صمغ عربی/ ناتامایسین نشان دهنده وجود ذرات کیتوزان پراکنده در ساختارهای صمغ عربی است. ناتامایسین فوق‌الذکر به عنوان لایه ای از گروه عامل فعال درون ساختار کامپوزیت قرار گرفته است.

پیک‌های موجود در 2921 cm^{-1} و 3451 cm^{-1} به ترتیب مربوط به گروه CH و OH بوده‌اند (۲۰). Ibekwe و همکاران (۲۰۱۷) ترکیب صمغ عربی در محدوده طول موج 800 cm^{-1} تا 1200 cm^{-1} با پیوندهای C-C، C-O، C-O-C، C-H و C-O-H را شناسایی کردند که با طول موج مربوط به ساختار صمغ عربی گزارش شده در این مطالعه مطابقت دارد. علاوه بر این، مشخص شد که پیک‌ها در محدوده 1436 cm^{-1} تا 1627 cm^{-1} با ارتعاش کششی پیوند COO گروه‌های کربوکسیل مرتبط هستند (۲۱). طیف FTIR مربوط به ناتامایسین، پیوندهایی را در نقاط 1006 cm^{-1} و 1267 cm^{-1} به نمایش گذاشته است که مربوط به ساختار اتر موجود در ناتامایسین بوده است. همچنین پیک‌هایی در 1572 cm^{-1} و 1716 cm^{-1} به نمایش گذاشته شده است که به ترتیب به گروه‌های امینی و استری ناتامایسین نسبت داده می‌شوند (۲۲). در نتیجه به وضوح می‌توان دریافت وجود پیک‌های آلی مشترک در هر سه ساختار منجر به همپوشانی قله‌های خاص و حذف آنها و نیز افزایش و یا کاهش شدت پیک‌ها در نمودار FTIR نمونه کامپوزیت شده است.

یکپارچگی حرارتی ساختار کیتوزان/ صمغ عربی/ ناتامایسین از طریق اجرای آزمون TGA مورد بررسی قرار گرفت. به‌طور کلی، آزمون TGA، تغییرات وزن یک ساختار را در حالی که نمونه تحت دمای کنترل شده قرار گرفته است بررسی می‌کند. Mousapour و همکاران (۲۰۲۳)، نشان دادند که با افزایش دما تا 150°C درجه سانتی‌گراد، ۷ درصد از ساختار کیتوزان در نتیجه حذف آب فیزیکی تخریب گردید. علاوه بر این، مقدار قابل توجهی از ساختار (۶۳ درصد) در طی یک حذف ثانویه تا ۶۰۰ درجه تخریب گردید که می‌تواند مربوط به تخریب ساختار کیتوزان باشد (۲۳). Daoub و همکاران (۲۰۱۸) یک بررسی جامع در رابطه با ترکیب صمغ عربی توسط تجزیه و تحلیل آنالیز TGA انجام دادند. تحقیقات آنها یک مسیر دو مرحله‌ای را در طی فرآیند تخریب حرارتی

۲-۴-ارزیابی میکروبی

با توجه به نتایج، نمونه‌های پوشش خوراکی کیتوزان/صمغ عربی/ناتامایسین کمترین میزان شمارش کلی باکتری‌ها را به نمایش گذاشتند و این روند با تغییرات جزئی به طور تقریبی تا انتهای زمان نگهداری ادامه داشت. به نظر می‌رسد پوشش خوراکی کیتوزان و صمغ عربی قدرت بالایی در مقابله با میکروارگانیسم دارد. در پژوهش Jiang و همکاران (۲۰۱۳) تاثیر پوشش صمغ عربی-ناتامایسین بر خواص میکروبی قارچ شیتاکه طی ۱۶ روز نگهداری بررسی شد و نتایج نشان داد تعداد باکتری‌های سایکروفیل و مزوفیل در نمونه‌های صمغ عربی-ناتامایسین بطور معناداری از نمونه‌های صمغ عربی و نمونه‌های کنترل کمتر بود (۱۰). به طور مشابه با نتایج مطالعه حاضر، Molamohammadi و همکاران (۲۰۱۹) اثر پوشش کیتوزان حاوی سالیسیلیک اسید بعنوان یک ترکیب ضد میکروبی بر ماندگاری پسته تازه داخل پوسته را طی ۲۸ روز نگهداری مورد بررسی قرار دادند. در نتایج آنها بیان شد جمعیت باکتری‌های کل به تدریج و به طور معنی داری طی دوره نگهداری در تمام تیمارها افزایش یافت. تیمار کنترل بیشترین میزان افزایش را نشان داد و پوشش کیتوزان-سالیسیلیک اسید به طور موثر و همچنین به میزان کمتر تیمار پوشش کیتوزان در کاهش میزان میکروبی موثر بودند (۲۹).

کپک‌ها آلاینده غالب مغزها به خصوص پسته هستند و با تولید مایکوتوکسین تهدیدی برای سلامت انسان محسوب می‌شوند (۳۰). از جمله عوامل موثر بر رشد کپک و مخمر افزایش رطوبت نسبی و وجود اکسیژن در محیط نگهداری می‌باشد (۳۱). در مطالعه حاضر جمعیت کپک و مخمر در گروه کنترل به علت عدم وجود پوشش و مانع در برابر اکسیژن و رطوبت دارای بیشترین شمارش قارچی بود. اما پوشش‌ها اثر قابل توجهی بر روی میزان کپک و مخمر داشتند به طوری که در نمونه پوشش‌دهی شده با کیتوزان/صمغ عربی/ناتامایسین شاهد کمترین میزان کپک و مخمر

بودیم. در مطالعه‌ای که توسط Kong و همکاران (۲۰۰۸) با عنوان فعالیت ضد میکروبی میکروسفرهای کیتوزان در یک سیستم پراکندگی جامد انجام شد مشخص شد در حضور کیتوزان میزان بار مثبت ناشی از حضور گروه‌های آمینی افزایش یافته و باعث تشکیل پیوندهای الکترواستاتیک قوی‌تر می‌گردد. این امر باعث ایجاد واکنش‌های قوی بین کیتوزان و دیواره سلولی میکروارگانیسم‌ها و در نتیجه افزایش اثر ضد میکروبی آن می‌گردد (۳۲) در مطالعه حاضر در نمونه‌های پوشش کیتوزان/صمغ عربی/ناتامایسین درصد توسعه کپک کاهش یافت که این امر می‌تواند به فعالیت ضد میکروبی ناتامایسین و پوشش مرتبط باشد. در پژوهش Hamasalih و همکاران (۲۰۲۰) تاثیر پوشش‌های خوراکی کیتوزان (۱، ۱/۵ و ۲ درصد) بر قارچ‌ها در دوره‌های مختلف نگهداری مغز پسته ارزیابی شد. طبق یافته‌ها بیشترین تعداد کپک آسپرژیلوس در نمونه شاهد مشاهده شد، در حالی که کمترین آن در نمونه‌های تیمار شده با کیتوزان ۲ درصد مشاهده شد (۳۳). ناتامایسین در مقادیر خیلی کم فعالیت بازدارندگی وسیعی بر طیف گسترده‌ای از مخمرها و کپک‌ها داشته و از تولید مایکوتوکسین جلوگیری می‌کند (۳۴). Jiang و همکاران (۲۰۱۳) تاثیر پوشش صمغ عربی غنی‌شده با ناتامایسین بر خواص فیزیوشیمیایی و میکروبی قارچ شیتاکه طی نگهداری را بررسی و بیان کردند که پوشش صمغ عربی حاوی ناتامایسین منجر به کاهش تعداد کپک و مخمر در این قارچ شد (۱۰).

۳-۴-ارزیابی شیمیایی

پارامتر افت وزن و تاثیر آن بر کیفیت محصولات از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا افت وزن منجر به ضرر اقتصادی می‌شود. مکانیسم اساسی افت وزن محصولات تازه از طریق پوست، ناشی از تفاوت‌های فشار بخار در مکان‌های متفاوت است (۳۵). پوشش خوراکی به عنوان سد نیمه نفوذ پذیر در مقابل اکسیژن، دی اکسیدکربن، رطوبت و حرکت حلال و در نهایت کاهش تنفس و کاهش

افت وزن عمل می کند (۳۶). در مطالعه حاضر بیشترین افت وزن در نمونه کنترل مشاهده شد و تیمار کیتوزان/ صمغ عربی/ ناتامایسین کمترین افت وزن را نشان داد. در یک مطالعه Jiang و همکاران (۲۰۱۲) تأثیر پوشش صمغ عربی غنی شده با ناتامایسین بر خواص فیزیکوشیمیایی قارچ شیتاکه طی نگهداری را بررسی و بیان کردند که پوشش استحکام بافت را حفظ کرد و مانع از افت وزن محصول شد (۱۰). صمغ عربی با تشکیل یک لایه نیمه نفوذناپذیر، هر چند اجازه عبور برخی مولکولهای کوچک مشخص را می دهد اما با مانع شدن در مقابل حرکت اکسیژن، دی اکسید کربن و رطوبت باعث کاهش تنفس و تعرق سطح محصول می شود و در نهایت مقدار افت وزن کاهش می یابد (۳۷). در مطالعه ای مشابه Shaker و همکاران (۲۰۱۹) اثر پوشش های خوراکی صمغ عربی حاوی آویشن را بر کیفیت پسته تازه داخل پوسته را ارزیابی کردند. آنها بیان کردند که استفاده از پوشش صمغ عربی منجر به کاهش افت وزن میوه های تازه شد (۳۸). در مطالعه دیگر Maqsoodlou و همکاران (۲۰۱۳) بررسی فعالیت اثر پوشش خوراکی کیتوزان بر ویژگی های مغز پسته و اعلام کردند درصد تغییر وزن نمونه های فاقد پوشش کیتوزان همواره بیشتر از نمونه های دارای پوشش بود (۷،۳۹).

رطوبت یکی از فاکتورهای مهم تأثیرگذار بر کیفیت مغزها می باشد که محتوای آن بسته به زمان برداشت، انبارداری و شرایط اقلیمی متفاوت است (۴۰). سرعت انتقال رطوبت بین غذا و اتمسفر اطراف آن با پوشاندن کامل ماده غذایی با فیلم یا پوشش خوراکی کاهش می یابد (۴۱). در این مطالعه نتایج حاصل از اندازه گیری رطوبت پسته خام نشان دهنده آن است که پوشش کیتوزان/ صمغ عربی/ ناتامایسین مانند یک سد، از انتقال رطوبت به بافت پسته جلوگیری کرده و مقدار رطوبت آن در محدوده ۵ درصد باقی مانده است درحالی که در نمونه های کنترل به دلیل عدم وجود مانع در مقابل انتقال رطوبت، در انتهای دوره ی

نگهداری مقدار رطوبت به حدود ۸ درصد رسیده است. Maqsoodlou و همکاران (۲۰۱۳) که به بررسی فعالیت پوشش کیتوزان و تأثیر آن بر جذب رطوبت مغز پسته پرداختند بیان کردند که کیتوزان از جذب رطوبت پسته جلوگیری کرد اما غلظت کیتوزان تأثیر معناداری در این زمینه نداشت (۳۹). در پژوهش Hamasalih و همکاران (۲۰۲۰) تأثیر پوشش های خوراکی کیتوزان (۱، ۱/۵ و ۲ درصد) بر برخی از خواص فیزیکوشیمیایی و رشد قارچ ها طی نگهداری مغز پسته ارزیابی شد. اگرچه روند رطوبت در تمام نمونه ها (پوشش دار و بدون پوشش) با زمان نگهداری اندکی افزایش می یابد، اما تفاوت معناداری بین نمونه های کنترل و نمونه های پوشش داده شده مشاهده شد. درحالی که بالاترین میزان رطوبت در پسته بدون پوشش مشاهده شد و تیمارهای پوشش دهی شده در غلظت های مختلف تأثیر بسزایی در کاهش رطوبت نامطلوب پسته داشتند (۳۳).

۴-۴-ارزیابی حسی

بررسی اثر نوع پوشش بر پارامترهای حسی طی نگهداری در پسته خام نشان داد که پوشش های خوراکی استفاده شده نه تنها بر کیفیت ظاهری پسته ها تأثیر نامطلوب نگذاشته اند، بلکه در برخی موارد موجب بهبود بافت و مشخصات حسی شده اند. پوشش کیتوزان/ صمغ عربی/ ناتامایسین با قرارگیری بر روی محصول، به عنوان محافظ عمل کرده و از واکنش های ناخواسته و تغییر بافت و رنگ محصول جلوگیری می کند. استفاده از پوشش های خوراکی گرچه در ابتدا از شفافیت محصول کم می کند، اما با گذر زمان نگهداری به دلیل ممانعت از گسترش واکنش های فساد شیمیایی و میکروبی و از دست رفتن رطوبت محصول نسبت به نمونه های بدون پوشش مانع از تغییرات زیاد می شود (۳۳،۴۳). لازم به ذکر است که منظور از بافت پسته میزان تردی و شکنندگی آن هنگام جویدن می باشد که به مقدار قابل توجهی تحت تأثیر مقدار رطوبت پسته است.

مثبتی بر حفظ و بهبود ویژگی‌های میکروبی (باکتریایی و قارچی)، شیمیایی و حسی داشته و مدت زمان ماندگاری و ایمنی غذایی پسته‌ها را افزایش داده است. این نتایج نشان می‌دهند که پوشش کیتوزان و صمغ عربی، بخصوص همراه با ناتامایسین، می‌تواند عاملی موثر در حفظ و ارتقاء کیفیت مواد غذایی به‌ویژه مغزها مورد استفاده قرار گیرد.

۶- سپاسگزاری

این طرح تحقیقاتی با استفاده از اعتبارات ویژه پژوهشی (گرت) دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل انجام گردیده است.

۷- منابع

- [1] Rezaiyan Attar F, Sedaghat N, Pasban A, Yeganehzad S, Hesarinejad MA. Modified atmosphere packaging with chitosan coating to prevent deterioration of fresh in-hull Badami's pistachio fruit. *Chem Biol Technol Agric* 2023;10(1):1-8. doi: [10.3390/nu14153207](https://doi.org/10.3390/nu14153207) PMID: [PMC9370095](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC9370095/)
- [2] Mateos R, Salvador MD, Fregapane G, Goya L. Why Should Pistachio Be a Regular Food in Our Diet?. *Nutrients*. 2022;14(15):3207. doi: [10.3390/nu15092158](https://doi.org/10.3390/nu15092158)
- [3] Afrashteh S, Nazoori F, Mirdehghan SH. Improving fresh pistachio quality by postharvest application of edible coating during cold storage. *J of Plant Physiology and Breeding*. 2023;13(1):1-2. doi: [10.22034/JPPB.2022.52988.1285](https://doi.org/10.22034/JPPB.2022.52988.1285)
- [4] Hasan S, Khanjari A, Koohi MK, Nasrabadi HG, Shavisi N. Study on the effect of chitosan coating incorporated with Ziziphora Clinopodioides essential oil on the some microbial and sensory properties of chicken fillet at refrigerated temperature. *J Vet Res*. 2019;74(3):370-8. doi: [10.22059/jvr.2018.244342.2715](https://doi.org/10.22059/jvr.2018.244342.2715)
- [5] Zhou DY, Wu ZX, Yin FW, Song S, Li A, Zhu BW, Yu LL. Chitosan and derivatives: bioactivities and application in foods. *Annual review of food science and technology* 2021;12:407-32. doi: [10.1146/annurev-food-070720-112725](https://doi.org/10.1146/annurev-food-070720-112725) PMID: [33441013](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33441013/)
- [6] Oushani AK, Soltani M, Sheikhzadeh N, Mehrgan MS, Islami HR, Hamidian G. Effect of

در صورت جذب رطوبت از محیط اطراف، مغز پسته‌ها بافتی نرم و چسبنده پیدا خواهند کرد که از نظر مصرف کننده نامطلوب می‌باشد (۴۱). Shakerardekani و همکاران (۲۰۱۹) اثر پوشش صمغ عربی حاوی آویشن را بر کیفیت پسته تازه ارزیابی کردند. آنها بیان کردند که تیمارهای حاوی پوشش تاثیرات مثبتی بر خصوصیات حسی رنگ، بافت و پذیرش کلی از خود نشان دادند. آنها همچنین بیان کردند که با توجه به اثر ممانعت کنندگی پوشش در مقابل نفوذ رطوبت به بافت پسته، رطوبت آن ثابت مانده و در نتیجه بافت پسته تردی و شکنندگی خود را حفظ می‌کند که با نتایج مطالعه حاضر تطابق داشت (۱۷).

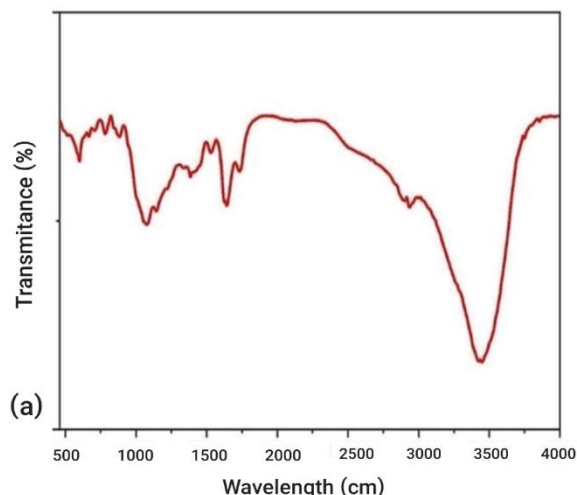
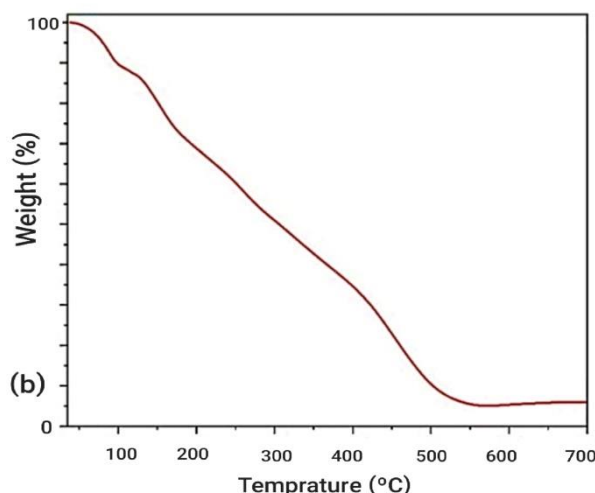
۵- نتیجه‌گیری نهایی

نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد که پوشش‌دهی پسته‌های خام با کیتوزان/ صمغ عربی / ناتامایسین تأثیر

- Chitosan and Nano-Chitosan Loaded Clinoptilolite on Histomorphology and Pepsin Activity in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Stomach. *J Vet Res*. 2023;78(3):183-195. doi: [10.22059/jvr.2022.345292.3279](https://doi.org/10.22059/jvr.2022.345292.3279)
- [7] Ali A, Maqbool M, Alderson PG, Zahid N. Effect of gum arabic as an edible coating on antioxidant capacity of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit during storage. *Postharvest Biol Technol*. 2013;76:119-24. doi: [10.1016/j.postharvbio.2012.09.011](https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.09.011)
 - [8] Motlagh D, Yang J, Lui KY, Webb AR, Ameer GA. Hemocompatibility evaluation of poly (glycerol-sebacate) in vitro for vascular tissue engineering. *Biomaterials*. 2006;27(24):4315-24. doi: [10.1016/j.biomaterials.2006.04.010](https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2006.04.010) PMID: [16675010](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16675010/)
 - [9] Cong F, Zhang Y, Dong W. Use of surface coatings with natamycin to improve the storability of Hami melon at ambient temperature. *Postharvest Biol Technol*. 2007;46(1):71-5. doi: [10.1016/j.postharvbio.2007.04.005](https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.04.005)
 - [10] Jiang T, Feng L, Zheng X, Li J. Physicochemical responses and microbial characteristics of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) to gum arabic coating enriched with natamycin during storage. *Food Chem*. 2013;138(2-3):1992-7. doi: [10.1016/j.foodchem.2012.11.043](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.043) PMID: [23411335](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23411335/)
 - [11] Reps A, Jedrychowski L, Tomasik J, Wisniewska K. Natamycin in ripening cheeses.

- Pakistan J Nutr. 2002; [doi: 10.3923/pjn.2002.243.247](#)
- [12] Choo KSO, Bollen M, Ravensdale JT. Effect of chitosan and gum Arabic with natamycin on the aroma profile and bacterial community of Australian grown black Périgord truffles (*Tuber melanosporum*) during storage. *Food Microbiol.* 2021;97:103743. [doi: 10.1016/j.fm.2021.103743](#) PMID: 33653522
- [13] Molamohammadi H, Pakkish Z, Akhavan HR, Saffari VR. Effect of salicylic acid incorporated chitosan coating on shelf life extension of fresh in-hull pistachio fruit. *Food Bioprocess Technol.* 2020;13:121 [doi: 10.1007/s11947-019-02383-y](#)
- [14] La DD, Nguyen-Tri P, Le KH, Nguyen PTM, Nguyen MDB, Vo ATK. Effects of antibacterial ZnO nanoparticles on the performance of a chitosan/gum arabic edible coating for post-harvest banana preservation. *Prog Org Coatings.* 2021;151:106057. [doi: 10.1016/j.porgcoat.2020.106057](#)
- [15] Liu T, Liu L. Fabrication and characterization of chitosan nanoemulsions loading thymol or thyme essential oil for the preservation of refrigerated pork. *Int J Biol Macromol.* 2020;162:1509–15. [doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.07.207](#) PMID: 32738320
- [16] Razavi R, Maghsoudlou Y, Aalami M, Ghorbani M. Impact of carboxymethyl cellulose coating enriched with *Thymus vulgaris* L. extract on physicochemical, microbial, and sensorial properties of fresh hazelnut (*Corylus avellana* L.) during storage. *J Food Process Preserv.* 2021;45(4):e15313. [doi: 10.1111/jfpp.15313](#)
- [17] Shakerardekani A, Hashemi M, Shahedi M, Mirzaalian Dastjerdi A. Enhancing the quality of fresh pistachio fruit using sodium alginate enriched with thyme essential oil. *J Agric Sci Technol.* 2021;23(1):65–82.
- [18] Razavi SMA, Taghizadeh M. The specific heat of pistachio nuts as affected by moisture content, temperature, and variety. *J Food Eng.* 2007;79(1):158–67. [doi: 10.1016/j.jfoodeng.2006.01.039](#)
- [19] Hosseinzadeh S, Partovi R, Talebi F, Babaei A. Chitosan/TiO₂ nanoparticle/*Cymbopogon citratus* essential oil film as food packaging material: Physico-mechanical properties and its effects on microbial and quality of minced meat during refrigeration. *J Food Process Preserv.* 2020;44(7):14536. [doi: 10.1111/jfpp.14536](#)
- [20] Hamodin AG, Elgammal WE, Eid AM, Ibrahim AG. Synthesis, characterization, and biological evaluation of new chitosan derivative bearing diphenyl pyrazole moiety. *Int J Biol Macromol.* 2023;125:180. [doi: 10.1016/j.ijbiomac.2023.125180](#) PMID: 37290547
- [21] Ibekwe CA, Oyatogun GM, Esan TA, Oluwasegun KM. Synthesis and characterization of chitosan/gum arabic nanoparticles for bone regeneration. *Am J Mater Sci Eng.* 2017;5(1). [doi: 10.12691/ajmse-5-1-4](#)
- [22] Yang Y, Huan C, Liang X, Chen J. Development of starch-based antifungal coatings by incorporation of natamycin/methyl- β -cyclodextrin inclusion complex for postharvest treatments on cherry tomato against *Botrytis cinerea*. *Molecules.* 2019;24(21):3962. [doi: 10.3390/molecules24213962](#) PMID: 31683794
- [23] Mousapour M, Seyedi N, Shirini F. Introduction of a new dicationic ionic liquid deployed on cross-linked chitosan as a sustainable catalyst for the synthesis of some spiro-oxindoles and spiro-quinazolines. *J Mol Struct.* 2023;1294:136375. [doi: 10.1016/j.molstruc.2023.136375](#)
- [24] Daoub RMA, Elmubarak AH, Osman ME. Characterization and functional properties of some natural Acacia gums. *J Saudi Soc Agric Sci.* 2018;17(3):241–9. [doi: 10.1016/j.jssas.2016.05.002](#)
- [25] Li L, Xu Y, Xu Z, Wu C, Chen Q, Xu K. Synthesis, characterization and antifungal properties of dehydroabietic acid modified chitosan. *Int J Biol Macromol.* 2024;255:128056. [doi: 10.1016/j.ijbiomac.2023.128056](#) PMID: 37967604
- [26] Emam HE. Arabic gum as bio-synthesizer for Ag–Au bimetallic nanocomposite using seed-mediated growth technique and its biological efficacy. *J Polym Environ.* 2019;27:210–23. [doi: 10.1007/s10924-018-1331-3](#)
- [27] Oh JW, Chun SC, Chandrasekaran M. Preparation and in vitro characterization of chitosan nanoparticles and their broad-spectrum antifungal action compared to antibacterial activities against phytopathogens of tomato. *Agronomy.* 2019;9(1):21. [doi: 10.3390/agronomy9010021](#)
- [28] Bharadiya P, Mahajan C, Sharma AK, Mishra S. Enriched mechanical, UV shielding and flame retarding properties of cotton fabric coated with graphite nano platelets filled polyaniline–gum arabic nanocomposites. *Cellulose.* 2019;26(13–14):8135–51. [doi: 10.1007/s10570-019-02638-z](#)
- [29] Molamohammadi H, Pakkish Z, Akhavan HR, Saffari VR. Effect of salicylic acid incorporated chitosan coating on shelf life extension of fresh in-hull pistachio fruit. *Food and Bioprocess Technology.* 2020 Jan;13:121–31. [doi: 10.1007/s11947-019-02383-y](#)
- [30] Campbell BC, Molyneux RJ, Schatzki TF. Current research on reducing pre-and post-harvest aflatoxin contamination of US almond, pistachio, and walnut. *J Toxicol Toxin Rev.* 2003;22(2–3):225–66. [doi: 10.1081/TXR-120024093](#)
- [31] Salehi-Fathabadi Z, Maghsoudlou Y, Akhavan H, Moayedi A, Khorasani S. The assessment of the effect of Aloe vera gel coating containing salicylic acid and thyme extract on the shelf life of fresh pistachios during storage. *J Food Sci Technol.* 2019;16(86):297–312.

- [32] Kong M, Chen X guang, Xue Y ping, Liu C sheng, Yu L jun, Ji Q xia. Preparation and antibacterial activity of chitosan microspheres in a solid dispersing system. *Front Mater Sci China*. 2008;2:214–20. [doi:10.1007/s11706-008-0036-2](https://doi.org/10.1007/s11706-008-0036-2)
- [33] Hamasalih TH, Rasul NH. Effect of edible coatings on some physicochemical properties and fungi growth during different storage periods of pistachio nuts. *Al-Anbar Journal of Agricultural Sciences*. 2020 Jul 1;18(2). [doi:10.32649/AAGRS.2022.170521](https://doi.org/10.32649/AAGRS.2022.170521)
- [34] NeViani E, Emaldi GC, Carini S. Use of pimaricin as a fungicide on cheese rind: technology and the effects on the cheese surface flora. *Latte*. 1981;6(5):335–43. [doi:10.1007/BF01139538](https://doi.org/10.1007/BF01139538) PMID: 1079996
- [35] Yaman Ö, Bayındır L. Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. *LWT-Food Sci Technol*. 2002;35(2):146–50. [doi:10.1006/food.2001.0827](https://doi.org/10.1006/food.2001.0827)
- [36] Ali A, Zahid N, Manickam S, Siddiqui Y, Alderson PG. Double layer coatings: a new technique for maintaining physico-chemical characteristics and antioxidant properties of dragon fruit during storage. *Food bioprocess Technol*. 2014;7:2366–74. [doi:10.1007/s11947-013-1224-3](https://doi.org/10.1007/s11947-013-1224-3)
- [37] Ruelas-Chacon X, Contreras-Esquivel JC, Montañez J, Aguilera-Carbo AF, Reyes-Vega ML, Peralta-Rodriguez RD. Guar gum as an edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of roma tomato (*Solanum lycopersicum* L). *J Food Qual*. 2017;16(1):14–31. [doi:10.1155/2017/8608304](https://doi.org/10.1155/2017/8608304)
- [38] Shaker Ardakani, Ahmad, Hashemi, Mirzaalian Dastjardi. The effect of gum arabic edible coating containing Shirazi thyme essential oil on the preservation of the quality characteristics of fresh pistachio cultivar Ahmad Aghaei. *Iranian journal of food science and industry*. 2019 10;16(87):113–26 (In Persian). [doi:10.1007/s13197-020-04510-6](https://doi.org/10.1007/s13197-020-04510-6)
- [39] Maqsoodlou, Yahya, Maqsoodlo, Khmeri, Ghorbani. Investigating the antifungal and antioxidant activity of edible chitosan coating and its effect on moisture absorption and organoleptic characteristics of pistachio nuts. *Food science and nutrition*. 2013 22;11:31–43 (In Persian). [doi:10.18517/ijaseit.2.4.216](https://doi.org/10.18517/ijaseit.2.4.216)
- [40] Holmes RA, Boston RS, Payne GA. Diverse inhibitors of aflatoxin biosynthesis. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2008;78:559–72. [doi:10.1007/s00253-008-1362-0](https://doi.org/10.1007/s00253-008-1362-0) PMID:18246345
- [41] Nanos GD, Kazantzis I, Kefalas P, Petrakis C, Stavroulakis GG. Irrigation and harvest time affect almond kernel quality and composition. *Sci Hortic*. 2002;96(1–4):249–56. [doi:10.1016/S0304-4238\(02\)00078-X](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00078-X)
- [42] Belqisi, Saba, Azizi, Zahorian, Giti, Hadian. Evaluation of physical properties of whey protein-monglyceride edible film and its coating effect on moisture loss and sensory characteristics of fresh sheep meat. *Journal of Nutritional Sciences and Food Industries of Iran*. 2008;3(3):83–93 (In Persian).
- [43] Hosseini-Vashan SJ, Yousefi H, Ghiasi SE, Namaei MH. Two types of pistachio hull extract (*Pistacia vera*) on performance, blood indices and intestinal microbial population of broilers challenged with *Staphylococcus aureus*. *J Vet Res*. 2020;75(4). [doi:10.22059/jvr.2019.287251.2961](https://doi.org/10.22059/jvr.2019.287251.2961)



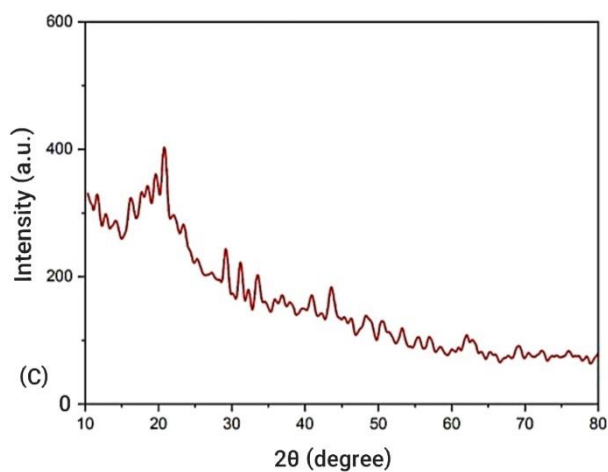


Figure 1. FTIR spectrum image (a), thermal gravimetric test results (b) and XRD (c) of chitosan/gum Arabic/natamycin edible coating

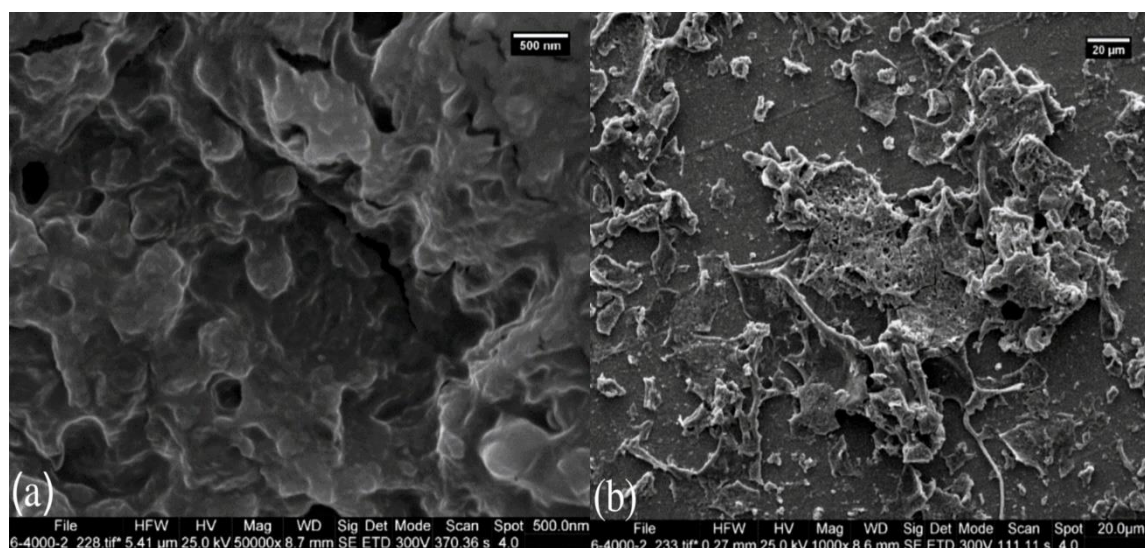


Figure 2. FE-SEM image of chitosan (a) and chitosan/gum Arabic/natamycin edible coating (b)

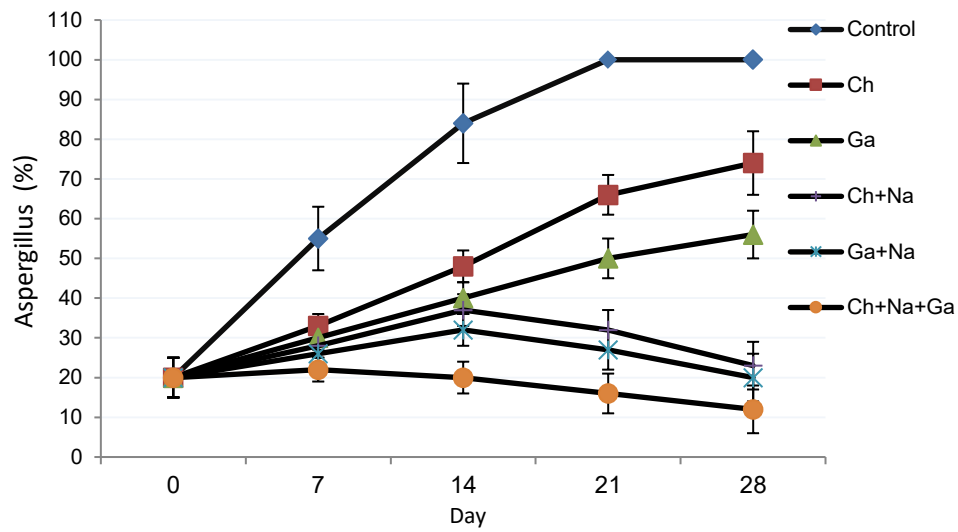
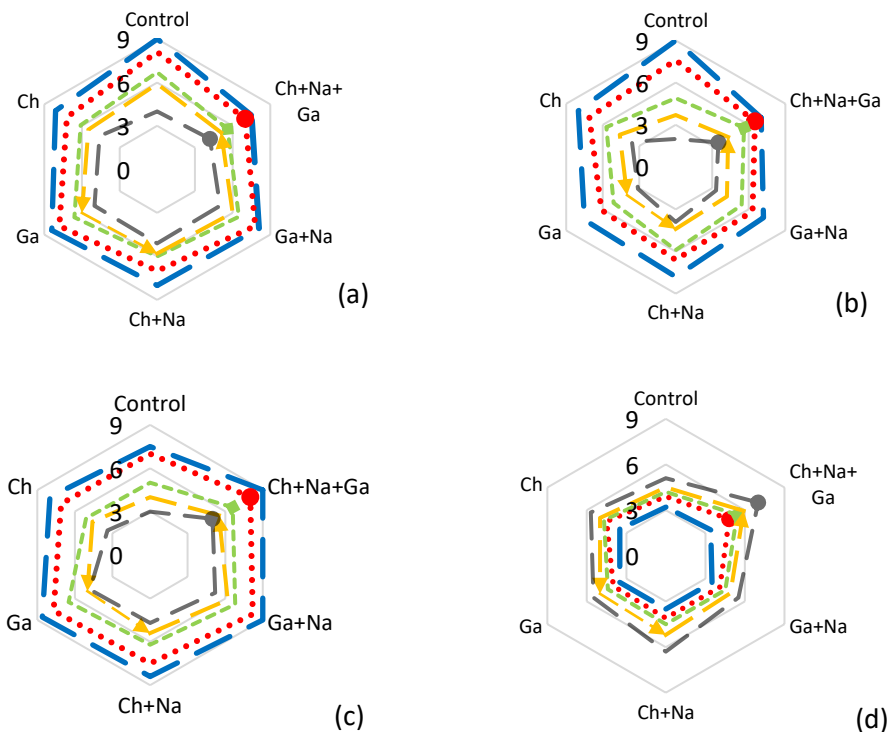


Figure 1. Changes in the growth percentage of aspergillus mold in treated raw pistachios during storage



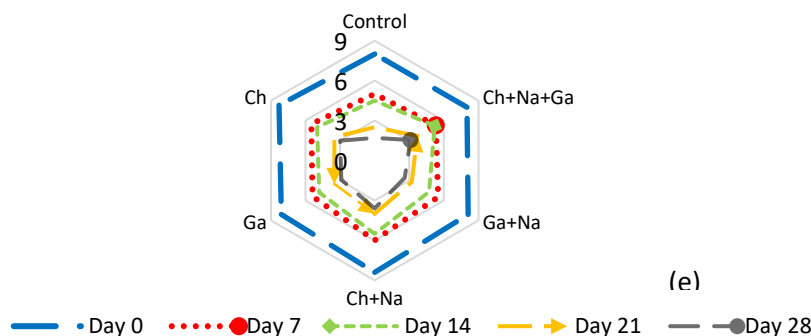


Table 1. The results of total counting of bacteria, mold and yeast in raw pistachios treated during storage. Non-similar upper and lower case English letters indicate significant differences between different days of keeping in the same treatment and different treatments in the same day, respectively (P<0.05).

شمارش	روز				
کلی باکتری ها	صفر	۷	۱۴	۲۱	۲۸
C	$3/11 \pm 0.6^{Aa}$	$4/37 \pm 0.5^{Ba}$	$5/09 \pm 0.9^{Ca}$	$5/89 \pm 0.1^{Da}$	$6/81 \pm 0.1^{Ea}$
Ch	$3/13 \pm 0.4^{Aa}$	$4/03 \pm 0.7^{Bb}$	$4/51 \pm 0.11^{Cb}$	$4/99 \pm 0.9^{Dh}$	$5/83 \pm 0.06^{Eb}$
شمارش Ga	$3/10 \pm 0.3^{Aa}$	$3/87 \pm 0.11^{Bb}$	$4/32 \pm 0.16^{Cb}$	$4/68 \pm 0.8^{Dc}$	$5/26 \pm 0.15^{Ec}$
کلی باکتری ها Ch+Na	$3/12 \pm 0.2^{Aa}$	$4/00 \pm 0.1^{Bb}$	$4/44 \pm 0.11^{Cb}$	$4/76 \pm 0.6^{Dc}$	$5/39 \pm 0.08^{Ec}$
Ga+Na	$3/15 \pm 0.7^{Aa}$	$3/92 \pm 0.9^{Bb}$	$4/25 \pm 0.5^{Cb}$	$4/43 \pm 0.6^{Dd}$	$4/88 \pm 0.11^{Ed}$
C	$3/11 \pm 0.6^{Aa}$	$4/37 \pm 0.5^{Ba}$	$5/09 \pm 0.9^{Ca}$	$5/89 \pm 0.1^{Da}$	$6/81 \pm 0.1^{Ea}$
Ch+Ga+Na	$3/14 \pm 0.6^{Aa}$	$3/61 \pm 0.13^{Bb}$	$4/01 \pm 0.10^{Cb}$	$4/27 \pm 0.4^{Dc}$	$4/61 \pm 0.4^{Ec}$
Ch	$3/13 \pm 0.4^{Aa}$	$4/03 \pm 0.7^{Bb}$	$4/51 \pm 0.11^{Cb}$	$4/99 \pm 0.9^{Dh}$	$5/83 \pm 0.06^{Eb}$
شمارش Ga	$3/10 \pm 0.3^{Aa}$	$3/87 \pm 0.11^{Bb}$	$4/32 \pm 0.16^{Cb}$	$4/68 \pm 0.8^{Dc}$	$5/26 \pm 0.15^{Ec}$
کلی باکتری ها Ch+Na	$3/12 \pm 0.2^{Aa}$	$4/00 \pm 0.1^{Bb}$	$4/44 \pm 0.11^{Cb}$	$4/76 \pm 0.6^{Dc}$	$5/39 \pm 0.08^{Ec}$
Ga+Na	$4/15 \pm 0.7^{Aa}$	$4/96 \pm 0.9^{Bb}$	$4/45 \pm 0.8^{Cb}$	$4/33 \pm 0.9^{Dd}$	$5/68 \pm 0.11^{Ed}$
Ch+Ga+Na	$4/20 \pm 0.8^{Aa}$	$4/31 \pm 0.3^{Bb}$	$4/66 \pm 0.16^{Cb}$	$4/97 \pm 0.4^{Dc}$	$4/66 \pm 0.04^{Ec}$
شمارش Ga	$2/26 \pm 0.2^{Aa}$	$3/06 \pm 0.1^{Bc}$	$3/62 \pm 0.2^{Cd}$	$3/89 \pm 0.2^{Dd}$	$4/20 \pm 0.5^{Ed}$
Ch+Na	$2/23 \pm 0.5^{Ca}$	$2/30 \pm 0.3^{Cb}$	$2/21 \pm 0.2^{Cc}$	$2/14 \pm 0.3^{Bc}$	$2/03 \pm 0.6^{Ac}$
Ga+Na	$4/24 \pm 0.4^{Ba}$	$4/56 \pm 0.8^{Bb}$	$4/15 \pm 0.6^{Cb}$	$4/99 \pm 0.9^{Bb}$	$1/68 \pm 0.04^{Ab}$
Ch+Ga+Na	$2/25 \pm 0.2^{Ba}$	$2/11 \pm 0.2^{Bd}$	$3/66 \pm 0.2^{Cd}$	$3/98 \pm 0.2^{Bb}$	$1/84 \pm 0.04^{Ba}$
Ga	$2/26 \pm 0.2^{Aa}$	$3/06 \pm 0.1^{Bc}$	$3/62 \pm 0.2^{Cd}$	$3/89 \pm 0.2^{Dd}$	$4/20 \pm 0.5^{Ed}$
Ch+Na	$2/23 \pm 0.5^{Ca}$	$2/30 \pm 0.3^{Cb}$	$2/21 \pm 0.2^{Cc}$	$2/14 \pm 0.3^{Bc}$	$2/03 \pm 0.6^{Ac}$
Ga+Na	$2/24 \pm 0.4^{Da}$	$2/33 \pm 0.2^{Eb}$	$2/15 \pm 0.2^{Cb}$	$2/00 \pm 0.1^{Bb}$	$1/89 \pm 0.4^{Ab}$
Ch+Ga+Na	$2/22 \pm 0.2^{Ea}$	$2/01 \pm 0.4^{Da}$	$1/66 \pm 0.5^{Ca}$	$1/19 \pm 0.2^{Ba}$	$1/04 \pm 0.3^{Aa}$

Table 1. The results of total counting of bacteria, mold and yeast in raw pistachios treated during storage. Non-similar upper and lower case English letters indicate significant differences between different days of keeping in the same treatment and different treatments in the same day, respectively (P<0.05).

Table 2. Average changes in weight loss and moisture content in treated raw

شمارش کلی باکتری‌ها	روز				
	صفر	۷	۱۴	۲۱	۲۸
C	۳/۱۱ ± ۰/۰۶ ^{Aa}	۴/۳۷ ± ۰/۰۵ ^{Ba}	۵/۰۹ ± ۰/۰۹ ^{Ca}	۵/۸۹ ± ۰/۱۸ ^{Da}	۶/۸۱ ± ۰/۱۳ ^{Ea}
Ch	۳/۱۳ ± ۰/۰۴ ^{Aa}	۴/۰۳ ± ۰/۰۷ ^{Bb}	۴/۵۱ ± ۰/۱۳ ^{Cb}	۴/۹۹ ± ۰/۰۹ ^{Db}	۵/۸۳ ± ۰/۰۶ ^{Eb}
Ga	۳/۱۰ ± ۰/۰۳ ^{Aa}	۳/۸۷ ± ۰/۱۱ ^{Bb}	۴/۳۲ ± ۰/۱۶ ^{Cb}	۴/۶۸ ± ۰/۰۸ ^{Dc}	۵/۲۶ ± ۰/۱۵ ^{Ec}
Ch+Na	۳/۱۲ ± ۰/۰۲ ^{Aa}	۴/۰۰ ± ۰/۱۰ ^{Bb}	۴/۴۴ ± ۰/۱۱ ^{Cb}	۴/۷۶ ± ۰/۰۶ ^{Dc}	۵/۳۹ ± ۰/۰۸ ^{Ec}
Ga+Na	۳/۱۵ ± ۰/۰۷ ^{Aa}	۳/۹۲ ± ۰/۰۹ ^{Bb}	۴/۲۵ ± ۰/۰۵ ^{Cb}	۴/۴۳ ± ۰/۰۶ ^{Dd}	۴/۸۸ ± ۰/۱۱ ^{Ed}
Ch+Ga+Na	۳/۱۴ ± ۰/۰۶ ^{Aa}	۳/۶۱ ± ۰/۱۳ ^{Be}	۴/۰۱ ± ۰/۱۰ ^{Cc}	۴/۲۷ ± ۰/۰۴ ^{Dc}	۴/۶۱ ± ۰/۰۴ ^{Ec}
شمارش کپک و مخمر	روز				
	صفر	۷	۱۴	۲۱	۲۸
C	۲/۲۱ ± ۰/۰۳ ^{Aa}	۳/۵۶ ± ۰/۰۵ ^{Be}	۴/۱۵ ± ۰/۰۶ ^{Cc}	۴/۹۹ ± ۰/۰۹ ^{Df}	۵/۶۸ ± ۰/۰۷ ^{Ee}
Ch	۲/۲۵ ± ۰/۰۱ ^{Aa}	۳/۱۱ ± ۰/۰۲ ^{Bd}	۳/۶۶ ± ۰/۰۶ ^{Cd}	۳/۹۷ ± ۰/۰۲ ^{De}	۴/۲۴ ± ۰/۰۴ ^{Ed}
Ga	۲/۲۶ ± ۰/۰۲ ^{Aa}	۳/۰۶ ± ۰/۰۱ ^{Bc}	۳/۶۲ ± ۰/۰۲ ^{Cd}	۳/۸۹ ± ۰/۰۳ ^{Dd}	۴/۲۰ ± ۰/۰۵ ^{Ed}
Ch+Na	۲/۲۳ ± ۰/۰۵ ^{Ca}	۲/۳۰ ± ۰/۰۲ ^{Cb}	۲/۲۱ ± ۰/۰۲ ^{Cc}	۲/۱۴ ± ۰/۰۴ ^{Bc}	۲/۰۳ ± ۰/۰۶ ^{Ac}
Ga+Na	۲/۲۴ ± ۰/۰۴ ^{Da}	۲/۳۳ ± ۰/۰۲ ^{Eb}	۲/۱۵ ± ۰/۰۲ ^{Cb}	۲/۰۰ ± ۰/۰۱ ^{Bb}	۱/۸۹ ± ۰/۰۴ ^{Ab}
Ch+Ga+Na	۲/۲۲ ± ۰/۰۲ ^{Ea}	۲/۰۱ ± ۰/۰۲ ^{Da}	۱/۶۶ ± ۰/۰۵ ^{Ca}	۱/۱۹ ± ۰/۰۲ ^{Ba}	۱/۰۴ ± ۰/۰۳ ^{Aa}

pistachios during storage. Non-similar upper and lower case English letters indicate significant differences between different days of keeping in the same treatment and different treatments in the same day, respectively ($P < 0.05$).

افت وزن	روز				
	صفر	۷	۱۴	۲۱	۲۸
C	۴/۰۸ ± ۰/۰۳ ^{Aa}	۵/۰۱ ± ۰/۰۳ ^{Be}	۵/۹۹ ± ۰/۰۲ ^{Cd}	۶/۶۱ ± ۰/۰۴ ^{Df}	۷/۰۳ ± ۰/۰۱ ^{Ef}
Ch	۴/۰۱ ± ۰/۰۴ ^{Aa}	۴/۴۱ ± ۰/۰۲ ^{Ad}	۴/۶۲ ± ۰/۰۰ ^{Bc}	۴/۸۸ ± ۰/۰۱ ^{Ce}	۴/۹۸ ± ۰/۰۳ ^{De}
Ga	۳/۹۱ ± ۰/۰۱ ^{Aa}	۳/۹۳ ± ۰/۰۴ ^{Bb}	۴/۰۱ ± ۰/۰۳ ^{Ca}	۴/۲۱ ± ۰/۰۱ ^{Dc}	۴/۳۲ ± ۰/۰۲ ^{Ec}
Ch+Na	۳/۹۶ ± ۰/۰۳ ^{Aa}	۳/۸۴ ± ۰/۰۱ ^{Ba}	۳/۹۹ ± ۰/۰۲ ^{Ca}	۴/۴۴ ± ۰/۰۳ ^{Dd}	۴/۶۹ ± ۰/۰۰ ^{Ed}
Ga+Na	۳/۹۰ ± ۰/۰۲ ^{Aa}	۳/۹۵ ± ۰/۰۱ ^{Bb}	۴/۰۰ ± ۰/۰۲ ^{Ca}	۴/۱۶ ± ۰/۰۲ ^{Db}	۴/۲۱ ± ۰/۰۱ ^{Eb}
Ch+Ga+Na	۴/۱۲ ± ۰/۰۱ ^{Aa}	۴/۱۰ ± ۰/۰۰ ^{Bc}	۴/۰۸ ± ۰/۰۱ ^{Cb}	۳/۹۵ ± ۰/۰۱ ^{Da}	۳/۷۷ ± ۰/۰۲ ^{Ea}
رطوبت	روز				
	صفر	۷	۱۴	۲۱	۲۸
C	۵/۳۸ ± ۰/۰۷ ^{Aa}	۶/۱۴ ± ۰/۰۳ ^{Be}	۶/۹۷ ± ۰/۰۲ ^{Cd}	۷/۹۳ ± ۰/۰۴ ^{De}	۸/۸۱ ± ۰/۰۱ ^{Ee}
Ch	۵/۴۲ ± ۰/۰۲ ^{Aa}	۵/۶۷ ± ۰/۰۳ ^{Bd}	۶/۱۵ ± ۰/۰۱ ^{Cc}	۶/۵۲ ± ۰/۰۴ ^{Dd}	۶/۷۸ ± ۰/۰۴ ^{Ed}
Ga	۵/۳۶ ± ۰/۰۶ ^{Aa}	۵/۵۴ ± ۰/۰۲ ^{Bb}	۵/۹۱ ± ۰/۰۱ ^{Cb}	۶/۱۲ ± ۰/۰۳ ^{Db}	۶/۳۲ ± ۰/۰۴ ^{Eb}
Ch+Na	۵/۳۹ ± ۰/۰۵ ^{Aa}	۵/۶۲ ± ۰/۰۴ ^{Bc}	۶/۱۱ ± ۰/۰۳ ^{Cc}	۶/۴۱ ± ۰/۰۵ ^{Dc}	۶/۶۹ ± ۰/۰۳ ^{Ec}
Ga+Na	۵/۳۷ ± ۰/۰۶ ^{Aa}	۵/۵۲ ± ۰/۰۲ ^{Bb}	۵/۹۰ ± ۰/۰۱ ^{Cb}	۶/۱۳ ± ۰/۰۳ ^{Db}	۶/۳۵ ± ۰/۰۴ ^{Eb}
Ch+Ga+Na	۵/۴۰ ± ۰/۰۵ ^{Aa}	۵/۴۱ ± ۰/۰۵ ^{Aa}	۵/۵۳ ± ۰/۰۵ ^{Ba}	۵/۶۵ ± ۰/۰۵ ^{Ca}	۵/۷۷ ± ۰/۰۵ ^{Da}

Table 2. Average changes in weight loss and moisture content in treated raw pistachios during storage. Non-similar upper and lower case English letters indicate significant differences between different days of keeping in the same treatment and different treatments in the same day, respectively ($P < 0.05$).

افت وزن	روز				
	صفر	۷	۱۴	۲۱	۲۸
C	۴/۰۸ ± ۰/۰۳ ^{Aa}	۵/۰۱ ± ۰/۰۳ ^{Bc}	۵/۹۹ ± ۰/۰۳ ^{Cd}	۶/۶۱ ± ۰/۰۴ ^{Df}	۷/۰۳ ± ۰/۰۱ ^{Ef}
Ch	۴/۰۱ ± ۰/۰۴ ^{Aa}	۴/۴۱ ± ۰/۰۲ ^{Ad}	۴/۶۲ ± ۰/۰۰ ^{Bc}	۴/۸۸ ± ۰/۰۱ ^{Cc}	۴/۹۸ ± ۰/۰۳ ^{De}
Ga	۳/۹۱ ± ۰/۰۱ ^{Aa}	۳/۹۳ ± ۰/۰۴ ^{Bb}	۴/۰۱ ± ۰/۰۳ ^{Ca}	۴/۲۱ ± ۰/۰۱ ^{Dc}	۴/۳۲ ± ۰/۰۲ ^{Ec}
Ch+Na	۳/۹۶ ± ۰/۰۳ ^{Aa}	۳/۸۴ ± ۰/۰۱ ^{Ba}	۳/۹۹ ± ۰/۰۲ ^{Ca}	۴/۴۴ ± ۰/۰۳ ^{Dd}	۴/۶۹ ± ۰/۰۰ ^{Ed}
Ga+Na	۳/۹۰ ± ۰/۰۲ ^{Aa}	۳/۹۵ ± ۰/۰۱ ^{Bb}	۴/۰۰ ± ۰/۰۲ ^{Ca}	۴/۱۶ ± ۰/۰۲ ^{Db}	۴/۲۱ ± ۰/۰۱ ^{Eb}
Ch+Ga+Na	۴/۱۲ ± ۰/۰۱ ^{Aa}	۴/۱۰ ± ۰/۰۰ ^{Bc}	۴/۰۸ ± ۰/۰۱ ^{Cb}	۳/۹۵ ± ۰/۰۱ ^{Da}	۳/۷۷ ± ۰/۰۲ ^{Ea}
رطوبت					
C	۵/۳۸ ± ۰/۰۷ ^{Aa}	۶/۱۴ ± ۰/۰۳ ^{Bc}	۶/۹۷ ± ۰/۰۲ ^{Cd}	۷/۹۳ ± ۰/۰۴ ^{De}	۸/۸۱ ± ۰/۰۱ ^{Ee}
Ch	۵/۴۲ ± ۰/۰۲ ^{Aa}	۵/۶۷ ± ۰/۰۳ ^{Bd}	۶/۱۵ ± ۰/۰۱ ^{Cc}	۶/۵۲ ± ۰/۰۴ ^{Dd}	۶/۷۸ ± ۰/۰۴ ^{Ed}
Ga	۵/۳۶ ± ۰/۰۶ ^{Aa}	۵/۵۴ ± ۰/۰۳ ^{Bb}	۵/۹۱ ± ۰/۰۱ ^{Cb}	۶/۱۲ ± ۰/۰۳ ^{Db}	۶/۳۲ ± ۰/۰۴ ^{Eb}
Ch+Na	۵/۳۹ ± ۰/۰۵ ^{Aa}	۵/۶۲ ± ۰/۰۴ ^{Bc}	۶/۱۱ ± ۰/۰۳ ^{Cc}	۶/۴۱ ± ۰/۰۵ ^{Dc}	۶/۶۹ ± ۰/۰۳ ^{Ec}
Ga+Na	۵/۳۷ ± ۰/۰۶ ^{Aa}	۵/۵۲ ± ۰/۰۳ ^{Bb}	۵/۹۰ ± ۰/۰۱ ^{Cb}	۶/۱۳ ± ۰/۰۳ ^{Db}	۶/۳۵ ± ۰/۰۴ ^{Eb}
Ch+Ga+Na	۵/۴۰ ± ۰/۰۵ ^{Aa}	۵/۴۱ ± ۰/۰۵ ^{Aa}	۵/۵۳ ± ۰/۰۵ ^{Ba}	۵/۶۵ ± ۰/۰۵ ^{Ca}	۵/۷۷ ± ۰/۰۵ ^{Da}



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Investigating the effect of edible coating of chitosan and gum Arabic containing natamycin on the microbial, chemical and sensory properties of raw pistachios

Samaneh Eslami¹- Razieh Partovi^{*1}- Hojjatollah Shokri²- Mahboobeh Zare³- Asghar Azizian⁴

1-Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran

2-Department of Pathobiology, Faculty of Veterinary Medicine, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran

3-Department of Basic Science, Faculty of Medicinal Plants, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran

4-Department of Food Hygiene& control, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received:2024/2/20 Accepted:2024/11/10 Keywords: Raw pistachio, gum arabic, chitosan, natamycin DOI: 10.22034/FSCT.22.162.104. *Corresponding Author E- r.partovi@ausmt.ac.ir	This study was done to investigate the effect of edible coating of chitosan and gum Arabic containing natamycin on the microbial, chemical and sensory properties of raw pistachios during 28 days of storage in the refrigerator ($4\pm1\text{ }^{\circ}\text{C}$ and 90-95% relative humidity). Samples were designed in five groups include control (C), coated with chitosan (Ch), coated with gum Arabic (Ga), coated with chitosan and natamycin (Ch+Na), coated with gum Arabic and natamycin (Ga+ Na) and coated with chitosan, gum Arabic and natamycin (Ch+Ga+Na). Then preparation and characterization tests (Fourier transform infrared spectrum, X-ray diffraction, thermal gravimetric analysis and scanning electron microscopy), microbial (total count, Aspergillus growth and mold and yeast count), chemical (weight loss and moisture) and sensory tests were done. The results of microbial tests showed that the samples coated with chitosan/gum Arabic/natamycin were significantly more effective in inhibiting the growth of microorganisms compared to other treatments, as total count, mold and yeast and Aspergillus growth were reached from 3.47 log cfu/g to 4.61 log cfu/g, 2.22 log cfu/g to 1.04 log cfu/g, and from 20% to 12% respectively at the beginning and at end of the study period. Also, coating with chitosan/gum Arabic/natamycin had a positive effect on the chemical properties, especially preventing weight loss, as it increased from 12.5% on day 0 to 77.3% on the final day, while in control group it increased from 4.08 to 7.03. Coating with chitosan/gum Arabic/natamycin not only did not adversely affect the appearance of pistachios, but also improved the sensory characteristics in all parameters except taste. In general, the results showed that the coating of chitosan and gum Arabic, especially when it contains natamycin, can be considered as an effective food coating in maintaining and improving the quality of food, especially nuts.