مقاله پژوهشی
مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان
دوره ۱۵، مرداد ۱۳۹۵، ۴۱۲-۳۹۹

ارزیابی مقاومت به اکسایش و پیش‌بینی انبارمانی روغن پسته با استفاده از رنسیمت

علی دینی[۱]، هدی فرخی[۲]، ناصر صداقت[۳]، مژده باقری[۴]، نگین محمدخانی[۴]

دریافت مقاله: ۹۴/۱۰/۲۰ ارسال مقاله به نویسنده جهت اصلاح: ۹۴/۱۱/۱۹ دریافت اصلاحیه از نویسنده: ۹۵/۲/۱۹ پذیرش مقاله: ۹۵/۳/۲۴

چکیده

زمینه و هدف: رنسیمت تکنیکی برای تعیین سریع مقاومت به اکسیداسیون در چربی‌ها و روغن‌ها است که نتایج خوبی در خصوص پیش‌بینی انبارمانی و پایداری حرارتی روغن‌ها در اختیارمان قرار می‌دهد. در این پژوهش با استفاده از روش رنسیمت، مقاومت روغن پسته ۵ واریته اهلی و وحشی به اکسایش و تأثیر خصوصیات شیمیایی بر پایداری حرارتی تعیین گردید.

مواد و روش‌ها: مطالعه حاضر نوعی مطالعه آزمایشگاهی است. روغن پنج گونه پسته شامل بنه، احمدآقایی، کله‌قوچی، اکبری و فندقی با حلال استخراج شد و با استفاده از روش کروماتوگرافی گازی ترکیب اسیدهای چرب و با استفاده از روش‌های شیمیایی میزان آنتی‌اکسیدان‌ها و کیفیت روغن تعیین شد. همچنین مقاومت به اکسایش با دستگاه رنسیمت تعیین گردید. میانگین‌ها با نرم‌افزار MStatC 2,10 و بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ مقایسه گردیدند.

یافته‌ها: اسید اولئیک و اسید پالمتیک به ترتیب از بیشترین ترکیبات اسید چرب کل و اسید چرب اشباع در پسته بود. بیشترین مقدار اسید اولئیک در واریته احمدآقایی و بیشترین و کمترین اسیدهای چرب با یک باند دوگانه و چند باند دوگانه در روغن پوست بنه (۶۵-۷/۹٪) و کمترین و بیشترین اسیدهای چرب با یک باند دوگانه و چند باند دوگانه در روغن مغز بنه (۵۳، ۳۲/۸٪) مشاهده شد. بیشترین اندیس مقاومت به اکسیداسیون به ترتیب در روغن پوست بنه، روغن مغز بنه و روغن واریته احمدآقایی مشاهده شد. انرژی فعال‌سازی واکنش اکسیداسیون در محدوده ۹۲-۹۸/۲ kJ/mol محاسبه شد. نتایج تحقیق نشان داد که زمان انبارمانی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در روغن پوست بنه، روغن مغز بنه و واریته احمدآقایی به ترتیب ۷۸۶، ۳۸۶ و ۲۸۰ روز است. در انواع اهلی (تجاری) پسته، انبارمانی واریته احمد آقایی بیش از ۱/۵ برابر واریته‌های دیگر ارزیابی گردید.

نتیجه‌گیری: ترکیب اسید چرب و مقدار بالای آنتی‌اکسیدان‌ها مهم‌ترین فاکتورهای مقاومت بالای روغن پوست و مغز گونه وحشی پسته و دلیل ماندگاری بیشتر آن نسبت به واریته‌های تجاری است. در بین گونه‌های تجاری پسته، واریته احمدآقایی گونه مناسبی جهت روغن‌کشی و فرایندهای حرارت بالا مانند برشته کردن می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: روغن پسته، رنسیمت، انبارمانی، اندیس مقاومت به اکسیژن، اسیدهای چرب

۱- دانشجوی دکتری تخصصی علوم و تکنولوژی مواد غذایی، مرکز تحقیقات سلامت پسته، دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، رفسنجان، ایران
۲- (نویسنده مسئول) کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، معاونت غذا و دارو کرمان، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران
تلفن: ۰۳۴-۳۲۱۲۳۰۲۴، دورنگار: ۰۳۴-۳۲۱۱۳۰۳۴، پست الکترونیک: hd.farrokhi@gmail.com
۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۴- کارشناس آزمایشگاه کنترل غذا و دارو، معاونت غذا و دارو، دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، رفسنجان، ایران

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1395.15.5.3.6]

مقدمه

پسته یکی از مقبول‌ترین مغزهای خوراکی و از منابع خوب روغن در جهان محسوب می‌گردد. روغن پسته به‌واسطه دارا بودن نسبت بالایی از اسیدهای چرب غیراشباع (۷۰-۵۰٪) و ضروری، دارای خصوصیات تغذیه‌ای مهم بوده به‌طوری‌که اولئیک، لینولئیک و لینولنیک اسید موجود در آن باعث تأثیرات مثبت بر قلب و عروق و کاهش کلسترول خون می‌گردد [۱].

اکسیداسیون در روغن‌ها به‌واسطه تجزیه اسیدهای چرب با چند باند دوگانه و تولید رادیکال‌های آزاد شروع شده و منجر به کاهش آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی، ارزش غذایی و خصوصیات حسی روغن می‌شود [۲]. مقاومت به اکسیداسیون یکی از پارامترهای مهم در ارزیابی کیفی روغن‌ها و چربی‌ها است که تحت تأثیر ترکیب اسیدهای چرب روغن و ترکیبات جزئی که مهم‌ترین آنها آنتی‌اکسیدان‌ها طبیعی از قبیل پلی‌فنل‌ها و ویتامین‌های گروه E است، قرار می‌گیرد [۳].

روش‌های اندازه‌گیری ماندگاری به‌طورکلی به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند: روش بلندمدت و روش کوتاه‌مدت یا تسریع‌شده (Accelerated Shelf Life Testing). در روش اخیر قادریم در زمان کوتاه‌تری، نسبت به روش اول، مدت‌زمان ماندگاری محصول را تعیین کنیم. در این روش ماده غذایی تحت تأثیر عامل تشدیدکننده فساد قرار می‌گیرد و اثرات آن بر روی ماده غذایی بررسی می‌شود. با به دست آوردن زمان ماندگاری در دمای بالا، زمان ماندگاری در دمای پایین از طریق برون‌یابی اطلاعات به‌دست‌آمده از شرایط تهییج، پیش‌بینی می‌شود. بر اساس تحقیقات Labuza و همکاران، حرارت یکی از عوامل مؤثر تشدیدکننده فساد است. بنابراین در روش تسریع‌شده، در عمل، ماده غذایی تحت تأثیر درجه حرارت بالا قرار می‌گیرد و نتایج از طریق معادله آرنیوسی و فاکتور تهییج دما (Q_{10}) به شرایط معمولی تعمیم داده می‌شود [۵-۴].

مطالعات پیشین در خصوص ترکیبات شیمیایی و مقاومت به اکسیداسیون روغن پسته حاکی از مقاومت بالای روغن مغز گونه‌های وحشی (*P. atlantica Desf*) [۶] و همچنین روغن پوست گونه‌های وحشی به اکسیداسیون دارد [۷].

تاکنون مطالعات جامعی در خصوص ترکیبات شیمیایی و مقاومت به اکسایش گونه‌های اهلی مهم پسته ایران (*P. vera Linnaeus*) و مقایسه آنها با گونه‌های وحشی انجام نشده است. لذا در این پژوهش سعی کرده‌ایم تا با جداسازی روغن مغز چهار گونه اهلی مهم پسته ایران (*P. vera Linnaeus*) شامل فندقی، احمد آقایی، کله قوچی و اکبری و همچنین، روغن پوست و مغز یک گونه وحشی پسته (بنه) که به میزان زیادی در استان کرمان به‌صورت خودرو وجود دارد، به بررسی ترکیب اسیدهای چرب و خصوصیات شیمیایی واریته‌های مختلف پسته استان کرمان بپردازیم و مقاومت به اکسایش روغن واریته‌های مختلف پسته و دلایل آن مورد ارزیابی قرار دهیم و با استفاده از روش سریع، زمان انبارمانی آنها را در شرایط محیطی تخمین بزنیم.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1395.15.5.3.6]

مواد و روش‌ها

مواد اولیه: پسته وحشی بنه از منطقه راویز و میمند شهرستان رفسنجان، واریته احمدآقایی از منطقه نوق و از شرکت امین پدیدار رفسنجان، و واریته‌های فندقی، کله قوچی و اکبری از شهرستان کرمان تهیه شدند. کلیه واریته‌ها به‌صورت آفتابی خشک شده و مربوط به سال زراعی ۱۳۹۳ بودند. نمونه‌ها تا زمان آزمایش در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. کلیه مواد شیمیایی و استانداردها و حلال‌های مورداستفاده از دو شرکت مرک و سیگما تهیه گردید.

استخراج روغن: استخراج با استفاده از تغییراتی در روش Abdolshahi و همکاران انجام شد [۸].

ابتدا بنه پوست‌گیری شده به دو بخش پوست سبز و پوست سخت استخوانی جدا گردید. برای جداسازی کامل روغن احتمالی باقی‌مانده در پوست سخت استخوانی، دو مرتبه به مدت ۲۰ دقیقه مغز بنه پوشیده شده با پوست استخوانی با ان هگزان شستشو شده و سپس خشک گردید. مغز به همراه پوست سخت استخوانی آسیاب گردید.

مغز ۵ گونه پسته احمدآقایی، کله‌قوچی، اکبری، فندقی و بنه آسیاب شده و پوست سبز بنه با روش استخراج با حلال به نسبت حجمی ۴ به ۱ (حلال ۴ برابر وزن مغز) و در ۴ مرحله به پسته اضافه شد؛ به‌گونه‌ای که در مرحله اول ۲۴ ساعت و سپس ۸ ساعت، درمجموع ۴۸ ساعت با روش خیساندن در حلال روغن‌کشی انجام شده و حلال و روغن با استفاده از کاغذ صافی در هر مرحله جداسازی شدند.

حلال با استفاده از دستگاه تقطیر در خلأ (BUCHI R-114A29 B-480- Switzerland) به مدت ۶ تا ۸ ساعت در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد از روغن جداسازی شد.

۲-۳- کروماتوگرافی گازی: ترکیب اسید چرب نمونه‌های روغن به‌وسیله کروماتوگرافی گازی (Gas Chromatography, ACM6000, USA) تعیین و بر اساس درصد نسبی سطوح گزارش شد. استرهای متیل اسیدهای چرب با اختلاط روغن و هگزان (۰/۴گرم در ۷ میلی‌لیتر) با ۷ میلی‌لیتر هیدروکسید پتاسیم متانولی ۲ نرمال در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه تهیه شدند.

استرهای اسیدهای چرب با کروماتوگراف مدل ACM6000 ساخت کشور آمریکا با نرم‌افزار Autochrom2000، مجهز به ستون‌های مویینه BPX70 شیشه‌ای سیلیکا (۱۲۰ متر طول، ۰/۲۲ میلی‌متر قطر داخلی، ۰/۲ میکرومتر ضخامت لایه داخلی) و آشکارساز یونی شعله‌ای (Flame Ionization Detector) شناسایی گردیدند. گاز حامل هلیم با سرعت جریان ۱۷ میلی‌لیتر بر دقیقه بود. سرعت جریان هوا ۳۰۰ میلی‌لیتر بر دقیقه، سرعت هیدروژن ۳۰ میلی‌لیتر بر دقیقه و دماهای آون، بخش تزریق و آشکارساز به ترتیب ۱۹۸، ۲۵۰ و ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد بودند [۹].

آزمون رنسیمت: برای اندازه‌گیری شاخص اکسایش‌پذیری OSI (Oxigen Stability Index) و تعیین انرژی فعال‌سازی واکنش و فاکتور تهییج دما

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1395.15.5.3.6]

(Q_{10}, temperature acceleration factor)، روغن استخراج‌شده با حلال در پنج دمای ۱۱۰، ۱۲۰، ۱۳۰، ۱۴۰ و ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به میزان ۵ گرم و سرعت جریان هوای ۲۰ لیتر بر ساعت توسط رنسیمت Metrohm مدل ۷۴۳ مورد آزمون قرار گرفت [۹].

فاکتور تهییج دما نشان‌دهنده نسبت افزایش واکنش به ازای افزایش ۱۰ درجه سانتی‌گراد است که از رابطه ذیل محاسبه گردید.

$$Q_{10} = 10^{-10Tc}$$

در رابطه فوق ($Tc(^{\circ}C^{-1})$ به‌عنوان ضریب دمایی و از رسم نمودار log OSI به زمان به دست آمد. از رسم نمودار خطی log (OSI)=aT+b در دماهای ۱۱۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد رابطه خطی به دست می‌آید که شیب خط (a) به‌عنوان ضریب دما (Tc) محاسبه می‌گردد.

از برون‌یابی رابطه log(OSL)=aT+b زمان انبارمانی در دمای محیط (۲۵ $^{\circ}C$) محاسبه گردید.

انرژی فعال‌سازی واکنش (Ea, kJ/mol) از رابطه $logk = logA - \left(\frac{E_a}{2.303\,RT}\right)$ محاسبه گردید که در این رابطه K، ثابت نرخ واکنش، R ثابت جهانی گازها (۸,۳۱۴۳ J/mol $^{\circ}K$) و T، دما ($^{\circ}K$) است.

اندازه‌گیری ترکیبات توکفرولی کل: محتوی توکفرول کل به میلی‌گرم توکفرول در کیلوگرم روغن اطلاق می‌شود؛ که به روش اسپکتروفتومتری (Cary 100, Varian Australia) در طول موج ۵۲۰ نانومتر با استفاده از منحنی کالیبراسیون آلفاتوکفرول خالص در تولوئن در محدوده ۲۴۰-۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر محاسبه می‌گردد.

۲۰۰ میلی‌گرم از روغن در یک ظرف حجمی ۱۰ میلی‌لیتری با ۵ میلی‌لیتر تولوئن مخلوط شده و سپس ۳/۵ میلی‌لیتر محلول ۰/۰۷٪ وزنی حجمی ۲،۲ بای پیریدین در اتانول ۹۵٪ به آن اضافه شده و درنهایت ۰،۵ میلی‌لیتر محلول کلرید آهن III بدان اضافه شده و حجم آن با اتانول ۹۵٪ به ۱۰ میلی‌لیتر رسانده می‌شود و پس از ۱ دقیقه جذب در ۵۲۰ نانومتر قرائت می‌گردد. محلول‌های استاندارد نیز با شرایط فوق و فاقد نمونه روغن تهیه گردیدند [۱۰].

اندازه‌گیری ترکیبات پلی‌فنل: ترکیبات پلی‌فنلی توسط روش Capannesi و همکاران و بر اساس اسید گالیک تعیین شد [۱۱]. در این روش از معرف فولین سیوکالچو استفاده شد. ابتدا منحنی کالیبراسیون رسم گردید و جذب نمونه‌های روغن پس از آماده‌سازی در ۷۶۵ نانومتر قرائت شد.

اندازه‌گیری اندیس پراکسید: مقدار پراکسید با استفاده از روش اسپکتروفتومتری بیان‌شده توسط Shantha و همکارش تعیین گردید [۱۲]. میزان ۰/۳-۰/۰۱ گرم از نمونه بر اساس میزان احتمالی پراکسید با ۹/۸ میلی‌لیتر مخلوط متانول و کلرفرم (۷:۳ v/v) مخلوط شده و ۵۰ میکرولیتر از محلول اشباع ۳۰٪ تیوسیانات آمونیم و محلول آهن II به آن اضافه شده و پس از ۵ دقیقه ماندگاری در دمای اتاق تاریک در طول موج ۵۰۰ نانومتر قرائت شد.

منحنی استاندارد با استفاده از تیترازول محلول مادر کلرید آهن III در محلول کلرید هیدروژن ۳/۷٪ تهیه گردید و محلول‌های کاری با استفاده از محلول مادر

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1395.15.5.3.6]

(g/ml ۱۰۴۰) در رقت‌های ۲۵-۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر تهیه گردید و شیب منحنی مقدار ۴۰/۳۹ به دست آمد که مقدار پراکسید از رابطه ذیل محاسبه گردید.

$$\text{پراکسید (میلی اکی والان بر کیلوگرم روغن)} = \frac{\text{جذب نمونه} * \text{شیب منحنی کالیبراسیون}}{2 * \text{وزن نمونه} * 55.85}$$

اندازه‌گیری اسیدیته چربی: عدد اسیدی مقدار هیدروکسید پتاسیم لازم برای خنثی کردن اسیدهای چرب آزاد یک گرم چربی است که بر اساس استاندارد AOCS Cd 3d-63 اندازه‌گیری شد [۱۳].

۵۰ میلی لیتراتانل خنثی‌شده را بر روی ۱۰ گرم نمونه روغن ریخته و بعد از اختلاط و حرارت‌دهی، پس از اولین جوش آن را با محلول هیدروکسید پتاسیم ۰/۱ نرمال در حضور معرف فنل فتالئین تیتر می‌کنیم. جهت محاسبه تقریبی میزان اسید چرب آزاد (برحسب اسید اولئیک در ۱۰۰ گرم روغن) عدد اسیدی را در عدد ۰/۵۰۳ ضرب می‌نماییم.

کلیه آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد و میانگین‌ها با نرم‌افزار MStatC نسخه 2,10 و بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ مقایسه گردیدند.

نتایج

همان‌گونه که در جدول ۱ نشان داده شده است، اسید اولئیک، اسید چرب غالب در روغن پسته است که بیشترین مقدار آن در گونه‌های اهلی به میزان ۵۸/۷٪ در واریته احمدآقایی و کمترین مقدار آن در روغن مغز بنه به میزان ۵۱/۹٪ می‌باشد. بیشترین اسید چرب اشباع (SAFA) در روغن پوست بنه به میزان ۲۶/۳۹٪ بود که تفاوت فاحشی با روغن دیگر گونه‌ها داشت که به میزان ۱۳/۲-۱۰/۹٪ ارزیابی گردید.

بیشترین اسید چرب با چند باند دوگانه (PUFA) لینولئیک اسید است که میزان این اسید چرب تفاوت فاحشی در روغن مغز ۵ گونه با روغن پوست بنه دارد. در بین مغزهای خوراکی، روغن واریته احمدآقایی با کمترین مقدار اسید لینولئیک (۲۷/۷٪) و روغن مغز بنه با بیشترین مقدار (۳۲/۲۵٪) ارزیابی گردیدند.

خصوصیات شیمیایی روغن واریته‌های مختلف موردمطالعه در جدول ۱ آورده شده است. کمترین میزان اندیس اکسایش‌پذیری به ترتیب مربوط به روغن پوست بنه، روغن واریته احمدآقایی، فندقی، اکبری، کله‌قوچی و درنهایت، روغن مغز بنه است. عدد اسیدی و پراکسید به ترتیب در محدوده ۰/۹-۰/۰۷ و meq/kg ۴-۰/۶ نشان‌دهندهٔ کیفیت متفاوت روغن‌های مورد مطالعه است. کمترین کیفیت روغن مربوط به پوست بنه و احمدآقایی و بیشترین کیفیت و تازگی مربوط به روغن واریته کله‌قوچی بود و عدد پراکسید در کلیه نمونه‌ها در محدوده استاندارد شمارهٔ ۶۶۵۵ و کمتر از meq/kg ۵ بود [۱۴].

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1395.15.5.3.6]

جدول ۱- مقایسه ترکیب اسید چرب و خصوصیات شیمیایی روغن پسته

اسید چرب	نوع گونه				
	کله‌قوچی	فندقی	اکبری	احمدآقایی	مغز بنه	پوست بنه
اسید لوریک (C12:0)	-	-	-	-	b۰/۰۴۰۱	a۰/۰۶۲۲
اسید مریستیک (C14:0)	ab۰/۰۹۸۵	a۰/۱۰۱۲	c۰/۰۸۲۸	b۰/۰۹۲۳	a۰/۱۱۶۱	d۰/۰۴۶۴
اسید مریستولئیک (C14:1)	ab۰/۰۲۴۴	c۰/۰۱۲۹	-	a۰/۰۳۱۷	bc۰/۰۱۵۹	b۰/۰۱۸۹
اسید پالمتیک (C16:0)	b۹/۳۵۰۸	c۸/۸۴۴۶	b۹/۲۳۸۶	b۹/۰۵۶۲	b۹/۳۶۱۵	a۲۳/۳۲۶۱
اسید پالمیتولئیک (C16:1, T)	a۰/۰۹۷۱	a۰/۰۹۶۰	a۰/۱۰۴۷	a۰/۰۹۹۵	b۰/۰۵۱۵	b۰/۰۶۱۸
اسید پالمیتولئیک (C16:1, C)	c۰/۹۴۲۵	d۰/۷۵۸۲	c۰/۹۲۱۱	cd۰/۸۲۲۱	b۱/۱۷۴۳	a۱۱/۸۶۷۵
اسید مارگاریک (C17:0)	c۰/۰۵۷۶	bc۰/۰۶۷۸	c۰/۰۵۵۰	c۰/۰۵۶۱	b۰/۰۷۰۳	a۰/۱۱۱۳
اسید استئاریک (C18:0)	de۱/۳۷۲۳	d۱/۵۸۴۱	e۱/۲۷۶۴	c۱/۷۰۶۶	a۳/۲۱۸۷	b۲/۶۳۵۶
اسید الائیدیک (C18:1,Trans)	b۰/۰۳۷۸	a۰/۰۶۰۰	b۰/۰۳۰۱	b۰/۰۲۴۱	a۰/۰۶۴۹	a۰/۰۶۲۹
اسید اولئیک (C18:1 ,C9)	b۵۲/۵۸۳۳	a۵۵/۶۲۶۹	b۵۳/۰۴۶۵	a۵۶/۴۲۰۷	c۴۹/۶۳۲۵	d۳۶/۹۹۳۲
اسید اولئیک (C18:1 ,C11)	b۲/۵۴۶۲	b۲/۲۴۰۸	b۲/۳۸۶۱	b۲/۲۳۸۷	b۲/۲۲۶۰	a۱۵/۹۶۴۰
اسید اولئیک (C18:1 ,C)	b۰/۰۲۱۵	b۰/۰۱۹۹	b۰/۰۲۷۳	b۰/۰۲۳۲	b۰/۰۲۱۵	a۰/۰۷۹۷
اسید لینولئیک (C18:2 ,T-T)	a۰/۰۲۸۶	a۰/۰۲۸۵	a۰/۰۲۶۴	-	a۰/۰۲۶۶	-
اسید لینولئیک (C18:2 ,C-T)	b۰/۰۴۲۱	b۰/۰۴۲۴	ab۰/۰۴۵۳	ab۰/۰۴۵۳	a۰/۰۵۶۳	-
اسید لینولئیک (C18:2 ,C-C)	b۳۱/۱۶۰۶	c۲۸/۷۴۲۵	b۳۱/۰۵۴۶	d۲۸/۶۸۹۷	a۳۲/۱۳۱۲	e۷/۱۵۱۷
اسید لینولئیک (C18:2 ,C)	b۰/۰۲۶۴	a۰/۰۴۹۹	b/۰۲۰۴	b۰/۰۲۴۵	a۰/۰۴۴۳	-
اسید لینولنیک (C18:3,Trans)	-	-	b۰/۰۱۳۰	-	-	a۰/۰۷۷۰
اسید لینولنیک (C18:3,Alpha 3)	c۰/۴۸۲۸	c۰/۴۷۸۳	b۰/۶۱۲۸	c۰/۴۸۰۱	b۰/۶۲۷۴	a۰/۷۵۱۵
اسید آراشیدیک(C20:0)	c۰/۱۴۳۸	b۰/۱۷۷۹	c۰/۱۴۵۳	b۰/۱۷۳۷	a۰/۲۴۱۸	bc۰/۱۵۰۸
اسید گادولئیک (C2o:1)	ab۰/۵۲۶۱	ab۰/۵۶۹۶	b۰/۵۰۸۶	a۰/۵۹۲۰	b۰/۴۸۰۶	c۰/۱۵۷۱
اسید بهنیک (C22:0)	ab۰/۱۱۷۵	ab۰/۱۲۶۲	ab۰/۱۲۰۲	b۰/۱۱۰۴	a۰/۱۴۸۹	c۰/۰۶۴۲
اسید اروسیک (C24:0)	a۰/۰۴۳۳	a۰/۰۴۱۱	b۰/۰۲۵۷	ab۰/۰۳۷۳	ab۰/۰۳۲۳	a۰/۰۴۷۳
اسید لیگنوسریک (C24:0)	ab۰/۰۳۹۳	ab۰/۰۴۰۰	ab۰/۰۳۷۳	b۰/۰۳۱۸	a۰/۰۴۵۹	-
مجموع اسید چرب اشباع (SAFA)	c۱۱/۱۷۹	c۱۰/۹۴	c۱۰/۹۵	c۱۱/۲۲	b۱۳/۲۴	a۲۶/۳۹
مجموع اسید چرب یک باند دوگانه	c۵۶/۸۲	b۵۹/۴۲	c۵۷/۰۵	b۵۹/۳۹	d۵۳/۶۹	a۶۵/۲۵

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1395.15.5.3.6]

(MUFA)						
مجموع اسید چرب اشباع چند باند دوگانه (PUFA)	^{b}۳۱/۷۴	^{c}۲۹/۳۴	^{b}۳۱/۷۷	^{d}۲۸/۲۳	^{a}۳۲/۸۸	^{e}۷/۹۸
ضریب اکسایش‌پذیری (Cox)	^{b}۳/۸۷	^{c}۳/۶۵	^{b}۳/۸۹	^{d}۳/۵۵	^{a}۳/۹۷	^{e}۱/۴۴
نسبت MUFA:PUFA	^{d}۱/۷۸	^{c}۲/۰۲	^{d}۱/۷۹	^{b}۲/۱۳	^{e}۱/۶۳	^{a}۸/۱۷
نسبت PUFA:SAFA	^{b}۲/۸۲	^{c}۲/۶۷	^{a}۲/۸۹	^{d}۲/۵۰	^{e}۲/۴۷	^{f}۰/۳۰
توکفرول کل (mg a-tocopherol/kg oil)	^{c}۲۰۲	^{b}۲۳۸	^{e}۱۷۶	^{e}۱۷۵	^{a}۲۵۰	^{d}۱۹۶
فنل کل (mg gallic acid/kg oil)	^{c}۵۹	^{c}۶۸	^{c}۶۲	^{bc}۷۵	^{b}۹۴	^{a}۱۸۰
اندیس پراکسید	^{a}۰/۶۴	^{b}۱/۲۷	^{a}۰/۶	^{c}۴	^{a}۰/۷۱	^{c}۳/۹۳
عدد اسیدی	^{a}۰/۰۷	^{b}۰/۱	^{b}۰/۲۱	^{d}۰/۸۵	^{c}۰/۵۵	^{d}۰/۹

اختلافات با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۵٪ در هر ردیف با حروف کوچک لاتین نمایش داده شده است.

مقاومت اکسایشی (OSI) روغن پسته در دماهای ۱۱۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد در جدول ۲ آورده شده است.

روغن پوست بنه با مقاومت اکسایشی ۳۹/۷۳ ساعت در ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، بیشترین مقاومت به اکسایش را دارد. پس‌ازآن، روغن مغز بنه و احمدآقایی به ترتیب با ۲۲/۶۷ و ۱۴/۷۵، بیشترین مقدار مقاومت به اکسایش را نشان دادند؛ به‌طوری‌که مقاومت به اکسایش واریته این روغن‌ها قابل‌مقایسه با روغن زیتون است. تفاوت معنی‌داری در مقاومت اکسایشی سه واریته تجاری دیگر مشاهده نشد. بیشترین مقدار Q_{10} مربوط به روغن پوست بنه و احمدآقایی و کمترین مقدار مربوط به روغن واریته فندقی بود. رابطه مستقیم بین Q_{10} با انرژی فعال‌سازی با ضریب تبیین ۰/۹۹۷ مشاهده شد که نشان‌دهندهٔ تأثیر کیفیت اولیه روغن و میزان ترکیبات تشکیل‌دهنده بر این فاکتورها می‌باشد.

انرژی فعال‌سازی واکنش اکسیداسیون روغن پسته به‌وسیله رنسیمت در گونه‌های مختلف پسته متفاوت و در محدوده ۹۲-۹۸,۲ kj/mol ارزیابی گردید. بیشترین مقدار انرژی فعال‌سازی مربوط به روغن پوست بنه بود و تفاوت معنی‌داری بین انرژی فعال‌سازی واکنش در روغن واریته‌های فندقی، اکبری و کله‌قوچی مشاهده نشد و این واریته‌ها دارای کمترین انرژی فعال‌سازی و وابستگی به دما در واکنش اکسیداسیون در دمای بالا بودند.

اتواکسیداسیون واکنشی است شیمیایی که با سرعت اندک در دمای محیط رخ می‌دهد. ازاین‌رو، از روش‌های تسریع شده بالاخص تهییج دمایی جهت بررسی مقاومت به اکسیداسیون روغن‌ها استفاده می‌شود. با برون‌یابی و بر اساس فرمول ذیل، زمان انبارمانی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تخمین زده شد.

$$SL_T = 10^{(TC*TSL+i)}$$

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1395.15.5.3.6]

در رابطه فوق Tc ضریب دمایی و i عرض از مبدأ است. نتایج حاصل از برون‌یابی نشان داد که بیشترین انبارمانی به ترتیب مربوط به روغن پوست بنه، مغز بنه و احمدآقایی به میزان ۷۸۶، ۳۸۶ و ۲۸۰ روز بوده و در نمونه‌های کله‌قوچی، اکبری و فندقی در محدوده ۱۸۰ روز تخمین زده شد (جدول ۲).

جدول ۲- مقاومت به اکسایش روغن پسته واریته‌های مختلف در دماهای ۱۱۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد

دما (°C)	شاخص مقاومت به اکسایش (OSI) روغن واریته‌های مختلف پسته (ساعت)					
	کله‌قوچی	فندقی	اکبری	احمدآقایی	مغز بنه	پوست بنه
	میانگین± انحراف معیار	میانگین± انحراف معیار	میانگین± انحراف معیار	میانگین± انحراف معیار	میانگین± انحراف معیار	میانگین± انحراف معیار
۱۱۰	۱۲/۶۸±۰/۱۸	۱۲/۹۵±۰/۳	۱۲/۲۴±۰/۲۵	۱۴/۷۵±۰/۲	۲۲/۶۷±۱	۳۹/۷۳±۳
۱۲۰	۶/۴۲±۰/۱	۶/۶±۰/۱۵	۶/۲±۰/۰۸	۷/۲±۰/۱	۱۱/۳۸±۰/۰۲۵	۱۸/۷۴±۰/۸
۱۳۰	۳/۱۶±۰/۰۳	۳/۳۵±۰/۰۷	۳/۰۸±۰/۰۳	۳/۴۵±۰/۰۵	۵/۱۲±۰/۰۹	۸/۵۴±۰/۱۷
۱۴۰	۱/۶۱±۰/۰۱۷	۱/۵۷±۰/۰۳	۱/۵±۰/۰۱۵	۱/۶۳±۰/۰۲۵	۲/۱۸±۰/۱	۴/۴۷±۰/۲
۱۵۰	۰/۸۱±۰/۰۰۸	۰/۸۷±۰/۰۴	۰/۷۹±۰/۰۱۸	۰/۸۴±۰/۰۲	۱/۲۴±۰/۰۸	۲/۲۶±۰/۱۴
۲۵ (برون‌یابی)	۴۴۱۱	۴۳۲۵	۴۳۱۴	۶۷۲۵	۹۲۸۱	۱۸۸۷۷
ضریب تبیین (R^2)	۰/۹۹۹	۰/۹۹۸	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۸
ضریب دمایی ($TC(^{\circ}C^{-1})$)	$-۲/۹۸*۱۰^{-۲}$	$-۲/۹۶*۱۰^{-۲}$	$-۲/۹۹*۱۰^{-۲}$	$-۳/۱۳*۱۰^{-۲}$	$-۳/۰۸*۱۰^{-۲}$	$-۳/۱۶*۱۰^{-۲}$
Q_{10}	۱/۹۹	۱/۹۸	۱/۹۹۵	۲/۰۳۸	۲/۰۳	۲/۰۷۳
انرژی فعال‌سازی Ea (kj/mol)	۹۲/۷۱۴	۹۲/۰۹	۹۲/۹۳۱	۹۵/۸۷	۹۵/۰۸	۹۸/۲۷

بحث

بررسی ترکیب اسیدهای چرب روغن پسته: در سال‌های گذشته مطالعات گسترده‌ای در خصوص ترکیبات تشکیل‌دهنده پسته و مغزهای خوراکی انجام شده است و کلیه ترکیبات آن، بدون مقایسه در خصوص واریته‌های مختلف و تنها در خصوص یک واریته خاص، موردمطالعه قرار گرفته است [۱۶-۱۵].

اسید چرب اشباع غالب در تمامی گونه‌ها، پالمتیک اسید است. بیشترین مقدار اسید چرب با یک باند دوگانه (MUFA) در روغن پوست بنه مشاهده شد که به دلیل وجود مقادیر قابل‌توجهی از اسید چرب پالمیتولئیک اسید می‌باشد که تفاوت معنی‌داری با روغن مغز ۵ گونه دارد و بسیار بیشتر از مقدار گزارش‌شده در روغن‌های خوراکی رایج است [۱۷]. Tavakoli و همکاران میزان این اسید چرب در روغن پوست بنه استان فارس را به میزان ۱۴٪ گزارش نموده‌اند که کمی بیش از مقدار مشاهده‌شده در این تحقیق (۱۱/۸۶٪) است [۱۸].

Satil و همکاران ترکیبات روغن دو واریته پسته اوزون و سیرت در نواحی مختلف ترکیه را مورد بررسی قرار

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1395.15.5.3.6]

دادند [۱]. نتایج حاکی از آن بود که اسید اولئیک با مقادیر بین ۶۲/۶-۵۵/۴٪ در واریته اوزون و ۶۵/۵-۶۰/۷٪ در واریته سیریت ترکیب اصلی روغن پسته بوده که کمی بیشتر از محدوده ارزیابی‌شده در این پژوهش می‌باشد. اسید لینولئیک در محدوده ۱۵/۷-۱۴/۷٪ در واریته اوزون و ۱۷/۸-۱۶/۱ در واریته سیریت گزارش شده است که از مقادیر موردمطالعه در این پژوهش کمتر است. مقدار اسید چرب لینولنیک ۰/۳٪ و اسیدهای چرب اشباع به میزان ۲۸/۱-۱۶/۱٪ در واریته اوزون و ۱۶/۳-۱۴/۹٪ در واریته سیریت گزارش شده است. تفاوت‌هایی در ترکیب اسید چرب پسته ایران و ترکیه مشاهده می‌شود که علیرغم تأثیر شرایط جغرافیایی می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر واریته بر ترکیب اسید چرب در پسته باشد [۱۹].

Tehrani و همکاران ترکیبات شیمیایی روغن پسته منطقه فارس، اصفهان و کهکیلویه و بویراحمد را پس از اختلاط و استخراج به روش پرس سرد مورد بررسی قرار دادند. ترکیب اسیدهای چرب ۱۶/۵۱٪ اسید چرب اشباع، ۵۳/۱٪ اسید چرب با یک باند دوگانه شامل ۵۰/۶۵٪ اسید اولئیک و ۳۰/۳۹٪ اسید چرب با چند باند دوگانه ارزیابی گردید [۲۰]. مقایسه نتایج این محققین نشان می‌دهد که تفاوت ترکیب اسید چرب با میانگین واریته‌های اهلی در این مطالعه در میزان اسید چرب اشباع (۱۱/۱۱٪) و اسید چرب با یک باند دوگانه (۵۸/۳٪) است و میزان اسید چرب با دو باند دوگانه در محدوده روغن واریته‌های مورد بررسی قرار دارد.

بررسی مقاومت به اکسایش روغن پسته در دمای بالا و پارامترهای رابطه آرنیوسی تأثیر دما: مقاومت به اکسایش روغن پوست بنه در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد بیش از روغن زیتون (۲۴/۲-۶/۹) و دیگر روغن‌های گیاهی مانند سویا (۸ ساعت)، کلزا (۱۰ ساعت)، ذرت (۱۰/۵ ساعت) و روغن آفتابگردان با اولئیک بالا (۲۰/۸ ساعت) است [۲۱]. ضریب دمایی ($Tc(^{d}C^{-1})$) در نمونه‌های روغن در محدوده $۲/۹۶*۱۰^{-۲}$- تا $۳/۱۶*۱۰^{-۲}$- ارزیابی شد که با مشاهدات Wan & Hasenhuettl در روغن‌های خوراکی مشابهت دارد [۲۲]. ضریب دمایی در روغن زیتون کمتر از روغن پسته و در محدوده $۳/۲۷*۱۰^{-۲}$- تا $۳/۷۱*۱۰^{-۲}$- تعیین گردیده است [۹]. در این محدوده‌ها Q_{10} روغن پسته ۲,۰۷۳-۱,۹۸ و روغن زیتون ۲/۳۷- ۲/۱۲ محاسبه گردید و این فاکتور برای روغن آفتابگردان ۲/۲-۱/۹ ارزیابی شده است که وابستگی دمایی در روغن زیتون، کانولا، ذرت و سویا بیش از روغن پسته و آفتابگردان است [۲۳، ۹]. ساختار اسید چرب یک روغن، یکی از فاکتورهای مؤثر بر پایداری اکسایشی آن است [۶]. همان‌گونه که در جدول ۱ نشان داده شده است، اختلاف معنی‌داری در فاکتور MUFA:PUFA در روغن پوست بنه نسبت به روغن واریته‌های دیگر مشاهده می‌شود. ازاین‌رو، اندیس اکسایش‌پذیری (COX) روغن پوست بنه (۱/۴۴) در مقایسه با روغن مغز واریته‌های دیگر (۳/۹-۳/۵) تفاوت چشمگیری را نشان داده و بالا بودن مقدار پلی‌فنل در روغن پوست بنه، باعث مقاوم بودن این روغن به اکسایش و افزایش انبارمانی در دمای محیط تا بیش از دو سال شده است.

پس از روغن پوست بنه، بیشترین مقاومت اکسایشی مربوط به روغن مغز بنه است که تفاوت معنی‌داری با

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1395.15.5.3.6]

روغن واریته‌های تجاری دارد. همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده شده است، ترکیب اسید چرب روغن مغز بنه مقاومت کمتری به اکسایش نسبت به واریته‌های تجاری دارد؛ به‌طوری‌که نسبت MUFA:PUFA آن در کمترین مقدار نسبت به دیگر نمونه‌ها بوده و بیشترین اندیس اکسایش‌پذیری (۳/۹۷) در این نمونه مشاهده شد که برخلاف خصوصیت شیمیایی ذکرشده، روغن مغز بنه از مقاومت حرارتی خوبی برخوردار است؛ که دلیل آن بالا بودن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در این گونه نسبت به روغن واریته‌های تجاری است. ترکیبات آنتی‌اکسیدانی نقش بسیار مهمی در پایداری اکسایشی روغن‌های خوراکی ایفا می‌کنند. ترکیبات فنلی و توکفرولی از مهم‌ترین ترکیبات آنتی‌اکسیدانی هستند که با مهار کردن رادیکال‌های آزاد در بدن نقش بیولوژیکی ایفا کرده و اثرات سلامت‌بخشی در استفاده از آنها مشاهده شده است [۲۴]. Farhoosh و همکارش تأثیر خصوصیات شیمیایی بر پایداری روغن زیتون را در دماهای بالا و پایین مورد بررسی قرار دادند و نتایج حاکی از آن بوده است که میزان توکفرول کل (۵۶-۴۴٪)، مهم‌ترین و بیشترین تأثیر را بر مقاومت اکسایشی در دمای بالا، در مقایسه با پارامترهای مشخص‌کننده کیفیت اولیهٔ روغن مانند عدد پراکسید (۱۱٪)، عدد اسیدی (۱۲/۵٪) و ترکیب اسید چرب (۲۲–۱۷٪)، بر پایداری حرارتی در دمای بالای در روغن زیتون دارد [۲۵].

بیشترین مقدار توکفرول (۲۵۰mg/kg) در روغن مغز بنه مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با نمونه‌های دیگر داشت و پس از روغن پوست بنه، دارای بیشترین مقدار ترکیبات پلی‌فنل (۹۸mg/kg) بود. مقادیر بالای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در روغن مغز بنه، علی‌رغم بالا بودن اندیس اکسایش‌پذیری (COX)، دلیل مقاومت بالای روغن مغز بنه در دماهای ۱۵۰-۱۱۰ درجه سانتی‌گراد است؛ به‌طوری‌که زمان انبارمانی در این گونه تا یک سال تخمین زده شده که بیش از دو برابر زمان انبارمانی روغن واریته‌های فندقی، کله‌قوچی و اکبری است.

واریته احمدآقایی دارای بیشترین مقاومت اکسایشی در بین گونه‌های تجاری است. در مقایسه ترکیبات اسید چرب، کمترین COX مربوط به روغن واریته احمدآقایی است و تفاوت معنی‌داری بین میزان توکفرول در این واریته با واریته اکبری مشاهده نشد.

لذا در محدوده دمایی ۱۵۰-۱۱۰ $^{\circ}C$ تفاوت معنی‌داری بین مقاومت اکسایشی این واریته و اکبری مشاهده شد. علیرغم پایین‌تر بودن میزان توکفرول تام در این گونه نسبت به گونه‌های فندقی و کله‌قوچی، تفاوت معنی‌داری در مقاومت اکسایشی این واریته در دماهای ۱۳۰-۱۱۰ درجه سانتی‌گراد با واریته‌های فندقی و کله‌قوچی مشاهده شد. اما بالاتر بودن میزان توکفرول کل در واریته‌های فندقی و کله‌قوچی باعث گردید تا علاوه بر این‌که باعث کاهش تأثیرگذاری دما بر مقاومت اکسایشی (Q_{10} کمتر) گردیده، تفاوت معنی‌داری در مقاومت اکسایشی روغن واریته احمدآقایی با این گونه‌ها در دماهای بالای ۱۳۰ درجه مشاهده نگردد. مقدار پلی‌فنل در واریته احمدآقایی در مقایسه با سه واریته تجاری دیگر تفاوت معنی‌داری داشت که نشان‌دهنده مقاومت بالاتر روغن این گونه در بین گونه‌های تجاری مورد آزمون بود. طبق

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1395.15.5.3.6]

گزارش Réblová افزایش دما به دلیل تسریع در از بین رفتن پلی‌فنل‌ها، باعث کاهش تأثیرگذاری آنتی‌اکسیدان‌های فنلی می‌گردد [۲۶].

در دمای بالا نیز می‌تواند باعث کم اثر شدن این ترکیبات در کاهش سرعت اکسایش روغن گونه احمدآقایی شده و موجب گردید تا تفاوت معنی‌داری در مقاومت اکسایشی گونه‌های تجاری احمد آقایی، فندقی و کله‌قوچی در دماهای بالاتر از ۱۳۰ درجه مشاهده نگردد.

انرژی فعال‌سازی واکنش در روغن پسته در محدوده انرژی فعال‌سازی واکنش اکسیداسیون برخی روغن‌های گیاهی مانند روغن زیتون (kj/mol ۱۱۳-۸۹) و روغن سویا (kj/mol ۹۲/۴۲) قرار دارد و کمی بیشتر از روغن‌های گیاهی چون روغن کانولا (kj/mol ۸۹/۹۴) و روغن ذرت (kj/mol ۸۸/۱۴) است [۲۳، ۹]. انرژی فعال‌سازی واکنش اکسیداسیون تحت تأثیر مقدار اسیدهای چرب با چند باند دوگانه قرار می‌گیرد. Adhvaryu و همکاران نشان دادند که افزایش میزان اسیدهای چرب غیراشباع با چند باند دوگانه مانند لینولئیک و لینولنیک اسید، باعث کاهش انرژی فعال‌سازی، و افزایش میزان اسید اولئیک موجب افزایش انرژی فعال‌سازی واکنش می‌شود. [۲۷]. به‌علاوه، افزایش میزان اسیدهای چرب اشباع بر افزایش پایداری روغن مؤثر است (افزایش Ea). ازاین‌رو، کمترین میزان اسیدهای چرب غیراشباع با چند باند دوگانه و بیشترین میزان اسید چرب اشباع باعث افزایش مقاومت و بالاتر بودن انرژی فعال‌سازی در روغن پوست بنه گردید. در بین گونه‌های تجاری نیز واریته احمدآقایی، به‌واسطه ترکیب اسیدهای چرب و دارا بودن کمترین میزان COX، بیشترین مقدار انرژی فعال‌سازی را دارد.

نتیجه‌گیری

بررسی خصوصیات شیمیایی روغن واریته‌های مختلف پسته نشان داد اختلاف معنی‌دار ترکیب اسیدهای چرب و میزان بالای پلی‌فنل‌ها و ویتامین E در روغن پوست و مغز بنه نسبت به گونه‌های تجاری، علی‌رغم پایین بودن کیفیت اولیه روغن پوست بنه، دلیل اصلی مقاومت اکسایشی بالای آن است. تفاوت در ترکیب اسید چرب و میزان آنتی‌اکسیدان‌ها موجب شد تا مقاومت به اکسایش روغن نمونه‌های مختلف و فاکتورهایی مانند انرژی فعال‌سازی و Q10 تغییر کرده و موجب تفاوت معنی‌داری در مقاومت به اکسایش روغن گونه وحشی پسته با گونه‌های اهلی و تجاری گردد؛ به‌طوری‌که بیشترین مقاومت به اکسایش، انرژی فعال‌سازی واکنش و زمان انبارداری مربوط به روغن پوست بنه است و روغن واریته احمدآقایی از بیشترین مقاومت به اکسایش، انرژی فعال‌سازی و انبارمانی در بین واریته‌های تجاری برخوردار است. واریته احمدآقایی می‌تواند به‌عنوان واریته تجاری مناسب جهت روغن‌کشی و استفاده در فرایندهای با حرارت بالا مورد استفاده قرار گیرد. روغن پوست و مغز بنه، به‌واسطه دارا بودن مقادیر بالایی از آنتی‌اکسیدان‌ها، می‌تواند جهت اختلاط برای افزایش مقاومت روغن پسته مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به اهمیت بالای تأثیر میزان آنتی‌اکسیدان‌ها بر مقاومت اکسایشی، پیشنهاد می‌گردد تأثیر منطقه جغرافیایی و شرایط آب و هوایی بر

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1395.15.5.3.6]

میزان این ترکیبات در واریته‌های مختلف مورد بررسی قرار گیرد.

References

[1] Satil F, Azcan N, Baser K. Fatty acid composition of pistachio nuts in Turkey. *Chem Nat Compd*. 2003; 39: 322-4.

[2] Gordon MH. The development of oxidative rancidity in foods. Antioxidants in food: practical applications CRC press; 2001.

[3] Thiyam U, Stöckmann H, Schwarz K. Antioxidant activity of rapeseed phenolics and their interactions with tocopherols during lipid oxidation. *J Am Oil Chem Soc* 2006; 83: 523-8.

[4] Labuza TP, Schmidl MK. Accelerated shelf-life testing of foods. *Food Technol (USA)*. 1985; 39(9): 57-64.

[5] Robertson GL. Food packaging: principles and practice, Shelf Life of Foods: CRC press; 2012, Chapter 12: 329-63.

[6] Farhoosh R, Tavakoli J, Khodaparast MHH. Chemical composition and oxidative stability of kernel oils from two current subspecies of Pistacia atlantica in Iran. *J Am Oil Chem Soc* 2008; 85: 723-9.

[7] Farhoosh R, Sharif A. Bene hull oil as a highly stable and antioxidative vegetable oil. *Eur J Lipid Sci Technol* 2009; 111: 1259-65.

[8] Abdolshahi A, Majd MH, Rad JS, Taheri M, Shabani A, da Silva JAT. Choice of solvent extraction technique affects fatty acid composition of pistachio (Pistacia vera L.) oil. *J Food Sci Technol*. 2015; 52(4): 2422-27.

[9] Farhoosh R, Hoseini-Yazdi S-Z. Evolution of oxidative values during kinetic studies on olive oil oxidation in the Rancimat test. *J Am Oil Chem Soc* 2014; 91(2): 281-93.

[10] Wong M, Timms R, Goh E. Colorimetric determination of total tocopherols in palm oil, olein and stearin. *J Am Oil Chem Soc* 1988; 65: 258-61.

[11] Capannesi C, Palchetti I, Mascini M, Parenti A. Electrochemical sensor and biosensor for polyphenols detection in olive oils. *Food Chem*. 2000; 71(4): 553-62.

[12] Shantha NC, Decker EA. Rapid, sensitive ,iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. *J AOAC Int* 1994; 77(2): 421-4.

[13] AOCS. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. AOCS Press, Champaign; 1993.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1395.15.5.3.6]

[14] ISIRI. Edible fats and oils -Virgin pistachio oil- Specifications and test methods. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Standard No.6655. 2002 [Farsi]

[15] Rainey C, Nyquist L. Nuts-Nutrition and Health Benefits of Daily Use. *Nutrition Today*. 1997; 32: 157-63:

[16] Woodroof JG. Tree nuts: Avi Pub. 1982.

[17] Shahidi F. Bailey's Industrial Oil and Fat Products. Volume 1, Edible Oils and Fat products: Chemistry, Properties, and Health effects: Wiley-Interscience; 2005.

[18] Tavakoli J, Haddad Khodaparast MH, Esmailzade Kenari R, Amin Lari M, Sharif A. Evaluating Antioxidant Activity of Kolkhung Skin Oil as a New Edible Source in Iran. *Iranian Food Sci Technol Res J* 2013; 9(1):61-7. [Farsi]

[19] Agar I, Kaska N, Kafkas S. Effect of different ecologies on the fat content and fatty acid composition of different Pistacia vera varieties grown in different parts of Turkey. I International Symposium on Pistachio. 1994; 411-6.

[20] Saber-Tehrani M, Givianrad M, Aberoomand-Azar P, Waqif-Husain S, Jafari Mohammadi S. Chemical composition of Iran's pistacia atlantica cold-pressed oil. *J Chem* 2012; 2013 (2): 1-6.

[21] Syed A. Oxidative Stability and Shelf Life of Vegetable Oils A2 - Jacobsen, Min HuCharlotte. Oxidative Stability and Shelf Life of Foods Containing Oils and Fats: AOCS Press; 2016. Chapter 4 - p. 187-207.

[22] Hasenhuettl GL, Wan PJ. Temperature effects on the determination of oxidative stability with the Metrohm Rancimat. *J Am Oil Chem Soc* 1992; 69: 525-7.

[23] Farhoosh R, Niazmand R, Rezaei M, Sarabi M. Kinetic parameter determination of vegetable oil oxidation under Rancimat test conditions. *Eur J Lipid Sci Technol* 2008; 110(6): 587-92.

[24] Małecka M. Antioxidant properties of the unsaponifiable matter isolated from tomato seeds, oat grains and wheat germ oil. *Food Chem*. 2002; 79: 327-30.

[25] Farhoosh R, Hoseini-Yazdi S-Z. Shelf-life prediction of olive oils using empirical models developed at low and high temperatures. *Food Chem*. 2013; 141(1): 557-65.

[26] Reblova Z. Effect of temperature on the antioxidant activity of phenolic acids. *Czech J Food Sci* 2012; 30: 171-7.

[27] Adhvaryu A, Erhan S, Liu Z, Perez J. Oxidation kinetic studies of oils derived from unmodified and genetically modified vegetables using pressurized differential scanning calorimetry and nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Thermochimica Acta* 2000; 364: 87-97.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1395.15.5.3.6]

Evaluation of Oxidative Stability and Shelf-life Prediction of Pistachio Oil Using Rancimat

A. Dini[1], H. Farrokhi[2], N. Sedaghat[3], M. Bagheri[4], N. Mohammadkhani[4]

Received:10/01/2016 Sent for Revision:08/02/2016 Received Revised Manuscript:08/05/2016 Accepted:13/06/2016

Background and Objectives: Rancimat is an automated technique to rapidly determine oxidative stability of fats and oils, which can also provide relatively good results regarding shelf-life prediction of the lipid system. In this research, the oxidative stability of different types of pistachio oil (wild and domesticated species) by using rancimat and the influences of chemical properties of pistachio oil on oxidative stability were determined.

Materials and Methods: The present study is a laboratory study. Oils of five pistachio varieties (including Bane, Ahmadaghaie, Kalleghouchi, Akbari, and Fandoghi) were extracted by solvent. The fatty acid profile of the pistachio oil was determined by gas chromatography, and chemical methods were used to measure the amount of antioxidants and oil quality indicators. Oxidative stability was determined by Rancimat. The mean values were compared using MStatC 2.10 software and based on the Duncan's test at the level of 5%.

Results: Oleic Acid and Palmitic Acid were the most representatives of total fatty acid and saturated fatty acids (SFAs) in pistachio oil, respectively. The highest percentage of oleic acid was observed in Ahmadaghaie variety and the highest and lowest percentage of mono unsaturated fatty acids (MUFA) and poly unsaturated fatty acids (PUFA) were observed in Bane Hull Oil (65%, 7.9%) and the lowest and highest percentage of MUFA and PUFA were observed in Bane Kernel Oil (53%, 32.8%). The highest Oxidative Stability Index was found in Bane Hull Oil (BHO), Bane Kernel Oil (BKO) and Ahmadaghaie oil, respectively. Activation energy was evaluated in the range of 92 to 98.2 kj/mol. The results showed that shelf-life of BHO, BKO and Ahmadaghaieoil were 786, 386 and 280 days at 25 ^{0}C, respectively. Ahmadaghaie shelf-life was over 1.5 times more than those of the other commercial varieties.

Conclusion: Fatty acid composition and amount of antioxidants were the most important factors on oxidative stability of the pistachio oil and the cause of higher shelf-life of oil of wild pistachio types rather than the other commercial varieties. Among the domesticated species of pistachio, Ahmadaghaie variety is suitable for oil extraction and high thermal processes such as roasting.

Key word: Pistachio oil, Rancimat, Shelf-life, Oxigen stability index, Fatty acids.

Funding: This study was supported financially by Rafsanjan and Kerman Universities of Medical Sciences, Iran.

Conflict of interest: None declared.

Ethical approval: This article does not need permission from the Ethics Committee because the information in this article was derived from a non-animal research

How to cite this article: Dini A, Farrokhi H, Sedaghat N, Bagheri M, Mohammadkhani N. Evaluation of Oxidative Stability and Shelf-life Prediction of Pistachio Oil Using Rancimat. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2016; 15(5): 399-412. [Farsi]

1- Ph.D Student of Food Science and Technology, Pistachio Safety Research Center, Rafsanjan University of Medical Sciences, Rafsanjan, Iran

2- MSc of Food Science and Technology, Deputy of Food and Drug, Kerman University of Medical Science, kerman, Iran (Corresponding Author) Tel: (034) 32123024, Fax: (034) 32113034, Email: hd.farrokhi@gmail.com

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

4- Expert of Rafsanjan Food Control Laboratory, Deputy of Food and Drug, Rafsanjan University of Medical Science, Rafsanjan, Iran

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1395.15.5.3.6]