مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

تأثیر برشته کردن توسط مایکروویو بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و شاخص پایداری اکسیداتیو روغن مغز گردوی ایرانی(*Juglans regia* L.)

کبری جلوخانی نیارکی[۱]، ندا احمدی کمازانی[۲*]

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

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

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۵

کلمات کلیدی:

برشته کردن توسط مایکروویو،

پرس سرد،

پایداری اکسیداتیو،

روغن مغز گردو،

فیتواسترول.

DOI: 10.52547/fsct.19.123.257

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.123.14.9

* مسئول مکاتبات:

ahmadi.academic@gmail.com

چکیده

هدف از این مطالعه، ارزیابی ویژگی های فیزیکوشیمیایی (راندمان استخراج، توسعه رنگ، ترکیب اسیدهای چرب، اندیس یدی، اندیس صابونی، ترکیب استرول ها) و فعالیت مهار رادیکال آزاد DPPH روغن استخراج شده توسط پرس سرد از مغز های گردوی تیمار شده (برشته نمودن برای ۰، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ دقیقه توسط مایکروویو با توان ۶۰۰ وات) بود. نتایج نشان داد که در اثر پیش تیمار مغز گردوی ایرانی توسط مایکروویو، میزان راندمان استخراج روغن، توسعه رنگ، نسبت اسیدهای چرب چند غیراشباع به اشباع (PUFA/SFA) و میزان فیتواسترول افزایش می یابد. همچنین طی پیش تیمار توسط مایکروویو در اندیس صابونی (۱۹۲/۱۹۳-۷۱/۷۳ mg KOH/g oil)، اندیس یدی (۱۵۰/۱۵۱-۱۲/۸۱ gI2/100 g oil) و مقادیر MUFA،SFA و PUFA نمونه های روغن مغز گردو اختلاف معنی داری مشاهده نگردید ($p \geq 0.05$). اسیدهای چرب غالب غیر اشباع در نمونه های روغن در کلیه تیمارها به ترتیب اسید لینولئیک C18:2c (۵۵٪/۶۷-۵۶٪/۴۹) و اسید اولئیک C18:1c (۲۰٪/۷۰-۲۱٪/۵۶) تعیین شد. درکلیه تیمارها، فیتواسترول های غالب β- سیتوسترول، Δ-5- اوناسترول، کامپسترول،-Δ-7اوناسترول و Δ-7- استیگماسترول تعیین شد. بیشترین فعالیت مهار رادیکال DPPH به ترتیب در نمونه های روغن MW-0 (۹۰٪/۶۲) و MW-2.5 (۷۳٪/۹۶) مشاهده شد. علاوه بر این اندیس پراکسید، اندیس آنیزیدین و اندیس توتکس روغن گردو شاهد (MW-0) و روغن گردوی پیش تیمارشده (MW-2.5) در دمای آون با C ° ۱۶۰ در فواصل ۰، ۳، ۶ و ۹ ساعت تعیین شد. همچنین شاخص پایداری اکسیداتیو (OSI) با استفاده از آزمون رنسیمت در دمای C ° ۱۲۰ تعیین شد. نتایج نشان داد که پیش تیمار با مایکروویو یک استراتژی نوید بخش جهت ارتقاء راندمان استخراج روغن، محتوای فیتواسترول‌ها و نسبتPUFA/SFA در روغن حاصل از مغز گردوی ایرانی می باشد.

۱- مقدمه

در میان مغز ها، گردو ارزش تغذیه ای بالایی دارد که عمدتا ناشی از میزان بالای اسید های چرب لینولئیک و لینولنیک، ترکیبات فنولیک و توکوفرول است که منجر به خاصیت آنتی اکسیدانی و دیگر ویژگی های سلامت بخش می شود [۱]. چین تولید کننده عمده گردو است و پس از آن ایالات متحده آمریکا، ایران، ترکیه و فرانسه قرار دارد [۲]. تولید جهانی گردو (با پوست) در حال حاضر حدود $۳/۵ \times ۱۰^{۶}$ تن است [۳]. common walnut (*Juglans regia* L.) از نظر اقتصادی مهمترین گونه جنس Juglans متعلق به خانواده *Juglandaceae* می باشد. زیرا مغز حاصل از آن دارای ارزش تغذیه ای و کیفیت بالا می باشند[٤,٥]. گردو حاوی مقادیر بالا (٦٠ ٪) روغن می باشد که مقادیر قابل ملاحظه ای از اسیدهای چرب تک غیر اشباع و چند غیر اشباع را دارا است [٦]. در روغن گردو، تعادل بهینه اسیدهای چرب چند غیر اشباع n-6/n-3 در محدوده ٤:١ می باشد، ضمن اینکه حضور ترکیبات آنتی اکسیدانی نظیر توکوفرول ها و فیتواسترول ها در روغن مذکور به مهار بیماری ها و حفظ سلامت کمک می نماید [۷و ۸]. با این حال حضور مقادیر بالای اسیدهای چرب غیر اشباع، روغن گردو را مستعد اکسیداسیون می نماید که این امر سبب کاهش مدت ماندگاری آن می شود [۹]. استخراج با حلال/سوکسله به طور گسترده در مقیاس صنعتی مورد استفاده قرار می گیرد، هرچند که استخراج با پرس سرد نیز پیشنهاد شده است[۱۰]. روغن دانه های روغنی استخراج شده توسط پرس سرد حاوی مقادیر بالاتر اسیدهای چرب ضروری و سایر ترکیبات زیست فعال (توکوفرول، استرول، اسکوالن و غیره) می باشد [۱۱]. در سال های اخیر، توجه مصرف کنندگان به فرآورده های طبیعی، سازگار با محیط زیست و با فرآوری کم (تحت عنوان فرآوری سبز)[1] رو به افزایش است. روغن های خوراکی حاصل از پرس سرد از نظر مصرف کنندگان، محصولات طبیعی و سازگار با محیط زیست در نظر گرفته می شوند[۱۲]. جهت افزایش بازده استحصال روغن از مغزها و دانه های روغنی عملیات مقدماتی مکانیکی و حرارتی رایج است. برشته کردن به عنوان یک روش پیش تیمار نوین قبل از استخراج روغن مغز های خوراکی و یک رویکرد موثر جهت بهبود طعم در روغن های مذکور در نظر گرفته می شود. برشته کردن باعث تغییر در ترکیب شیمیایی و ارزش تغذیه ای روغن می شود [۱۳و ۱٤]. پیش تیمارهای حرارتی شامل غیر فعال کردن آنزیم های نامطلوب، عمدتا لیپاز و در نتیجه افزایش راندمان استحصال روغن است. به منظور تولید روغن با کیفیت بالا از بین بردن آنزیم های لیپولیتیک که سبب فساد روغن می شود دارای اهمیت است[۱۵]. علاوه بر این، رطوبت دانه های روغنی عامل مهمی در استخراج روغن توسط پرس از دانه های روغنی است. پیش تیمار با مایکروویو قبل از استخراج با پرس یک روش ساده و مناسب جهت حصول روغن با کیفیت بالا می باشد. زیرا غشاء سلولی شکسته شده و در نتیجه منافذی ایجاد می شود که خروج روغن را آسان تر می کند. پیش تیمار دانه های روغنی با مایکروویو قبل از پرس مکانیکی می تواند میزان توکوفرول، فیتواسترول، محتوای فنولیک و پایداری اکسیداتیو روغن استخراج شده را افزایش دهد [۱۸-۱٦]. نتایج پژوهش های محققین مختلف نشان داده است که برشته نمودن مغزها در شرایط مشخص و تعیین شده می تواند به واسطه ایجاد توازن بین ترکیبات ارتقاء دهنده سلامت و ترکیبات مضر بالقوه مغزها و همچنین دستیابی به ویژگی های حسی مطلوب، مورد تأیید واقع شود[۱٤ و۲۵-۱۹].

Fathi-Achachlouei و همکاران (2019) تاثیر پیش تیمار مایکروویو بر روی بازده استخراج روغن دانه های خارخاسک شیری و خصوصیات فیزیکو شیمیایی، محتوای مواد مغذی/ دارویی و ترکیب اسید های چرب آن را بررسی نمودند[۲۳].

Hayatو همکاران (2019) اثر حرارت دهی با مایکروویو و نیز حرارت دهی با آون معمولی را بر ترکیبات فنولیک، اسیدهای چرب آزاد و پتانسیل آنتی اکسیدانی دانه رازیانه مورد بررسی قرار دادند [۲٤]. Hu و همکاران (2019) تأثیر پیش تیمار توسط مایکروویو بر میزان ترکیبات ریز مغذی، پایداری اکسیداتیو و کیفیت طعم روغن بادام زمینی را مورد ارزیابی قرار داده و نشان دادند که این پیش تیمار یک روش مهم جهت ارتقاء راندمان استخراج روغن و حصول روغن بادام زمینی استخراج شده با پرس سرد دارای مدت ماندگاری بالاتر و طعم بهتر محسوب می شود[۲٦]. Suri و همکاران (2020) تأثیر برشته شدن با مایکروویو را بر ترکیب شیمیایی، پایداری اکسیداتیو و ترکیب اسید های چرب روغن بذر کتان (*Linum usitatissimum* L.) مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که راندمان بالاتر استخراج روغن و بهبود

1. green processing

خصوصیات کیفی آن جهت کاربرد در صنایع غذایی و دارویی از طریق پیش تیمار بذر کتان توسط مایکروویو با توان ۵۴۰ وات برای مدت ۱۰ دقیقه حاصل می شود[۲۷].

روغن مغز گردو به واسطه خصوصیات تغذیه ای مطلوب با تقاضای فراوان مصرف کنندگان مواجهه است، اما به سهولت اکسید شده و دچار رنسیدیتی و تغییر طعم می گردد. تحقیقات متعدد نشان می دهد برشته نمودن، پایداری اکسیداتیو روغن ها و چربی ها را افزایش می دهد، اما با این حال در مورد آثار پیش تیمار مایکروویو جهت برشته نمودن مغز گردوی ایرانی قبل از استخراج با روش پرس سرد (به عنوان یک روش استخراج سبز و سازگار با محیط زیست) و تأثیر آن بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی روغن به ویژه شاخص های مرتبط با فساد اکسیداتیو طی اکسیداسیون تسریع یافته، تحقیقاتی صورت نگرفته است. بنابراین هدف اصلی و ضرورت خاص انجام این پژوهش، بررسی و دستیابی به ادراک جامع در مورد آثار پیش تیمار مایکروویو بر راندمان استحصال روغن، توسعه رنگ، ترکیب اسیدهای چرب، اندیس یدی، اندیس صابونی، ترکیب استرول ها، فعالیت آنتی اکسیدانی مهار رادیکال DPPH، شاخص های فساد اکسیداتیو روغن طی آون گذاری (اکسیداسیون تسریع یافته) شامل اندیس پراکسید، اندیس آنیزیدین، اندیس توتوکس و شاخص پایداری اکسیداتیو(OSI) در نظر گرفته شد.

۲-مواد وروش ها

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

۲-۱-آماده سازی نمونه ها و استخراج روغن آن ها

مغز گردوی منطقه آذرشهرخریداری شد. سپس مغزهای با اندازه و رنگ مشابه جهت برشته نمودن توسط مایکروویو انتخاب شده و در ظروف شیشه ای درب دار در یخچال با دمای ۴ °C نگهداری گردید. پیش تیمار برشته نمودن با یک آون مایکروویو و فرکانس ۲۴۵۰ هرتز با توان ۶۰۰ وات انجام شد. برای هر پیش تیمار حدود ۴۰ گرم از مغز دو نیم شده گردو به صورت تک لایه در هر پتری دیش با قطر حدود ۱۲-۹ سانتی متر قرار داده شده و نمونه ها برای مدت زمان ۰، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ دقیقه فرآوری شد. هر پیش تیمار مایکروویو با ۳ تکرار انجام شد. پس از برشته نمودن، نمونه ها تا درجه حرارت محیط سرد شده و نمونه هر پیش تیمار قبل از استخراج روغن کاملا مخلوط گردید. روغن از نمونه های تیمار شده توسط مایکروویو و نیز نمونه شاهد توسط پرس سرد با دمای ۴۰-۵۰ °C استخراج شد. پس از کاربرد سانتریفوژ در ۴۵۰۰ دور در۲۰ دقیقه جهت حذف ذرات جامد معلق در بطری های شیشه ای تیره درب دار طی یک شبانه روز تا زمان آنالیز در دمای ۴ °C نگهداری گردید [۲۰].

۲-۲-آزمون ها

۲-۲-۱- تعیین میزان رطوبت نمونه مغز، راندمان استخراج به روش سوکسله و اندیس اسیدی روغن گردو

میزان رطوبت نمونه مغز گردو طبق روش وزن سنجی تا رسیدن به وزن ثابت در آون با دمای ۱۰۰ °C محاسبه شد [۲۸]. راندمان استخراج روغن[۲۹] و اندیس اسیدی آن [۳۰] تعیین شد.

۲-۲-۲-ارزیابی تأثیر پیش تیمار برشته نمودن توسط مایکروویو و شرایط آن بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی نمونه های روغن مغز گردو

۲-۲-۲-۱- راندمان استخراج روغن به روش پرس سرد

راندمان استخراج روغن به روش پرس سرد به صورت وزنی (گراویمتریک) (٪ وزنی/وزنی) از معادله ۱محاسبه گردید.

$$\text{Yield \%} = (W2/W1) \times 100$$

معادله ۱

W_2 : وزن نمونه روغن W_1: وزن نمونه مغز گردو

۲-۲-۲-۲- توسعه رنگ

رنگ روغن به روش لاوی‌باند با دستگاه Tintometer مدل F با سل یک اینچی ارزیابی گردید [۳۱].

۲-۲-۲-۳- ترکیب و میزان اسیدهای چرب

جهت تعیین میزان و ترکیب اسیدهای چرب ابتدا متیله کردن نمونه روغن انجام شد [۳۲]. سپس اسیدهای چرب روغن توسط کروماتوگرافی گازی شناسایی و تعیین مقدار گردید [۳۳]. مشخصات و شرایط دستگاه کروماتوگرافی گازی عبارت بود از: نام و مدل دستگاه (SHIMADZU Nexis 2030, Japan)، آشکار ساز یونیزاسیون شعله ای

(FID)[2]، ستون موئین Dikmacap-2330 از جنس شیشه به طول ٦٠ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی متر، گاز هیدروژن با خلوص ۹۹/۹۹۹ ٪ به عنوان گاز حامل و سرعت جریان ۲ میلی لیتر بر دقیقه، دمای محل تزریق ۲۵۰°C، دمای آشکار ساز ۲٦۰°C، میزان تزریق نمونه ۱ میکرولیتر، نسبت اسپیلت دستگاه ۱ به ٦٠ و برنامه دمایی دستگاه: دمای اولیه ٦٠°C و باقی ماندن به مدت ۲ دقیقه در همان دما، سپس با گرادیان ۱۰ °C /min رسیدن به دمای ۲۰۰ °C، سپس با گرادیان ۵ °C /min رسیدن به دمای ۲٤۰ °C، باقی ماندن به مدت ۷ دقیقه در همان دما جهت خروج کلیه اسیدهای چرب از ستون.

۲-۲-۲-٤- اندیس یدی

اندیس یدی بر اساس ترکیب اسید های چرب روغن طبق معادله ۲ محاسبه شد[۳٤].

$$IV=(\%C16:1\times0.95)+(\%C18:1\times0.860)+(\%C18:2\times1.732)+(\%C18:3\times2.616)+(\%C20:1\times0.785)+(\%C22:1\times0.723)$$

معادله ۲

۲-۲-۲-۵- اندیس صابونی

اندیس صابونی از طریق معادله ۳ محاسبه گردید [۳۵].

$$S.V=\frac{3\times56.1\times1000}{[(mmw)+92.02]-(3\times18)}$$ معادله۳

mmw: مجموع وزن مولکولی اسید های چرب در نمونه

56.1: وزن مولکولی هیدروکسید پتاسیم

92.02 : وزن مولکولی گلیسرول

۲-۲-۲-٦- ترکیب و میزان استرول ها

ابتدا روغن توسط پتاس الکلی صابونی شده، سپس ترکیبات غیرصابونی شونده آن توسط دی اتیل اتراستخراج گردید[۳٦]. شناسایی ترکیبات غیرصابونی شونده طبق روش AOAC شماره 970.51 با استفاده ازروش کروماتوگرافی لایه نازک (TLC) انجام شد [۳۷]. نهایتا شناسایی و تعیین میزان ترکیبات استرولی صورت گرفت[۳۸]. مشخصات و شرایط دستگاه کروماتوگرافی گازی عبارت بود از: نام و مدل دستگاه (Younglin 6500, Korea)، آشکار ساز یونیزاسیون شعله ای (FID)، ستون موئین Equity-5 (SUPELCO) از جنس شیشه به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی متر، گاز هیدروژن با خلوص ۹۹/۹۹۹ ٪ به عنوان گاز حامل و سرعت جریان ۱/۵ میلی لیتر بر دقیقه، دمای محل تزریق ۳۰۰°C، دمای آشکار ساز ۳۱۰°C، میزان تزریق نمونه ۱ میکرولیتر، نسبت اسپیلت دستگاه ۱ به ۱۰ و برنامه دمایی دستگاه: دمای اولیه ۲٤۰°C و باقی ماندن به مدت ۲ دقیقه در همان دما، سپس با گرادیان ۱۰ °C /min رسیدن به دمای ۳۰۰ °C، سپس با گرادیان ۱ °C /min رسیدن به دمای ۳۰۵ °C، باقی ماندن به مدت ۷ دقیقه در همان دما جهت خروج کلیه استرول ها از ستون.

۲-۲-۲-۷- فعالیت مهار رادیکال DPPH

فعالیت مهار رادیکال DPPH نمونه های روغن مطابق روش Brand-Williamsو همکاران (1995) با برخی اصلاحات تعیین شد [۳۹]. ۰/۵ میلی لیتر از عصاره استخراجی با ۲/۵ میلی لیتر محلول ۰/۵ میلی مولار DPPH مخلوط و کاملاً همگن شد و برای۳۰ دقیقه در تاریکی در درجه حرارت اتاق انکوباتورگذاری گردید. جذب نور در۵۱۷ نانومتر در مقابل یک شاهد توسط اسپکتروفتومتر قرائت شده و نتایج برحسب درصد مهار رادیکال DPPH طبق معادله ٤ محاسبه گردید.

معادله٤

$$\text{Inhibition DPPH \%} = [(\text{Abs control} - \text{Abs sample}) / \text{Abs control}] \times 100$$

Abs control: جذب محلول DPPH فاقد عصاره (محلول شاهد)

Abs sample: جذب در حضور عصاره مورد آزمایش

۲-۳- ارزیابی پایداری اکسیداتیو نمونه های روغن

به منظور تسریع اکسیداسیون لیپید و تجزیه حرارتی آن (اکسیداسیون تسریع یافته)، ظروف شیشه ای درب دار آزمایش حاوی مقادیر معین (۸۰ g) نمونه روغن مغز گردوی شاهد (MW-0) و نمونه روغن مغز گردوی پیش تیمار شده MW-2.5 (دارای بالاترین فعالیت مهار رادیکال DPPH در بین پیش تیمارها) در آون الکتریکی با دمای ۱٦۰ °C نگهداری شدند. سپس پایداری روغن نسبت به اکسیداسیون در فواصل ۰، ۳، ٦ و ۹ ساعت از طریق آنالیز شاخص های اکسیداسیون نظیر مقادیر اندیس پراکسید، اندیس پارا آنیزیدین و اندیس توتوکس محاسبه شد.

۲-۳-۱- ارزیابی اندیس پراکسید نمونه های روغن

ارزیابی اندیس پراکسید مطابق روش توصیه شده انجمن

2. Flame Ionization Detector

شیمیدانان آمریکا (AOCS, 1998) با شماره استاندارد cd 8-53 انجام شد [۴۰].

۲-۳-۲- ارزیابی اندیس پارا آنیزیدین نمونه های روغن

اندیس پارا آنیزیدین طبق روش AOCS Official Method Cd18-90طی یک دوره آون گذاری ۰، ۳، ٦ و ۹ ساعت ارزیابی گردید[۴۰].

۲-۳-۳- ارزیابی اندیس توتوکس نمونه های روغن

وضعیت کلی اکسیداسیون نمونه های روغن توسط اندیس توتوکس طی یک دوره آون گذاری ۰، ۳، ٦ و ۹ ساعت ارزیابی گردید. این اندیس بر اساس معادله ۵ محاسبه شد [۴۱].

معادله ۵

$$TV = AV + 2PV$$

AV: اندیس آنیزیدین

PV: اندیس پراکسید

۲-۳-٤- ارزیابی شاخص پایداری اکسیداتیو (OSI) نمونه های روغن

شاخص پایداری اکسیداتیو نمونه ها توسط دستگاه رنسیمت (Metrohm 743, Switzerland) تعیین شد. آزمایش با ۳ گرم نمونه روغن دارای بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی از نظر DPPH و نمونه شاهد در دمای ۱۲۰ °C و سرعت جریان هوای ۲۰ L/h انجام شد [۴۲].

۲-٤-آنالیز آماری

کلیه آزمایشات در ۳ تکرار انجام شد. نتایج به صورت میانگین سه تکرار و انحراف استاندارد بیان شد. سپس آنالیز واریانس (ANOVA) یک طرفه صورت گرفت و نهایتا جهت تعیین اختلاف معنی دار در سطح $p< 0.05$ تست چند دامنه ای دانکن مورد استفاده قرار گرفت. آنالیزها با استفاده از نرم افزار SPSS 22و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱-تعیین میزان رطوبت نمونه مغز گردو، راندمان استخراج توسط روش سوکسله و اندیس اسیدی روغن

میزان رطوبت نمونه مغز گردو ۱/۲±۳/٤۸ ٪، میزان راندمان استخراج توسط روش سوکسله ۲/۳۵±۷۳/۹٦ ٪ و میزان اندیس اسیدی ۰/۰۹±۰/٤۱ mg KOH/g of oil تعیین شد. در استانداردهای بین المللی میزان رطوبت مغز گردو ۵٪-۳٪ و میزان روغن مغز گردو۷۱٪-٦۲٪ تعیین شده است[٤۳]. لازم به ذکر است که بیشینه استاندارد میزان اندیس اسیدی روغن مغز استخراج شده به روش پرس سرد ٤ mg KOH/g of oil تعیین شده است [٤٤]. نتایج این تحقیق مطابق با استانداردهای بین المللی بود.

۳-۲-تأثیر پیش تیمار برشته نمودن توسط مایکروویو و شرایط آن بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی نمونه های روغن

۳-۲-۱- میزان روغن استخراج شده به روش پرس سرد

جدول ۱ تأثیر پیش تیمار برشته نمودن توسط مایکروویو و شرایط آن (٤ بازه زمانی۰، ۲/۵، ۵، ۷/۵ دقیقه) بر میزان روغن نمونه های استخراج شده با پرس سرد را نشان می دهد. با توجه به نتایج، یک روند افزایشی معنی دار در میزان راندمان استخراج روغن با افزایش مدت زمان تیمار برشته نمودن ملاحظه شد ($p<0.05$). بیشترین میزان راندمان استخراج روغن درMW-7.5 (٦۰/٦۲٪) و کمترین میزان آن در MW-0 (٤۰/۹۷٪) تعیین گردید. بنابراین راندمان استخراج روغن در پیش تیمارهای MW-2.5، MW-5، MW-7.5 در قیاس با MW-0 به ترتیب تا حدود ۵٪، ۱٤٪ و ۲۰٪ افزایش داشته است.

Table 1 Change in oil content of unroasted (MW-0) and roasted (MW-2.5, roasted at 2.5 min; MW-5, roasted at 5 min and MW-7.5, roasted at 7.5 min) walnut kernel.

Sample	Roasting time (min)	oil content (%)
Unroasted walnut (control)- MW-0	0	40.97 ± 1.37^{d}
Roasted Walnut- MW-2.5	2.5	45.61 ± 0.86^{c}
Roasted Walnut- MW-5	5	55.02 ± 1.43^{b}
Roasted Walnut- MW-7.5	7.5	60.62 ± 0.87^{a}

Each value is the mean ± standard deviation of triplicate determinations. Values in each heating time with different letters, are significantly different ($p<0.05$).

راندمان استخراج روغن به روش پرس سرد تحت تاثیر پیش تیمار حرارتی به ویژه مایکروویو قرار می گیرد. در اثر پیش تیمار دانه های روغنی با مایکروویو، کارایی استخراج و ضریب انتقال جرم به دلیل متلاشی شدن غشاء های سلولی در دانه های روغنی افزایش می یابد. علاوه بر این به دلیل ایجاد منافذ در غشاء سلولی خروج روغن از دیواره نفوذ پذیر سلولی میسر می گردد [۱۸]. پیش تیمار با مایکروویو به واسطه انجام در مدت زمان کمتر منجر به حفظ مواد مغذی می شود[۱۹]. تفاوت های اساسی بین برشته کردن با مایکروویو و برشته کردن متداول وجود دارد. در برشته کردن متداول، انرژی حرارتی از طریق تابش[3] و یا گرمایش به روش همرفت[4] به سطح ماده رسیده سپس از طریق هدایت[5] به تدریج به کل ماده منتقل می شود در صورتی که در روش مایکروویو، امواج مایکروویو به ماده نفوذ نموده و انرژی الکترومغناطیسی در سرتاسر ماده به انرژی حرارتی تبدیل می شود [۲۰]. Mazaheri و همکاران (2019) تأثیر برشته نمودن و پیش تیمار مایکروویو دانه های *Nigella sativa* L. را بر فعالیت لیپاز و کیفیت روغن مذکور بررسی نموده و نشان دادند که راندمان استخراج روغن به روش پرس سرد از *Nigella sativa* پس از برشته کردن با مایکروویو و نیز تحت تأثیر افزایش زمان پرتودهی به طور معنی داری افزایش می یابد. لازم به ذکر است که برشته سازی بیش از ۸ دقیقه موجب ایجاد بوی شبیه دود می شود. این امر می تواند به واسطه تأثیر پرتودهی با مایکروویو باشد که منجر به رخ دادن واکنش های خاصی در دانه های روغنی می شود[۲۵]. Juhaimi و همکاران (2018) تأثیر برشته نمودن توسط مایکروویو بر ترکیبات زیست فعال، فعالیت آنتی اکسیدانی و ترکیب اسید های چرب مغز هسته زردآلو و روغن آن را مورد ارزیابی قرار داده و نشان دادند که راندمان استخراج روغن در اثر برشته نمودن افزایش قابل ملاحظه ای می یابد[۱۹].

۳-۲- ۲- توسعه رنگ روغن

جدول ۲ تأثیر پیش تیمار برشته نمودن توسط مایکروویو و شرایط آن بر توسعه رنگ روغن نمونه های مغز گردوی استخراج شده به روش پرس سرد را نشان می دهد. با توجه به نتایج حاصل اختلاف معنی داری از نظر شاخص رنگی Y در نمونه ها مشاهده نشد ($p\geq 0.05$). در حالی که با گذشت زمان شاخص رنگی R افزایش یافت. بیشترین شاخص رنگی R در تیمار MW-7.5 (۳/۲۰) و کمترین شاخص رنگی R در MW-0 (۱/۲۵) تعیین شد ($p<0.05$). با توجه به نتایج حاصل اختلاف معنی داری از نظر شاخص رنگی R بین نمونه MW-0 (۱/۲۵) و نمونه MW-2.5 (۱/۲۰) مشاهده نشد ($p\geq 0.05$).

توسعه رنگ شاخصی است که از طریق تعیین درجه برشته نمودن حاصل می شود[٤٥]. تحقیقات متعدد نشان داده است که افزایش زمان و دمای برشته سازی دانه هایی نظیر کنجد و نیز جوانه برنج سبب افزایش قابل توجه رنگ روغن می شود [٤٦]. رنگ یک معیار کیفی مهم برای مغزها و دانه های روغنی است. طی فرآیند تفت دادن و برشته کردن به واسطه واکنش های میلارد و کاراملیزاسیون، رنگ قهوه ای حاصل می شود. رنگ قهوه ای در فندق و بادام در اثر واکنش قندهای احیاء کننده با آمینو اسید ها تولید می شود. غلظت قندها و اسید های آمینه، رطوبت، دما و زمان، پارامترهای مؤثر در ایجاد رنگ قهوه ای و طعم مغزها و دانه های روغنی می باشد. معمولا بین رنگ و شدت و درجه برشته نمودن، همبستگی خطی وجود دارد [٤٧]. معمولا فرآیند برشته نمودن ملایم، طعم، مزه و رنگ مطلوب ایجاد می نماید. روغن استحصال شده از محصولات برشته شده نیز دارای رنگ، بو و طعمی مطلوب می باشند. علت این امر می تواند با عواملی نظیر تشکیل فرآورده های واکنش میلارد، اکسیداسیون لیپید و پروتئین و محصولات حاصل از تجزیه آن ها مرتبط باشد [٤٨].

3. radiation
4. convection
5. conduction

Table 2 Change in color development of unroasted (MW-0) and roasted (MW-2.5, roasted at 2.5 min; MW-5, roasted at 5 min and MW-7.5, roasted at 7.5 min) walnut kernel oil.

Sample	Roasting time (min)	yellow units	Red units
Unroasted walnut (control)- MW-0	0	20.17± 0.77 [a]	1.25±0.35 [c]
Roasted Walnut- MW-2.5	2.5	20.23± 0.68 [a]	1.20±0.28 [c]
Roasted Walnut- MW-5	5	20.27± 0.64 [a]	2.25±0.35 [b]
Roasted Walnut- MW-7.5	7.5	20.33± 0.58 [a]	3.20±0.28 [a]

Each value is the mean ± standard deviation of triplicate determinations. Values in each heating time with different letters, are significantly different ($p<0.05$).

۲-۳- ۳- ترکیب و میزان اسیدهای چرب

جدول ۳ تأثیر برشته نمودن توسط مایکروویو و شرایط آن (٤ بازه زمانی ۰، ۲/۵، ۵، ۷/۵ دقیقه) بر ترکیب و میزان اسیدهای چرب نمونه های روغن را نشان می دهد. ترکیب اسید های چرب روغن می تواند به عنوان یک شاخص برای خصوصیات فیزیکی، میزان پایداری و ارزش تغذیه ای روغن در نظر گرفته شود. با توجه به نتایج حاصل، ترکیب و میزان اسیدهای چرب غالب روغن های MW-7.5، MW-5، MW-2.5 و MW-0 لینولئیک اسید (۵٦/٤۹٪-۵۵/٦۷٪)، اولئیک اسید (۲۱/۵٦٪-۲۰/۷۷٪)، آلفا لینولنیک اسید (۱۳/٤۱٪-۱۲/۵۱٪) و پالمیتیک اسید (٦/٦۵ ٪-٦/۱۱٪) تعیین گردید.

Table 3 Change in fatty acid profiles of unroasted (MW-0) and roasted (MW-2.5, roasted at 2.5 min; MW-5, roasted at 5 min and MW-7.5, roasted at 7.5 min) walnut kernel oil.

7.5 min %	5 min %	2.5 min %	0 min %	fatty acid profile
6.4±0.1 [ab]	6.65±0.15 [a]	6.17±0.12 [c]	6.11±0.17 [c]	C_{16}:0
0.06±0.07 [a]	0.11±0.05 [a]	0.06±0.06 [a]	0.06±0.08 [a]	C_{16}:1
0.06±0.025 [a]	0.1±0.08 [a]	0.05±0.15 [a]	0.07±0.1[a]	C_{17}:0
0.04±0.03 [a]	0.05±0.04 [a]	0.07±±0.04 [a]	0.03±0.03 [a]	C_{17}:1
2.72±0.08[a]	2.41±0.12 [b]	2.53±0.95 [b]	2.71±0.1[a]	C_{18}:0
20.70±0.074 [b]	20.77±0.05[b]	21.22±0.09 [a]	21.56±0.13[a]	C_{18}:1c
-	-	-	0.06±0.02	C_{18}:2t
56.49±0.85 [a]	55.77±0.99 [a]	56.12±0.12 [a]	55.67±0.1 [a]	C_{18}:2c
0.05±0.04 [b]	0.05±0.03 [b]	0.05±0.08 [b]	0.06±0.02 [b]	C_{18}:3t
12.51±0.06 [b]	13.41±0.1 [a]	13.12±0.08 [a]	12.92±0.06 [ab]	C_{18}:3n3
0.1±0.06 [a]	0.1±0.05 [a]	0.1±0.065 [a]	0.1±0.035 [a]	C_{20}:0
0.03±0.03 [a]	0.03±0.01 [a]	0.03±0.02 [a]	0.03±0.01 [a]	C_{20}:2

Each value is the mean ± standard deviation of triplicate determinations. Values in each heating time with different letters, are significantly different ($p<0.05$).

بنابراین می توان تأکید نمود که در کلیه نمونه ها، قسمت عمده اسیدهای چرب روغن مغز گردو را به ترتیب اسیدهای چرب غیر اشباع با دو پیوند دوگانه، اسید لینولئیک C_{18}:2c (بیشترین میزان ۵٦/٤۹٪ در نمونه MW-7.5 و کمترین میزان ۵۵/٦۷٪ در نمونه MW-0)، اسید های چرب تک غیر اشباع، اسید اولئیک C_{18}:1c (بیشترین میزان ۲۱/۵٦٪ در MW-0 وکمترین میزان۲۰/۷۰٪ در MW-7.5) و نهایتا اسیدهای چرب غیر اشباع با سه پیوند دو گانه، اسید لینولنیک n3 C_{18}:3 (بیشترین میزان ۱۳/٤۱٪ در تیمار MW-5 وکمترین میزان ۱۲/۵۱٪ در تیمار MW-7.5) تشکیل می دهد. نتایج نشان داد که ترکیب اسیدهای چرب روغن مغز گردو به واسطه پیش تیمار برشته نمودن توسط مایکروویو متحمل تغییر نگردید که با نتایج محققین دیگر مطابقت داشت. در پژوهش انجام شده توسط Ji و همکاران (2019) نیز در ترکیب اسیدچرب روغن کنجد استحصال شده از نمونه های برشته و غیر برشته تغییری حاصل نشد[٤۹]. همچنین در پژوهش های صورت گرفته توسط سایر محققین، تغییراتی در ترکیب اسید های چرب روغن جوانه برنج [۵۰]، روغن زیتون [۵۱]، روغن فندق [۵۲] و روغن کنجد[۵۳و ۵٤] استخراج شده از نمونه های برشته و غیر برشته (خام) مشاهده نشد. همانطور که در جدول ۳ مشاهده می شود، مقادیرکل SFA، MUFA و PUFA درMW-0 به ترتیب ۸/۹۹ ٪، ۲۱/۵٦ ٪ و ٦۸/۷٤ ٪ و در MW-7.5 ۹/۲۸ ٪، ۲۰/۸ ٪ و ٦۹/۰۸ ٪ تعیین شد. در تیمار MW-2.5، مقدار SFA ۸/۸۵ ٪، MUFA ۲۱/۳۵ ٪ و

PUFA ٦٩/٣٢ ٪ تعیین شد. نسبت PUFA/SFA، در نمونه MW-0 (٧/٦) و در نمونه MW-2.5 (٧/٨) محاسبه گردید. نسبت مذکور به عنوان یک شاخص معتبر جهت ارزیابی اکسیداسیون روغن در نظر گرفته می شود که با افزایش آن، سرعت اکسیداسیون افزایش می یابد[٥٥]. نسبت بالای اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع (حدود ١٠) در روغن گردو نشانگر توازن خوب ω-6 و ω-3 اسیدهای چرب چند غیراشباع (PUFA) است که در کاهش خطر بیماری‌های قلبی- عروقی و کاهش کلسترول خون مفید می باشد[٥٦]. شایان ذکر است که سازمان بهداشت جهانی (WHO) نسبت ω-6 به ω-3 را ٥ به ١ تا نهایتا١٠ به ١ در رژیم غذایی توصیه نموده است و حتی در برخی کشورها این نسبت، کمتر می باشد[٥٧]. بنابراین دریافت روغن گردو می تواند به لحاظ حصول به یک نسبت متناسب از ω-6 به ω-3 در رژیم غذایی سودمند باشد.

٣-٢-٤- ترکیب و میزان استرول ها

جدول ٤ تأثیر پیش تیمار برشته نمودن توسط مایکروویو و شرایط آن (٤ بازه زمانی ٠، ٢/٥، ٥، ٧/٥ دقیقه) بر ترکیب و میزان استرول های نمونه های روغن مغز گردو را نشان می دهد. با توجه به نتایج حاصل، β- سیتواسترول جزء اصلی تشکیل دهنده استرول روغن گردو می باشد. استرول های عمده روغن گردو شامل β- سیتواسترول (ppm ١٠٤٨/٦٢- ٨٦٢/٠٩)، Δ-5-اونااسترول (ppm ١٢٢/٩٣-٩٣/٦٣)، کامپسترول (ppm ٧٨/٧٥- ٥٩/١٤)، Δ-7- اونااسترول (ppm ٤٧/٨٧- ٦/٣٥) و Δ-7-استیگما استرول (ppm ١٠٣/٠٣- ٣/٩٠) تعیین شد.

Table 4 Change in sterol profiles of unroasted (MW-0) and roasted (MW-2.5, roasted at 2.5 min; MW-5, roasted at 5 min and MW-7.5, roasted at 7.5 min) walnut kernel oil.

7.5 min / ppm	5 min / ppm	2.5 min / ppm	0 min / ppm	Sterol profile
2.18±0.19 [c]	-	4.78±0.8 [a]	4.88±0.15 [a]	Cholesterol
72.65±0.1 [b]	78.75±0.18 [a]	59.14±0.2 [d]	66.71±0.7 [c]	Campesterol
12.86±.8 [d]	33.34±0.3 [a]	18.88±0.8 [c]	23.63±1.1 [b]	Stigmasterol
12.02±0.85 [b]	15.74±0.79 [a]	10.42±0.89 [b]	11.29±0.55 [b]	Clerosterol
1048.62±0.49 [a]	931.57±1.05 [b]	862.09±0.9 [d]	894.36±0.58 [c]	β- sitosterol
7.28±0.36 [b]	14.06±0.96 [a]	7.6±0.78 [b]	7.88±0.66 [b]	Sitostanol
122.93±0.52 [a]	93.63±0.69 [c]	96.4±0.74 [b]	97±0.88 [b]	Δ -5- Avenasterol
3.9±0.28 [d]	19.57±0.68 [b]	103.03±0.96 [a]	6.48±0.55 [c]	Δ -7-Stigmasterol
30.45±0.48 [b]	12.49±0.74 [c]	6.35±0.55 [d]	47.87±0.98 [a]	Δ -7- Avenasterol
29.36±35 [b]	33.29±0.54 [a]	19.14±0.29 [d]	23.99±0.56 [c]	Other sterols

Each value is the mean ± standard deviation of triplicate determinations. Values in each heating time with different letters, are significantly different ($p<0.05$).

میزان کل فیتواسترول ها در نمونه های روغن MW-0، MW-2.5، MW-5 و MW-7.5 به ترتیب ppm ١١٨٤/٠٩، ppm ١١٨٧/٨٣، ppm ١٢٣٢/٤٤ و ppm ١٣٤٢/٢٥ تعیین شد. بنابراین در نمونه های روغن مغز گردو، میزان فیتواسترول کل در نمونه روغن MW-0 از ppm ١١٨٤/٠٩ به ppm ١٣٤٢/٥ در نمونه روغن MW-7.5 تغییر می نماید که بیانگر افزایش میزان فیتو استرول کل پس از برشته نمودن گردو است. میزان Δ-7-استیگما استرول در نمونه روغن MW-2.5 بالاترین میزان (ppm ١٠٣/٠٣) در بین نمونه ها می باشد. Δ-7- استیگما استرول ها در پیشگیری و درمان بیماری های مثانه و پروستات دارای آثار سودمند می باشند [54]. در روغن MW-7.5، مقدار β- سیتواسترول به بیشترین میزان (ppm ١٠٤٨/٦٢) می رسد. نتایج نشان داد که مقدار فیتواسترول را می توان با تنظیم مدت زمان برشته نمودن تغییر داد. تغییر میزان استرول ها به واسطه تغییر در میزان رطوبت طی برشته کردن می باشد که به تسهیل استخراج فیتواسترول ها منجر می شود [١٤]. Gao و همکاران (2019) محتوای فیتوشیمیایی، ترکیبات تشکیل دهنده جزئی و ظرفیت آنتی اکسیدانی روغن حاصل از مغز گردوی غیر برشته و برشته را در دمای ١٤٠ °C، ١٦٠ °C و ١٨٠ °C برای ٥، ١٠و١٥دقیقه ارزیابی نموده و نشان دادند که برشته نمودن مغزهای گردو منجر به افزایش معنادار در میزان فیتواسترول روغن شده، هرچند که منجر به هیچگونه تغییری در ترکیب فیتواسترول نمی شود. ٧ نوع فیتواسترول در روغن گردو شناسایی گردید که عبارتند از:, campesterol, β- cholesterol, sitostanol, Δ5- stigmastadienol, sitosterol, stigmasterol, Δ5, 24

avenasterol. [۱٤].

Gao و همکاران (2019) نشان دادند که β-sitosterol، فیتواسترول غالب (۱۱۳۹/۷٦–۱٤٤٤/٦۸ ppm) بوده و بیش از ٦۰٪ کل فیتواسترول ها را تشکیل می دهد [۱٤] که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

۳-۲- ۵-تغییرات اندیس یدی

شکل ۱ تأثیر پیش تیمار برشته نمودن توسط مایکروویو و شرایط آن (٤ بازه زمانی ۰، ۲/۵، ۵، ۷/۵ دقیقه) بر اندیس یدی نمونه های روغن مغز گردو را نشان می دهد. اندیس یدی نمونه های روغن مغز گردو ۱۵۱/۸۱–۱۵۰/۱۲ g I_2/100 oil تعیین شد. با توجه به نتایج حاصل بین نمونه ها اختلاف معنی داری مشاهده نشد($p\geq 0.05$). دلیل این امر، می تواند مرتبط با عدم تغییرات قابل ملاحظه در ترکیب اسیدهای چرب روغن مغز گردو در اثر پیش تیمار برشته نمودن توسط مایکروویو باشد. Zhou و همکاران (2016) در ارزیابی تأثیر پیش تیمار مایکروویو بر روغن گردو، اختلاف معنا داری را در اندیس یدی مشاهده نکردند[۵۸]. اندیس یدی معرف درجه غیر اشباعیت می باشد. اندیس یدی ارتباط ویژگی های فیزیکی و شیمیایی را با اسیدهای چرب روغن ها نشان می دهد و به وزن مولکولی و نیز درجه غیراشباعیت اسیدهای چرب در روغن ها بستگی دارد [۵۹].

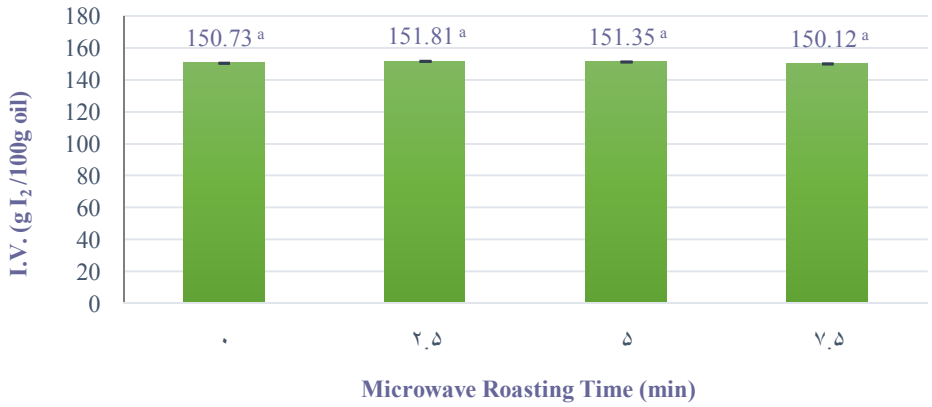

Fig 1 Change in Iodine Value of unroasted (MW-0) and roasted (MW-2.5, roasted at 2.5 min; MW-5, roasted at 5 min and MW-7.5, roasted at 7.5 min) walnut kernel oil. Each value is the mean ± standard deviation of triplicate determinations. Values in each heating time with different letters, are significantly different ($p<0.05$).

۲-۳- ٦- تغییرات اندیس صابونی

شکل ۲ تأثیر پیش تیمار برشته نمودن توسط مایکروویو و شرایط آن (٤ بازه زمانی ۰، ۲/۵، ۵، ۷/۵ دقیقه) بر اندیس صابونی نمونه های روغن مغز گردو را نشان می دهد.

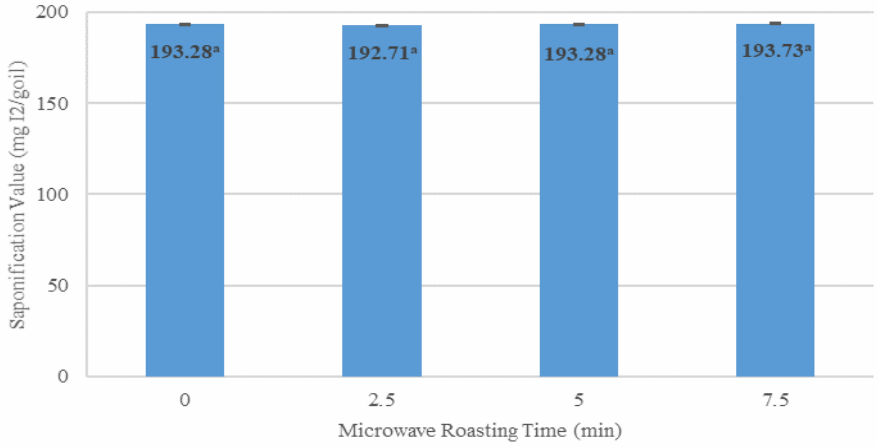

Fig 2 Change in Saponification Value of unroasted (MW-0) and roasted (MW-2.5, roasted at 2.5 min; MW-5, roasted at 5 min and MW-7.5, roasted at 7.5 min) walnut kernel oil. Each value is the mean ± standard deviation of triplicate determinations. Values in each heating time with different letters, are significantly different ($p<0.05$).

اندیس صابونی نمونه های روغن مغز گردو mg KOH/gOil ۱۹۲/۷۱-۱۹۳/۷۳ تعیین شد. با توجه به نتایج حاصل بین نمونه ها اختلاف معنی دار مشاهده نشد ($p\geq 0.05$). دلیل این امر، می تواند مرتبط با عدم تغییرات قابل ملاحظه در ترکیب اسیدهای چرب روغن مغز گردو و بالطبع عدم تغییر در اندیس صابونی در اثر پیش تیمار برشته نمودن توسط مایکروویو باشد. عدد صابونی یکی از خصوصیات تشخیص انواع روغن ها محسوب شده و متوسط وزن مولکولی یا طول زنجیره اسیدهای چرب تشکیل دهنده روغن را نشان می دهد.

۲-۳- ۷- تغییرات فعالیت مهار رادیکال DPPH

شکل ۳ تأثیر پیش تیمار برشته نمودن توسط مایکروویو و شرایط آن را بر فعالیت مهار رادیکال DPPH نمونه های روغن گردو نشان می دهد. با توجه به نتایج حاصل با گذشت زمان فعالیت مهار رادیکال های DPPH یک روند کاهشی را نشان داده است و بین پیش تیمار MW-0، MW-2.5، MW-5 و MW-7.5 اختلاف معنی دار مشاهده شد ($p<0.05$). ضمن اینکه بیشترین فعالیت مهار رادیکال های DPPH در MW-0 (۹۰/۶۲ ٪) و کمترین فعالیت مهار رادیکال های DPPH در MW-5 (۳۹/۱۲٪) و MW-7.5 (۴۰/۴۵٪) تعیین شد. نتایج این پژوهش با نتایج سایر محققین مطابقت داشت. Gao و همکاران (2019) محتوای فیتوشیمیایی، ترکیبات تشکیل دهنده جزئی و ظرفیت آنتی اکسیدانی روغن حاصل از مغز گردو غیر برشته و برشته را در دمای ۱۴۰ °C، ۱۶۰ °C و ۱۸۰ °C برای ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه ارزیابی نموده و نشان دادند که افزایش زمان و دمای برشته کردن منجر به اختلاف معنی دار در ظرفیت آنتی اکسیدانی روغن گردو می شود.

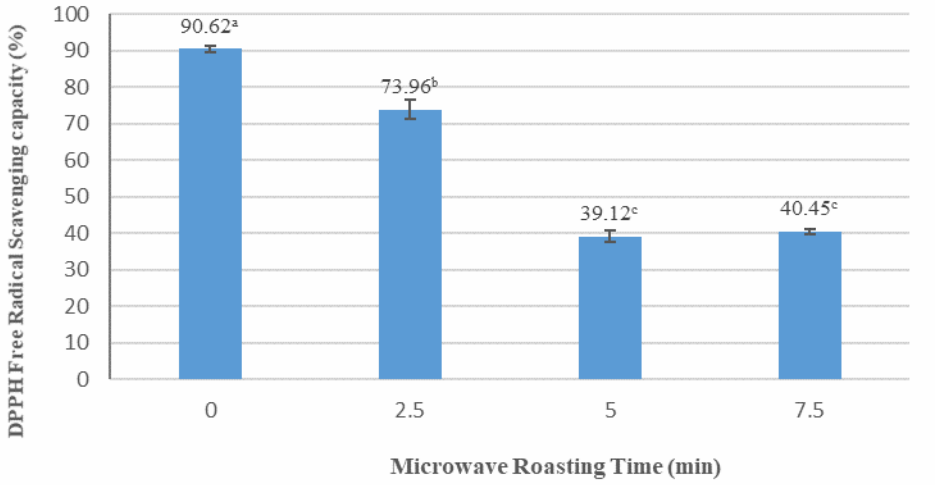

Fig 3 Change in DPPH free radical scavenging capacity of unroasted (MW-0) and roasted (MW-2.5, roasted at 2.5 min; MW-5, roasted at 5 min and MW-7.5, roasted at 7.5 min) walnut kernel oil. Values in each heating time with different letters, are significantly different ($p<0.05$).

۳-۳- ارزیابی پایداری اکسیداتیو نمونه های روغن مغز گردو

۳-۳- ۱- اندیس پراکسید نمونه های روغن مغز گردو

منحنی تغییرات شاخص پراکسید نمونه های روغن بکر مغز گردو بر حسب تابعی از پیش تیمار MW-0 و MW-2.5 و زمان گرمخانه‌گذاری (۰، ۳، ۶ و ۹ ساعت در دمای ۱۶۰ °C) تحت شرایط اکسایش تسریع یافته در شکل ٤ ارائه شده است. میزان اندیس پراکسید طی زمان ۰ تا ۹ ساعت آون گذاری در دمای ۱۶۰ °C در نمونه روغن MW-0 از ۰/۱۵تا meqO2/kg oil ۰/۶ تغییر کرد، در حالی که این تغییر در نمونه MW-2.5 از ۱/۲۹تا meqO2/kg oil ۰/٤meqO2/kgoilتعیین شد ($p<0.05$). عدد پراکسید عبارت است از میلی اکی والان گرم پراکسید یا اکسیژن فعال موجود در یک کیلوگرم از نمونه روغن یا چربی. متداول ترین روش اندازه گیری شدت اکسیداسیون، اندیس پراکسید می باشد. در طی اکسیداسیون، اسیدهای چرب غیر اشباع می توانند اکسیژن را جذب کرده و پراکسید تولید نمایند. در مرحله آغازین اکسیداسیون، سرعت تشکیل هیدروپراکسیدها از سرعت تجزیه شدن آن ها مهم تر است و این در مرحله بعدی

برعکس می شود. بنابراین اندیس پراکسید نشانه ای از مرحله آغازین تغییرات اکسیداتیو می باشد. اندیس پراکسید، معیاری جهت اندازه گیری هیدروپراکسیدها است. هیدروپراکسیدها به عنوان محصولات اولیه اکسایش شناسایی شده و می توانند به فراورده های ثانویه فرّار و غیرفرّار تجزیه شوند [٦١].

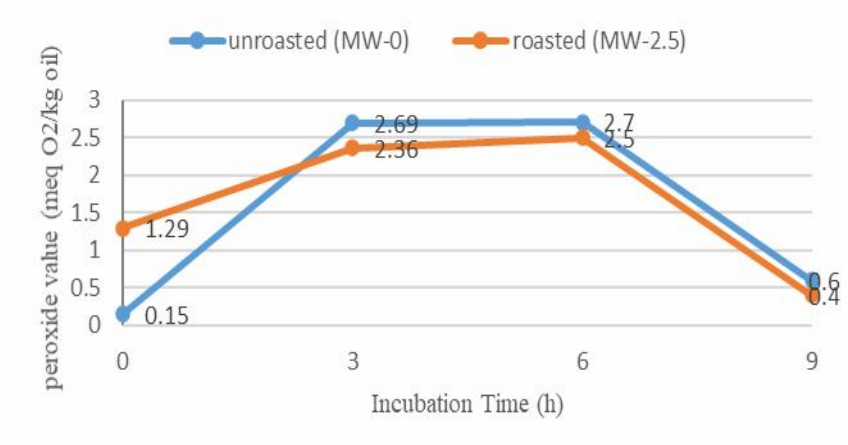

Fig 4 Change in peroxide Value (PV) of unroasted (MW-0 min) and roasted (MW-2.5 min) walnut kernel oil.

تغییرات اندیس پراکسید تا ٦ ساعت آون گذاری در دمای ° ١٦٠C برای نمونه های روغن MW-2.5 و MW-0 با روند افزایشی نسبت به زمان ٠ آون گذاری توأم بوده و پس از آن تا پایان زمان آون گذاری، اندیس پراکسید با اختلاف معنی داری کاهش می یابد. روند مذکور با نتایج پژوهش Vaidya و Eun (2013) و Ji و همکاران (2019) مطابقت داشت[١٤و ٦٢]. نتایج مشابهی در تغییرات اندیس پراکسید در پژوهش صورت گرفته توسط Ali و همکاران (2017b) طی اکسیداسیون حرارتی برای روغن تخم کدو برشته شده توسط مایکروویو مشاهده گردید[٦٣]. شایان ذکر است که در نمونه روغن MW-2.5، روند افزایش اندیس پراکسید تا ٦ ساعت ابتدای آون گذاری با شیب کندتری در قیاس با نمونه روغن MW-0 صورت گرفت و پس از آن نیز برخلاف نمونه روغن MW-0 تا پایان زمان آون گذاری، تغییرات اندیس پراکسید با روند کاهشی شدیدتر همراه بود. این کاهش می تواند با تشکیل فرآورده های ثانویه اکسیداسیون از فرآورده های اولیه بسیار ناپایدار اکسیداسیون (هیدروپراکسیدها) مرتبط می باشد. بنابراین اندیس پراکسید در نتیجه فرآیند اکسیداسیون به واسطه تجزیه سریع هیدروپراکسیدها کاهش می یابد [٢٠] که با نتایج سایر محققین مطابقت دارد. Fathi-Achachlouei و همکاران (2019) تاثیر پیش تیمار مایکروویو بر روی بازده استخراج روغن دانه های خارخاسک شیری و خصوصیات فیزیکو شیمیایی، محتوای مواد مغذی/ دارویی و پروفایل اسید چرب آن را بررسی نموده و نشان دادند که شاخص اندیس پراکسید در دمای بالا و زمان طولانی کاهش می یابد. با توجه به مقدار مجاز اندیس پراکسید روغن های بکر در استاندارد کدکس، ١٥ meqO2/kg oil، کلیه نمونه ها دارای مقادیر پراکسید کمتر از حد مجاز بودند[٦٤].

٣-٣- ٢- اندیس پارا آنیزیدین نمونه های روغن مغز گردو

منحنی تغییرات اندیس پارا آنیزیدین نمونه های روغن بکر مغز گردو بر حسب تابعی از تیمار(MW-0 و MW-2.5) و زمان گرمخانه‌گذاری (٠، ٣، ٦ و ٩ ساعت در دمای ^{o}C ١٦٠) تحت شرایط اکسایش تسریع یافته در شکل ٥ ارائه شده است. تغییرات اندیس آنیزیدین طی ٩ ساعت گرمخانه گذاری در دمای C ° ١٦٠ در نمونه های MW-2.5 و MW-0 با روند افزایشی معنی دار نسبت به زمان صفر آن همراه می باشد ($p<0.05$). میزان اندیس آنیزیدین طی زمان صفر تا ٩ ساعت گرمخانه گذاری در دمای C ° ١٦٠ برای نمونه MW-0 از ٠/٨٢ تا ٨٧/٤٨ تغییر می یابد، در حالی که این تغییرات در نمونه MW-2.5 از ٣/٣٨ تا ١٣٦/٤تعیین گردید ($p<0.05$). نتایج نشان دهنده روند کندتر افزایش اندیس توتوکس طی ٩ ساعت آون گذاری در نمونه MW-0 می باشد. علت این امر می تواند با میزان بالاتر PUFA /SFA در نمونه MW-2.5 (٧/٨) در قیاس با نمونه MW-0 (٧/٦) مرتبط باشد. نسبت مذکور به عنوان یک شاخص معتبر جهت ارزیابی اکسیداسیون روغن در نظر گرفته می شود که با افزایش آن، سرعت اکسیداسیون افزایش می یابد[٥٥]. این روند افزایشی با نتایج Anjum وهمکاران (2006)، Ali و همکاران (2017a) و Yoshida و همکاران (2003) مطابقت دارد.

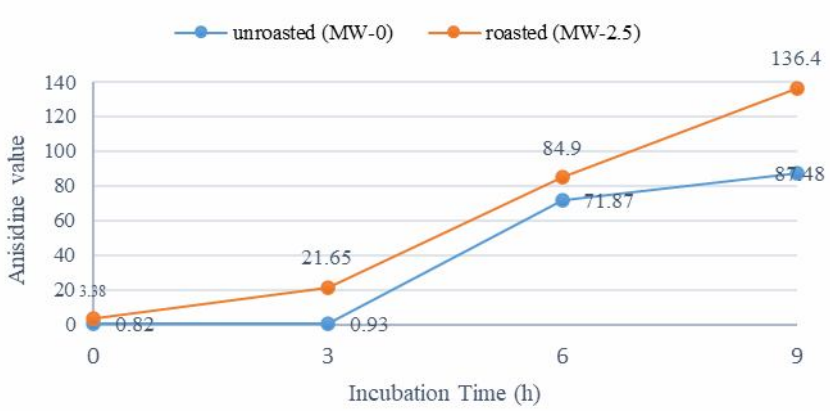

Fig 5 Change in Anisidine Value (AV) of unroasted (MW-0 min) and roasted (MW-2.5 min) walnut kernel oil.

اندیس پراکسید به تنهایی مشخص کننده اکسیداسیون روغن نمی باشد، زیرا این اندیس شاخصی از وجود محصولات اولیه اکسیداسیون بوده و تولید محصولات ثانویه اکسیداسیون را مشخص نمی کند. لذا تعیین عدد آنیزیدین که شاخصی از میزان توسعه اکسیداسیون و تولید محصولات ثانویه این واکنش است ضروری به نظر می رسد. در سنجش عدد آنیزیدین مقادیر آلفا و بتا-آلدئیدهای غیر اشباع به طور عمده ۲-آلکانال ها و ۲ ،٤- دی انال ها تعیین می گردد که محصولات ثانویه اکسایش چربی ها و روغن ها می باشند. آلدئیدها با واکنشگر آنیزیدین وارد واکنش می شوند تا یک ترکیب رنگی تشکیل گردد، سپس میزان جذب ترکیبات رنگی با روش های طیف سنجی ارزیابی می شود. Ali و همکاران (2017a) اثر حرارت دهی توسط مایکروویو بر پایداری اکسیداتیو و ترکیب اسید چرب روغن مغز بادام زمینی را مورد ارزیابی قرار داده و نشان دادند که پایداری اکسیداتیو این روغن در معرض مایکروویو در دمای ۱۷۰ °C تغییر می کند. برشته کردن مغز بادام زمینی توسط مایکروویو قبل از استخراج روغن باعث افزایش اندیس آنیزیدین می شود[۲۰].

۳-۳-۳- اندیس توتوکس نمونه های روغن مغز گردو

منحنی تغییرات اندیس توتوکس نمونه های روغن بکر مغز گردو بر حسب تابعی از پیش تیمار (MW-0 و MW-2.5) و زمان آون گذاری (۰، ۳، ٦ و ۹ ساعت در دمای ۱٦۰ °C) تحت شرایط اکسایش تسریع یافته در شکل ٦ ارائه شده است. تغییرات اندیس توتوکس طی ۹ ساعت آون گذاری در دمای ۱٦۰°C در هر دو نمونه روغن MW-2.5 و MW-0 با روند افزایشی معنی دار نسبت به زمان ۰ آون گذاری همراه بود ($p<0.05$).

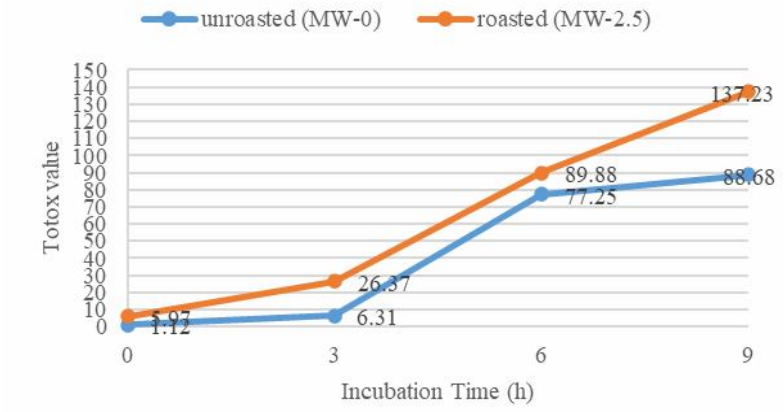

Fig 6 Change in Totox Value (TV) of unroasted (MW-0 min) and roasted (MW-2.5 min) walnut kernel oil.

میزان اندیس توتوکس طی زمان ۰ تا ۹ ساعت آون گذاری در دمای ۱٦۰ °C در نمونه روغن MW-0 از ۱/۱۲ به ۸۸/٦۸ افزایش می یابد، در حالی که این افزایش در نمونه روغن MW-2.5، از ۵/۹۷ تا ۱۳۷/۲۳تعیین گردید ($p<0.05$). این نتایج نشان دهنده روند کندتر افزایش اندیس توتوکس طی ۹ ساعت آون گذاری در نمونه MW-0 می باشد. این تغییرات

با نتایج Anjum وهمکاران (2006)، Ali و همکاران (2017a) و Yoshida و همکاران (2003) مطابقت دارد.
اندیس توتوکس معیاری از اکسیداسیون کل است که شامل محصولات اولیه و ثانویه اکسیداسیون می باشد و ترکیبی از اندیس آنیزیدین و اندیس پراکسید است. اندیس توتوکس به منظور بیان اکسایش کامل نمونه با استفاده از مقادیر پراکسید وآنیزیدین به کار می رود. با توجه به اینکه در ارزیابی اندیس پراکسید، مقدار هیدروپراکسیدها (ابتدا دارای روند افزایشی سپس کاهشی) و در ارزیابی اندیس پاراآنیزیدین مقدار آلدئیدها (محصولات حاصل از تجزیه هیدروپر اکسیدها دارای روند افزایشی پیوسته) تعیین می شود، به طور معمول اندیس توتوکس طی اکسایش روغن ها و چربی ها افزایش می یابد. Ali و همکاران (2017a) نشان دادند که پایداری اکسیداتیو روغن مغز بادام زمینی در معرض مایکروویو در دمای ۱۷۰ °C تغییر نموده و شاخص های فساد اکسیداتیو نظیر اسیدهای چرب آزاد، اندیس پراکسید، اندیس توتوکس، اندیس پارا آنیزیدین و اسید تیوباربیتوریک افزایش می یابد[۲۰].

۳-۳-٤- شاخص پایداری اکسیداتیو (OSI) نمونه های روغن مغز گردو

شاخص پایداری اکسیداتیو به روش رنسیمت در نمونه های روغن گردو MW-0 و MW-2.5 در شکل ۷ آورده شده است. میزان این شاخص در دمای ۱۲۰ °C در نمونه های MW-0 (۲/۸ ساعت) و MW-2.5 (۲/۵ ساعت) تعیین شد ($p<0.05$). علت بالاتر بودن OSI در MW-0 می تواند با میزان بالاتر PUFA /SFA در نمونه MW-2.5 (۷/۸) در قیاس با نمونه MW-0 (۷/٦) مرتبط باشد.

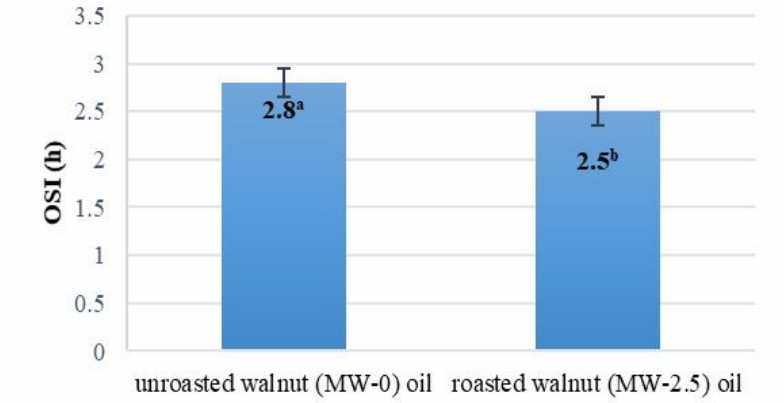

Fig 7 Change in oxidative stability index of unroasted (MW-0) and roasted (MW-2.5 min) walnut kernel oil. Values in each heating time with different letters, are significantly different ($p<0.05$).

نسبت مذکور به عنوان یک شاخص معتبر جهت ارزیابی اکسیداسیون روغن در نظر گرفته می شود که با افزایش آن، سرعت اکسیداسیون افزایش می یابد[۵۵]. زیرا اسیدهای چرب PUFA به دلیل درجه غیر اشباعیت بالا، نسبت به سایر اسیدهای چرب سریع تر اکسیده می شوند.شاخص پایداری اکسیداتیو، مقاومت روغن در برابر اکسیداسیون را مشخص می کند و یک پارامتر مهم جهت تشخیص شرایط حفظ کیفیت روغن است. پایداری اکسیداتیو زمان لازم برای رسیدن به نقطه ای است که در آن شاخص های اکسیداسیون نظیر مقدار هیدروپراکسید یا ترکیبات کربونیل به طور ناگهانی افزایش می یابد و باعث عطر و طعم نامطلوب در روغن می شود. عوامل مختلفی نظیر ترکیب اسیدهای چرب، ترکیب تری آسیل گلیسرول، وجود ترکیبات آنتی اکسیدانی نظیر توکوفرول ها و کاروتنوئیدها، وجود ترکیبات پرواکسیدان مانند فلزات سنگین و... در پایداری اکسیداتیو روغن ها مؤثر هستند. در روش رنسیمت محصولات ثانویه حاصل از اکسایش روغن ها و چربی ها شامل آلدئیدها، کتون ها والکل ها ارزیابی می شوند [٦۵]. Gharibzahedi و همکاران (2014) شاخص پایداری اکسیداتیو روغن مغز گردوی ایرانی را ۳/۱٤-۳/۰۱ ساعت در دمای ۱۱۰ ° C تعیین نمودند. آن ها نشان دادند که شاخص مذکور با میزان اسید اولئیک رابطه مستقیم و با میزان اسید لینولئیک رابطه عکس دارد[۷] که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

٤- نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که برشته نمودن منجر به ایجاد تغییراتی در ویژگی های فیزیکوشیمیایی روغن مغز گردو می شود. پیش تیمار توسط مایکروویو منجر به افزایش راندمان

استخراج روغن، توسعه رنگ، نسبت PUFA/SFA، میزان فیتواسترول ها، اندیس آنیزیدین و اندیس توتوکس گردید، در حالی که میزان فعالیت مهار رادیکال DPPH، اندیس پراکسید و OSI کاهش یافت. اسیدهای چرب غالب غیر اشباع در نمونه های روغن در کلیه پیش تیمارها به ترتیب اسید لینولئیک C_{18}:2c و اسید اولئیک C_{18}:1c تعیین شد. با وجود آن که افزایش مدت زمان پیش تیمار توسط مایکروویو (۷/۵ دقیقه) راندمان استخراج روغن را افزایش می دهد، اما در راستای پیشگیری از آثار منفی طولانی بودن زمان تیمار، مدت زمان ۲/۵ دقیقه تیمار با مایکروویو در صنعت روغن توصیه می شود. به طور کلی می توان نتیجه گرفت که برشته نمودن با مایکروویو، به عنوان یک استراتژی نوید بخش جهت بهبود راندمان استخراج روغن، افزایش نسبت PUFA/SFA و نیز افزایش محتوای مواد مغذی نظیر فیتواسترول ها در نظر گرفته می شود.

۵- منابع

[1] 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.

[2] Martínez, M.L., Labuckas, D.O., Lamarque, A.L., & Maestri, D.M. (2010). Walnut (*Juglans regia* L.): genetic resources, chemistry, by-products. Journal of the Science of Food Agriculture, 90, 1959-1969.

[3] FAO, FAOSTAT Data, Ed. Food and Agriculture Organisation, Rome (2015).

[4] Pollegioni, P., Woeste, K.E., Chiocchini, F., Del Lungo, S., Olimpieri, I., Tortolano, V., Clark, J., Hemery, G.E., Mapelli, S. & Malvolti, M.E. (2015). Ancient humans influenced the current spatial genetic structure of common walnut populations in Asia. PLoS One, 10, e0135980.

[5] Chen, L., Ma, Q., Chen, Y., Wang, B., & Pei, D. (2014). Identification of major walnut cultivars grown in China based on nut phenotypes and SSR markers. Scientia Horticulturae, 168, 240-248.

[6] Martinez, M. L., Mattea, M. A., & Maestri, D. M. (2006). Varietal and crop year effects on lipid composition of walnut (*Juglans regia*) genotypes. Journal of the American Oil Chemists' Society, 83, 791-796.

[7] Gharibzahedi, S. M. T., Mousavi, S. M., Hamedi, M., & Khodaiyan, F. (2014). Determination and characterization of kernel biochemical composition and functional compounds of Persian walnut oil. Journal of food science and technology, 51, 34-42.

[8] Pereira, J. A., Oliveira, I., Sousa, A., Ferreira, I. C., Bento, A., & Estevinho, L. (2008). Bioactive properties and chemical composition of six walnuts (*Juglans regia* L.) cultivars. Food and chemical toxicology, 46, 2103-2111.

[9] Greve, L. C., McGranahan, G., Hasey, J., Snyder, R., Kelly, K., Goldhamer, D., & Labavitch, J. M. (1992). Variation in polyunsaturated fatty acids composition of Persian walnut. Journal of the American Society for Horticultural Science, 117, 518-522.

[10] Goldberg, G. (2003). Plants: diet and health. The report of a British nutrition foundation task force. Blackwell Science, Oxford.

[11] Bail, S., Stuebiger, G., Krist, S., Unterweger, H., & Buchbauer, G. (2008). Characterisation of various grape seed oils by volatile compounds, triacylglycerol composition, total phenols and antioxidant capacity. Food chemistry, 108(3), 1122-1132.

[12] Vavpot, V. J., Williams, R. J., & Williams, M. A. (2014). Extrusion/Expeller® pressing as a means of processing green oils and meals. In Green Vegetable Oil Processing (pp. 1-17). AOCS Press.

[13] Savoire, R., Lanoisellé, J. L., & Vorobiev, E. (2013). Mechanical continuous oil expression from oilseeds: a review. Food and Bioprocess Technology, 6, 1-16.

[14] Gao, P., Cao, Y., Liu, R., Jin, Q., & Wang, X. (2019). Phytochemical content, minor□constituent compositions, and antioxidant capacity of screw□pressed walnut oil obtained from roasted kernels. European Journal of Lipid Science and Technology, 121,1800292.

[15] Vetrimani, R., Jyothirmayi, N., Haridas Rao, P., & Ramadoss, C. S. (1992). Inactivation of lipase and lipoxygenase in cereal bran, germ and soybean by microwave treatment. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie, 25(6), 532-535.

[16] Farzaneh, V., Bakhshabadi, H.,

Gharekhani, M., Ganje, M., Farzaneh, F., Rashidzadeh, S., & Carvalho, I.S. (2017). Application of an adaptive neuro_fuzzy inference system (ANFIS) in the modeling of rapeseeds' oil extraction. Journal of Food Process Engineering, 40(6), e12562.

[17] Rostami, M., Farzaneh, V., Boujmehrani, A., Mohammadi, M., & Bakhshabadi, H. (2014). Optimizing the extraction process of sesame seed's oil using response surface method on the industrial scale. Industrial Crops and Products, 58, 160-165.

[18] Azadmard-Damirchi, S., Habibi-Nodeh, F., Hesari, J., Nemati, M., & Achachlouei, B. F. (2010). Effect of pretreatment with microwaves on oxidative stability and nutraceuticals content of oil from rapeseed. Food Chemistry, 121, 1211-1215.

[19] Juhaimi, F. AL, Özcan, M.M., Ghafoor, K., & Babiker, E.E. (2018). The effect of microwave roasting on bioactive compounds, antioxidant activity and fatty acid composition of apricot kernel and oils. Food Chemistry, 243, 414-419.

[20] Ali, M. A., Islam, M. A., Othman, N. H., & Noor, A. M. (2017a). Effect of heating on oxidation stability and fatty acid composition of microwave roasted groundnut seed oil. Journal of food science and technology, 54, 4335-4343.

[21] Güneşer, B. A., & Yilmaz, E. (2017). Effects of microwave roasting on the yield and composition of cold pressed orange seed oils. Grasas y Aceites, 68(1), 175.

[22] Potočnik, T., Cizej, M.R. and Košir, I.J. (2018). Influence of seed roasting on pumpkin seed oil tocopherols, phenolics and antiradical activity. Journal of Food Composition and Analysis, 69, 7-12.

[23] Fathi-Achachlouei, B., Azadmard-Damirchi, S., Zahedi, Y. & Shaddel, R. (2019). Microwave pretreatment as a promising strategy for increment of nutraceutical content and extraction yield of oil from milk thistle seed. Industrial crops and products, 128, 527-533.

[24] Hayat, K., Abbas, S., Hussain, S., Shahzad, S. A., & Tahir, M. U. (2019). Effect of microwave and conventional oven heating on phenolic constituents, fatty acids, minerals and antioxidant potential of fennel seed. Industrial Crops and Products, 140, 111610.

[25] Mazaheri, Y., Torbati, M., Azadmard-Damirchi, S., & Savage, G. P. (2019). Effect of roasting and microwave pre-treatments of Nigella sativa L. seeds on lipase activity and the quality of the oil. Food chemistry, 274, 480-486.

[26] Hu, H., Liu, H., Shi, A., Liu, L., Fauconnier, M. and Wang, Q. (2019). The effect of microwave pretreatment on micronutrient contents, oxidative stability and flavor quality of peanut oil. Molecules, 24(1),62.

[27] Suri, K., Singh, B., Kaur, A., Yadav, M. P., & Singh, N. (2020). Influence of microwave roasting on chemical composition, oxidative stability and fatty acid composition of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) oil. Food chemistry, 326, 126974.

[28] AOAC.Official Methods of Analysis of AOAC (18th ed.), Association of Official Analytical Chemists, AOAC International, Gaithersburg, MD, USA (2006).

[29] ISO 659: 2009. (2009). Oilseeds—Determination of oil content (Reference method).

[30] ISO, E. 660. 1996. Animal and vegetable fats and oils–determination of acid value and acidity. International Standards Organization, Geneva, Switzerland.

[31] ISO15305. Animal and vegetable fats and oils: determination of lovibond colour. Geneva: International Organization for Standardization (ISO), 1998.

[32] ISO, E. 5509: 2000 (2000) Animal and vegetable fats and oils-Preparation of methyl esters of fatty acids. Geneva: International Organization for Standardization.

[33] 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.

[34] Firestone, D. (1997). Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, 4th ed. AOCS Press, IL, USA.

[35] ISO, A., Fats, V. and Oils, I. (2002). ISO 3657: Determination of Saponification Value. International Organisation for Standardisation.

[36] ISO, E. 3596:2000: Animal and vegetable fats and oils. Determination of unsaponifiable matter. Method using diethyl ether extraction. Geneva, Switzerland.

[37] Firestone, D. (1999a). Official methods of analysis of the association of official

analytical chemists. Arlington, USA.
[38] ISO 12228. (1999). Animal and vegetable fats and oils—determination of individual and total sterols contents gas chromatographic method.
[39] 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.
[40] AOCS, Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, AOCS, Champaign, Ill, USA, 4th edition, 1990.
[41] 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.
[42] Farhoosh, R. (2007). Shelf-life prediction of edible fats and oils using Rancimat. Lipid technology, 19(10), 232-234.
[43] 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.
[44] ISIRI 13392, (2015). Edible cold pressed oils – Specifications & Test methods. 1st. revision. Iranian National Standardization Organization. (In Farsi).
[45] Manzocco, L., Calligaris, S., Mastrocola, D., Nicoli, M. C., & Lerici, C. R. (2000). Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. Trends in Food Science and Technology, 11(9-10), 340-346.
[46] Anjuma, F., Anwara, F., Jamila, A. & IqbaI, M. (2006). Microwave roasting effects on the physic chemical composition & oxidative stability of sunflower seed oil. Departments of a Chemistry and Botany, University of Agriculture, Faisalabad-38040, Pakistan.
[47] Durmaz, G., Karabulut, İ., Topçu, A., Asiltürk, M. and Kutlu, T. (2010). Roasting□related changes in oxidative stability and antioxidant capacity of apricot kernel oil. Journal of the American Oil Chemists' Society, 87(4), 401-409.
[48] Durmaz, G. & Gökmen, V. (2010). Impacts of roasting oily seeds and nuts on their extracted oils. Lipid Technology, 22(8),179-182.
[49] Ji, J., Liu, Y., Shi, L., Wang, N., & Wang, X. (2019). Effect of roasting treatment on the chemical composition of sesame oil. LWT, 101, 191-200.
[50] Kim, I. H., Kim, C. J., You, J. M., Lee, K. W., Kim, C. T., Chung, S. H., et al. (2002). Effect of roasting temperature and time on the chemical composition of rice germ oil. Journal of the American Oil Chemists' Society, 79, 413–418.
[51] Blasi, F., Rocchetti, G., Montesano, D., Lucini, L., Chiodelli, G., Ghisoni, S., Baccolo, G., Simonetti, M.S. & Cossignani, L. (2018). Changes in extra-virgin olive oil added with Lycium barbarum L. carotenoids during frying: Chemical analyses and metabolomic approach. Food Research International, 105, 507-516.
[52] Alasalvar, C., Pelvan, E., & Topal, B. (2010). Effects of roasting on oil and fatty acid composition of Turkish hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.). International Journal of Food Sciences & Nutrition, 61, 630–642.
[53] Yen, G. C. (1990). Influence of seed roasting process on the changes in composition and quality of sesame (*Sesame indicum*) oil. Journal of the Science of Food and Agriculture, 50, 563–570.
[54] Yoshida, H. (1994). Composition and quality characteristic of sesame seed (*Sesame indicum*) oil roasted at different temperature in an electric oven. Journal of the Science of Food and Agriculture, 65, 331–336.
[55] Lee, J., Kim, M., & Choe, E. (2007). Antioxidant activity of lignan compounds extracted from roasted sesame oil on the oxidation of sunflower oil. Food Science and Biotechnology, 16, 981-987.
[56] Simopoulos, A. P. (2002). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. Biomedicine & Pharmacotherapy, 56(8), 365–379.
[57] Kris-Etherton PM, Taylor DS, Yu-Poth S, Huth P, Moriarty K, Fishell V, Etherton TD (2000) Polyunsaturated fatty acids in the food chain in the United States. The American Journal of Clinical Nutrition, 71,179S–188S.
[58] Raczyk, M., Siger, A., Radziejewska-Kubzdela, E., Ratusz, K., & Rudzińska, M. (2017). Roasting pumpkin seeds and changes in the composition and oxidative stability of cold-pressed oils. Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria, 16,

293-301.
[59] Zhou, Y., Fan, W., Chu, F., & Pei, D. (2016). Improvement of the flavor and oxidative stability of walnut oil by microwave pretreatment. Journal of the American Oil Chemists' Society, 93, 1563-1572.
[60] Knothe, G. (2002). Structure indices in FA chemistry. How relevant is the iodine value?. Journal of the American Oil Chemists' Society, 79(9), 847-854.
[61] Shahidi, F., & Zhong, Y. (2005). Antioxidants: regulatory status. Bailey's industrial oil and fat products, 1, 491-512.
[62] Vaidya, B., & Eun, J. B. (2013). Effect of roasting on oxidative and tocopherol stability of walnut oil during storage in the dark. European Journal of Lipid Science and Technology, 115, 348-355.
[63] Ali, M. A., Nargis, A., Othman, N. H., Noor, A. F., Sadik, G., & Hossen, J. (2017b). Oxidation stability and compositional characteristics of oils from microwave roasted pumpkin seeds during thermal oxidation. International Journal of Food Properties, 20(11), 2569-2580.
[64] Codex Alimentarius Commission, 2013. Codex Standard for Named Vegetable Oils Codex-Stan 210 issued by the Joint FAO/WHO Food Standards Program, Via delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy.
[65] Krishna, C. (2005). Solid-state fermentation systems-an overview. Critical reviews in biotechnology, 25(1-2), 1-30.

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

The effect of microwave roasting on physicochemical properties and oxidative stability Index of Persian Walnut (*Juglans regia* L.) Kernel Oil

Jelokhani niaraki, K. [1], Ahmadi Kamazani, N. [2] *

1. M.Sc. Graduated of the Department of Food Science and Technology, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.
2. Assistant Professor of the Department of Food Science and Technology, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2021/ 10/ 27
Accepted 2022/ 01/ 15

Keywords:

Cold press,
Microwave roasting,
Oxidative stability,
Walnut kernel Oil,
Phytosterol.

DOI: 10.52547/fsct.19.123.257

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.123.14.9

*Corresponding Author E-Mail:
ahmadi.academic@gmail.com

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the physicochemical properties (extraction yield, color development, fatty acid profile, iodine value, saponification value, phytosterol profile), DPPH radical scavenging activity and oxidative stability of cold pressed walnut oil extracted from microwave pretreated kernels (0, 2.5, 5 and 7.5 min, 600 W). Results showed that microwave pretreatment of persian walnut kernel increased the oil extraction yield, color development, the polyunsaturated to saturated fatty acids (PUFA/SFA) ratio and phytosterols of all oil samples. Also, no significant differences ($p \geq 0.05$) were observed during microwave pretreatment in saponification value (192.71-193.73 mg KOH/g oil), iodine value (150.12-151.81gI2/100 g oil) and SFA, MUFA, PUFA values of walnut kernel oil samples. The predominant unsaturated fatty acids in oil samples in all treatments were determined as linoleic acid C18:2c (55.67%-56.49%) and oleic acid C18:1c (20.70%- 21.56%), respectively. The predominant phytosterols in oil samples in all treatments were determined as β-sitosterol, Δ-5-Avenasterol, Campesterol,Δ-7-Avenasterol and Δ -7-Stigmasterol. The highest DPPH radical scavenging activity were observed in oil samples of MW-0 (90.62%) and MW-2.5 (73.96%), respectively. In addition, peroxide value, anisidine value and totox value of control walnut oil (MW-0) and pretreated walnut oil (MW-2.5) at an oven temperature of 160 ° C at 0, 3, 6 and 9 h intervals were determined. Also oxidative stability index (OSI) was determined by rancimat test at 120 ° C. The results indicated that microwave pretreatment is a promising strategy for amplification of oil extraction yield, the content of phytosterols and PUFA/SFA) ratio in obtained oil from persion walnut kernels.