

بررسی خواص کیفی مغز بنه واریته موتیکا (*Pistacia atlantica* var. *mutica*)

تحت شرایط نگهداری و بسته بندی مختلف

ناصر صداقت^{۱*} جواد توکلی^۲

تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۲۰

تاریخ پذیرش: ۹۰/۵/۱۰

چکیده

نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع و مقدار ترکیبات توکوفرولی و پلی فنلی روغن مغز بنه در لحظه صفر به ترتیب ۶/۸ و ۷۲۵/۲۸ و ۴۰/۱ میلی گرم در کیلوگرم روغن بود. همچنین خصوصیات کیفی روغن مغز بنه (عدد پراکسید، عدد دی‌ان مزدوج و عدد کربونیل) در لحظه صفر نشان داد که حداقل اکسایش لیپیدی در مغز بنه صورت گرفته است. شدت افزایش عدد پراکسید و عدد دی‌ان مزدوج روغن نمونه‌های مغز بنه بسته‌بندی شده در کیسه‌های چهارلایه پلاستیکی PA/PE/PA/PE تحت هوا و خلأ و همچنین کیسه های سه لایه پلاستیکی PET/AL/LLDPE تحت هوا و خلأ طی ۱۲ هفته نگهداری در سه دمای ۲۰، ۳۵ و ۵۰°C بیانگر عدم تغییرات معنی دار در این دو شاخص بود اما میزان کاهش ترکیبات پلی فنلی و توکوفرولی در روغن این نمونه‌ها در سه دمای مختلف، اختلاف معنی داری ($p < 0.05$) داشت. شدت کاهش ترکیبات توکوفرولی در بدترین شرایط ۱۷/۹ درصد بود که عامل پایداری بسیار بالا مغز بنه نسبت به اکسایش لیپیدی در پایان دوره نگهداری ۱۲ هفته ای شد. روند تغییرات شاخص‌های ذکر شده، طی دوره نگهداری در سه دمای مختلف نشان داد که اثر شرایط بسته‌بندی باعث اختلافاتی در روند تغییر این کمیت‌ها شد به خصوص در دمای ۵۰°C. بسته‌بندی نمونه‌های مغز بنه با کیسه سه لایه پلاستیکی PET/AL/LLDPE تحت خلأ نسبت به بسته‌بندی های دیگر بهترین شناخته شد.

واژه‌های کلیدی: مغز بنه، بسته بندی، ساختار اسید چربی، ترکیبات توکوفرولی، عدد پراکسید، عدد دی‌ان مزدوج، ترکیبات فنلی، عدد کربونیل

مقدمه

پسته با نام علمی *Pistacia* جزء خانواده Anacardiaceae طبقه بندی می‌شود که شامل یازده گونه می‌باشد. سه گونه پسته در ایران وجود دارد که شامل پسته خندان (*Pistacia vera*)، بنه (*Pistacia atlantica*) و خنجوک (*Pistacia khinjuk*) است. بنه از جمله گونه های وحشی پسته می‌باشد که انتشار آن از جزایر قناری و کشورهای ساحل دریای مدیترانه شروع می‌شود و تا آسیای صغیر، سوریه، قفقاز، ایران، افغانستان و پاکستان امتداد می‌یابد. بنه در ایران در حدفاصل استانهای فارس و کردستان به صورت انبوه و در بقیه نقاط کشور به صورت پراکنده دیده می‌شود (Padulosi and Hadj-).

(Hassan, 1998). درختان بنه بیش از یک میلیون و دویست هزار هکتار از جنگلهای کشور را به خود اختصاص می‌دهند. سه واریته برای بنه شناسایی شده است که عبارتند از موتیکا^۳، کردیکا^۴ و کابولیکا^۲. رایج‌ترین واریته بنه در ایران موتیکا می‌باشد که بیش از ۹۵ درصد درختان بنه را به خود اختصاص داده است (Farhoosh et al, 2008).

مغز بنه بیش از ۶۵ درصد میوه بنه را شامل می‌شود که میزان روغن آن ۶۰ درصد می‌باشد. در مورد خصوصیات مغز بنه مطالعات محدودی صورت گرفته است. دانشراد و آینه چی (۱۹۸۰) ساختار اسید چربی روغن مغز بنه واریته موتیکا را بررسی کردند که اسید اولئیک (۴/۵۰ درصد) و اسید لینولئیک (۸/۳۰ درصد)، اسیدهای چرب غالب در روغن مغز بنه شناخته شدند. همچنین اسید چرب اشباع غالب این

۶ دانشیار گروه علوم صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد

۴ دانشجوی دکتری گروه علوم صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد و عضو

هیأت علمی دانشگاه چهرم

(Email: Sedaghat@um.ac.ir)

* نویسنده مسئول:

2 Mutica
3 Kurdica
4 Cabulica

تعیین و بر اساس درصد نسبی سطوح گزارش شد. اسیدهای چرب استریفیه شده با استرهای متیل اسیدهای چرب^۲ همخوانی داشت که از تکان دادن شدید محلول‌های روغن در هگزان (۰/۳ گرم در ۷ میلی لیتر) با ۲ میلی لیتر هیدراکسید پتاسیم متانولی در دمای ۵۰°C به مدت ۱۰ دقیقه ایجاد شد. استرهای متیل اسیدهای چرب با استفاده از کروماتوگراف HP-5890 (Hewlett-Packard, CA, USA) مجهز به ستونهای موبینه CP-FIL88 شیشه ای سیلیکا، ۶۰ متر طول در ۰/۲۲ میلی متر I.D، ۰/۲ میکرومتر ضخامت فیلم و شناساگر یونی شعله‌ای^۳ شناسایی شد. گاز نیتروژن به عنوان گاز حامل با سرعت جریان ۰/۷۵ میلی لیتر در دقیقه استفاده شد. آون در دمای ۱۹۸°C و تزریق‌کننده و شناساگر در دمای ۲۵۰°C حفظ شد.

محاسبه شاخص اکسایش‌پذیری^۴

شاخص اکسایش‌پذیری روغنها بر اساس درصد اسیدهای چرب غیر اشباع ۱۸ کربنه بر طبق فرمول ذیل محاسبه شد:

$$\text{oxidizibility} = \frac{[1(\text{C18:1\%}) + 10.3(\text{C18:2\%}) + 21.6(\text{C18:3\%})]}{100} \quad (1)$$

که 1:C18، 2:C18 و 3:C18 به ترتیب اسیدهای چرب اولئیک، لینولئیک و لینولینیک هستند (Fatemi and Hammond, 1980).

عدد یدی^۵

عدد یدی برای نمونه شاهد بر اساس روش فایرستون بر اساس تجزیه اسیدهای چرب محاسبه شد (AOCS, 1993).

ترکیبات پلی فنلی کل^۶

مقدار ترکیبات پلی فنلی کل به روش توضیح داده شده توسط کاپانسی و همکاران براساس اسید گالیک تعیین شد (Capannesi et al, 2000).

ترکیبات توکوفرولی کل^۷

مقدار ترکیبات توکوفرولی کل به روش ونگ و همکاران بر اساس آلفا توکوفرول تعیین شد (Wong et al, 1988).

روغن نیز اسید پالمیتیک (۱۲/۲ درصد) بود (۳). فرهوش و توکلی (۲۰۰۸) نیز ساختار شیمیایی و پایداری اکسایشی روغن مغز دو وارپته بنه (موتیکا و کردیکا) را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که روغن مغز بنه وارپته موتیکا یکی از پایدارترین روغنهای خوراکی نسبت به اکسایش لیپیدی با ویژگیهای تغذیه‌ای بسیار مناسب می‌باشد (Farhoosh et al, 2008). بنابراین با توجه به ویژگیهای مناسب مغز بنه، انجام مطالعه ای در مورد بسته بندی مغز بنه وارپته موتیکا به عنوان رایج‌ترین وارپته بنه در ایران امری لازم و ضروری می‌باشد. لذا در این مطالعه، به بررسی خواص کیفی مغز بنه وارپته موتیکا تحت شرایط نگهداری و بسته بندی مختلف پرداخته شد.

مواد و روشها

مواد اولیه

۲۰ کیلوگرم نمونه بنه وارپته موتیکا از شهرستان مرودشت واقع در استان فارس جمع آوری و در دمای ۹۸°C نگهداری شد. مواد شیمیایی مورد نیاز نیز از دو شرکت مرک و سیگما تهیه شد.

تزریق گاز، بسته بندی و شرایط نگهداری

از دو زیرگونه مختلف بسته و با مشخصات معین جهت تیمار بندی نمونه‌ها استفاده گردید که شامل کیسه‌های چهار لایه PA/PE/PA/PE با ضخامت ۸۰ میکرون و سه لایه PET/AL/LLDPE با ضخامت ۹۰ میکرون بود. بسته بندی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه بسته بندی گاز هنکلمن مدل 200A انجام شد. هر بسته شامل ۲۰۰ گرم مغز بنه بود و با هوای معمولی و خلأ بسته بندی شدند. از هر نمونه سه تکرار تهیه گردید که بعد از کدزنی و شماره گذاری در سه دمای ۲۰، ۳۵ و ۵۰°C نگهداری شدند. نمونه ها هر چهار هفته یک بار به صورت صفر، ۴، ۸ و ۱۲ هفته بعد از بسته بندی به منظور انجام آزمونهای لازم مورد ارزیابی قرار گرفتند.

استخراج روغن

بعد از پودر کردن مغز بنه در آسیاب، با هگزان نرمال به نسبت حجمی ۱ به ۴ مخلوط گردید. عملیات استخراج به مدت ۴۸ ساعت در تاریکی و دمای محیط با تکان دادن شدید صورت گرفت. حلال در آون تحت خلأ در دمای ۴۰°C جدا شد (Farhoosh and tavakoli, 2008).

تجزیه اسیدهای چرب

ترکیب اسید چربی نمونه روغن به وسیله کروماتوگرافی گاز مایع^۱

1- Gas-liquid chromatography

2- FAME

3 -FID

4 -Oxidizibility

5 -Iodine value (IV)

6- Total phenolics content (TP)

7 -Total tocopherols content (TT)

چرب اشباع نیز در این روغن ۶/۸ بدست آمد. وجود مقدار زیادی از اسیدهای چرب غیر اشباع به ویژه اسید چرب ضروری (اسید لینولئیک) در روغن مغز بنه نشان از ارزش تغذیه‌ای بالای این روغن داشت. ساختار اسید چربی روغن مغز بنه وارپته موتیکا در این پژوهش به ساختار اسید چربی گزارش شده برای این روغن توسط دانشراد و آینه‌چی (۱۹۸۰) و فرهوش و توکلی (۲۰۰۸) نزدیک بود.

شاخص اکسایش پذیری روغن بنه ۳/۹ محاسبه گردید (جدول ۱). این شاخص برای روغنهای زیتون، بادام زمینی، سبوس برنج، کانولا، کنجد، پنبه دانه، ذرت، آفتابگردان، و سویا بر اساس مقدار متوسط اسیدهای چرب در استاندارد کدکس به ترتیب ۲/۱۵، ۳/۰۸، ۴/۴۸، ۴/۹۲، ۵/۰۴، ۵/۲۱، ۵/۶۹، ۷/۳۱ و ۷/۵۵ می‌باشد. پایین‌تر بودن این شاخص نشان‌دهنده پایداری اکسایشی بهتر روغنهای خوراکی است (Gunstone, 2002) بنابراین روغن مغز بنه وارپته موتیکا بر اساس این شاخص جزء روغنهای نسبتاً پایدار می‌باشد.

عدد یدی که نشان‌دهنده درجه غیر اشباعیت روغنهای خوراکی است، برای روغن مغز بنه ۱۰۲/۹۸ بدست آمد (جدول ۱). این مقدار قابل مقایسه با روغن پنبه دانه (۱۹۹ +۱۹) و روغن خردل (۲۲۵ +۹۲) بود (Shahidi, 2005).

مقدار ترکیبات توکوفرولی در روغن مغز بنه ۲۲۵/۲۸ میلی‌گرم در کیلوگرم روغن بود (جدول ۱). ملاحظه شد که روغن بنه منبع غنی از توکوفرول می‌باشد که مقدار این ترکیبات بیشتر از مقدار گزارش شده برای روغنهای معمول خوراکی مانند کانولا، آفتابگردان، پنبه دانه و ذرت است که به ترتیب ۶۹۵، ۶۴۰، ۶۳۰ و ۶۰۵ میلی‌گرم در کیلوگرم روغن می‌باشد (۵). توکوفرولها اجزاء مهم و کاربردی مواد غیرصابونی روغنهای گیاهی هستند که نقش آنتی‌اکسیدانی دارند و به عنوان ویتامین E فعال هستند که نقش مهمی در سلامت انسان ایفا می‌کنند.

مقدار ترکیبات پلی‌فنلی روغن مغز بنه ۴۰/۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم روغن بدست آمد (جدول ۱). اگرچه ترکیبات پلی‌فنلی در کنار ترکیبات توکوفرولی، به خاطر داشتن فعالیت آنتی‌اکسیدانی مورد توجه هستند در عین حال دارای فعالیت بیولوژیکی در موجودات زنده نیز می‌باشند و مانع از بروز بیماریهای ناشی از تشکیل رادیکالهای اضافی در بدن انسان می‌شوند (Gunstone, 2002).

همانگونه که در جدول ۱ ذکر شده است سه کمیت عدد پراکسید، عدد دی‌ان مزدوج و عدد کربونیل به عنوان شاخصهای کیفی (از نظر فرایند اکسایش لیپیدی) روغن مغز بنه اندازه‌گیری شدند. عدد پراکسید این روغن ۰/۸۷ میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم تعیین شد که بیانگر دوره نگهداری کوتاه مدت با شرایط مطلوب مغز بنه بود. پایین بودن عدد دی‌ان مزدوج روغن مغز بنه نیز (۴/۷۱) این موضوع را تأیید کرد. همچنین میزان عدد کربونیل که نشان‌دهنده محصولات ثانویه اکسایش لیپیدی هست، در روغن مغز بنه ۳/۲۶ میکرومول بر گرم

عدد پراکسید^۱

روش اسپکتروفوتومتری توضیح داده شده توسط شانثا و دکر برای تعیین عدد پراکسید استفاده گردید (Shantha and Decker, 1994).

عدد دی‌ان مزدوج^۲

عدد دی‌ان مزدوج نمونه‌های روغن به روش ارائه شده توسط ساگوی اندازه‌گیری شدند (Saguy et al, 1996).

عدد کربونیل^۳

عدد کربونیل روغن نمونه شاهد به روش توضیح داده شده توسط اندو و همکاران (۴) با استفاده از ۴ پروپانول و ۴۰۲ دکادی انال به ترتیب به عنوان حلال و استاندارد تعیین شد (Farhoosh and Moosavi, 2006).

تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمایشها در قالب طرح آزمایشی کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. میانگین‌ها با نرم‌افزار MStatC و بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد (p<۰/۰۵) مقایسه شدند. به منظور برازش دهی منحنی‌ها از نرم‌افزار SigmaStat استفاده شد. نمودارها با نرم‌افزار Microsoft Excel ترسیم گردیدند.

نتایج و بحث

جدول ۱ برخی از ویژگیهای شیمیایی و کیفی روغن مغز بنه وارپته موتیکا در لحظه صفر را نشان می‌دهد. روغن مغز بنه حاوی اسیدهای چرب معمول در روغنهای گیاهی مانند اسید پالمیتیک (۹/۷ درصد)، اسید استئاریک (۲/۷۲ درصد)، اسید پالمیتوئولیک (۱/۶۹ درصد)، اسید اولئیک (۵۳/۰۴ درصد)، اسید لینولئیک (۳۰/۸۵ درصد) و اسید لینولئیک (۰/۸۹ درصد) بود. اسیدهای چرب غالب این روغن، به ترتیب اسید اولئیک و اسید لینولئیک بودند بنابراین با توجه به غالب بودن این دو اسید چرب و ناچیز بودن مقدار اسید لینولئیک در آن، روغن مغز بنه در گروه روغنهای اسید اولئیک لینولئیک قرار می‌گیرد. مقدار کل اسیدهای چرب اشباع^۴، مقدار کل اسیدهای چرب غیر اشباع دارای یک پیوند دو گانه^۵ و مقدار کل اسیدهای چرب غیر اشباع دارای چند پیوند دوگانه^۶ به ترتیب ۱۲/۷۱، ۵۴/۷۳ و ۳۱/۷۴ درصد بود. همچنین نسبت اسیدهای چرب غیر اشباع به اسیدهای

- 1- Peroxide value (PV)
- 2-Conjugated diene value (CDV)
- 3- Carbonyl value (CV)
- 4- Saturated fatty acids (SFA)
- 5 -Monounsaturated fatty acids (MUFA)
- 6 -Polyunsaturated fatty acid (PUFA)

گرفته و نمونه بنه در شرایط بسیار مناسب کیفی قرار داشته است. مقایسه شیب تغییر معادلات خطی برازش یافته (کمیت a) به عنوان معیاری از سرعت افزایش عدد پراکسید طی ۱۲ هفته نگهداری در سه دمای مختلف (۲۰، ۳۵ و ۵۰ °C) در دو بسته‌بندی شامل کیسه‌های چهار لایه PA/PE/PA/PE و سه لایه PET/AL/LLDPE تحت هوا و خلأ در جدول ۲ آورده شده است.

بدست آمد. بنا بر گزارش وایت (۱۹۹۵)، عدد کربونیل روغن مغز بنه برای روغنهایی که به خوبی تصفیه شده باشند، بین ۰/۵ تا ۲ میکرومول بر گرم است که با توجه به تصفیه نشدن روغن مغز بنه، این روغن دارای عدد کربونیل بسیار پایینی بود. با ملاحظه سه عدد پراکسید، عدد دی آن مزدوج و عدد کربونیل روغن مغز بنه، مشخص شد که در لحظه صفر این پژوهش، واکنشهای اکسایش لیپیدی در مغز بنه در سطح بسیار کم صورت

جدول ۱ - ویژگیهای شیمیایی و کیفی روغن مغز بنه وارسته موتیکا (± انحراف معیار)

نتایج	ویژگی شیمیایی	نتایج	ویژگی شیمیایی
۰/۶۸ ± ۳۱/۷۴	اسیدهای چرب غیراشباع دارای چند پیوند دوگانه کل	۰/۴۴ ± ۰/۲۹	اسید میریستیک (۱۴:۰)
۰/۳۷ ± ۶/۸۰	نسبت اسیدهای چرب غیر اشباع به اشباع	۰/۶۳ ± ۹/۷۰	اسید پالمیتیک (۱۶:۰)
۰/۱۹ ± ۳/۹۰	شاخص اکسایش پذیری	۰/۱۱ ± ۱/۶۹	اسید پالمیتوئولیک (۱۶:۱)
۱/۱۵ ± ۱۰۲/۹۸	عدد یدی (گرم ملکول ید در ۱۰۰ گرم روغن)	۰/۲۵ ± ۲/۷۲	اسید استئاریک (۱۸:۰)
۱۱/۲۴ ± ۷۲۵/۲۸	ترکیبات توکوفرولی (میلی گرم در کیلوگرم روغن)	۰/۳۰ ± ۵۳/۰۴	اسید اولئیک (۱۸:۱)
۰/۵۵ ± ۴۰/۱	ترکیبات پلی فنلی (میلی گرم در کیلوگرم روغن)	۰/۷۷ ± ۳۰/۸۵	اسید لینولیک (۱۸:۲)
۰/۰۹ ± ۰/۸۷	عدد پراکسید (میلی اکی والان گرم بر کیلوگرم روغن)	۰/۲۳ ± ۰/۸۹	اسید لینولیک (۱۸:۳)
۰/۵۵ ± ۴/۷۱	عدد دی آن مزدوج	۰/۸۲ ± ۱۲/۷۱	اسیدهای چرب اشباع کل
۰/۲۸ ± ۳/۲۶	عدد کربونیل (میکرومول بر گرم روغن)	۰/۳۶ ± ۵۴/۷۳	اسیدهای چرب غیراشباع دارای یک پیوند دوگانه کل

تحت هوا به ترتیب ۰/۱۳۲۳ و ۰/۱۵۴۸ بدست آمد. بنابراین در دمای ۵۰ °C مشاهده شد که تأثیر مضاعف خلأ و کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE باعث کاهش معنی‌دار (P<۰/۰۵) شیب تغییر عدد پراکسید روغن مغز بنه نمونه‌ای که در این شرایط بسته بندی شده بود، نسبت به نمونه‌های دیگر، طی دوره نگهداری گردید. تغییرات عدد پراکسید روغن نمونه‌های مختلف بسته‌بندی شده مغز بنه طی ۱۲ هفته نگهداری در دو دمای ۲۰ و ۳۵ °C به نتایج گزارش شده توسط وانهانن و ساواجی نزدیک بود که با قرار دادن نمونه‌های مختلف پودر گردو در سه بسته بندی مختلف (ظرف پلاستیکی PP و پاکتهای مقوایی حاوی لایه پلاستیکی و مقوای مانیلا) برای ۲۶ هفته، در چهار دمای ۴/۶، ۳/۳، ۱۰/۴ و ۲۳ °C و شاخص قرار دادن عدد پراکسید برای ارزیابی کیفیت، به این نتیجه رسیدند که با نگهداری پودر گردو در دمای زیر ۲۳ °C و کنترل رطوبت در تمامی تیمارهای بسته بندی، تغییر چندانی در کیفیت پودر گردو صورت نمی‌گیرد (۱۶).

همانگونه که مشاهده می‌شود، بین شیب تغییر عدد پراکسید روغن نمونه‌های مختلف بسته‌بندی شده در ۲۰ و ۳۵ °C طی ۱۲ هفته نگهداری اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) وجود نداشت. با نگهداری نمونه‌ها در این دو دما طی ۱۲ هفته، عدد پراکسید نسبت به لحظه صفر بین ۶/۶۴ تا ۸/۷۱ درصد افزایش داشت که نشانگر تغییرات ناچیز این شاخص در مغز بنه بود اما در دمای ۵۰ °C بین شیب تغییرات روغن مغز بنه بسته‌بندی‌های مختلف نسبت به همدیگر و همچنین نسبت به نمونه‌های نگهداری شده در دو دمای ۲۰ و ۳۵ °C اختلاف کاملاً معنی‌دار (P<۰/۰۵) وجود داشت. بیشترین شیب تغییر عدد پراکسید (۰/۱۷۵۵) روغن مغز بنه، در روغن نمونه نگهداری شده در کیسه چهار لایه PA/PE/PA/PE تحت هوا در دمای ۵۰ °C بدست آمد. همچنین کمترین شیب تغییر عدد پراکسید (۰/۱۰۵۵) در دمای ۵۰ °C مربوط به نمونه بسته بندی شده در کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت خلأ بود. شیب تغییرات عدد پراکسید دو نمونه بسته بندی شده در کیسه چهار لایه PA/PE/PA/PE تحت خلأ و کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE

جدول ۴ نتایج محاسبه شده از معادله خطی برازش یافته برای تغییرات عدد پراکسید (PV) روغن نمونه‌های بسته‌بندی شده مغز بنه در شرایط مختلف، طی ۱۲ هفته نگهداری*

PV= a(time) + b			
R ²	b ± SE	a ± SE	تیمار
۲۰°C			
۰/۹۱	^a ۰/۰۹ ± ۰/۹۸۲	^{de} ۰/۰۱۳ ± ۰/۰۷۵۵	کیسه چهار لایه PA/PE/PA/PE تحت هوا
۰/۹۶	^a ۰/۰۷ ± ۰/۹۰۵	^e ۰/۰۱۲ ± ۰/۰۶۷۵	کیسه چهار لایه PA/PE/PA/PE تحت خلأ
۰/۹۳	^a ۰/۱۵ ± ۰/۹۸۷	^{de} ۰/۰۱۷ ± ۰/۰۸۵۵	کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت هوا
۰/۹۵	^a ۰/۱۲ ± ۰/۸۸۱	^{de} ۰/۰۱۵ ± ۰/۰۸۲۷	کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت خلأ
۳۵°C			
۰/۸۷	^a ۰/۱۹ ± ۰/۷۳۴	^{de} ۰/۰۱۸ ± ۰/۰۸۷۱	کیسه چهار لایه PA/PE/PA/PE تحت هوا
۰/۹۵	^a ۰/۰۹ ± ۰/۸۷۱	^e ۰/۰۰۹ ± ۰/۰۶۶۵	کیسه چهار لایه PA/PE/PA/PE تحت خلأ
۰/۹۶	^a ۰/۱۲ ± ۰/۸۹۶	^e ۰/۰۱۳ ± ۰/۰۶۶۴	کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت هوا
۰/۸۸	^a ۰/۱۸ ± ۰/۷۳۲	^{de} ۰/۰۱۵ ± ۰/۰۷۹۳	کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت خلأ
۵۰°C			
۰/۹۸	^a ۰/۱۲ ± ۰/۸۳۷	^a ۰/۰۱۵ ± ۰/۱۷۵۵	کیسه چهار لایه PA/PE/PA/PE تحت هوا
۰/۹۸	^a ۰/۱۵ ± ۰/۸۲۹	^c ۰/۰۰۹ ± ۰/۱۳۲۳	کیسه چهار لایه PA/PE/PA/PE تحت خلأ
۰/۹۷	^a ۰/۱۱ ± ۰/۷۳۹	^b ۰/۰۱۱ ± ۰/۱۵۴۸	کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت هوا
۰/۹۳	^a ۰/۱۷ ± ۰/۸۱۲	^d ۰/۰۲۲ ± ۰/۱۰۵۵	کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت خلأ

* اعداد (± خطای استاندارد) دارای حروف مشترک در هر ستون از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن، $P < 0.05$)
 * a: شیب تغییر معادله
 * b: عرض از مبدأ معادله

جدول ۳ عدد دی‌ان مزدوج روغن نمونه‌های بسته بندی شده مغز بنه در شرایط مختلف طی ۱۲ هفته نگهداری*

تیمار	لحظه صفر	هفته چهارم	هفته هشتم	هفته دوازدهم
۲۰°C				
کیسه چهار لایه PA/PE/PA/PE تحت هوا	^{Aa} ۰/۵۵ ± ۴/۷۱	^{Ac} ۰/۳۱ ± ۴/۸۱	^{Ac} ۰/۷۲ ± ۴/۹۲	^{Ad} ۰/۱۵ ± ۴/۹۸
کیسه چهار لایه PA/PE/PA/PE تحت خلأ	^{Aa} ۰/۵۵ ± ۴/۷۱	^{Ac} ۰/۶۷ ± ۴/۶۹	^{Ac} ۰/۲۵ ± ۴/۸۵	^{Ad} ۰/۲۶ ± ۴/۸۸
کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت هوا	^{Aa} ۰/۵۵ ± ۴/۷۱	^{Ac} ۰/۵۳ ± ۴/۷۲	^{Ac} ۰/۳۹ ± ۴/۹۵	^{Ad} ۰/۳۴ ± ۴/۹۶
کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت خلأ	^{Aa} ۰/۵۵ ± ۴/۷۱	^{Ac} ۰/۴۹ ± ۴/۸۳	^{Ac} ۰/۷۹ ± ۴/۹۳	^{Ad} ۰/۴۳ ± ۵/۰۲
۳۵°C				
کیسه چهار لایه PA/PE/PA/PE تحت هوا	^{Ba} ۰/۵۵ ± ۴/۷۱	^{Aa} ۰/۵۸ ± ۶/۵۵	^{Aab} ۰/۸۲ ± ۷/۱۳	^{Ab} ۰/۹۱ ± ۷/۲۶
کیسه چهار لایه PA/PE/PA/PE تحت خلأ	^{Ba} ۰/۵۵ ± ۴/۷۱	^{Aab} ۰/۳۱ ± ۶/۰۲	^{Aab} ۰/۷۶ ± ۶/۴۵	^{Abc} ۰/۵۲ ± ۶/۷۳
کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت هوا	^{Ba} ۰/۵۵ ± ۴/۷۱	^{Aab} ۰/۹۵ ± ۶/۲۰	^{Aab} ۰/۶۳ ± ۶/۵۲	^{Ab} ۰/۶۲ ± ۷/۷۴
کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت خلأ	^{Ba} ۰/۵۵ ± ۴/۷۱	^{ABab} ۰/۵۶ ± ۵/۷۷	^{Ab} ۰/۴۸ ± ۶/۲۱	^{Abc} ۰/۴۸ ± ۶/۸۷
۵۰°C				
کیسه چهار لایه PA/PE/PA/PE تحت هوا	^{Da} ۰/۵۵ ± ۴/۷۱	^{Ca} ۰/۵۵ ± ۶/۶۴	^{Ba} ۰/۷۷ ± ۷/۹۱	^{Aa} ۰/۴۳ ± ۹/۳۰
کیسه چهار لایه PA/PE/PA/PE تحت خلأ	^{Ca} ۰/۵۵ ± ۴/۷۱	^{Ba} ۰/۳۳ ± ۶/۵۷	^{Aab} ۰/۴۵ ± ۷/۴۲	^{Ab} ۰/۲۳ ± ۷/۸۹
کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت هوا	^{Ca} ۰/۵۵ ± ۴/۷۱	^{Ba} ۰/۲۸ ± ۶/۳۴	^{Bb} ۰/۳۵ ± ۶/۴۱	^{Ab} ۰/۲۷ ± ۷/۴۵
کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت خلأ	^{Ca} ۰/۵۵ ± ۴/۷۱	^{Bb} ۰/۲۸ ± ۵/۶۵	^{Ab} ۰/۲۲ ± ۶/۳۱	^{Ac} ۰/۱۸ ± ۶/۹۱

* اعداد (± خطای استاندارد) دارای حروف مشترک در هر ستون از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن، $P < 0.05$)
 * اعداد (± خطای استاندارد) دارای حروف مشترک در هر سطر از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن، $P < 0.05$)
 * ضخامت کیسه های چهار لایه PA/PE/PA/PE و سه لایه PET/AL/LLDPE به ترتیب ۸۰ و ۹۰ میکرون بود.

۳۵°C، بین روغن نمونه‌های بسته بندی شده در شرایط مختلف در دمای ۵۰°C در این شاخص تفاوت کاملاً معنی‌داری ($P < 0.05$) وجود داشت. بیشترین افزایش در عدد دی‌ان مزدوج در روغن نمونه بسته بندی شده در کیسه چهارلایه PA/PE/PA/PE تحت هوا مشاهده شد که در پایان هفته دوازدهم نگهداری نسبت به لحظه صفر این شاخص ۱/۹۸ برابر شد. همچنین کمترین میزان افزایش در عدد دی‌ان مزدوج در روغن نمونه بسته بندی شده با کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت خلاً دیده شد که میزان این شاخص در پایان دوره نگهداری به ۱/۴۶ برابر نسبت به لحظه صفر رسید که در دامنه افزایش عدد دی‌ان مزدوج طی ۱۲ هفته نگهداری در دمای ۳۵°C قرار داشت. بین روغن استخراج شده نمونه مغز بنه بسته بندی شده با کیسه چهارلایه PA/PE/PA/PE تحت خلاً و نمونه بسته بندی شده با کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت هوا در این شاخص اختلاف معنی‌داری ($P < 0.05$) وجود نداشت که شدت افزایش عدد دی‌ان مزدوج در پایان هفته دوازدهم آنها به ترتیب به ۱/۶۷ و ۱/۵۸ برابر نسبت به لحظه صفر رسید. مشابه تغییرات عدد پراکسید در دمای ۵۰°C، شرایط بسته بندی باعث تغییرات معنی‌دار در عدد دی‌ان مزدوج در این دما شد که بهترین شرایط بسته بندی مربوط به نمونه کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت خلاً بود. با توجه به تغییرات کم عدد پراکسید و عدد دی‌ان مزدوج در نمونه‌های بسته‌بندی شده در کیسه چهارلایه PA/PE/PA/PE تحت هوا، کیسه چهارلایه PA/PE/PA/PE تحت خلاً، کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت هوا و کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت خلاً، در سه دمای ۲۰، ۳۵ و ۵۰°C به نظر می‌رسد که نمونه‌های مورد آزمایش در مراحل اولیه اکسایش لپیدی قرار داشتند و به مراحل اکسایش ثانویه نرسیده بودند.

مقایسه میزان کاهش ترکیبات پلی‌فنلی روغن استخراج شده نمونه‌های مختلف بسته‌بندی شده مغز بنه در سه دمای ۲۰، ۳۵ و ۵۰°C طی ۱۲ هفته دوره نگهداری در شکل ۱ آورده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود در هر سه دما، شدت تغییر ترکیبات پلی‌فنلی روغن استخراج شده نمونه مغز بنه بسته‌بندی شده در کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت خلاً کمترین شیب را داشت که در دمای ۲۰، ۳۵ و ۵۰°C به ترتیب -۵۸، -۰/۵ و -۴/۴۱ بود درحالی‌که روغن استخراج شده نمونه مغز بنه بسته‌بندی شده در کیسه چهارلایه PA/PE/PA/PE تحت هوا طی دوره نگهداری بیشترین کاهش ترکیبات پلی‌فنلی را در سه دمای ۲۰، ۳۵ و ۵۰°C داشت که شیب تغییر این ترکیبات به ترتیب ۴/۶۹، ۴/۱۵ و ۴/۱۵ بود. میزان شیب تغییرات ترکیبات پلی‌فنلی روغن نمونه‌های بسته بندی شده در کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت هوا و کیسه چهار

اما مکسیس و همکاران نتایج متفاوتی در مورد تغییرات عدد پراکسید نمونه‌های مغز بادام بسته‌بندی شده در شرایط مختلف طی ۱۲ ماه نگهداری در دو دمای ۴ و ۲۰°C گزارش کردند. دامنه عدد پراکسید تیمارهای مختلف بین ۰/۲۶ و ۱۹/۹۸ به ترتیب برای مغز بادام تازه و مغز بادام بسته بندی شده در کیسه PET/LDPE تحت ازلت و در معرض نور فلوروسنس قرار گرفته و نگهداری شده در دمای ۲۰°C به مدت ۱۲ ماه اندازه‌گیری شد که نشان از تغییرات شدیداً نامناسب در کیفیت مغز بادام داشت (Mexis et al, 2009).

جدول ۳ تغییرات عدد دی‌ان مزدوج نمونه‌های مغز بنه بسته‌بندی شده در شرایط مختلف، در زمان صفر، هفته چهارم، هفته هشتم و هفته دوازدهم را نشان می‌دهد. اندازه‌گیری عدد دی‌ان مزدوج شاخص مناسبی برای بررسی پایداری اکسایشی نمونه‌های روغن است. طی اکسایش اسیدهای چرب غیراشباع دارای چند پیوند دوگانه به صورت دی‌ان و تری‌ان جدا شده با یک پیوند متیلنی، ایزومره شدن صورت گرفته و پیوندهای دی‌ان و تری‌ان مزدوج ایجاد می‌شود. با افزایش میزان پیوندهای دی‌ان مزدوج، میزان جذب در طول موج ۲۳۴ نانومتر افزایش می‌یابد که این افزایش شاخصی از اکسایش می‌باشد که به عنوان افزایش جذب اکسیژن و تشکیل هیدروپروکسیدها طی مراحل اولیه اکسیداسیون گزارش می‌گردد (Shahidi, 2005). در دمای ۲۰°C مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری ($P < 0.05$) بین عدد دی‌ان مزدوج روغن یک نمونه در زمانهای مختلف وجود ندارد. همچنین تغییر معنی‌داری ($P < 0.05$) نیز بین عدد دی‌ان مزدوج نمونه‌های بسته‌بندی شده مختلف در هر لحظه از دوره نگهداری دیده نشد که این نتایج بیانگر این است که نوع جنس بسته بندی و وجود خلاً و هوا نتوانسته تأثیر معنی‌داری در عدد دی‌ان مزدوج داشته باشد.

در دمای ۳۵°C، عدد دی‌ان مزدوج روغن استخراج شده تمامی نمونه‌ها در فاصله زمانی بین لحظه صفر تا هفته چهارم افزایش پیدا کرد اما تغییرات عدد دی‌ان مزدوج نمونه‌های مختلف از هفته چهارم تا دوازدهم مشابه شرایط نمونه‌های نگهداری شده در دمای ۲۰°C بود که هیچ تغییر معنی‌داری ($P < 0.05$) در عدد دی‌ان مزدوج نمونه‌های مختلف مشاهده نشد. عدد دی‌ان مزدوج نمونه‌های مختلف در هفته دوازدهم در دمای ۳۵°C بین ۴/۶۴ و ۱/۴۳ برابر لحظه صفر افزایش داشت. همچنین در دمای ۳۵°C نیز مشابه دمای ۲۰°C شرایط بسته‌بندی باعث اختلافی معنی‌داری ($P < 0.05$) در عدد دی‌ان مزدوج روغن نمونه‌های مختلف نشد و تنها عامل زمان بود که باعث تغییراتی معنی‌دار ($P < 0.05$) در عدد دی‌ان مزدوج گردد که این مورد، تنها تفاوت شرایط نگهداری در دمای ۲۰ و ۳۵°C در تغییرات عدد دی‌ان مزدوج نمونه‌های مختلف بسته بندی شده بود. برخلاف تغییرات عدد دی‌ان مزدوج روغن نمونه‌های مغز بنه نگهداری شده در دمای ۲۰ و

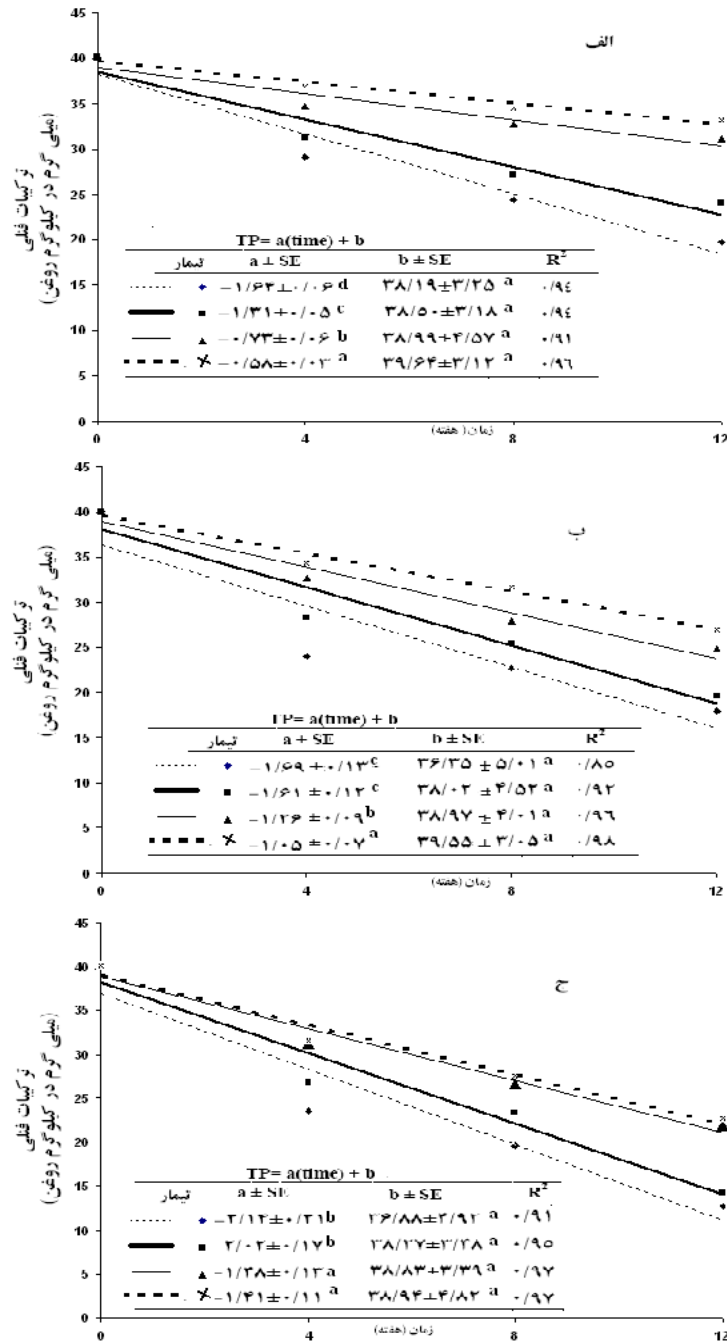
زیاد اولیه این ترکیبات در روغن مغز بنه (۷۲۵/۲۸ میلی گرم در کیلوگرم روغن) نسبت به میزان اولیه ترکیبات پلی فنلی (۴۰/۱ میلی گرم در کیلوگرم روغن) به نظر می رسد ترکیبات توکوفرولی، ترکیبات آنتی اکسیدانی اصلی روغن مغز بنه هستند و با وجود کاهش اندک در پایان ۱۲ هفته نگهداری در دماهای مختلف، نقش مهمی در پایداری اکسایشی مناسب مغز بنه ایفای می کنند.

نتیجه گیری

استفاده از شرایط بسته بندی مختلف برای نمونه های مغز بنه و تعیین تغییرات عدد پراکسید، عدد دی ان مزدوج و ترکیبات پلی فنلی و توکوفرولی طی ۱۲ هفته نگهداری در دماهای ۲۰، ۳۵ و ۵۰°C نشان داد که اختلاف زیادی در کیفیت روغن نمونه های مغز بنه بسته بندی شده مختلف به ویژه در دماهای ۲۰ و ۳۵°C مشاهده نشد، اگرچه استفاده از کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت خلأ بهترین نوع بسته بندی برای مغز بنه به خصوص طی دوره نگهداری ۵۰°C شناخته شد. علت برتری این نوع بسته بندی به خاطر این بود که این نوع بسته بندی نفوذپذیری کمی نسبت به اکسیژن دارند و با ایجاد خلأ در این نوع بسته بندی بهترین شرایط برای نگهداری مغز بنه ایجاد شد و شدت اکسایش لیپیدی در این نمونه به خاطر میزان پایین اکسیژن نسبت به نمونه های بسته بندی شده دیگر کمتر بود. همچنین تغییرات کم عدد پراکسید و عدد دی ان مزدوج به عنوان شاخصهای مراحل اولیه اکسایش لیپیدی نشان داد که نمونه های مغز بنه پس از ۱۲ هفته نگهداری در سه دمای ۲۰، ۳۵ و ۵۰°C همچنان در مراحل اولیه اکسایش لیپیدی هستند. علت این پایداری روغن مغز بنه در شرایط مختلف را می توان در باقی ماندن مقدار زیاد ترکیبات توکوفرولی به عنوان ترکیبات آنتی اکسیدانی اصلی روغن مغز بنه پس از دوره نگهداری ۱۲ هفته ای در سه دمای ذکر شده بیان کرد. کاهش حداکثر ۱۷/۹ درصدی این ترکیبات باعث شد که نقش مهمی در پایداری اکسایشی مناسب مغز بنه در پایان دوره نگهداری در دماهای مختلف داشته باشند. به نظر می رسد که با وجود ارزشهای تغذیه ای عالی و پایداری اکسایشی مطلوب مغز بنه و وجود جنگلهای فراوان بنه در کشور، می توان از آن در کنار پسته خندان برای بسته بندی و ارسال به بازارهای داخل و خارج، استفاده بهینه کرد.

لایه PA/PE/PA/PE تحت خلأ در سه دمای ۲۰، ۳۵ و ۵۰°C به ترتیب ۷۳/، ۲۶/، ۴۸/، ۳۱/، ۶۱/ و ۰۲/۴ بدست آمد. برخلاف تغییرات عدد پراکسید و عدد دی ان مزدوج، مشخص شد که شرایط بسته بندی نمونه های مختلف مغز بنه به شدت در کاهش ترکیبات پلی فنلی مؤثر بودند به طوری که روغن استخراج شده از نمونه مغز بنه بسته بندی شده در کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت خلأ، به خاطر نفوذپذیری کم نسبت به اکسیژن و همچنین وجود خلأ بهترین نوع بسته بندی در حفاظت از ترکیبات پلی فنلی شناخته شد. وجود اکسیژن باعث افزایش واکنشهای اکسایش در مغز بنه و در نتیجه کاهش ترکیبات پلی فنلی می شود.

بررسی تغییر ترکیبات توکوفرولی روغن نمونه های کیسه چهار لایه PA/PE/PA/PE تحت هوا، کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت خلأ، کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت خلأ، طی ۱۲ هفته نگهداری در سه دمای ۲۰، ۳۵ و ۵۰°C (شکل ۲) نشان داد که نمونه مغز بنه بسته بندی شده در کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت خلأ کمترین کاهش ترکیبات توکوفرولی را در روغن استخراج شده از مغز بنه داشت که میزان این کاهش در دماهای ۲۰، ۳۵ و ۵۰°C به ترتیب ۱۹/۱، ۴۹/۲ و ۹۵/۱۰ درصد بود. همچنین بیشترین میزان کاهش ترکیبات توکوفرولی طی ۱۲ هفته دوره نگهداری در دمای ۲۰، ۳۵ و ۵۰°C در نمونه مغز بنه بسته بندی شده در کیسه چهار لایه PA/PE/PA/PE تحت هوا بدست آمد که به ترتیب ۴۳/۱۱، ۲۳/۱۴ و ۹۰/۱۷ درصد گزارش شد. میزان کاهش ترکیبات توکوفرولی روغن نمونه های بسته بندی شده در کیسه چهار لایه PA/PE/PA/PE تحت خلأ و کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت هوا در پایان دوره نگهداری ۱۲ هفته ای در سه دمای ۲۰، ۳۵ و ۵۰°C به ترتیب ۷/۲۶ و ۴۴/۱۶ درصد و ۱۷/۷، ۸۴/۶ و ۷۶/۱۵ درصد بود. مشابه ترکیبات پلی فنلی، تغییرات ترکیبات توکوفرولی نیز تحت تأثیر نوع بسته بندی بود به طوری که نمونه مغز بنه بسته بندی شده در کیسه سه لایه PET/AL/LLDPE تحت خلأ، مناسب ترین شرایط بسته بندی را دارا بود. نکته قابل توجه این بود که در پایان دوازده هفته نگهداری در دماهای مختلف، بیشترین میزان کاهش ترکیبات توکوفرولی ۹/۱۷ درصد (نمونه مغز بنه بسته بندی شده در کیسه سه لایه PA/PE/PA/PE تحت هوا در دمای ۵۰°C) بود که با توجه به مقدار

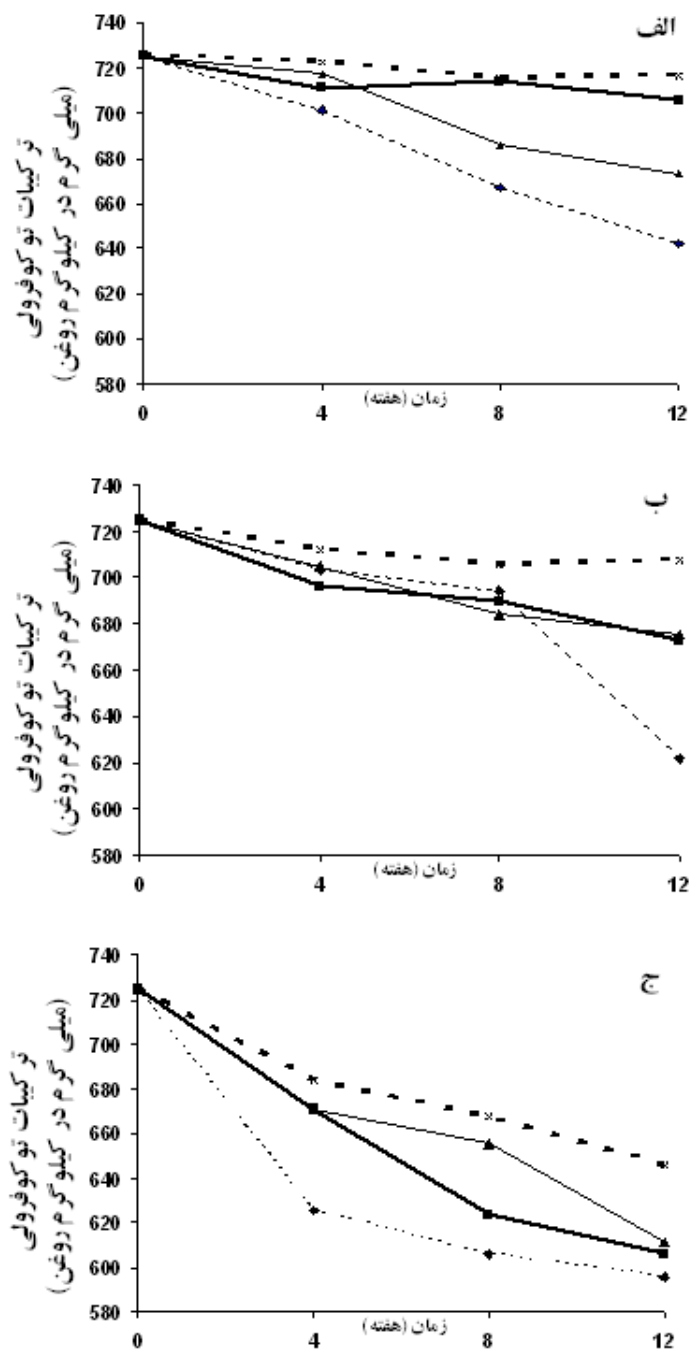


شکل ۴. نمایش تغییر ترکیبات پلی فنلی روغن نمونه‌های مختلف مغز بنه بسته بندی شده با شرایط مختلف، طی ۱۲ هفته نگهداری: الف ۲۰°C،

ب ۳۵°C، ج ۵۰°C

(— — — کیسه چهار لایه PET/AL/LLDPE تحت خلأ، ————— کیسه چهار لایه PET/AL/LLDPE تحت هوا،

————— کیسه سه لایه PA/PE/PA/PE تحت خلأ، - - - - - کیسه سه لایه PA/PE/PA/PE تحت هوا)



شکل ۴ نمایش تغییر ترکیبات توکوفرولی روغن نمونه های مختلف مغز بنه بسته بندی شده با شرایط مختلف طی ۱۲ هفته نگهداری: الف ۲۰°C، ب ۳۵°C، ج ۵۰°C

(— — — کیسه چهارلایه PET/AL/LLDPE تحت خلأ، — — — کیسه چهارلایه PET/AL/LLDPE تحت هوا،
 ————— کیسه سه لایه PA/PE/PA/PE تحت خلأ، ————— کیسه سه لایه PA/PE/PA/PE تحت هوا)

- AOCS. 1993. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society, 4th edn., edited by D. Firestone, American Oil Chemists' Society, Champaign.
- Capannesi, C., I, Palchetti., M, Mascini. and A, Parenti. 2000. Electrochemical sensor and biosensor for polyphenols detection in olive oils. *Journal of Food Chemistry*, 71:553–562.
- Daneshrad, A. and Y, Ayneci. 1980. Chemical studies of the oil from pistacia nuts growing wild in Iran. *Journal of American Oil Chemistry Society*. 57: 248-249.
- Endo, Y., CM, Li., M, Tagiri-Endo. and K, Fugimoto. 2001. A modified method for the estimation of total carbonyl compounds in heated and frying oils using 2-propanol as a solvent. *Journal of American Oil Chemistry Society* ,10:1021–1024.
- Eskin, N.A.M., B.E, McDonald., R, Przybylski., L.J, Malcolmson., R, Scarth., T, Mag., K, Ward. and D, Adolph. 1996. Canola oil. In: Hui YH (ed) *Bailey's industrial oil and fat products*, Wiley, New York, pp 1–95.
- Farhoosh, R. and S.M.R, Moosavi. 2006. Determination of carbonyl value in rancid oils: a critical reconsideration. *Journal of Food Lipids* 13:298–305.
- Farhoosh, R., and J, tavakoli. 2008. Physicochemical properties of kernel oil from *Amygdalus scoparia* growing wild in Iran. *Journal of Food Lipids*, 15: 433-443.
- Farhoosh, R., J, tavakoli. and Haddad Khodaparast, M.H. 2008. Chemical composition of kernel oils from two current subspecies of *Pistacia atlantica* in Iran. *Journal of American Oil Chemistry Society*. 85: 723-729.
- Fatemi, S.H. and E.G, Hammond .1980. Analysis of oleate, linoleate and linolenate hydroperoxides in oxidized ester mixtures. *Journal of Lipids* 15:379–385.
- Gunstone, F. D. 2002. *Vegetable oils in food technology: Composition, properties and uses*. Blackwell.
- Mexis, S.F., A.V, Badeka. and M.G, Kontominas. 2009. Quality evaluation of raw ground almond kernels (*Prunus dulcis*): Effect of active and modified atmosphere packaging, container oxygen barrier and storage conditions. *Journal of Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 10: 580–589.
- Padulosi, S. and A, Hadj-Hassan. 1998. Towards a comprehensive documentation of distribution and use of *Pistacia*: genetic diversity in Central and West Asia, North Africa and Mediterranean Europe., Report of the IPGRI Workshop.
- Saguy, I.S., A, Shani., P, Weinberg. and N, Garti. 1996. Utilization of jojoba oil for deep fat frying of foods. *Journal of Lebensm Wiss u-Technol*, 29:573–577.
- Shahidi, F. 2005. *Baile's Industrial Oil and Fat Productions*. 6nd ed. Wiley Interscience.
- Shantha, N.C. and E.A, Decker. 1994. Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. *Journal of American Oil Chemistry Society*, 77:21–424.
- Vanhanen, L.P. and G.P, Savage. 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. *Journal of Food Chemistry*. 99: 64–69
- White, P.J. 1995. Conjugated diene, anisidine value and carbonyl value analyses en methods to assess quality and stability of oils and fat-containing foods (Warner, K., Eskin, N.A.M. Eds.). AOCS Press, Champaign, IL.
- Wong, M.L., R.E, Timms. and E.M, Goh. 1988. Colorimetric determination of total tocopherols in palm oil, olein and stearin. *Journal of American Oil Chemistry Society* , 65:258–261.