

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

مریم فضلی عقدائی^۱، سید امیر حسین 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

۴- معاونت غذا و دارو، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

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

چکیده

یکی از مهمترین نتایج فرایند بو دادن افزایش فعالیت ضداکسایشی است که اساساً به دلیل تشکیل محصولات واکنش مایلارد اتفاق می‌افتد. در این پژوهش بو دادن دو رقم پسته اهلی (وارسته احمد آقائی) و پسته وحشی (وارسته *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 بو دادن 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 ضداکساینده اضافه شدند. سپس نمونه‌های روغن سویا حاوی عصاره های پسته به عنوان ضداکساینده طبیعی، BHT به عنوان ضداکساینده سنتزی و یک نمونه روغن بدون ضداکساینده 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 ضداکساینده طبیعی مناسب جهت جلوگیری از اکسیداسیون روغن ها مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژگان: پسته، کنجاله، عصاره، بو دادن، خاصیت آنتی اکسیدانی.

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

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 رژیم 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 [۴]. پسته گیاهی نیمه گرمسیری از خانواده آناکاردیاسه^۱ از تیره سماقیان و جنس پیستاسیا^۲ است [۵] و به طور گسترده ای در خاورمیانه، کشورهای مدیترانه و ایالات متحده آمریکا پرورش یافته است [۶] و بر اساس آمار گزارش شده توسط وزارت جهاد کشاورزی، ایران با تولید متوسط سالانه 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 می-شوند [۵].

از آنجایی که درصد بالایی از پسته به صورت محصول بوداده مصرف می-شود [۸]، فرایند بودادن^۳ یکی از روش های معمول فراوری و مهمترین مرحله توسعه طعم پسته به شمار می-رود. در پسته، طعم، رنگ و بافت در طول فرایند بودادن، که مانند دیگر مغزها و قهوه یک مرحله اساسی در فراوری پسته می-باشد، توسعه می-یابد [۹]. هدف فرایند بودادن در فراوری مواد غذایی، بهبود، اصلاح کیفیت و امنیت مواد غذایی مانند دانه سویا، فندق، دانه های 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^۴ می-شود [۱۲]، می-تواند 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 می-شوند [۸]، بنابراین فرایند بودادن می-تواند 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 [۱۴]. و جاسینویک 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 می-باشد. مغز پسته خام (اهلی و وحشی) منبع خوبی از چربی (۶۰-۴۰٪) 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 می-باشد [۱۵]. روغن پسته حاوی ترکیبات زیست فعال و بهبود دهنده سلامتی بوده و به عنوان یک روغن فراسودمند در نظر گرفته می-شود [۱۶]. 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 می-ماند، 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^۵ و منابعی با خواص دارویی و پروتئینی ترغیب کرده است [۱۷].

تاکنون مطالعه های 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

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 °C ۶۰ 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^۱ در دمای °C ۴۰ تبخیر و در خشک کن انجمادی به مدت ۲۴ ساعت و در دمای °C ۴۶- 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 میلی لیتر) به فالكون های سانتریفوژ حاوی ۰/۵ میلی لیتر عصاره اضافه شد. محلول کاملاً مخلوط و ۱ میلی لیتر محلول اشباع سدیم کربنات به هر فالكون 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. فالكون ها 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

عصاره متانولی حاصل از کنجاله و پوست بادام هندی و نیز اسیدهای فنولیک و فلاونوئیدهای بادام هندی با افزایش دمای بودادن افزایش می یابند [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 آن 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 ضداکسایند از کارخانه نهان گل بروجن خریداری شد.

۲-۲- بو دادن پسته ها با دو روش آن و

مایکروویو

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

۲-۳- استخراج روغن از پسته به روش

سوکسله^۱

نمونه های آسیاب شده به تیمبل^۲ یا کارتوش منتقل شده و استخراج با سیستم سوکسله با حلال پترولیوم اتر^۳ 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

4. Rotary vacuum evaporator, Buchi011

بررسی پایداری اکسیداتیو به مدت ۳۰ روز در دمای ۶۰ °C در آون نگهداری شدند. در روزهای ۰، ۱۵ و ۳۰ از روغن‌ها نمونه برداری شده و آزمون‌های عدد پراکسید (به روش AOCS Cd 8b-90) و عدد تیوباربیتوریک اسید (TBA) (به روش AOCS Cd 19-90) در این زمان‌ها 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 داده‌ها 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 پسته‌های 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 گونه‌ای که تفاوت بین دو روش بودادن

ریخته شد و حجم نهایی با افزودن متانول در ۱۰۰ میکرولیتر تنظیم شد. ۵ میلی‌لیتر از محلول متانولی ۰/۱ میلی مولار DPPH به لوله‌های آزمایش افزوده شد و لوله‌های آزمایش به شدت هم زده شدند. سپس به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۲۷ قرار گرفتند و جذب محلول‌ها 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 عصاره‌ها به صورت درصد بازدارندگی بیان شد و با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید که در آن A میزان جذب توسط اسپکتروفوتومتر است.

$$\text{میزان جذب نمونه (\%)} = \left[\frac{\text{میزان جذب نمونه شاهد}}{\text{میزان جذب نمونه}} \right] \times 100$$

پس از اندازه‌گیری 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 نمونه‌ای 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 آنتی‌اکسیدانی عصاره

کنجاله پسته با افزودن آن به روغن سویای

بدون آنتی‌اکسیدان

پس از عصاره‌گیری به روشی که قبلاً توضیح داده شد، حلال اتانول خارج شده و عصاره حاصل توسط خشک‌کن انجمادی به پودر تبدیل شد. سپس غلظت‌های 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 نمونه‌های روغن سویا حاوی عصاره‌های پسته به عنوان آنتی‌اکسیدان طبیعی، BHT به عنوان آنتی‌اکسیدان سنتزی و یک نمونه روغن بدون آنتی‌اکسیدان به عنوان شاهد به منظور

می باشد. آنتی اکسیدان‌ها از طریق دادن یک اتم هیدروژن به مولکول DPPH، آن را غیرفعال می کنند و باعث کاهش جذب محلول می گردد که به صورت کم رنگ شدن از ارغوانی به زرد قابل تشخیص است. هرچه محلول کم رنگ تر شود بدین معنی است که ضد اکساینده قوی تر بوده و فعالیت بیشتری داشته است [۱].

درصد بازدارندگی عصاره کنجاله پسته های اهلی و وحشی خام و بوداده در ۴ غلظت ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم/لیتر و نمودار IC₅₀ مربوطه در اشکال ۱-۳ و ۲-۳ 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 ۱-۳ مشخص است، فرایند بودادن با مایکروویو تأثیر بیشتری در افزایش قدرت بازدارندگی نسبت به آن داشته است. با توجه به جدول ۱-۳ و اشکال ۱-۳ و ۲-۳، عصاره پسته اهلی بوداده با مایکروویو با بیشترین مقدار ترکیبات فنولیک، بیشترین میزان بازدارندگی را پس از آنتی اکسیدان 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 می یابد. آنتی اکسیدان 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 نمونه های پسته از ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی گرم/لیتر، قدرت بازدارندگی تیمارها نیز افزایش یافت.

نتایج میزان IC₅₀ نیز با داده های فوق مطابقت داشت به گونه ای که آنتی اکسیدان سنتزی با بیشترین قدرت بازدارندگی کمترین میزان IC₅₀ و عصاره پسته وحشی خام با کمترین میزان ترکیبات فنولیک و قدرت بازدارندگی، بیشترین میزان IC₅₀ را به خود اختصاص دادند. به این معنی که ضد اکساینده سنتزی و به دنبال آن عصاره پسته اهلی بوداده با مایکروویو با غلظت کمتر توانستند نیمی از میزان بازدارندگی را نشان دهند.

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

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

میزان ترکیبات فنولیک (mg GA/g meal)	تیمار
۸۹۵/۱۸ ^c	اهلی خام
۷۹۷/۹۷ ^e	وحشی خام
۹۰۹/۱۴ ^b	اهلی بوداده با آون
۸۱۴/۹۷ ^d	وحشی بوداده با آون
۹۱۵/۴۸ ^a	اهلی بوداده با مایکروویو
۸۱۹/۰۴ ^d	وحشی بوداده با مایکروویو
۹۰۶/۶ ^a	اهلی
۸۱۰/۷ ^b	وحشی
۸۴۶/۶ ^b	خام
۸۶۴/۷ ^a	بوداده
۸۶۴/۱ ^b	آون
۸۶۵/۲ ^a	مایکروویو

GA: اسید گالیک، meal: کنجاله

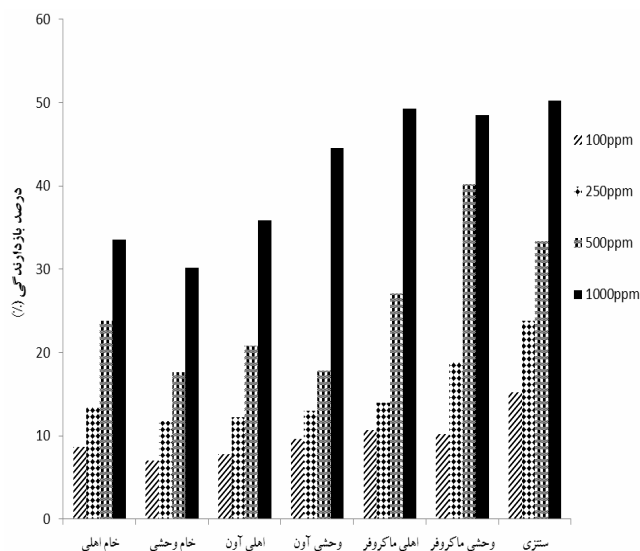
حروف مشترک در هر ستون و هر بخش نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۰.۵٪ می باشد

از آن جا که آنتی اکسیدان‌ها با دادن یک اتم هیدروژن به رادیکال های آزاد تشکیل شده در محیط از گسترش واکنش-های زنجیره ای اکسیداسیون جلوگیری می کنند، کارایی یک ضد اکساینده به سهولت جداسدن این اتم هیدروژن از آن مربوط می شود [۱]. برای تعیین قدرت آنتی اکسیدانی ترکیبات می توان از رادیکال آزاد پایدار به نام آلفا و آلفا-دی فنیل-بتا-پیکریل هیدرازیل (DPPH) استفاده نمود.

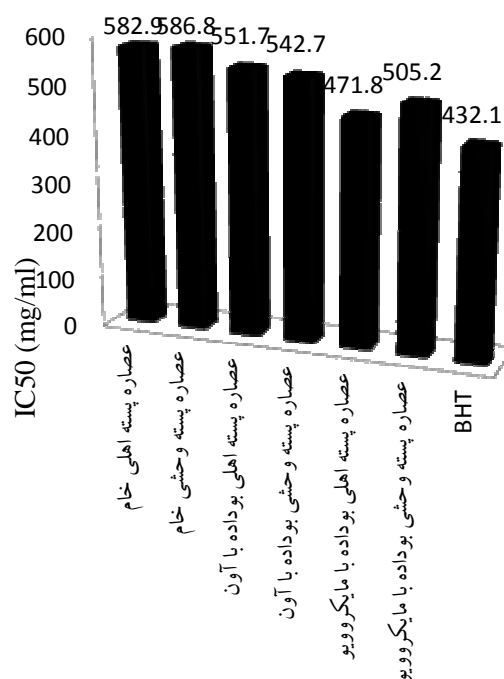
DPPH پودر کریستالی تیره رنگی حاوی مولکول های رادیکال آزاد پایدار است. محلول DPPH دارای رنگ بنفش

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 روز 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 آنتی‌اکسیدانی 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 ۱۵۴ میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم روغن رسید در حالی که کمترین میزان افزایش عدد پراکسید با اختلاف چشمگیر نسبت به سایرین مربوط به روغن سویای حاوی ۲۰۰ میلی‌گرم/لیتر عصاره پسته وحشی بوداده با آن بود. تفاوت بین اعداد پراکسید روغن سویای حاوی عصاره پسته های بوداده با میکروویو و آن نشان داد بودادن توسط میکروویو به میزان بیشتری باعث افزایش اعداد پراکسید شد که ممکن است به دلیل اعمال حرارت شدیدتر نسبت به آن 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.



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



شکل ۲ میزان IC50 عصاره پسته های خام و بوداده اهلی و وحشی

۳-۲- بررسی خاصیت آنتی‌اکسیدانی 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 ۲-۳ و ۳-۳ آمده است.

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

روزهای انبارداری			تیمار
۳۰	۱۵	۱	
۸۸/۲۳ ^g	۳۳/۶۸ ^b	۰/۶۰ ^a	خام اهلی، ۱۰۰ ppm
۸۳/۸۲ ^h	۳۲/۳۸ ^{bc}	۰/۶۰ ^a	خام اهلی، ۲۰۰ ppm
۹۵/۹۳ ^c	۲۵/۹۴ ^e	۰/۶۰ ^a	خام وحشی، ۱۰۰ ppm
۸۹/۳۷ ^{fg}	۲۱/۰۸ ^{hi}	۰/۶۰ ^a	خام وحشی، ۲۰۰ ppm
۹۰/۶۳ ^{ef}	۲۸/۰۸ ^d	۰/۶۰ ^a	اهلی بوداده با آن، ۱۰۰ ppm
۷۹/۴۱ ⁱ	۲۲/۰۱ ^{gh}	۰/۶۰ ^a	اهلی بوداده با آن، ۲۰۰ ppm
۱۰۰/۶۹ ^b	۱۹/۶۲ ^j	۰/۶۰ ^a	وحشی بوداده با آن، ۱۰۰ ppm
۱۷/۴۳ ^l	۲/۴۹ ^k	۰/۶۰ ^a	وحشی بوداده با آن، ۲۰۰ ppm
۹۳/۰۴ ^d	۲۵/۱۱ ^{ef}	۰/۶۰ ^a	اهلی بوداده با مایکروویو، ۱۰۰ ppm
۹۰/۶۵ ^{ef}	۲۳/۲۹ ^{fg}	۰/۶۰ ^a	اهلی بوداده با مایکروویو، ۲۰۰ ppm
۹۱/۶۲ ^{de}	۲۲/۱۱ ^{fg}	۰/۶۰ ^a	وحشی بوداده با مایکروویو، ۱۰۰ ppm
۴۳/۲۸ ^k	۱۷/۰۸ ^l	۰/۶۰ ^a	وحشی بوداده با مایکروویو، ۲۰۰ ppm
۵۱/۰۱ ^j	۳۰/۲۷ ^c	۰/۶۰ ^a	آنتی اکسیدان سنتزی BHT، ۱۰۰ ppm
۱۵۴/۳۳ ^a	۴۸/۹۲ ^a	۰/۶۰ ^a	شاهد

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

۳-۲-۲-عدد تیوباریتوریک اسید

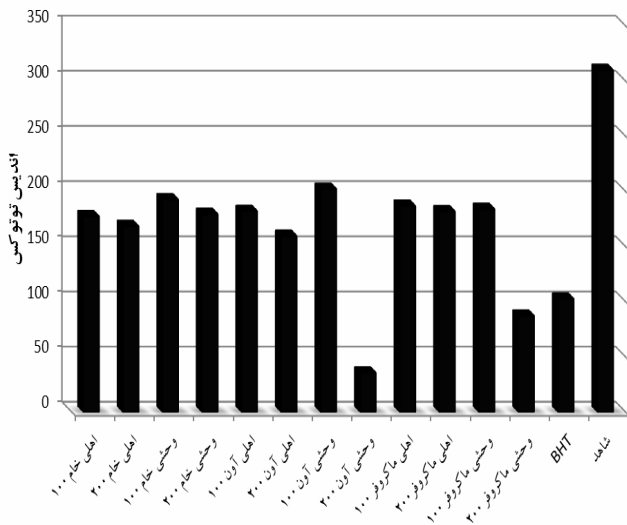
عدد تیوباریتوریک اسید به عنوان شاخص حضور مالون آلدئید به عنوان محصولات ثانویه اکسیداسیون در نظر گرفته می شود. در هنگام اکسیداسیون چربی در نتیجه تجزیه اسیدهای چرب غیراشباع، ترکیب آلدئیدی با ۳ یا تعداد بیشتری پیوندهای دوگانه به نام مالون آلدئید تشکیل می شود که به عنوان یک شاخص برای نشان دادن شدت اکسیداسیون چربی به کار می رود. در ابتدای دوره نگهداری اعداد تیوباریتوریک اسید روغن سویای حاوی عصاره پسته های اهلی و وحشی اندازه گیری شد. در طی زمان نگهداری، اعداد تیوباریتوریک اسید در همه تیمارها در روز پانزدهم افزایش و در روز سی ام کاهش یافتند. با گذشت زمان از روز اول تا روز پانزدهم به دلیل انجام فرایند اکسیداسیون افزایش کمی در عدد تیوباریتوریک اسید قابل انتظار است در حالی که در روز سی ام با افزایش بالای عدد پراکسید ترکیبات ثانویه اکسیداسیون هنوز تولید نشده اند و عدد تیوباریتوریک اسید کاهش یافته است. در روز پانزدهم، افزایش عدد TBA در روغن های سویای حاوی عصاره پسته های بوداده کمتر از عصاره های خام بود و ضداکسایند 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 آنتی اکسیدان 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 آن 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 گونه ای که اعداد TBA در بودادن با مایکروویو به میزان کمتری نسبت به بودادن با آن 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.

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، ۱۰۰ ppm	۰/۰۰۷ ^a	۰/۵۹۳ ^b	۰/۴۶۳ ^b
خام اهلی، ۲۰۰ ppm	۰/۰۰۷ ^a	۰/۵۵۱ ^d	۰/۳۷۲ ^f
خام وحشی، ۱۰۰ ppm	۰/۰۰۷ ^a	۰/۵۸۱ ^{bc}	۰/۴۲۴ ^c
خام وحشی، ۲۰۰ ppm	۰/۰۰۷ ^a	۰/۵۵۷ ^{cd}	۰/۲۸۲ ^j
اهلی بوداده با آون، ۱۰۰ ppm	۰/۰۰۷ ^a	۰/۵۰۵ ^{ef}	۰/۴۱۵ ^d
اهلی بوداده با آون، ۲۰۰ ppm	۰/۰۰۷ ^a	۰/۴۸۳ ^{fg}	۰/۳۴۰ ^g
وحشی بوداده با آون، ۱۰۰ ppm	۰/۰۰۷ ^a	۰/۵۱۶ ^e	۰/۴۰۲ ^e
وحشی بوداده با آون، ۲۰۰ ppm	۰/۰۰۷ ^a	۰/۴۷۳ ^g	۰/۳۳۴ ^h
اهلی بوداده با مایکروویو، ۱۰۰ ppm	۰/۰۰۷ ^a	۰/۳۵۱ ^{hi}	۰/۲۵۳ ^k
اهلی بوداده با مایکروویو، ۲۰۰ ppm	۰/۰۰۷ ^a	۰/۲۸۷ ^j	۰/۱۷۹ ^m
وحشی بوداده با مایکروویو، ۱۰۰ ppm	۰/۰۰۷ ^a	۰/۳۲۶ ⁱ	۰/۳۳۱ ⁱ
وحشی بوداده با مایکروویو، ۲۰۰ ppm	۰/۰۰۷ ^a	۰/۲۹۹ ^j	۰/۲۸۲ ^j
آنتی اکسیدان سنتزی ۱۰۰ ppm .BHT	۰/۰۰۷ ^a	۰/۳۳۴ 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



شکل ۳ میزان اندیس توتوکس روغن سویای مورد آزمون در روز ۳۰م انبارداری

۴- 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

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 آنتی اکسیدان سنتزی کمترین مقدار را داشته‌اند. همانطور که مشخص است، عصاره پسته وحشی از آنتی اکسیدان 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.

- 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 temperature and time on bulk density, soluble 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, 5th ed., 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.
- عصاره پسته های خام و بوداده اهلی و وحشی در روغن سویای بدون آنتی اکسیدان طی مدت زمان نگهداری، حاکی از آن است که عصاره حاصل از کنجاله پسته های خام و بوداده اهلی و وحشی می تواند به عنوان یک ضد اکساینده 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. Christopoulou, 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 agricultural 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

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*}, Keramat³, 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°C 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