

## تأثیر سطح تماس با اتمسفر و دو دمای معمول نگهداری بر پایداری اکسایشی مغز گردو

حامد حسینی<sup>۱</sup> - محمد قربانی<sup>۲\*</sup> - علیرضا صادقی ماهونک<sup>۳</sup> - یحیی مقصدلو<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۹/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۴/۱۰

### چکیده

پایداری اکسایشی گردو (*Juglansregia* L.) طی دوره یکساله نگهداری در شرایط گوناگون ارزیابی شد. گردوهای کامل، مغزهای گردو، مغزهای خرد شده گردو، مغزهای گردو بسته بندی شده در پلی اتیلن تحت خلاء و پلی پروپیلن حاوی گاز دی‌اکسید کربن در شرایط عادی (دما ۱۹ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۳۵ تا ۴۵ درصد طی دوره یکساله) نگهداری شدند. همچنین، گردوهای کامل و مغزهای گردو در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۵ درصد نگهداری شدند. در طی نگهداری برخی از شاخص‌های کیفی روغن استخراج شده از نمونه‌ها تعیین گردید. عدد پراکسید گردوهای کامل، مغزهای گردو و مغزهای خرد شده گردو به ترتیب بعد از ۱۲، ۱۰ و ۸ ماه نگهداری از حد ۲ میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم عبور کرد. عدد پراکسید نمونه‌های بسته بندی شده و نمونه‌های نگهداری شده در شرایط سرد طی دوره یکساله تنها یک واحد افزایش نشان داد. بر طبق نتایج تجزیه و تحلیل آماری، اثر شرایط نگهداری و زمان نگهداری بر پایداری اکسایشی گردوها معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) گردید. تفاوت معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بین پایداری اکسایشی نمونه‌های نگهداری شده در بسته بندی تحت خلاء و بسته بندی حاوی گاز دی‌اکسید کربن و همچنین بین گردو و مغز گردو نگهداری شده در ۴ درجه سانتی‌گراد مشاهده نشد. بر اساس شاخص‌های کیفی بررسی شده توالی نگهداری سرد < بسته بندی < پوسته سخت گردو < سطح تماس مغز گردو با محیط، در رابطه با حفظ کیفیت مغزهای گردو طی نگهداری بلند مدت توصیه شد.

**واژه‌های کلیدی:** گردو، دوره نگهداری، عدد پراکسید، جذب فرابنفش، عدد اسید تیوباربیئوریک، اسیدیته

### مقدمه

پروتئین گیاهی، آنتی‌اکسیدان‌ها، ویتامین‌ها، مواد معدنی، منیزیم، پتاسیم و اسید آمینه آرژینین می‌باشد (Davis *et al.*, 2007). مصرف گردو به علت مقدار بالای آنتی‌اکسیدان (ویتامین E و پلی فنول‌ها) آن (Christopoulos *et al.*, 2011) برای محافظت در مقابل آسیب اکسایشی و سرطان پروستات (Spaccarotella *et al.*, 2008) پیشنهاد شده است.

از طرف دیگر مقدار بالای اسیدهای چرب چند غیر اشباعی، به خصوص اسید آلفا-لینولنیک، گردوها را در مقابل اکسایش خود به خودی آسیب پذیر می‌سازد (Stark *et al.*, 2000). Young و همکاران (۱۹۹۱) با استفاده از ارزیابی حسی متوجه شدند که بادام، ماکادامیا، و پسته بعد از ۶-۹ ماه نگهداری در ۳۸ درجه سانتی‌گراد و فندق، بادام زمینی و گردو تنها بعد از ۲-۵ ماه نگهداری در ۳۸ درجه سانتی‌گراد قابل پذیرش هستند.

Vanhanen و همکاران (۲۰۰۶) طی نگهداری آرد گردو در ۵ دما و سه نوع بسته بندی متفاوت گزارش نمودند می‌توان آرد گردو را در ظروف پلاستیکی یا بسته‌های کاغذی به مدت ۲۶ هفته در دمای کمتر از ۲۳ درجه سانتی‌گراد بدون تغییرات عمده در مقدار رطوبت یا عدد پراکسید آن، نگهداری کرد. در مطالعه دیگر اثر بسته بندی و

گردو (*Juglansregia* L.) به خانواده جوگلانداسه (*Juglandaceae*) تعلق دارد که تقریباً ۱۵ گونه راشامل می‌شود (Özcan *et al.*, 2010). ترکیب شیمیایی گردو و اسیدهای چرب تشکیل دهنده روغن آن بسته به واریته‌های متفاوت گردو و شرایط محیطی به طور معنی‌داری تغییر می‌کند (Martinez *et al.*, 2006). مصرف گردو به علت مشخصات طعم و آرومای خاص آن (Lopez *et al.*, 1995) و مقدار بالای اسیدهای چرب چند غیر اشباعی شامل اسید لینولنیک (۵۷/۵-۶۲/۵ درصد) و اسید آلفا لینولنیک (۹-۱۸/۵۸ درصد)، توسط پژوهشگران توصیه می‌شود (Amaral *et al.*, 2003؛ Martinez *et al.*, 2006). اسیدهای چرب چند غیر اشباعی به علت کاهش مقدار کلسترول کل و LDL و افزایش کلسترول HDL منجر به کاهش خطر بیماری قلبی مزمن می‌شوند (Blomhoff *et al.*, 2006). گردو همچنین منبع مهمی از فیبر،

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشیاران گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
\* نویسنده مسئول: (Email: moghorbani@yahoo.com)

نادری (خراسان رضوی، ایران) تهیه شدند و پوسته سبز آن‌ها به طور دستی جدا گردید. نمونه‌ها بلافاصله در سایه توسط جریان هوای طبیعی ( $26 \pm 1$  درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۲۷-۳۲ درصد) تا رطوبت  $2/9 \pm 0/2$  (بر پایه وزن مرطوب) خشک و تا زمان انتقال به آزمایشگاه در بسته‌های مقوایی نگهداری شدند. آزمایشات در فاصله شهریور ۱۳۸۹ تا مهر ۱۳۹۰ انجام گرفت. در این پژوهش تمام مواد شیمیایی با درجه تجزیه‌ای و طیف‌سنجی از شرکت‌های مرک<sup>۱</sup> (آلمان) و اپلیکم<sup>۲</sup> (آلمان) تهیه شدند.

### آماده سازی و بسته‌بندی نمونه‌ها قبل از نگهداری

پوسته سخت گردوها توسط یک گردو شکن جدا گردید. گردو-های کامل، مغزهای گردو و مغزهای گردو خرد شده (مغزهای خرد شده به ۸ قسمت توسط چاقو) در سینی‌های پلی اتیلن قرار گرفتند و سینی‌ها به مدت یکسال در کابینت در شرایط عادی (تغییرات دما ۱۹ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و تغییرات رطوبت نسبی ۳۵ تا ۴۵ درصد) قرار گرفتند. به منظور بررسی اثر پوسته سخت گردو بر پایدار اکسایشی، مغزهای گردو در بسته‌های پلی پروپیلن با ضخامت ۰/۴ میلی‌متر تحت گاز دی‌اکسید کربن و در کیسه‌های پلی اتیلن با ضخامت ۰/۱۲ میلی‌متر تحت خلا در شرایط عادی نگهداری شدند. همچنین گردو و مغز گردو در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۵ درصد به منظور ارزیابی اثر نگهداری سرد بر کیفیت آن طی دوره یکساله، نگهداری شدند. دما و رطوبت نسبی به ترتیب توسط دماسنج جیوه‌ای و رطوبت سنج دیجیتال اندازه‌گیری شدند.

### استخراج روغن مغز گردو

برای هر تکرار تقریباً ۵۰ گرم مغز گردو خرد شده به یک کیف جداکننده حاوی ۲۰۰ میلی لیتر دی اتیل اتر منتقل گردید. کیف جداکننده برای مدت کوتاهی تکان داده شد سپس به مدت ۱۰ ساعت در محیط تاریک و دمای اتاق نگهداری شد. بعد از این مدت مخلوط حلال و روغن در یک تیخیر کننده تحت خلا چرخان (آی کا<sup>۳</sup>، آلمان) تغلیظ گردید. روغن استخراج شده فوراً برای انجام آزمایشات شیمیایی مورد استفاده قرار گرفت (Lopez-Duarte & Vidal-Quintanar, 2009; Maskan & Karatas, 1997).

### تجزیه و تحلیل فیزیکی و شیمیایی

مقادیر رطوبت، روغن، پروتئین، فیبر و خاکستر بر طبق روش AOAC (۲۰۰۵) اندازه‌گیری شد و مقدار کربوهیدرات به روش

شرایط نگهداری بر کیفیت گردوی خام ارزیابی شده بود و مشخص گردید گردوهای خام قابلیت پذیرش خود را در بسته بندی پلی اتیلن حاوی هوا، بسته بندی دولایه پلی اتیلن حاوی ازت و دولایه پلی اتیلن-اکسید سیلیس حاوی ازت، به ترتیب برای مدت ۲، ۴-۵ و ۱۲ ماه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد حفظ می‌کنند (Mexis et al., 2008). پوسته نگهداری شده در اتمسفر اصلاح شده (۲ درصد هوا و ۹۸ درصد دی‌اکسید کربن) در ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد و در شرایط محیطی (Maskan & Karatas, 1999)، بادام زمینی پوشش داده شده و نگهداری شده در دماهای متفاوت (Lee & Krochta, 2002)، نگهداری چهار وارسته بادام در دو دمای ۸ و ۳۶ درجه سانتی‌گراد، دو اتمسفر بسته بندی و دو تیمار پوسته دار و حرارت دیده (Garcia-Pascual et al., 2003) از دیگر تحقیقات انجام شده در زمینه نگهداری آجیل‌ها می‌باشد. یافته‌های آن‌ها بر این موضوع تاکید داشتند که اکسایش چربی عامل اصلی افت کیفیت در آجیل‌ها می‌باشد که خواص حسی، کیفیت تغذیه‌ای و عمر ماندگاری آن‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Shahidi & John, 2010). علاوه بر این گزارش شده بود که بسیاری از عوامل مانند دما، رطوبت نسبی (Lopez et al., 1995)، نور (Mexis et al., 2008) و وارسته گردو (Osterberg et al., 2001) و روش فرآیند (Buransompob et al., 2003) بر پیشرفت اکسایش گردو موثر هستند. به طور کلی، کاهش غلظت گاز اکسیژن توسط ایجاد خلا یا افزودن گازهای بی اثر همانند نیتروژن و دی‌اکسید کربن به اتمسفر نگهداری، روش معمول برای کنترل توسعه اکسایش در مواد غذایی گوناگون می‌باشد (Hotchkiss, 1988; Kacyn et al., 1983).

هدف از مطالعه حاضر تعیین ترکیب شیمیایی گردو رشد یافته در ایران و مطالعه تغییرات در برخی شاخص‌های شیمیایی شامل عدد پراکسید، اعداد دی و تری‌ان مزدوج، اسیدیته و عدد اسید تیوباربیتریک برای روغن استخراج شده از مغزهای گردو پوسته‌دار، بدون پوسته، خرد شده به ۸ قسمت تقریباً مساوی نگهداری شده در شرایط گوناگون دما و بسته‌بندی طی دوره یکساله بود. به طوری که سعی شد نزدیک به شرایط نگهداری واقعی در خانه، بازار و شرایط تجاری باشد. در نهایت بین تمام این روش‌های نگهداری که امروزه در سراسر جهان استفاده می‌شوند، مقایسه آماری انجام شد که بر اساس آن یک توالی برای نگهداری مغز گردو با کیفیت بالا تنظیم گردید.

### مواد و روش‌ها

#### مواد

گردوهای پوست کاغذی (طول ۳۳/۱۱ میلی‌متر و عرض ۳۱/۷۷ میلی‌متر) در شهریور ماه سال ۱۳۸۹ از باغات محلی واقع در کلات

1- Merck

2- Applichem

3- IKA, RV05 Basic

گردوی ایرانی خشک شده حاوی ۲/۶ درصد رطوبت و ۶۵/۲ درصد روغن می‌باشد (FAO, 1982). مهران (۱۹۷۴) مقادیر ۲-۲/۸ درصد، ۶۳/۵-۶۸/۴ درصد و ۴۲/۳-۵۸/۶ درصد را به ترتیب برای مقادیر رطوبت، روغن و بازدهی مغز واریته‌های مختلف گردوی ایرانی گزارش کرده بود. علاوه بر این، مقادیر ۵/۱ و ۶۸/۶ درصد، به ترتیب برای درصد رطوبت و روغن مغز گردو ثبت شده بود (Vanhanen et al., 2006).

محققین متفاوت گزارش نمودند که عدد پراکسید روغن حاصل از مغز گردو تازه بسته به واریته‌های گوناگون از ۰/۱-۰/۳۹ میلی‌اکی-والان اکسیژن بر کیلوگرم تغییر می‌کند (Osterberg et al., 2001; Buransompob et al., 2003; Vanhanen et al., 2006) که مشابه نتایج ما (جدول ۱) می‌باشد. ضریب شکست روغن‌ها به وزن ملکولی آن‌ها، طول زنجیره اسید چرب، درجه غیر اشباعیت و تعداد باندهای مزدوج بستگی دارد. به طور کلی ضریب شکست روغن‌های متفاوت بین ۱/۴۴۷ و ۱/۴۸۲ تغییر می‌کند (شهیدی، ۲۰۰۵). مهران (۱۹۷۴) ضریب شکست روغن حاصل از واریته‌های متفاوت گردو ایرانی را ۱/۴۶۷-۱/۴۶۹ در ۴۰ درجه سانتی‌گراد (۱/۴۷۳-۱/۴۷۴) در ۲۵ درجه سانتی‌گراد) گزارش کرده بود. Buransompob و همکاران (۲۰۰۳) عدد اسید تیوباریتوریک و اسیدیته (بر حسب درصد اسید اولئیک) روغن استخراج شده از مغز گردو تازه (رشد یافته در آمریکا) را به ترتیب ۰/۰۹ و ۰/۰۷ درصد گزارش نموده بودند که تقریباً مشابه مقادیر ارائه شده در جدول ۱ می‌باشد.

#### تغییرات در مقدار رطوبت نمونه‌ها، رطوبت نسبی و دمای محیط نگهداری

طی دوره یکساله میانگین ماهانه دما بین ۱۹/۶ و ۳۳/۴ درجه سانتی‌گراد تغییر کرد. تغییرات رطوبت نسبی اتمسفر طی مدت نگهداری ۳۰-۱۰۰ درصد تعیین شد، درحالی‌که، در مدت مشابه رطوبت نسبی اتاق نگهداری نمونه‌ها بین ۳۵-۴۵ درصد تغییر نشان داد (به جزء برای نمونه‌های نگهداری شده در ۴ درجه سانتی‌گراد). جدول ۲ میانگین رطوبت گردوها، مغزهای گردو و مغزهای خرد شده گردو نگهداری شده در دمای اتاق (۱۹/۶-۳۳/۴ درجه سانتی‌گراد) و گردوهای نگهداری شده در ۴ درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد. مقدار رطوبت نمونه‌ها طی ۱۲ ماه نگهداری تغییر معنی‌داری نشان نداد. شاید بتوان این موضوع را به مقدار بالای روغن مغز گردو و محدوده باریک تغییرات رطوبت نسبی محیط نگهداری (۳۵-۴۵ درصد) نسبت داد که باعث جلوگیری از تسهیل انتقال آب در نمونه‌ها شده است. علاوه بر این از آن جایی که محدوده ذوب روغن مغز گردو در حدود ۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، ممکن است نگهداری سرد گردو این اثر بازدارندگی در مقابل انتقال رطوبت را تشدید نماید.

محاسبه‌ای تعیین گردید. برای تعیین نسبت مغز به گردو، توسط گردو شکن پوسته سخت ۵ کیلوگرم گردو جدا گردید سپس پوسته‌ها و مغزها به طور جداگانه وزن شدند. ضریب شکست روغن گردو در ۲۵ درجه سانتی‌گراد توسط رفرکتومتر (ستی<sup>۱</sup>، بلژیک) براساس روش AOCs (۱۹۹۸) ثبت شد. عدد پراکسید توسط روش ید سنجی، توصیه شده توسط AOCs (۲۰۰۳)، اندازه‌گیری شد. عدد اسید تیوباریتوریک با استفاده از طیف سنج نوری<sup>۲</sup> (انگلستان، PG Instruments, T80 UV/VIS) بر طبق روش رسمی AOCs (۲۰۰۹) تعیین شد. به منظور مقایسه، عدد اسید تیوباریتوریک به عنوان جذب در ۵۳۰ نانومتر به علت واکنش اسید تیوباریتوریک با مالون آلدئید تعریف شد و از بوتانول به عنوان حلال روغن استفاده گردید. اعداد دی و تری‌ان مزدوج به روش طیف سنجی نوری توسط خواندن جذب، به ترتیب در ۲۳۳ و ۲۶۸ نانومتر، بر طبق دستور کار IUPAC (۱۹۸۷) اندازه‌گیری شدند و از ایزواکتان به عنوان حلال روغن گردو استفاده گردید. درصد اسیدهای چرب آزاد با تیتراژ کردن روغن گردو توسط محلول ۰/۱ نرمال هیدروکسید سدیم براساس روش AOCs (۱۹۹۸) تعیین شد.

#### تجزیه و تحلیل آماری

تمامی آزمایشات شیمیایی در سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل تفاوت بین میانگین‌ها توسط روش تجزیه و تحلیل پراکندگی<sup>۳</sup> انجام شد و میانگین شاخص‌ها توسط آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار<sup>۴</sup> با استفاده از نرم افزار آماری جی ام پی<sup>۵</sup> (ویرایش ۶، ۲۰۰۵) در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شد.

#### نتایج و بحث

##### مشخصات مغز گردو تازه

مشخصات فیزیکی و شیمیایی مغز گردو تازه به همراه برخی از شاخص‌های کیفی روغن آن شامل عدد پراکسید (میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم)، ضرایب جذب در ۲۳۳ نانومتر و ۲۶۸ نانومتر به ترتیب برای دی‌ان‌های مزدوج (عدد دی‌ان مزدوج<sup>۶</sup>) و تری‌ان‌های مزدوج (عدد تری‌ان مزدوج<sup>۷</sup>)، اسیدیته (بر حسب درصد اسید اولئیک)، عدد اسید تیوباریتوریک و ضریب شکست در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، در جدول یک نشان داده شده است. بر طبق سند فائو مغز

- 1- CETI
- 2- Spectrophotometer
- 3- ANOVA
- 4- Least Significant Difference
- 5- JMP
- 6- Conjugated Dienes value
- 7- Conjugated Treines value

جدول ۱- مشخصات مغز گردو و روغن استخراج شده از مغز گردو به همراه مقادیر انحراف استاندارد

نمونه	شاخص ها و ترکیبات	مقدار شاخص کیفی
روغن گردو	عدد پراکسید (میلی اکی والان اکسیژن بر کیلوگرم روغن)	۰/۳±۰/۰۱
	عدد دی ان های مزدوج (۲۳۳ نانومتر)	۱/۰۹۹±۰/۰۰۸
	عدد تری ان های مزدوج (۲۶۸ نانومتر)	۰/۱۱۳±۰/۰۰۳
	عدد اسید تیوباربیتریک (۵۳۰ نانومتر)	۰/۰۳۶±۰/۰۰۱
	اسیدیته (بر حسب درصد اسید اولئیک)	۰/۰۶۴
مغز گردو	ضریب شکست (۲۵ °C)	۱/۴۷۳۳±۰/۰۰۰۴
	رطوبت (%)	۲/۹±۰/۲
	روغن خام (%)	۶۸/۶۲±۲
	پروتئین خام (%)	۱۴/۸۸±۰/۳۲
	خاکستر (%)	۱/۹۳±۰/۰۱۹
	فیبر خام (%)	۱/۹۸±۰/۵۴
	کربوهیدرات (%)	۹/۶۹±۲/۶
	بازدهی مغز گردو (%)	۴۸/۲۵±۲

جدول ۲- میانگین تغییرات درصد رطوبت نمونه های نگهداری شده در شرایط گوناگون طی دوره یکساله

مدت نگهداری (ماه)	نوع نمونه <sup>۱</sup>	رطوبت (درصد)
زمان صفر	گردو کامل	۳/۰۲۸ <sup>a</sup>
	مغز گردو دو نیم	۲/۹۷ <sup>a</sup>
	مغز خرد شده به ۸ قسمت	۲/۹۷ <sup>a</sup>
	گردو کامل در ۴C°	۲/۹۷ <sup>a</sup>
۳	گردو کامل	۳ <sup>a</sup>
	مغز گردو دو نیم	۳/۰۴۸ <sup>a</sup>
	مغز خرد شده به ۸ قسمت	۲/۸۷ <sup>a</sup>
	گردو کامل در ۴C°	۳/۰۰۴ <sup>a</sup>
۶	گردو کامل	۲/۸۹۹ <sup>a</sup>
	مغز گردو دو نیم	۲/۹۵۱ <sup>a</sup>
	مغز خرد شده به ۸ قسمت	۳/۱۳۷ <sup>a</sup>
	گردو کامل در ۴C°	۳/۱۶ <sup>a</sup>
۱۰	گردو کامل	۲/۵۹۶ <sup>a</sup>
	مغز گردو دو نیم	۲/۸۷۲ <sup>a</sup>
	مغز خرد شده به ۸ قسمت	۲/۷۱۳ <sup>a</sup>
	گردو کامل در ۴C°	۲/۹۶۶ <sup>a</sup>
۱۲	گردو کامل	۲/۶۷۶ <sup>a</sup>
	مغز گردو دو نیم	۲/۸۶۲ <sup>a</sup>
	مغز خرد شده به ۸ قسمت	۳/۲۱ <sup>a</sup>
	گردو کامل در ۴C°	۳/۱۳۶ <sup>a</sup>

میانگین های دارای حروف متفاوت به طور معنی دار متفاوت می باشند (P < ۰/۰۵).  
 دمای ۱۹/۶ - ۳۳/۴ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۳۵ - ۴۵ درصد و گردوهای کامل نگهداری شده در دمای ۴ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۷۵ درصد.

اثر شرایط نگهداری سرد بر کیفیت گردوهای حاوی ۸ درصد آب، متوجه شدند که افت ماهانه آب در رطوبت نسبی ۴۰ درصد معادل ۰/۰۴۲ درصد می باشد و در رطوبت نسبی ۶۰ درصد افت معنی داری

در نهایت، تجزیه و تحلیل آماری تایید کرد که اثر حالت نگهداری گردو، زمان نگهداری و اثر متقابل این دو بر مقدار رطوبت نمونه ها معنی دار (p < ۰/۰۵) نمی باشد. Lopez و همکاران (۱۹۹۵) در مطالعه

( $p < 0.05$ ) مشاهده نکردند.

گردو علاوه بر فقدان پوسته محافظ به علت افزایش سطح تماس با محیط، کاهش یافت.

Osterberg و همکاران (۲۰۰۱) میانگین عدد پراکسید ۹ واریته گردو را بر حسب میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم به میزان ۰/۲۹ برای گردو تازه، ۱/۶۶ بعد از یک سال نگهداری، ۳/۵۸ بعد از دو سال و ۲/۰۶ بعد از ۳ سال نگهداری گزارش نمودند. Koyuncu و همکاران (۱۹۹۹) عنوان نمودند گردوهای دارای پوسته سبز می‌توانند به مدت ۱۰-۱۲ ماه در دمای صفر تا ۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۵-۶۵ درصد نگهداری شوند، در حالیکه، گردوهای فاقد پوسته سبز در شرایط مشابه می‌توانند برای مدت حدود ۱۸ ماه نگهداری شوند.

از طرف دیگر، عدد پراکسید نمونه‌های بسته بندی شده و نمونه‌های نگهداری شده در ۴ درجه سانتی‌گراد بعد از ۱۲ ماه نگهداری از مقدار ۲ میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم عبور نکرد و اعداد پراکسید پایین شامل ۱/۲۰۶، ۱/۲۳۶، ۱/۰۱۹ و ۱/۰۹۲ میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم، به ترتیب، برای مغزهای گردو بسته بندی شده توسط پلی‌پروپیلن حاوی دی‌اکسید کربن و پلی‌اتیلن تحت خلاء، گردوهای نگهداری شده در ۴ درجه سانتی‌گراد و مغزهای گردو نگهداری شده در ۴ درجه سانتی‌گراد ثبت شد.

### پایداری اکسایشی گردو در شرایط نگهداری متفاوت

زمان صرف شده برای رسیدن عدد پراکسید گردوهای نگهداری شده در شرایط گوناگون به مقدار ۲ میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم به عنوان حداکثر زمان مقاومت گردو به فساد اکسایشی در نظر گرفته شد (Buransompob et al., 2003; Lopez-Duarte & Vidal-Quintanar, 2009).

مقادیر عدد پراکسید برای گردوهای نگهداری شده در شرایط گوناگون در جدول ۳ ارائه شده است. عدد پراکسید گردوهای نگهداری شده در اتاق طی ۷ ماه اولیه دوره نگهداری تغییر معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) نشان نداد و بعد از آن هر ۳ ماه به طور معنی‌دار ( $p < 0.05$ ) تغییر کرد و این تغییرات در فصل تابستان (به علت افزایش دمای نگهداری تا میانگین دمایی ۳۳/۴ درجه سانتی‌گراد) سریعتر شد و در پایان دوره یکساله نگهداری، عدد پراکسید گردو به ۲/۲۹۲ میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم رسید. عدد پراکسید مغز گردو و مغز خرد شده گردو نگهداری شده در اتاق به ترتیب در دهمین و هشتمین ماه نگهداری از حد ۲ میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم عبور کرد. بنابراین، پایداری اکسایشی مغز گردو در نتیجه افزایش دسترسی اکسیژن به علت فقدان پوسته محافظ و برای مغز خرد شده

جدول ۳- میانگین اعداد پراکسید (میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم) برای نمونه‌های نگهداری شده در شرایط گوناگون طی دوره یکساله و نتایج

#### تجزیه و تحلیل آماری

اثر نوع	زمان نگهداری (ماه)								نمونه‌ها <sup>۱</sup>
	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۵	صفر	
۱/۲۰۷	۲/۲۹۲	۱/۶۹۸	۱/۴۸۷	۱/۲۲۶	۱/۱۴۸	۰/۸۳۱	۰/۶۷۳	۰/۳	گردو کامل
c	A, c	B, c	BC, b	BC, b	CD, b	D, b	DE, bc	E, a	
۱/۸۳۷	۳/۲۹۹	۲/۵۱	۲/۳۲۴	۱/۸۴۹	۱/۸۰۳	۱/۴۵۱	۱/۱۵۸	۰/۳	مغز گردو
b	A, b	B, b	BC, a	CD, a	D, a	DE, a	E, ab	F, a	
۲/۲۴۲	۴/۰۵	۳/۵۲۶	۲/۷۵۵	۲/۲۱۵	۲/۰۹۶	۱/۶۵۷	۱/۳۴۲	۰/۳	مغز خرد شده
a	A, a	B, a	C, a	D, a	DE, a	EF, a	F, a	G, a	
۰/۸۶۷	۱/۲۰۶	۱/۱۸۶	۱/۱۷۸	۰/۸۵۹	۰/۷۹۹	۰/۷۴۹	۰/۶۶۱	۰/۳	پلی‌پروپیلن
d	A, d	A, cd	A, bc	AB, bc	AB, bc	ABC, b	BC, c	C, a	
۰/۸۵	۱/۲۳۶	۱/۱۱۲	۱/۱۳۳	۰/۸۷۹	۰/۷۸۱	۰/۷۰۹	۰/۶۴۷	۰/۳	پلی‌اتیلن
d	A, d	AB, d	AB, bc	AB, bc	ABC, bc	BC, b	BC, c	C, a	
۰/۵۹۵	۱/۰۱۹	۰/۶۸۹	۰/۶۴۵	۰/۵۵۹	۰/۵۵۹	۰/۵	۰/۴۸۷	۰/۳	گردو کامل در ۴C°
e	A, d	AB, d	AB, c	AB, c	AB, c	B, b	B, c	B, a	
۰/۶۵۹	۱/۰۹۲	۰/۹۹۶	۰/۷۴	۰/۴۷۹	۰/۵۳۶	۰/۶۳	۰/۴۹۹	۰/۳	مغز گردو در ۴C°
e	A, d	AB, d	ABC, c	C, c	BC, c	ABC, b	C, c	C, a	
$P < 0.05$	۲/۰۲۸	۱/۶۷۳	۱/۴۶۶	۱/۱۵۲	۱/۱۰۳	۰/۹۳۲	۰/۷۸۱	۰/۳	اثر زمان نگهداری
	A	B	C	D	D	E	F	G	

میانگین‌ها در هر ستون افقی با حروف بزرگ متفاوت و در هر ستون عمودی با حروف کوچک متفاوت به طور معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) تفاوت دارند. ۱- گردو کامل، مغز گردو، مغز خرد شده، مغز گردو در بسته بندی پلی‌پروپیلن تحت دی‌اکسید کربن و پلی‌اتیلن تحت

خلاء در دمای اتاق (۱۹/۶-۳۳/۴ درجه سانتی‌گراد) رطوبت نسبی ۳۵-۴۵ درصد نگهداری شدند.

بر طبق نتایج تجزیه و تحلیل آماری در جدول ۳ اثر مدت نگهداری، شرایط نگهداری و اثر متقابل این دو بر عدد پراکسید نمونه‌ها معنی دار ( $p < 0.05$ ) شد، به گونه‌ای که تفاوت میانگین مربعات حداقل<sup>۱</sup> بین نمونه‌های نگهداری شده در دمای اتاق، نمونه‌های بسته‌بندی شده و نگهداری شده در دمای اتاق و نمونه‌های نگهداری شده در ۴ درجه سانتی گراد معنی دار ( $p < 0.05$ ) شد. علاوه بر این تفاوت معنی‌داری بین مغزهای گردو بسته‌بندی شده در پلی پروپیلن حاوی دی‌اکسید کربن و مغزهای گردو بسته‌بندی شده با پلی اتیلن تحت خلا یافت نشد، بنابراین می‌توانیم یکی از آن‌ها را براساس هزینه انتخاب کنیم.

جدول ۴ مربوط به اعداد دی‌ان مزدوج روغن استخراج شده از نمونه‌های نگهداری شده در شرایط متفاوت می‌باشد. افزایش جذب در ۲۳۰-۲۳۵ نانومتر در محدوده فرابنفش در نتیجه تشکیل دی‌ان‌های مزدوج در چربی‌ها و روغن‌ها در سال ۱۹۳۳ کشف شد. معمولاً، دی-ان‌های مزدوج به علت بازآرایی باندهای دوگانه طی تشکیل هیدروپراکسیدها از اسیدهای چرب غیر اشباع، تولید می‌شوند. محققین مختلف ادعان داشتند همبستگی مناسبی بین عدد پراکسید و عدد دی‌ان مزدوج وجود دارد (Shahidi et al., 2005; Wanasundara et al., 1995; Kulas & Ackman, 2001; Marmesat et al., 2009). بنابراین مقدار دی و تری‌ان‌های مزدوج می‌تواند به عنوان یک معیار نسبی فرایند اکسایش به کار رود.

Brecht (۱۹۸۰) کاربرد ۱۰۰ درصد دی‌اکسید کربن برای آجیل‌های درختی را پیشنهاد کرده بود. Mexis و همکاران (۲۰۰۸) طی بررسی اثر بسته‌بندی و شرایط نوری و دمایی بر کیفیت گردوهای پوسته‌دار خام طی ۱۲ ماه نگهداری، حداکثر عدد پراکسید (۳۱/۴ میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم) را برای نمونه‌های بسته‌بندی شده در بسته‌های پلی اتیلن در تماس با نور و نگهداری شده در ۲۰ درجه سانتی گراد و حداقل عدد پراکسید (۳-۳/۳ میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم) را برای نمونه‌های بسته‌بندی شده در بسته‌های پلی اتیلن حاوی اکسید سیلیس، صرف نظر از وجود نور و نگهداری شده در ۴ درجه سانتی گراد گزارش نمودند. تناقض بین کار حاضر و قبلی احتمالاً به علت تفاوت وارته‌های مورد استفاده و خام بودن گردوها در تحقیق سابق می‌باشد، زیرا کاهش مقدار آب در افزایش پایداری اکسایشی گردو نقش مهمی دارد (Lopez et al., 1995). در مطالعه حاضر، نگهداری نمونه‌ها در ۴ درجه سانتی گراد اثر مهمی بر مقاومت اکسایشی آن‌ها نشان داد به گونه‌ای که عدد پراکسید گردوها و مغز-های گردو نگهداری شده در ۴ درجه سانتی گراد بر حسب میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم، به ترتیب بعد از ۱۲ ماه (۱/۰۱۹) و ۱۱ ماه (۰/۹۹۶) نگهداری، تغییر معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) نشان داد (جدول ۳). Jan و همکاران (۱۹۸۸) عقیده داشتند که در رابطه با حفظ کیفیت گردو، نگهداری در در دمای پایینتر از دمای اتاق نسبت به بسته‌بندی پلی اتیلن موثرتر است که این یافته منطبق با نتایج تحقیق حاضر می‌باشد.

جدول ۴- میانگین اعداد دی‌ان مزدوج (E: ۱ درصد، ۱ سانتی‌متر) برای نمونه‌های نگهداری شده در شرایط گوناگون طی دوره یکساله و نتایج تجزیه

و تحلیل آماری

اثر نوع	زمان نگهداری (ماه)								نمونه‌ها <sup>۱</sup>	
	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۵	صفر		
گردو کامل	۱/۴۲۹	۱/۸۱۳	۱/۶۰۴	۱/۵۲	۱/۴۸۲	۱/۳۹۶	۱/۲۸	۱/۲۳۸	۱/۰۹۹	E, a
مغز گردو	۱/۶۰۵	۲/۱۴۹	۱/۹۳۶	۱/۷۵۹	۱/۶۳۳	۱/۵۰۳	۱/۴۰۶	۱/۳۶	۱/۰۹۹	F, a
مغز خرد شده	۱/۸۱۴	۲/۴۲۷	۲/۲۵۸	۱/۹۶۸	۱/۷۴	۱/۶۸۳	۱/۶۷۵	۱/۶۶۴	۱/۰۹۹	D, a
پلی‌پروپیلن	۱/۳۷۴	۱/۵۲۴	۱/۵۱۳	۱/۵۱۸	۱/۴۸۷	۱/۳۹۶	۱/۲۷۶	۱/۱۷۹	۱/۰۹۹	D, a
پلی‌اتیلن	۱/۳۴۳	۱/۵۹	۱/۳۸۷	۱/۵	۱/۴۴۷	۱/۳۶۵	۱/۲۰۸	۱/۱۵۱	۱/۰۹۹	C, a
گردو کامل در ۴C°	۱/۲۲۵	۱/۴۰۴	۱/۲۵۱	۱/۳۱۹	۱/۲۸۲	۱/۲۴	۱/۱۰۷	۱/۱	۱/۰۹۹	B, a
مغز گردو در ۴C°	۱/۲۰۸	۱/۳۹۸	۱/۲۱۱	۱/۲۸۲	۱/۲۰۳	۱/۱۸۲	۱/۱۵۵	۱/۱۳۶	۱/۰۹۹	B, a
اثر زمان نگهداری	P < 0.05	۱/۷۵۸	۱/۵۹۴	۱/۵۵۲	۱/۴۶۸	۱/۳۹۵	۱/۳۰۱	۱/۲۶۱	۱/۰۹۹	F
		A	B	B	C	D	E	E	F	

میانگین‌ها در هر ستون افقی یا حروف بزرگ متفاوت و در هر ستون عمودی با حروف کوچک متفاوت به طور معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) تفاوت دارند. ۱- گردو کامل، مغز گردو، مغز خردشده، مغز گردو در بسته بندی پلی پروپیلن تحت دی‌اکسید کربن و پلی اتیلن تحت خلا در دمای اتاق (۱۹/۶-۳۳/۴ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۳۵-۴۵ درصد) نگهداری شدند.

نگهداری شده در ۴ درجه سانتی گراد، به ترتیب بعد از ۸ (۰/۲۳۸)، ۸ (۰/۲۶۱)، ۵ (۰/۲۳۶)، ۱۰ (۰/۲۹۳) و ۱۰ (۰/۲۷۴) ماه نگهداری، به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) تغییر کرد. اعداد تری‌ان مزدوج برای روغن استخراج شده از مغزهای گردو بسته‌بندی شده با پلی اتیلن تحت خلاء و مغزهای گردو نگهداری شده در ۴ درجه سانتی گراد به علت بروز خطای آزمایشی ارائه نشده است. بر اساس تجزیه و تحلیل آماری، اثر زمان و شرایط نگهداری و اثر متقابل آن‌ها بر اعداد تری‌ان مزدوج روغن استخراج شده از نمونه‌های نگهداری شده در شرایط گوناگون معنی‌دار ( $p < 0.05$ ) شد (جدول ۴). تفاوت میانگین مربعات حداقل اعداد تری‌ان مزدوج بین مغزهای پوسته‌دار و بدون پوسته نگهداری شده در دمای اتاق و بین مغزهای گردو بسته‌بندی شده در پلی پروپیلن حاوی گاز دی‌اکسید کربن (نگهداری شده در دمای اتاق) و گردوهای نگهداری شده در ۴ درجه سانتی گراد معنی‌دار نشد ( $p < 0.05$ ).

وجود تری‌ان‌های مزدوج تنها زمانی مشهود است که نمونه روغن حاوی اسیدهای چرب با بیش از دو باند دوگانه باشد (Wrolstad *et al.*, 2005). بنابراین از آنجائیکه واریته‌های متفاوت گردو در سرتاسر جهان حاوی مقدار بالای اسید لینولنیک (۹-۱۸/۵۸ درصد) (مهران، ۱۹۷۴; Amaral *et al.*, 2003; Martinez *et al.*, 2006) هستند، ممکن است تعیین جذب روغن در ۲۶۸ نانومتر برای تشخیص میزان فساد مفید باشد. به طور کلی، طی مراحل اولیه اکسایش چربی، افزایش در جذب فرابنفش به علت تشکیل دی و تری‌ان‌های مزدوج متناسب با دریافت اکسیژن و تولید پراکسیدها می‌باشد (شهیدی و همکاران، ۲۰۰۲).

عدد دی‌ان مزدوج روغن استخراج شده از گردوها طی ۷ ماه نگهداری در اتاق تغییر معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) نشان نداد و در فصل تابستان در نتیجه افزایش دمای محیط، سرعت تغییرات همانند عدد پراکسید گردوها در شرایط مشابه، افزایش یافت. عدد دی‌ان مزدوج روغن استخراج شده از مغزهای گردو و مغزهای خرد شده گردو بعد از ۵ ماه نگهداری در دمای اتاق، به ترتیب با مقادیر ۱/۳۶ و ۱/۶۶۴ تغییر معنی‌دار ( $p < 0.05$ ) نشان دادند (جدول ۴). همچنین دو نمونه اخیر در فصل تابستان حساسیت بیشتری نسبت به گردوهای کامل در شرایط مشابه نشان دادند.

عدد دی‌ان مزدوج روغن استخراج شده از مغزهای گردو بسته‌بندی شده در پلی پروپیلن و پلی اتیلن در هشتمین ماه دوره نگهداری، به ترتیب با مقادیر ۱/۳۹۶ و ۱/۳۶۵ تغییر معنی‌دار ( $p < 0.05$ ) نشان دادند و تا پایان دوره یکساله تغییر معنی‌داری مشاهده نشد. عدد دی‌ان مزدوج روغن استخراج شده از گردوها و مغزهای گردو نگهداری شده در ۴ درجه سانتی گراد در دوازدهمین ماه نگهداری، به ترتیب با مقادیر ۱/۴۰۴ و ۱/۳۹۸ به طور معنی‌داری تغییر کرد که اثر مهم دمای نگهداری را بر توسعه اکسایش گردو در طی نگهداری تایید نمود. نتایج تجزیه و تحلیل آماری برای اعداد دی‌ان مزدوج روغن استخراج شده از نمونه‌های نگهداری شده در شرایط گوناگون تقریباً مشابه نتایج کسب شده برای اعداد پراکسید آن‌ها گردید.

بر طبق جدول ۵، اعداد تری‌ان مزدوج روغن استخراج شده از گردوها، مغزهای گردو، مغزهای خرد شده گردو، مغزهای گردو بسته‌بندی شده در پلی پروپیلن حاوی دی‌اکسید کربن و گردوهای

جدول ۵- میانگین اعداد تری‌ان مزدوج (E: ۱ درصد، ۱ سانتی متر) برای نمونه‌های نگهداری شده در شرایط گوناگون طی دوره یکساله و نتایج

اثر نوع	زمان نگهداری (ماه)								نمونه‌ها <sup>۱</sup>	
	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۵	صفر		
گردو کامل	۰/۲۵۶	۰/۳۷۲	۰/۳۴۶	۰/۳۰۷	۰/۲۷۹	۰/۲۳۸	۰/۲۱۲	۰/۱۸۷	۰/۱۱۳	a, D
مغز گردو	۰/۲۷۹	۰/۴۴۲	۰/۳۸	۰/۳۲۹	۰/۳۱۴	۰/۲۶۱	۰/۲۲۸	۰/۱۶۴	۰/۱۱۳	a, E
مغز خرد شده	۰/۳۲۳	۰/۴۷۲	۰/۴۱۴	۰/۳۷۸	۰/۳۴۲	۰/۳۱۵	۰/۳۱۴	۰/۳۳۶	۰/۱۱۳	a, D
پلی پروپیلن	۰/۱۹۵	۰/۲۶۸	۰/۲۷۱	۰/۲۹۳	۰/۱۶۴	۰/۱۹۲	۰/۱۳۴	۰/۱۲۴	۰/۱۱۳	a, C
گردو کامل در ۴°C	۰/۱۹۵	۰/۲۸۵	۰/۲۵۸	۰/۲۷۴	۰/۱۷۸	۰/۲۰۳	۰/۱۳۳	۰/۱۳	۰/۱۱۳	a, B
اثر زمان نگهداری	۰/۳۶۷	۰/۳۳۴	۰/۳۱۶	۰/۲۵۵	۰/۲۴۲	۰/۲۰۴	۰/۱۶۸	۰/۱۱۳		F

میانگین‌ها در هر ستون افقی با حروف بزرگ متفاوت و در هر ستون عمودی با حروف کوچک متفاوت به طور معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) تفاوت دارند. ۱- گردو کامل، مغز گردو، مغز خردشده، مغز گردو در بسته بندی پلی پروپیلن تحت دی‌اکسید کربن در دمای اتاق (۱۹/۶-۳۳/۴ درجه سانتی گراد) و رطوبت نسبی ۳۵-۴۵ درصد) نگهداری شدند.

متفاوت اجرا شد، با این وجود اختصاصی بودن و دقت این شاخص کافی نیست به طوریکه Nawar (۱۹۹۶) گزارش نمود واکنش مالون آلدهید با پروتئین‌ها می‌تواند نتایج غلط ایجاد کند. سایر آلدهیدها نیز می‌توانند با معرف اسید تیوباریتوریک واکنش داده و رنگ قرمز را منعکس کنند (Buransompob *et al.*, 2003). بنابراین پیشنهاد می‌کنیم جهت اندازه‌گیری مالون آلدهید گردو از روش‌های استخراج و تقطیر استفاده شود که به جداسازی اولیه محصولات ثانویه اکسایش نیاز دارند و ممکن است نتایج غلط را کاهش داده یا حذف نمایند.

هیدرولیز تری گلیسرول‌ها توسط اسید، باز یا آنزیم تسریع می‌شود، اما این واکنش در دما و فشار مناسب به عنوان یک واکنش غیر تسریع شده بین چربی‌ها و آب حل شده در فاز چربی نیز رخ می‌دهد (Scrimgeour, 2005). بنابراین وجود اسیدهای چرب آزاد در روغن می‌تواند معرف فرایند ناقص، فعالیت آنزیم لیپاز یا دیگر واکنش‌های هیدرولیتیک (شهیدی و همکاران، ۲۰۰۲) باشد. وجود و افزایش اسید-های چرب آزاد طی نگهداری گردو منجر به ایجاد طعم تند و غیر قابل قبول می‌شود که بر طبق گزارش Buransompob و همکاران (۲۰۰۳) برای گردو، متناظر با مقادیر کمتر از ۱/۵ تا ۲ درصد بر حسب اسید اولئیک می‌باشد.

عدد اسید تیوباریتوریک به عنوان شاخص تشکیل مالون آلدهید برای روغن استخراج شده از نمونه‌های نگهداری شده در شرایط گوناگون در جدول ۶ نشان داده شده است. اعداد اسید تیوباریتوریک روغن استخراج شده از گردوها و مغزهای گردو نگهداری شده در دمای اتاق تنها در پنجمین ماه دوره نگهداری، به ترتیب با مقادیر ۰/۰۵۹ و ۰/۰۵۶ به طور معنی‌دار ( $p < 0.05$ ) افزایش یافت. همچنین این شاخص برای روغن استخراج شده از مغزهای خرد شده گردو در پنجمین و یازدهمین ماه نگهداری، به ترتیب با مقادیر ۰/۰۶۳ و ۰/۰۷۹ و برای روغن استخراج شده از مغزهای گردو بسته‌بندی شده با پلی پروپیلن حاوی گاز دی‌اکسید کربن و پلی اتیلن تحت خلاء تنها در هفتمین ماه دوره یکساله، به ترتیب با اعداد ۰/۰۵۵ و ۰/۰۵۱، تغییر معنی‌دار ( $p < 0.05$ ) نشان داد.

مطابق انتظار، عدد اسید تیوباریتوریک برای روغن استخراج شده از نمونه‌های نگهداری شده در ۴ درجه سانتی‌گراد طی دوره یکساله تغییر معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) نشان نداد. بر طبق جدول ۶ اثر زمان و شرایط نگهداری و اثر متقابل آن‌ها بر اعداد اسید تیوباریتوریک روغن استخراج شده از نمونه‌های نگهداری شده در شرایط گوناگون معنی‌دار شد و نتایج حاصل از شاخص‌های قبلی (اعداد پراکسید و دی و تری-ان مزدوج) تایید شد.

در پژوهش حاضر آزمون اسید تیوباریتوریک به عنوان شاخص تشکیل محصولات ثانویه برای نمونه‌های نگهداری شده در شرایط

جدول ۶- میانگین اعداد اسید تیوباریتوریک برای نمونه‌های نگهداری شده در شرایط گوناگون طی دوره یکساله و نتایج تجزیه و تحلیل آماری

نمونه‌ها <sup>۱</sup>	زمان نگهداری (ماه)							اثر نوع
	صفر	۵	۷	۸	۱۰	۱۱	۱۲	
گردو کامل	۰/۰۳۶	۰/۰۵۹	۰/۰۶۱	۰/۰۶۵	۰/۰۶۷	۰/۰۷۹	۰/۰۷۲	۰/۰۶۲
مغز گردو	۰/۰۳۶	۰/۰۵۶	۰/۰۶۲	۰/۰۷۸	۰/۰۶۹	۰/۰۸۱	۰/۰۸۱	۰/۰۶۶
مغز خرد شده	۰/۰۳۶	۰/۰۶۳	۰/۰۶۷	۰/۰۶۹	۰/۰۷۱	۰/۰۷۹	۰/۰۸۷	۰/۰۶۷
پلی‌پروپیلن	۰/۰۳۶	۰/۰۴۸	۰/۰۵۵	۰/۰۵۸	۰/۰۶۱	۰/۰۷۱	۰/۰۶۶	۰/۰۵۶
پلی‌اتیلن	۰/۰۳۶	۰/۰۴۷	۰/۰۵۱	۰/۰۵۵	۰/۰۵۶	۰/۰۸۲	۰/۰۶۴	۰/۰۵۶
گردو کامل در ۴C°	۰/۰۳۶	۰/۰۴۵	۰/۰۵	۰/۰۴۵	۰/۰۵۶	۰/۰۶۲	۰/۰۵۵	۰/۰۵
مغز گردو در ۴C°	۰/۰۳۶	۰/۰۴۶	۰/۰۵۱	۰/۰۵۴	۰/۰۵۶	۰/۰۶۷	۰/۰۵۶	۰/۰۵۲
اثر زمان نگهداری	۰/۰۳۶	۰/۰۵۲	۰/۰۵۷	۰/۰۶	۰/۰۶۲	۰/۰۷۴	۰/۰۶۹	$P < 0.05$
	F	E	D	CD	C	A	B	

میانگین‌ها در هر ستون افقی با حروف بزرگ متفاوت و در هر ستون عمودی با حروف کوچک متفاوت به طور معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) تفاوت دارند. ۱- گردو کامل، مغز گردو، مغز خرد شده، مغز گردو در بسته بندی پلی پروپیلن تحت دی‌اکسید کربن و پلی اتیلن تحت خلاء در دمای اتاق (۱۹/۶ - ۳۳/۴ درجه سانتی‌گراد رطوبت نسبی ۲۵ - ۴۵ درصد) نگهداری شدند.



جدول ۷- میانگین مقادیر اسیدیته (بر حسب درصد اسید اولئیک) برای نمونه‌های نگهداری شده در شرایط گوناگون طی دوره یکساله و نتایج تجزیه و تحلیل آماری

انواع	زمان نگهداری (ماه)								نمونه‌ها*
	۱۲	۱۰	۹	۸	۷	۵	۳	صفر	
۰/۱۷۲	۰/۳۴	۰/۲۰۵	۰/۱۸۲	۰/۱۶۵	۰/۱۵۱	۰/۱۵۲	۰/۱۱۹	۰/۰۶۴	گردو کامل
c	A, b	B, b	B, ab	BC, a	BC, abc	BC, a	CD, abc	D, a	
۰/۲۰۳	۰/۴۲۳	۰/۲۵۸	۰/۲۱۴	۰/۱۸۹	۰/۱۶۱	۰/۱۶	۰/۱۵۳	۰/۰۶۴	مغز گردو
b	A, a	B, b	BC, ab	C, a	C, ab	C, a	C, ab	D, a	
۰/۲۲۹	۰/۴۳۷	۰/۳۳	۰/۲۴۴	۰/۲۱۱	۰/۱۹۷	۰/۱۸۳	۰/۱۶۹	۰/۰۶۴	مغز خرد شده
a	A, a	B, a	C, ab	CD, a	CD, a	CD, a	D, a	E, a	
۰/۱۶۳	۰/۳۱۳	۰/۲۲۳	۰/۱۹۷	۰/۱۵۱	۰/۱۴۲	۰/۱۲۹	۰/۰۸۹	۰/۰۶۴	پلی پروپیلن
c	A, b	B, b	BC, b	CD, a	CD, abc	D, ab	DE, c	E, a	
۰/۱۷۴	۰/۳۰۴	۰/۲۲۵	۰/۲۵۹	۰/۱۹۷	۰/۱۲۱	۰/۱۲۴	۰/۱	۰/۰۶۴	پلی اتیلن
c	A, b	BC, b	AB, a	C, a	D, bcd	D, abc	D, bc	D, a	
۰/۰۸۸	۰/۱۳۲	۰/۱۰۵	۰/۰۹۲	۰/۰۷۴	۰/۰۸۵	۰/۰۸۳	۰/۰۷۳	۰/۰۶۴	گردو کامل در ۴C°
d	A, c	AB, c	AB, c	AB, b	AB, cd	AB, bc	AB, c	B, a	
۰/۰۸۹	۰/۱۵۲	۰/۱۰۹	۰/۱۰۳	۰/۰۷۴	۰/۰۶۴	۰/۰۶۸	۰/۰۷۶	۰/۰۶۴	مغز گردو در ۴C°
d	A, c	BA, c	BA, c	B, b	B, d	B, c	B, c	B, a	
P < ۰/۰۵	۰/۳	۰/۲۰۸	۰/۱۸۴	۰/۱۵۲	۰/۱۳۱	۰/۱۲۸	۰/۱۱۱	۰/۰۶۴	اثر زمان نگهداری
	A	B	C	D	E	EF	F	F	

میانگین‌ها در هر ستون افقی با حروف بزرگ متفاوت و در هر ستون عمودی با حروف کوچک متفاوت به طور معنی‌دار ( $P < ۰/۰۵$ ) تفاوت دارند. ۱- گردو کامل، مغز گردو، مغز خردشده، مغز گردو در بسته بندی پلی پروپیلن تحت دی‌اکسید کربن و پلی اتیلن تحت خلاء در دمای اتاق (۱۹/۶ - ۳۳/۴ درجه سانتی گراد) و رطوبت نسبی ۳۵ - ۴۵ درصد نگهداری شدند.

های اسیدی موجود در سیستم دخالت کنند. فساد هیدرولیتیک توسط هیدرولیز تری گلیسرول‌ها در حضور آنزیم‌هایی همانند لیپاز و استراز رخ می‌دهد که ممکن است منشأ گیاهی یا حیوانی داشته باشد (Wrolstad *et al.*, 2005). مثلاً در دانه‌های روغنی آنزیم لیپاز طی جوانه زنی تشکیل می‌شود و آنزیم لیپاز میکروبی طی دوره نگهداری گردو آزاد می‌شود (Weete, 2002).

در این مطالعه، اثر مهم کاهش دمای نگهداری بر تغییرات اسیدیته نمونه‌ها طی دوره یکساله از طریق کاهش سرعت واکنش‌های آنزیمی و فعالیت میکروارگانیسم‌های تولید کننده آنزیم‌های لیپاز و استراز مشخص شد. همچنین اثر مهم بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده بر اسیدیته، به واسطه کاهش دسترسی میکروارگانیسم‌ها به اکسیژن و اثر ضد میکروبی گاز دی‌اکسید کربن و همچنین حذف اثر عوامل محیطی توسط بسته‌بندی، واضح می‌باشد. بر خلاف سایر شاخص‌های ارزیابی شده (عدد پراکسید، اعداد دی و تری‌ان مزدوج و عدد اسید تیوباریتوریک)، تفاوت میانگین مربعات حداقل بین اسیدیته گردوهای نگهداری شده در اتاق و مغزهای گردو بسته‌بندی شده و نگهداری شده در اتاق معنی‌دار نشد. زیرا ساز و کار واکنش‌های اکسایش متفاوت از واکنش‌های هیدرولیتیک می‌باشد، در نتیجه نحوه اثر عوامل گوناگون بر هر یک از آن‌ها نیز متفاوت است.

نتایج حاصل از این تحقیق معلوم نمود که کاربرد دمای پایین بهترین شیوه برای حفظ کیفیت مغزهای گردو می‌باشد. با این حال

درصد اسیدهای چرب آزاد (اسیدیته) بر حسب درصد اسید اولئیک برای نمونه‌های نگهداری شده در شرایط گوناگون در جدول ۷ ارائه شده است. مقدار اسیدیته برای گردوهای نگهداری شده در دمای اتاق در پنجمین (۰/۱۵۲ درصد) و دوازدهمین (۰/۳۴ درصد) ماه نگهداری، برای مغزهای گردو نگهداری شده در شرایط مشابه در سومین (۰/۱۵۳ درصد)، دهمین (۰/۲۵۸ درصد) و دوازدهمین (۰/۴۲۳ درصد) ماه نگهداری و برای مغزهای خرد شده گردو نگهداری شده در دمای اتاق در سومین (۰/۱۶۹ درصد)، دهمین (۰/۳۳ درصد) و دوازدهمین (۰/۴۳۷ درصد) ماه نگهداری، به طور معنی‌دار ( $p < ۰/۰۵$ ) افزایش یافت.

اسیدیته (بر حسب درصد اسید اولئیک) مغزهای گردو بسته‌بندی شده در پلی پروپیلن حاوی گاز دی‌اکسید کربن در هفتمین (۰/۱۴۲ درصد)، دهمین (۰/۲۲۳ درصد) و دوازدهمین (۰/۳۱۳ درصد) ماه دوره یکساله به طور معنی‌دار ( $p < ۰/۰۵$ ) تغییر کرد و برای مغزهای گردو بسته‌بندی شده در پلی اتیلن تحت خلاء در هشتمین (۰/۱۹۷ درصد) و دوازدهمین (۰/۳۰۴ درصد) ماه دوره نگهداری به طور معنی‌دار ( $p < ۰/۰۵$ ) افزایش یافت. اسیدیته گردوها و مغزهای گردو نگهداری شده در ۴ درجه سانتی گراد تنها در دوازدهمین ماه دوره یکساله، به ترتیب با مقادیر ۰/۱۳۲ و ۰/۱۵۲ درصد تغییر معنی‌دار نشان داد.

معمولاً اسیدهای چرب منبع غالب گروه‌های اسید آزاد هستند، با این حال فسفات‌های اسیدی و آمینو اسیدها می‌توانند در مقدار گروه-

مزدوج و اسیدیته (بر حسب درصد اسید اولئیک) بین مغزهای گردو و مغزهای خرد شده گردو طی نگهداری یکساله در دمای اتاق معنی‌دار شد، بنابراین به منظور حفظ کیفیت گردوها توصیه می‌شود، حتی الامکان، از خرد شدن مغزهای گردو طی نگهداری و حمل و نقل ممانعت شود.

سرد کردن آجیل‌ها در مقیاس صنعتی و خانگی هزینه زیادی صرف می‌کند. بنابراین، کاربرد بسته‌بندی با اتمسفر کنترل شده را برای نگهداری مغزهای گردو پیشنهاد می‌کنیم. زیرا روغن موجود در آن را با کیفیت بالاتری نسبت به پوسته گردو حفظ می‌کند. علاوه بر این تفاوت‌های میانگین مربعات حداقل عدد پراکسید، عدد دی‌ان‌های

## منابع

- Amaral, J. S., Casal, S., Pereira, J., Seabra, R. & Oliveira, B., 2003, Determination of sterol and fatty acid compositions, oxidative stability, and nutritional value of six walnut (*Juglansregia L.*) cultivars grown in Portugal. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 7698–7702.
- AOAC, 2005, Official methods of the Association of Official Analytical Chemists. (18th ed.). Gaithersburg: AOAC International.
- AOCS, 1998, 2003, 2009, Official method of analysis. Washington, DC: American Oil Chemical Society. Chemical Society.
- Blomhoff, R., Carlsen, M. H., Andersen, L. F. & Jacobs, D. R., 2006, Health benefitsof nuts: potential role of antioxidants. *British Journal of Nutrition*, 96, 52-60.
- Brecht, P. E., 1980, Use of controlled atmospheres to retard deterioration of produce. *Food Technology*, 34, 45-50.
- Buransompob, A., Tang, J., Mao, R. & Swanson, B. G., 2003, Rancidity of walnuts and almonds affected by short time heat treatmentsfor insect control. *Journal of Food Processing and Preservation*, 27(6), 445-464.
- Christopoulos, M. V. & Tsantili, E., 2011, Effects of temperature and packaging atmosphere on total antioxidants and colour of walnut (*Juglansregia L.*) kernels during storage. *Journal of ScientiaHorticulturae*, 131, 49-57.
- Davis, L., Stonehouse, W., Loots, D. T., Mukuddem-Petersen, J., Westhuizen, F. H. V. D., Hanekom, S. M. & Jerling, J. C., 2007, The effects of high walnut and cashew nut diets on the antioxidant status of subjects with metabolic syndrome. *European Journal of Nutrition*, 46(3), 155-164.
- FAO, 1982, Food composition tables for the near east. Available from internet: <http://www.fao.org/DOCREP/003/X6879E/X6879E06.htm>.
- Garcia-Pascual, P., Mateos, M., Carbonell, V. & Salazar, D. M., 2003, Influence of Storage Conditions on the Quality of Shelled and Roasted Almonds. *Biosystems Engineering*, 84(2), 201-209.
- Hotchkiss, J. H., 1988, Experimental approaches to determining the safety of food packaged in modified atmospheres. *Food Technology*, 42(9), 55-64.
- IUPAC, 1987, Method 2.505. Evidence of purity and deterioration from ultraviolet spectrophotometry. (7th ed.). In C. Paquot & A. Hautfenne (Eds.), *Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivatives* (pp. 212-213). Palo Alto, Calif: Blackwell Scientific.
- Jan, M., Farkas, J., Langerek, D. I., Wolters, T. G., Kamp, H. J. V. D. & Muuse, B. G., 1998, The effect of packaging and storage conditions on the keeping quality of walnuts treated with disinfestation doses of gamma rays. *Acta Alimentaria*, 17, 13–31.
- Kacyn, L. J., Saguay, I. & Karel, M., 1983, Kinetics of oxidation of dehydrated food at low oxygen pressures. *Journal of Food Processing and Preservation*, 7(3), 161-178.
- Koyuncu, M. A. & Askin, M. A., 1999, Studies on the storage of some walnut types grown around Van Lake. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23, 785–796.
- Kulas, E. & Ackman, R. G., 2001, Different tocopherols and the relationship between two methods for determination of primary oxidation products in fish oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 1724-1729.
- Lee, S. Y. & Krochta, J. M., 2002, Accelerated shelf life testing of whey- protein – coated peanuts analysed by static headspace gas chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 2022- 2028.
- Lopez, A., Pique, M. T., Romero, A. & Aleta, N., 1995, Influence of cold-storage conditions on the quality of unshelled walnuts. *International Journal of Refrigeration*, 18(8), 544-549.
- Lopez-Duarte, A. L., & Vidal-Quintanar, R. L., 2009, Oxidation of linoleic acid as a marker for shelf life of corn flour. *Food Chemistry*, 114(2), 478-483.
- Marmesat, S., Morales, A., Velasco, J., Ruiz-Mendez, M. V. & Dobarganes, M. C., 2009, Relationship between changes in peroxide value and conjugated dienes during oxidation of sunflower oils with different degree of unsaturation. *GrasasyAceites (Sevilla)*, 60(2), 155-160.
- Martinez, M. L., Mattea, M. A. & Maestri, D. M., 2006, Varietal and crop year effects on lipid composition of walnut (*Juglansregia*) genotypes. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83(9), 791-796.
- Maskan, M. & Karatas, S., 1999, Storage stability of whole-split pistachio nuts (*Pistachiavera L.*) at various conditions. *Food Chemistry*, 66(2), 227-233.

- Maskan, M. and Karatas, S., 1997, Fatty Acid Oxidation of Pistachio Nuts Stored Under Various Atmospheric Conditions and Different Temperatures. *Journal Science Food Agriculture* 77: 334-340.
- Mehran, M., 1974, Oil characteristics of Iranian walnuts. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 51(11), 477-478.
- Mexis, S. F., Badeka, A. V., Riganakos, K. A., Karakostas, K. X. & Kontominas, M. G., 2008, Effect of packaging and storage conditions on quality of shelled walnuts. *Food Control*, 20, 743-751
- Nawar, W. W., 1996, Lipids. In O. R. Fennema (Ed.), *Food chemistry*, 3th ed. (pp. 225-320). New York: Marcel Dekker, Inc.
- Osterberg, K., Savage, G. P. & McNeil, D. L., 2001, Oxidative stability of walnuts during long term in shel storage. *ActaHorticulturae (ISHS)*, 544, 591-597.
- Özcan, M. M., Iman, C. & Arslan, D., 2010, Physico-chemical properties, fatty acid and mineral content of some walnuts (*Juglans regia L.*) types. *Journal of Agricultural Sciences* 1(2): 62-67.
- Scrimgeour, C., 2005, Chemistry of Fatty Acids. In F. Shahidi (Ed.), *Bailey's industrial oil and fats products* (pp. 1-43). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Shahidi, F., 2005, Quality Assurance of Fats and Oils. In F. Shahidi (Ed), *Baileys industrial oil and fat products* (pp. 565-575). New Jersey: A John Wiley & Sons, Inc.
- Shahidi, F. & John, J. A., 2010, Oxidation and protection of nuts and nut oils. In E. A. Decker, R. J. Elias, & D. J. McClements (Eds.), *Oxidation in foods and beverages and antioxidant applications* (pp. 274-297). Cambridge: Woodhead Publishing.
- Shahidi, F. & Wanasundara, U. N., 2002, Methods for Measuring Oxidative Rancidity in Fats and Oils. In C. C. Akoh, & D. B. Min (Eds.), *Food Lipids* (pp. 483- 505). New York: Marcel Dekker.
- Shahidi, F. & Wanasundara, P. K. J. P. D., 2002, Extraction and Analysis of Lipids. In C. C. Akoh, & D. B. Min (Eds.), *Food Lipids* (pp. 151-186). New York: Marcel Dekker.
- Shahidi, F. & Zhong, Y., 2005, Lipid Oxidation: Measurement Methods. In F. Shahidi (Ed), *Baileys industrial oil and fat products* (pp. 357-385). New Jersey: A John Wiley & Sons, Inc.
- Spaccarotella, K. J., Kris-Etherton, P. M., Stone, W. L., Bagshaw, D. M., Fishell, V. K., West, S. G., Lawrence, F. R. & Hartman, T. J., 2008, The effect of walnut intake on factors related to prostate and vascular health in older men. *Nutrition Journal*, 7(13).
- Stark, C., Mc Neil, D. L. & Savage, G. P., 2000, The effect of storage conditions on the stability of peroxide values of New Zealand grown walnuts. *Proceedings of the Nutrition Society of New Zealand*, 25, 43-54.
- Vanhanen, L. P. & Savage, G. P., 2006, The use of peroxide value as a measure of quality for walnut flour stored at five different temperatures using three different types of packaging. *Food Chemistry*, 99(1), 64-69.
- Wanasundara, U. N., Shahidi, F. & Jablonski, C. R., 1995, Comparison of standard and NMR methodologies for assessment of oxidative stability of canola and soybean oils. *Food Chemistry*, 52(3), 249-253.
- Weete, J. D., 2002, Microbial Lipases. In C. C. Akoh, & D. B. Min (Eds.), *Food Lipids* (pp. 831-856). New York: Marcel Dekker.
- Wrolstad, R. E., Acree, T. E., Decker, E. A., Penner, M. H., Reid, D. S., Schwartz, S. J., Shoemaker, C. F., Smith, D. & Sporns, P., 2005, *Handbook of Food Analytical Chemistry: Water, Proteins, Enzymes, Lipids, and Carbohydrates*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., (Units D2.1 & D1.4).
- Young, C. K. & Cunningham, S., 1991, Exploring the partnership of almonds with cereal foods. *Cereal Foods World*, 36(5), 412-418.