تأثیر فرایند بو دادن بر میزان ترکیبات فنولیک و خواص آنتی اکسیدانی کنجاله دو رقم پسته اهلی و وحشی

مریم فضلی عقدائی[۱]، سید امیرحسین گلی[۲*]، جواد کرامت[۳]، اکبر انصاریان[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
٤-معاونت غذا و دارو، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

(تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۸)

چکیده

یکی از مهمترین نتایج فرایند بودادن افزایش فعالیت ضداکسایشی است که اساساً به دلیل تشکیل محصولات واکنش مایلارد اتفاق می‌افتد. در این پژوهش بودادن دو رقم پسته اهلی (واریته احمد آقائی) و پسته وحشی (واریته *P.mutica*) با دو روش آون و مایکروویو انجام گرفت. پس از روغن گیری از دانه های پسته خام و بوداده، کنجاله حاصل عصاره گیری و میزان ترکیبات فنولیک عصاره و میزان به دام انداختن رادیکال‌های آزاد با سامانه DPPH اندازه گیری شد. محتوای ترکیبات فنولی کنجاله پسته‌ها بین ۷۹۷ تا ۹۱۵ میلی گرم بر حسب گالیک اسید در کیلوگرم روغن به دست آمد. با مقایسه میزان ترکیبات فنولیک نمونه ها قبل و بعد از فرایند بودادن مشاهده شد که این فرایند می‌تواند باعث افزایش میزان ترکیبات فنولیک و افزایش خواص آنتی اکسیدانی عصاره پسته شود. عصاره های حاصل به روغن سویای بدون ضداکسایندە اضافه شدند. سپس نمونه‌های روغن سویا حاوی عصاره های پسته به عنوان ضداکسایندە طبیعی، BHT به عنوان ضداکسایندە سنتزی و یک نمونه روغن بدون ضداکسایندە به عنوان شاهد به منظور بررسی پایداری اکسیداتیو به مدت ۳۰ روز در دمای ۶۰ °C در آون نگهداری و در روزهای ۰، ۱۵ و ۳۰ از روغن ها نمونه برداری شد. نتایج معنی دار اعداد پراکسید و تیوباربیتوریک اسید روغن‌های سویا حاوی عصاره پسته های خام و بوداده اهلی و وحشی در طی مدت زمان نگهداری نشان داد عصاره حاصل از کنجاله پسته می‌تواند به عنوان یک ضداکسایندە طبیعی مناسب جهت جلوگیری از اکسیداسیون روغن ها مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژگان: پسته، کنجاله، عصاره، بودادن، خاصیت آنتی اکسیدانی.

* مسئول مکاتبات: amirgoli@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]

۱-مقدمه

در سالهای اخیر به دلیل وجود ترکیبات مغذی شامل استرول ها، ویتامین ها، مواد معدنی، اسیدهای چرب، ترکیبات فنولیک و ... در مغزها و تأثیرات مفید آنها بر عملکرد قلب و عروق بدن، به خصوص در افراد با ریسک بالای بیماری های قلبی، توجه ویژه ای به مصرف رژیمی اینگونه مواد غذایی (بادام، گردو، پسته و ...) معطوف شده است[۲،۱].

پسته یکی از محبوب ترین مغزها در دنیاست که به خاطر ارزش بالای اقتصادی آن به عنوان طلای سبز شناخته می-شود[۳] و به دلیل تأثیراتی مانند تنظیم میزان کلسترول، تأثیر مثبت بر جلوگیری از بیماری های قلبی-عروقی و خواص آنتی اکسیدانی که بر سلامت بدن دارد، مورد توجه و علاقه مصرف کنندگان واقع شده است[٤]. پسته گیاهی نیمه گرمسیری از خانواده آناکاردیاسه[1] از تیره سماقیان و جنس پیستاسیا[2] است[۵] و به طور گسترده ای در خاورمیانه، کشورهای مدیترانه و ایالات متحده آمریکا پرورش یافته است[٦] و بر اساس آمار گزارش شده توسط وزارت جهاد کشاورزی، ایران با تولید متوسط سالیانه حدود ۱۹۰ هزار تن پسته کشور، یکی از بزرگترین تولیدکنندگان و صادرکنندگان آن به شمار می-رود[۷]. جنس ***Pistacia*** دارای ۱۱ گونه است که در ایران تاکنون ۳ گونه ***Pistacia vera*** (پسته خوراکی)، ***P.mutica*** (بنه) و ***P.khinjuk*** (چاتلانقوش یا خنجک) شناخته شده است. گونه اول به عنوان پسته اهلی و دو گونه دیگر به عنوان پسته وحشی شناخته می‌شوند[۵].

از آنجایی که درصد بالایی از پسته به صورت محصول بوداده مصرف می‌شود[۸]، فرایند بودادن[3] یکی از روش های معمول فراوری و مهمترین مرحله توسعه طعم پسته به شمار می‌رود. در پسته، طعم، رنگ و بافت در طول فرایند بو دادن، که مانند دیگر مغزها و قهوه یک مرحله اساسی در فراوری پسته می-باشد، توسعه می‌یابد[۹]. هدف فرایند بودادن در فراوری مواد غذایی، بهبود، اصلاح کیفیت و امنیت مواد غذایی مانند دانه سویا، فندق، دانه‌های قهوه، پسته، بادام، گردو و کنجد می-باشد[۱۰]. فرایند بودادن باعث آغاز اکسیداسیون چربی و تشکیل ترکیبات کربونیل می شود، اما از طرفی همین فرایند به دلیل اثر آنتی اکسیدانی فراورده های حاصل از واکنش مایلارد [۱۱]، که مربوط به تشکیل ساختارهای فنولیکی و/یا خصوصیت کمپلکس کردن فلزات توسط ملانوئیدین ها[4] می-شود[۱۲]، می‌تواند باعث پایداری بیشتر روغن دانه ها در مقابل اکسیداسیون شود[۱۳]. گزارش شده است که ترکیبات فنولیک و توکوفرول ها زمانی که روغن از محصول بوداده به دست آید به خوبی استخراج می‌شوند[۸]، بنابراین فرایند بودادن می‌تواند راهی مناسب برای افزایش استخراج ترکیبات فنولیک از کنجاله دانه پسته نیز باشد. پسته منبع غنی از ترکیبات فنولیک است و بنابراین می تواند به عنوان یک غذای فراسودمند منحصر بفرد مورد توجه قرار گیرد[١٤]. وجاسینوویک و همکاران (۲۰۱۲) و کیم و همکاران (۲۰۱۱) این موضوع را به اثبات رسانیدند که ترکیبات ضداکسایشی مانند اسیدهای فنولیک و ترکیبات حاصل از واکنش مایلارد تحت تأثیر فرایند بودادن افزایش می-یابند[۷،۲].

یکی از محصولات جانبی دانه پسته روغن آن می‌باشد. مغز پسته خام (اهلی و وحشی) منبع خوبی از چربی (٦٠-٤٠٪) بوده و حاوی اسیدهای چرب ضروری غیر اشباع (اسید لینولئیک، لینولنیک و اولئیک) برای رژیم غذایی انسان است. در مقایسه با دیگر روغن های حاصل از دانه های روغنی و مغزها (آفتابگردان، بادام زمینی، کتان، ذرت)، مغز پسته اهلی و وحشی درصد روغن بسیار بیشتری را دارا می‌باشد[۱۵]. روغن پسته حاوی ترکیبات زیست فعال و بهبود دهنده سلامتی بوده و به عنوان یک روغن فراسودمند در نظر گرفته می‌شود[١٦]. از این رو امروزه روغن پسته به عنوان یک روغن فراسودمند در کشورهای مختلف حتی ایران تولید شده و مصارف خاص خود را دارد. اما آنچه از فراوری پسته و استخراج روغن آن در کارخانجات به عنوان یک محصول جانبی باقی می‌ماند، کنجاله پسته است.

کنجاله مغزها غنی از ترکیبات آنتی اکسیدانی و سلامت بخش هستند. همین مطلب محققین را به مطالعه در مورد خصوصیات این مواد به عنوان مواد غذایی فراسودمند[5] و منابعی با خواص دارویی و پروتئینی ترغیب کرده است[۱۷].

تاکنون مطالعه‌های زیادی در مورد اثر آنتی اکسیدانی عصاره کنجاله و یا پوست مغزها انجام گرفته است. چاندراسکارا و همکاران (۲۰۱۱)، اعلام کردند فعالیت آنتی اکسیدانی مغز و پوست بادام هندی، میزان کل ترکیبات فنولیک موجود در

1. Anacardiaceae
2. Pistacia
3. Roasting
4. Melanoidins
5. Functional food

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]

عصاره متانولی حاصل از کنجاله و پوست بادام هندی و نیز اسیدهای فنولیک و فلاونوئیدهای بادام هندی با افزایش دمای بودادن افزایش می‌یابند[۱۱].

تاکنون مطالعه ای در مورد تأثیر فرایند بودادن بر خصوصیات آنتی اکسیدانی عصاره حاصل از کنجاله پسته اهلی و وحشی انجام نگرفته است. لذا این پژوهش با هدف بررسی و مقایسه خواص آنتی اکسیدانی عصاره کنجاله پسته تحت تأثیر دو نوع فرایند بودادن آون و مایکروویو انجام گرفت.

۲- مواد و روش ها

۲-۱-مواد اولیه

پسته اهلی (واریته احمد آقایی) از مزارع رفسنجان استان کرمان و پسته وحشی (واریته *P.mutica*) از باغ های استان کهگیلویه و بویر احمد تهیه شد. روغن سویای تصفیه شده فاقد ضداکسایندە از کارخانه نهان گل بروجن خریداری شد.

۲-۲-بو دادن پسته ها با دو روش آون و مایکروویو

ابتدا دما و زمان های مختلفی برای بودادن دانه های پسته با استفاده از آون و مایکروویو به کار گرفته شد و بهترین شرایط به این ترتیب به دست آمد: استفاده از آون با دمای ۱۸۰ °C و زمان ۱۵دقیقه و مایکروویو (با فرکانس ۶۰Hz) به مدت ۵ دقیقه. پس از خروج نمونه ها از آون و مایکروویو، پسته ها سرد شده و تا زمان روغن گیری در بسته های پلاستیکی دربسته در یخچال نگهداری شدند.

۲-۳-استخراج روغن از پسته به روش سوکسله[1]

نمونه های آسیاب شده به تیمبل[2] یا کارتوش منتقل شده و استخراج با سیستم سوکسله با حلال پترولیوم اتر[3] به مدت ۶ ساعت انجام شد. بعد از سرد شدن بالن، حلال همراه با روغن استخراج شده با استفاده از تبخیرکننده تحت خلأ جداسازی شده و گاز ازت برای جداسازی باقیمانده حلال تزریق گردید.

1. Soxhlet
2. Thimble
3. Pethrolium ether

۲-۴-تهیه عصاره فنولیکی از کنجاله پسته های خام و بوداده

پس از روغن گیری از پسته های خام و بوداده، عصاره اتانولی کنجاله های باقیمانده تهیه شد. با توجه به مطالعات پیشین، به منظور استخراج میزان بالای ترکیبات فنولیک، حرارت دادن کنجاله ها در شرایط رفلاکس با اتانول ۸۰٪ (حجمی-حجمی) انجام شد[۱۱]. ۶ گرم کنجاله پسته چربی گیری شده با ۱۰۰ میلی لیتر اتانول ۸۰٪ (حجمی-حجمی) مخلوط و سپس در حمام آب ۶۰ °C به مدت ۴۰ دقیقه حرارت داده شد. پس از سانتریفوژ محلول حاصل در ۴۵۰۰ rpm به مدت ۷ دقیقه، مواد باقی مانده بر روی سطح جمع آوری شد و عمل استخراج دو بار دیگر نیز انجام گرفت. اتانول موجود در محلول حاصل توسط تبخیرکننده تحت خلأ[4] در دمای ۴۰ °C تبخیر و در خشک کن انجمادی به مدت ۲۴ ساعت و در دمای ۴۶ °C- خشک شد[۱۱].

۲-۴-۱-تعیین میزان کل ترکیبات فنولیک عصاره

عصاره خام ترکیبات فنولیک برای رسیدن به غلظت ۰/۲ میلی گرم در میلی لیتر در متانول حل شدند. معرف فولین (۰/۵ میلی‌لیتر) به فالکون‌های سانتریفوژ حاوی ۰/۵ میلی لیتر عصاره اضافه شد. محلول کاملاً مخلوط و ۱ میلی لیتر محلول اشباع سدیم کربنات به هر فالکون برای خنثی سازی واکنش اضافه گردید و حجم نهایی آن با افزودن آب مقطر به ۱۰ میلی لیتر رسانیده شد و محلول نهایی کاملاً مخلوط گردید. فالکون‌ها به مدت ۳۵ دقیقه در دمای اتاق و در تاریکی قرار داده شده و سپس در ۴۵۰۰ rpm به مدت ۷ دقیقه سانتریفوژ شدند. جذب مواد آبی رنگ باقی مانده بر روی سطح با استفاده از نمونه شاهد در طول موج ۷۲۵ نانومتر قرائت شد. میزان ترکیبات فنولیک در هر عصاره با استفاده از نمودار استاندارد تهیه شده برای اسید گالیک با معادله $y = 0.1978x - 0.0635$ و ضریب تبیین $R^2 = 0.9413$ تعیین و به ازای میلی گرم گالیک اسید به ازای هر گرم عصاره خام گزارش شد[۱۱].

۲-۴-۲-بررسی خاصیت آنتی اکسیدانی عصاره کنجاله پسته به وسیله مدل سیستم DPPH

غلظت های مختلف ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم/لیتر از عصاره آبی-متانولی کنجاله پسته داخل لوله های آزمایش

4. Rotary vacuum evaporator, Buchi011

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]

ریخته شد و حجم نهایی با افزودن متانول در ۱۰۰ میکرولیتر تنظیم شد. ۵ میلی‌لیتر از محلول متانولی ۰/۱ میلی مولار DPPH به لوله های آزمایش افزوده شد و لوله های آزمایش به شدت هم زده شدند. سپس به مدت ۲۰ دقیقه در دمای □ ۲۷ قرار گرفتند و جذب محلول ها توسط دستگاه اسپکتروفوتومتری در طول موج ۵۱۷ نانومتر در مقابل متانول به عنوان شاهد خوانده شد. نمونه شاهد مانند روش فوق تهیه شد با این تفاوت که در لوله آزمایش به جای عصاره ۱۰۰ میکرولیتر متانول اضافه گردید. فعالیت به دام انداختن رادیکال در عصاره ها به صورت درصد بازدارندگی بیان شد و با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید که در آن A میزان جذب توسط اسپکتروفوتومتر است.

میزان جذب نمونه)] =درصد به دام انداختن رادیکال آزاد
× [میزان جذب نمونه شاهد / (میزان جذب نمونه – شاهد
۱۰۰

پس از اندازه گیری درصد بازدارندگی عصاره‌ها میزان IC_{50} نیز محاسبه گردید. به این ترتیب که نمودار درصدهای بازدارندگی در غلظت‌های مختلف رسم شد و غلظتی که نصف میزان بازدارندگی را به همراه داشت به عنوان مقدار IC_{50} هر عصاره گزارش گردید. IC_{50} به عنوان نیمه عمر یا غلظتی که نیمی از میزان بازدارندگی را به همراه دارد، معرفی می‌شود. بنابراین نمونه ای که کمترین میزان IC_{50} را به خود اختصاص دهد بالاترین میزان پایداری را خواهد داشت چون با کمترین غلظت بیشترین میزان بازدارندگی را داشته است.

۲-۵-بررسی خاصیت آنتی اکسیدانی عصاره کنجاله پسته با افزودن آن به روغن سویای بدون آنتی‌اکسیدان

پس از عصاره گیری به روشی که قبلاً توضیح داده شد، حلال اتانول خارج شده و عصاره حاصل توسط خشک کن انجمادی به پودر تبدیل شد. سپس غلظت های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم/لیتر از هر نمونه عصاره پسته و غلظت ۱۰۰ میلی گرم/لیتر از آنتی‌اکسیدان سنتزی بوتیلات هیدروکسی تولوئن(BHT) در ۵۰ گرم روغن سویای بدون آنتی‌اکسیدان تهیه گردید. سپس نمونه های روغن سویا حاوی عصاره های پسته به عنوان آنتی‌اکسیدان طبیعی، BHT به عنوان آنتی‌اکسیدان سنتزی و یک نمونه روغن بدون آنتی‌اکسیدان به عنوان شاهد به منظور بررسی پایداری اکسیداتیو به مدت ۳۰ روز در دمای □ ۶۰ در آون نگهداری شدند. در روزهای ۰، ۱۵ و ۳۰ از روغن ها نمونه برداری شده و آزمون های عدد پراکسید (به روش AOCS Cd 8b-90) و عدد تیوباربیتوریک اسید (TBA) (به روش AOCS Cd 19-90) در این زمان ها انجام شدند. اندیس توتوکس نیز مطابق با فرمول 2PV+TBA به دست آمد و نتایج مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت[۱۸].

۲-۶-طرح آماری و روش آنالیز نتایج

آنالیزها در قالب طرح کاملاً تصادفی خرد شده در زمان و تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز با روش LSD (حداقل تفاوت معنی دار) در سطح اطمینان ۹۵ درصد و رسم اشکال با استفاده از نرم افزار Excel 2010 انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- میزان ترکیبات فنولیک عصاره کنجاله و خاصیت آنتی‌اکسیدانی آنها

جدول ۳-۱ میزان ترکیبات فنولیک عصاره کنجاله پسته های خام و بوداده اهلی و وحشی را نشان می‌دهد. همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود، عصاره پسته اهلی خام با ۸۹۵/۱۸ میلی گرم گالیک اسید در گرم کنجاله دارای میزان بیشتری ترکیبات فنولیک نسبت به کنجاله وحشی خام با ۷۹۷/۹۷ میلی گرم گالیک اسید در گرم بود و اختلاف بین این مقادیر معنی دار بود ($p<0.05$). میزان ترکیبات فنولیک در کنجاله طی فرایند بودادن با آون و مایکروویو افزایش یافت، به طوری که عصاره پسته اهلی بوداده با مایکروویو و به دنبال آن بوداده با آون بیشترین میزان ترکیبات فنولیک را نشان دادند. بودادن همچنین باعث افزایش میزان ترکیبات فنولیک در کنجاله پسته وحشی گردید اما اختلاف بین این مقادیر در کنجاله پسته وحشی بوداده با مایکروویو و بوداده با آون معنی‌دار نبود. در طی فرایند بودادن پیوند ترکیبات فنولیک با سایر ترکیبات موجود در دانه شکسته شده و این ترکیبات به میزان بیشتری به درون روغن انتقال می‌یابند، به همین دلیل فرایند بودادن باعث افزایش میزان ترکیبات فنولیک شده است[۸]. بودادن با مایکروویو موجب افزایش بیشتر ترکیبات فنولیک نسبت به بودادن با آون شد به گونه ای که تفاوت بین دو روش بودادن

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]

قابل ملاحظه بود. کرفت و همکاران (۲۰۱۰) نیز با بررسی خصوصیات آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های به دست آمده از دانه های بادام زمینی خام، بوداده با آون و بوداده با روغن بیان نمودند فرایند حرارتی اگرچه ترکیب آنتی‌اکسیدانی دانه بادام زمینی را تغییر می‌دهد، با این وجود میزان ترکیبات فنولیک و فعالیت کمپلکس کنندگی رادیکال ها حفظ خواهد شد. این محققین دریافتند بسته به نوع بادام زمینی، واریته و زمان برداشت، افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی متفاوت خواهد بود[۱۹].

جدول ۱ میزان ترکیبات فنولیک عصاره کنجاله پسته های اهلی و وحشی خام و بوداده

تیمار	میزان ترکیبات فنولیک (mg GA/g meal)
اهلی خام	۸۹۵/۱۸^{c}
وحشی خام	۷۹۷/۹۷^{e}
اهلی بوداده با آون	۹۰۹/۱٤^{b}
وحشی بوداده با آون	۸۱٤/۹۷^{d}
اهلی بوداده با مایکروویو	۹۱۵/٤۸^{a}
وحشی بوداده با مایکروویو	۸۱۹/۰٤^{d}
اهلی	۹۰٦/٦^{a}
وحشی	۸۱۰/۷^{b}
خام	۸٤٦/٦^{b}
بوداده	۸٦٤/۷^{a}
آون	۸٦٤/۱^{b}
مایکروویو	۸٦۵/۲^{a}

GA: اسید گالیک، meal: کنجاله

حروف مشترک در هر ستون و هر بخش نشاندهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد

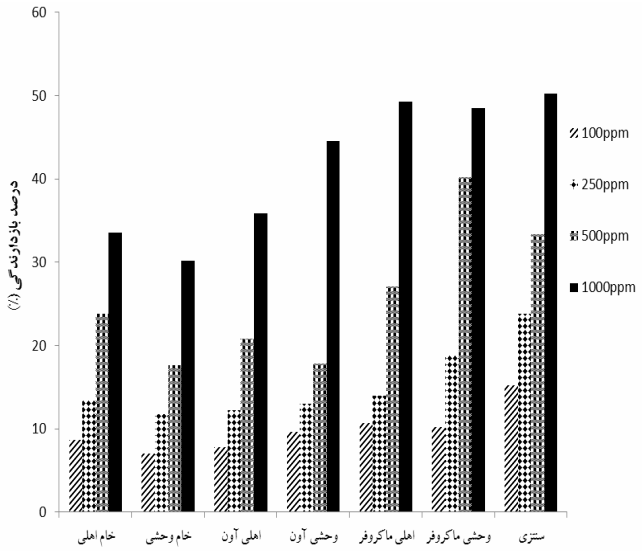
از آن جا که آنتی‌اکسیدان‌ها با دادن یک اتم هیدروژن به رادیکال های آزاد تشکیل شده در محیط از گسترش واکنش-های زنجیره‌ای اکسیداسیون جلوگیری می کنند، کارایی یک ضداکسایندە به سهولت جداشدن این اتم هیدروژن از آن مربوط می‌شود[۱]. برای تعیین قدرت آنتی اکسیدانی ترکیبات می‌توان از رادیکال آزاد پایدار به نام آلفا و آلفا–دی فنیل–بتا–پیکریل هیدرازیل (DPPH) استفاده نمود.

DPPH پودر کریستالی تیره رنگی حاوی مولکول های رادیکال آزاد پایدار است. محلول DPPH دارای رنگ بنفش می باشد. آنتی‌اکسیدان‌ها از طریق دادن یک اتم هیدروژن به مولکول DPPH، آن را غیرفعال می کنند و باعث کاهش جذب محلول می‌گردد که به صورت کم رنگ شدن از ارغوانی به زرد قابل تشخیص است. هرچه محلول کمرنگ تر شود بدین معنی است که ضداکسایندە قوی تر بوده و فعالیت بیشتری داشته است[۱].

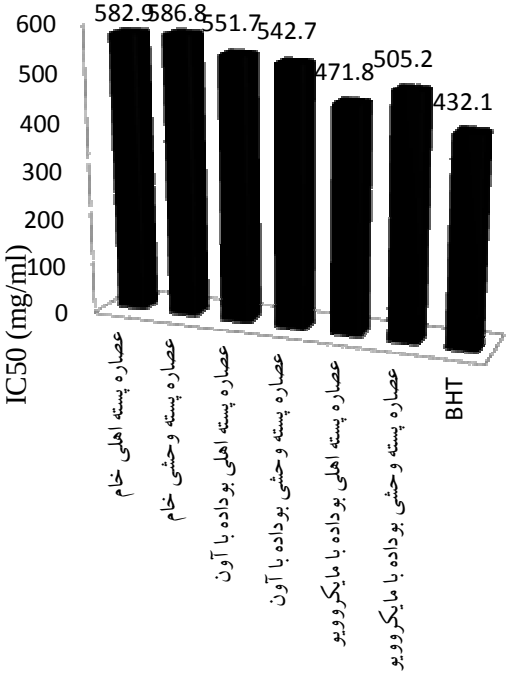
درصد بازدارندگی عصاره کنجاله پسته های اهلی و وحشی خام و بوداده در ٤ غلظت ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم/لیتر و نمودار IC_{50} مربوطه در اشکال ۳–۱ و ۳–۲ به ترتیب نشان داده شده است. درصد بازدارندگی عصاره پسته اهلی خام بیشتر از عصاره پسته وحشی خام بود و این میزان طی فرایند بودادن افزایش یافت که به دلیل افزایش میزان ترکیبات فنولیک طی بودادن و به دنبال آن افزایش درصد بازدارندگی نمونه ها بوده است. همانگونه که در شکل ۳–۱ مشخص است، فرایند بودادن با مایکروویو تأثیر بیشتری در افزایش قدرت بازدارندگی نسبت به آون داشته است. با توجه به جدول ۳–۱ و اشکال ۳–۱ و ۳–۲، عصاره پسته اهلی بوداده با مایکروویو با بیشترین مقدار ترکیبات فنولیک، بیشترین میزان بازدارندگی را پس از آنتی‌اکسیدان سنتزی به خود اختصاص داد و عصاره پسته وحشی خام با ۷۹۷/۹۷ میلی گرم کالیک اسید در کیلوگرم روغن، کمترین میزان بازدارندگی را داشت. نتایج به دست آمده نشان داد با افزایش میزان ترکیبات فنولیک توانایی نمونه موردنظر در به دام انداختن رادیکال های آزاد نیز افزایش می‌یابد. آنتی‌اکسیدان سنتزی بیشترین میزان بازدارندگی را نشان داد و به دنبال آن پسته اهلی و سپس پسته وحشی بوداده با مایکروویو بالاترین قدرت را در بین سایر عصاره ها داشتند. با افزایش غلظت عصاره نمونه‌های پسته از ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی گرم/لیتر، قدرت بازدارندگی تیمارها نیز افزایش یافت.

نتایج میزان IC_{50} نیز با داده های فوق مطابقت داشت به گونه ای که آنتی‌اکسیدان سنتزی با بیشترین قدرت بازدارندگی کمترین میزان IC_{50} و عصاره پسته وحشی خام با کمترین میزان ترکیبات فنولیک و قدرت بازدارندگی، بیشترین میزان IC_{50} را به خود اختصاص دادند. به این معنی که ضداکسایندە سنتزی و به دنبال آن عصاره پسته اهلی بوداده با مایکروویو با غلظت کمتر توانستند نیمی از میزان بازدارندگی را نشان دهند.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]



شکل ۱ درصد بازدارندگی عصاره پسته های خام و بوداده اهلی و وحشی در مقایسه با آنتی اکسیدان سنتزی



شکل۲ میزان IC50 عصاره پسته های خام و بوداده اهلی و وحشی

۳-۲-بررسی خاصیت آنتی اکسیدانی عصاره کنجاله پسته با افزودن آن به روغن سویای بدون آنتی‌اکسیدان

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل روز-تیمار از نظر متغیرهای پراکسید و تیوباربیتوریک اسید در جداول ۳-۲ و ۳-۳ آمده است.

۳-۲-۱-عدد پراکسید

عدد پراکسید نشاندهنده حضور هیدروپراکسیدها (محصولات اولیه اتواکسیداسیون) بوده و برای ارزیابی کیفی روغن به کار می‌رود. در ابتدای دوره نگهداری اعداد پراکسید روغن سویای حاوی عصاره پسته های اهلی و وحشی اندازه‌گیری شد. در طی زمان نگهداری، اعداد پراکسید افزایش یافتند. در روز پانزدهم، افزایش میزان عدد پراکسید در روغن های سویای حاوی عصاره پسته‌های بوداده کمتر از عصاره های خام بود و آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT عملکردی مشابه عصاره های خام نشان داد، بدین معنی که عصاره پسته‌های بوداده در روز پانزدهم قوی‌تر از BHT عمل کردند که می‌تواند به دلیل ترکیبات حاصل از واکنش مایلارد با خاصیت آنتی اکسیدانی که طی بودادن ایجاد می‌شوند یا به دلیل افزایش میزان ترکیبات فنولیک طی بودادن باشد. همین عامل روغن حاوی عصاره پسته بوداده را به اکسیداسیون مقاوم تر ساخته است. در حالی که در روز سی‌ام روغن های سویای حاوی عصاره پسته‌های خام و آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT در جلوگیری از اکسیداسیون موفق‌تر بودند و اعداد پراکسید این روغن‌ها به میزان کمتری نسبت به روغن سویای حاوی عصاره پسته‌های بوداده افزایش یافت. در انتهای دوره نگهداری، بیشترین درصد افزایش عدد پراکسید متعلق به نمونه شاهد بود که در روز ۳۰ عدد پراکسید آن به ۱۵٤ میلی اکی والان در کیلوگرم روغن رسید در حالی که کمترین میزان افزایش عدد پراکسید با اختلاف چشمگیر نسبت به سایرین مربوط به روغن سویای حاوی ۲۰۰ میلی گرم/لیتر عصاره پسته وحشی بو داده با آون بود. تفاوت بین اعداد پراکسید روغن سویای حاوی عصاره پسته های بوداده با مایکروویو و آون نشان داد بودادن توسط مایکروویو به میزان بیشتری باعث افزایش اعداد پراکسید شد که ممکن است به دلیل اعمال حرارت شدیدتر نسبت به آون باشد. نتایج تجزیه واریانس اختلاف معنی داری را برای اثرات روز و تیمار در سطح احتمال ۱ درصد از نظر عدد پراکسید نشان داد که حاکی از اختلاف بین تیمارهای اعمال شده و همچنین روزها از نظر متغیر پراکسید می‌باشد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]

جدول ۲ مقایسه میانگین اثر متقابل روز*تیمار از نظر متغیر پراکسید در روغن سویای مورد آزمون

تیمار	روزهای انبارداری		
	۱	۱۵	۳۰
خام اهلی، ppm ۱۰۰	۰/٦۰^{a}	۳۳/٦۸^{b}	۸۸/۲۳^{g}
خام اهلی، ppm ۲۰۰	۰/٦۰ ^{a}	۳۲/۳۸^{bc}	۸۳/۸۲^{h}
خام وحشی، ppm ۱۰۰	۰/٦۰ ^{a}	۲۵/۹٤^{e}	۹۵/۹۳^{c}
خام وحشی، ppm ۲۰۰	۰/٦۰ ^{a}	۲۱/۰۸^{hi}	۸۹/۳۷^{fg}
اهلی بوداده با آون، ppm ۱۰۰	۰/٦۰ ^{a}	۲۸/۰۸^{d}	۹۰/٦۳^{ef}
اهلی بوداده با آون، ppm ۲۰۰	۰/٦۰ ^{a}	۲۲/۰۱^{gh}	۷۹/٤۱^{i}
وحشی بوداده با آون، ppm ۱۰۰	۰/٦۰ ^{a}	۱۹/٦۲^{i}	۱۰۰/٦۹^{b}
وحشی بوداده با آون، ppm ۲۰۰	۰/٦۰^{a}	۲/٤۹^{k}	۱۷/٤۳^{l}
اهلی بوداده با مایکروویو، ppm ۱۰۰	۰/٦۰^{a}	۲۵/۱۱^{ef}	۹۳/۰٤^{d}
اهلی بوداده با مایکروویو، ppm ۲۰۰	۰/٦۰^{a}	۲۳/۲۹^{fg}	۹۰/٦۵^{ef}
وحشی بوداده با مایکروویو، ppm ۱۰۰	۰/٦۰^{a}	۲۲/۱۱^{fg}	۹۱/٦۲^{de}
وحشی بوداده با مایکروویو، ppm ۲۰۰	۰/٦۰^{a}	۱۷/۰۸^{j}	٤۳/۲۸^{k}
آنتی اکسیدان سنتزی BHT، ppm ۱۰۰	۰/٦۰^{a}	۳۰/۲۷^{c}	۵۱/۰۱^{j}
شاهد	۰/٦۰^{a}	٤۸/۹۲^{a}	۱۵٤/۳۳^{a}

حروف مشترک در هر ستون نشاندهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ می باشد

۳-۲-۲-عدد تیوباربیتوریک اسید

عدد تیوباربیتوریک اسید به عنوان شاخص حضور مالون آلدئید به عنوان محصولات ثانویه اکسیداسیون در نظر گرفته می‌شود. در هنگام اکسیداسیون چربی در نتیجه تجزیه اسیدهای چرب غیراشباع، ترکیب آلدئیدی با ۳ یا تعداد بیشتری پیوندهای دوگانه به نام مالون آلدئید تشکیل می شود که به عنوان یک شاخص برای نشان دادن شدت اکسیداسیون چربی به کار می رود. در ابتدای دوره نگهداری اعداد تیوباربیتوریک اسید روغن سویای حاوی عصاره پسته های اهلی و وحشی اندازه‌گیری شد. در طی زمان نگهداری، اعداد تیوباربیتوریک اسید در همه تیمارها در روز پانزدهم افزایش و در روز سی‌ام کاهش یافتند. با گذشت زمان از روز اول تا روز پانزدهم به دلیل انجام فرایند اکسیداسیون افزایش کمی در عدد تیوباربیتوریک اسید قابل انتظار است در حالی که در روز سی ام با افزایش بالای عدد پراکسید ترکیبات ثانویه اکسیداسیون هنوز تولید نشده‌اند و عدد تیوباربیتوریک اسید کاهش یافته است. در روز پانزدهم، افزایش عدد TBA در روغن های سویای حاوی عصاره پسته‌های بوداده کمتر از عصاره های خام بود و ضداکسایندە سنتزی BHT عملکردی مشابه عصاره های بوداده را نشان داد. در انتهای دوره نگهداری، بیشترین درصد افزایش عدد TBA متعلق به نمونه شاهد بود که در روز ۳۰ عدد TBA آن به ۰/۷۸۱ میلی گرم مالون دی آلدئید در کیلوگرم روغن رسید در حالی که کمترین میزان افزایش عدد TBA مربوط به روغن سویای حاوی ۲۰۰ میلی گرم/لیتر عصاره پسته اهلی بوداده با مایکروویو بود (جدول ۳-۳). نکته دیگر قابل توجه این بود که روغن سویای حاوی ۲۰۰ میلی گرم/لیتر عصاره پسته اهلی بوداده با مایکروویو تأثیر مشابه و تقریباً یکسانی با آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT داشت و حتی عملکرد قوی تری نیز در جلوگیری از پیشرفت روند اکسیداسیون نسبت به BHT نشان داد. تفاوت بین اعداد TBA روغن سویای حاوی عصاره پسته های بوداده با مایکروویو و آون همانند نتایج اعداد TBA روغن های پسته اهلی و وحشی خام و بوداده نشان داد بودادن توسط مایکروویو تأثیر بهتری روی افزایش اعداد TBA داشت به گونه‌ای که اعداد TBA در بودادن با مایکروویو به میزان کمتری نسبت به بودادن با آون افزایش نشان دادند. نتایج تجزیه واریانس اختلاف معنی داری را برای اثرات روز و تیمار در سطح احتمال ۱ درصد از نظر عدد پراکسید نشان داد که حاکی از اختلاف بین تیمارهای اعمال شده و همچنین روزها از نظر متغیر پراکسید می باشد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]

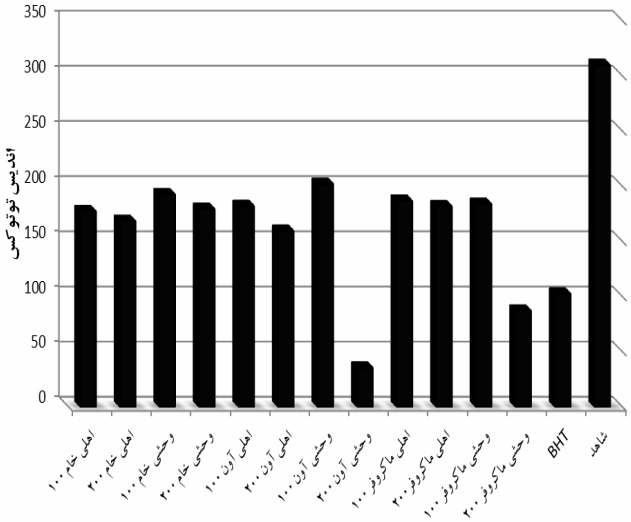
جدول ۳ مقایسه میانگین اثر متقابل روز*تیمار از نظر متغیر عدد تیوباربیتوریک اسید در روغن سویای مورد آزمون

تیمار	روزهای انبارداری		
	۱	۱۵	۳۰
خام اهلی، ppm ۱۰۰	۰/۰۰۷^{a}	۰/۵۹۳^{b}	۰/٤٦٢^{b}
خام اهلی، ppm ۲۰۰	۰/۰۰۷^{a}	۰/۵۵۱^{d}	۰/۳۷۲^{f}
خام وحشی، ppm ۱۰۰	۰/۰۰۷^{a}	۰/۵۸۱^{bc}	۰/٤۲٤^{c}
خام وحشی، ppm ۲۰۰	۰/۰۰۷^{a}	۰/۵۵۷^{cd}	۰/۲۸۲^{j}
اهلی بوداده با آون، ppm ۱۰۰	۰/۰۰۷^{a}	۰/۵۰۵^{ef}	۰/٤۱۵^{d}
اهلی بوداده با آون، ppm ۲۰۰	۰/۰۰۷^{a}	۰/٤۸۳^{fg}	۰/۳٤۰^{g}
وحشی بوداده با آون، ppm ۱۰۰	۰/۰۰۷^{a}	۰/۵۱٦^{e}	۰/٤۰۲^{e}
وحشی بوداده با آون، ppm ۲۰۰	۰/۰۰۷^{a}	۰/٤۷۳^{g}	۰/۳۳٤^{h}
اهلی بوداده با مایکروویو، ppm ۱۰۰	۰/۰۰۷^{a}	۰/۳۵۱^{hi}	۰/۲۵۳^{k}
اهلی بوداده با مایکروویو، ppm ۲۰۰	۰/۰۰۷^{a}	۰/۲۸۷^{j}	۰/۱۷۹^{m}
وحشی بوداده با مایکروویو، ppm ۱۰۰	۰/۰۰۷^{a}	۰/۳۲٦^{i}	۰/۳۳۱^{i}
وحشی بوداده با مایکروویو، ppm ۲۰۰	۰/۰۰۷^{a}	۰/۲۹۹^{j}	۰/۲۸۲^{j}
آنتی اکسیدان سنتزی BHT، ppm ۱۰۰	۰/۰۰۷^{a}	۰/۳۳٤^{i}	۰/۱۹۳^{l}
شاهد	۰/۰۰۷^{a}	۰/۸۱۸^{a}	۰/۷۸۱^{a}

حروف مشترک در هر ستون نشاندهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ می باشد

۳-۲-۳-اندیس توتوکس

اندیس دیگری که به منظور بررسی میزان پیشرفت اکسیداسیون به کار می‌رود، اندیس توتوکس است. این شاخص در روز سی‌ام ماندگاری به منظور مقایسه میزان پایداری روغن‌های پسته حاوی و بدون آنتی اکسیدان اندازه‌گیری شد. با توجه به شکل ۳-۳، بیشترین و کمترین میزان عدد توتوکس به ترتیب برای نمونه شاهد و ۲۰۰ میلی گرم/لیتر عصاره کنجاله پسته وحشی بوداده با آون برای به دست آمد و به دنبال عصاره پسته وحشی بوداده با آون، پسته وحشی بوداده با مایکروویو و آنتی‌اکسیدان سنتزی کمترین مقدار را داشته‌اند. همانطور که مشخص است، عصاره پسته وحشی از آنتی‌اکسیدان سنتزی هم قوی‌تر عمل کرده است. بررسی اندیس توتوکس روغن سویای حاوی ۲۰۰ میلی گرم/لیتر عصاره کنجاله پسته وحشی بوداده با آون و نتایج عدد پراکسید نشان می‌دهد عصاره کنجاله پسته وحشی بوداده با آون پایداری بالایی به اکسیداسیون نشان داده است که می‌تواند به دلیل ترکیبات فنولیک موجود در پسته وحشی و روش بودادن با آون است.



شکل۳ میزان اندیس توتوکس روغن سویای مورد آزمون در روز ۳۰ام انبارداری

٤-نتیجه گیری

با مقایسه میزان ترکیبات فنولیک کنجاله‌ها قبل و بعد از فرایند بودادن مشاهده شد که فرایند بودادن می‌تواند موجب افزایش میزان ترکیبات فنولیک و افزایش خواص آنتی اکسیدانی کنجاله پسته شود و راهی مناسب و ارزان جهت افزایش ترکیبات فنولیک و خواص آنتی اکسیدانی مغزها باشد. نتایج استفاده از

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]

عصاره پسته های خام و بوداده اهلی و وحشی در روغن سویای بدون آنتی‌اکسیدان طی مدت زمان نگهداری، حاکی از آن است که عصاره حاصل از کنجاله پسته های خام و بوداده اهلی و وحشی می‌تواند به عنوان یک ضداکساینده طبیعی مناسب جهت جلوگیری از اکسیداسیون روغن ها مورد استفاده قرار گیرد که حتی قابل مقایسه با نوع سنتزی (BHT) بود و بودادن دانه های پسته به افزایش خاصیت آنتی اکسیدانی کنجاله دانه های پسته کمک خواهد کرد.

۵-منابع

[1] Tomaino, A., M. Martorana, T. Arcoraci, D. Monteleone, C. Giovinazzo, and A. Saija. 2010. Antioxidant activity and phenolic profile of pistachio (*Pistacia vera L., variety Bronte*) seeds and skins. *Biochimie*. 92: 1115-1122.

[2] Vujasinovic, V., S. Djilas, E. Dimic, Z. Basic, and O. Radocaj. 2012. Roasting Effect on the Chemical Composition and Oxidative Stability of Pumpkin Oil. *Eur. J. Lipid Sci. Tech*. 0: 000-000.

[3] Kashaninejad, M., A. Mortazavi, A. Safekordi, and L. G. Tabil. 2006. Some physical properties of Pistachio (*Pistacia vera L.*) nut and its kernel. *J. Food Eng*. 72: 30-38.

[4] Tsantili, E., C. Takidelli, M.V. Christopoulosa, E. Lambrineab, D. Rouskasc, and P.A. Roussosa. 2010. Physical, compositional and sensory differences in nuts among pistachio (*Pistachia vera L.*) varieties. *Sci. Hortic*. 125: 562–568.

[5] Farivarmihan, H. Poorkermani, M.M. Farbod, F. Panahi, B. 1377. Pistachio manual (Planting and Harvesting). Dissemination of agricaltural education.

[6] Caglarirmak, N., and A. C. Batkan. 2005. Nutrients and biochemistry of nuts in different consumption types in Turkey. *J. Food Process. Pres*. 29: 407-423.

[7] Kim, H.G., G.W. Kim, H. Oh, S.Y. Yoo, Y.O. Kim, and M.S. Oh. 2011. Influence of roasting on the antioxidant activity of small black soybean (*Glycine max L. Merrill*). *LWT - Food Sci. Tech*. 44: 992-998.

[8] Durmaz, G., and V. Gökmen. 2011. Changes in oxidative stability, antioxidant capacity and phytochemical composition of Pistacia terebinthus oil with roasting. *Food Chem*. 128: 410-414.

[9] Saitta, M., D. Giuffrida, G. L. La Torre, A. G. Potortì, and G. Dugo. 2009. Characterisation of alkylphenols in pistachio (*Pistacia vera*) kernels. *Food Chem*. 117: 451-455.

[10] Bellomo, M. G., and B. Fallico. 2007. Anthocyanins, chlorophylls and xanthophylls in pistachio nuts (*Pistacia vera*) of different geographic origin. *J. Food Compos. Anal*. 2: 352-359.

[11] Chandrasekara, N., and F. Shahidi. 2011. Antioxidative potential of cashew phenolics in food and biological model systems as affected by roasting. *Food Chem*. 129: 1388-1396.

[12] Chung, H. s., S. k. Chung, and K. s. Youn. 2011. Effects of roasting tempreture and time on bulk density, soluable solids, browning index and phenolic compounds of corn kernels. *J. Food Process. Pres*. 35: 832-839.

[13] Chang, S. S., B. Ostric-Matijasevic, A. L. Hsieh, and C. L. Hiang. 1977. Natural antioxidants from rosemary and sage. *J. Food Sci*. 42: 1102-1106.

[14] Pokorny, J. 1991. Natural antioxidants for food use. *Trends. Food Sci .Tech*. 12: 223-227.

[15] Kahyaoglu, T. 2008. Optimization of the pistachio nut roasting process using response surface methodology and gene expression programming. *LWT-Food Sci. Tech*. 41: 26-33.

[16] Alasalvar, C., and E. Pelvan. 2011. Fat-soluble bioactives in nuts. *Eur. J. Lipid Sci. Tech*. 113: 943–949.

[17] Shahidi, F., and H. Miraliakbari. 2005. *Tree Nut Oils*, ed, vol. 2. Part7. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey.

[18] AOCS. 2004. Official methods and recommended practices of the AOCS, 5thed., Champaign, illinois.

[19] Craft, B.D., A. Kosińska, R. Amarowicz, and R.B. Pegg. 2010. Antioxidant properties of extracts obtained from raw, dry-roasted, and oil-roasted US peanuts of commercial importance. *Plant Food Hum. Nutr*. 65: 311-318.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]

The effect of roasting process on total phenolic compounds and antioxidant activity of two domestic and wild varieties pistachio oil

Fazli Aghdaei, M. [1], Goli, S. A. H. [2*], Keramat[3], J. [3], Ansarian, A. [4]

1. Msc of Food Science and Technology, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
3. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
4. Assistant of Food and Drug Department, Isfahan University of Medical Science, Isfahan, Iran.

(Received: 93/2/23 Accepted: 93/7/8)

One of the most favorable results of roasting process is increasing in antioxidant activity which is mainly due to the formation of mailard reaction products. Roasting of domestic pistachio nut (Ahmad Aghayi cultivar) and wild pistachio nut (*P.mutica*) was performed by two methods of oven and microwave. After oil extraction, the extract meals of pistachios were prepared and their phenolic content and antioxidant activities were determined. Phenolic content of pistachio meal extract was in the range of 915-797 mg Gallic acid in kg oil. By comparing phenolic compounds before and after roasting, it can be realized that roasting can increase the amount of phenolic compounds and antioxidant activity of pistachio meals. Pistachio meal extracts were added to soybean oil without antioxidant. The soybean oil samples containing pistachio extracts as a natural antioxidant, BHT as synthetic antioxidant and an oil without antioxidant as control maintained in oven at the temperature of 60℃ in 30 days to evaluate the antioxidant stability and sampling was performed in 1, 15 and 30 days. The results of peroxide and thiobarbituric acid during the storage period showed that the extract of pistachio meal can be used as a good source of natural antioxidant to prevent oxidation in oils.

Keywords: Pistachio, Meal, Extract, Roasting, Antioxidant activity.

[*]Corresponding Author E-Mail Address: amirgoli@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]