مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال نهم، شماره 1، بهار 1393، صفحات 20-11

تأثیر پوشش خوراکی ژلاتینی حامل آنتی‌اکسیدان بر پایداری اکسیداسیونی و ویژگی‌های حسی پسته‌ی برشته‌ی اوحدی

سارا خشنودی‌نیا [1]، ناصر صداقت [2]

1- نویسنده مسئول: دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران. پست الکترونیکی: sarakhoshnoudi@yahoo.com

2- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

تاریخ دریافت: 92/5/20 تاریخ پذیرش: 92/7/29

چکیده

سابقه و هدف: استفاده از فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی روش مؤثری برای کاهش اکسیداسیون و افزایش ماندگاری پسته است. هدف از مطالعه بررسی تأثیر پوشش خوراکی ژلاتین حاوی آنتی‌اکسیدان‌های اسیدآسکوربیک (1w/v %) و پروپیل‌گالات (100 ppm) بر روی پایداری اکسیداسیونی و ویژگی‌های حسی پسته‌ی برشته است.

مواد و روش‌ها: پسته‌های برشته‌شده در 5 تیمار شامل؛ نمونه‌ی شاهد، تیمار پوشش‌داده شده با آنتی‌اکسیدان اسیدآسکوربیک + پروپیل‌گالات، ژلاتین + پروپیل‌گالات، ژلاتین + اسیدآسکوربیک، ژلاتین + اسیدآسکوربیک + پروپیل گالات تهیه و بعد از بسته‌بندی در سه تکرار و در دو دمای 35 ^{o}C و 50°C نگهداری شدند. آزمایشات شیمیایی شامل اندازه‌گیری اسیدچرب‌آزاد (%)، شاخص‌های پراکسید ($meq.O_2.kg^{-1}$)، آنیزیدین، توتوکس و ارزیابی حسی (بافت، طعم، رنسیدیتی و پذیرش کلی) توسط 20 ارزیاب حسی نیمه‌آموزش‌دیده در طول سه ماه نگهداری بر روی نمونه‌ها انجام گرفت.

یافته‌ها: یافته‌های آنالیز شیمیایی نشان داد اکسیداسیون در نمونه‌های پوشش داده شده با ژلاتین حاوی آنتی‌اکسیدان، مخصوصاً اسیدآسکوربیک، به طور معنی‌داری ($p\leq0/05$) کمتر از پسته‌های برشته شده‌ی بدون پوشش است. این نتایج توسط آنالیزهای حسی نیز تأیید شد. استفاده از ترکیب هر دو آنتی‌اکسیدان در کنار هم با وجود این‌که اثر آنتی‌اکسیدانی پوشش را بهبود بخشید اما تأثیر تشدیدکنندگی معنی‌داری دیده نشد. نتایج آنالیز حسی بافت پسته نشان داد پوشش خوراکی ژلاتین حاوی آنتی‌اکسیدان به طور معنی‌داری باعث سفتی بیشتر محصول شد.

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد استفاده از پوشش خوراکی ژلاتین- اسیدآسکوربیک پتانسیل خوبی در کاهش سرعت اکسیداسیون و در نتیجه افزایش ماندگاری پسته‌ی برشته دارد

واژگان کلیدی: اکسیداسیون لیپیدی، پسته‌ی برشته‌شده واریته‌ی اوحدی، پوشش خوراکی ژلاتین، آنتی‌اکسیدان، ویژگی‌های حسی

• مقدمه

پسته (Pistacia Vera L) به واسطه‌ی داشتن طعم و ویژگی‌های تغذیه‌ای ارزشمند از محبوب‌ترین دانه‌های آجیلی دنیاست. پسته حاوی مقادیر قابل‌توجهی پروتئین، مواد معدنی (کلسیم، آهن و روی) و اسیدهای چرب غیراشباع ضروی (اسید اولئیک، لینولئیک و لینولنیک) است (1). وجود اسیدهای چرب غیراشباع، پسته را بخصوص بعد از برشته شدن مستعد اکسیداسیون می‌سازد (2). تغییرات شیمیایی که طی برشته نمودن رخ می‌دهد، اکسیداسیون لیپیدها را تسریع و باعث توسعه‌ی طعم و رنگ نامطلوب، تندی و کاهش خواص تغذیه ای می‌شود (3). استفاده از پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی دستاورد جدیدی برای حل این مشکل است. فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی از نفوذ رطوبت جلوگیری و انتقال گازها (اکسیژن و دی‌اکسیدکربن) را محدود می‌سازند (4). مهم‌ترین دلیل استفاده از پوشش‌های خوراکی در دانه‌های آجیلی، ممانعت از تندی است، با این حال این پوشش‌ها حامل‌های خوبی برای مواد زیست‌فعال هم‌چون آنتی‌اکسیدان‌ها، مواد مغذی و ضدمیکروبی هستند. این مواد ماندگاری و کیفیت غذا را بهبود بخشیده و خطر رشد پاتوژن‌ها

را کاهش می‌دهند (5، 4).

در بین مواد سازنده‌ی پوشش‌های خوراکی، هیدروکلوئیدها (پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها) به دلیل تشکیل ساختار شبکه‌ای هیدروژنی منظم بهترین موانع اکسیژن هستند (6). پوشش‌های پروتئینی نسبت به پلی‌ساکاریدها از نظر ممانعت‌کنندگی در برابر نفوذ گازهای اکسیژن و دی‌اکسیدکربن برتری دارند (7). ژلاتین مخلوط ناهمگنی از پروتئین‌های محلول در آب با وزن ملکولی بالاست که از کلاژن مشتق می‌شود (8). ماتریکس ژلاتین محافظ خوبی در برابر رطوبت و اکسیژن است و درنتیجه می‌تواند ماندگاری محصولات پرچرب را افزایش دهد (9). علی‌رغم پتانسیل خوب ژلاتین به عنوان ماده‌ی پوشش‌دهنده در محصولات مختلف این ماده بیشتر در محصولات گوشتی مورد استفاده قرار گرفته است (9، 8).

در سال‌های اخیر توجه ویژه‌ای به استفاده از پوشش‌های خوراکی به منظور افزایش پایداری اکسیداسیونی دانه‌های آجیلی صورت گرفته است. بررسی خصوصیات حسی و اکسیداسیونی بادام زمینی پوشش‌داده شده با ایزوله‌ی پروتئین آب‌پنیر (10)، بررسی اثر آنتی‌اکسیدانی پوشش ایزوله‌ی پروتئین سویا بر روی گردو (11)، اثر پوشش کربوکسی‌متیل سلولز و صمغ کردیا (Cordia myxa) حاوی توکوفرول بر پایداری اکسیداسیونی گردو و دانه‌ی صنوبر (12)، مطالعه‌ی شاخص پراکسید شاه‌بلوط‌های برشته‌ی پوشش داده شده با ایزوله‌ی پروتئین آب‌پنیر (13)، اثر ایزوله‌ی پروتئین آب‌پنیر حاوی اسیدآسکوربیک بر کاهش سرعت اکسیداسیون بادام‌زمینی برشته (14) و اثر ضد قارچی پوشش خوراکی کیتوزان بر ویژگی‌های ارگانولپتیکی و جذب رطوبت پسته‌ی خام (15) از جمله‌ی این پژوهش‌هاست. با این‌حال تاکنون تحقیقات محدودی در زمینه‌ی استفاده از پوشش‌های خوراکی بر پایداری اکسیداسیونی پسته صورت گرفته است. ضمن آن‌که از پوشش ژلاتین با وجود پتانسیل بالا، برای پوشش‌دهی دانه‌های آجیلی، بهره گرفته نشده است. لذا هدف از این پژوهش بررسی اثر پوشش خوراکی ژلاتین به عنوان یک ماده‌ی پروتئینی ارزان و در دسترس به همراه آنتی‌اکسیدان‌های تجاری اسیدآسکوربیک و پروپیل‌گالات به‌منظور افزایش پایداری اکسیداسیونی پسته است. در این مطالعه پوشش خوراکی ژلاتین- آنتی‌اکسیدان بر ویژگی‌های شیمیای و حسی پسته‌ی برشته شده‌ی اوحدی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. از آن‌جایی‌که پسته‌ی رقم اوحدی یکی از تجاری‌ترین ارقام پسته‌ی ایران است و به دلیل نسبت بالای اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع (16) نسبت به سایر ارقام، حساسیت بیشتری به اکسیداسیون دارد، لذا در این پژوهش از این رقم استفاده شد.

• مواد و روش‌ها

مواد: پسته برشته شده دارای پوست استخوانی (دمای143°C، به‌مدت 6 دقیقه) واریته اوحدی (پستیژ خاورمیانه، ایران)، ژلاتین گاوی (ژلاتین آریای مشهد، ایران)، اسیدآسکوربیک (Merck)، پروپیل‌گالات (Sigma Aldrich)، ماده‌ی بسته‌بندی (فیلم سه لایه‌ی BOPP/AL/CPP به ضخامت 80 میکرون، تهیه شده از شرکت پستیژ یزد)، گلیسرول (Merck).

تهیه محلول پوشش خوراکی ژلاتین: برای تهیه محلول پوشش خوراکی مورد استفاده در این پژوهش محلول w/v 4% ژلاتین با استفاده از آب دیونیزه تهیه شدو به دمای °C 80-70 رسید و به مدت 30 دقیقه هم زده شد تا ژلاتین کاملاً در آب حل شود. سپس محلول تا دمای محیط سرد و به نسبت 30 % وزن پودر ژلاتین، گلیسرول به عنوان پلاستی‌سایزر به این ترکیب افزوده و به مدت 10 دقیقه هم زده شد (17). سپس با افزودن آنتی‌اکسیدان‌های اسید آسکوربیک (w/v 1%) و پروپیل گالات (100 ppm) پوشش حاوی ژلاتین تهیه شد.

پوشش‌دهی نمونه‌ها: 5 تیمار مورد استفاده در این پژوهش در جدول 1 لیست شده‌اند. پسته‌ها با محلول‌های مورد نظر به روش اسپری به‌خوبی پوشانده شدند و در آون 35°C به مدت 10 ساعت خشک شدند. نمونه‌ها در بسته‌های 100 گرمی در سه تکرار تهیه و در شرایط نگهداری تسریع شده در دو دمای 35 و 50 درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت 3 ماه نگهداری شدند. دماهای ذخیره‌سازی بر اساس مطالعات انجام شده توسط محققان مختلف بر روی زمان‌ماندگاری غذاهای دهیدراته انتخاب شد (19، 18، 14، 12). نمونه‌ها در انتهای هر ماه از آون خارج و آزمون‌های مربوطه بر روی آن‌ها انجام گرفت.

جدول 1. تیمارهای مورد استفاده در این پژوهش

کد پوشش	پوشش	آنتی‌اکسیدان	غلظت *
شاهد	-**	-	-
1	-	پروپیل گالات + اسید آسکوربیک	%1 w/v + 100ppm
2	ژلاتین	پروپیل گالات	100 ppm
3	ژلاتین	اسید آسکوربیک	%1 w/v
4	ژلاتین	پروپیل گالات + اسید آسکوربیک	%1 w/v + 100ppm

* غلظت بر پایه محلول پوشش در نظر گرفته شده است.

** خط تیره (-) به معنی عدم استفاده از پوشش یا آنتی‌اکسیدان است.

استخراج روغن: 40 گرم از مغز پسته آسیاب و به روش استخراج سرد توسط حلال n- هگزان روغن‌گیری شد. حلال در دمای پایین و زیر هود تحت خلأ تبخیر شد. روغن حاصله جمع‌آوری و تا زمان انجام آزمون‌ها در دمای 18- °C نگه‌داری شد.

اسیدهای چرب آزاد (FFA): این شاخص بر اساس اسید اولئیک موجود در روغن پسته به روش تیتراسیون AOAC و با استفاده از محلول 0/1 نرمال سود اندازه‌گیری شد (20).

اندیس پراکسید (PV): به روش فدراسیون بین‌المللی لبنیات (IDF) و با استفاده از اسپکتروفتومتر سری 2100UV و در طول موج جذبی 500 نانومتر بر اساس میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم نمونه اندازه‌گیری شد. این روش عدد پراکسید را با دقت 0/1 میلی‌اکی‌والان/کیلوگرم اندازه‌گیری می‌کند (22، 21).

اندیس آنیزیدین (AnV): به روش AOAC اسپکتروفتومتر سری 2100UV در طول موج 350 نانومتر اندازه‌گیری شد (22).

شاخص توتوکس (Totox): از طریق فرمول زیر محاسبه شد:

$$Totox = 2 \times (PV) + AnV$$

ارزیابی حسی: ویژگی‌های حسی پسته‌ی برشته شده شامل طعم، سفتی بافت، تندی و پذیرش کلی توسط 20 ارزیاب نیمه‌آموزش‌دیده (lexicon) (10 زن و 10 مرد) در قالب تست هدونیک توصیفی 5 نقطه‌ای (1= خیلی‌کم، 2= کم، 3= متوسط، 4= زیاد، 5= بسیار زیاد) بررسی شد. ارزیاب‌ها از میان دانشجویان علوم و صنایع‌غذایی دانشگاه فردوسی مشهد انتخاب شدند (مبنای انتخاب سلامت جسمی، داشتن زمان کافی برای شرکت در ارزیابی‌ها، نداشتن آلرژی به ماده‌ی غذایی مربوطه، تشخیص طعم و بوهای اصلی بود). آموزش‌های لازم در مورد طعم‌ها و ویژگی‌های مورد نظر در سه جلسه سی تا شصت دقیقه‌ای انجام شد. آزمون حسی در سه تکرار و در سه روز متفاوت انجام شد در بین آزمون‌ها نیز آب برای نوشیدن در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفت (23).

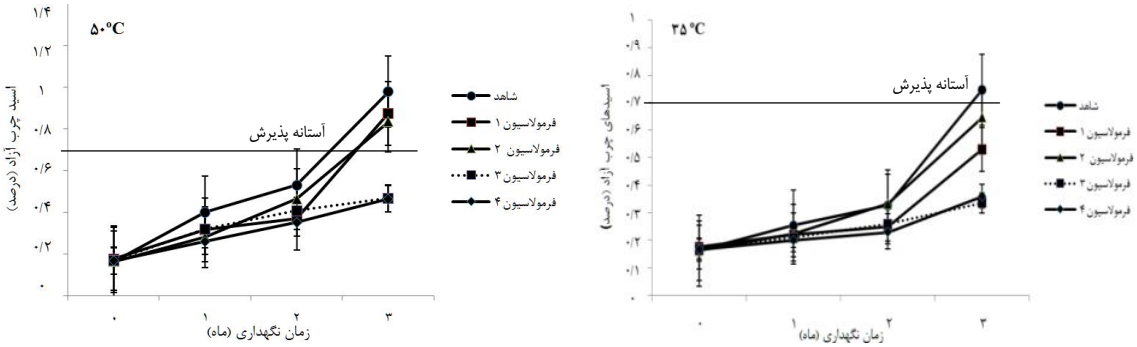
آنالیز آماری: آزمایش‌ها در سه تکرار و در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی انجام و آنالیز واریانس (ANOVA) توسط نرم‌افزار Minitab-16 صورت پذیرفت. مقایسه میانگین‌ها با سطح اطمینان 95 درصد و به روش آزمون توکی صورت گرفت.

• یافته‌ها

اسیدهای چرب آزاد: بررسی اثر پوشش خوراکی بر روی شاخص اسیدچرب آزاد نشان داد، بین نمونه شاهد و چهار فرمولاسیون دیگر تفاوت معنی‌داری ($p \leq 0/05$) وجود دارد، میانگین میزان اسیدچرب‌آزاد در نمونه‌های مختلف بین 0/275-0/447 درصد متغیر بود، بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب مربوط به نمونه‌ی شاهد و پوشش 4 بود. حداکثر مقدار مجاز برای این اندیس در دانه‌های آجیلی در منابع مختلف بین 1-0/7 درصد تعریف شده است (25، 24). در شکل 1 خط 0/7 درصد به عنوان آستانه پذیرش ترسیم شد (شکل 1). مقادیر اسیدچرب آزاد تیمارهای مختلف طی نگهداری در دو دمای 35°C و 50 در شکل 1 نشان داده شده است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با گذشت زمان در همه‌ی تیمارها میزان اسیدچرب‌آزاد پسته‌ی برشته به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است، این روند در تیمار شاهد با شدت بیشتری صورت گرفت. این میزان افزایش در دمای 50°C به طور معنی‌داری ($p \leq 0/05$) بیشتر از دمای 35°C بود. محتوی اسیدچرب‌آزاد در طول دوره‌ی نگهداری در تیمارهای پوشش داده شده با ژلاتین-اسیدآسکوربیک (پوشش 3 و 4) به طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها بود، با وجودی که میزان اسیدچرب‌آزاد در فرمولاسیون 4 کمتر بود اما تفاوت معنی‌داری بین پوشش 3 و 4 دیده نشد و به عبارتی ترکیب دو

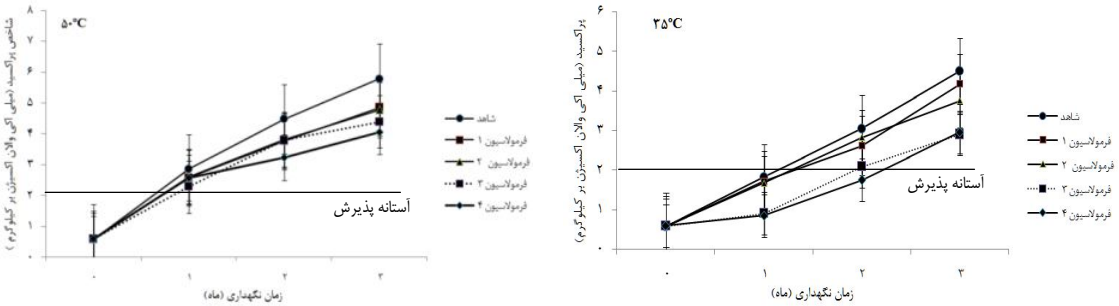
آنتی‌اکسیدان در کنار هم اثر سینرژیستی معنی‌داری نداشتند.

شاخص پراکسید: تغییر شاخص پراکسید در طول زمان نگهداری در دو دمای ۳۵ °C و 50 در شکل 2 آمده است. عدد پراکسید در تمام نمونه‌ها در طول زمان ماندگاری به‌طور معنی‌داری ($p<0/05$) افزایش یافته است. اما سرعت اکسیداسیون نمونه‌های حاوی پوشش با شیب کمتری صورت گرفته است. اعداد متفاوتی برای حداکثر مقدار مجاز شاخص پراکسید در دانه‌های آجیلی ذکر شده است. برای مثال استاندارد نیچرلند مقدار 1 $meq.O_2/kg$ (24)، کانر 2 $meq.O_2/kg$ (26) و استاندارد یونیسف 5 $meq.O_2/kg$ (25) را برای این شاخص عنوان کرده‌اند. در شکل 2 آستانه پذیرش 2 $meq.O_2/kg$ برای فرمولاسیون‌های مختلف در دو دمای 35°C و 50 ترسیم شده است. بررسی اثر متقابل دما و پوشش‌خوراکی نشان داد بین نمونه‌ی شاهد و نمونه‌های پوشش‌دار در دمای 50°C اختلاف معنی‌داری ($p<0/05$) وجود دارد، اما تفاوت بین پوشش‌های مختلف معنی‌دار نبود. بیشترین مقدار شاخص پراکسید در این دما مربوط به نمونه‌ی شاهد (3/43) و کمترین آن مربوط به پوشش 3 و 4 بود (به ترتیب 2/765 و 2/615). در دمای 35°C، تفاوت معنی‌داری ($p<0/05$) بین نمونه‌ی شاهد با سایر تیمارها مشاهده شد، مقدار عددی شاخص پراکسید در این دما بین 2/49 در نمونه‌ی شاهد تا 1/54 در پوشش 4 متغیر بود. حضور ژلاتین به طور معنی‌داری از میزان شاخص پراکسید در پسته‌ی برشته شده کاسته است. در مقایسه بین دو آنتی‌اکسیدان هم باید گفت اسیدآسکوربیک به طور معنی‌داری عملکرد بهتری از پروپیل‌گالات داشت.



(الف) (ب)

شکل 1. تغییر میزان درصد اسیدچرب آزاد در پسته‌ی برشته شده بدون پوشش و پوشش داده شده با پوشش خوراکی ژلاتین حاوی آنتی‌اکسیدان در دو دمای الف) 35 درجه‌ی سانتی‌گراد و ب) 50 درجه‌ی سانتی‌گراد

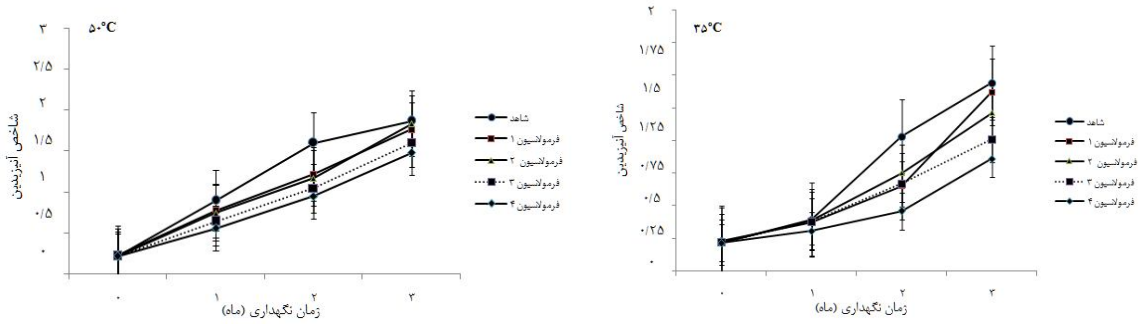


(الف) (ب)

شکل 2. تغییر میزان شاخص پراکسید در پسته‌ی برشته شده بدون پوشش و پوشش داده شده با پوشش خوراکی ژلاتین حاوی آنتی‌اکسیدان در دو دمای الف) 35 درجه‌ی سانتی‌گراد و ب) 50 درجه‌ی سانتی‌گراد در طول نگهداری

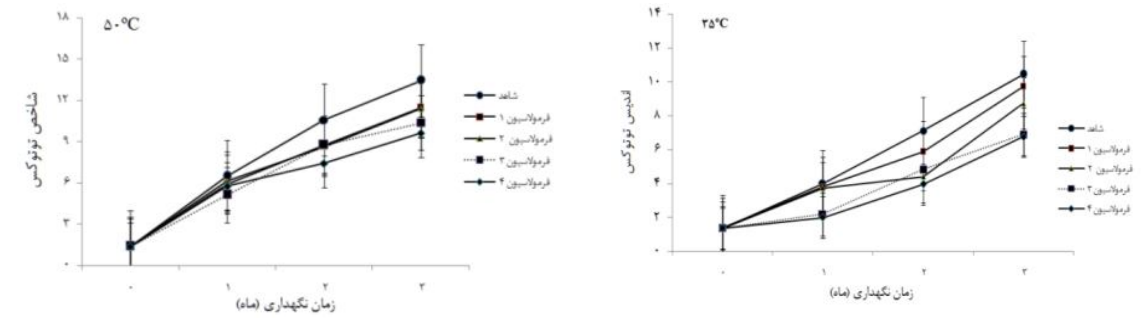
شاخص آنیزیدین: بررسی اثر دما و زمان نشان داد تفاوت معنی‌داری ($p \leq 0/05$) بین دو دمای 35°C و 50 و زمان‌های مختلف نگهداری وجود دارد. بررسی اثر پوشش خوراکی بر روی شاخص آنزیدین نشان داد علی‌رغم این‌که پسته‌های تیمار شده با پوشش 1 میانگین شاخص آنیزیدین کمتری را نسبت به نمونه‌ی شاهد نشان می‌دهد، این تفاوت معنی‌دار نبود. نمونه‌های پوشش داده‌شده با ژلاتین-اسیدآسکوربیک (پوشش 3 و 4) به‌طور معنی‌داری شاخص آنیزیدین کمتری را نشان دادند. با این‌که میزان شاخص آنیزیدین در پوشش 1 و 2 تفاوت معنی‌داری نداشت، اما این مقدار در پسته‌های پوشش داده شده با ژلاتین حاوی پروپیل گالات کمتر برآورد شد. شکل 3 تغییر شاخص آنیزیدین در دو دمای 35°C و 50 در سه ماه نگهداری پسته‌ی برشته شده را نشان می‌دهد (شکل 2). بررسی اثر متقابل زمان و پوشش خوراکی در دمای 35°C نشان داد تا پایان ماه اول نگهداری هیچ تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها وجود ندارد، در ماه دوم نگهداری نیز تنها بین نمونه‌ی شاهد و فرمولاسیون 4 تفاوت، معنی‌دار ($p \leq 0/05$) است. در پایان ماه سوم تفاوت بین فرمولاسیون‌های مختلف به طور معنی‌داری دیده می‌شود (شکل 3).

اندیس توتوکس: نتایج به دست آمده در مورد این اندیس شباهت زیادی به نتایج شاخص پراکسید دارد. بررسی اثر متقابل دما و پوشش خوراکی بر روی اندیس توتوکس نشان داد که تفاوت معنی‌داری ($p \leq 0/05$) بین نمونه‌ی شاهد و نمونه‌های پوشش داده شده با ژلاتین وجود دارد. در دمای 35°C بین نمونه‌ی شاهد و پوشش شماره 1 و 2 تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، اما حضور آنتی‌اکسیدان اسیدآسکوربیک در ترکیب پوشش خوراکی ژلاتین به طور معنی‌داری ($p \leq 0/05$) میزان شاخص توتوکس را کاهش داد. شکل 4 تغییرات اندیس توتوکس را دو دمای 35 °C و 50 در زمان نگهداری نشان می‌دهد (شکل 4).



(الف) (ب)

شکل 3. تغییر میزان اندیس آنیزیدین در پسته‌ی برشته شده بدون پوشش و پوشش داده شده با پوشش خوراکی ژلاتین حاوی آنتی‌اکسیدان در دو دمای الف) 35 درجه‌ی سانتی‌گراد و ب) 50 درجه‌ی سانتی‌گراد در طول نگهداری



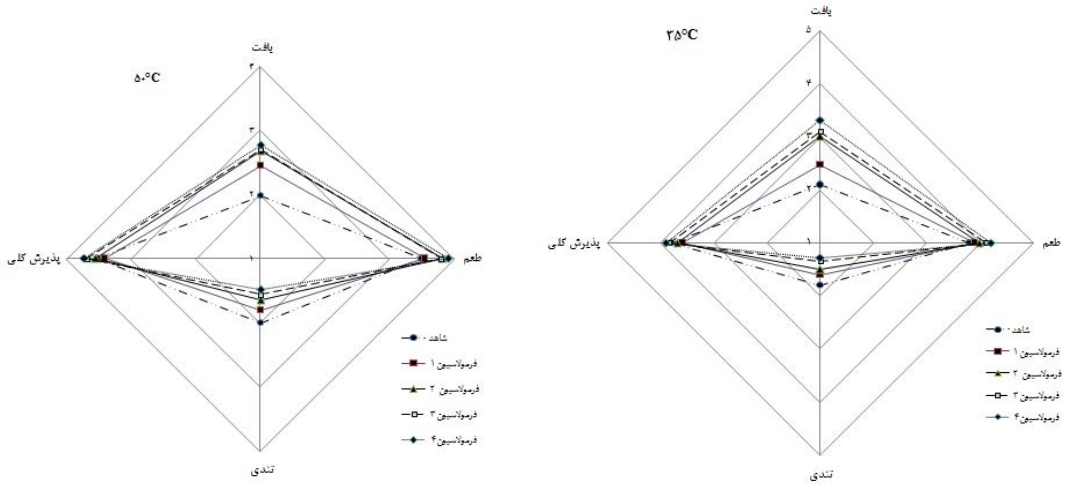
(الف) **(ب)**

شکل 4. تغییر میزان اندیس توتوکس در پسته‌ی برشته شده بدون پوشش و پوشش داده شده با پوشش خوراکی ژلاتین حاوی آنتی‌اکسیدان در دو دمای الف) 35 درجه‌ی سانتی‌گراد و ب) 50 درجه‌ی سانتی‌گراد در طول نگهداری

ارزیابی حسی: بررسی اثر پوشش بر روی بافت محصول نشان داد وجود پوشش ژلاتین (پوشش 2، 3 و 4) بر روی نمونه‌ها به طور معنی‌داری ($p\leq0/05$) سفتی بافت (میزان نیروی اعمال شده توسط ارزیاب برای فشردن پسته بین دندان‌های آسیاب در اولین گاز زدن) پسته را افزایش داده است. بین سه نمونه‌ی دارای پوشش ژلاتینی از نظر سفتی تفاوت معنی‌داری دیده نشد. بررسی اثر دما نیز نشان داد در دمای 50°C به‌طور معنی‌داری ($p\leq0/05$) سفتی بافت کمتر است. بررسی اثر زمان نیز نشان داد به مرور زمان از میزان سفتی در نمونه‌های مختلف کاسته شده است با این حال در نمونه‌ی شاهد کمترین میزان سفتی به ترتیب در زمان صفر و پایان ماه سوم حاصل شد.

بررسی اثر متقابل پوشش و زمان نگهداری بر روی طعم پسته نشان داد، تا ماه اول نگهداری بین تیمارهای مختلف هیچ تفاوت معنی‌داری از نظر طعم دیده نشد که این امر نشان داد ترکیب آنتی‌اکسیدان‌ها و ژلاتین تأثیر منفی بر طعم نداشته است. در پایان ماه سوم نگهداری امتیاز حسی تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری پیدا کردند و نمونه‌ی شاهد کمترین امتیاز حسی طعم را دریافت کرد.

هیچ تفاوت معنی‌داری ($p\leq0/05$) بر روی امتیاز حسی طعم تندی تا پایان ماه دوم نگهداری در تیمارهای مختلف دیده نشد. با این وجود در ماه دوم بیشترین امتیاز حسی مربوط به نمونه‌ی شاهد (1/75) و کمترین آن به ترتیب مربوط به نمونه‌ی 3 و 4 بود (1/508 و 1/517). امتیاز رنسیدیتی در پایان ماه سوم بین 1/725 و 2/85 متغیر بود. بیشترین امتیاز مربوط به نمونه‌ی شاهد و کمترین آن مربوط به نمونه‌های فرمولاسیون 4 بود. در مورد پذیرش کلی پسته‌ها باید گفت تا پایان ماه اول نگهداری نمونه‌های شاهد به‌دلیل بافت بهتر از پذیرش کلی بیشتری برخوردار بودند. حتی در ماه دوم نگهداری نیز پذیرش در نمونه‌های شاهد بیش از نمونه‌ی پوشش‌داده شده با محلول فرمولاسیون 1 و 2 بود. امتیاز حسی نمونه‌ی شاهد با دو نمونه‌ی پوشش‌داده شده با ژلاتین حاوی اسید آسکوربیک (پوشش 3 و4) نیز تفاوت معنی‌داری نداشت. در ماه سوم نگهداری به دلیل افزایش رنسیدیتی در نمونه‌های شاهد به طور معنی‌داری از پذیرش کلی آن‌ها کاسته شد. شکل 5 اثر پوشش‌های مختلف نسبت به شاهد را بر روی ویژگی‌های حسی پسته‌ی برشته شده در دو دمای 35°C و 50 نشان می‌دهد (شکل 5).



(الف) **(ب)**

شکل 5. نتایج ارزیابی حسی پسته‌ی پوشش داده شده در مقایسه با نمونه‌ی شاهد در دو دمای الف) 35 °C و ب) 50 °C

• بحث

اسیدچرب‌آزاد: اسیدهای چرب‌آزاد نتیجه‌ی هیدرولیز آنزیمی تری‌گلیسریدهاست که گرما و رطوبت کاتالیزورهای این واکنش هستند. این ترکیبات در اتواکسیداسیون شرکت کرده و ترکیباتی را تولید می‌کنند که مسئول طعم و بوی نامطلوب در محصولات روغنی هستند (27). پوشش‌های خوراکی، ماده‌ی غذایی و هم‌چنین ترکیبات فعال موجود در پوشش را در برابر رطوبت و دما حفظ می‌کنند(28) لذا استفاده از پوشش ژلاتین-آنتی‌اکسیدان سرعت تشکیل اسیدچرب‌آزاد را در پسته کاهش داد. با افزایش دما سرعت واکنش‌های شیمیایی افزایش می‌یابد و همین امر موجب افزایش سرعت واکنش‌های هیدرولیک و تولید اسیدچرب‌آزاد در دمای بالاتر شد (29). نتایج بررسی اثر پوشش پروتئین آب‌پنیر بر روی گردو و دانه‌ی صنوبر نشان داد پوشش‌خوراکی به‌طور معنی‌داری روند تولید اسیدهای چرب‌آزاد را کاهش می‌دهد (30). نوع آنتی‌اکسیدان نیز در این پژوهش تأثیر معنی‌داری در کاهش رنسیدیتی داشت و اسیدآسکوربیک عملکرد مؤثرتری نسبت به پروپیل‌گالات داشت. نیک‌زاده و صداقت (1388) در مورد افزودن اسیدآسکوربیک به پسته برشته نشان دادند میزان اسیدچرب‌آزاد در نمونه‌های حاوی اسیدآسکوربیک، در طی زمان نگهداری کمتر از نمونه‌ی شاهد است. زیرا حضور آنتی‌اکسیدان مانع از ادامه‌ی اکسیداسیون و شرکت اسیدهای چرب‌آزاد در این واکنش شده است (3).

شاخص پراکسید: اندیس پراکسید، معیاری جهت اندازه‌گیری هیدروپراکسیدها است. هیدروپراکسیدها به عنوان محصولات اولیه اکسیداسیون در روغن‌ها و چربی‌ها هستند که می‌توانند به فرآورده‌های ثانویه‌ی فرار و غیرفرار تجزیه شوند. اندیس پراکسید شناساگر مناسبی برای تشخیص مراحل اولیه اکسیداسیون است (31). پوشش‌خوراکی ژلاتین به طور مؤثری بر میزان اکسیداسیون اثرگذار بود که دلیل آن را می‌توان خاصیت ممانعت‌کنندگی خوب پوشش‌های پروتئینی از جمله ژلاتین در برابر نفوذ اکسیژن دانست (32). از آن‌جایی که اسیدآسکوربیک یک آنتی‌اکسیدان طبیعی است و محدودیتی در استعمال آن وجود ندارد لذا از غلظت 1% این ترکیب استفاده شد، اما از آن‌جایی که حداکثر غلظت مجاز پروپیل‌گالات طبق استاندارد اتحادیه اروپا ppm 100 اعلام شده است (33) محدودیت استفاده از آن میزان اثربخشی آن را در برابر اسیدآسکوربیک کاهش داد. نتایج این پژوهش با محققین دیگر منطبق بود (31، 14-12). بسیاری از محققین دما را در میزان نفوذپذیری پوشش به گازها به عنوان یک فاکتور بحرانی دانسته‌اند. افزایش دما باعث افزایش حرکت پلیمرها و متعاقب آن افزایش نفوذپذیری پوشش می‌شود (34). Mate & krochta (1997)، پوشش پروتئین آب‌پنیر را در دمای بالای 37°C در تأخیر اکسیداسیون بی‌تأثیر اعلام کردند (35). در این پژوهش نیز در دمای 50°C با این‌که بین نمونه‌ی شاهد و سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود داشت بین انواع پوشش‌ها تفاوتی دیده نشد، به نظر می‌رسد از میزان اثربخشی پوشش ژلاتین در دماهای بالا به طور معنی‌داری کاسته شده است. با این‌حال برخی پژوهشگران در مطالعاتشان به نتایج متفاوتی اشاره کرده‌اند و پوشش پروتئین آب‌پنیر را در دمای50°C در کاهش سرعت اکسیداسیون مؤثر اعلام کردند (31، 14). به نظر می‌رسد اختلاف در فرمولاسیون‌های مختلف و تفاوت ساختاری پروتئین آب‌پنیر و ژلاتین دلیل این تفاوت باشد.

شاخص آنیزیدین: شاخص آنیزیدین مؤید محصولات ثانویه اکسیداسیون است که از تخریب هیدروپراکسیدها حاصل می‌شوند (32). یافته‌ها در این پژوهش پوشش ژلاتین-آنتی‌اکسیدان را در کاهش اندیس آنیزیدین معنی‌دار ($p\leq0/05$) اعلام کرد. اثر پوشش صمغ کردیا و CMC در دانه‌ی صنوبر نشان داد استفاده از پوشش خوراکی باعث کاهش شاخص آنیزیدین می‌شود، هم‌چنین افزودن آنتی‌اکسیدان (آلفا توکوفرول) در پوشش خوراکی تأثیر معنی‌داری در کاهش این شاخص داشت (12). اندیس تیوباربیتوریک نیز در بادام‌زمینی‌های برشته و پوشش داده‌شده با پروتئین آب‌پنیر نشان داد بعد از 40 و 65 روز نگهداری به ترتیب در دمای 50°C و 35 اندیس تیوباربیتوریک اختلاف معنی‌داری در نمونه‌های مختلف نداشته است. اما بعد از این زمان اختلاف بخصوص بین نمونه‌ی شاهد و نمونه‌ی پوشش‌دار حاوی اسیدآسکوربیک معنی‌دار بود (14).

اندیس توتوکس: اندیس توتوکس معیاری از اکسیداسیون کل است که شامل فرآورده‌های اولیه و ثانویه اکسیداسیون است (31). نتایج این شاخص بسیار نزدیک به نتایج پراکسید است. نتایج آزمون توتوکس نیز تأکید کرد وجود پوشش

خوراکی ژلاتین-آنتی‌اکسیدان به‌ویژه اسیدآسکوربیک باعث کاهش سرعت اکسیداسیون در پسته‌ی برشته شده است.

ارزیابی حسی: همزمان با تغییر در عدد آنیزیدین یعنی از پایان ماه دوم نگهداری خصوصیات حسی مربوط به امتیاز رنسیدیتی، طعم و پذیرش کلی نیز تغییر معنی‌داری نشان دادند. نیک‌زاده و صداقت گذشت زمان و تغییر معنی‌دار در عدد تیوباربیتوریک را در احساس طعم رنسیدیتی در پسته‌ها مؤثر دانستند (3). استفاده از پوشش خوراکی توانست به‌طور معنی‌داری ($p\leq0/05$) میزان طعم رنسیدیتی را در پسته پایین نگه دارد. محققان دیگر نیز نتایج مشابهی را در مورد طعم رنسیدیتی در بادام‌زمینی برشته و دانه‌ی صنوبر به دست آوردند (30، 12).

سفتی در نمونه‌های حاوی پوشش ژلاتین بیشتر از نمونه‌ی شاهد بود. نورحنانی و همکاران (2012) پوشش ژلاتین 4% را موانع خوبی در برابر رطوبت اعلام کردند (17). پسته‌های پوشش‌دار احتمالاً به‌دلیل محتوی رطوبت بیشتر، سفتی بیشتری داشتند. نتایج این پژوهش با نتایج محققین دیگر نیز هم‌خوانی داشت، از جمله بادام‌زمینی‌های برشته و پوشش‌داده شده با پروتئین آب‌پنیر را به‌دلیل محتوی رطوبت بیشتر سفت‌تر از نمونه‌های شاهد بودند (10). هم‌چنین استفاده از پوشش پروتئین آب‌پنیر و نشاسته نخودفرنگی به همراه پلاستی‌سایزر موم کارنوبا در گردو سفتی بیشتر آن‌ها را به دنبال داشت (31). با این حال مقصودلو و همکاران (1391) هیچ تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های حاوی پوشش کیتوزان و نمونه‌ی شاهد از نظر سفتی مشاهده نکردند، آن‌ها دلیل این امر را مقدار رطوبت برابر در نمونه‌های مختلف عنوان کردند (15).

در مجموع با توجه به آزمون‌های حسی و شیمیایی به نظر می‌رسد پوشش خوراکی ژلاتین-اسیدآسکوربیک پوشش مؤثر و در عین حال مقرون به صرفه‌ای برای افزایش پایداری اکسیداسیونی پسته است.

References

1. United States Department of Agriculture (USDA). Tree Nuts: Pistachios World Markets and Trade. Foreign Agricultural Service /USDA, Circular Series February; 2013: 2-10.
2. Agbo OF, Anderson JC, Singh B. Lipid oxidation of edible peanut pastes during storage with variation of environmental and processing factors. Peanut Science 1992; 19: 101-105.
3. Nikzade V, Sedaghat N. Studying the effects of roasting temperature, formulation and storage on pistachio oil quality and its sensory attributes. J Food Sci Techol 2009; 6 (3): 45-54 [in persian].
4. Meshkani M, Mortazavi A, Pourfallah Z. Antimicrobial and physical properties of a chickpea protein isolate-based film containing essential oil of thyme using response surface methodology. Iranian J Nutr Sci Food Techol 2013, 8(1): 93-104 [in persian].
5. Pranoto Y, Salokhe V, Rakshit KS. Physical and antibacterial properties of alginate-based edible film incorporated with garlic oil. Food Res Int 2005; 38: 267-72.
6. Yang L, Paulson AT. Effects of lipids on mechanical and moisture barrier properties of edible gellan film. Food Res Int 2000; 33: 571–578.
7. Krochta JM. Proteins as raw materials for films and coating: definition, current status, and opportunities. In: Gennadios A, editor. Protein-based Films and Coatings . Florida- USA: CRC Press, Boca Raton; 2002: 1-41.
8. Niani A, Khajeh-Rahimi AE. Effect of Gelatin Coating on Fatty Acid Composition of Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*) During Refrigerated-Storage. World J Fish Mar Sci 2012; 4 (5): 462-466.
9. Antoniewski MN, Barringer SA, Knipe CL, Zerby HN. Effect of a gelation coating on the shelf life of fresh meat, J Food Sci 2007; 27 (6): E382-87.
10. Lee SY, Krochta JM. Accelerated shelf life testing of whey-protein-coated peanuts analyzed by static headspace gas chromatography. Agric Food Chem 2002; 50: 2022–28.
11. Kang HJ, Kim SJ,You YS, Lacroix M, Han J. Inhibitory effect of soy protein coating formulations on walnut (Juglans regia L.) kernels against lipid oxidation. LWT - Food Sci Techol 2013; 51 (1): 393-96.
12. Abdul Haq M, Junaid Alam M, Hasnain A. Gum Cordia: A novel edible coating to increase the shelf life of Chilgoza (Pinus gerardiana). LWT - J Food Sci Tech 2013; 50: 306-11.
13. Gounga ME, Xu SY, Wang Z, Yang WG. Effect of whey protein isolate-pullulan edible coatings on the quality and shelf life of freshly roasted and freeze-dried Chinese chestnut. J Food sci 2008; 73(4): E155-61.
14. Min S, Krochta JM. Ascorbic Acid-Containing Whey Protein Film Coatings for Control of Oxidation. Agric Food Chem 2007; 55 (8): 2964-9.
15. Maghsoudlou A, Maghsoudlou Y, Khomeiri M, Ghorbani M. Evaluation of anti-fungal activity of chitosan and its effect on the moisture absorption and organoleptic characteristics of pistachio nuts. J Res Innov Food Sci Technol 2013; 1(2): 87-98 [in persian].

16. Mohammadi N, Safari M, Fatemi, SH, Hamedi M. Positional distribution determination of tree major fatty acid in oil of seven important varieties of pistachio (pistachio vera L., Anacardiaceae) according to the 1,3-random, 2-random theory, J Agric Sci Nature Res 2007; 14 (1): 1-9 [in persian].

17. Nur Hanani ZA, Roos YH, Kerry JP. Use of beef, pork and fish gelatin sources in the manufacture of films and assessment of their composition and mechanical properties, J Food Hydrocoll 2012; 29: 144-51.

18. Labuza TP, Schmidl MK. Accelerated shelf life testing of food. Food Technol 1985; 39 (9): 57-62.19- Croplife International (former GIFAP), Guidelines for Specifying the Shelf Life of Plant Protection Products, Technical Monograph No.17, 2nd ed, 2009: 3-9.

20- Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists International (AOAC), Free Fatty Acids (FFA). 940.28, V.1. 16th ed, Cunniff P, editor. Arlington: AOAC International; 1995.

21. International IDF standards, international dairy federation. sec 74A. IDF-Square Vergote 41: Brussels, Belgium; 1191.

22. Semb NT. Analytical Methods for Determination of the Oxidative Status in Oils. 15th ed. Norway: NTNU-Trondheim, Norwegian University of Science and Technology 2012. P. 1-61

23. Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. Sensory evaluation techniques. 4th ed. Florida, USA:, Taylor and Francis Group,CRC Press 2006. P. 161-245.

24. Naturland E.V. Organic farming in the tropics and subtropics exemplary description of 20 crops: cashew nuts. 1st ed., Germany; 2002.

25. UNECEF Standard, Concerning the marketing and commercial quality control of cashew kernels, Ddp-17, 2002 ed., United Nations, New York And Geneva ; 2002.

26. Kanner J. Dietary advanced lipid oxidation end products are risk factors to human health. J Mol Nutr Food Res 2007; 51:1094–1101.

27. Brain CB, Yada RY. Food biochemistry. In: Campbell-Platt G, editor. J Food Sci Techol. West Sussex, UK: Wiley-BlackWell; 2009: 57–84.

28. Jimenez M, Garcia HS, Bristain CI. Spray-Drying microencapsulation and oxidative stability of conjugated linoleic acid. Eur Food Res Technol 2004; 219: 588-92.

29. Raei M, Jafari SM. Influence of different packaging materials and storage conditions on the quality attributes of pistachio (pistacia vera l.) cv. Ohadi. Annals. Food Sci Technol 2011; 12 (2). 179-185.

30. Mehyar GF, Al-Ismail KH, Han JH, Chee GW. Characterization of Edible Coatings Consisting of Pea Starch, Whey Protein Isolate, and Carnauba Wax and their Effects on Oil Rancidity and Sensory Properties of Walnuts and Pine Nuts. Food Sci 2012; E1-E8.

31. Shahidi F, Zhong, Y. Lipid oxidation: measurement methods, Bailey' s industrial oil and Fat Prodicts, 6 th ed. Vol 6. Canada: John's New Foundland, Canada 2005: 357-80.

32. Bonilla J, Atares L, Vargas M, Chiralt A. Edible films and coatings to prevent the detrimental effect of oxygen on food quality: Possibilities and limitations. Food Eng 2012; 110: 208–213.

33. Wanasundara PKJPD, Shahidi F. Bailey's Industrial Oil and Fat Products*:* Antioxidants, Science, Technology, and Applications. In: Shahidi F. editor. Bailey's industrial oil and fat products. 6th ed. vol 1. John Wiley & Sons, Inc: 2005: 431-438.

34. Baldwin EA. Surface treatments and edible coatings in food preservation. In: Rahman MS, editor, Handbook of Food Preservation. Florida- USA. Boca Raton. CRC Press; 2007: 475-508

35. Maté JI, Krochta JM. Whey Protein and Acetylated Monoglyceride Edible Coatings: Effect on the Rancidity Process of Walnuts. Agric Food Chem 1997; 45 (7): 2509–13.

Effect of edible coatings containing antioxidant agents on oxidative stability and sensory properties of roasted pistachio nuts (*Ohadi* variety)

Khoshnoudinia S[1], Sedaghat N*[2]

*1- *Corresponding author: MSc Student in Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, E-mail: sarakhoshnoudi@yahoo.com*

2- Associate Prof, Dept. of of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

Received 11 Aug, 2013 **Accepted 21 Oct, 2013**

Background and Objectives: Edible films and coatings are effective method for decreasing oxidation and increasing the shelf life of pistachios. The present study investigated the effect of an edible gelatin coating containing ascorbic acid (AA: 1% w/v) and propyl gallate (PG: 100 ppm) on the oxidative stability and sensory properties of roasted pistachio nuts.

Materials and Methods: Pistachios were subjected to one of five treatment formulations: uncoated, AA + PG, gelatin + PG, gelatin + AA, gelatin +AA+ PG. The pistachio samples were roasted, packaged, and stored in triplicate at 35°C and 50°C. Chemical analysis was measurement of free fatty acid (FFA), peroxide content (meq.O_2 kg^{-1}), anisidin content, and totox. Sensory evaluation (texture, rancidity, taste, overall acceptability) was performed by 20 semi-trained panelists over 3 mo of storage.

Results: The edible gelatin coating containing antioxidant agents, especially AA, showed a statistically significant decrease ($p < 0.05$) in the rate of oxidation. Incorporation of two antioxidant agents had no synergistic effect on the antioxidant properties of the gelatin coating; however, samples coated with gelatin containing AA + PG exhibited the greatest increase in shelf life. In addition, high temperatures during storage decreased the quality of the pistachio oil and total acceptability of the product. Edible gelatin-antioxidant coating did not affect the total acceptability of the product, but protected against lipid oxidation during storage. The use of gelatin coating increased the firmness of the pistachio nuts.

Conclusion: Edible gelatin coating containing antioxidant agents show good potential for decreasing the rate of oxidation and increasing the shelf life of pistachio nuts.

Keywords: Antioxidant, Oxidation, Pistachio, Edible gelatin coatings, Sensory properties