مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال چهاردهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸، صفحات ۹۶-۸۷

بررسی افزایش پایداری اکسیداتیو روغن پسته با استفاده از امولسیفایر منوگلیسیرید و روغن کاروتینو در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد

احمد شاکر اردکانی[۱] ، محمد ابوطالبی[۲]

۱- نویسنده مسئول: استادیار پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران
پست الکترونیکی: shaker@pri.ir
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، مؤسسه آموزش عالی کار، رفسنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۶/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۴

چکیده

سابقه و هدف: پایداری محصولات تهیه شده از پسته، به پایداری روغن آن بستگی دارد. هدف از این مطالعه، بررسی پایداری اکسیداسیونی روغن پسته به تنهایی و در ترکیب با روغن کاروتینو و امولسیفایر منوگلیسیرید در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد بود.

مواد و روش‌ها: فاکتورهای کیفی (اسید چرب آزاد، عدد پراکسید، عدد آنیزیدین، عدد توتوکس، میزان ۲ و ۴ دکا دی انال، رنگ و ارزیابی حسی) در نمونه‌ها در زمان‌های نگهداری صفر، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ روز اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: در همه تیمارها شامل روغن پسته خالص، ترکیب روغن پسته با روغن کاروتینو و ترکیب روغن پسته، روغن کاروتینو و منوگلیسیرید، میزان اسید چرب آزاد، عدد پراکسید، عدد آنیزیدین، عدد توتوکس، ۲و۴ دکا دی انال و عدد a در طول زمان نگهداری افزایش یافت. از طرف دیگر پارامترهای رنگی L و b و همچنین تازگی بو در طول زمان نگهداری کاهش یافت و کمترین مقادیر آن در روز بیست و پنجم نگهداری مشاهده گردید. ۲ و ۴ دکا دی انال در روز صفر تشخیص داده نشد اما بعد از ۲۵ روز نگهداری در نمونه‌ها یافت شد.

نتیجه‌گیری: افزودن روغن کاروتینو و امولسیفایر منو دی گلیسیرید چه به صورت جداگانه و چه به صورت ترکیبی به روغن پسته بر پایداری آن مؤثر واقع شده است و پایداری اکسیداسیونی آن را در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد از ۱۵ به ۲۰ روز افزایش داده است. تیمار دارای ترکیب کاروتینو و امولسیفایر، بهتر از تیمار دارای کاروتینو عمل کرده یا حداقل عملکرد مشابهی داشته است.

واژگان کلیدی: روغن پسته، پایداری، اسید چرب، امولسیفایر

• مقدمه

مغزهای درختی و محصولات تهیه شده از آنها به خاطر دارا بودن مقادیر بالای اسیدهای چرب غیر اشباع به اکسید شدن حساس هستند (۱). رادیکال‌های آزاد نقش اصلی را در اکسیداسیون ایفا می‌کنند. آنها هیدروپراکسیدها را تشکیل می‌دهند و در نتیجه تجزیه بیشتر، محصولات ناشی از اکسیداسیون ثانویه مانند کتون‌ها و آلدئیدها ایجاد می‌شود. توسعه یک مزه نا مطلوب یا تند شدن محصول، ناشی از انبارداری نامناسب مغزها یا نگهداری طولانی مدت آنها است (۲). تولید محصولات اکسیداسیون ثانویه با تغییر بو و عطر و طعم محصول همراه است که در نتیجه تندی را شاهد خواهیم بود. اکسیداسیون چربی‌ها به طور منفی روی عطر و طعم، بو، رنگ و ارزش غذایی محصول در طول نگهداری اثر می‌گذارد (۳). پایداری اکسیداسیونی مغزهای درختی مختلف و روغن آنها در شرایط مختلف توسط برخی محققان بررسی شده است (۴-۲). ارزیابی وضعیت اکسیداسیونی اغلب با ارزیابی حسی ترکیب می‌شود به عنوان مثال در بادام زمینی برشته شده تشکیل محصولات اکسیداسیونی ثانویه شامل پنتانال، هگزانال و اکتانال باعث افت عطر و طعم بادام زمینی می‌شود (۵).

پسته خام شامل ۴۴ درصد چربی، ۲۱ درصد پروتئین، ۲۸ درصد کربوهیدرات، ۳ درصد خاکستر و ۴ درصد رطوبت می‌باشد (۶). اسید چرب غالب روغن پسته اولئیک اسید است که مقدار آن ۵۶ تا ۶۴ درصد می‌باشد. لینولئیک اسید (۲۳ تا ۳۱ درصد) و پالمتیک اسید (۹ تا ۱۳درصد) سایر اسیدهای چرب روغن پسته را تشکیل می‌دهند (۶). میزان اکسیداسیون

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-12]

اسیدهای چرب با افزایش درجه غیر اشباع بودن افزایش می‌یابد و با حضور ضد اکسنده‌های محلول در چربی مثل توکوفرول، کاهش می‌یابد. گزارش شده است که در ۱۰۰ گرم پسته با توجه به ارقام مختلف و شرایط منطقه‌ای حدود ۰/۱ تا ۱۵۶۰ میلی گرم در کیلوگرم آلفا توکوفرول وجود دارد (۱۲-۷). افزایش اسیدهای چرب آزاد، عدد پراکسید و عدد آنیزیدین در طول نگهداری توسط سایر محققان گزارش شده است (۱۶-۱۳). آنالیز پایداری روغن تعدادی از مغزهای درختی تحت شرایط اکسیداسیون تسریع شده (آون ۶۰ درجه سانتی‌گراد) نشان داده است که در میان نمونه‌های مطالعه شده (پکان، پسته، فندق، بادام، برزیل نات و گردو)، روغن پسته کمترین عدد آنیزیدین را بعد از ۱۲ روز نگهداری، نشان داده است (۴). بیشتر منابع موجود روی پایداری اکسیداسیونی دانه کامل پسته مطالعه کرده‌اند (۱۷، ۱۶). با وجود این، اطلاعات در زمینه پایداری روغن پسته زیاد نیست. روغن کاروتینو از جمله روغن‌های مناسب برای مخلوط کردن با روغن‌های حساس به شمار می‌رود. این روغن طبیعی که از درخت پالم به دست می‌آید سرشار از کاروتن‌های طبیعی و توکوفرول بوده و با مشکل دود کردن که ناشی از حضور اسیدهای چرب کوتاه زنجیره است مواجه نیست. همچنین عدد یدی پایینی دارد و مقدار اسیدهای چرب د ارای چند پیوند غیر اشباع که اکسایش و ایجاد طعم و بوی نامطبوع در روغن‌ها را به آنها نسبت می‌دهند در این روغن کم است (۱۸). منوگلیسیریدها نیز امولسیفایرهایی هستند که طی سالیان زیادی به عنوان پایدارکننده و تغلیظ کننده در صنایع غذایی به کار رفته اند (۱۹). بنابراین هدف این تحقیق، بررسی امکان افزایش پایداری روغن پسته با استفاده از روغن کاروتینو و امولسیفایر منوگلیسیرید می‌باشد. روغن کاروتینو و منوگلیسیرید به خاطر نوع و ترکیب اسیدهای چرب از جمله پایدار کننده‌های خوب به شمار می‌روند.

• مواد و روش‌ها

مواد شیمیایی مصرفی شامل ان هگزان، اسید استیک، کلروفرم، یدید پتاسیم، تیوسولفات سدیم، اتانول ۹۵ درصد، هیدروکسید سدیم، ایزو اکتان همگی از مرک آلمان بودند.

آماده سازی روغن پسته و سایر تیمارها: آماده سازی نمونه‌های روغن پسته مطابق روش میرعلی اکبری و شهیدی (۴) انجام شد. ابتدا پسته رقم اوحدی مغز شده و با آسیاب به پودر تبدیل گردید. به هر ۴۰ گرم نمونه ۴۰۰ میلی لیتر هگزان اضافه شد و به مدت سه دقیقه در یک هموژن کننده همگن شد. مخلوط حاصل با کاغذ صافی واتمن شماره ۴ و در قیف بوخنر صاف شد. حلال باقیمانده با استفاده از یک تبخیر کننده چرخان در ۴۰ درجه سانتی‌گراد گرفته شد و به ظرف شیشه ای ۵۰ میلی لیتری منتقل شده و تا قبل از استفاده در فریزر نگهداری شد. در مرحله بعد تیمارهای مختلف روغن پسته (تیمار ۱: ۱۰۰ درصد روغن پسته، تیمار ۲: ۸۵ درصد روغن پسته و ۱۵درصد روغن کاروتینو و تیمار ۳: ۸۵ درصد روغن پسته، ۱۳/۵ درصد روغن کاروتینو (Carotino) و ۱/۵ درصد منوگلیسیرید (شرکت دنیسکو مالزی) تهیه شد. روغن کاروتینو مصرفی (شرکت کاروتینو ساخت کشور مالزی) قرمز رنگ و حاوی کاروتنوئید و آنتی اکسیدان‌های بالا بود.

اندازه‌گیری ترکیب اسیدهای چرب تیمارهای مختلف روغن پسته: اندازه‌گیری ترکیب اسیدهای چرب با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی انجام شد. مقدار یک میکرولیتر از نمونه به دستگاه تزریق گردید. دستگاه کروماتوگرافی (CP-3800, Varain) مجهز با آشکار ساز یونیزاسیون شعله ای (FID) ستون موئینه (BPX70, SGE Melborn Australia) از جنس سیلیکای ذوب شده از نوع فاز پیوندی (طول ستون ۳۰ متر، قطر داخلی ستون ۰/۲۲ میلی متر و ضخامت فیلم ۰/۲۵ میلی متر) بود. از گاز هلیوم با فشار ۲۵ بار با درصد خلوص ۹۹/۹۹ درصد بع عنوان گاز حامل استفاده گردید. آماده سازی نمونه جهت دستگاه گاز کروماتوگرافی بر اساس دستور کار AOCS استفاده گردید (۲۰). دمای دتکتور و انژکتور FID به ترتیب ۲۵۵ و ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد بود. برنامه دمایی دستگاه در ابتدا ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت نیم دقیقه و سپس ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه به مدت ۲ دقیقه و در نهایت ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه به مدت ۹۰ دقیقه بود. شدت جریان گازهای نیتروژن، هیدروژن و هوا در FID دتکتور به ترتیب ۲۵، ۳۰ و ۳۰۰ میلی لیتر بر دقیقه بود (۲۱).

تعیین پایداری اکسیداسیونی: ارزیابی پایداری اکسیداسیونی تیمارهای مختلف روغن پسته مطابق روش میرعلی اکبری و شهیدی (۴) انجام شد. نمونه‌ها در آون (Memmert, UNB 500) با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. زمان نگهداری در آون معادل یک شانزدهم زمان نگهداری در دمای واقعی است. نمونه‌های حرارت ندیده به عنوان شاهد انتخاب شدند. نمونه‌ها پس از ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ روز از آون خارج شده و تا قبل از آزمون در فریزر نگهداری شدند. فاکتورهای کیفی برای ارزیابی میزان اکسیداسیون نمونه‌ها شامل میزان اسید چرب آزاد، عدد پراکسید و عدد

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-12]

آنیزیدین بود. میزان اسید چرب آزاد و عدد پراکسید برای ارزیابی اکسیداسیون اولیه و عدد آنیزیدین برای کنترل محصولات ناشی از اکسیداسیون ثانویه به کار رفت. قبل از آنالیزها، نمونه‌ها از فریزر خارج شده و اجازه داده شد تا با دمای محیط به تعادل برسند. هر نمونه در سه تکرار اندازه‌گیری شد.

شاخص‌های اکسایش: برای اندازه‌گیری اسید چرب آزاد از روش ورولاستد استفاده شد (۲۲). عدد پراکسید مطابق با روش انجمن شیمی روغن آمریکا (۲۰) اندازه‌گیری شد. عدد آنیزیدین نیز مطابق با روش انجمن شیمی روغن آمریکا (۲۰) انجام گردید. عدد توتوکس از ضرب کردن مقدار عدد پراکسید در ۲ بعلاوه عدد آنیزیدین به دست آمد (۲۳).

اندازه‌گیری رنگ: رنگ (عدد L ، a و b) تیمارهای مختلف روغن پسته با استفاده از دستگاه هانتر لب Reston (ساخت آمریکا) انجام شد.

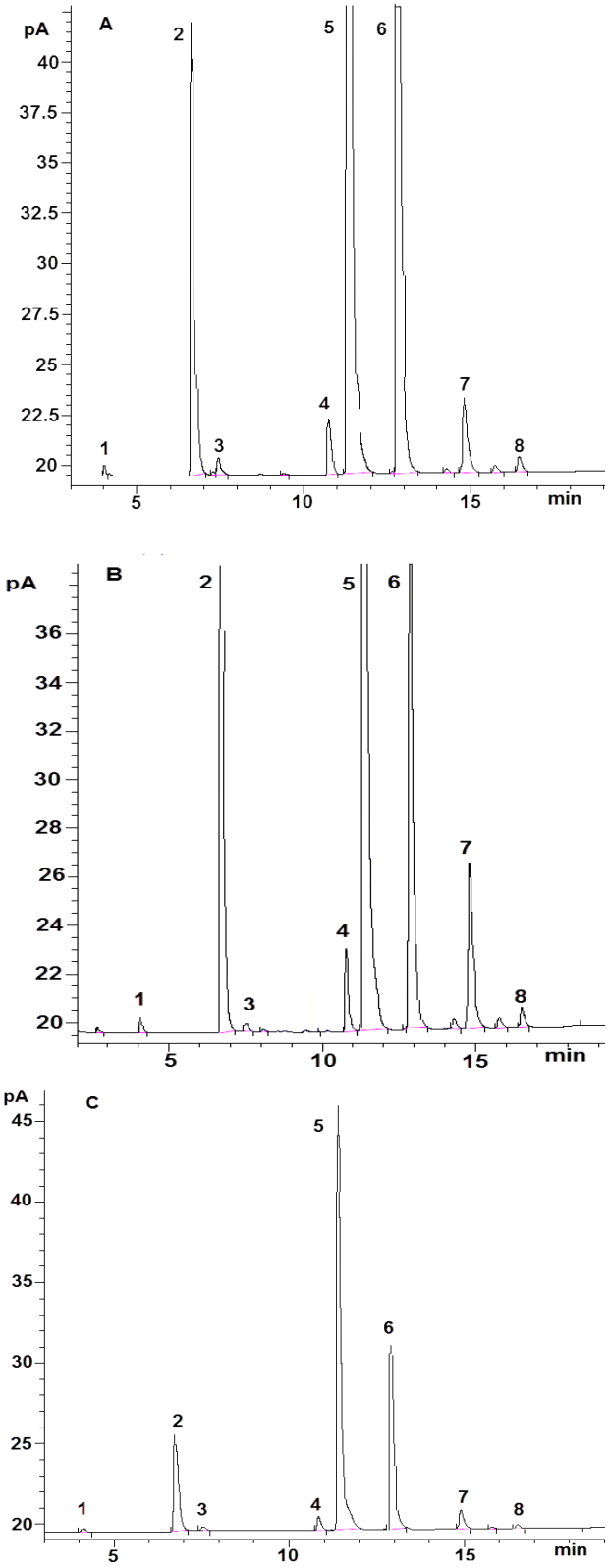
ارزیابی حسی با روش مقیاس رتبه بندی شدت: ارزیابی حسی توسط ۱۰ ارزیاب حسی آموزش دیده انجام شد. مقیاس ۱۵ سانتی متری برای ارزیابی میزان تندی و تازگی تیمارها استفاده شد (۲۴). به تندی زیاد عدد کمتر و به تندی کم (که در روغن تازه تر مشاهده شد) عدد بیشتر داده شد.

اندازه‌گیری میزان E, E-2,4 Decadienal: اندازه‌گیری میزان E, E-2,4 Decadienal می‌تواند نشان دهنده میزان اکسید شدگی در روغن باشد (۲۶، ۲۵) که این کار با استفاده از دستگاه QP 2010 Plus GCMS انجام شد. ستون مورد استفاده BPX5 بود. گاز حامل، گاز هلیم با میزان جریان یک میلی لیتر در دقیقه بود. دمای اولیه ستون ۵۰ درجه سانتی‌گراد بود که در مدت سه دقیقه و با سرعت ۲۰ درجه در دقیقه به ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت. سپس ستون با سرعت ۱۰ درجه در دقیقه به ۳۲۰ درجه سانتی‌گراد رسید. نمونه‌ها با هگزان به نسبت حجمی ۱ به ۱۰۰ رقیق شده و یک میکرو لیتر به دستگاه تزریق شد (۴).

آنالیز آماری: همه آزمایش‌ها با استفاده از طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد. تجزیه واریانس (ANOVA) به همراه تست توکی به منظور مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم افزار Minitab نسخه ۱۶/۱ انجام شد.

• یافته‌ها

ترکیب اسیدهای چرب تیمارهای مختلف روغن پسته: بر اساس نتایج، مهم ترین اسیدهای چرب موجود در سه نمونه روغن پسته خالص، روغن پسته حاوی روغن کاروتینو و روغن پسته دارای کاروتینو و امولسیفایر عبارت است از: پالمیتیک اسید، استناریک اسید، اولئیک اسید، لینولئیک اسید و مارگاریک اسید (شکل ۱).



شکل ۱. کروماتوگرام اسیدهای چرب در روغن پسته خالص (A)، روغن کاروتینو (B) و ترکیب روغن پسته، کاروتینو و امولسیفایر (C)
(۱: میریستیک اسید، ۲: پالمیتیک اسید، ۳: پالمیتولئیک اسید، ۴: مارگاریک اسید، ۵: استئاریک اسید، ۶: اولئیک اسید، ۷: لینولئیک اسید، ۸: لینولنیک اسید)

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-12]

میـزان اسـید چـرب آزاد: میـزان اسـید چـرب آزاد همـه تیمارهای روغن پسته خالص، ترکیـب روغـن پسـته بـا روغـن کاروتینو و ترکیب روغن پسته، روغن کـاروتینو و امولسـیفایر منوگلیسیرید در طول زمان نگهداری در شرایط دمایی تسـریع یافته افزایش یافت (جدول ۱). بیشترین اسـید چـرب آزاد در روز ۲۵ نگهداری در هر محصول مشاهده گردید. همچنـین در طول زمان نگهداری، کمترین اسید چرب آزاد در روغن پسـته دارای ترکیب کاروتینو و امولسیفایر مشاهده گردیـد و مقـدار آن پس از ۲۵ روز نگهداری از ۰/۴۹ تجاوز ننمود.

عدد پراکسید: عدد پراکسید روغـن‌هـای پسـته (جـدول ۱) نشان داد که تشکیل پراکسیدها در طول اکسیداسیون در همه انواع روغـن مـورد مطالعـه بـه طـور معنـی‌دار افـزایش یافـت. بیشـترین عـدد پراکسـید پـس از ۲۵ روز نگهـداری در روغـن پسته خالص مشاهده گردیـد. روغـن پسـته دارای کـاروتینو و امولسیفایر عدد پراکسید کمتری را بعد از ۲۵ روز نگهداری در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد نشان داد.

عدد آنیزیدین: عدد آنیزیدین با افـزایش زمـان نگهـداری در تمام نمونه‌های روغن پسته افـزایش یافـت (جـدول ۱). در روز ۲۵ نگهداری عدد آنیزیدین روغن پسته خالص بیشتر از روغـن پسته حاوی کاروتینو و روغن پسته حاوی ترکیب کـاروتینو و امولسیفایر بود.

عدد توتوکس: عدد توتوکس بـا افـزایش زمـان نگهـداری در تمام نمونه‌های روغن پسـته افـزایش یافـت (جـدول ۱). عـدد توتوکس در طول زمان نگهداری در روغن پسته خالص بیشـتر از سایر نمونـه‌هـا افـزایش یافـت. در روز ۲۵ نگهـداری، عـدد توتوکس تمام نمونه‌ها بیشتر از ۱۰ بـود. در روز ۲۰ نگهـداری عدد توتوکس روغن پسته خـالص بیشـتر از ۱۰ و روغـن‌هـای پسته دارای کاروتینو و امولسیفایر کمتر از ۱۰ بود.

ارزیابی حسی روغن پسته بر اساس مقیاس شـدت: بـر اساس نتایج در روز صفر شدت بو برای همه روغن‌هـای پسـته در محدوده ۱۴/۴ تا ۱۴/۶ قرار داشت که نشـان دهنـده تـازه بودن روغن‌های پسته است (جدول ۲). وقتی زمـان نگهـداری افزایش یافت، عدد ارزیابی بوکاهش یافت. به عبارت دیگر بوی تازگی محصول با زمان نگهـداری کـاهش مـی‌یابـد و کمتـرین مقـدار در روز ۲۵ نگهـداری مشـاهده شـد. در بـین انـواع محصولات آزمایش شده، روغن پسـته خـالص امتیـاز کمتـری نسبت به روغن پسته دارای کاروتینو و امولسیفایر کسب کـرد، اما با روغن پسـته دارای کـاروتینو اخـتلاف معنـی‌دار نداشـت ($p\leq ۰/۰۵$).

جدول ۱. اکسیداسیون انواع روغن پسته در طول نگهداری در ۶۰ درجه سانتی‌گراد*

آنالیز شیمیایی	نوع روغن	زمان نگهداری (روز)					
		۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
FFA**	PO	۰۱/۰±۰/۴۱ ij	۰۱/۰±۰/۴۳ hi	۰۱/۰±۰/۵۱ cde	۰۱/۰±۰/۵۳ bcd	۰۲/۰±۰/۵۵ abc	۰۱/۰±۰/۵۸ a
	PP	۰۳/۰±۰/۴۰ ij	۰۱/۰±۰/۴۲ hij	۰۲/۰±۰/۴۸ efg	۰۱/۰±۰/۵۱ cde	۰۳/۰±۰/۵۴ abc	۰۱/۰±۰/۵۶ ab
	PPEM	۰۱/۰±۰/۳۵ k	۰۱/۰±۰/۳۸ jk	۰۱/۰±۰/۴۰ ij	۰۱/۰±۰/۴۴ ghi	۰۱/۰±۰/۴۶ fgh	۰۱/۰±۰/۴۹ def
PV	PO	۰۱/۰±۰/۰۵ j	۰۴/۰±۰/۷۶ h	۱۰/۰±۱/۸۷ f	۰/۱۵±۲/۷۵ e	۰۴/۰±۴/۱۰ c	۱۰/۰±۵/۱۰ a
	PP	۰۰/۰±۰/۰۳ j	۰۴/۰±۰/۵۲ i	۱۰/۰±۱/۴۱ g	۰۷/۰±۱/۸۷ f	۱۰/۰±۳/۷ d	۱۰/۰±۴/۶ b
	PPEM	۰۰/۰±۰/۰۱ j	۰۲/۰±۰/۴۲ i	۱۰/۰±۱/۲۲ g	۰۸/۰±۱/۳۸ g	۱۰/۰±۳/۵ d	۱۰/۰±۴/۲۰ c
AnV	PO	۰/۰۶±۰/۹۶ i	۰/۰۷±۱/۶۷ fg	۰۷/۰±۲/۰۷ cd	۰/۰۵±۲/۱۵ bcd	۱۰/۰±۲/۳۰ bc	۱۰/۰±۳/۲۰ a
	PP	۰۵/۰±۰/۸۰ i	۰۶/۰±۱/۴۲ gh	۰۴/۰±۱/۷۸ ef	۰۴/۰±۲/۰۴ cde	۰/۰۷±۲/۱۴ bcd	۰/۰۴±۲/۳۹ b
	PPEM	۰۶/۰±۰/۷۶ i	۰/۱۰±۱/۳۱ h	۰/۱۰±۱/۷۲ f	۰۷/۰±۱/۹۵ def	۰/۰۵±۲/۱۱ bcd	۰۴/۰±۲/۳۱ bc
Totox	PO	۰۴/۰±۱/۰۶ k	۰۵/۰±۳/۱۹ h	۰/۰۵±۵/۸۱ f	۰۵/۰±۷/۶۵ e	۰/۵۰±۱۰/۵۰ c	۴۰/۰±۱۳/۴۰ a
	PP	۰۳/۰±۰/۸۶ k	۰۴/۰±۲/۴۶ hi	۰/۰۶±۴/۶ g	۰۸/۰±۵/۷۸ f	۵۰/۰±۹/۵۴ d	۵۰/۰±۱۱/۵۹ b
	PPEM	۰۲/۰±۰/۷۸ k	۰۵/۰±۲/۱۵ ij	۰/۰۶±۴/۱۶ g	۰۷/۰±۴/۷۱ g	۴۰/۰±۹/۱۱ d	۶۰/۰±۱۰/۷۱ bc

مقادیر در ستون یا ردیف (برای هر صفت اندازه گیری شده) با حروف مختلف در سطح ۵ درصد آماری با هم اختلاف معنی‌دار دارند FFA: درصد اسید چرب آزاد بر حسب اولئیک اسید، PV: عدد پراکسید (میلی اکی والان بر کیلو گرم) ، AnV: عدد آنیزیدین، PO: روغن پسته، PP: روغن پسته دارای روغن کاروتینو، PPEM: روغن پسته دارای روغن کاروتینو و امولسیفایر منو دی گلیسیرید

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-12]

جدول ۲. ارزیابی حسی انواع روغن پسته با استفاده از مقیاس رتبه بندی شدت در طول نگهداری در ۶۰ درجه سانتی‌گراد*

صفت	نوع روغن	زمان نگهداری (روز)					
		۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
آرومای روغن تازه	PO	۳/۰±۱۴/۴ ab	۳/۰±۱۴/۰ abcd	۲/۰±۱۳/۶ bcd	۱/۰±۱۳/۱ de	۳/۰±۱۱/۷ gh	۲/۰±۹/۹ j
	PP	۳/۰±۱۴/۶ a	۲/۰±۱۴/۱ abc	۳/۰±۱۳/۸ abcd	۲/۰±۱۳/۴ cde	۳/۰±۱۲/۲ fg	۲/۰±۱۰/۵ ij
	PPEM	۳/۰±۱۴/۶ a	۲/۰±۱۴/۳ abc	۴/۰±۱۴/۰ abcd	۴/۰±۱۳/۹ abcd	۳/۰±۱۲/۷ ef	۲/۰±۱۰/۹ hi

*مقادیر در ستون یا ردیف (برای هر صفت اندازه گیری شده) با حروف مختلف در سطح ۵ درصد آماری با هم اختلاف معنی‌دار دارند

**PO: روغن پسته، PP: روغن پسته دارای روغن پالم کاروتینو، PPEM: روغن پسته دارای روغن کاروتینو و امولسیفایر منو دی گلیسیرید

* یک خط ۱۵ سانتی متری برای ارزیابی شدت تازگی (آروما) روغن‌ها به کار رفت.

تغییرات E, E-2,4 Decadienal در روغن پسته: ۲و ۴ دی در روز صفر تشخیص داده نشد اما بعد از ۲۵ روز نگهداری در نمونه‌ها یافت شد و مقدار آن در روغن پسته خالص بیش از سایر روغن‌ها بود (شکل ۲ و جدول ۳). این مقدار در روغن‌های دارای کاروتینو و دارای کاروتینو و امولسیفایر با هم اختلاف معنی‌دار نداشت.

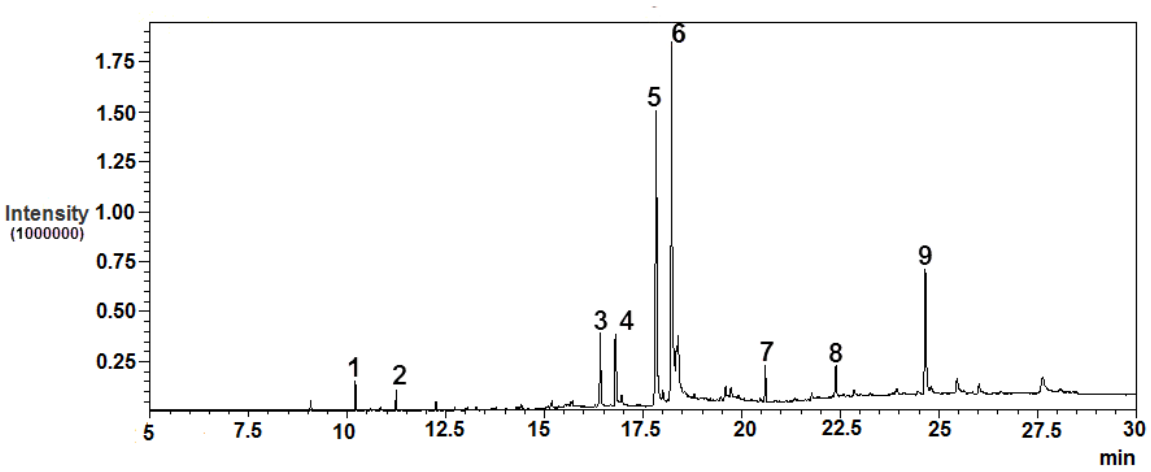
رنگ روغن پسته: در طول نگهداری عدد L و b روغن‌های پسته کاهش یافت، اما عدد a افزایش یافت (جدول ۴). اختلاف معنی‌دار در عدد a (که یک شاخص مهم مشخص کننده رنگ سبز در محصولات پسته ای است)، در روز صفر (شاهد) در مقایسه با سایر روزهای نگهداری مشاهده گردید. عدد a بالاتر در تمام نمونه‌های پسته در روز ۲۵ نگهداری نشان دهنده کاهش مقدار رنگ سبز در این نمونه‌ها در طول نگهداری است.

جدول ۳. تغییرات میزان E, E-2,4 Decadienal (درصد سطح منحنی) در طول نگهداری روغن پسته با استفاده از GC-MS

نوع روغن پسته	زمان نگهداری (روز)	
	۰	۲۵
PO	غیر قابل تشخیص	۲۳/۰ a
PP	غیر قابل تشخیص	۱۸/۰ b
PPEM	غیر قابل تشخیص	۱۷/۰ b

*مقادیر در ستون یا ردیف (برای هر صفت اندازه گیری شده) با حروف مختلف در سطح ۵ درصد آماری با هم اختلاف معنی‌دار دارند،

* PO: روغن پسته، PP: روغن پسته دارای روغن کاروتینو، PPEM: روغن پسته دارای روغن کاروتینو و امولسیفایر منو دی گلیسیرید



شکل ۲. کروماتوگرام حضور ۲و ۴ دکا دی انال در روغن‌های پسته با استفاده از GC-MS

۱: Oxirane ، ۲: 2,4 Decadienal ، ۳: Vinyl palmitate ، ۴: Octadecanedioic acid، ۵: Oleic acid chloride، ۶: Cyclohexanone ، ۷: Squalene، ۸: Tocopherol، ۹: Sitosterol

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-12]

جدول ۴. پارامترهای رنگ روغن پسته در طول نگهداری در ۶۰ درجه سانتی‌گراد

پارامترهای رنگ	نوع روغن پسته	زمان نگهداری (روز)					
		۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
L	P	۷/۰±۷۴/۲ a	۷/۰±۷۱/۸ b	۶/۰±۷۰/۷ c	۵/۰±۶۸/۳ d	۵/۰±۶۷/۲ e	۵/۰±۶۷/۰ e
	PP	۶/۰±۶۷/۲ e	۵/۰±۶۶/۰ f	۴/۰±۶۵/۶ g	۵/۰±۶۴/۵ h	۵/۰±۶۳/۸ i	۴/۰±۶۳/۲ j
	PPEM	۵/۰±۶۶/۹ e	۵/۰±۶۶/۰ f	۴/۰±۶۵/۶ g	۵/۰±۶۴/۸ h	۴/۰±۵۹/۹ k	۴/۰±۵۹/۴ l
a	P	۲/۰±-۴/۹ o	۲/۰±۵/۱ n	۲/۰±۶/۸ m	۲/۰±۷/۵ l	۳/۰±۸/۳ j	۳/۰±۸/۹ k
	PP	۴/۰±۲۲/۷ h	۴۰/۰±۲۴/۸ e	۳/۰±۲۶/۳ d	۵/۰±۲۷/۴ c	۴/۰±۲۸/۴ b	۴/۰±۲۹/۴ a
	PPEM	۴/۰±۲۰/۸ i	۴/۰±۲۴/۷ e	۳/۰±۲۴/۸ e	۴/۰±۲۵/۰ e	۴/۰±۲۶/۶ d	۵/۰±۲۷/۹ c
b	P	۶/۰±۴۸/۵ a	۵/۰±۴۷/۲ ab	۵/۰±۴۶/۵ bc	۰/۵±۴۶/۲ bc	۵/۰±۴۵/۸ bcd	۴/۰±۴۵/۴ cde
	PP	۶/۰±۴۳/۸ f	۵/۰±۴۳/۴ def	۴/۰±۴۳/۵ fg	۴/۰±۴۲/۸ fgh	۴/۰±۴۱/۹ gh	۴/۰±۴۱/۴ h
	PPEM	۵/۰±۴۴/۳ def	۵/۰±۴۳/۸ f	۴/۰±۴۳/۷ f	۴/۰±۴۳/۲ ef	۴/۰±۴۱/۹ gh	۴/۰±۳۹/۴ i

*مقادیر در ستون یا ردیف (برای هر صفت اندازه گیری شده) با حروف مختلف در سطح ۵ درصد آماری با هم اختلاف معنی‌دار دارند

PO: روغن پسته، PP: روغن پسته دارای روغن کاروتینو، PPEM: روغن پسته دارای روغن کاروتینو و امولسیفایر منو دی گلیسیرید

• بحث

بررسی پایداری تیمارهای مختلف روغن پسته بر اساس ترکیب اسیدهای چرب: یکی از فاکتورهایی که روی میزان پایداری روغن‌ها اثر می‌گذارد ترکیب اسیدهای چرب است. در این زمینه اسید چرب اولئیک اسید یکی از اسیدهای چرب مهم به شمار می‌آید. گزارش شده است که روغن‌های دارای مقدار بالای اسید چرب اولئیک اسید پایدارتر از روغن‌های دارای سایر اسیدهای چرب هستند. حضور پالمیتیک و استئاریک اسید نیز به عنوان اسیدهای چرب با زنجیره طولانی پایداری اکسیداسیونی محصولات را افزایش می‌دهد. بنابراین، نوع اسید چرب و نسبت مناسب اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع بر پایداری محصول اثرگذار است. بر اساس نتایج زمان القا روغن کاروتینو همیشه بالاتر از روغن زیتون خالص و مخلوط روغن کاروتینو و روغن زیتون خالص بوده است (۲۷). همچنین گرچه روغن کاروتینو تصفیه شده است اما غنی از توکوفرول و بتاکاروتن است که به عنوان آنتی اکسیدان شناخته می‌شوند و پایداری روغن را افزایش می‌دهند (۱۸، ۲۸). بنابراین، بر اساس نتایج، مقدار بالای اولئیک اسید در روغن پسته و مقدار بالای پالمیتیک اسید در روغن کاروتینو و خاصیت تثبیت کنندگی امولسیفایر باعث شده است که روغن ترکیبی پسته، کاروتینو و امولسیفایر دارای پایداری بالایی باشد.

میزان اسید چرب آزاد: Molteberg (۲۹) گزارش داد که حداکثر حد مجاز اسید چرب آزاد (بر حسب درصد اولئیک اسید) برای مصارف انسانی ۵ درصد می‌باشد. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که گرچه اسید چرب آزاد روغن پسته دارای امولسیفایر و روغن پالم در روز ۲۵ نگهداری به طور معنی‌داری کمتر از روغن پسته خالص و ترکیب روغن پسته-روغن پالم (بدون امولسیفایر) بود، اما میزان اسید چرب آزاد همه محصولات مورد مطالعه قابل قبول در نظر گرفته شد چون در پایان روز ۲۵ کمتر از ۱ درصد بود. مقادیر بیشتر اسید چرب آزاد در برخی نمونه‌ها ممکن است به خاطر حضور متالو پروتئین‌ها و نمک‌های مس و آهن باشد که در طول هیدرولیز تری گلیسیریدها به گلیسرول و اسید چرب آزاد به عنوان کاتالیست عمل می‌کنند. به علاوه حضور رطوبت در محصولات شانس رشد میکروبی و در نتیجه اکسید شدن هیدرولیتیک و تولید اسید چرب آزاد را بالا خواهد برد. این اسیدهای چرب آزاد نسبت به سایر اسیدهای چرب با زنجیره بلندتر ترکیبات با عطر و بوی نا مناسب بیشتری تولید می‌کنند (۳۰). امولسیفایرها نقش مهمی را در حفظ رطوبت محصولات ایفا می‌کنند که در نتیجه این عمل، میزان اسید چرب آزاد در روغن کاهش می‌یابد (۳۱).

عدد پراکسید: روغن پسته دارای کاروتینو و امولسیفایر عدد پراکسید کمتری را بعد از ۲۵ روز نگهداری در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد نشان داد. دلیل این امر این است که روغن کاروتینو و امولسیفایر اضافه شده به روغن پسته در پایداری آن نقش مؤثری ایفا کرده اند. امولسیفایر با ایجاد جلوگیری از جدا شدن روغن در محصولات حاوی روغن پسته می‌تواند بر پایداری آن مؤثر واقع شود. به علاوه نوع و ترکیب اسیدهای

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-12]

چرب و آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی حاضر در روغن کاروتینو می‌تواند اکسید شدن را به تأخیر بیندازد. بر اساس استاندارد حداکثر مجاز عدد پراکسید برای روغن پسته ۵ میلی اکی والان بر کیلوگرم می‌باشد (۳۲). بنابراین پس از ۲۵ روز نگهداری عدد پراکسید روغن پسته خالص در حد مجاز قرار نمی گیرد ولی روغن پسته دارای کاروتینو و امولسیفایر در حد مجاز قرار می‌گیرند. بر اساس این نتایج عمر ماندگاری روغن پسته خالص در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد ۲۰ روز و سایر روغن‌ها ۲۵ روز می‌باشد.

عدد آنیزیدین: عدد آنیزیدین تخمینی از میزان آلدئیدها بخصوص ۲- آلکان که یک ترکیب ثانویه ناشی از تخریب اکسیداسیونی روغن است را نشان می‌دهد (۳۰) عدد آنیزیدین با افزایش زمان نگهداری در تمام نمونه‌های روغن پسته افزایش یافت اما بعد از ۲۵ روز نگهداری در شرایط اکسید شدن تسریع شده هیچ یک از نمونه‌ها به حد ۱۰ که حداکثر مقدار مجاز می‌باشد، نرسید (۳۰). حضور امولسیفایر و اسیدهای چرب اشباع روغن کاروتینو در ترکیب با روغن پسته می‌تواند روغن محصولات حاوی روغن پسته را تثبیت نموده و در نتیجه روی عدد آنیزیدین محصول اثر بگذارد (۱۹).

عدد توتوکس: از آنجا که عدد توتوکس در برگیرنده هر دو عدد اسیدی و عدد پراکسید است، شاخص مناسب تری برای سنجش کیفیت روغن محسوب می‌گردد. مقدار آن باید کمتر از ۱۰ باشد (۳۰) . در همه نمونه‌های روغن پسته، عدد توتوکس در پایان ۲۵ روز نگهداری در ۶۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر از ۱۰ بود. به عبارتی روغن‌های پسته دارای کاروتینو و امولسیفایر تا ۲۰ روز و روغن پسته خالص تا ۱۵ روز قابل نگهداری بودند. بر اساس Kilcast و همکاران (۳۳)، عمر ماندگاری محصولات غذایی در ۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌تواند با ضرب کردن حداکثر پایداری اکسیداسیون (روز) در فاکتور ۱۶ به دست آید. بر اساس نتایج در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد حداکثر پایداری اکسیداسیونی روغن پسته بر پایه عدد توتوکس برای روغن پسته خالص ۱۵ روز و برای سایر روغن‌ها ۲۰ روز بود که به ترتیب معادل ۲۴۰ و ۳۲۰ روز در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

ارزیابی حسی روغن پسته بر اساس مقیاس شدت: محصولات پسته معمولاً به عنوان محصولات روغنی طبقه بندی می‌شوند و بنابراین صفات تازگی تا حد زیادی به عطر و بوی تندی روغن که نامطلوب می‌باشد مربوط می‌گردد. عدد شدت بیشتر برای آروما یعنی که نمونه تازه تر (تند نشده) است. در روز صفر شدت آروما برای همه روغن‌های پسته در محدوده ۱۴/۴ تا ۱۴/۶ قرار داشت که نشان دهنده تازه بودن روغن‌های پسته است. در پایان روز ۲۵ نگهداری، امتیاز روغن‌های پسته بین ۹/۹ تا ۱۰/۹ بود که کاهش محسوسی را نشان می‌دهد. کمترین امتیاز بو در روز ۲۵ نگهداری در روغن پسته خالص مشاهده شد. بر اساس نتایج عدد توتوکس (جدول ۱) همه نمونه‌ها در روز ۲۵ نگهداری غیر قابل پذیرش بودند چون عدد توتوکس آنها از عدد ۱۰ بیشتر شده بود. در روز ۲۰ نگهداری بجز روغن پسته خالص، بقیه روغن‌ها قابل پذیرش بودند.

تغییرات E, E-2,4 Decadienal در روغن پسته: بر اساس نتایج ترکیب E, E-2,4 Decadienal در طول زمان نگهداری در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد در انواع روغن پسته ایجاد شده است و این مقدار در روغن پسته خالص بیشتر از روغن‌های پسته دارای کاروتینو و امولسیفایر بوده است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که روغن‌های پسته در روز ۲۵ نگهداری در ۶۰ درجه سانتی‌گراد اکسید شده اند.

این ترکیب می‌تواند به عنوان یکی از شاخص‌های توسعه اکسیداسیون چربی‌ها در محصولات غذایی حاوی مقدار روغن بالا به کار رود (۳۰). ۲ و ۴ دی انال (که به آلدئیدها تعلق دارد) ترکیبی است که با بوی شیرین، میوه ای، روغن یا چربی مرتبط است. Warner & Frankel (۲۶) گزارش کردند که افزودن ۱ تا ۲۰ پی پی ام بتا کاروتن به طور مشخص تشکیل ۲و۴ دکادی انال را در روغن سویا کاهش می‌دهد. لازم به ذکر است که بتا کاروتن در روغن کاروتینو وجود دارد. Gomez-Alonso و همکاران (۲۵) گزارش کردند که ۲و۴ دکا دی انال می‌تواند برای تشخیص تندی در ارزیابی حسی روغن زیتون خالص به کار رود.

رنگ روغن پسته: بر اساس نتایج، رنگ انواع مختلف روغن‌ها در طول زمان نگهداری تا حدی تخریب شده است و میزان روشنایی، زردی و رنگ سبز آنها کاهش یافته است. کمترین عدد a (رنگ سبز بیشتر) در نمونه روغن پسته خالص و در روز صفر (شاهد) در مقایسه با سایر روزهای نگهداری مشاهده گردید. این نتیجه نشان از وجود کلروفیل بیشتر در روغن خام پسته دارد که طبیعی به نظر می‌رسد زیرا کاروتینو که در ترکیب سایر روغن‌ها به کار رفته است سرشار از کاروتینوئید است که روغن قرمز روشن دارد و باعث می‌گردد از شدت رنگ سبز بکاهد. عدد a بالاتر (رنگ سبز کمتر) و عدد L کمتر (تیره تر شدن روغن) و عدد b کمتر (رنگ زرد کمتر) در تمام نمونه‌های پسته در روز ۲۵ نگهداری در ۶۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده گردید که نشان از تخریب رنگدانه‌ها دارد.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-12]

نتیجه گیری

افزودن روغن کاروتینو و امولسیفایر منو دی گلیسیرید چه به صورت جداگانه و چه به صورت ترکیبی، بر پایداری روغن پسته مؤثر واقع شده است و بر اساس عدد توتوکس پایداری اکسیداسیونی آن را از ۱۵ روز به ۲۰ روز افزایش داده است.

سپاسگزاری

از پژوهشکده پسته که امکان اجرای این تحقیق را فراهم آورده است، تشکر و قدردانی نماییم.

References

1. Decker EA, Elias RJ, McClements DJ. Oxidation in Foods and Beverages and Antioxidant Applications. Cambridge: Woodhead Publishing; 2010.
2. Kaijser A, Dutta P, Savage G. Oxidative stability and lipid composition of macadamia nuts grown in New Zealand. Food Chem. 2000;71(1):67-70.
3. Alasalvar C, Shahidi F, Ohshima T, Wanasundara U, Yurttas HC, Liyanapathirana CM, et al. Turkish Tombul hazelnut *(Corylus avellana* L.*)*. 2. Lipid characteristics and oxidative stability. J Agric Food Chem. 2003;51(13):3797-805.
4. Miraliakbari H, Shahidi F. Oxidative stability of tree nut oils. J Agric Food Chem. 2008;56(12):4751-9.
5. Reed KA, Sims CA, Gorbet DW, O'Keefe SF. Storage water activity affects flavor fade in high and normal oleic peanuts. Food Res Int. 2002;35(8):769-74.
6. Aslan M, Orhan I, Sener B. Comparison of the seed oils of *Pistacia vera* L. of different origins with respect to fatty acids. Int J Food Sci Tech. 2002;37(3):333-5.
7. Dreher ML. Pistachio nuts: composition and potential health benefits. Nutr Rev. 2012;70(4):234-40.
8. Gentile C, Tesoriere L, Butera D, Fazzari M, Monastero M, Allegra M, et al. Antioxidant activity of sicilian pistachio› *Pistacia vera* L.) nut extract and its bioactive components. J Agric Food Chem. 2007;55(3):643-8.
9. Kocyigit A, Koylu AA, Keles H. Effects of pistachio nuts consumption on plasma lipid profile and oxidative status in healthy volunteers. Nutr Metab Cardiovas. 2006;16(3):202-9.
10. Kornsteiner M, Wagner KH, Elmadfa I. Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. Food Chem. 2006;98(2):381-7.
11. Miraliakbari H, Shahidi F. Lipid class compositions, tocopherols and sterols of tree nut oils extracted with different solvents. J Food Lipids. 2008;15(1):81-96.
12. Ryan E, Galvin K, O'Connor TP, Maguire AR, O'Brien NM. Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of brazil, pecan, pine, pistachio and cashew nuts. Int J Food Sci Nutr. 2006;57(3-4):219-28.
13. Chahed T, Bellila A, Dhifi W, Hamrouni I, M'Hamdi B, Kchouk ME, et al. Pistachio *(Pistacia vera)* seed oil composition: geographic situation and variety effects. Grasas Aceites. 2008;59(1):51-6.
14. Maskan M, Karatas S. Fatty acid oxidation of pistachio nuts stored under various atmospheric conditions and different temperatures. J Sci Food Agr. 1998;77(3):334-40.
15. Sedaghat N. Evaluation of Pistachio nuts stability at various conditions based on Metrohm Rancimat. Middle East J Sci Res. 2010;6(3):271-5.
16. Tavakolipour H, Armin M, Kalbasi-Ashtari A. Storage stability of Kerman pistachio nuts *(Pistacia vera* L.*)*. Int J Food Eng. 2010;6(6):1-11.
17. Maskan M. Storage stability of whole-split pistachio nuts *(Pistachia vera* L.*)* at various conditions. Food Chem. 1999;66(2):227-33.
18. Nagendran B, Unnithan UR, Choo YM, Sundram K. Characteristics of red palm oil, a carotene-and vitamin E–rich refined oil for food uses. Food Nutr Bull. 2000;21(2):189-94.
19. Osborn HT, Akoh CC. Effect of emulsifier type, droplet size, and oil concentration on lipid oxidation in structured lipid-based oil-in-water emulsions. Food Chem. 2004;84(3):451-6.
20. AOCS. Official Methods and Recommended Practices of the American oil Chemists' Society. 4 ed. Champaign, IL: AOCS Press; 2004.
21. Assadi T, Bargahi A, Mohebbi GH, Barmak A, Nabipour I, Borazjani SM, et al .Determination of oil and fatty acids concentration in seeds of coastal halophytic Sueada aegyptica plant. Ṭibb-i junūb. 2013;16(1):9-16.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-12]

22. Wrolstad RE, Acree TE, Decker EA, Penner MH, Reid DS, Schwartz SJ, et al. Current Protocols in Food Analytical Chemistry. New York: Wiley; 2001.

23. Shahidi F, Wanasundara UN. Methods for evaluation of the oxidative stability of lipid-containing foods. Food Sci Tech Int, 1996;2(2):73-81.

24. Meilgaard M, Civille GV, Carr BT. Sensory Evaluation Techniques. Boca Raton: CRC Press; 1999.

25. Gomez-Alonso S, Mancebo-Campos V, Desamparados Salvador M, Fregapane G. Oxidation kinetics in olive oil triacylglycerols under accelerated shelf-life testing (25-75°C). Eur J Lipid Sci Tech. 2004;106(6):369-75.

26. Warner K, Frankel EN. Effects of beta-carotene on light stability of soybean oil. JAOCS. 1987;64(2):213-8.

27. De Leonardis A, Macciola V. Heat-oxidation stability of palm oil blended with extra virgin olive oil. Food Chem. 2012;135(3):1769-76.

28. Kritchevsky D. Impact of red palm oil on human nutrition and health. Food Nutr Bull. 2000;21(2):182-8.

29. Molteberg EL, Magnus EM, Bjorge JM, Nilsson A. Sensory and chemical studies of lipid oxidation in raw and heat-treated oat flours. Cereal Chem. 1996;73(5):579-87.

30. Allen JC, Hamilton RJ. Rancidity in foods. New York: Blackie Academic and Professional Publ. Co.; 1994.

31. Hasenhuettl GL, Hartel RW. Food Emulsifiers and their Applications. New York: Springer Verlag; 2008.

32. ISIRI. Pistachio butter specification and test methods. Karaj: Institute of Standards and Industrial Research of Iran; 2000.

33. Kilcast D, Subramaniam P. The stability and shelf-life of food. Boca Raton: CRC; 2000.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-12]

Study on the Pistachio Oil Oxidative Stability Increase Using Monoglyceride Emulsifier and Carotino Oil at 60°C

Shakerardekani A[1], Abootalebi M.*[2]

*1-*Corresponding author: Pistachio Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rafsanjan, Iran. Email: shaker@pri.ir*

2- Master of Science in Food Science & Technology, Department of Agriculture Kar Higher Education Institute, Rafsanjan, Iran.

Received 3 Sept, 2018 **Accepted 25 Dec, 2018**

Background and Objectives: Stability of the products made from pistachios depends on stability of the oil. Oxidized oil includes unpleasant taste and thus its quality and shelf-life decreases. The aim of this study was to assess pistachio oil oxidation stability alone and in combination with Carotino oil and monoglyceride emulsifier using method of accelerated temperature (60 °C).

Materials & Methods: Qualitative factors (including free fatty acids, peroxide value, anisidine value, TOTOX value, 2,4-decadienal, color and sensory analysis) of the stored samples were evaluated on Days 0, 5, 10, 15, 20 and 25.

Results: In all treatments, including pure pistachio oil, pistachio oil with Carotino and pistachio oil with Carotino and monoglyceride emulsifier, free fatty acids, peroxide value, anisidine value, Totox value, 2,4-decadienal and a-value increased during storage with the highest increase seen on Day 25. In contrast, L* and b* values and fresh odor decreased during storage with the lowest value observed on Day 25 of storage. On Day 25 of storage, free fatty acids, peroxide value, anisidine value, TOTOX value and 2,4-decadienal were higher in pure pistachio oil than pistachio oil containing Carotino alone and pistachio oil containing Carotino and emulsifier. The 2,4-decadienal was not detected in samples on Day 0 but on Day 25 with a higher quantity in pure pistachio oil than other oils. This was not significantly different between pistachio oil containing Carotino and pistachio oil containing Carotino and emulsifier.

Conclusion: Addition of Carotino and emulsifier either alone or in combination to pistachio oil affected the oil stability. Based on the TOTOX value, this addition increased the oil oxidative stability from 15 to 20 days at 60 °C. High quantities of oleic acid and palmitic acid in Carotino and stabilizing effects of emulsifier resulted in a higher stability for a combination of pistachio oil, Carotino and emulsifier, compared to other oils.

Keywords: Pistachio, Oil, Oxidative stability, Fatty acid, Emulsifier

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-12]