مقایسه ساختار شیمیایی و پایداری حرارتی روغن مغز کلخونگ (*pistacia khinjuk*) به عنوان یک منبع جدید روغن نباتی با روغن زیتون

فاطمه همدانی [1*]، محمدحسین حدادخداپرست[2]، رضا اسماعیل زاده کناری[3]، اسماعیل عطایی صالحی[4]

1. – دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه ازاد اسلامی، واحد قوچان
2. استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد
3. استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
4. استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه ازاد اسلامی، واحد قوچان

(تاریخ دریافت: 93/2/17، تاریخ پذیرش: 93/4/21)

چکیده

شناسایی و کشت دانه‌های روغنی جدید، گامی مهم در جهت تامین روغن مورد نیاز در کشور است. درختان پسته وحشی از جمله کلخونگ (*pistacia khinjuk*)، در ایران بیش از یک میلیون و دویست هزار هکتار از اراضی کشور را به خود اختصاص داده‌اند. در این تحقیق ساختار شیمیایی روغن مغز کلخونگ از نظر ساختار اسیدهای چرب، ترکیبات توکوفرولی و ضریب شکست تعیین و پایداری اکسایشی آن طی 8 ساعت فرایند حرارتی در دمای 170 درجه سانتی‌گراد با روغن زیتون مقایسه گردید. بررسی ترکیب شیمیایی مغز کلخونگ نشان داد میزان چربی آن 30 درصد و بیش از 80 درصد از ترکیب اسیدهای چرب آن از نوع غیر اشباع بود. اسید چرب غالب در مغز کلخونگ، اسید اولئیک (57/39 ٪) بود و میزان ترکیبات توکوفرولی، ضریب شکست برای روغن مغز کلخونگ به ترتیب 619/4 میلی‌گرم بر کیلوگرم، 1/47 درجه اندازه‌گیری شد. بررسی پایداری اکسایشی نیز نشان داد بین عدد دی ان مزدوج و پایداری حرارتی روغن مغز کلخونگ و زیتون به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری وجود دارد. با توجه به نتایج ذکر شده، روغن مغز کلخونگ به عنوان یک منبع جدید روغن نباتی در گروه روغن‌های غیر اشباع نظیر پنبه دانه و آفتابگردان قرار می‌گیرد. هم‌چنین روغن مغز کلخونگ از پایداری اکسایشی بالاتری در مقایسه با روغن زیتون برخوردار می‌باشد که می‌توانآن را به ترکیب مناسب ضد اکسندگی آن، بویژه توکوفرول ها، نسبت داد.

---

* مسئول مکاتبات: Hamedani_fatemeh@yahoo.com

1- مقدمه

روغن‌ها و چربی‌های خوراکی بخش عمده‌ای از ترکیبات مواد غذایی مصرفی روزانه را به خود اختصاص می‌دهند. این مواد غذایی علاوه بر تامین انرژی، نقش مهمی در حفظ سلامت و ادامه حیات دارند که ویتامین‌های محلول در چربی و اسیدهای چرب ضروری را نیز به بدن می‌رسانند. این دسته از ترکیبات بخاطر داشتن ویژگی‌های عملکردی مهم در مواد غذایی، کاربرد گسترده‌ای در صنایع غذایی دارند و عمدتا از تری گلیسیریدها ساخته شده اند[1] .

اخیرا با رشد دانش عمومی، تقاضای مردم برای مصرف روغن‌هایی که علاوه بر تأمین انرژی و ایجاد طعم برای سلامتی هم مفید باشد، افزایش یافته است. کشور ایران در زمینه تولید روغن نباتی، به واردات از کشورهای دیگر وابسته است و بیش از 90 درصد روغن مصرفی کشور از خارج از ایران تامین می‌شود. بنابراین استفاده از منابع موجود در کشور برای رسیدن به خود کفایی و افزایش سطح زیر کشت دانه‌های روغنی رایج، شناسایی و کشت منابع جدید گامی برای تامین روغن مورد نیاز کشور است[2]. توسعه کشت دانه‌های روغنی مانند کانولا، سویا، آفتابگردان، ذرت، زیتون و غیره در کشور و ترغیب کشاورزان در این خصوص، سیاست اصولی دولت در زمینه خودکفایی روغن‌های گیاهی است. کلخونگ (*pistacia khinjuk*)، از جمله منابع خدادادی کشور است که بیش از یک میلیون و دویست هزار هکتار از جنگل‌های زاگرس را در کنار درختان بادام کوهی[1] به خود اختصاص داده است. استفاده از این منبع ارزشمند برای تولید روغن می‌تواند ارزش افزوده بسیاری را برای کشور فراهم نماید. کلخونگ نوعی پسته وحشی است و درختان آن در ارتفاعات زاگرس تا بلوچستان امتداد دارند و در کردستان، کرمانشاه، ایلام، لرستان، خوزستان، کهگلویه و بویراحمد، فارس، کرمان، سیستان و بلوچستان، خراسان و اطراف یزد نیز مشاهده شده‌اند. این درخت در ارتفاعات 700 تا1900 متری از سطح دریا رشد می‌کند و در افغانستان و پاکستان نیز به صورت پراکنده وجود دارد. کلخونگ نسبت به بنه در ارتفاعات پایین‌تر و مناطق گرم‌تری رشد می‌کند[3]. آن‌ها درختانی کوتاه قامت (سه تا هفت متر ارتفاع) با پوست صاف هستند که برگ‌های شآن‌های دارند [4]. میوه آن از نوع شفت و تقریبا کروی با قطر 4/08 میلی‌متر است. درخت کلخونگ پایه مناسبی برای پیوند با پسته است و مقاومت آن به خشکی، گرما و سرما زیاد است[5].

با تعیین ساختار فیزیکوشیمیایی روغن مغز کلخونگ و هم‌چنین بررسی پایداری اکسایشی آن در مقایسه با روغن زیتون، می‌توان اطلاعات مناسبی در مورد خصوصیات تغذیه‌ای و تکنولوژیکی این روغن به‌دست آورد و به ارزش و جایگاه آن در میان روغن‌های خوراکی پی برد. صفرزاده و همکاران (1999) با تحقیقات مشابهی ترکیب شیمیایی بنه (*Pistacia atlantica*) را بدون درنظرگرفتن گونه، به صورت کامل تعیین کرده و میزان چربی کل را 26/8 درصد محاسبه نمودند. هم‌چنین میزان اسیدهای پالمتیک، پالمیتواولئیک، استئاریک، اولئیک، لینولئیک و لینولنیک به ترتیب 17/29 ،6/09 ، 2/35 ، 54/66 ، 18/51 و 0/59 درصد بود[6]. یوسفی (2002) نیز ترکیب شیمیایی روغن بنه (*Pistacia atlantica*) گونه Desf رشد کرده در کشور الجزایر را مورد بررسی قرار داد. روغن به روش سوکسله استخراج شد که بازده روغن 45 درصد به‌دست آمد و اسیدهای چرب، عدد اسیدی، عدد یدی، عدد صابونی و ترکیبات استرولی نمونه روغن نیز ارزیابی شد[7]. بنابراین هدف از انجام این پژوهش شناسایی ساختار اسیدهای چرب و ترکیبات استرولی و توکوفرولی روغن مغز کلخونگ به عنوان یک منبع جدید روغن نباتی و هم‌چنین بررسی پایداری اکسایشی آن با اندازه‌گیری عدد دی ان مزدوج و عدد پایداری حرارتی نسبت به روغن زیتون بکر است.

2-مواد و روش ها

میوه کلخونگ از بخش میمند شهرستان فیروزآباد استان فارس خریداری شد. نمونه‌ها تا زمان استخراج و انجام آزمایش‌های مربوطه در پلاستیک‌های پلی اتیلنی در بسته در دمای 4 درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند. روغن زیتون فوق بکر از مزرعه فدک قم تهیه و تا زمان انجام آزمایش‌های مربوطه در دمای 18- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری گردید. کلیه حلال‌ها و مواد شیمیایی با درجه خلوص بالا از شرکت‌های مرک و سیگما خریداری شدند.

1. Amygdalus scoparia

2-1- عملیات استخراج روغن

بعد از خشک‌کردن میوه کلخونگ در سایه، فرابر[1] آن را برداشته و مغز آن در آسیاب (Moulinex: AR1044) پودر شد. پودر به نسبت 1 به 4 وزنی‌حجمی با حلال n-هگزان مخلوط و عملیات استخراج روغن با هم زدن شدید به مدت 48 ساعت در محیط تاریک انجام شد. سپس حلال در آون تحت خلأ (VS-1202-V5) در دمای 40 درجه سانتی‌گراد تبخیر گردید. روغن استخراج شده تا زمان انجام آزمایشهای مربوطه در ظروف تیره در دمای 18- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد [5].

2-2- فرایند حرارتی

درهرسرخ‌کن (vidas ITALY RD216M)150 گرم نمونه روغن استخراج شده و150 گرم نمونه روغن زیتون قرار داده شد و سپس در دمای 170 درجه سانتی‌گراد به مدت 8 ساعت حفظ گردیدند. در فواصل زمانی دو ساعته، 30 گرم نمونه برای بررسی آزمون‌های پایداری اکسایشی (عدد دی ان مزدوج و عدد پایداری حرارتی) برداشته شد [8].

2-3- آزمون‌های فیزیکو شیمیایی

2-3-1- ساختار اسید چرب روغن مغز کلخونگ

با توزین روغن استخراجی از 100 گرم نمونه مغز، درصد روغن مغز کلخونگ تعیین شد. ترکیب اسید چرب نمونه روغن به وسیله کروماتوگرافی گاز-مایع[2] تعیین و بر اساس درصد نسبی سطوح گزارش شد. استرهای متیل اسیدهای چرب با اختلاط روغن و هگزان (3/ گرم در 7 میلی لیتر) با هفت میلی لیتر هیدروکسید پتاسیم متانولی دو نرمال در دمای 50 درجه سانتی‌گراد به مدت 15 دقیقه تهیه شدند. استرهای اسیدهای چرب با دستگاه کروماتوگرافی ((HP-5890 (Hewlett-Packard, CA,USA) مجهز به ستون‌های مویینه CP-FIL88 شیشه‌ای سیلیکا (طول 60 متر، قطر داخلی 0/22 میلی‌متر، ضخامت لایه داخلی 0/2 میکرومتر) و آشکار ساز یونی شعله‌ای شناسایی گردیدند. گاز هلیم به عنوان گاز حامل با سرعت جریان 7/ میلی لیتر بر دقیقه استفاده شد. دمای آون، بخش تزریق و آشکارساز به ترتیب198، 280 و 250 درجه سانتی‌گراد بود [9].

2-3-2-انـــدازه گیری ترکیبات توکوفرولی روغن مغز کلخونگ

برای اندازه‌گیری ترکیبات توکوفرولی نمونه روغن مغز کلخونگ،190 تا 210 میلی‌گرم نمونه روغن به دقت داخل بالن ژوژه 10 میلی‌لیتری وزن شد. 5 میلی‌لیتر تولوئن به نمونه اضافه گردید و به‌خوبی مخلوط شد. سپس 3/5 میلی‌لیتر محلول ´۲،۲- بی پیریدین[1] و 0/5 میلی‌لیتر کلرید آهنIII 6 آبه اضافه و مخلوط گردید. سرانجام، حجم محلول با اتانول آبی 95 درصد به 10 میلی‌لیتر رسید. محلول حاصل به مدت یک دقیقه در حال سکون قرار گرفت و جذب آن در 520 نانومتر خوانده شد. مقدار ترکیبات توکوفرولی بر اساس میلی‌گرم در کیلوگرم روغن بر طبق رابطه (1) محاسبه گردید:

$$T = \frac{A - B}{M \times W} \qquad (1)$$

که A و B به ترتیب جذب نمونه و شاهد در سل 10 میلی‌لیتری هستند. M شیب منحنی استاندارد جذب در برابر غلظت آلفا- توکوفرول و W وزن نمونه به گرم می‌باشد. مقدارM در این آزمایش 0/0039 با ضریب تبیین 0/99 به‌دست آمد. T نیز غلظت توکوفرول بر اساس میلی‌گرم در کیلوگرم روغن است [10]. اندازه‌گیری اجزای توکوفرولی نمونه روغن نیز به کمک دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (ساخت شرکت Yang lin) انجام شد. دو گرم نمونه در بالن حجمی 25 میلی‌لیتری وزن و با مقداری هگزان مخلوط شد. پس از انحلال، نمونه با هگزان به حجم رسید. بیست میکرولیتر محلول نمونه به ستون (پر شده با ذرات سیلیکا به قطر 5 میکرومتر، طول ستون 25 سانتی‌متر و قطر داخلی چهار میلی‌متر) (ساخت شرکت Waters) تزریق شد. فاز متحرک، محلول 0/5 درصد (حجمی/ حجمی) پروپان-2- اُل در n-هگزان با سرعت جریان یک میلی‌لیتر در دقیقه بود. آشکارساز دستگاه از نوع فلورسانس (ساخت شرکت Yang lin ، UV 730 D) با طول موج تحریک

1. Pericarp
2. Gas-liquid Chromatography

1. 2′-2-biperiden

290 نانومتر و نشر 330 نانومتر بود (ISO 9936:1997).

2-3-2- آزمون های اندازه گیری پایداری اکسایشی روغن مغز کلخونگ و روغن زیتون

2-3-2-1- اندازه‌گیری عدد دی‌ان مزدوج (Conjugated Diene Value)

نمونه روغن به نسبت 600:1 با هگزان (گرم به میلی‌لیتر) رقیق شد. سپس جذب نمونه رقیق شده در طول موج 234 نانومتر خوانده شد. جذب شاهد نیز با خواندن جذب هگزان به‌دست آمد. مقدار ترکیبات دی‌ان مزدوج از فرمول (2) محاسبه شد:

$$CDV = \frac{A \times 600 \times 1000}{29000} \qquad (2)$$

که A جذب نمونه در طول موج 234 نانومتر منهای جذب شاهد است. عدد 600 عبارت از رقت نمونه در هگزان و عدد 29000 ضریبی ثابت است [11].

2-3-2-2- تعیین پایداری حرارتی

برای تعیین پایداری اکسایشی (آزمون پایداری حرارتی) از دستگاه رنسیمت مدل 743 استفاده شد. برای این منظور 3 گرم نمونه روغن در دمای 120 درجه سانتی‌گراد، مورد ازمایش قرار گرفت. سرعت جریان هوا 20 لیتر بر ساعت تنظیم شد[9].

2-3-4- اندازه گیری ضریب شکست روغن مغز کلخونگ

ضریب شکست روغن مغر کلخونگ در 20 درجه سانتی‌گراد به وسیله رفراکتومتر (ATAGO RX-5000) اندازه‌گیری شد.

2-4- تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش‌های مربوط به تاثیر حرارت بر پایداری روغن در قالب طرح آزمایشی کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. میانگین‌ها با نرم افزار MStatc وبراساس آزمون T در سطح احتمال 5 درصد ($p<0/05$) مقایسه شدند. نمودارها نیز با نرم افزار Microsoft Excel, 2007 رسم شدند.

3-نتایج و بحث

3-1- بررسی خواص شیمیایی روغن مغز کلخونگ

نتایج استخراج روغن مغز کلخونگ نشان داد که میزان بازده روغن آن30 درصد بود. در تحقیقی مشابه حاجی حیدری با استخراج روغن از پسته وحشی بنه (Pistacia atlantica) ، مقدار روغن آن را 34 درصد دانه کامل و 56 درصد مغز به‌دست آورد[12].

ساختار اسیدچرب روغن مغز کلخونگ و روغن زیتون در جدول (1) نشان داده شده است. روغن مغز کلخونگ حاوی اسیدهای چرب معمول در روغن‌های گیاهی مانند اسید پالمیتیک، استئاریک، پالمیتواولئیک، اولئیک، لینولئیک و لینولنیک بود. مقدار کل اسیدهای چرب غیر اشباع (USFA) در روغن مغز کلخونگ 83/06 درصد وزنی-وزنی گزارش شد. نسبت USFA به SFA در روغن مغز کلخونگ 4/90 بود که این نسبت معمولاً به عنوان معیاری از میزان غیراشباعیت روغن‌ها و چربی‌ها و نیز تمایل آن‌ها به خوداکسایش لیپیدی در نظر گرفته می‌شود [13]. نسبت MUFA به PUFA معادل 2/44 به‌دست آمد که بالاتر بودن این نسبت نشان دهنده پایداری اکسایشی بهتر و مناسب‌تر بودن روغن برای فرایند سرخ‌کردن است (جدول 2). با توجه به مقدار اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک که بیش‌تر از 80 درصد ترکیب اسیدهای چرب روغن مغز کلخونگ را تشکیل می‌دهند و هم‌چنین ناچیز بودن مقدار اسید لینولنیک (0/61 درصد وزنی-وزنی)، می‌توان این روغن را در گروه روغن‌های اسیداولئیک-لینولئیک قرار داد. با توجه به مفید بودن اسید اولئیک و لینولئیک از نظر تغذیه‌ایی برای بدن انسان و میزان بالای آن‌ها در روغن مغز کلخونگ، می‌توان گفت که این روغن از ارزش تغذیه‌ای بالایی برخوردار است و پایین بودن میزان اسیدلینولنیک بیانگر پایداری بیش‌تر این روغن در برابر اکسایش نسبت به روغن‌های گروه اسیداولئیک-لینولئیک می‌باشد.

توکوفرول‌ها اجزاء مهم مواد صابونی نشونده روغن‌های خوراکی هستند که فعالیت ضد اکسندگی دارند و به عنوان ویتامین E برای سلامتی انسان مهم هستند ولی اهمیت آن‌ها در موادغذایی بیش‌تر به واسطه خاصیت ضد اکسندگی آن‌ها است. استفاده از ضد اکسنده‌های طبیعی مانند توکوفرول‌ها و ترکیبات پلی فنلی به دلیل خاصیت شناخته شده آن‌ها برای غیر فعال‌کردن رادیکال‌های آزاد و خاصیت سرطانزایی ضداکسنده‌های سنتزی رو به افزایش است. مقدار ترکیبات

جدول (1) ساختار اسیدهای چرب روغن مغز کلخونگ و زیتون (بر حسب درصد وزنی - وزنی)

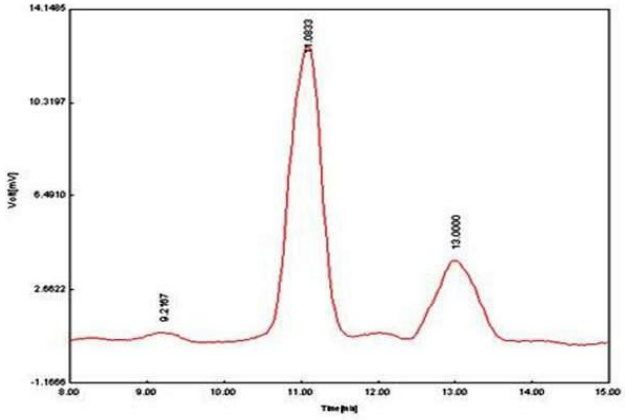
اسیدچرب	روغن مغز کلخونگ	روغن زیتون بکر IOOC.2009
	0/18	0 تا 5/0
C_{15}:0	0/02	-
C_{16}:0	12/44	7/5 تا 20
C_{16}:1	0/96	0/3 تا 3/5
C_{17}:0	0/08	-
C_{17}:1	0/09	0 تا 0/3
C_{18}:0	3/85	0/5 تا 5
C_{18}:1	57/39	55 تا 83
C_{18}:2	23/50	3/5 تا 21
C_{20}:0	0/25	0 تا 0/6
C_{18}:3	0/61	0 تا 0/9
C_{20}: 1	0/51	0 تا 0/4
C_{22}:0	0/07	0 تا 0/2
C_{24}:0	0/04	0 تا 0/2

جدول (2) ساختار اسید چرب روغن مغز کلخونگ

اسید چرب	روغن مغز کلخونگ
USFA (درصد وزنی - وزنی)	83/06
MUFA (درصد وزنی - وزنی)	58/95
PUFA (درصد وزنی – وزنی)	24/11
USFA/SFA	4/90
PUFA/SFA	1/42
MUFA/PUFA	2/44

توکوفرولی روغن مغز کلخونگ بر حسب آلفا-توکوفرول 619/4 میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین شد. بنابراین میزان ترکیبات توکوفرولی روغن مغز کلخونگ از روغن زیتون (300-30 میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیش‌تر، و توکوفرول‌های غالب آن گاما و بتا بودند (شکل 1).

روغن‌ها و چربی‌های مختلف ضریب شکست خاص خود را دارند لذا این ویژگی، برای تشخیص هویت و تعیین خلوص روغن‌ها و چربی‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرد. ضریب شکست در کنترل پیشرفت واکنش‌ها نظیر هیدروژناسیون و ایزومریزاسیون کاتالیزوری روغن‌ها مفید است. هم‌چنین برای تشخیص اکسایش روغن نیز از ضریب شکست استفاده می‌شود. درجه حرارت و اشباعیت از عوامل موثربر ضریب شکست هستند [14]. میزان ضریب شکست روغن مغز کلخونگ در دمای 20 درجه سانتی‌گراد 1/4703 درجه بود. با توجه به این که با افزایش دما ضریب شکست روغن کاهش می‌یابد، می‌توان گفت که از نظر ضریب شکست روغن مغز کلخونگ مشابه روغن بادام زمینی (1/463) و تخم پنبه دانه (1/462) است و این مطالب می‌تواند تاکیدی بر شباهت روغن مغز کلخونگ با این دو نوع روغن از لحاظ عدد یدی نیز باشد.



شکل (1) کروماتوگرام اجزاء توکوفرولی روغن مغز کلخونگ (پیک‌ها از راست به چپ به ترتیب متعلق به آلفا، گاما و بتا، دلتا توکوفرول می‌باشد).

2-3- بررسی پایداری اکسایشی روغن مغز کلخونگ در مقایسه با روغن زیتون طی فرایند حرارتی

1-2-3- عدد دی ان مزدوج

ترکیبات دی‌ان مزدوج در اثر جابه‌جایی پیوندهای دوگانه به هنگام اکسایش اسیدهای چرب چند غیراشباع تولید می‌شوند. اسیدهای دی‌ان مزدوج را می‌توان با اندازه‌گیری میزان جذب در ناحیه فرابنفش (طول موج 232 نانومتر) اندازه‌گیری کرد. درصد این ترکیبات با پیشرفت اکسایش ابتدا افزایش پیدا می‌کند و سپس روند نسبتاً ثابتی به خود می‌گیرد و در مراحل پیشرفته اکسایش بر طبق واکنش دیلز- آلدر به ترکیبات پلیمری و محصولات ثانویه اکسایش تبدیل می‌شوند [15].

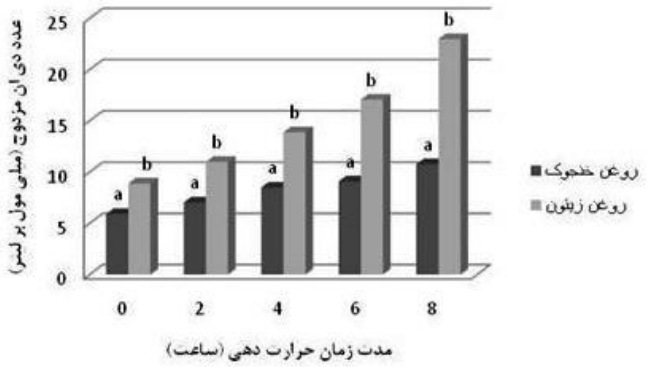
مقدار اولیه ترکیبات مزدوج روغن مغز کلخونگ و زیتون به ترتیب 5/92 و 8/89 میلی‌مول بر لیتر بود در حالی‌که طی فرایند حرارتی مقدار این ترکیبات در روغن مغز کلخونگ از 5/92 در ساعت صفر تا 10/78 میلی‌مول بر لیتر در ساعت هشتم و هم‌چنین در روغن زیتون از 8/89 در ساعت صفر تا 22/98 میلی‌مول بر لیتر در ساعت هشتم روند افزایشی داشت (شکل 2). نتایج نشان داد که روند افزایش ترکیبات مزدوج در روغن زیتون ابتدا با شیب کم‌تر و سپس از ساعت چهارم فرایند حرارتی با شیب بیش‌تری افزایش یافت که نشان دهنده تاثیر بیش‌تر زمان حرارت دهی در تولید ترکیبات دی ان مزدوج و در نتیجه فرایند اکسیدشدن روغن‌ها می‌باشد.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها در زمان‌های مختلف حرارت دهی نیز نشان داد در تمامی ساعت‌های فرایند حرارتی بین عدد دی ان مزدوج این دو روغن به لحاظ آماری، تفاوت معنی‌داری وجود داشت و همواره مقدار این ترکیبات برای روغن زیتون بیش‌تر بود (شکل 2) که این مطلب پایداری اکسایشی روغن مغز کلخونگ را نسبت به روغن زیتون توجیه می‌کند. فرهوش و همکاران (1388) با بررسی پایداری حرارتی روغن ارقام رایج کانولا در ایران گزارش دادند که عدد دی ان مزدوج نمونه‌های روغن طی فرایند حرارتی افزایش یافته اما روند افزایشی آن طی 4 ساعت دوم فرایند حرارتی با شیب تندتری دنبال شده است [16]، که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. همان طور که در شکل 2 مشاهده می‌شود با افزایش زمان حرارت دهی مقدار هیدروپروکسیدهای دی ان مزدوج به مقدار بیش‌تری (شیب تندتر منحنی) افزایش یافته است.

2-2-3- شاخص پایداری اکسایشی

پایداری اکسایشی عبارت است از مدت زمان لازم برای رسیدن به نقطه‌ای که در آن یکی از کمیت‌های اکسایشی مانند عدد پراکسید یا عدد کربونیل پس از طی نمودن روند افزایشی خود به‌طور ناگهانی افزایش می‌یابد و باعث تولید طعم و بوی نامطلوب در روغن می‌شود. اکسایش باعث ایجاد فساد می‌شود که بوی نامطلوب و کاهش کیفیت غذا را به دنبال دارد. روش‌های متعددی برای ارزیابی مواد حاصل از فرایندهای حرارتی که دارای آثار زیادی بر خواص شیمیایی، فیزیکی و تغذیه‌ای روغن هستند، وجود دارد که یکی از مهم‌ترین آن‌ها شاخص پایداری اکسایشی است [15].

روند تغییرات شاخص پایداری اکسایشی روغن مغز کلخونگ و زیتون در شکل 3 آورده شده است. شاخص پایداری اکسایشی اولیه روغن مغز کلخونگ و زیتون به ترتیب 9/52 و 4/92



شکل (2) درصد افزایش عدد دی ان مزدوج (میلی‌مول بر لیتر) روغن ارقام زیتون و کلخونگ (*pistacia khinjuk*) مورد مطالعه پس از 8 ساعت عملیات حرارتی. کمیت‌های دارای حروف غیر مشترک در هر دو ستون موجود در یک زمان یکسان از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند (ازمون T، $p < 0/05$).

ساعت بود. در مورد روند تغییرات شاخص پایداری اکسایشی طی فرایند حرارتی در تمامی ساعات، تفاوت معنی‌داری بین روغن مغز کلخونگ و روغن زیتون وجود داشت و در تمامی ساعات شاخص پایداری اکسایشی روغن مغز کلخونگ بیش‌تر از روغن زیتون بود (شکل3) که نشان دهنده پایداری بیش‌تر روغن مغز کلخونگ نسبت به روغن زیتون در برابر اکسایش می‌باشد. یکی از دلایل اصلی این پایداری اکسایشی احتمالا به دلیل وجود مقدار بیش‌تر ضد اکسنده‌ها بویژه توکوفرول‌ها می‌باشد. همان طورکه قبلا نیز ذکر شد میزان توکوفرول‌ها در روغن مغز کلخونگ بسیار بیش‌تر از روغن زیتون بود. سرعت کاهش شاخص پایداری اکسایشی روغن زیتون با شیب تندتری نسبت به روغن مغز کلخونگ کاهش پیدا کرد و همان طور که در شکل 3 مشاهده می‌شود شاخص پایداری اکسایشی این روغن بین ساعت‌های صفر تا ساعت چهارم تغییرات بیش‌تری داشت بطوری که از 4/92 به 0/69 ساعت رسید و بعد از آن با ادامه زمان حرارت دهی تا 8 ساعت، شیب تغییرات آهسته بود به‌طوری‌که در نهایت به 0/15 ساعت رسید.

گیوانا (2010) تاثیر تیمار حرارتی بر شاخص‌های کیفی و ساختار شیمیایی روغن زیتون بکر ممتاز را مورد بررسی قرار داد. در این بررسی روغن‌های زیتون بکر ممتاز دو رقم زیتون Arbkuyta و Pykual در معرض حرارت دهی در آون در دمای 180 درجه سانتی‌گراد به مدت 36 ساعت قرار گرفتند. نتایج نشان داد کاهش شاخص پایداری اکسایشی در هر دو رقم مشاهده شد که نشان دهنده تخریب سیستم ضد اکسندگی می‌باشد، اگرچه این کاهش در رقم Arbkuyta بیش‌تر بود.

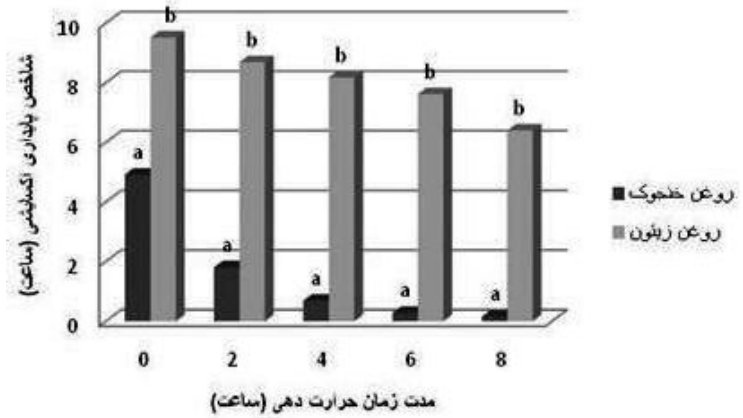
بر اساس نتایج به‌دست آمده از این تحقیق محققان بیان داشتند با وجود تیمار حرارتی، روغن زیتون بکر ممتاز قادر است بخشی از ترکیبات مغذی خود از جمله فیتو استرول‌ها و اسکوالن را در سطوحی با ویژگی‌های مغذی حفظ کند [17]. حقیقت دوست و همکاران (2012) پایداری اکسایشی سه نوع روغن زیتون بکر به نام‌های ماری، پیشامی و زرد را بررسی و اعلام کردند بیش‌ترین پایداری اکسایشی (64/7 ساعت) مربوط به روغن ماری بود. آن‌ها دلیل این پایداری اکسایشی را مقدار بالای ترکیبات فنولی، مقدار پایین اسید لینولنیک و مقدار بالای اسیدهای چرب تک غیر اشباعی در روغن زیتون ماری گزارش دادند[18]. اندازه‌گیری شاخص پایداری اکسایشی طی فرایندهای حرارتی روغن‌ها به تنهایی برای ارزیابی کیفیت روغن‌ها کافی نیست اما اطلاعاتی در خصوص وضعیت اولیه نمونه روغن در اختیار می‌گذارد [8].

در تحقیقی توکلی و همکاران مقایسه روغن زیتون و روغن بنه را مورد مطالعه قرار داد. طبق نتایج آن‌ها بین ساختار اسید چرب روغن زیتون و بنه تفاوت معنی‌داری وجود داشت. نسبت اسیدهای چرب غیر اشباع و شاخص اکسایش پذیری برای روغن بنه (*Pistacia atlantica*) و زیتون به ترتیب 34/6، 61/4 ، 99/3 و 75/2 بود. هم‌چنین در آزمون‌های عدد دی ان مزدوج، کربونیل و پایداری حرارتی روغن بنه (*Pistacia atlantica*) با وجود عدد پراکسید بالاتر برتر از روغن زیتون بود. در مجموع، روغن بنه (*Pistacia atlantica*) به خاطره وجود اسیدهای چرب

ضروری بیش‌تر دارای ارزش تغذیه‌ای بالاتر و به خاطره سرشار بودن از ترکیبات ضد اکسنده، دارای پایداری اکسایشی بهتری نسبت به روغن زیتون بود [19].

4- نتیجه گیری

در این تحقیق ساختار شیمیایی روغن مغز کلخونگ مورد مطالعه قرار گرفت و پایداری اکسایشی آن طی 8 ساعت فرایند حرارتی در دمای 170 درجه سانتی‌گراد بررسی و با روغن زیتون مقایسه گردید. طبق نتایج، ترکیب روغن مغز کلخونگ از نظر ساختار اسیدچرب به روغن زیتون بسیار شبیه است و وجود 83/06 درصد وزنی - وزنی اسیدچرب غیراشباع در ترکیب اسیدچرب روغن مغز کلخونگ، باعث می‌شود در دمای معمولی به‌صورت مایع باشد و از نقطه نظر تغذیه به‌دلیل داشتن اسیدهای چرب ضروری مفید می‌باشد. هم‌چنین بالا بودن میزان اسیداولئیک نسبت به اسیدلینولئیک و ناچیز بودن اسیدلینولنیک باعث می‌شود که روغن مغز کلخونگ از نظر پایداری اکسایشی در شرایط مناسب باشد. بنابراین با توجه به درصد قابل توجه روغن در مغز پسته کلخونگ و بالا بودن ارزش تغذیه‌ای آن به‌خاطر میزان بالای اسیدچرب غیر اشباع و ضروری، کشت و توسعه این منبع روغنی جدید برای استفاده صنعتی و هم‌چنین تامین بخشی از واردات روغن به کشور امری سودمند و ضروری می‌باشد.



شکل (3) روند تغییرات شاخص پایداری اکسایشی روغن زیتون و کلخونگ (*pistacia khinjuk*) مورد مطالعه پس از 8 ساعت عملیات حرارتی. کمیت‌های دارای حروف غیر مشترک در هر دو ستون موجود در یک زمان یکسان از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند (آزمون T، $p < 0/05$).

منابع

[1]Fenema, O.)1996(. Food Chemistry.3th ed. Marcel Dekker, New York.

[2] گلی،ا. ح.، کدیور، م.، بهرامی، ب.، سبزعلیان، م. ر. (1386). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی روغن دانه ماریتیغال. فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران، 4، 254-241.

[3] اسدی، م.)1387). پسته وحشی، آمار و اطلاعات اداره منابع طبیعی و جنگلداری استان فارس ابریشمی، م. ح. (1373). پسته ایران شناخت تاریخی، چاپ اول مرکز نشر دانشگاهی تهران، تهران.

[4] ابریشمی، م. ح. (1373). پسته ایران شناخت تاریخی، چاپ اول مرکز نشر دانشگاهی تهران، تهران.

[5] Heidarbeigi, k., Ahmadi, H. (2009). Some physical and mechanical properties of khinjuk. Pakistan Journal of nutrition, 8: 74-77.

[6] Saffarzadeh, A., Vincze., L., and Csapo, J. (1999). Determination of the chemical composition of Acron (Quercus branti), Pistacia atlantica and Pistacia khinjuk seeds as non- conventional feedstuffs.

Journal of Acta Agraria Kaposvariensis, 3: 59-69.

[7] Yousfi, M., Nedjmi, B., Bellal, R., Ben Bertal, D., and Palla, G.(2002). Fatty acids and sterols of Pistacia atlantica fruit oil. Journal of American Oil Chemistry Society, 79: 1049-1050.

[8] Matthaus, B. (2006). Utilization of high – oleic rapeseed oil for deep-fat frying of French fries compared to other commonly used edible oils. Europian Journal of Lipid Science and Technology ,108, 200-211.

[9] Farhoosh, R. (2007). The effect of operational parameters of the Rancimat method on the determination of the oxidative stability measures and shelf-life prediction of soybean oil. Journal of American oil chemistry society,84:205-209.

[10] Wong, M.L., Timms, R.E., and Goh, E.M. (1988). Colorimetric determination of total tocopherols in palm oil, olein and stearin. Journal of American Oil Chemistry Society, 65:258-261.

[11] Saguy, I.S., Shani, A., Weinberg P., and Garti, N. (1996). Uilization of jojoba oil for deep fat frying of foods. Journal of Lebensm Wiss u Technology, 29:573-577.

[12] حاجی حیدری، د. (1376). طرح تحقیقاتی استخراج روغن از پسته وحشی، جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان.

[13] Melton, S.L., Jafar, S., Sykes, D., and Trigiano, M.K. (1994). Review of stability measurements for frying oils and fried food flavor. Journal of the American Oil Chemists' Society, 71: 1301– 308.

[14]مالک، ف. (1379).چربی‌ها و روغن‌های نباتی خوراکی ویژگی‌ها و فراوری، انتشارات فرهنگ و قلم، تهران.

[15] White, P.J. (1991). Methods for measuring changes in deep-fat frying oils. Food Technology, 45: 75-80.

[16] فرهوش، ر.، پژوهان مهر، س.، پورآذرنگ، ه. (1388). پایداری حرارتی روغن ارقام رایج کانولا در ایران. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، 4، 16-11.

[17] Giovanna, N. (2010). Thermal oxidative process in extra virgin olive oils.Journal of food chemistry, 126, 3: 1226-1231.

[18] Haghighat Kharazi, S., Esmaeilzadeh Kenari, R., Raftani Amiri, Z., Azizkhani, M. (2012). Characterization of Iranian Virgin Olive Oil from the Roodbar Region: A Study on Zard, Mari and Phishomi. Journal of Oil Chemistry Society DOI 10.1007/s11746-012-2021-2.

[19] توکلی، ج.، نجفی.، حدادخداپرست، م. ح. (1387). افزایش پایداری اکسایشی روغن زیتون با استفاده از روغن بنه موتیکا و اتلانتیکا، اولین همایش تخصصی روغن زیتون، 46-37.