



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی پایداری اکسیداتیو روغن بکر مغزگردوی ایرانی (*Juglans regia* L.) غنی شده با عصاره شلتوک برنج ایرانی جوانه زده استخراج شده به کمک روش اولتراسوند
فاطمه یعقوبی حسنعلی ده^۱، ندا احمدی کمازانی^{۲*}

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

۲- استادیار، گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۳۱

تاریخ داوری: ۱۴۰۴/۰۶/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۲۶

کلمات کلیدی:

شلتوک برنج جوانه زده،

اولتراسوند،

روغن بکر مغز گردوی ایرانی

پایداری اکسیداتیو،

عصاره آنتی اکسیدانی.

DOI: 10.48311/fsct.2026.83833.0

* مسئول مکاتبات:

ahmadi.academic@iaui.ac.ir

هدف از این پژوهش، ارزیابی آثار حفاظتی عصاره شلتوک برنج جوانه زده استخراج شده توسط امواج اولتراسوند در پایداری اکسیداتیو روغن بکر مغز گردوی ایرانی بود. عصاره شلتوک برنج جوانه زده در یک حمام اولتراسوند در دمای 50°C ، زمان ۳۰ دقیقه و فرکانس ۴۰ کیلو هرتز با حلال safe اتانول/آب (۷۰:۳۰ حجمی/حجمی) با نسبت ماده جامد به حلال ۱:۲۰ (وزنی/حجمی) استخراج شد. راندمان استخراج (۲/۹۱٪)، مهار رادیکال آزاد DPPH° (۷۷/۵۲٪) و میزان ترکیبات فنولیک کل (۹۰۹/۲mg GAE/1000gDW) عصاره شلتوک برنج جوانه زده تعیین شد. آثار حفاظتی عصاره شلتوک برنج جوانه زده در پایداری روغن بکر مغز گردو در غلظت های مختلف (۱۵۰۰ ppm, ۱۰۰۰ ppm, ۵۰۰ ppm, ۰ ppm) از طریق پایش اندیس پراکسید، اندیس پارا-آنیزیدین، اندیس توتوکس و اندیس اسیدی طی آون گذاری در دمای 90°C به مدت ۵ روز (۱۲۰ ساعت) ارزیابی شده و با آنتی اکسیدان سنتزی BHT (۲۰۰ ppm) مقایسه شد. در آزمایشات پایداری اکسیداتیو روغن بکر مغز گردو غنی شده با عصاره آنتی اکسیدانی، افزایش غلظت عصاره باعث عملکرد بهتر آن ها در تأخیر فساد اکسیداتیو شد. بر اساس نتایج، BHT و عصاره شلتوک برنج جوانه زده (۱۵۰۰ ppm) بیشترین اثرات محافظتی را نشان دادند ($p < 0.01$). در آزمون رنسیمت شاخص های پایداری اکسیداتیو نمونه های شاهد و روغن بکر مغز گردو ایرانی حاوی ۱۵۰۰ ppm عصاره شلتوک برنج جوانه زده و BHT (۲۰۰ ppm) به ترتیب ۳/۲۵، ۸/۹۳ و ۱۲ ساعت تعیین شد ($p < 0.01$). بنابراین آنتی اکسیدان BHT و عصاره شلتوک برنج جوانه زده (۱۵۰۰ ppm) در مقایسه با نمونه شاهد، تأثیر معنی داری بر افزایش شاخص پایداری اکسیداتیو روغن بکر مغز گردو ایرانی نشان داد. بنابراین شلتوک برنج جوانه زده می تواند به عنوان منبع ترکیبات آنتی اکسیدانی در روغن های خوراکی مورد استفاده قرار گیرد.

۱-مقدمه

مغز گردو منبع ارزشمندی از اسیدهای چرب چند غیراشباع (PUFA) است که عمدتاً شامل اسید لینولئیک ($4/47\%$) و اسید آلفا لینولئیک ($8/15\%$) می باشد [1]. مصرف روغن گردو منجر به کاهش سطوح لیپوپروتئین با چگالی کم (LDL)، افزایش لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL)، کاهش تری گلیسرید کل، کاهش سطح کلسترول خون و کاهش خطر بیماریهای قلبی عروقی می شود. با این حال حضور مقادیر بالای اسیدهای چرب چند غیر اشباع (PUFA)، روغن گردو را مستعد اکسیداسیون می نماید که علاوه بر کاهش ارزش اقتصادی، پارامترهای کیفی آن را از طریق کاهش خواص تغذیه ای، حسی و شیمیایی تحت تأثیر قرار می دهد. جهت به تاخیر انداختن اکسیداسیون روغن های خوراکی، علاوه بر محدود کردن عوامل محرک اکسیداسیون نظیر نور، اکسیژن و دماهای بالا، افزودن آنتی اکسیدان ها نیز مورد توجه است [2]. آنتی اکسیدان های مصنوعی مانند بوتیل هیدروکسی آنیزول (BHA)، بوتیل هیدروکسی تولوئن (BHT)، ترشری بوتیل هیدروکینون (TBHQ) و پروپیل گالات (PG)، به طور گسترده در اغلب کشورها استفاده می شوند. با این حال نگرانی های بسیاری در مورد ایمنی آن ها وجود دارد. لذا تحقیقات بسیاری تاکنون در مورد استفاده از عصاره های گیاهی طبیعی با فعالیت آنتی اکسیدانی در روغن های خوراکی مختلف انجام شده است. عصاره های گیاهی غنی از ترکیبات فنولی از گیاهان علفی، غلات، برگ ها، ضایعات سبزیجات و میوه جات و ... استخراج می شوند [3].

برنج کامل اعم از برنج قهوه ای و شلتوک برنج منبع خوبی از آنتی اکسیدان ها به ویژه در بخش های سبوس و پوسته می باشد. آنتی اکسیدان های لیپوفیلیک نظیر توکوفرول ها و توکوتری انول ها و اوریزانول و ترکیبات فنولی مانند اسیدهای فنولیک و فلاونوئیدها در برنج کامل فراوان است. ترکیبات فنولی به طور گسترده طیف متنوعی از فعالیت های زیستی نظیر فعالیت آنتی اکسیدانی، ضد میکروبی، ضد ویروسی و ضد التهابی را نشان داده و سلامت انسان را ارتقاء

می دهند. به لحاظ آنکه امروزه الگوی مصرف غذا در جهان به سرعت رو به تغییر بوده و تمایل به مصرف غذاهای سالم افزایش یافته است لذا جوانه زدن دانه های غلات و حبوبات به عنوان یک روش اقتصادی جهت افزایش ارزش تغذیه ای این دانه ها شناخته شده است. این روش موجب افزایش ترکیبات زیست فعال از جمله ترکیبات دارای خاصیت آنتی اکسیدانی نظیر پلی فنول ها، ویتامین ها و اسید گاما-آمینوبوتیریک و نیز افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی دانه غلات می گردد [4]. دانه برنج جوانه زده برای تولید محصولات با ارزش افزوده بالا دارای فعالیت زیستی، تغذیه ای و فیزیکوشیمیایی بهبود یافته به کار رفته است [5,6,7,8,9]. برخی از محققین تغییرات در کیفیت دانه برنج را از نظر خواص تغذیه ای، فیزیکوشیمیایی و آنتی اکسیدانی آن پس از جوانه زنی بررسی کرده اند [10,11,12,13]. [14,15] جوانه زنی دانه های غلات موجب افزایش ترکیبات مختلف زیست فعال از جمله پلی فنول ها، ویتامین ها، اسید گاما-آمینوبوتیریک و افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی دانه غلات می گردد. بنابراین جوانه زدن می تواند جهت افزایش ترکیبات زیست فعال مورد استفاده قرار گیرد [16,17,18]. Wu و همکاران (۲۰۲۲) تأثیر جوانه زنی را بر میزان اسید فیتیک، فیتاز، اسید گاما آمینوبوتیریک، گاما اوریزانول، فنولیک ها، فلاونوئیدها و ظرفیت آنتی اکسیدانی شلتوک برنج و برنج قهوه ای را ارزیابی نمودند. محتوای اسید گاما آمینوبوتیریک و فعالیت فیتاز در شلتوک برنج جوانه زده کمتر از برنج قهوه ای جوانه زده تعیین شد. فعالیت های آنتی اکسیدانی در شلتوک برنج جوانه زده بالاتر از فعالیت های آنتی اکسیدانی برنج قهوه ای در طول فرآیند جوانه زنی بود [19]. Chinma و همکاران (۲۰۲۴) تأثیر جوانه زنی را بر ویژگی های تکنولوژیکی-عملکردی، ترکیب تغذیه ای و ترکیبات ارتقاء دهنده سلامت دانه های برنج و فرآورده های آن بررسی نمودند. به نظر می رسد جوانه زنی یک روش فرآوری زیستی مناسب برای بهبود کیفیت غذایی و افزایش ترکیبات زیست فعال و اصلاح ویژگی های تکنولوژیکی-عملکردی دانه های برنج برای کاربردهای

متنوع غذایی، بهبود تغذیه جهانی و ایمنی غذایی باشد [20]

همانطور که قبلاً اشاره شد روغن مغز گردو به واسطه ویژگی های حسی و تغذیه ای مطلوب با تقاضای فراوان مصرف کنندگان مواجهه است، اما به سهولت اکسید شده و دچار رنسیدیتی و تغییر طعم می گردد و با توجه به آن که تحقیقاتی در مورد ظرفیت آنتی اکسیدانی و میزان ترکیبات فنولیک عصاره شلتوک برنج ایرانی جوانه زده و نیز تأثیر آن در جهت تقویت پایداری اکسیداتیو روغن های خوراکی موجود نمی باشد، بنابراین هدف از این پژوهش استخراج عصاره شلتوک برنج ایرانی جوانه زده به کمک امواج اولتراسوند و ارزیابی اثر آنتی اکسیدانی آن بر روغن بکر مغز گردوی ایرانی استخراج شده به روش پرس سرد بود.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

حلال ها و مواد شیمیایی مورد استفاده دارای درجه خلوص آزمایشگاهی بودند.

۲-۱-۱- آماده سازی مغز گردوی ایرانی

گردو از منطقه طارم سفلی قزوین خریداری شد. سپس مغز گردو جدا شده از پوست قهوه ای تا زمان استخراج روغن آن و آزمایشات مربوطه در پلاستیک های پلی اتیلنی در یخچال با دمای 4°C نگهداری شد.

۲-۱-۲- آماده سازی نمونه شلتوک برنج و جوانه زنی آن

شلتوک برنج واریته رقم هاشمی از منطقه کماشال گیاه شهر آستانه اشرفیه گیلان خریداری شد. نمونه شلتوک برنج در ابتدا تمیز و شستشو شده و سپس در آب با دمای 35°C به مدت ۳۰ ساعت در دمای اتاق (28°C) خیسانده شد. سپس نمونه ها در یک پارچه مرطوب قرار گرفته و در دمای اتاق به مدت ۴۸ ساعت بدون تماس با نور جهت جوانه زنی قرار داده شد [21]. نمونه شلتوک برنج جوانه زده در دمای اتاق و دور از نور خورشید خشک شده و سپس توسط دستگاه آسیاب برقی خانگی (MJ-W176P, Panasonic, Japan) پودر شد. برای یکنواخت کردن اندازه

ذرات با الک مش $40\mu\text{m}$ غربال شد و تا زمان انجام آزمایش در ظرف شیشه ای درب دار در یخچال با دمای 4°C نگهداری شد.

۲-۱-۳- استخراج عصاره آنتی اکسیدانی به کمک اولتراسوند از شلتوک برنج جوانه زده

استخراج عصاره آنتی اکسیدانی از نمونه شلتوک برنج جوانه زده در یک حمام اولتراسوند (WUC-D10H, Wiseclean, Korea) در دمای 50°C ، زمان ۳۰ دقیقه و فرکانس 40 kHz هرگز با حلال safe اتانول/ آب ($70:30$ حجمی/ حجمی) با نسبت ماده جامد به حلال $1:20$ (وزنی/ حجمی) صورت گرفت. به منظور جلوگیری و به حداقل رساندن افت تبخیر حلال از ظروف شیشه ای درب دار استفاده شد. فیلتراسیون عصاره پس از استخراج از طریق کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صورت گرفته و عصاره با استفاده از تبخیر کننده دوار

(Laborota 4000, Heidolph, Germany) در 40°C تغلیظ و خشک شد. عصاره تغلیظ و خشک شده در ظروف محافظ در برابر نور در دمای 4°C تا زمان آزمایشات بعدی، نگهداری شد [22].

۲-۲- آزمون ها

۲-۲-۱- آزمون های عصاره شلتوک برنج

۲-۲-۱-۱- راندمان استخراج عصاره آنتی اکسیدانی

راندمان استخراج (%، وزنی/وزنی) بر اساس معادله زیر تعیین شد:

$$\text{yield (\%)} = \frac{W2}{W1} \times 100$$

که در آن (W2) وزن عصاره حاصله و (W1) وزن نمونه است.

۲-۲-۱-۲- میزان ترکیبات فنولیک کل عصاره آنتی

اکسیدانی (Total phenolic content (TPC)

مقدار کل ترکیبات فنولیک موجود در عصاره نمونه شلتوک برنج جوانه زده از طریق رنگ سنجی به روش فولین-سیوکالتیو مورد بررسی قرار می گیرد. مطابق روش مک

۲-۲-۵- بررسی روند اکسیداسیون از طریق آون گذاری

نمونه های روغن بکر مغز گردو غنی شده با سطوح مختلف عصاره آنتی اکسیدانی شلتوک برنج جوانه زده (۱۵۰۰ ppm، ۱۰۰۰ ppm، ۵۰۰ ppm و ۰ ppm) و آنتی اکسیدان سنتزی BHT (۲۰۰ ppm) به صورت جداگانه در ظروف شیشه ای مناسب بسته بندی و در آون با درجه حرارت $90 \pm 5^\circ\text{C}$ نگهداری شد. پایداری روغن نسبت به اکسیداسیون هر ۲۴ ساعت یک بار در طول یک دوره ۵ روزه (۱۲۰ ساعت) با محاسبه مقادیر اندیس اسیدی [33]، اندیس پراکسید [34]، اندیس پاراآنیزیدین [35] و اندیس توتوکس [36] ارزیابی شد. اندیس توتوکس بر اساس معادله زیر تعیین شد.

$$TV=AV+2PV$$

که در آن (AV) اندیس پارا آنیزیدین و (PV) اندیس پراکسید است.

۲-۲-۶- ارزیابی شاخص پایداری اکسیداتیو (OSI)

شاخص پایداری اکسیداتیو توسط دستگاه رنسیمت (Metrohm 743, Switzerland) تعیین شد. آزمایش به صورت جداگانه با ۳ گرم نمونه روغن بکر مغز گردو حاوی ۱۵۰۰ ppm عصاره آنتی اکسیدانی شلتوک برنج جوانه زده (بر اساس نتایج حاصل از آزمون پایداری روغن طی آون گذاری)، نمونه روغن حاوی ۲۰۰ ppm آنتی اکسیدان سنتزی BHT و نمونه شاهد (فاقد هرگونه آنتی اکسیدان) در

دمای 110°C و سرعت جریان هوای ۲۰ L/h انجام شد [37].

۲-۳- تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمایشات در ۳ تکرار انجام شد. نتایج به صورت میانگین سه تکرار و انحراف استاندارد بیان گردید. سپس آنالیز واریانس (ANOVA) یک طرفه صورت گرفت و نهایتاً جهت تعیین اختلاف معنی دار در سطح $p < 0.01$ تست چند دامنه ای دانکن مورد استفاده قرار گرفت. آنالیزها با استفاده از نرم افزار SPSS 22 و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- راندمان استخراج، مقدار ترکیبات فنولیک کل و فعالیت آنتی اکسیدانی مهار رادیکال DPPH عصاره شلتوک برنج جوانه زده

راندمان استخراج، مقدار ترکیبات فنولیک کل و فعالیت آنتی اکسیدانی مهار رادیکال DPPH عصاره شلتوک برنج جوانه زده در جدول ۱ نشان داده شده است.

Table 1- Means and standard errors of extraction yield, total phenolic contents and %DPPH of Iranian germinated paddy rice extract

Factor	Result
Extraction yield (g/100g DW)	2.91 ± 0.09
Total Phenolic Content (mg GAE /100g DW)	909.2 ± 4.61
DPPH radical scavenging activity (%)	1.22 ± 77.52

قطبیت حلال بستگی دارد. یک روش کارآمد بایستی دارای خصوصیتی از قبیل کوتاه نمودن زمان استخراج، کاهش مصرف حلال، افزایش بازده استخراج و بهبود کیفیت عصاره ها باشد. تحقیقات زیادی، کارآمدی تکنیک اولتراسوند را در جهت افزایش راندمان استخراج ترکیبات فنولیک عصاره های گیاهی نسبت به سایر روش های استخراج نشان

در این پژوهش راندمان استخراج، مقدار ترکیبات فنولیک کل و میزان فعالیت آنتی اکسیدانی مهار رادیکال DPPH عصاره شلتوک برنج جوانه زده استخراج شده توسط روش اولتراسوند به ترتیب 2.91 ± 0.09 g/100g DW، 909.2 ± 4.61 mg GAE/1000g DW و 1.22 ± 77.52 % تعیین شد. راندمان استخراج و ترکیب عصاره به روش استخراج و

Carciochi و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که استفاده از امواج اولتراسونیک در بازه دمایی 45°C تا 60°C می تواند باعث افزایش راندمان استخراج ترکیبات زیست فعال شود. به این دلیل که اثرات حرارتی و کاویتاسیون ایجاد شده در فاز مایع در طی امواج فراصوت، منجر به تخریب دیواره سلولی و کاهش اندازه ذرات و در نهایت افزایش راندمان استخراج ترکیبات زیست فعال می شود. در صورتی که استفاده از دماهای بالا منجر به تبخیر حلال و آسیب به ترکیبات زیست فعال خواهد شد [40].

Hayta و İşçimen (۲۰۱۷) استخراج ترکیبات آنتی اکسیدانی از نخود جوانه زده توسط اولتراسوند را مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که استخراج با کمک امواج فراصوت، کارآمدتر از تکنیک های استخراج های متداول است [41].

مطالعات نشان می دهد فرایند جوانه زنی موجب تجمع متابولیت های ثانویه می شود که برخی از آن ها را به عنوان آنتی اکسیدان می شناسند و می توانند رادیکال های آزاد ناپایدار را غیر فعال نمایند [15]. اغلب تحقیقات نشان می دهند که جوانه زنی منجر به ارتقاء ظرفیت آنتی اکسیدانی دانه ها می شود [17, 40, 42]. جوانه زنی می تواند موجب تغییر فعالیت آنتی اکسیدانی در بسیاری از دانه های خوراکی گردد که به علت افزایش ترکیبات با خاصیت آنتی اکسیدانی از جمله ویتامین ها و ترکیبات فنولی می باشد. محققین نشان دادند که در اثر جوانه زنی دانه ها، محتوای TPC آن ها افزایش می یابد [43, 44]. بالا بودن مقادیر ترکیبات فنولیک در عصاره شلتوک برنج جوانه زده منجر به افزایش میزان اثر بازدارندگی رادیکال DPPH می شود.

۳-۲- میزان رطوبت و میزان روغن مغز گردوی ایرانی

جدول ۲ میزان رطوبت و میزان روغن مغز گردو ایرانی را نشان می دهد. در این پژوهش میزان رطوبت نمونه مغز گردو $11.7 \pm 3.3\%$ و میزان راندمان استخراج روغن نمونه مغز گردو توسط روش سوکسله $74 \pm 2/35\%$ تعیین شد. در استانداردهای بین المللی میزان رطوبت مغز گردو $3\%-5\%$ و میزان روغن مغز گردو $62\%-71\%$ تعیین شده است [45].

می دهد. تقویت استخراج اساساً به پدیده کاویتاسیون مربوط می شود که شامل تشکیل، رشد و متلاشی شدن میکرو حباب ها در داخل فاز مایع در معرض امواج مافوق صوت می باشد. تحقیقات نشان داده است که روش اولتراسوند نه تنها راندمان استخراج پلی فنول ها را افزایش می دهد، بلکه منجر به حفظ فعالیت بیولوژیکی عصاره های پلی فنولی و کارایی بالاتر آن ها در قیاس با روش های کلاسیک استخراج نظیر ماسراسیون و سوکسله می شود. پارامترهایی نظیر دما، فرکانس، توان، نوع حلال و نسبت حلال به ماده روی ترکیب عصاره فنولی و کارایی آن (خواص آنتی اکسیدانی، آنتی سرطانی و آنتی میکروبی) تأثیرگذار است. همچنین حلال های غیر سمی با درجه خوراکی و سازگار با محیط زیست از قبیل اتانول، ایزوپروپانول و n- بوتانول توسط اداره غذا و دارو ایالات متحده (FDA) جهت اهداف استخراج توصیه می شود. مخلوط های آب و اتانول به طور رایج جهت استخراج ترکیبات فنولیک از مواد گیاهی مورد استفاده قرار می گیرند. دلیل این امر علاوه بر غیر سمی بودن و درجه خوراکی داشتن، حلالیت طیف وسیعی از ترکیبات فنولیک در مخلوط های آبی اتانول می باشد. بنابراین در این پژوهش، اتانول/ آب ۷۰:۳۰ به عنوان حلال استخراج عصاره آنتی اکسیدانی انتخاب شده است. دماهای استخراج بالاتر از 50°C تخریب و تجزیه پلی فنول های موجود در عصاره را سبب می شود. فرکانس های پایین تا محدوده ۴۰ کیلوهرتز نیز در استخراج مؤثرتر هستند. معمولاً راندمان استخراج پلی فنول ها با افزایش توان و فرکانس (تا یک حد آستانه) افزایش می یابد، اما فراتر از حد آستانه مذکور افزایش قابل ملاحظه ای در راندمان مشاهده نمی شود. توان و فرکانس بالا منجر به ایجاد رادیکال های آزاد هیدروکسیل و تخریب پلی فنول ها می شود. بنابراین جهت دستیابی به نتایج و کارایی بالا در استخراج به کمک اولتراسوند، انتخاب صحیح پارامترها از اهمیت ویژه برخوردار خواهد بود [22]. انتشار امواج اولتراسوند موجب کاویتاسیون و افزایش فشار، حفرات زیاد و نفوذ بیشتر می شود. در نتیجه راندمان استخراج افزایش می یابد [38, 39].

Gao و همکاران (۲۰۲۱) میزان بازده روغن گردو استخراج شده با روش پرس سرد را 47.04 ± 1.25 % تعیین نمودند [46].

۳-۳ ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی روغن بکر مغز گردوی ایرانی

جدول ۲ همچنین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی روغن بکر مغز گردوی ایرانی شامل رنگ روغن، شاخص پراکسید،

اندیس اسیدی، اندیس یدی، اندیس صابونی و شاخص پایداری اکسیداتیو را نشان می‌دهد. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی روغن بکر مغز گردو استخراج شده به روش پرس سرد، شامل رنگ روغن (۷۰ زرد) و (۳۰ قرمز)، شاخص پراکسید ($0.39 \text{ meq O}_2/\text{kg oil}$)، اندیس اسیدی ($0.06 \text{ mg KOH/g oil}$)، اندیس یدی ($151.69 \text{ g I}_2/100\text{g oil}$)، اندیس صابونی ($191.96 \text{ mg KOH/g oil}$) و شاخص پایداری اکسیداتیو (3.24 ساعت) تعیین شد.

Table 2- Means and standard errors of moisture and oil contents of walnut and physicochemical properties of walnut kernel oil

Factor	Result
Moisture content (%)	3.7 ± 1.2
Oil content (%)	74 ± 2.35
Color (yellow units)	70
Color (Red units)	30
Iodine Value ($\text{g I}_2/100\text{g oil}$)	151.69 ± 0.06
Saponification Value (mg KOH/g oil)	191.96 ± 0.02
Oxidative Stability Index (h)	3.24

شکل ۱ پروفایل اسید چرب روغن بکر مغز گردوی ایرانی را نشان می‌دهد.

۳-۴ پروفایل اسید چرب روغن بکر مغز گردوی ایرانی

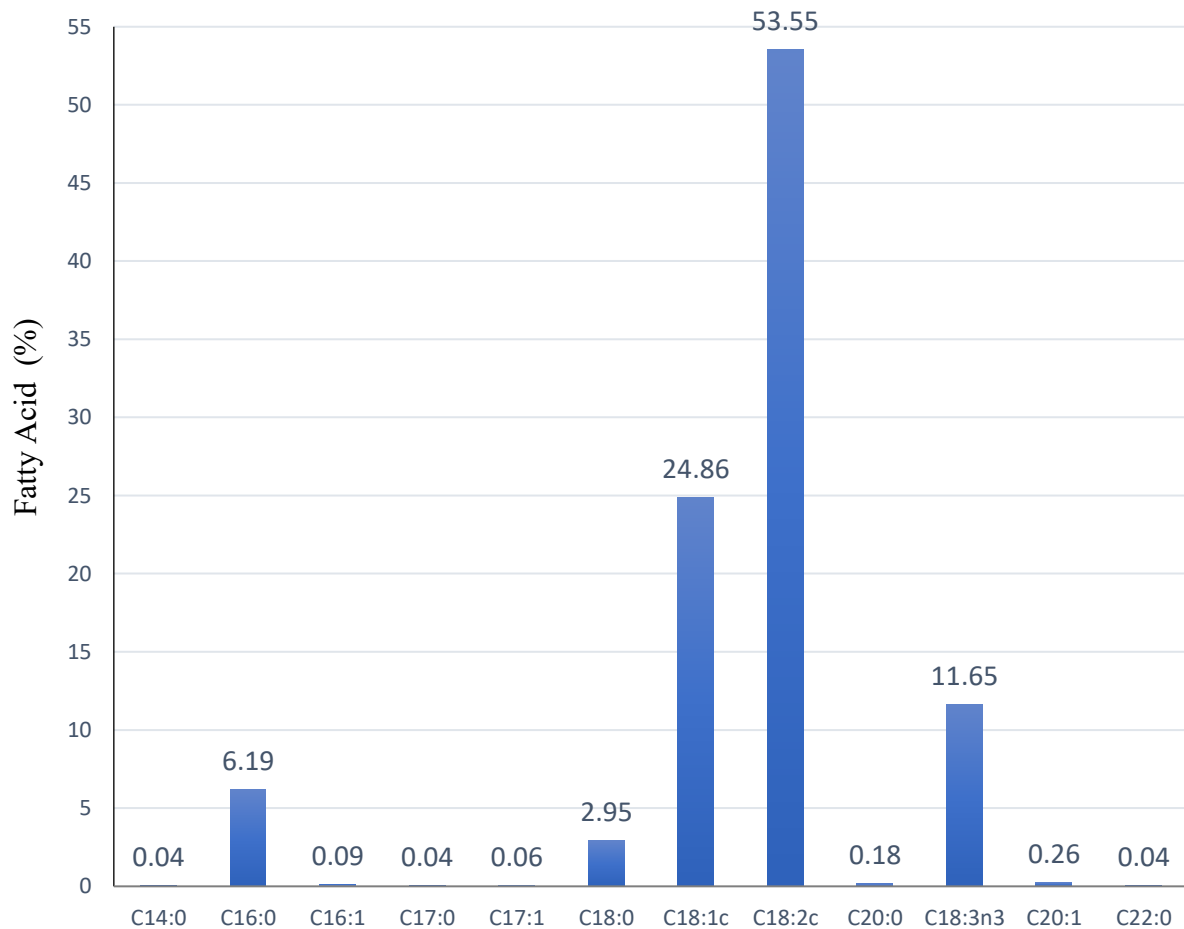


Fig1. Fatty acid composition of walnut oil

گردو دارای مقادیر بالایی از اسیدلینولئیک ضروری (۶۵٪- ۵۰٪) است که بیشتر از سایر دانه ها و مغزهای روغنی است [48,49,50,51,52].

۳-۵-عملکرد آنتی اکسیداتیو عصاره شلتوک برنج جوانه زده استخراج شده به روش اولتراسوند در روغن بکر مغز گردوی ایرانی استخراج شده به روش پرس سرد

۳-۵-۱-شاخص پراکسید (PV)

منحنی تغییرات شاخص پراکسید روغن بکر مغز گردو بر حسب تابعی از نوع و غلظت آنتی اکسیدان (طبیعی: عصاره شلتوک برنج و سنتزی: BHT) و زمان گرمخانه گذاری (۵ روز در دمای ۹۰°C) تحت شرایط اکسایش تسریع یافته در شکل ۲ ارائه شده است.

در این پژوهش محتوای اسیدهای چرب روغن بکر مغز گردوی ایرانی شامل C14:0 (۰/۰۴٪)، C16:0 (۶/۱۹٪)، C16:1 (۰/۰۹٪)، C17:0 (۰/۰۴٪)، C17:1 (۰/۰۶٪)، C18:0 (۲/۹۵٪)، C18:1c (۲۴/۸۶٪)، C18:2c (۵۳/۵۵٪)، C18:3n3 (۰/۱۸٪)، C20:0 (۱۱/۶۵٪)، C20:1 (۰/۲۶٪) و C22:0 (۰/۰۴٪) تعیین شد.

Gao و همکاران (۲۰۲۱) محتوای اسیدهای چرب روغن مغز گردو استخراج شده به روش پرس سرد را تعیین نمودند. در پژوهش این محققین C16:0 (۶/۵۶٪)، C18:0 (۳/۲۴٪)، C18:1c (۱۴/۶۴٪)، C18:2c (۶۷/۰۵٪)، C18:3n3 (۸/۳۱٪) و C20:1 (۰/۲۲٪) تعیین شد [46].

بیشتر از ۶۰٪ روغن گردو از اسیدهای چرب چند غیر اشباع تشکیل شده است [47]. پروفایل اسید چرب روغن بکر مغز

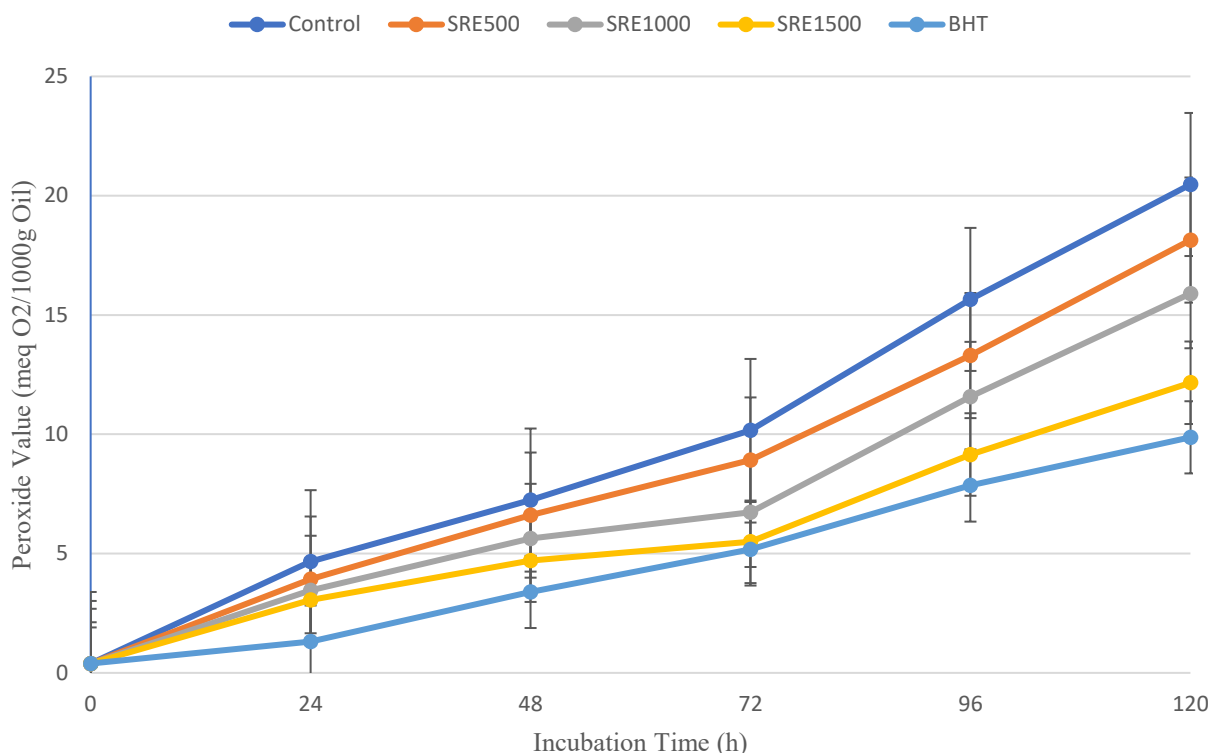


Fig 2. Change in peroxide Value (PV) of walnut oil without antioxidants (control), and with the addition of Iranian germinated paddy rice extracts (SRE) and BHT, analyzed during a 120-hour storage period at 90 °C temperature

میزان $\text{meqO}_2/1000\text{g oil}$ $۰/۲۰/۴۷$ $\text{meqO}_2/1000\text{g oil}$ $۰/۱۸/۱۴$ $\text{meqO}_2/1000\text{g oil}$ $۰/۱۲/۱۶$ و $\text{meqO}_2/1000\text{g oil}$ $۹/۸۷$ را نشان دادند ($p < ۰/۰۱$).

اساساً آنتی اکسیدان‌ها، جهت به تأخیر انداختن تجمع فرآورده‌های اولیه اکسیداسیون و بالطبع، بهبود پایداری اکسیداتیو در لیپیدها به کار می‌روند. فرآورده‌های اولیه اکسیداسیون لیپید، هیدروپراکسیدها هستند که معمولاً تحت عنوان پراکسید از آن‌ها یاد می‌شود. اندیس پراکسید عبارت است از میلی‌اکی‌والان گرم پراکسید یا اکسیژن فعال موجود در یک کیلوگرم از نمونه روغن یا چربی. اندیس پراکسید نشانه‌ای از مرحله آغازین تغییرات اکسیداتیو می‌باشد. اندیس پراکسید، معیاری جهت اندازه‌گیری هیدروپراکسیدها است. هیدروپراکسیدها به عنوان محصولات اولیه اکسایش شناسایی شده و می‌توانند به فرآورده‌های ثانویه فرار و غیرفرار تجزیه شوند [53]. افزایش در ترکیبات فنولیک و تأخیر در اکسیداسیون، نشان دهنده نقش مهم ترکیبات فنولیک طی جوانه زنی دانه‌ها است، همچنین ارتقاء پتانسیل

طبق CODEX-STAN 210-1999، حد قابل قبول اندیس پراکسید برای روغن‌های گیاهی استخراج شده به روش پرس سرد مربوط به $\text{meqO}_2/1000\text{g oil}$ ۱۵ است [2].

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که نوع آنتی اکسیدان، غلظت عصاره و زمان آون‌گذاری تأثیر معناداری را بر نتایج آزمون اندیس پراکسید نمونه‌ها دارا می‌باشد ($p < ۰/۰۱$). با گذشت زمان گرمخانه‌گذاری روغن بکر مغز گردو از صفر تا ۵ روز (معادل ۱۲۰ ساعت)، میزان اندیس پراکسید کلیه نمونه‌ها روند افزایشی داشت. با این حال میزان افزایش اندیس پراکسید در نمونه روغن بکر مغز گردو فاقد آنتی اکسیدان (نمونه شاهد) بیشینه بود و در طول زمان گرمخانه‌گذاری نیز بیشینه مقدار خود را حفظ نمود. اندیس پراکسید کلیه نمونه‌ها در زمان صفر آون‌گذاری، $۰/۳۹۳$ تعیین شد در حالی که نمونه شاهد، نمونه‌های روغن گردو حاوی ۱۵۰۰ppm و ۱۰۰۰ppm عصاره شلتوک برنج جوانه‌زده و BHT (۲۰۰ppm) طی مدت ۱۲۰ ساعت آون‌گذاری به ترتیب روند افزایشی در اندیس پراکسید تا

Gharachorloo و همکاران (۲۰۱۳) قابلیت عصاره های حاصل از لوبیای سفید (*Phaseolus vulgaris* L.)، باقلا (*Vicia sativa*)، عدس (*Lens culinaris*) و نخود (*Cicer arietinum*) جوانه زده را در به تأخیر انداختن اکسیداسیون تالو گوسفند مورد بررسی قرار دادند [56].

۳-۵-۲- شاخص پارا-آنیزیدین (p-AV)

منحنی تغییرات شاخص پارا-آنیزیدین روغن بکر مغز گردو بر حسب تابعی از نوع و غلظت آنتی اکسیدان (طبیعی): عصاره شلتوک برنج و سنتزی: BHT و زمان گرمخانه گذاری (۵ روز در دمای ۹۰°C) تحت شرایط اکسایش تسریع یافته در شکل ۳ ارائه شده است.

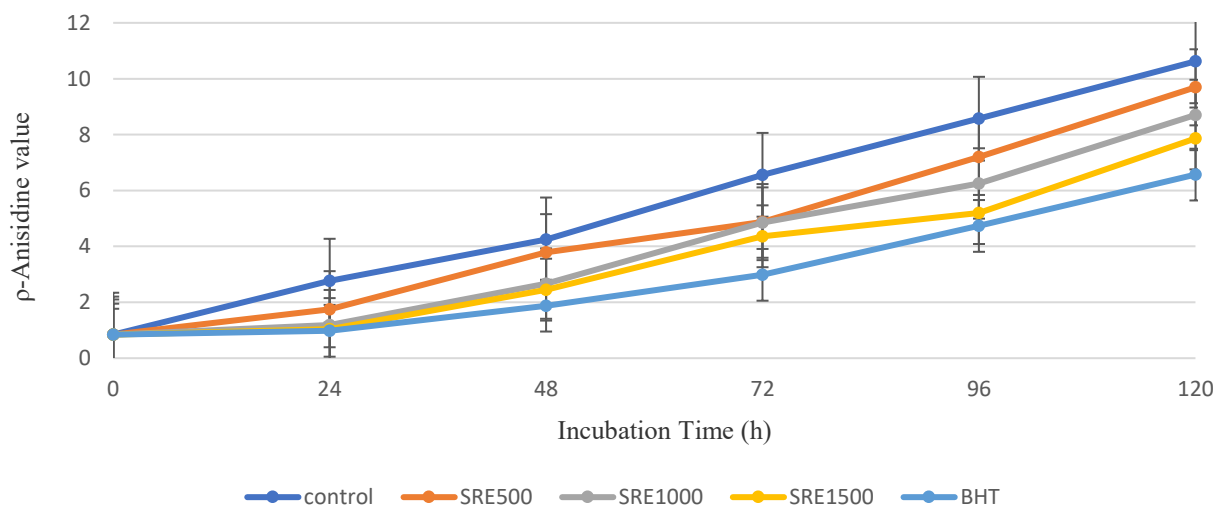


Fig 3. Change in *p*-anisidine Value (*p*-AV) of walnut oil without antioxidants (control), and with the addition of Iranian germinated paddy rice extracts (SRE) and BHT, analyzed during a 120-hour storage period at 90 °C temperature.

مقادیر زیادی از پراکسیدهای تشکیل شده در مراحل اولیه، طی روزهای پایانی آزمایش تجزیه و به آلدئید تبدیل شده است. مقدار اندیس پارا آنیزیدین روغن، معیاری از وجود مقادیر قابل ملاحظه محصولات اکسایش ثانویه به شمار می آید. افزایش این اندیس، بیانگر گسترش واکنش اکسیداسیون خود به خودی و افزایش محصولات ثانویه حاصل از تجزیه هیدروپراکسیدها و ترکیبات کربونیل می باشد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که نوع آنتی اکسیدان، غلظت عصاره و زمان آون گذاری تأثیر معناداری بر نتایج آزمون پارا آنیزیدین نمونه های روغن دارد ($p < 0.01$). با گذشت زمان گرمخانه گذاری روغن بکر مغز گردو از صفر تا ۵ روز (معادل

غذا دارویی دانه ها با جوانه زنی فراهم می آید [54]. طبق نتایج تحقیق حاضر می توان با افزودن عصاره شلتوک برنج جوانه زده که سرشار از ترکیبات آنتی اکسیدانی می باشد از شروع اکسیداسیون خود به خودی در روغن بکر مغز گردو جلوگیری نمود. Farhoosh و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که تغییرات عدد پراکسید طی ۱۰ روز گرمخانه گذاری در دمای ۵۰ °C در روغن آفتابگردان روند افزایشی داشت و سپس کاهش یافت، بنابراین آزمون پراکسید به تنهایی نمی تواند شدت فساد روغن را ارزیابی نماید زیرا این ترکیبات در برابر حرارت ناپایدار هستند و در اثر تجزیه به ترکیبات کربونیلی مانند آلدئیدها و کتون ها تبدیل می شوند [55].

اندیس پراکسید به تنهایی مشخص کننده اکسیداسیون روغن نمی باشد، زیرا این عدد شاخصی از وجود محصولات اولیه اکسیداسیون است و تولید محصولات ثانویه اکسیداسیون را مشخص نمی کند. لذا با انجام آزمونی نظیر تعیین اندیس پارا آنیزیدین که شاخصی از میزان توسعه اکسیداسیون و تولید محصولات ثانویه این واکنش است ضروری به نظر می رسد [57]. این اندیس یکی از پارامترهای ارزیابی روغن ها، جهت بررسی آلدئیدهای غیر اشباع یا محصولات ثانویه اکسیداسیون می باشد. نتایج این آزمون به خوبی نتایج حاصل از اندیس پراکسید را تایید می نماید. این امر نشان می دهد

سرعت تجزیه پراکسید طی فرآیند اکسیداسیون در نمونه های تیمار شده می باشد.

بنابراین می توان با افزودن عصاره شلتوک برنج جوانه زده به روغن بکر مغز گردو از ایجاد محصولات اولیه اکسیداسیون و نیز ایجاد محصولات ثانویه اکسیداسیون جلوگیری نمود.

۳-۵-۳-اندیس توتوکس

منحنی تغییرات اندیس توتوکس روغن بکر مغز گردو بر حسب تابعی از نوع و غلظت آنتی اکسیدان (طبیعی: عصاره شلتوک برنج و سنتزی: BHT) و زمان گرمخانه گذاری (۵ روز در دمای ۹۰°C) تحت شرایط اکسایش تسریع یافته در شکل ۴ ارائه شده است.

۱۲۰ ساعت)، میزان اندیس پارا آنیزیدین کلیه نمونه ها روند افزایشی داشت. میزان افزایش اندیس پارا آنیزیدین در نمونه روغن بکر مغز گردو فاقد آنتی اکسیدان (نمونه شاهد) بیشینه بود و در طول زمان گرمخانه گذاری نیز بیشینه مقدار خود را حفظ نمود. اندیس آنیزیدین کلیه نمونه ها در زمان صفر آون گذاری، ۰/۸۴ تعیین شد در حالی که نمونه شاهد، نمونه های روغن گردو حاوی ۵۰۰ ppm، ۱۰۰۰ ppm و ۱۵۰۰ ppm عصاره شلتوک برنج جوانه زده و BHT (۲۰۰ ppm) طی مدت ۱۲۰ ساعت آون گذاری به ترتیب روند افزایشی در اندیس آنیزیدین تا میزان ۶/۵۷، ۷/۸۶، ۸/۷۰، ۹/۶۹، ۱۰/۶۲ را نشان دادند ($p < ۰/۰۱$). اختلاف معنی دار در مقادیر اندیس پارا آنیزیدین بین نمونه شاهد با آنتی اکسیدان BHT و همه غلظت های عصاره ملاحظه گردید که به مفهوم کاهش

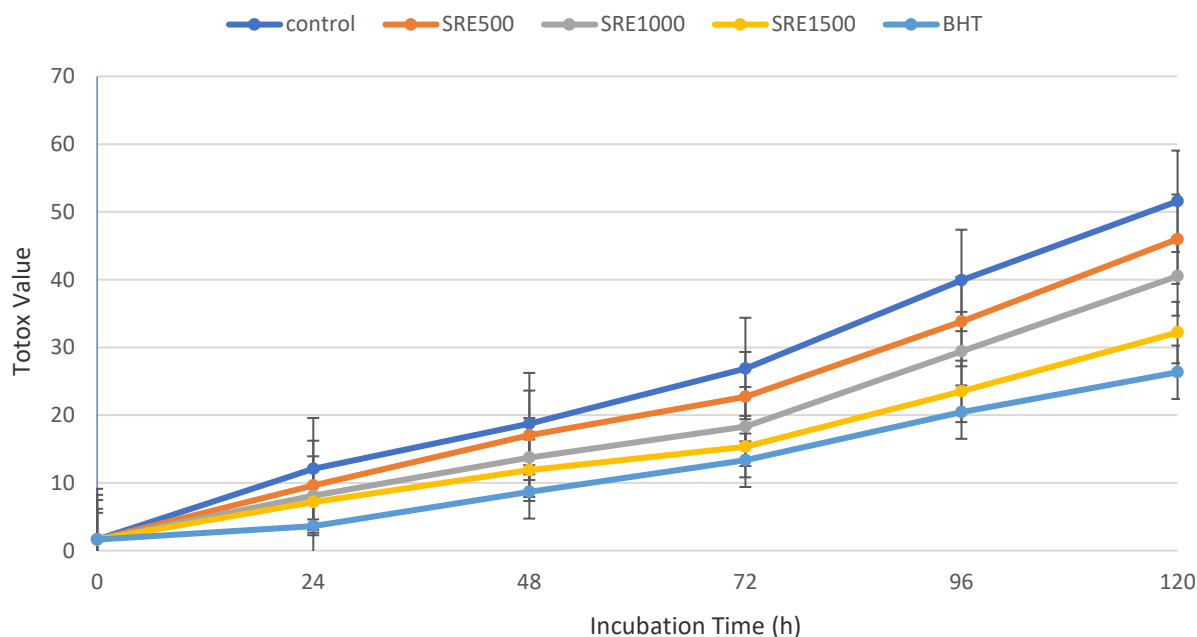


Fig 4. Change in Totox Value (TV) of walnut oil without antioxidants (control), and with the addition of Iranian germinated paddy rice extracts (SRE) and BHT, analyzed during a 120-hour storage period at 90 °C temperature.

حاضر، تأثیر متغیرهای مستقل نوع آنتی اکسیدان، غلظت عصاره و مدت زمان آون گذاری بر روند تغییرات اندیس توتوکس نمونه ها، معنادار بوده است ($p < ۰/۰۱$). طی ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶ و ۱۲۰ ساعت آون گذاری، اختلاف معناداری در اندیس توتوکس نمونه شاهد با آنتی اکسیدان BHT و کلیه غلظت های عصاره ملاحظه گردید که نشانه کند شدن

این اندیس با در نظر گرفتن اندیس پراکسید و اندیس آنیزیدین به طور همزمان تصویر کامل تری از وضعیت اکسیداسیونی نمونه های روغن را نشان می دهد. بالا رفتن اندیس توتوکس، بیانگر افزایش مقادیر محصولات اولیه و ثانویه اکسیداسیون لیپید می باشد. از اینرو کاهش اندیس توتوکس به مفهوم کیفیت بهتر روغن می باشد. در پژوهش

از آنجا که اندیس توتوکس معیاری از اکسیداسیون کل است و شامل محصولات اولیه و ثانویه اکسیداسیون می باشد می توان با افزودن عصاره شلتوک برنج جوانه زده به روغن بکر مغز گردو از ایجاد محصولات اولیه اکسیداسیون و نیز ایجاد محصولات ثانویه اکسیداسیون جلوگیری می نماید.

۳-۵-۴-اندیس اسیدی

منحنی تغییرات اندیس اسیدی روغن بکر مغز گردو بر حسب تابعی از نوع و غلظت آنتی اکسیدان (طبیعی: عصاره شلتوک برنج و سنتزی: BHT) و زمان گرمخانه گذاری (۵ روز در دمای ۹۰°C) تحت شرایط اکسایش تسریع یافته در شکل ۵ ارائه شده است.

سرعت تشکیل محصولات اولیه و ثانویه اکسیداسیون لیپید به طور توأمان می باشد. با گذشت زمان گرمخانه گذاری روغن بکر مغز گردو از صفر تا ۵ روز (معادل ۱۲۰ ساعت)، میزان اندیس توتوکس کلیه نمونه ها روند افزایشی داشت. با این حال میزان افزایش این اندیس در نمونه روغن بکر مغز گردو فاقد آنتی اکسیدان (نمونه شاهد) بیشینه بود و در طول زمان گرمخانه گذاری نیز بیشینه مقدار خود را حفظ نمود. اندیس توتوکس کلیه نمونه ها در زمان صفر آون گذاری، ۱/۶۳ تعیین شد در حالی که نمونه شاهد، نمونه های روغن گردو حاوی ۵۰۰ ppm، ۱۰۰۰ ppm و ۱۵۰۰ ppm عصاره شلتوک برنج جوانه زده و BHT (۲۰۰ ppm) طی مدت ۱۲۰ ساعت آون گذاری به ترتیب روند افزایشی در اندیس توتوکس تا میزان ۵۱/۵۶، ۴۵/۹۷، ۴۰/۵۰، ۳۲/۱۸ و ۲۶/۳۲ را نشان دادند ($p < 0.01$).

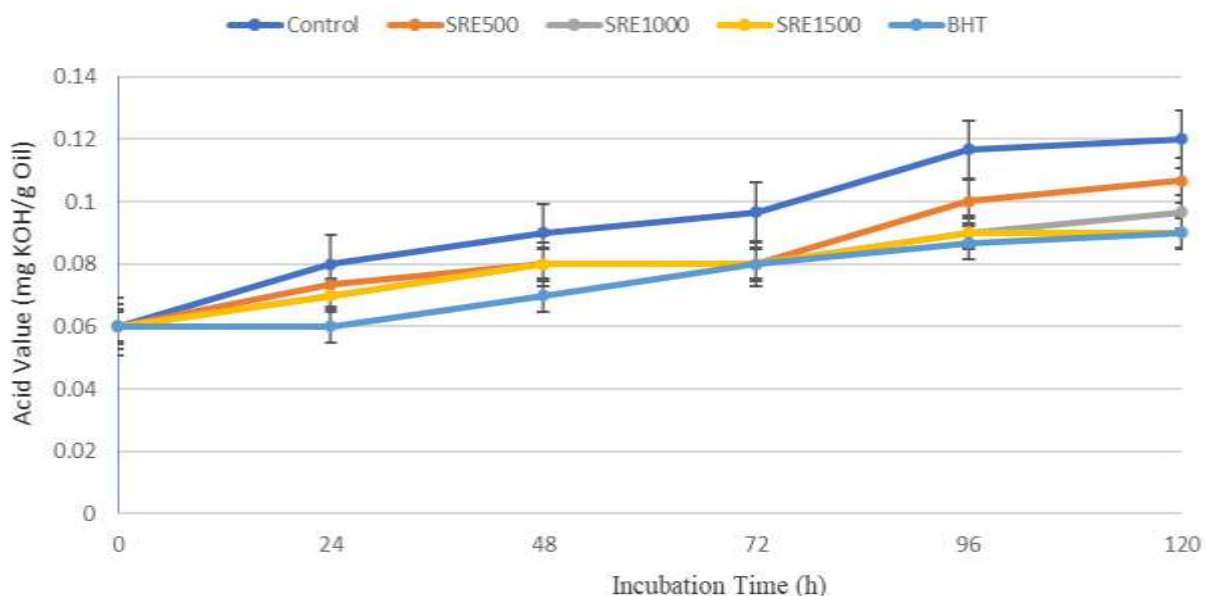


Fig 5. Change in Acid Value (AV) of walnut oil without antioxidants (control), and with the addition of Iranian germinated paddy rice extracts (SRE) and BHT, analyzed during a 120-hour storage period at 90 °C temperature.

بیانگر این تغییرات می باشد. در پژوهش حاضر، تأثیر متغیرهای مستقل نوع آنتی اکسیدان، غلظت عصاره و مدت زمان آون گذاری بر روند تغییرات اندیس اسیدی نمونه ها، معنادار بوده است ($p < 0.01$). طی ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶ و ۱۲۰ ساعت آون گذاری، اختلاف معنی داری در اندیس اسیدی نمونه شاهد با آنتی اکسیدان BHT و کلیه غلظت های عصاره ملاحظه گردید که نشانه کند شدن تجزیه تری

تعیین اندیس اسیدی یکی از روش های تشخیص فساد و کهنگی روغن ها و چربی های خوراکی می باشد. اندیس اسیدی روغن معمولاً به تدریج و با شیب کم به دلیل تجزیه تری گلیسریدها و آزاد شدن اسیدهای چرب افزایش می یابد. روغن ها در اثر عواملی نظیر گرما، رطوبت و آلودگی به مرور زمان دستخوش تغییرات کیفی می شوند که اندیس مذکور

۳-۵-۵- شاخص پایداری اکسیداتیو (OSI)

نتایج مقایسه میانگین تأثیر نوع و غلظت آنتی اکسیدان (طبیعی: عصاره‌های شلتوک برنج و سنتزی: BHT) روی شاخص پایداری اکسایشی روغن بکر مغز گردو در شکل ۶ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد، نوع و غلظت آنتی اکسیدان تأثیر معنی‌دار ($p < 0.01$) روی شاخص پایداری اکسایشی روغن بکر مغز گردو داشت. طبق نتایج حاصل بیشترین میزان شاخص پایداری اکسایشی (پس از آنتی اکسیدان سنتزی BHT) مربوط به روغن بکر مغز گردو حاوی عصاره شلتوک برنج جوانه‌زده با غلظت (۱۵۰۰ ppm) بود.

گلیسریدها و آزاد شدن اسیدهای چرب می‌باشد. با گذشت زمان گرمخانه‌گذاری روغن بکر مغز گردو از صفر تا ۵ روز (معادل ۱۲۰ ساعت)، میزان عدد اسیدی کلیه نمونه‌ها روند افزایشی داشت. با این حال میزان افزایش اندیس مذکور در نمونه روغن بکر مغز گردو فاقد آنتی اکسیدان (نمونه شاهد) بیشینه بود و در طول زمان گرمخانه‌گذاری نیز بیشینه مقدار خود را حفظ نمود. اندیس اسیدی کلیه نمونه‌ها در زمان صفر آون گذاری، ۰/۰۶ تعیین شد در حالی که نمونه شاهد، نمونه‌های روغن گردو حاوی ۵۰۰ ppm، ۱۰۰۰ ppm و ۱۵۰۰ ppm عصاره شلتوک برنج جوانه‌زده و BHT (۲۰۰ ppm) طی مدت ۱۲۰ ساعت آون گذاری به ترتیب روند افزایشی در اندیس اسیدی تا میزان ۰/۱۲، ۰/۱۰۶، ۰/۹۷، ۰/۰۹ و ۰/۰۹ را نشان دادند ($p < 0.01$).

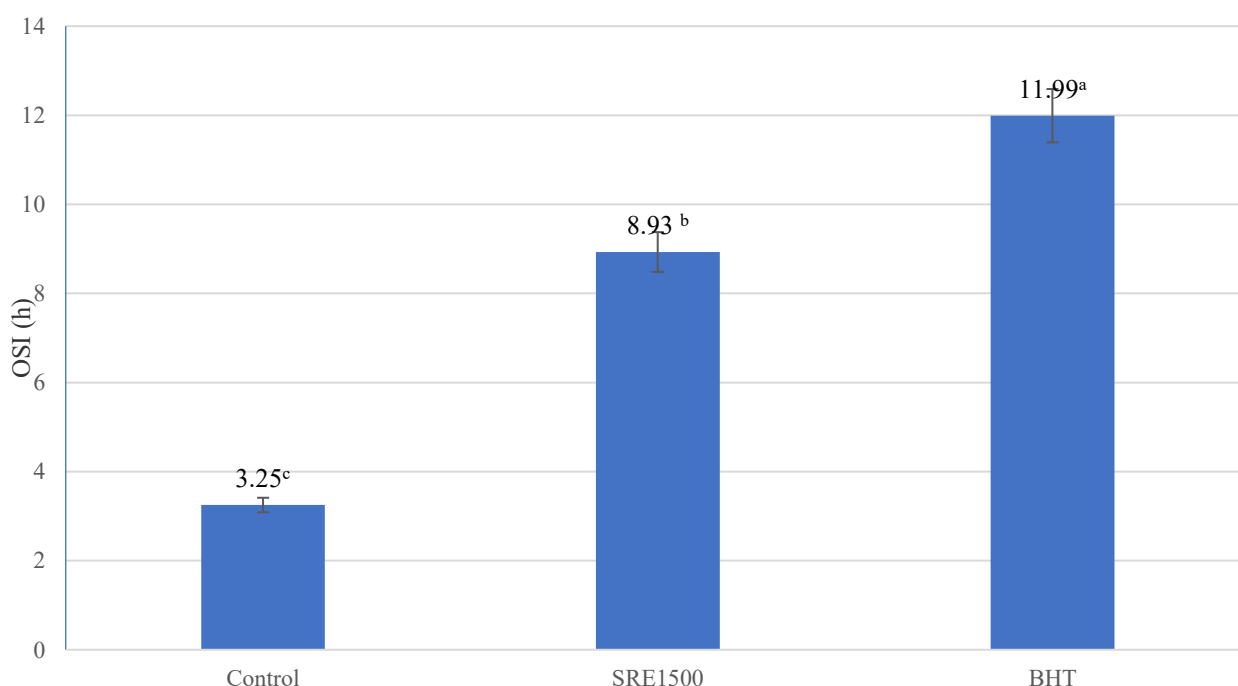


Fig 6. Change in oxidative stability index of of walnut oil without antioxidants (control), and with the addition of Iranian germinated paddy rice extract (1500 ppm) and BHT (200 ppm), analyzed at 110 °C temperature.

Different letters are significantly different ($p < 0.01$).

نمونه روغن حاوی ۱۵۰۰ ppm عصاره و BHT (۲۰۰ ppm) به ترتیب ۳/۲۵، ۸/۹۳، ۱۱/۹۹ ساعت تعیین گردید ($p < 0.01$). عملکرد بهتر آنتی اکسیدان‌های سنتزی در آزمون رنسیمت می‌تواند به مقاومت بالاتر آن‌ها در برابر تجزیه توسط حرارت یا افت به واسطه فراریت که تحت

طبق نتایج حاصل در این پژوهش، تأثیرگذارترین سطح عصاره بر پارامترهای اکسیداسیون، غلظت ۱۵۰۰ ppm بود که همراه با نمونه شاهد (۰ ppm) و نمونه حاوی BHT (۲۰۰ ppm)، جهت ارزیابی شاخص پایداری اکسیداتیو انتخاب گردید. شاخص پایداری اکسیداتیو نمونه شاهد،

عنوان حفظ کردن ویژگی^۱ از آن یاد می شود، نسبت داده شود. در قیاس با نمونه شاهد، آنتی اکسیدان سنتزی BHT و متعاقب آن عصاره شلتوک برنج جوانه زده تأثیر قابل ملاحظه ای را در جهت افزایش شاخص پایداری اکسیداتیو و بالطبع دوره القاء روغن بکر مغز گردو نشان دادند ($p < 0.01$). پایداری اکسیداتیو، زمان لازم برای رسیدن به نقطه ای است که در آن شاخص های اکسیداسیون مانند مقدار هیدروپراکسید یا ترکیبات کربونیل به طور ناگهانی افزایش می یابد و باعث عطر و طعم نامطلوب در روغن می شود. روش رنسیمت، محصولات ثانویه حاصل از اکسایش روغن را اندازه گیری می کند و بر مبنای آن می توان پایداری اکسایشی روغن ها را بیش بینی نمود. جریانی از هوا از محل واکنش اکسایش به سل محتوی آب مقطر هدایت شده و هدایت الکتریکی آب اندازه گیری می شود. افزایش هدایت الکتریکی آب به عنوان شاخصی از پیشرفت اکسایش لحاظ می شود. مدت زمانی که از لحظه شروع تا نقطه صعود ناگهانی هدایت الکتریکی طول می کشد، تحت عنوان زمان پایداری یا دوره القاء^۲ نامیده می شود. شاخص پایداری روغن نشان دهنده دوره القاء اکسیداسیون یعنی مدت زمانی است که روغن در برابر اکسیداسیون مقاومت می کند [37]. عوامل مختلفی در پایداری اکسایشی روغن ها مؤثر هستند مانند: ترکیب اسیدهای چرب، ترکیب تری آسیل گلیسرول، وجود ترکیبات آنتی اکسیدانی نظیر توکوفرول ها و کاروتنوئیدها، وجود ترکیبات پرواکسیدان مثل فلزات سنگین، کلروفل و ترکیبات ناشی از تجزیه و اکسیداسیون. در روش رنسیمت محصولات ثانویه حاصل از اکسایش روغن ها و چربی ها شامل: آلدئیدها، کتون ها والکل ها ارزیابی می شوند. توانایی روغن در مقابل اکسیداسیون تحت عنوان پایداری اکسیداتیو روغن بیان می شود [58].

Gursul و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که اکسیداسیون به ترکیب تغذیه ای روغن گردو آسیب وارد نموده و رنگ، ویسکوزیته و پایداری روغن گردو را تغییر می دهد و

همچنین بر کیفیت حسی و ماندگاری روغن تأثیرگذار می باشد [59].

Gharachorloo و همکاران (۲۰۱۳) تغییرات ترکیبات فنولیک و فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره ۴ نوع دانه حبوبات با اسامی لوبیای سفید (*Phaseolus vulgaris* L.)، باقلا (*Vicia sativa*)، عدس (*Lens culinaris*) و نخود (*Cicer arietinum*) را قبل و بعد از جوانه زنی مورد بررسی قرار دادند. سه حلال استون، هگزان و متانول را جهت استخراج عصاره مورد استفاده قرار دادند. این محققین غلظت های مختلفی از عصاره ها (۰/۲ و ۰/۱ درصد وزنی/وزنی) را به تالو افزوده و فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره ها را از طریق پایش اندیس پراکسید و دوره القاء ارزیابی نمودند. نتایج حاکی از افزایش چشمگیر محتوای فنولیک دانه جوانه زده در تمام نمونه ها بود. همچنین تفاوت معنی داری بین دوره القاء تالو تیمار شده با عصاره جوانه زده مشاهده شد. نتایج آن ها بیشترین افزایش در پایداری اکسیداتیو را در تالو تیمار شده با غلظت ۰/۱٪ عصاره نخود جوانه زده نشان داد. دوره القاء تالو گوسفند در دمای ۹۰ °C به مدت ۴/۵۲ ساعت بود که در تمام تیمارها با افزودن عصاره دانه جوانه زده افزایش یافت. افزایش دوره القاء بیشتر در غلظت ۰/۱٪ عصاره مشاهده شد. در نتیجه دوره القاء مربوط به محصولات ثانویه اکسیداسیون می باشد و اندیس پراکسید از محصولات اولیه اکسیداسیون به شمار می آید [56].

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش، عصاره شلتوک برنج جوانه زده توسط روش نوین، کارآمد و سبز اولتراسوند و حلال اتانول/ آب (۷۰:۳۰ حجمی/ حجمی) استخراج شده و تأثیر آنتی اکسیداتیو آن در روغن مغز گردوی ایرانی استخراج شده با پرس سرد مورد ارزیابی قرار گرفت و افزایش پایداری اکسیداتیو عصاره شلتوک برنج جوانه زده با آنتی اکسیدان سنتزی BHT مقایسه شد. در پایش تغییرات اندیس های اسیدی، پراکسید، پارآنیزیدین و توتوکس نمونه های روغن بکر مغز گردو،

1- Induction priod

1-Carry Through Property

هیچ موردی برای اعلام وجود ندارد.

بیانیه تامین مالی

این پژوهش هیچ گونه حمایت مالی خاصی از نهادهای دولتی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان در طراحی، تحلیل، نگارش و تایید نسخه نهایی به این ترتیب مشارکت داشته اند.

۸-منابع

- [1] Slatnar, A., Mikulic-Petkovsek, M., Stampar, F., Veberic, R., & Solar, A. (2015). Identification and quantification of phenolic compounds in kernels, oil and bagasse pellets of common walnut (*Juglans regia* L.). *Food Research International*, 67, 255-263.
- [2] Grosso, A. L., Asensio, C. M., Nepote, V., & Grosso, N. R. (2018). Antioxidant activity displayed by phenolic compounds obtained from walnut oil cake used for walnut oil preservation. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 95(11), 1409-1419.
- [3] Mikołajczak, N., Sobiechowska, D. A., & Tańska, M. (2020). Edible flowers as a new source of natural antioxidants for oxidative protection of cold-pressed oils rich in omega-3 fatty acids. *Food Research International*, 134, 109216.
- [4] Chen, H. H., Chang, H. C., Chen, Y. K., Hung, C. L., Lin, S. Y., & Chen, Y. S. (2016). An improved process for high nutrition of germinated brown rice production: Low-pressure plasma. *Food chemistry*, 191, 120-127.
- [5] Cáceres, P. J., Peñas, E., Martínez-Villaluenga, C., García-Mora, P., & Frías, J. (2019). Development of a multifunctional yogurt-like product from germinated brown rice. *Lwt*, 99, 306-312.
- [6] Chaijan, M., & Panpipat, W. (2020). Nutritional composition and bioactivity of germinated Thai indigenous rice extracts: A feasibility study. *Plos one*, 15(8), e0237844.
- [7] Cornejo, F., Cáceres, P. J., Martínez-Villaluenga, C., Rosell, C. M., & Frías, J. (2015). Effects of germination on the nutritive value and bioactive compounds of brown rice breads. *Food Chemistry*, 173, 298-304.
- [8] Kim, S. M., Kang, S. W., Kwon, O. N., Chung, D., & Pan, C. H. (2012). Fucoxanthin as a major carotenoid in *Isochrysis* aff. *galbana*: Characterization of extraction for commercial application. *Journal of*

آنتی اکسیدان سنتزی BHT (۲۰۰ ppm) و متعاقب آن عصاره شلتوک برنج جوانه زده (۱۵۰۰ ppm) بالاترین اثر آنتی اکسیدانی را نشان دادند. همچنین آنتی اکسیدان سنتزی BHT و متعاقب آن عصاره شلتوک برنج جوانه زده (۱۵۰۰ ppm) در قیاس با نمونه شاهد، در آزمون رنسیمت تأثیر قابل ملاحظه ای را در جهت افزایش شاخص پایداری اکسیداتیو و بالطبع دوره القاء روغن بکر مغز گردوی ایرانی نشان دادند. مطابق نتایج می توان، عصاره آنتی اکسیدانی شلتوک برنج جوانه زده استخراج شده به کمک امواج اولتراسوند را به عنوان منبع ترکیبات آنتی اکسیدانی در روغن های خوراکی مورد استفاده قرار داد.

تضاد منافع

- the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 55(4), 477-483.
- [9] Li, R., He, J., Xie, H., Wang, W., Bose, S. K., Sun, Y., ... & Yin, H. (2019). Effects of chitosan nanoparticles on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). *International journal of biological macromolecules*, 126, 91-100.
 - [10] do Nascimento, L. Á., Abhilasha, A., Singh, J., Elias, M. C., & Colussi, R. (2022). Rice germination and its impact on technological and nutritional properties: A review. *Rice Science*, 29(3), 201-215.
 - [11] Imam, M. U., Azmi, N. H., Bhanger, M. I., Ismail, N., & Ismail, M. (2012). Antidiabetic properties of germinated brown rice: a systematic review. *Evidence-based complementary and alternative medicine*, 2012.
 - [12] Kadiri, O. (2017). A review on the status of the phenolic compounds and antioxidant capacity of the flour: Effects of cereal processing. *International Journal of Food Properties*, 20(sup1), S798-S809.
 - [13] Xia, Q., Wang, L., & Li, Y. (2018). Exploring high hydrostatic pressure-mediated germination to enhance functionality and quality attributes of wholegrain brown rice. *Food chemistry*, 249, 104-110.
 - [14] Moongngarm, A., & Saeung, N. (2010). Comparison of chemical compositions and bioactive compounds of germinated rough rice and brown rice. *Food chemistry*, 122(3), 782-788.
 - [15] Aguilera, Y., Diaz, M. F., Jimenez, T., Benitez, V., Herrera, T., Cuadrado, C., Martin-Cabrejas, M. A. (2013). Changes in nonnutritional factors and antioxidant activity during germination of nonconventional legumes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 8120-8125.
 - [16] Gan, R. Y., Lui, W. Y., Wu, K., Chan, C. L., Dai, S. H., Sui, Z. Q., & Corke, H. (2017). Bioactive

- compounds and bioactivities of germinated edible seeds and sprouts: An updated review. *Trends in Food Science & Technology*, 59, 1-14.
- [17] Leticia de Castro Barbosa, M., Alves da Conceicao, R., Guerra Manssour Fraga, A., Dias Camarinha, B., Cristina de Carvalho Silva, G., Gilcler Ferreira Lima, A., ... & de Oliveira Freitas Lione, V. (2017). NF- κ B signaling pathway inhibitors as anticancer drug candidates. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry (Formerly Current Medicinal Chemistry-Anti-Cancer Agents)*, 17(4), 483-490.
- [18] Martínez, J. E. B., Concha, D. D. R. M., Velázquez, T. G. G., Martínez, C. J., & Ruiz, J. C. R. (2021). Anti-inflammatory properties of phenolic extracts from *Phaseolus vulgaris* and *Pisum sativum* during germination. *Food Bioscience*, 42, 101067.
- [19] Wu, N. N., Li, R., Li, Z. J., & Tan, B. (2022). Effect of germination in the form of paddy rice and brown rice on their phytic acid, GABA, γ -oryzanol, phenolics, flavonoids and antioxidant capacity. *Food Research International*, 159, 111603.
- [20] Chinma, C. E., Adedeji, O. E., Jolayemi, O. S., Ezeocha, V. C., Ilowefah, M. A., Rosell, C. M., ... & Adebo, O. A. (2024). Impact of germination on the techno-functional properties, nutritional composition, and health-promoting compounds of brown rice and its products: A review. *Journal of food science*, 89(1), 8-32.
- [21] Yasmin, A., Zeb, A., Khalil, A. W., Paracha, G. M. U. D., & Khattak, A. B. (2008). Effect of processing on anti-nutritional factors of red kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) grains. *Food and Bioprocess Technology*, 1(4), 415-419.
- [22] Ahmadi, K. N., Elhami, R. A., Ghavami, M., Moridi, F. M., & Armin, M. (2017). Ultrasound-Assisted Extraction of Antioxidant Extract from Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Wastes and Evaluation of the Antioxidative Activity. *Journal of Food Technology and Nutrition*, 2 (54), 21-38.
- [23] Macdonald, J. S., Smalley, S. R., Benedetti, J., Hundahl, S. A., Estes, N. C., Stemmermann, G. N., ... & Martenson, J. A. (2001). Chemoradiotherapy after surgery compared with surgery alone for adenocarcinoma of the stomach or gastroesophageal junction. *New England Journal of Medicine*, 345(10), 725-730.
- [24] Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.
- [25] AOAC. (2005). Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
- [26] ISO, S. (2009). 659: 2009: Oilseeds-Determination of oil content (Reference method)(ISO 659: 2009).
- [27] Rękas, A., Ścibisz, I., Siger, A., & Wroniak, M. (2017). The effect of microwave pretreatment of seeds on the stability and degradation kinetics of phenolic compounds in rapeseed oil during long-term storage. *Food chemistry*, 222, 43-52.
- [28] ISO 15305. (1998). Animal and vegetable fats and oils – determination of Lovibond colour.
- [29] Firestone, D. (1997). Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, 4th ed. AOCS Press, IL, USA.
- [30] ISO, A., Fats, V. and Oils, I. (2002). ISO 3657: Determination of Saponification Value. International Organisation for Standardisation.
- [31] ISO, E. 5509. (2000) Animal and vegetable fats and oils-Preparation of methyl esters of fatty acids. Geneva: International Organization for Standardization.
- [32] ISO, E. (2000). 5508. 1990. Animal and vegetable fats and oils—Analysis by gas chromatography of methyl esters of fatty acids. European Standard ISO, 5508.
- [33] ISO 729. (1988). Oilseeds _Determination of acidity of oils (Reference method).
- [34] AOCS, Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, AOCS, Champaign, Ill, USA, 4th edition, 1990.
- [35] AOCS, Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, AOCS, Champaign, Ill, USA, 4th edition, 1990.
- [36] Serjouie, A., Tan, C.P., Mirhosseini, H. and Che Man, Y.B. (2010). Effect of vegetable based oil blends on physicochemical properties of oils during deep-fat frying. *American journal of food technology*, 5(5), 310-323.
- [37] O'Brien, C. A., Jia, D., Plotkin, L. I., Bellido, T., Powers, C. C., Stewart, S. A., ... & Weinstein, R. S. (2004). Glucocorticoids act directly on osteoblasts and osteocytes to induce their apoptosis and reduce bone formation and strength. *Endocrinology*, 145(4), 1835-1841.
- [38] Vilku, K., Mawson, R., Simons, L., & Bates, D. (2008). Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry—A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(2), 161-169.
- [39] Kumar, K., Srivastav, S., & Sharanagat, V. S. (2021). Ultrasound assisted extraction (UAE) of bioactive compounds from fruit and vegetable processing by-products: A review. *Ultrasonics sonochemistry*, 70, 105325.
- [40] Carciochi, R. A., Manrique, G. D., & Dimitrov, K. (2015). Optimization of antioxidant phenolic compounds extraction from quinoa (*Chenopodium quinoa*) seeds. *Journal of food science and technology*, 52(7), 4396-4404.
- [41] Hayta, M., & İşçimen, E. M. (2017). Optimization of ultrasound-assisted antioxidant compounds extraction from germinated chickpea using response surface methodology. *LWT*, 77, 208-216.

- [42] Xu, M., Jin, Z., Ohm, J. B., Schwarz, P., Rao, J., & Chen, B. (2018). Improvement of the antioxidative activity of soluble phenolic compounds in chickpea by germination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(24), 6179-6187.
- [43] Singh, A., Sharma, S., Singh, B., & Kaur, G. (2019). In vitro nutrient digestibility and antioxidative properties of flour prepared from sorghum germinated at different conditions. *Journal of food science and technology*, 56(6), 3077-3089.
- [44] Duenas, M., Sarmiento, T., Aguilera, Y., Benitez, V., Mollá, E., Esteban, R. M., & Martín-Cabrejas, M. A. (2016). Impact of cooking and germination on phenolic composition and dietary fibre fractions in dark beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and lentils (*Lens culinaris* L.). *LWT-Food Science and Technology*, 66, 72-78.
- [45] Fregapane, G., Ojeda-Amador, R. M., & Salvador, M. D. (2019). Virgin walnut (*Juglans regia* L.) oil. In *Fruit oils: Chemistry and functionality* (pp. 133-147). Springer, Cham.
- [46] Gao, P., Liu, R., Jin, Q., & Wang, X. (2021). Effects of processing methods on the chemical composition and antioxidant capacity of walnut (*Juglans regia* L.) oil. *LWT*, 135, 109958.
- [47] Arranz, S., Cert, R., Jimenez, P. J., Cert, A., & Saura-Calixto, F. (2008). Comparison between free radical scavenging capacity and oxidative stability of nut oils. *Food Chemistry*, 110(4), 985-990.
- [48] Amaral, J. S., Casal, S., Pereira, J. A., Seabra, R. M., & Oliveira, B. P. (2003). Determination of sterol and fatty acid compositions, oxidative stability, and nutritional value of six walnut (*Juglans regia* L.) cultivars grown in Portugal. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(26), 7698-7702.
- [49] Martinez, F. O., Gordon, S., Locati, M., & Mantovani, A. (2006). Transcriptional profiling of the human monocyte-to-macrophage differentiation and polarization: new molecules and patterns of gene expression. *The Journal of Immunology*, 177(10), 7303-7311.
- [50] Rabrenović, B., Dimić, E., Maksimović, M., Šobajić, S., & Gajić-Krstajić, L. (2011). Determination of fatty acid and tocopherol compositions and the oxidative stability of walnut (*Juglans regia* L.) cultivars grown in Serbia. *Czech Journal of Food Sciences*, 29(1), 74-78.
- [51] Ojeda-Amador, R. M., Salvador, M. D., Gómez-Alonso, S., & Fregapane, G. (2018). Characterization of virgin walnut oils and their residual cakes produced from different varieties. *Food Research International*, 108, 396-404.
- [52] Rabadán, A., Pardo, J. E., Gómez, R., & Álvarez-Ortí, M. (2018). Evaluation of physical parameters of walnut and walnut products obtained by cold pressing. *LWT*, 91, 308-314.
- [53] Shahidi, F., & Zhong, Y. (2005). Antioxidants: regulatory status. *Bailey's industrial oil and fat products*, 1, 491-512.
- [54] Cevallos-Casals, B. A., & Cisneros-Zevallos, L. (2010). Impact of germination on phenolic content and antioxidant activity of 13 edible seed species. *Food Chemistry*, 119(4), 1485-1490.
- [55] Farhoosh, R., Tavassoli-Kafrani, M. H., & Sharif, A. (2011). Antioxidant activity of sesame, rice bran and bene hull oils and their unsaponifiable matters. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113(4), 506-512.
- [56] Gharachorloo, M., Ghiassi Tarzi, B., & Baharinia, M. (2013). The effect of germination on phenolic compounds and antioxidant activity of pulses. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 90(3), 407-411.
- [57] Ramezani, R., & Karbassi, A. (2002). Effect of various packaging materials and light condition on storage stability of refined sunflower oil. *JWSS-Isfahan University of Technology*, 6(2), 139-148.
- [58] Krishna, S., Ganapathi, S., Ster, I. C., Saeed, M. E., Cowan, M., Finlayson, C., ... & Kumar, D. (2015). A randomised, double blind, placebo-controlled pilot study of oral artesunate therapy for colorectal cancer. *EBioMedicine*, 2(1), 82-90.
- [59] Gursul, S., Karabulut, I., & Durmaz, G. (2019). Antioxidant efficacy of thymol and carvacrol in microencapsulated walnut oil triacylglycerols. *Food chemistry*, 278, 805-810.



Scientific Research

Evaluation of oxidative stability of Iranian virgin walnut kernel (*Juglans regia L.*) oil enriched with ultrasound-assisted extracted Iranian germinated paddy rice extract

Fatemeh Yaghoobi Hasanalideh ¹, Neda Ahmadi Kamazani ^{2*}

1-Master's Graduate, Department of Food Science and Technology, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

2-* Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received: 2024/07/22

Review: 2025/09/22

Accepted: 2026/01/16

Keywords:

antioxidant extract,
germinated paddy rice,
Ultrasound,
virgin walnut kernel oil,
Oxidative Stability.

DOI: 10.48311/fsct.2026.83833.0

*Corresponding Author E-
ahmadi.academic@iau.ac.ir

The aim of this study was to evaluation of oxidative stability of Iranian virgin walnut kernel oil enriched with ultrasound-assisted extracted Iranian germinated paddy rice (GPR) extract under accelerated oxidation conditions. The powdered GPR sample was extracted with ethanol/H₂O (70:30,V/V) using ultrasonic waves at the temperature of 50°C and time of 30 minutes with the frequency of 40 KHZ and solid to solvent ratio of 1:20 (w/v) in an ultrasound water bath. The extraction yield (2.91%), DPPH radical scavenging activity (77.52%) and total phenolic contents (909.2 mg GAE/1000g DW) of GPR were determined. The protective effects of the GPR extract in stabilization of virgin walnut kernel oil at different concentrations (0 ppm,500 ppm,1000 ppm,1500 ppm,) were evaluated for a period of five days (120 h) by monitoring the peroxide, p-anisidine, totox values at an oven temperature of 90°C (accelerated oxidation). Also, the oxidative stability index (OSI) was evaluated and compared with the synthetic antioxidant BHT (200 ppm). In oxidative stability tests of Iranian virgin walnut kernel oil supplemented with antioxidant extract, increasing the concentration of the extracts led to their better performance in delaying oxidative rancidity (p<0.01). According to the results, BHT (200 ppm) and the GPR extract (1500 ppm) showed the highest protective effects. In the rancimat test, the oxidative stability indices of the control sample, the sample of Iranian virgin walnut kernel oil containing 1500 ppm of GPR extract and BHT (200 ppm) were 3.25 h, 8.93 h and 12 h, respectively (p<0.01). Thus, BHT and GPR extract (1500 ppm) in comparison with the control sample, showed a significant effect on increasing the oxidative stability index of Iranian virgin walnut kernel oil. Therefore, GPR can be used as a source of antioxidant compounds in edible oils.