مهندسی بیوسیستم ایران، دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۴ (ص ۲۸۵-۲۷۵)

ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و پایداری اکسایشی مغز گردو (*Juglan regia* L.) با رنگ‌های زرد، کهربایی و قهوه‌ای

شهناز حمیدی[۱]، نوید یزدانی[۲]، کرامت‌الله رضایی[۳*]، رزگار فرجی[۴]، کوروش وحدتی[۵]

۱. دانشجوی گروه باغبانی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

۲. دانشیار گروه باغبانی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

۳. استاد گروه علوم و صنایع غذایی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۴. دانش‌آموختهٔ گروه علوم و صنایع غذایی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۵. استاد گروه باغبانی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۸/۲۷- تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۲/۲۹)

چکیده

مغز گردوها براساس رنگ به سه ژنوتیپ محلی (Zh_1)، (Zh2)، و (Zh3) که به ترتیب دارای رنگ‌های زرد، کهربایی و قهوه‌ای هستند، دسته‌بندی شدند. میزان روغن گردو به روش سوکسله اندازه‌گیری شد. بیشترین مقدار در ژنوتیپ Zh_3 (قهوه‌ای) و کمترین آن در ژنوتیپ Zh_1 (زرد) به ترتیب ۶۸/۲۹ و ۵۷/۲۶درصد به‌دست آمد. اسیدهای چرب روغن توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) اندازه‌گیری شد. اسیدهای چرب غالب روغن‌های گردو به ترتیب لینولئیک، اولئیک، و لینولنیک‌اسید بودند. همچنین تفاوت معنی‌داری بین مقدار پروتئین و فیبر خام کل در نمونه‌های مغز گردو با رنگ‌های گوناگون مشاهده نشد و بیشترین مقدار پروتئین (۱۶/۳۵درصد) برای ژنوتیپ Zh_3 مشاهده شد. نتایج نشان داد که سه ژنوتیپ محلی گوناگون مغز گردو با رنگ‌های متفاوت از نظر خصوصیات فیزیکی شیمیایی مغز گردو و پایداری اکسایشی روغن آن‌ها تفاوت معنی‌داری دارند.

کلیدواژگان: اسید چرب، پروتئین، روغن گردو، ژنوتیپ محلی.

مقدمه

گردو از قدیمی‌ترین محصولات خشکباری مناطق معتدل و متعلق به خانوادهٔ Juglandaceae است. مشهورترین گونهٔ آن به نام گردوی پارسی (*Jugalan regia* L.) به‌طور وسیع در نقاط گوناگون جهان کشت‌وکار می‌شود (Mao & Hua, 2012; Golzari *et al*., 2013). همچنین کشور ایران با تولید ۴۸۵ هزار تن گردو در سال در میان کشورهای تولیدکنندهٔ این محصول ارزشمند، پس از چین در مقام دوم قرار دارد (FAO, 2011).

گردو یک منبع غذایی با انرژی بالاست که ارزش غذایی بالای آن به‌دلیل داشتن مقادیر زیادی روغن (بیش از ۶۵درصد) و پروتئین (۲۴-۱۸درصد) است که بیش از ۸۴درصد وزن مغز گردو را تشکیل می‌دهند (Sharma *et al*., 2001). ترکیبات عمدهٔ گردو را تری‌گلیسریدها، که در آن تک‌غیراشباع‌شده (در درجهٔ اول اسیداولئیک) و اسیدهای چرب چندغیراشباعی (اولئیک و آلفالینولئیکاسید) در مقادیر بالا حضور دارند. همچنین حضور دیگر ترکیبات زیست فعال[1] کم مقدار، مانند فنل‌ها، توکوفرول‌ها، و فیتوسترول‌ها گزارش شده است (Martínez & Maestri, 2008). مصرف میزان متعادلی از مغز گردو، به‌دلیل ترکیبات ویژه‌ای مانند اسیدهای چرب چندغیراشباعی (امگا-۳، امگا-۶، امگا-۹) سطح کلسترول خون یا لیپوپروتئین کم‌تراکم را تا حدود ۱۶درصد در مردان کاهش می‌دهد (Albert *et al*., 2005) و روغن آن به‌دلیل وجود غلظت بالایی از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی به‌عنوان عامل محافظت‌کننده در برابر بعضی از سرطان‌ها گزارش شده است و همچنین ممکن است خطر بیماری‌های قلبی و عروقی را کاهش دهد (Miraliakbari & Shahidi, 2008; Yang *et al*., 2009).

آگاهی از ترکیبات شیمیایی مغز گردو برای ارزیابی کیفیت تغذیه‌ای و تجاری آن‌ها اهمیت دارد (Hassani *et al*., 2012). همچنین داده‌های به‌دست‌آمده می‌تواند راهنمایی برای گزینش ارقام مناسب برای تولید تجاری روغن و صادرات باشد (Dogan & Akgul, 2005). آمریکا سالانه حدود ۴۱۸ هزار تن گردو تولید می‌کند که حدود ۵۰درصد آن را صادر می‌کند

* نویسنده مسئول: krezaee@ut.ac.ir

1. Bioactive compounds

(Vanhanen & Savage, 2006). این در حالی است که سهم ایران در صادرات جهانی گردو، در حدود ۰/۰۷درصد است (FAO, 2011). از دلایل مهم توفیق‌نیافتن ایران در صادرات جهانی گردو، عدم یکنواختی محصول به‌دلیل دسترسی‌نداشتن به رقم و نامطلوب‌بودن کیفیت میوه و مغز آن است (Vahdati & Shahani, 2006). تحقیقات برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر گردو را عاطفی در سال ۱۹۸۴ آغاز کرد (Atefi, 1997) و با پژوهش‌های سایر محققان ادامه پیدا کرد (Arzani *et al*., 2008; Atefi, 1997; Ebrahimi *et al*., 2009; Rezaei *et al*., 2008; Hassani *et al*., 2012). همچنین تحقیقات صورت‌گرفته در دیگر نقاط جهان، تفاوت فراوانی در ترکیبات تغذیه‌ای و پروفایل اسیدهای چرب در ارقام گوناگون گردوی تولیدشده در پرتقال (Amaral, 2003)، آرژانتین (Martínez & Maestri, 2008)، و نیوزیلند (Savage, 2001) را نشان دادند، که ناشی از تفاوت در رقم، فصل برداشت، منطقهٔ جغرافیایی، شرایط محیطی (درجهٔ حرارت، بارندگی و نور)، ترکیبات خاک، درجهٔ رسیدگی روش‌های کشت‌وکار، فرایندکردن، و نگهداری است. تمام این فاکتورها تأثیر فراوانی در ترکیب دانه‌ها و میوه‌ها دارند و باید به خاطر بیاوریم که مصرف‌کننده همیشه نمی‌تواند گردو را براساس رقم انتخاب کند و اغلب مخلوط چندین رقم را می‌خرند. بنابراین به‌منظور بازارپسندی مغز گردو را براساس رنگ دسته‌بندی می‌کنند. طبق تحقیقات میدانی صورت‌گرفته از بازارهای محلی ایران، رنگ مغز گردو مهمترین فاکتور در تعیین قیمت آن است (Mohammadi-Ghermezgholi, 2011).

مغزهای گردو با رنگ‌های گوناگون ترکیبات مغذی متفاوتی دارند (Warmund *et al*., 2009). به‌دلیل کمبود اطلاعات در این زمینه، این پژوهش به‌منظور بررسی خصوصیات فیزیکی شیمیایی و محتوای مواد معدنی مغز گردوی سه ژنوتیپ محلی از یک رقم گردو که به سه رنگ زرد، کهربایی، و قهوه‌ای تقسیم‌بندی شده‌اند و بررسی خصوصیات فیزیکی شیمیایی و پایداری اکسیداتیو روغن استخراج‌شده از آن‌ها انجام شد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های گردو

در این مطالعه گردوها از تودهٔ درختان گردوی تویسرکان که در باغ کلکسیون استان همدان پرورش پیدا کرده بودند، انتخاب شدند. زمان برداشت براساس تغییر رنگ بافت بینابینی مغز و پوست چوبی به قهوه‌ای، تعیین شد. صفات گوناگون این ژنوتیپ‌ها در سال ۱۳۹۲ ارزیابی شد. نمونه‌گیری به‌طور تصادفی از کل میوه‌های برداشت‌شده از یک درخت انجام شد. پس از جداکردن پوستهٔ سبز، گردوها به‌مدت ۳۰ روز در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس به دور از نور آفتاب نگهداری و خشک شدند (Zeneli *et al*., 2005)، سپس پوست چوبی از مغز به‌صورت دستی جدا شد. جداسازی مغزهای گردو با توجه به روش پیشنهادی توصیفی[1] گردو با کمی تغییر که توسط مؤسسهٔ بین‌المللی منابع ژنتیک گیاهی (IPGRI)[2] ارائه شده است، دسته‌بندی شدند (Vazvaei *et al*., 2004). در این روش براساس رنگ، مغز گردو به سه ژنوتیپ محلی ۱ (Zh1)، ۲ (Zh_2)، و ۳ (Zh_3) که به ترتیب دارای رنگ‌های زرد، کهربایی، و قهوه‌ای بودند، تقسیم‌بندی شدند. نمونهٔ گردوی تقسیم‌بندی‌شده در این سه دسته در شکل ۱ آمده است (Vazvaei *et al*., 2004).

گردوهای پوست‌گیری‌شده در نایلون فریزر پیچیده و در فریزر در دمای ۴- درجهٔ سلسیوس نگهداری شدند (Gharibzahedi *et al*., 2014) و قبل از هر آزمون با آسیاب 643 MX (مولینکس[3]، اسپانیا) خرد و بلافاصله نمونه‌گیری برای انجام آزمایش‌های بعدی انجام شد. اندازه‌گیری وزن نمونه‌ها با ترازوی حساس با دقت ۰/۰۱ گرم (سارتوریوس[4]، آلمان) صورت پذیرفت. مواد شیمیایی و حلال‌های لازم در بالاترین درجهٔ خلوص از شرکت مرک[5] آلمان تهیه شد.

ترکیبات شیمیایی

مادهٔ خشک مغزهای گردو با خشک‌کردن نمونه‌ها تا رسیدن به وزن ثابت در دمای ۷۰ درجهٔ سلسیوس اندازه‌گیری شد (AOAC, 1990). به‌منظور تعیین میزان خاکستر کل، نمونه‌ها به مدت ۱۲ ساعت در کورهٔ آزمایشگاهی در دمای ۵۵۰ درجهٔ سلسیوس گذاشته شدند و پس از سردشدن در دمای محیط میزان خاکستر حاصل محاسبه شد. اندازه‌گیری پروتئین به روش کجلدال[6]، انجام شد و با ضرب مقدار ازت حاصل‌شده در عدد ۶/۲۵ میزان پروتئین خام محاسبه شد (AOAC, 1990).

روغن خام با استفاده از سوکسله[7] تعیین شد. براساس این روش پودر گردو در دمای ۴۵ درجهٔ سلسیوس با حلال در اتیل‌اتر خشک روغن‌گیری شد و حلال موجود در روغن استخراج‌شده با استفاده از آون تحت خلأ (هایدولف، آلمان) در دمای ۴۵ درجهٔ سلسیوس به‌مدت ۱۵ دقیقه، جداسازی شد و میزان روغن آن با ترازوی دیجیتال انجام گرفت و درپایان میزان روغن به‌صورت درصد روغن در ۱۰۰ گرم مغز گردو گزارش شد (AOAC, 1990).

1. Descriptor
2. International Plant Genetic Resources Institute
3. Moulinex
4. Sartorius
5. Merck
6. Kjeldahl
7. Soxhlet

شکل ۱. چند نمونهٔ گردوی تقسیم‌بندی‌شده در سه دستهٔ زرد، کهربایی، و قهوه‌ای

اندازه‌گیری میزان کربوهیدرات و مقدار انرژی

میزان کربوهیدرات موجود در مغزهای نمونه، با توجه به ترکیبات دیگر و بر طبق رابطهٔ ۱ به‌دست آمد:

(رابطهٔ ۱)

(درصد رطوبت +درصد پروتئین +درصد چربی+درصد خاکستر)- ۱۰۰=میزان کربوهیدرات

همچنین میزان انرژی ورودی برای جذب در بدن برحسب کیلوژول با استفاده از رابطهٔ ۲ به‌دست آمد: (Pereira *et al.*, 1998).

(رابطهٔ ۲)

((گرم) چربی) ۹× + ((گرم) کربوهیدرات+ (گرم) پروتئین) ۴× = انرژی

کل فیبر رژیم غذایی، براساس روش به‌کارگرفتهٔ Savage (2001) تعیین شد. بدین منظور، نمونه‌های گردو ابتدا هیدرولیز اسیدی و هیدرولیز قلیایی شدند و پس از صاف‌کردن، مواد باقیمانده خشک و سپس سوزانده شدند.

اندازه‌گیری عناصر معدنی

قبل از تزریق عصاره‌های حاوی عناصر معدنی به دستگاه جذب اتمی، عمل هضم نمونه‌ها در مخلوط اسیدهای نیتریک و پرکلرید انجام شد. پس از عمل هضم، محتویات باقیماندهٔ موجود در ارلن‌ها به یک بالن حجمی ۱۰۰میلی‌لیتری منتقل شد و با آب دیونیزه به حجم نهایی ۱۰۰ سی‌سی رسانده شد. با دستگاه جذب اتمی (پرکین المر[1] ۳۸۰، آمریکا) غلظت عناصر پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی، مس، و سدیم محاسبه شد (Kabas *et al.*, 2007). فسفر با اسپکتروفتومتر مرئی (پرکین المر مدل لامبدا ۲۵[2]، آمریکا) در طول موج ۴۳۰ نانومتر و مقایسه با نتایج منحنی استاندارد محاسبه شد (Kabas *et al.*, 2007).

استخراج روغن

۱۰۰ گرم از هر نمونه همراه ۵۰۰ سی‌سی حلال هگزان در تاریکی به‌مدت ۸ ساعت کاملاً به‌هم زده سپس با قیف بوخنر و با کاغذ واتمن شمارهٔ ۴۱ صاف شد؛ قسمت عبورکرده در سانتریفیوژ g ۵۰۰۰ قرار گرفت و فاز بالایی جدا شد. این کار با ۳ بار تکرار انجام شد. سپس نمونه‌های صاف‌شده در دستگاه روتاری در دمای ۴۰ درجهٔ سلسیوس، حلال‌زدایی و درپایان، باقیماندهٔ حلال نیز با عبور جریان ملایم نیتروژن از روی نمونه، به‌طور کامل جداسازی شد. نمونه‌ها برای انجام متیلاسیون درون فریزر ۲۰- درجهٔ سلسیوس نگهداری شدند (AOAC، 1990).

متیلاسیون اسید چرب

به‌منظور تهیهٔ متیل‌استر اسیدهای چرب، ۵ قطره از نمونهٔ روغن که در دمای ۳۰ درجهٔ سلسیوس کاملاً ذوب و یکنواخت شده بود، به‌وسیلهٔ پیپت پاستور به داخل لولهٔ آزمایش ریخته شد و به آن ۲ سی‌سی پتاس متانولی ۲ مولار، اضافه شد و سپس به‌مدت ۱۵ دقیقه در بن ماری ۵۵-۵۰ درجهٔ سلسیوس قرار گرفت. متیل‌استرهای اسید چرب با اضافه‌کردن ۲ سی‌سی هگزان استحصال و در درون ویال جمع‌آوری و تا زمان تزریق به دستگاه کروماتوگرافی در فریزر ۱۸- درجهٔ سلسیوس نگهداری شد.

تعیین پروفایل اسید چرب

از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC)[3] (پرکین المر کراروس[4] ۵۰۰، آمریکا)، مجهز به آشکارساز FID[5] و ستون کاپیلاری (CPSill-88، وارین[6]، آمریکا، طول ۱۰۰ متر و قطر ۰/۲۲ میلی‌متر و قطر خارجی ۰/۳۳ میلی‌متر) استفاده شد. برنامهٔ

1. Clarus
2. Perkin Elmer, Lambda 25
3. Gas Chromatography
4. Clarus
5. Flame Ionization Detector
6. Varian

دمای استفاده‌شده برای جداسازی اجزای اسیدهای چرب به این ترتیب استفاده شد: دمای تزریق ۲۵۰ درجهٔ سلسیوس، دمای آشکارساز ۲۵۰ درجهٔ سلسیوس. برای ستون از برنامهٔ دمایی به این شرح استفاده شد: ۵ دقیقه در دمای ۹۰ درجهٔ سلسیوس، افزایش دمای ستون با سرعت ۲ درجه در هر دقیقه به دمای ۲۳۰ درجهٔ سلسیوس (۸۵/۰ دقیقه). درپایان ازطریق مقایسهٔ پیک‌های نمونه با پیک مخلوط استاندارد اسید چرب پروفاییل اسیدهای چرب موجود در نمونهٔ آنالیزشده، شناسایی شدند.

خصوصیات فیزیکی شیمیایی روغن گردو

اندیس اسیدی و مواد غیرقابل صابونی نمونه‌های روغن استخراج‌شده براساس استاندارد AOCS تعیین شد (AOCS, 1998). اندیس پراکسید[1] براساس استاندارد AOCS Cd 8-53 اندازه‌گیری شد (AOSC, 1998).

عدد یدی نیز با توجه به میزان اسیدهای چرب روغن گردو و طبق رابطهٔ ۳ به‌دست آمد (Maestri, 2008 & Martínez).

(رابطهٔ ۳)

عدد یدی = (۱/۸۱۴×اسیدلینولئیک‌درصد)+ (۰/۸۹۹×اسیداولئیک‌درصد)+ (۲/۷۳۷×اسیدلینولنیک‌درصد)

پایداری حرارتی نمونه‌های روغن با دستگاه رنسیمنت (متروهم[2]، ۷۴۳) ارزیابی شد. برای این منظور ۲/۵ گرم نمونه درون هر سل (محفظه) دستگاه قرار گرفت و دمای محفظه به ۱۳۰ درجهٔ سیلسیوس و برای دفعات بعدی به ۱۱۰ و ۹۰ درجهٔ سلسیوس رسانده شد. جریانی از هوا با سرعت ۲۰ لیتر در ساعت از نمونه‌ها عبور داده شد. با توجه به نمودار اکسایشی نمونه‌ها در این شرایط، پایداری اکسایشی نمونه‌ها به‌صورت مدت زمان فاز القا برحسب ساعت بیان شد (Martínez *et al.*, 2008).

رنگ روغن‌ها با دستگاه لاویباند[3] (Model F, Greenwich, England) تعیین شد و ضریب شکست[4] نمونه‌های روغن براساس روش AOAC (1990) با رفرکتومتر آبه[5] (کارل زیس[6]جی، آلمان) اندازه‌گیری شد.

طرح آماری

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام گرفت. میانگین‌ها با نرم‌افزار SAS و براساس آزمون دانکن با سطح احتمال ۵درصد مقایسه شدند. نمودارها با نرم‌افزار Excel ترسیم شدند.

نتایج و بحث

مغز گردو به روش چشمی و براساس رنگ به سه ژنوتیپ محلی گوناگون Zh_1، Zh_2، و Zh_3 که به ترتیب دارای رنگ‌های زرد، کهربایی، و قهوه‌ای بودند، تقسیم‌بندی شدند (شکل ۲).

میانگین (±خطای استاندارد) خصوصیات فیزیکوشیمیایی و محتوای مواد معدنی سه ژنوتیپ محلی مغز گردو شامل: Zh_1، Zh_2، و Zh_3 که به ترتیب دارای رنگ‌های زرد، کهربایی، و قهوه‌ای هستند در جدول ۱ نشان داده شده است. از میان خصوصیات فیزیکی شیمیایی گوناگون مغز گردو با رنگ‌های متفاوت درصد چربی خام، کربوهیدرات کل، خاکستر، و مقدار انرژی تفاوت معنی‌داری را نشان دادند ($P<0/05$). میانگین چربی خام ۶۳/۶۶درصد بود. بیشترین مقدار در ژنوتیپ Zh_3 (قهوه‌ای) و کمترین آن در ژنوتیپ Zh_1 (زرد) به ترتیب ۶۸/۲۹درصد و ۵۷/۲۶درصد مشاهده شد. ژنوتیپ Zh_1 (زرد) بالاترین مقدار (۲۳/۱۰درصد) کربوهیدرات کل را در مقایسه با ژنوتیپ‌های Zh_2 (کهربایی)، و Zh_3 (قهوه‌ای) دارد (جدول ۱). مقادیر انرژی مغز گردوهای رنگ زرد، کهربایی، و قهوه‌ای به ترتیب ۶۶۸/۰۵، ۷۰۹/۸۵، و ۷۲۵/۲۷ کیلوکالری در ۱۰۰ گرم مشاهده شد. همچنین تفاوت معنی‌داری بین مقدار پروتئین و فیبر خام کل در نمونه‌های مغز گردو با رنگ‌های گوناگون مشاهده نشد و بیشترین مقدار پروتئین (۱۶/۳۵درصد) و فیبر خام کل (۲درصد) به ترتیب در ژنوتیپ Zh_3 (قهوه‌ای) و Zh_1 (زرد) مشاهده شد. میانگین رطوبت ۲/۱۲درصد بود. کمترین (۱/۹۶) و بیشترین (۲/۳۶)درصد رطوبت به ترتیب در ژنوتیپ‌های Zh_3 (قهوه‌ای) و Zh_1 (زرد) مشاهده شد.

درصد روغن گزارش‌شده در آرژانتین برای ارقام 'سر'، 'چندلر'، و 'لارا' به ترتیب ۷۲/۸، ۷۲/۵، و ۷۲/۲درصد گزارش شده است که بالاتر از نتایج این مطالعه بود (Martínez & Maestri, 2008). همچنین در ترکیه برای رقم 'Şebin' میزان روغن ۶۹/۳درصد گزارش شده است (Yerlikaya *et al.*, 2012). در بررسی ارقام برتر گردو شامل ارقام ' هارتلی '، ' پدرو '، Z_{60}، Z_{30}، ' جمال '، و ' سر' بیشترین مقدار روغن با ۷۱/۲درصد برای رقم 'سر' گزارش شد بود (Golzari *et al.*, 2013). بیشینهٔ درصد پروتئین مغز گردو برای رقم پدرو ۱۹درصد گزارش شده است و سایر ارقام بررسی‌شده شامل 'هارتلی'، 'پدرو'، Z_{60}، Z_{30}. و 'جمال' به ترتیب پروتئین کمتری داشته‌اند (Golzari *et al.*, 2013).

همچنین میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که سه ژنوتیپ گوناگون مغز گردو Zh_1، Zh_2، و Zh_3 حاوی بسیاری از مواد معدنی ضروری رژیم غذایی مانند سدیم (۴۴۳ mg/100 g)،

1. Peroxide value
2. Metrohm
3. Lovibond tintometer
4. Refractive index
5. Abbe
6. Model G manufactured by Carl-Zeiss

کلسیم (۶۷ mg/100)، منیزیم (۱۷۵ mg/100 g)، آهن (۲/۶۳ mg/100 g)، منگنز (۲/۵۱ mg/100 g)، روی (۲/۵۵ mg/100 g)، مس (۰/۶۲ mg/100 g)، سدیم (۰/۸۲ mg/100 g)، و فسفر (۴۴۳ mg/100 g) است. تفاوت معنی‌داری بین مواد معدنی در سه ژنوتیپ گوناگون مغز گردو رنگی به‌جز منیزیم مشاهده شد (P<0/05). مواد مغذی گوناگون مانند: سدیم، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی، مس، سدیم، و فسفر اهمیت زیادی از نظر بیوشیمیایی برای فیزیولوژی دانه دارند. افزون بر آن، آن‌ها قسمت ضروری از آنزیم‌هایی هستند که نقش مهمی در کاتالیزورها و آنتی‌اکسیدان‌ها دارند. برای مثال، آهن، و مس در تشکیل خون ضروری هستند و مس در متابولیسم کربوهیدرات و چربی نقش دارند (Lavedrine *et al*., 2000). به‌جز منیزیم نتایج این پژوهش مشابه نتایج به‌دست‌آمده برای ژنوتیپ‌های گوناگون گردو در ترکیه (Çağlarırmak, 2003) و واریته‌های گوناگون گردو در فرانسه و کالیفرنیا بود (Lavedrine *et al*., 2000).

شکل ۲. دسته‌بندی مغز گردو براساس رنگ در سه ژنوتیپ Zh_1 (زرد)، Zh_2 (کهربایی)، و Zh_3 (قهوه‌ای)

جدول ۱. خصوصیات فیزیکوشیمیایی و محتوای مواد معدنی سه ژنوتیپ محلی مغز گردو با رنگ‌های گوناگون

خصوصیات فیزیکی شیمیایی	Zh_1 (زرد)	Zh_2 (کهربایی)	Zh_3 (قهوه‌ای)
مادهٔ خشک‌درصد	۹۷/۶۴ ± ۰/۲۳^{a}	۹۷/۹۷ ± ۰/۱۴^{a}	۹۸/۰۴ ±۰/۳۱^{a}
خاکستردرصد	۲/۲۱± ۰/۰۹^{b}	۲/۵۹± ۰/۲۷^{a}	۲/۰۸±۰/۲۸^{b}
پروتئین خام‌درصد (N × ۶/۲۵)	۱۵/۰۷± ۰/۸۰^{a}	۱۵/۹۲±۰/۵۷^{a}	۱۶/۳۵±۰/۴۷^{a}
کربوهیدرات کل درصد	۲۳/۱۰± ۴/۰۰^{a}	۱۴/۴۰± ۱/۹۴^{b}	۱۱/۳۲±۲/۲۰^{b}
فیبر خام‌درصد	۲/۰۰± ۰/۱۹^{a}	۱/۸۴±۰/۱۳^{a}	۱/۷۷±۰/۵۰^{a}
چربی خام‌درصد	۵۷/۲۶± ۴/۴۷^{b}	۶۵/۴۲± ۲/۸۰^{a}	۶۸/۲۹± ۲/۷۴^{a}
مقدار انرژی، kcal/100 g	۶۶۸/۰۵± ۲۳/۳۳^{b}	۷۰۹/۸۵± ۱۵/۳۵^{b}	۷۲۵/۲۷± ۱۴/۵۳^{a}
محتوای مواد معدنی، mg/100 g			
پتاسیم (K)	۴۱۹/۷۲± ۵/۶۰^{c}	۴۶۳/۸۰± ۲/۶۲^{a}	۴۴۵/۸۵± ۱/۹۴^{c}
کلسیم (Ca)	۸۱/۳۰± ۴/۰۹^{a}	۵۹/۳۸± ۱/۷۸^{b}	۵۹/۷۰± ۷/۷۲^{b}
منیزیم (Mg)	۱۵۳/۵۰±۳/۷۸^{a}	۱۸۶/۷۰± ۳/۱۵^{a}	۱۸۵/۳۰± ۳/۵۳^{a}
آهن (Fe)	۲/۶۱± ۰/۱۰^{b}	۲/۳۸± ۰/۱۱^{c}	۲/۹۰± ۰/۰۶^{a}
منگنز (Mn)	۲/۳۰± ۰/۰۷^{c}	۲/۴۸± ۰/۰۳^{b}	۲/۷۶± ۰/۱۲^{a}
روی (Zn)	۱/۶۲±۰/۱۵^{c}	۲/۸۱±۰/۰۴^{b}	۳/۲۳±۰/۱۹^{a}
مس (Cu)	۰/۸۶± ۰/۰۶^{a}	۰/۵۵±۰/۰۴^{b}	۰/۴۴± ۰/۰۳^{c}
سدیم (Na)	۰/۷۶± ۰/۰۲^{c}	۰/۸۷± ۰/۰۱^{a}	۰/۸۲± ۰/۰۲^{b}
فسفر (P)	۲۷۴/۰۶± ۲/۴۸^{c}	۲۸۸/۶۰± ۱/۹۱^{b}	۲۹۵/۲۰± ۲/۳۸^{a}

میانگین (±خطای استاندارد) هر ردیف که دارای حروف مشترک هستند در سطح احتمال ۵درصد اختلاف معنی‌دار ندارند، خطای استاندارد برای ۶ تکرار

Zh_1: ژنوتیپ محلی ۱، Zh_2: ژنوتیپ محلی ۲، و Zh_3: ژنوتیپ محلی ۳

میانگین (±خطای استاندارد) بعضی از خصوصیات فیزیکی شیمیایی و اسیدهای چرب روغن استخراج‌شده از سه ژنوتیپ محلی مغز گردو با رنگ‌های گوناگون در جدول ۲ نشان داده شده است. روغن استخراج‌شده از مغز گردوهای با رنگ زرد در مقایسه با رنگ‌های کهربایی و قهوه‌ای زردتر بود (نتایج به‌دست‌آمده از رنگ‌سنج لاویباند). اندیس رنگ زرد به‌دست‌آمده

از مغز گردوهای زرد، کهربایی، و قهوه‌ای به ترتیب ۱۰/۰۰، ۴/۵۰، و ۲/۵۰ بود. در حالی‌که اندیس رنگ قرمز به ترتیب ۲/۱۰، ۰/۳۵، و ۱/۱۵ سطح به‌دست آمد. رنگ‌دانه از صفات مهم در بازارپسندی است، به‌طوری که مردم ایران بیشتر رنگ مغز روشن و مردم آمریکا رنگ مغز کهربایی را دوست دارند (Ebrahimi *et al*, 2009). بیشتر درختان گردو ایران ازطریق بذر تکثیر شده‌اند که به‌علت ماهیت هتروزیگوتی گردو تنوع بسیار گسترده‌ای در بین ژنوتیپ‌های آن حاصل شده است و در خصوصیات مهم باغبانی آن مانند رنگ مغز تنوع ایجاد شده است (Ebrahimi *et al*, 2009). تحقیقات انجام‌شده برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر گردو در ایران نشان داده است که مغز گردوهای با رنگ نسبتاً تیره در فاصلهٔ زمانی نسبتاً دیر ۱۰ تا ۱۲ فروردین باز می‌شوند و دیررس (زمان برداشت اواخر شهریور) هستند (Ebrahimi *et al*, 2009).

تفاوت‌های معنی‌داری در ضریب شکست، اسیدیته، و عدد یدی بین روغن استخراج‌شده از مغز گردو با رنگ‌های گوناگون مشاهده شد ($P<0/05$). روغن استخراج‌شده از مغز گردو با رنگ‌های قهوه‌ای و زرد به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار ضریب شکست (۱/۵۴۳ و ۱/۵۴۱)، اسیدیته (۰/۹۳ و ۰/۸۲ برحسب اسیداولئیک)، و عدد یدی (۱۴۳/۹۲ و ۱۴۱/۷۶) بودند. مقدار اسیدیتهٔ به‌دست‌آمده در این پژوهش بالاتر از مقدار گزارش‌شده (میانگین ۰/۰۹درصد) در پژوهش‌های پیشین برای روغن گردوی ایرانی بود (Gharibzahedi *et al*., 2013). تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های روغن در اندیس پراکسید و صابونی‌کردن در سطح اطمینان ۹۵درصد مشاهده نشد (جدول ۲). میانگین اندیس پراکسید (۰/۱۴ meq O2/kg) به‌دست‌آمده برای نمونه‌های روغن در این پژوهش مطابق گزارش به‌دست‌آمده از ژنوتیپ‌های گوناگون گردو در آرژانتین (Martínez & Maestri, 2008) بود. عدد صابونی روغن استخراج‌شده از مغز گردو با رنگ‌های گوناگون شامل: زرد، کهربایی، و قهوه‌ای به ترتیب ۱۹۲/۵۷، ۱۹۳/۵۳، و ۱۹۲/۸۷ مشاهده شد (جدول ۲). مقادیر کمتری (۱۶۶/۳۳) از نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش برای روغن گردوی ایرانی گزارش شده است (Gharibzahedi *et al*., 2013).

میانگین و خطای استاندارد اسیدهای چرب روغن استخراج‌شده از سه ژنوتیپ گوناگون مغز گردو شامل: Zh_1 (زرد)، Zh_2 (کهربایی)، و Zh_3 (قهوه‌ای) در جدول ۲ نشان داده شده است. میانگین اسیدهای چرب غالب پیداشده در روغن‌های مغز گردو، لینولئیک (۵۲/۱۹درصد)، اولئیک (۲۳/۷۷درصد)، و لینولنیک‌اسید (۱۱/۴۵درصد) بودند. پس از آن‌ها پالمیتیک‌اسید با میانگین ۶/۸۶درصد و استئاریک‌اسید ۳/۳۸درصد قرار گرفتند. دیگر اسیدهای چرب شناسایی‌شده در نمونه‌های روغن در مقادیر کمتر شامل C18:1 ۱۱، C20:1، C16:1، C20:0، C20:2 به ترتیب با میانگین ۱/۰۱، ۰/۱۴، ۰/۰۳، ۰/۰۲، و ۰/۰۰۲درصد بود (جدول ۲). آنالیز آماری تفاوت معنی‌داری را بین سه ژنوتیپ گوناگون روغن گردو برای اسیدهای چرب C16:0 ، C18:0 ، C18:1، C18:2، C18:3، C20:1، و C20:2 نشان داد ($P<0/05$). در حالی‌که مقادیر اسیدهای چرب C18:1، C14:0، و C20:0 تفاوت معنی‌دار نداشتند ($P<0/05$). کمترین مقدار لینولئیک‌اسید (امگا-۶) در ژنوتیپ Zh_3 (قهوه‌ای) با ۵۲/۲۲درصد و بیشترین آن در ژنوتیپ Zh_2 (کهربایی) با ۵۳/۱۰درصد و در پی آن در Zh_1 (زرد) ۵۲/۲۵درصد بود. در مورد اولئیک‌اسید (امگا-۹) کمترین مقدار در ژنوتیپ Zh_2 (کهربایی) ۲۳/۳۲درصد و بیشترین آن در ژنوتیپ Zh_1 (زرد) ۲۴/۱۶درصد مشاهده شد. در زمینهٔ لینولنیک‌اسید (امگا-۳) میزان تغییرات ۱۱/۲۲ تا ۱۱/۵۸درصد به ترتیب برای ژنوتیپ Zh_2 (کهربایی) و Zh_3 (قهوه‌ای) مشاهده شد. کمترین میزان پالمتیک‌اسید در ژنوتیپ Zh_2 (کهربایی) با ۰/۰۳۰درصد و بیشترین مقدار در ژنوتیپ Zh_3 (قهوه‌ای) با ۰/۰۲۹درصد مشاهده شد. همچنین کمترین مقدار استئاریک‌اسید در ژنوتیپ Zh_3 (قهوه‌ای) ۳/۱۹درصد و بیشترین مقدار در ژنوتیپ Zh_1 (زرد) ۳/۵۳درصد مشاهده شد. نتایج نشان داد که اسید چرب غالب در روغن گردو لینولئیک‌اسید و پس از آن اولئیک، لینولنیک، پالمتیک، و استئاریک‌اسید است و با نتایج به‌دست‌آمده در بررسی ترکیب اسیدهای چرب برخی از ژنوتیپ‌های انتخابی گردو استان مرکزی مطابقت داشت (Ghasemi, 2010). در حالی‌که، نتایج تحقیق به‌دست‌آمده برای ارقام گردو شامل: 'هارتلی'، 'پدرو'، Z_{60}، Z_{30}، و Z_{63} در پژوهش‌های پیشین نشان دادند که لینولئیک‌اسید، اسید چرب غالب و پس از آن لینولنیک، اولئیک، پالمتیک، و استئاریک‌اسید است که با نتایج این پژوهش تفاوت داشت (Golzari, 2013). همچنین نتایج این پژوهش به‌طور عمده با نتایج به‌دست‌آمده در دیگر نقاط جهان مطابقت داشت (Amaral *et al*., 2003; Martínez & Maestri, 2008; Savage, 2001; Yerlikaya *et al*., 2012). با این حال، مقدار اسیداولئیک (تقریبا ۲۳درصد) به‌دست‌آمده در این پژوهش بالاتر از مقدار گزارش‌شده در پژوهش‌های قبلی بود. برای مثال، در بررسی واریته‌های گوناگون گردو در پرتقال مقدار اسیداولئیک بین ۱۴/۲۶ تا ۱۸/۰۹درصد گزارش شد (Amaral *et al*., 2003) و مقدار میانگین اولئیک‌اسید در بررسی ۱۳ واریتهٔ گوناگون گردو در نیوزیلند، اروپا، و امریکا کمتر از نتایج این پژوهش به‌دست آمد (Savage, 2001).

همچنین، مقایسهٔ نسبت‌های گوناگون از اسیدهای چرب که از نظر تغذیه‌ای بسیار مهم هستند در جدول ۲ نشان داده شده است. UFA (اسیدهای چرب غیراشباع) بیش از ۹۰درصد کل اسیدهای چرب روغن گردو را تشکیل داده است. اسیدهای چرب غیراشباع بین ۸۹/۳۰ تا ۸۸/۹۰درصد کل اسیدهای چرب را شامل بود که به ترتیب مربوط به ژنوتیپ محلی Zh_1 (زرد) و Zh_2 (کهربایی) بود، در حالی‌که اسیدهای چرب اشباع تقریباً ۱۰درصد از کل اسیدهای چرب تشکیل دادند. بالاترین درصد PUFA (اسیدهای چرب چند غیراشباع) از کل اسیدهای چرب در ژنوتیپ Zh_3 (کهربایی) (۶۴/۳۵درصد) مشاهده شد. نتایج به‌دست‌آمده مشابه با نتایج گزارش‌شده برای ۱۳ واریتهٔ گوناگون روغن گردو در نیوزیلند، اروپا، و آمریکا بود (Savage, 2001). بیشترین نسبت UFA/SFA و PUFA/SFA به ترتیب ۸/۹۹ و ۶/۴۵ در ژنوتیپ محلی Zh_3 (قهوه‌ای) مشاهده شد، به‌دنبال آن ژنوتیپ محلی Zh_2 (کهربایی) به ترتیب ۸/۵۲ و ۶/۱۷ داشت و کمترین نسبت را ژنوتیپ محلی Zh_1 (رزد) به ترتیب ۸/۴۸ و ۶/۱۷ داشت.

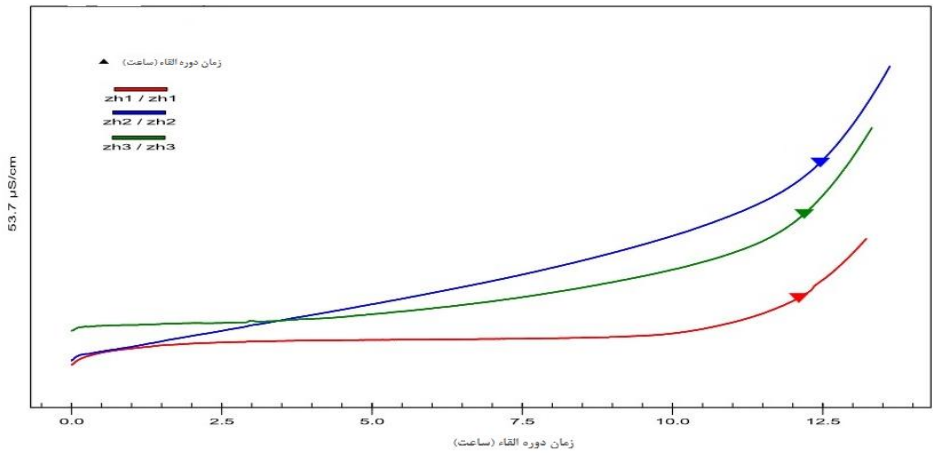
جدول ۲. بعضی از خصوصیات فیزیکی شیمیایی و ترکیب اسیدهای چرب روغن استخراج‌شده از سه ژنوتیپ محلی مغز گردو با رنگ‌های گوناگون

خصوصیات فیزیکی	Zh_1 (زرد)	Zh_2 (کهربایی)	Zh_3 (قهوه‌ای)
ضریب شکست	۱/۵۴۱±۰/۰۰۰^{c}	۱/۵۴۲± ۰/۰۰۰^{b}	۱/۵۴۳± ۰/۰۰۰^{a}
رنگ (زرد)	۱۰/۰۰±۲/۸۳^{ab}	۴/۵۰±۲/۱۲^{bc}	۲/۵۰±۰/۷۰^{c}
رنگ (قرمز)	۲/۱۰± ۰/۱۴^{a}	۰/۳۵±۰/۲۱^{a}	۱/۱۵±۰/۰۷^{a}
خصوصیات شیمیایی			
اسیدیته (برحسب اسیداولئیک‌درصد)	۰/۸۲± ۰/۰۲^{b}	۰/۸۷± ۰/۰۲^{ab}	۰/۹۳±۰/۰۷^{a}
اندیس پراکسید (meq O2/kg)	۰/۰۶±۰/۰۰^{a}	۰/۰۸± ۰/۰۰^{a}	۰/۰۷± ۰/۰۰^{a}
عدد یدی	۱۴۱/۷۶± ۰/۱۶^{b}	۱۴۱/۵۵± ۰/۳۶^{b}	۱۴۳/۹۲±۰/۵۵^{a}
عدد صابونی	۱۹۲/۵۷± ۰/۱۱^{a}	۱۹۳/۵۳± ۰/۵۵^{a}	۱۹۲/۸۷±۰/۷۲^{a}
پایداری اکسایش (برحسب ساعت در دمای ۱۳۰ درجهٔ سیلسیوس)	۰/۷۴± ۰/۰۵^{a}	۰/۷۴± ۰/۰۲ ^{a}	۰/۷۶± ۰/۰۴^{b}
ترکیب اسیدهای چرب‌درصد			
C۱۴:۰	۰/۰۲۷±۰/۰۰۲^{a}	۰/۰۳۰±۰/۰۰۲^{a}	۰/۰۲۹±۰/۰۰۱^{a}
C۱۶:۰	۶/۹۵±۰/۰۶^{a}	۶/۹۸± ۰/۰۵^{a}	۶/۶۶±۰/۰۲^{b}
C۱۶:۱	۰/۱۵±۰/۰۱^{a}	۰/۰۸±۰/۰۱^{b}	۰/۰۹±۰/۰۱^{b}
C۱۸:۰	۳/۵۳±۰/۰۱^{a}	۳/۴۱±۰/۰۴^{b}	۳/۱۹±۰/۰۵^{c}
C۱۸:۱ ω_9	۲۴/۱۶±۰/۰۱^{a}	۲۳/۳۲±۰/۲۴^{c}	۲۳/۸۳±۰/۱۱^{b}
C۱۸:۱ ۱۱	۱/۰۴±۰/۰۲^{a}	۱/۰۳±۰/۰۵^{a}	۰/۹۶±۰/۰۶^{a}
C۱۸:۲ ω_6	۵۲/۲۵±۰/۰۲^{b}	۵۳/۱۰±۰/۰۵^{a}	۵۲/۲۲±۰/۰۲^{b}
C۱۸:۳ ω_3	۱۱/۵۶±۰/۰۵^{b}	۱۱/۲۲±۰/۰۹^{b}	۱۱/۵۸±۰/۱۰^{a}
C۲۰:۱	۰/۱۲±۰/۰۲^{b}	۰/۱۲±۰/۰۳^{b}	۰/۱۹±۰/۰۱^{a}
C۲۰:۰	۰/۰۲±۰/۰۰۲^{a}	۰/۰۲±۰/۰۰۱^{a}	۰/۰۲±۰/۰۰۲^{a}
C۲۰:۲	۰/۰۲±۰/۰۰۲^{c}	۰/۰۳±۰/۰۰۳^{b}	۰/۰۴±۰/۰۰۱^{a}
SFA[1]	۱۰/۵۲±۰/۱۷^{a}	۱۰/۴۴±۰/۰۹^{a}	۹/۹۰±۰/۰۴^{b}
UFA[2]	۸۹/۳۰±۰/۱۱^{b}	۸۸/۹۰±۰/۰۹^{b}	۸۸/۹۱±۰/۰۵^{a}
PUFA[3]	۶۳/۸۳±۰/۰۵^{c}	۶۴/۳۵±۰/۰۵^{b}	۶۳/۸۴±۰/۰۸^{b}
PUFA/SFA	۶/۰۷±۰/۱۰^{a}	۶/۱۷±۰/۰۶^{a}	۶/۴۵±۰/۰۴^{b}
UFA/SFA	۸/۴۸±۰/۱۳^{a}	۸/۵۲±۰/۱۴^{a}	۸/۹۹±۰/۰۴^{b}

میانگین (±خطای استاندارد) هر ردیف که دارای حروف مشترک هستند در سطح احتمال ۵درصد در بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌دار ندارند، خطای استاندارد (n=۶)SFA (اسیدهای چرب اشباع)؛ UFA (اسیدهای چرب غیر اشباع)؛ PUFA (اسیدهای چرب چند غیراشباع)، Zh_1: ژنوتیپ محلی ۱، Zh_2: ژنوتیپ محلی ۲، و Zh_3: ژنوتیپ محلی ۳

1. saturated fatty acids
2. Unsaturated fatty acids
3. Polyunsaturated fatty acids

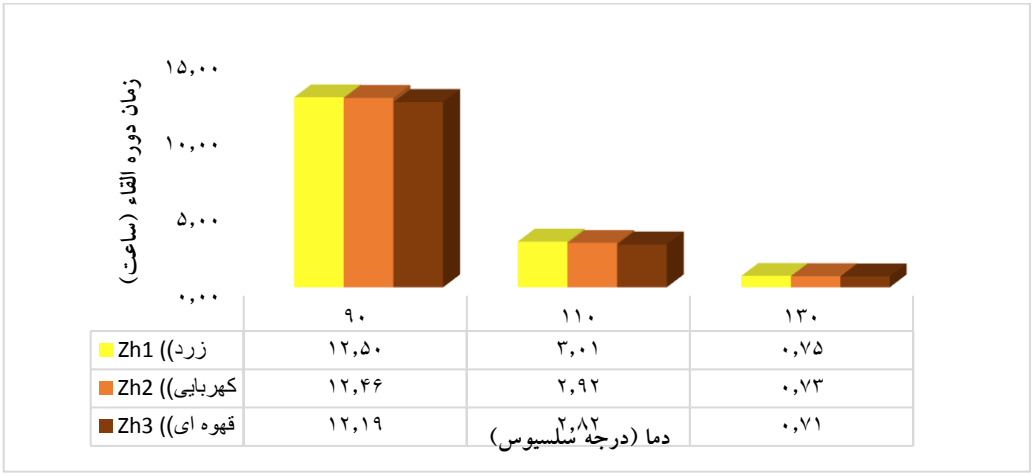
روش رنسیمت معمولاً برای تعیین پایداری روغن‌ها به اکسیداسیون استفاده می‌شود. شکل ۳ نمودار به‌دست‌آمده برای روغن‌های گردوی Zh_1 (زرد)، Zh_2 (کهربایی)، و Zh_3 (قهوه‌ای) با دستگاه رنسیمت را نشان می‌دهد. زمان القایی یا زمان مقاومت به اکسیدشدن روغن، مدت زمان بین لحظهٔ رسیدن نمونه به دمای مورد نظر و لحظه‌ای است که تولید محصولات ثانویهٔ حاصل از اکسیدشدن روغن به‌سرعت افزایش می‌یابد و برحسب ساعت گزارش می‌شود (Gunstone *et al.*, 2012). همچنین برای تعیین دقیق نقطه‌ای که نمودار در آن به‌سرعت تغییر جهت می‌دهد (زمان دورهٔ القای اکسیداتیو)، از منحنی به‌دست‌آمده برای روغن‌های گردوی Zh_1 (زرد)، Zh_2 (کهربایی)، و Zh_3 (قهوه‌ای) با دستگاه رنسیمت مشتق دوم گرفته شده است.



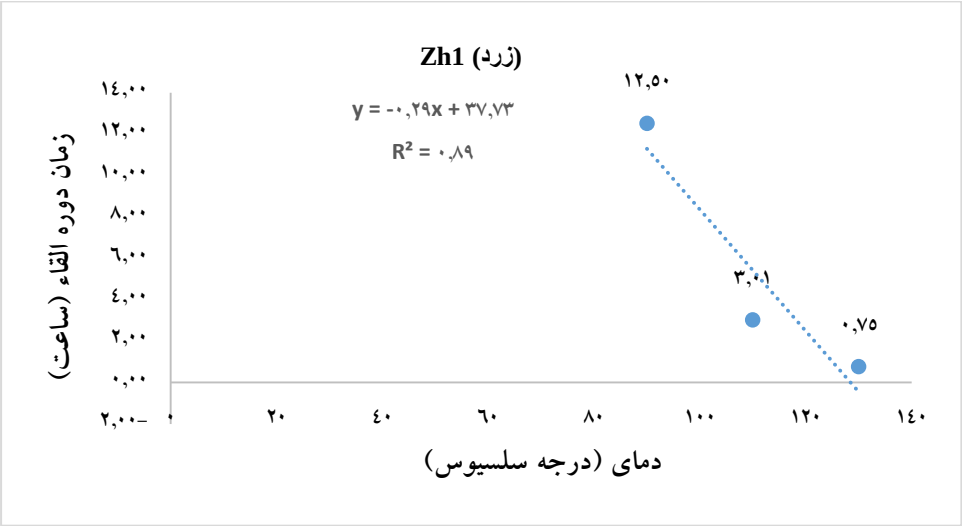
شکل ۳. نمودار به‌دست‌آمده از دستگاه رنسیمت در دمای ۹۰ درجهٔ سلسیوس برای تعیین زمان دورهٔ القا (ساعت) روغن استخراج‌شده از مغز گردوهای Zh_1 (زرد)، Zh_2 (کهربایی)، و Zh_3 (قهوه‌ای)

نتایج آزمون رنسیمت برای تعیین پایداری اکسیداتیو سه ژنوتیپ مغز گردو شامل: گوناگون Zh_1 (زرد)، Zh_2 (کهربایی)، و Zh_3 (قهوه‌ای) در جدول ۵ نشان داده شده است. بیشترین میزان پایداری در سه دمای ۱۳۰، ۱۱۰، و ۹۰ درجهٔ سلسیوس مربوط به ژنوتیپ Zh_1 (زرد) با زمان القای به ترتیب ۰/۷۵، ۳/۰۱، و ۱۲/۵۰ ساعت بود. کمترین مقدار پایداری را با اختلاف کمی با ژنوتیپ Zh2 (کهربایی) برای ژنوتیپ Zh_3 (قهوه‌ای) مشاهده شد. با افزایش دما از میزان پایداری اکسیداتیو روغن کاسته شد به‌طوری که در دمای ۱۳۰ درجهٔ سلسیوس به کمترین میزان خود رسید.

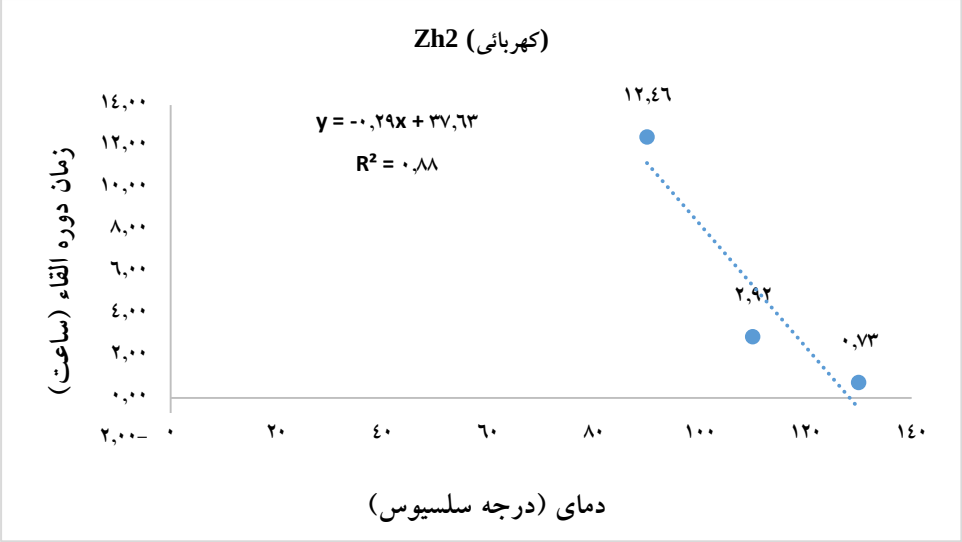
ترکیب اسیدهای چرب از عوامل مؤثر دیگر بر اکسیداسیون روغن است. روغن‌های حاوی مقادیر بیشتر اسیدهای چرب غیراشباع بسیار سریع تر از سایر روغن‌ها اکسید می‌شوند (Parker *et al.*, 2003). با افزایش میزان غیراشباع‌بودن، زمان القا، و درپایان سرعت تشکیل ترکیبات اولیهٔ اکسیداسیون افزایش می‌یابد (Martin-Polvillo, 2004). تمام نتایج به‌دست‌آمده از شکل ۵ مقدار کم پایداری اکسیداتیو روغن گردو را نشان می‌دهد که ثابت می‌کند روغن گردو در مقایسه با روغن‌های دیگر تقریباً ناپایدار است (Savage, 2001).



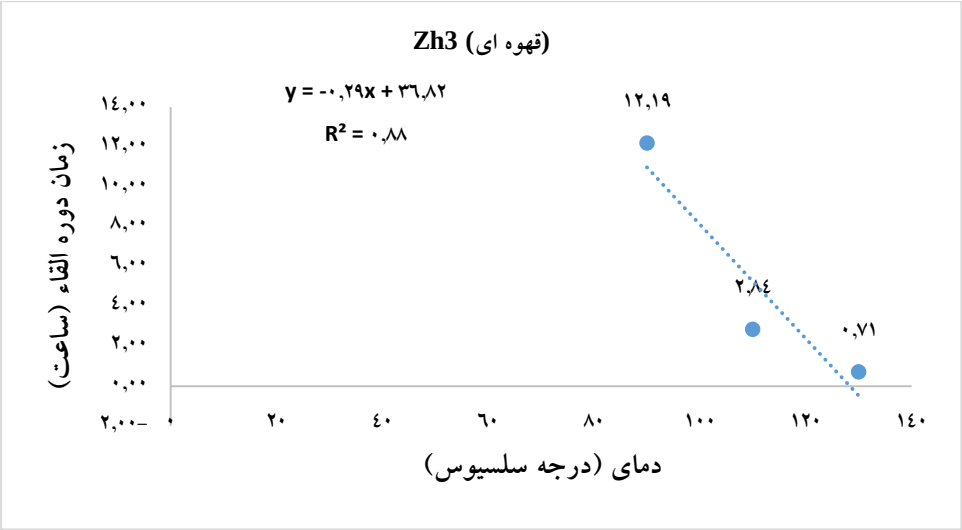
شکل ۴. پایداری اکسیداتیو روغن گردو برحسب طول دورهٔ القای اکسیداتیو روغن استخراج‌شده از مغز گردوهای Zh_1 (زرد)، Zh_2 (کهربایی)، و Zh_3 (قهوه‌ای)



شکل ۵. تغییرات طول دورهٔ القای اکسیداتیو روغن گردوی استخراج‌شده از ژنوتیپ Zh_1 (زرد)



شکل ۶. تغییرات طول دورهٔ القای اکسیداتیو روغن گردوی استخراج‌شده از ژنوتیپ Zh_2 (کهربایی)



شکل ۷. تغییرات طول دورهٔ القای اکسیداتیو روغن گردوی استخراج‌شده از ژنوتیپ Zh_3 (قهوه‌ای)

در شکل‌های ۵، ۶، و ۷ تغییرات طول دورهٔ القا برحسب دما در روغن گردوی استخراج‌شده از ژنوتیپ‌های محلی Zh_1 (زرد)، Zh_2 (کهربایی)، و Zh_3 (قهوه‌ای) به‌صورت لگاریتم خطی $Y=ax+b$ نشان داده شده است. علامت منفی شیب خط،

نشان‌دهندهٔ روند نزولی طول دورهٔ القا با افزایش دماست. از مقایسهٔ شیب معادلات خطی حاصل، مشخص می‌شود که سرعت کاهش طول دورهٔ القا برحسب افزایش دما در روغن ژنوتیپ محلی Zh_1 (زرد) با شیب ۰/۲۹۴- با کمی اختلاف با روغن ژنوتیپ محلی Zh_2 (کهربایی) با شیب ۰/۲۹۳- بیشترین و در روغن ژنوتیپ محلی Zh_3 (قهوه‌ای) با شیب ۰/۲۸۷- کمترین مقدار است. بر این اساس مشخص می‌شود که با افزایش دما، شدت کاهش طول دورهٔ القا در روغن ژنوتیپ محلی Zh_3 (قهوه‌ای) نسبت به دو نمونهٔ دیگر کم‌تر است در حالی‌که در هر سه دمای بررسی‌شده طول دورهٔ القا در روغن Zh_3 (قهوه‌ای) از هر دو نمونهٔ روغن Zh_1 (زرد) و Zh_2 (کهربایی) بیشتر بود.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد که رنگ‌های متفاوت (زرد، کهربایی، و قهوه‌ای) سه ژنوتیپ محلی گوناگون مغز گردو (Zh_1 ، Zh_2، و Zh_3) از نظر خصوصیات فیزیکی شیمیایی مغز گردو و ترکیب اسیدهای چرب و پایداری اکسیداتیو روغن استحصال‌شده از آن‌ها تفاوت دارد. به‌طوری که در بررسی فاکتورهای گوناگون این تأثیر معنی‌دار گزارش شد. ژنوتیپ محلی Zh_3 با داشتن رنگ قهوه‌ای دارای بیشترین درصد روغن، پروتئین، بالاترین انرژی، و همچنین کمترین درصد آب بود. ژنوتیپ محلی Zh_1 با داشتن رنگ زرد دارای بیشترین مقدار کربوهیدرات و فیبر خام بود. در مورد خصوصیات فیزیکی شیمیایی روغن به‌دست‌آمده ژنوتیپ محلی Zh_3 (قهوه‌ای) دارای بیشترین ضریب شکست، اسیدیته، و عدد یدی بود.

آنالیز حاصل از اسیدهای چرب و نسبت‌های گوناگون آن‌ها که از نظر تغذیه‌ای بسیار مهم هستند نشان داد که بالاترین درصد PUFA از کل اسیدهای چرب و بیشترین نسبت UFA/SFA و PUFA/SFA مربوط به ژنوتیپ Zh_3 (قهوه‌ای) است. اما بررسی میزان پایداری براساس آزمون رنسیمت، دارای روند متفاوت با سایر فاکتورها بود و بیشترین میزان پایداری اکسیداتیو مربوط به روغن ژنوتیپ Zh_1 (زرد) بود. PUFA در روغن Zh_3 (قهوه‌ای) بیشتر از روغن‌های دیگر بود و همین امر دلیل کم‌تربودن مقاومت اکسیداتیو در روغن Zh_3 (قهوه‌ای) به نسبت دو نمونهٔ دیگر بود. همچنین، روغن Zh_1 (زرد) از نظر میزان اسیدهای چرب اشباع و تک‌غیراشباعی که در پایدار اکسیداتیو روغن تأثیرگذار است، غنی‌تر از دو نمونهٔ دیگر بود که این مسئله می‌تواند پایداری اکسیداتیو را در مقایسه با دو نمونهٔ دیگر روغن Zh_2 (کهربایی) و Zh_3 (قهوه‌ای) توجیه کند.

سپاسگزاری

نگارندگان از آزمایشگاه مرکزی، پردیس کشاورزی، و منابع طبیعی دانشگاه تهران، و پژوهشگاه ملی استاندارد برای دراختیارگذاشتن دستگاه و تجهیزات آزمایشگاهی تشکر و قدردانی می‌کنند.

REFERENCES

Albert, C. M., Oh, K., Whang, W., Manson, J. E., Chae, C. U., Stampfer, M. J. & Hu, F. B. (2005). Dietary α-linolenic acid intake and risk of sudden cardiac death and coronary heart disease. *Circulation*, 112(21), 3232-3238.

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.

AOAC, (1990). AOAC; Official Methods of Analysis. (15th edition) *Association of Official Analytical Chemists*, Washington, DC, USA (1990).

AOCS, (1998). Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society. *Methods Ca 6b-53, Cd 3a-63* and *Cd 3-25, 5th ed*. AOCS Press, Champaign, IL, USA.

Arzani, K., Mansouri-Ardakan, H., Vezvaei, A. & Roozban, M. R. (2008). Morphological variation among Persian walnut (*Juglans regia* L.) genotypes from central Iran. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 36(3), 159-168.

Atefi, J. (1997). Study on phenological and pomological characters on walnut promising clones in Iran. *In III International Walnut Congress*, 442 (pp. 101-108).

Çağlarırmak, N. (2003). Biochemical and physical properties of some walnut genotypes (*Juglans regia* L.). *Food/Nahrung*, 47(1), 28-32.

Dogan, M. & Akgul, A. (2005). Fatty acid composition of some walnut (*Juglans regia* L.) cultivars from east Anatolia. *Grasas y Aceites*, 56(4), 328-331.

Ebrahimi, A., Fattahi Moghadam, M., Zamani, Z. & Vahdati K. (2009) an investigation on genetic diversity of 608 Persian walnut accessions for screening of some genotypes of superior traits. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 40(4): 83-94. (In farsi)

Food and Agriculture Organization. (2011). *FAO-statistical yearbook Agricultural production*, fromhttp://faostat3.fao.org/faostat-gateway/ go/ to/ compare/Q/QC/E).

Gharibzahedi, S. M. T., Mousavi, S. M., Hamedi, M., Rezaei, K. & Khodaiyan, F. (2013). Evaluation of physicochemical properties and antioxidant activities of Persian walnut oil obtained by several extraction methods. *Industrial Crops and Products*, 45, 133-140.

Ghasemi, M., Arzani, K., Hassani, D. & Ghasemi, Sh. (2010). Fatty acids composition of some selected walnut (*Juglans regia* L.) genotypes in Markazi

province. Iranian J. Food Sci. Technol. 7(1): 31-37. (in Farsi)

Golzari, M., Rahemi, M., Hassani, D., Vahdati, K. & Mohammadi, N. (2013). Protein content, fat and fatty acids of kernel in some Persian walnut (*Juglans regia* L.) cultivars affected by kind of pollen. *Journal of Food Science and Technology*, 38(10), 21-31. (In Farsi)

Gunstone, F. D., Harwood, J. L. & Dijkstra, A. J. (2012). *The lipid handbook with CD-ROM*. CRC Press.

Hassani, D., Atefi, J., Haghjooyan. R., Dastjerdi, R., Keshavarzi, M., Mozaffari, M. R., Soleimani, A., Rahmanian, A. R., Nematzadeh, F. & Malmir, A. (2012). Jamal, a new walnut cultivar for moderate cold areas of Iran. Seed and Plant Improvement Journal, 28(1): 525-528. (In farsi)

Kabas, O., Yilmaz, E., Ozmerzi, A. & Akinci, İ. (2007). Some physical and nutritional properties of cowpea seed (*Vigna sinensis* L.). *Journal of food engineering*, 79(4), 1405-1409.

Lavedrine, F., Ravel, A., Villet, A., Ducros, V. & Alary, J. (2000). Mineral composition of two walnut cultivars originating in France and California. *Food Chemistry*, 68(3), 347-351.

Mao, X. Y. & Hua, Y. F. (2012). Chemical composition, molecular weight distribution, secondary structure and effect of NaCl on functional properties of walnut (*Juglans regia* L) protein isolates and concentrates. *Journal of Food Science and Technology*, 1-10.

Martínez, M. L. & Maestri, D. M. (2008). Oil chemical variation in walnut (*Juglans regia* L.) genotypes grown in Argentina. *European journal of lipid science and technology*, 110(12), 1183-1189.

Martínez, M. L., Mattea, M. A., & Maestri, D. M. (2008). Pressing and supercritical carbon dioxide extraction of walnut oil. *Journal of food engineering*, 88(3), 399-404.

Martin-Polvillo, M., Márquez-Ruiz, G. & Dobarganes, M. C. (2004). Oxidative stability of sunflower oils differing in unsaturation degree during long-term storage at room temperature. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 81(6), 577-583.

Miraliakbari, H. & Shahidi, F. (2008). Antioxidant activity of minor components of tree nut oils. *Food Chemistry*, 111(2), 421-427.

Mohammadi-Ghermezgholi, K. H., Vesali, F., Fellegari, R. & Ghaffari, H. (2011). Separation of walnut shell from kernels and kernel classification based on color using invariable moments, artificial networks and the method of discriminant analysis. Journal of Food Research, 21(3), 305. (In farsi)

Parker, T. D., Adams, D. A., Zhou, K., Harris, M. & Yu, L. (2003). Fatty Acid Composition and Oxidative Stability of Cold-pressed Edible Seed Oils. *Journal of food science*, 68(4), 1240-1243.

Pereira, J. A., Oliveira, I., Sousa, A., Ferreira, I. C., Bento, A. & Estevinho, L. (2008). Bioactive properties and chemical composition of six walnut (*Juglans regia* L.) cultivars. *Food and chemical toxicology*, 46(6), 2103-2111.

Rezaei, R., Hassani, G. h., Hassani, D. & Vahdati, K. (2008). Morphobiological characteristics of some newly selected walnut genotypes from seedling collection of Kahriz-Orumia. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 9: 205-214. (In farsi)

Savage, G. P. (2001). Chemical composition of walnuts (*Juglans regia* L.) grown in New Zealand. *Plant Foods for Human Nutrition*, 56(1), 75-82.

Sharma, O. C. & Sharma, S. D. (2001). Genetic divergence in seedling trees of Persian walnut (*Juglans regia* L.) for various metric nut and kernel characters in Himachal Pradesh. *Scientia horticulturae*, 88(2), 163-171.

Vahdati, K. & Shahani A. R. (2006) *Establishment of Walnut Nursury*. Khaniran. Tehran. (In farsi)

Vanhanen, L. P. & Savage, G. P. (2006). The use of peroxide value as measure of quality for walnut stored at five different temperatures using three different types of packaging. *Food chemistry*, 99, 64-69.

Vazvaei, A., Vahdati, K. & Tajabadi, A. (2004) *Evaluation guide walnut, pistachio and almond trees*. Tehran: Khaniran. (In farsi)

Venkatachalam, M. & Sathe, S. K. (2006). Chemical composition of selected edible nut seeds. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(13), 4705-4714.

Warmund, M. R., Elmore, J. R., Adhikari, K. & McGraw, S. (2009). Descriptive sensory analysis of light, medium, and dark colored kernels of black walnut cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(11), 1969-1972.

Yang, J., Liu, R. H. & Halim, L. (2009). Antioxidant and antiproliferative activities of common edible nut seeds. *LWT-Food Science and Technology*, 42(1), 1-8.

Yerlikaya, C., Yucel, S., Erturk, Ü. & Korukluoğlu, M. (2012). Proximate composition, minerals and fatty acid composition of Juglans Regia L. genotypes and cultivars grown in Turkey. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55(5), 677-683.

Zeneli, G., Kola, H. & Dida, M. (2005). Phenotypic variation in native walnut populations of Northern Albania. *Scientia horticulturae*, 105(1), 91-100.