واکنش برخی تغییرات کیفی مغز ژنوتیپ‌های مختلف گردو به دوره انبارمانی

زهرا داورخواه[۱]، مهدی حسینی فرهی[۲*]، محسن رادی[۳] و صدیقه قلی پور[٤]

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران.

۲- دانشیار، گروه علوم باغبانی، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران.

۳- دانشیار، گروه علوم صنایع غذایی، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران.

٤- استادیار گروه علوم پایه، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران.

*ایمیل نویسنده مسئول: mehdi.hosseinifarahi@iau.ac.ir

(تاریخ دریافت: ١٤٠٢/١١/١٩- تاریخ پذیرش: ١٤٠٢/١٢/٢٩)

چکیده

درخت گردو به‌عنوان یکی از گسترده‌ترین و اقتصادی‌ترین درخت در جهان استفاده می‌شود. این درخت کاربرد چندمنظوره دارد، به‌طوری‌که در میوه‌کاری به خاطر میوه، در جنگل‌کاری برای استفاده از چوب، در داروسازی به‌عنوان یک گیاه دارویی و در پارک‌ها به‌عنوان یک گیاه زینتی کشت می‌گردد. به‌منظور بررسی برخی ویژگی‌های کیفی پس از برداشت مغز میوه ١٤ ژنوتیپ برتر گردو (سی‌سخت ۱ و ۲، دلی‌رج ۱ و ۲، شهنیز ۱و ۲، کوخدان ۱ و ۲، ستنگان ۱ و ۲، گنجگون ۱ و ۲ و وزگ ۱ و ۲) در استان کهگیلویه و بویراحمد آزمایشی طی سال‌های ۱۳۹۹ تا ١٤٠٠ انجام گرفت. خصوصیات کیفی از قبیل پایداری اکسایشی مغز گردو (عدد پراکسید)، درصد رطوبت و درصد کاهش وزن مغز بعد از ٦ ماه نگهداری و همچنین ارزیابی حسی بعد از ١٤ ماه نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مورد ارزیابی قرار گرفت. در تحقیق حاضر، عدد پراکسید در مغز گردو باگذشت زمان افزایش یافت. بعد از ٦ ماه نگهداری در انبار، کمترین میزان عدد پراکسید در ژنوتیپ‌های وزگ ۱ و گنجگون ۲ مشاهده گردید. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که ژنوتیپ‌های گنجگون ۲ و وزگ ۱ بیشترین و ژنوتیپ‌های دلی‌رج ۱ و دلی‌رج ۲ کمترین میزان پذیرش کلی را بعد از ١٤ ماه نگهداری نشان دادند. درنهایت ژنوتیپ‌های وزگ ۱ و گنجگون ۲ به دلیل کیفیت بهتر و ماندگاری پس از برداشت جهت مصرف و همچنین در برنامه‌های به‌نژادی توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: اسیدهای چرب غیراشباع، ارزیابی حسی، اکسیداسیون، عدد پراکسید.

مقدمه

گردو یکی از محصولات آجیلی و خشکباری مهم در دنیا و ایران به شمار می‌رود. گردو دارای ۲۱ گونه بوده که همگی خوراکی بوده و در بین این گونه‌ها گردوی ایرانی *(Juglans regia L.)* ازنظر تولید مغز به‌عنوان بهترین گردو شناخته‌شده است و در سطح وسیعی در نقاط مختلف دنیا کشت می‌شود (Chatrabnous *et al.*, 2018; Khadivi, 2019) این درخت کاربرد چندمنظوره دارد، به‌طوری‌که در میوه‌کاری به خاطر میوه، در جنگل‌کاری برای استفاده از چوب، در داروسازی به‌عنوان یک گیاه دارویی و در پارک‌ها به‌عنوان یک گیاه زینتی کشت می‌گردد (Ebrahim*i et al.*, 2010).

بر اساس آمارنامه فائو در سال ۲۰۲۱ میزان تولید گردو در کل دنیا ۳۵۰۰۱۷۲ تن بوده است که بالاترین میزان تولید گردو به‌ترتیب متعلق به پنج کشور چین، آمریکا، ایران، ترکیه و شیلی می‌باشد. کشور چین بزرگ‌ترین تولیدکننده گردو در دنیا محسوب می‌شود ایران با تولید ۳۸۶۹۷۶ تن گردو بعد از چین و آمریکا سومین کشور بزرگ تولیدکننده گردو می‌باشد، همچنین سطح زیر کشت گردو در کل دنیا ۱۱۳۷۷۸۸ هکتار بوده که ایران با سطح زیر کشت ۵۳۵۰۴ هکتار در جایگاه ششم بعد از کشورهای چین، آمریکا، ترکیه، مکزیک و بورکینافاسو قرار دارد (FAO, 2021). سطح زیر کشت خشکبارها در کشور ۹۴۳/۴۹ هکتار و میزان تولید ۷۵۸/۹۹۸ تن می‌باشد که در این بین گردو با سطح زیر کشت ۱۶۵/۰۵۸ هکتار و میزان تولید ۲۶۱/۲۶۲ تن رتبه دوم را در بین خشکبارها پس از پسته به خود اختصاص داده است. در استان کهگیلویه و بویراحمد سطح زیر کشت و میزان تولید گردو به ترتیب ۳۳۶۶ هکتار و ۴۸۴۸ تن هست (Anonymous, 2022).

گردو یکی از مهم‌ترین منابع اسیدهای چرب ضروری، فیبر، پروتئین‌های گیاهی، ویتامین‌ها، مواد معدنی، منیزیم، پتاسیم و اسیدآمینه آرژنین است. گردو به دلیل سطوح بالای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند ویتامین E، توکوفرول و پلی‌فنل‌ها، با تنظیم سطح کلسترول و تأثیر مثبت بر بیماری‌های قلبی عروقی برای سلامت انسان مفید است. مغز گردو به‌عنوان یک محصول خشک به‌سرعت در اثر عوامل شیمیایی و میکروبی تجزیه می‌شود. تخریب شیمیایی ناشی از مقادیر قابل‌توجهی چربی (حدود ۶۴ تا ۷۱ درصد) و اسیدهای چرب غیراشباع ازجمله اسیداولئیک، اسیدلینولئیک و اسیدلینولنیک است (Shojaei *et al.*, 2023)؛ بنابراین همیشه نگرانی‌هایی در مورد تخریب کیفیت مغز گردو وجود دارد، مانند اکسیداسیون که منجر به طعم بد و تیره شدن رنگ می‌شود (Fu *et al.*, 2016).

فساد اکسیداتیو ناشی از تغییراتی است که در واکنش با اکسیژن اتمسفر رخ می‌دهد. از اکسیداسیون لیپیدها می‌توان با استفاده از مواد بسته‌بندی بانفوذ اکسیژن کم یا با نگهداری گردو در اتمسفرهای کنترل‌شده با مقدار اکسیژن کم جلوگیری کرد (Habashi *et al.*, 2019).

کیفیت میوه گردو تابع مدیریت قبل از برداشت، شاخص زمان برداشت و عوامل مدیریتی پس از برداشت می‌باشد. حفظ کیفیت پس از برداشت مغز گردو به مواردی از قبیل حداقل قرار گرفتن در معرض گرمای مزرعه در طول برداشت، خشک‌کردن اجباری هوا در دماهای نسبتاً پایین (کمتر از ۴۳ درجه سانتی‌گراد) و نگهداری در دمای سرد (کمتر از ۲ درجه سانتی‌گراد) بستگی دارد. اکسیداسیون لیپیدها با کاهش محتوای ترکیبات فعال زیستی می‌تواند منجر به از دست دادن طعم (به دلیل ترشی بودن) و کاهش ارزش غذایی و عملکرد آن شود، همچنین باعث تجمع ترکیبات مضر برای سلامتی گردد (Vijan *et*

al.,, 2023). اکسیداسیون لیپیدها فرآیندی است که تحت تأثیر عوامل زیادی قرار می‌گیرد، برخی از آن‌ها توسط ترکیبات مغز گردو (ترکیب چربی، درجه اشباع نشدن، اسیدهای چرب آزاد، فلزات کمیاب و غیره) و برخی دیگر توسط شرایط نگهداری گردو (غلظت اکسیژن، دما، نور، رطوبت نسبی و غیره) تعیین می‌شود (Velasco *et al.*, 2010; Zacheo *et al.*, 2000).

در پژوهشی تأثیر دما و زمان نگهداری بر برخی ترکیبات بیوشیمیایی مغز برخی ارقام گردو رشد یافته در رومانی موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نگه‌داشتن مغز گردو در دمای اتاق کمترین کاهش محتوای کاروتنوئید را تضمین می‌کند. بسته به رقم گردو، حفظ مغز گردو را می‌توان با نگهداری در دمای ۲۰ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد بدون از دست دادن ترکیبات فنلی تا ۵ ماه افزایش داد. دمای اتاق می‌تواند یک گزینه برای نگهداری کوتاه‌مدت (حدود سه ماه) باشد. برای حفظ کیفیت در بلندمدت نگهداری در دمای ۳ تا ٤ درجه سانتی‌گراد توصیه می‌شود (Vijan *et al.*, 2023).

در پژوهشی تأثیر شرایط نگهداری و نوع بسته‌بندی را بر مغز گردو پوست‌کنده شده از مناطقی ازجمله شیلی، پرتغال، رومانی و ایالات‌متحده به مدت ۹۰ روز در دمای اتاق، ۳۰ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد و نوع بسته‌بندی موردبررسی قرارداد. نتایج نشان داد که نمونه‌های گردوی رومانی دارای رطوبت و فعالیت آب بالاتری نسبت به سایر نمونه‌های بودند. همچنین پس از ۹۰ روز نگهداری، به استثنای نمونه‌هایی که در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد که در آن کم آبی محصول و تغییر رنگ زیاد رخ داد شرایط نگهداری مناسب بود. در مورد نوع بسته‌بندی نیز مشاهده شد که استفاده از کیسه‌های پلاستیکی در مقایسه با نمونه‌های بسته‌بندی نشده به‌جز رنگی که در این حالت پلاستیک LDPE ارجحیت دارد، باعث بهبود خصوصیات محصولات نسبت به نمونه‌های غیر بسته‌بندی نشده است (Guiné *et al.*, 2015). در پژوهشی دیگر مغز گردو بسته‌بندی‌شده در سه ماده بسته‌بندی چندلایه با نفوذپذیری اکسیژن متفاوت به مدت ۱۳ ماه در دمای ۱۱ درجه سانتی‌گراد و ۲۱ درجه سانتی‌گراد موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نگهداری مغز در غلظت اکسیژن بالا منجر به خشک شدن مغز می‌شود، درحالی‌که نگهداری در یک غلظت کم اکسیژن باعث ایجاد مغز خوش‌طعم می‌شود. این پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که دمای بهینه نگهداری مغز گردو ۱۱ درجه سانتی‌گراد یا کمتر است (Jensen *et al.*, 2003).

متأسفانه نگهداری مغز گردو در دمای ۱۱ درجه سانتی‌گراد در شرایط معمول انبارداری تجاری برای بازار خرده‌فروشی به دلیل هزینه‌های تبرید، جاذب‌های اکسیژن و همچنین اتاق سرد فروشگاه دشوار است. همچنین همواره نگرانی‌هایی در مورد حفظ مغز گردو به دلیل اکسیداسیون بالا وجود داشته است، لذا هدف از اجرای این پژوهش بررسی کیفیت و ماندگاری مغز ۱٤ ژنوتیپ برتر گردو پرورش‌یافته در استان کهگیلویه و بویراحمد در مدت ۱۸۰ روز نگهداری در دمای معمولی بود.

مواد و روش‌ها

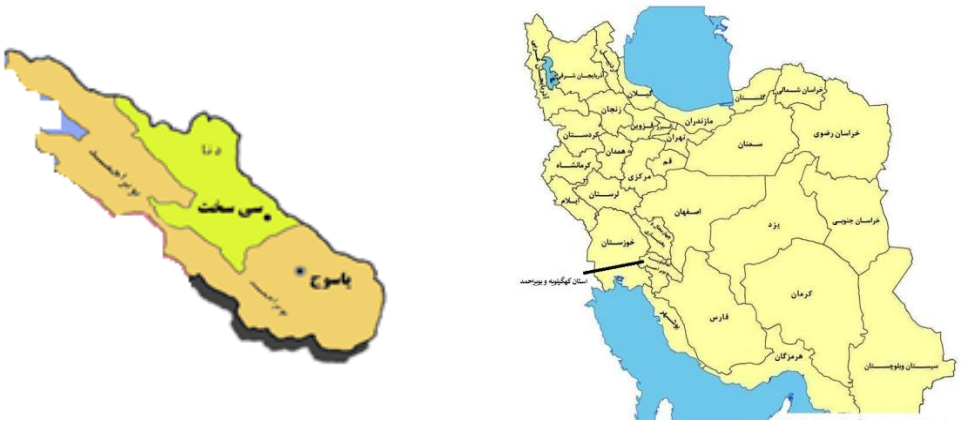
این پژوهش طی سال‌های ۱۳۹۹-۱٤۰۰ در مناطق اصلی گردوکاری استان کهگیلویه و بویراحمد (شامل شهرستان‌های بویراحمد، دنا و مارگون) انجام گرفت (شکل ۱). بدین منظور ۱٤ ژنوتیپ برتر گردو (سی‌سخت ۱ و ۲، دلی‌رج ۱ و ۲، شهنیز ۱ و ۲، کوخدان ۱ و ۲، ستنگان ۱ و ۲، گنجگون ۱ و ۲، وزگ ۱ و ۲) در مناطق مختلف گردوکاری استان بر اساس گزارش تحقیقاتی برخی محققین در مناطق مختلف پرورش گردو شناسایی، اتیکیت‌گذاری و در فصل

برداشت با مراجعه به این مناطق نسبت به برداشت میوه اقدام گردید (Kavoosi, 2009). درختان انتخاب‌شده سنی بین ۲۰ تا ۲۵ سال، سیستم آبیاری غرقابی و مدیریت باغ از قبیل آبیاری، تغذیه و مبارزه با آفات و بیماری‌ها به‌طور سنتی و طبق عرف منطقه بود. برخی اطلاعات جغرافیایی ژنوتیپ های موردبررسی در جدول یک نشان داده‌شده است. برای هر ژنوتیپ تعداد ۱۰۰ عدد میوه به‌طور تصادفی از کل محصول درخت برداشت گردید. برداشت گردو بر اساس ترک خوردن پوست سبز گردو (شاخص برداشت گردو) انجام گرفت.

ابتدا میوه در آزمایشگاه وزن و سپس جدا کردن پوسته سبز و خشک‌کردن گردوها طبق شرایط استاندارد انجام گرفت (Yazdani *et al.*, 2017). سپس پوست چوبی از مغز به‌صورت دستی جدا گردید. مغز میوه ژنوتیپ های موردبررسی در کیسه‌های زیپ‌دار به مدت ۱۸۰ روز (شش ماه) در آزمایشگاه با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت معمول حدود ۲۰٪ نگهداری و هر ۶۰ روز یک‌بار نسبت به اندازه‌گیری صفات کیفی اقدام شد.

جدول ۱- پراکنش و مشخصات جغرافیایی ژنوتیپ های مورد بررسی.

محل جمع‌آوری	روستا	کد ژنوتیپ	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)
شهرستان دنا	سی سخت	سی‌سخت ۱	*E 791.51°.45*	*N 200.87 30°*	*2365*
		سی‌سخت ۱			
	کوخدان	کوخدان ۱	*E 490.51°.48*	*N 073.83 30°*	*2162*
		کوخدان ۲			
شهرستان مارگون	دلی رج	دلی رج ۱	*E 020.50°.93*	*N 698.03 31°*	*1626*
		دلی رج ۲			
	شهنیز	شهنیز ۱	*E 744.51°.03*	*N 260.03 30°*	*1964*
		شهنیز ۲			
شهرستان بویراحمد	ستنگان	ستنگان ۱	*51°.67.316 E*	*30° 46.176 N*	*2264*
		ستنگان ۲			
	گنجگون	گنجگون ۱	*E 984.51°.69*	*N 799.46 30°*	*2203*
		گنجگون ۲			
	وزگ	وزگ ۱	*51°.65.399 E*	*N 258.54 30°*	*2060*
		وزگ ۲			



شکل ۱- نقشه استان کهگیلویه و بویر احمد و مناطق گردوکاری استان

درصد رطوبت مغز گردو:

میزان رطوبت با روش خشک‌کردن با آون طبق استاندارد انجمن شیمی بالینی آمریکا (AACC) شماره *A* ٤٤-۱۵ و بر اساس رابطه شماره ۱ اندازه‌گیری و محاسبه گردید (AACC, *2000*).

$$\text{درصد رطوبت} = M_1\text{-}M_2/M_0 \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

M_1: وزن ظرف و نمونه قبل از آون گذاری، M_2: وزن ظرف و نمونه بعد از آون‌گذاری، M_0: وزن نمونه

درصد کاهش وزن مغز گردو

برای تعیین درصد کاهش وزن، وزن اولیه نمونه‌ها در شروع آزمایش (روز صفر) و در روزهای ٦۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ با استفاده از ترازوی دقیق اندازه‌گیری و درصد کاهش وزن با استفاده از رابطه شماره ۲ محاسبه گردید. رابطه (۲)

$$\text{درصدکاهش وزن میوه} = \frac{\text{وزن اولیه میوه} - \text{وزن ثانویه میوه}}{\text{وزن اولیه میوه}} * 100$$

عدد پراکسید

عدد پراکسید بر اساس روش AOCS شماره ۹٦۵/۳۳ با اعمال برخی تغییرات اندازه‌گیری شد (Rastegar *et al.*, 2019). ۳ گرم پودر گردو در ۲۰ میلی‌لیتر هگزان حل شد و بعد از ۳۰ دقیقه هم زدن روی همزن مغناطیسی به مدت چهار ساعت در دمای آزمایشگاه نگهداری و از طریق قیف بوخنر صاف و محلول اسیداستیک -کلروفرم (۷/۵ میلی‌لیتر اسیداستیک و ۵ میلی‌لیتر کلروفرم) به ۵ میلی‌لیتر از مخلوط روغن و هگزان حاصل اضافه شد. در ادامه ۰/۵ میلی‌لیتر محلول یدید پتاسیم اشباع به نمونه اضافه‌شده و یک دقیقه در تاریکی نگهداری شد. سپس ۱۵ میلی‌لیتر آب مقطر به همراه ۰/۵ میلی‌لیتر معرف نشاسته ۱٪ به آن اضافه شد و تیتراسیون توسط تیوسولفات سدیم ۰/۰۱ نرمال تا ناپدید شدن رنگ آبی انجام گرفت. این آزمایش برای هر نمونه سه بار تکرار شد و همراه با نمونه، تیتراسیون شاهد (درمورد نمونه شاهد تمام محلول‌ها به‌جز روغن به ارلن اضافه گردید) نیز ضروری است. سپس عدد پراکسید از طریق رابطه شماره ۳ برحسب میلی‌اکی والان بر کیلوگرم محاسبه گردید.

$$PV=(V_2\text{-}V_1)N*1000/m \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در این رابطه V_2، V_1 به ترتیب عدد تیتراسیون

نمونه و شاهد، N نرمالیته تیوسولفات سدیم و m وزن نمونه برحسب گرم می‌باشد.

ارزیابی حسی مغز گردو

برای ارزیابی حسی از روش مقیاس هدونیک ۵ نقطه‌ای (۱- بد، ۲- ضعیف، ۳-متوسط، ۵-خوب و ۵- بسیار خوب) استفاده گردید. نمونه‌های مغز گردو به‌طور تصادفی رمزگذاری و توسط یک گروه ارزیاب حسی مورد ارزیابی قرار گرفتند. پیش از ارزیابی از افراد خواسته شد تا پرسشنامه‌ای که حاوی سوال‌هایی درمورد جنس، سن و دفعه‌های مصرف مغز گردو (عدم مصرف مغز گردو، کمتر از یک مرتبه در ماه، چهار-پنج مرتبه در ماه و بیش از شش مرتبه در ماه) بودند پر کنند. ارزیاب‌هایی که میزان مصرف مغز گردو دو-چهار مرتبه در ماه یا کمتر بود از تحلیل داده‌ها کنار گذاشته شدند. مغز گردو از دیدگاه طعم، رنگ، بافت، ظاهر، بو و ارزیابی کلی مورد ارزیابی قرار گرفت. قطعه‌های مغز گردو در داخل ظرف‌های پلاستیکی غیرقابل نفوذ به هوا قرار داده شد تا پیش از ارزیابی، به مدت دو ساعت در دمای اتاق به تعادل برسند. ارزیاب‌ها برای شستشوی دهان در بین نمونه‌ها از آب مقطر در دمای محیط استفاده کردند. ارزیابی حسی تیمارها برای مغزهای تازه، بعد از ۷ و ۱٤ ماه انجام شد (Rastegar *et al.*, 2019).

تجزیه‌وتحلیل آماری

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. فاکتور اول شامل ژنوتیپ‌های موردبررسی (۱٤ ژنوتیپ) و فاکتور دوم زمان نگهداری مغز ژنوتیپ‌های گردو در چهار زمان صفر، ٦۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ روز بود. داده‌های به‌دست‌آمده با نرم‌افزار آماری MSTATC تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت.

نتایج و بحث

درصد رطوبت مغز گردو

بر اساس نتایج تجزیه واریانس به‌دست‌آمده، اثرات ساده ژنوتیپ و زمان نگهداری و همچنین برهم‌کنش ژنوتیپ و زمان نگهداری بر درصد رطوبت مغز گردو در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که بیشترین درصد رطوبت مربوط به برهم‌کنش ژنوتیپ شهنیز ۲ و زمان روز صفر و برهم‌کنش ژنوتیپ گنجگون ۱ و زمان روز صفر به ترتیب به مقدار ۳/٦٦ و ۳/۰۸ درصد و کمترین درصد رطوبت مربوط به برهم‌کنش ژنوتیپ وزگ ۱ و زمان ۱۲۰ روز و همچنین برهم‌کنش ژنوتیپ دلی‌رج ۱ و زمان ۱۸۰ روز به ترتیب به مقدار ۱/۹۸ و ۱/۹۹ درصد می‌باشد (جدول ۳). مقدار رطوبت نمونه‌ها طی ۱۸۰ روز نگهداری تغییر بسیار کمی داشتند. شاید بتوان این موضوع را به مقدار بالای روغن مغز گردو و محدوده باریک تغییرات رطوبت نسبی محیط نگهداری (۳۵ - ٤۵ درصد) نسبت داد که باعث جلوگیری از تسهیل انتقال آب در نمونه‌ها شده است. در بررسی تغییرات درصد رطوبت مغز گردو از ابتدا تا پایان نگهداری به مدت ۱۲ ماه، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این امر احتمالاً به دلیل تغییرات کم رطوبت محیط نگهداری (۳۵-٤۵ درصد) و درصد بالای چربی در مغز گردو بوده است (Hosseini *et al.*, 2014). رطوبت بالای گردو در زمان برداشت باعث رشد کپک‌ها و فعالیت آنزیم‌ها می‌شود. فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز سبب تیرگی پوسته نازک خارجی گردو و فعالیت آنزیم لیپاز سبب آزاد شدن اسیدهای چرب آزاد می‌شود؛ بنابراین رطوبت گردو پس از برداشت باید توسط خشک‌کردن آن کاهش داده شود. میزان کاهش رطوبت به کشور تولیدکننده آن

بستگی دارد، به‌عنوان‌مثال گردوها در آمریکا تا ۸ درصد رطوبت و در فرانسه تا ۱۲ درصد رطوبت خشک می‌شوند. به‌طورکلی بهتر است برای حفظ کیفیت گردو در طی نگهداری این مقدار به کمتر از ۳ درصد نرسد(López *et al.*, 1995). مقادیر ۲-۲/۸ درصد را برای مقدار رطوبت مغز واریته‌های مختلف گردوی ایرانی گزارش کرده بود. علاوه بر این، مقدار ۵/۱ درصد، برای درصد رطوبت مغز گردو ثبت‌شده بود (Vanhanen Savage, 2006).

در پژوهش (Hamidi *et al., 2015*)، میانگین رطوبت مغز گردو ۲/۱۲ درصد بود. کمترین (۱/۹٦) و بیشترین (۲/۳٦) درصد رطوبت به ترتیب در ژنوتیپ‌های *Zh3* (قهوه‌ای) و *Zh1* (زرد) مشاهده شد. بر طبق نتایج کیتا و فیگل (۲۰۰۷) مدت‌زمان نگهداری کاهش غیر معنی‌داری بر درصد رطوبت در مغز گردوهای خام در طول ۵ ماه نگهداری دارد (Kita Figiel, 2007). قطره سامانی و زمردیان (۲۰۱۲) میزان رطوبت در مغز گردوی تازه را ۳۵ تا ٤۰ درصد گزارش کرده‌اند (Ghatrehsamani Zomorodian, 2012). درصد رطوبت مغز گردوهای تازه (برمبنای خشک) در آزمایشات نیکوسیر و همکاران (۱۳۹٦)، بین ١٤/٣ تا ۳۸/۷ درصد اندازه‌گیری شد (Nikosiar *et al.*, 2017). این دامنه وسیع تغییرات، نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بود. در پژوهشی بعد از خشک شدن نمونه‌ها در سایه، مقدار رطوبت مغزهای گردو تازه ۰/۲±۲/۹ درصد بر پایه وزن مرطوب و مقدار روغن خام ۲±٦۸/٦۲ درصد تعیین شد. در ابتدای دوره نگهداری مقادیر رطوبت نمونه‌های نگهداری شده در کابینت بر پایه وزن مرطوب به ترتیب، ۳/۰۲۸ و ۲/۹۷ درصد و در انتهای دوره یک‌ساله به ترتیب، ۲/٦۷٦ و ۲/۸٦۲ درصد تعیین گردید (Hosseini *et al., 2014*).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر ژنوتیپ‌های مختلف گردو و زمان نگهداری بر درصد رطوبت، عدد پراکسید و درصد کاهش وزن مغز

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد رطوبت	عدد پراکسید	درصد کاهش وزن
تکرار	۲	۰/۰۱٦^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۰۰۲**
ژنوتیپ (*A*)	۱۳	۰/۲٦۰**	۰/٦٤٤**	۰/۰۹٤**
زمان نگهداری مغز (*B*)	۳	۲/۲۸٦**	۱۳/۳۱**	۱/۱۸۷**
برهم‌کنش (*A×B*)	۳۹	۰/۱٤۰**	۰/۱٤**	۰/۰۰۹**
خطا	۱۱۰	۰./۰۱۷	۰/۰۰٦	۰/۰۰۱
درصد ضریب تغییرات (*%CV*)		۵/۲۱	۱۱/۳٤	۱/٤٤

**: نمایانگر معنی‌دار بودن در سطح احتمال یک درصد، *: نمایانگر معنی‌دار بودن در سطح احتمال پنج درصد، *ns*: نمایانگر عدم معنی‌دار بودن.

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین برهمکنش ژنوتیپ‌های مختلف گردو و زمان‌های مختلف بر درصد رطوبت مغز گردو

ژنوتیپ	زمان نگهداری (روز)			
	۰	٦۰	۱۲۰	۱۸۰
سی‌سخت ۱	۲/۷۷$^{c-e}$	۲/۱۲$^{p-t}$	۲/٤٦$^{e-p}$	۲/۱۲$^{p-t}$
سی‌سخت ۲	۲/٦٤$^{e-j}$	۲/۳$^{k-t}$	۲/٦۲$^{e-l}$	۲/۲۳$^{n-t}$
کوخدان ۱	۲/۷٦$^{c-e}$	۲/۱۱$^{r-t}$	۲/۵۷$^{e-m}$	۲/۲۲$^{n-t}$
کوخدان ۲	۲/٤۸$^{d-o}$	۲/۲۲$^{n-t}$	۲/۲۸$^{m-t}$	۲/۱۱$^{r-t}$
دلی‌رج ۱	۲/٦۵$^{e-j}$	۲/۲۹$^{l-t}$	۲/٦٦$^{e-j}$	۱/۹۹^{t}
دلی‌رج ۲	۲/۷۲^{ef}	۲/٦۹$^{c-h}$	۲/۵۵$^{e-n}$	۲/۲۹$^{l-t}$
شهنیز ۱	۲/٦۹$^{c-g}$	۲/٦۳$^{c-k}$	۲/۳٤$^{j-s}$	۲/۲٦$^{m-t}$
شهنیز ۲	۳/٦٦^{a}	۲/۵٤$^{c-n}$	۲/۲۷$^{m-t}$	۲/۳۸$^{g-s}$
ستنگان ۱	۲/۸۲^{bc}	۲/۸۷^{bc}	۲/۲۷$^{m-t}$	۲/٤۰$^{f-r}$
ستنگان ۲	۲/۷۷$^{c-e}$	۲/٦۸$^{c-i}$	۲/۱۲$^{p-t}$	۲/۱۹$^{o-t}$
گنجگون ۱	۳/۰۸^{b}	۲/۷۷$^{c-e}$	۲/۲۲$^{n-t}$	۲/۵۹$^{c-m}$
گنجگون ۲	۲/۷۲$^{c-f}$	۲/۳۰$^{k-t}$	۲/۰۵$^{s-t}$	۲/۳۵$^{h-s}$
وزگ ۱	۲/٤٤$^{e-r}$	۲/۳$^{k-t}$	۱/۹۸^{t}	۲/۱۲$^{q-t}$
وزگ ۲	۲/۸۵^{bc}	۲/۸۲$^{b-d}$	۲/٤٦$^{e-q}$	۲/۳۵$^{i-s}$

در هر ردیف و ستون اعداد دارای حروف مشترک در سطح یک درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

عدد پراکسید روغن مغز گردو

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات ساده ژنوتیپ و زمان نگهداری و همچنین برهم‌کنش ژنوتیپ و زمان نگهداری بر عدد پراکسید روغن مغز گردو در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق نشان داد که بیشترین مقدار عدد پراکسید روغن مغز گردو مربوط به برهم‌کنش ژنوتیپ دلی‌رج ۲ و زمان ۱۸۰ روز، برهم‌کنش ژنوتیپ شهنیز ۲ و روز ۱۸۰، برهم‌کنش ژنوتیپ شهنیز ۱ و روز ۱۸۰، برهم‌کنش ژنوتیپ دلی‌رج ۱ و زمان ۱۸۰ روز با مقدار ۲/۲۲، ۲/۱۱، ۲/۰۲ و ۲/۰۰۳ میلیاکی والان اکسیژن بر کیلوگرم مغز گردو می‌باشد و کمترین مقدار عدد پراکسید مربوط به برهمکنش ژنوتیپ سی‌سخت ۱ و روز صفر، برهم‌کنش ژنوتیپ وزگ ۱ و روز صفر، برهم‌کنش سی‌سخت ۲ و روز صفر، برهم‌کنش ژنوتیپ گنجگون ۲ و روز صفر، برهم‌کنش ژنوتیپ کوخدان ۱ و روز صفر، برهم‌کنش ژنوتیپ شهنیز ۱ و روز صفر، برهم‌کنش ژنوتیپ سی‌سخت ۱ و روز ٦۰، برهم‌کنش ژنوتیپ سی‌سخت ۲ و روز ٦۰ و برهم‌کنش ژنوتیپ شهنیز ۱ و روز ٦۰ به ترتیب با میزان ۰/۰۲، ۰/۰۲، ۰/۰٤، ۰/۰۵، ۰/۰۷، ۰/۰۷، ۰/۱٤، ۰/۱۵ و ۰/۱۵ میلی‌اکی والان اکسیژن بر کیلوگرم مغز گردو می‌باشد (جدول ٤).

پراکسید محصول اولیه اکسیداسیون مواد چرب است و به‌طورکلی هرقدر که درجه غیراشباعی روغن‌ها بیشتر باشد روغن و یا ماده چرب آمادگی بیشتری برای اکسیداسیون دارا می‌باشد. وقتی‌که میزان پراکسید به حد معینی برسد تغییرات مختلفی صورت می‌گیرد و مواد فرار آلدییدی و ستنی و همچنین اسیدهای چرب با زنجیر کوتاه ایجاد می‌شود که در بروز بو و طعم نامطبوع مواد چرب مؤثر هستند. پراکسید ایجادشده گرچه مستقیماً سبب بو و طعم نامطبوع مواد چرب نیست، معرف درجه پیشرفت

اکسیداسیون می‌باشد. بین عدد نسوزید و فساد شیمیایی روغن، روغن‌هایی که عدد یدی بالایی دارند، رابطه مستقیم وجود دارد و معمولاً دارای عدد پراکسید بزرگ‌تری هستند (Tajeddin, 2004). گردو به دلیل داشتن ترکیبات فعال زیستی یکی از مهم‌ترین منابع ارتقاء دهنده سلامتی بوده و می‌تواند از بروز سرطان پروستات و بیماری‌های قلبی و عروقی جلوگیری نمایند. اکسایش چربی یکی از مهم‌ترین عواملی افت کیفیت خشکبارها ازجمله گردو هست و بر خواص حسی کیفیت تغذیه‌ای و عمر ماندگاری آن‌ها تأثیر دارد. گردو به اکسیژن اتمسفر حساس بوده و تماس با اکسیژن به‌عنوان معمول‌ترین سازوکار فساد اکسایشی آن در نظر گرفته می‌شود. مقدار روغن مغز گردو در ژنوتیپ‌های متفاوت بین ٦۱/٦۷ ٤۱/۷۲ درصد تخمین شده است که ٦۲ تا ۷۵ درصد آن را اسیدهای چرب چند غیراشباعی تشکیل می‌دهند. مقدار بالای اسیدهای چرب چند غیراشباعی در گردو عامل حساسیت آن به اکسایش می‌باشد بنابراین روغن گردو نقش مهمی در عمر ماندگاری آن دارد (Hosseini *et al.*, 2014). عواملی از قبیل دما، نور، رطوبت و تماس با اکسیژن به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر فساد اکسایشی گردو می‌باشند (Shahidi John, 2010). در پژوهش با افزایش زمان نگهداری از ۱۵ روز تا ۹۰ روز بر میزان عدد پراکسید مغز گردو به‌طور معنی‌داری افزوده گردید (Ziaolhagh *et al.*, 2018).

بیشترین میزان اکسیداسیون لیپیدهای مغز گردوها در صورت نگهداری در شرایط محیط رخ می‌دهد و با افزایش دمای نگهداری از ۱۰ درجه تا ۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد عدد پراکسید که نشانه پیشرفت اکسیداسیون است افزایش می‌یابد. برخی محققین عدد پراکسید روغن حاصل از مغز گردو تازه را بسته به ژنوتیپ‌های گوناگون از ۰/۰۱ تا ۰/۳۹ میلی‌اکی والان اکسیژن بر کیلوگرم گزارش نمودند (Österberg *et al.*, 1999; Vanhanen Savage, *2006*). در پژوهشی مقادیر میانگین عدد پراکسید برای سطوح مختلف زمان نگه‌داری در محدوده ۱۳٤ تا ۱۷۲ میلی اکی والان بر کیلوگرم روغن گردو متغیر بودند که نسبت به شاهد با میانگین (۱۱۰ *meq/kg*) تغییراتی به میزان ۱۸ تا ٥٦ درصد داشتند. با افزایش مدت‌زمان نگه‌داری از ۱۰ روز (با *میانگین* ۱۳٤ meq*/kg*) تا ۳۰ روز با میانگین (۱۷۲ meq*/kg*) مقدار عدد پراکسید در حال افزایش بود، اما از روز ۳۰ تا روز ٤۰ با میانگین مقدار (۱۷۲ *meq/kg*) عدد پراکسید تقریباً ثابت باقی ماند. این مساله می‌تواند نشانگر شروع مرحله دوم اکسیداسیون و برابر بودن نرخ تولید پراکسید با نرخ مصرف آن باشد (Nikosiar *et al.*, 2017). در پژوهشی میانگین عدد پراکسید ۹ واریته گردو برحسب میلی‌اکی والان اکسیژن بر کیلوگرم به میزان ۰/۲۹ برای گردو تازه، ۱/٦٦ بعد از یک سال نگه‌داری، ۳/۵۸ بعد از دو سال و ۲/۰٦ بعد از سه سال نگه‌داری گزارش گردید (Österberg *et al.*, 1999).

مارتینز و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که با نگهداری روغن گردو به مدت ٤ ماه در دمای اتاق عدد اسیدی آن به مقدار ناچیزی تغییر می‌کند که نشان‌دهنده پایداری روغن گردو در مقابل تجزیه هیدرولیتیکی می‌باشد. با افزایش زمان نگهداری، عدد پراکسید افزایش یافت که برای افزایش عدد پراکسید در طی زمان نگهداری یک مدل خطی با ضریب تبیین ۰/۹۷ را پیشنهاد دادند. آن‌ها اظهار داشتند که عدد پراکسید روغن گردو بعد از ٦۰ روز نگهداری به حد غیرقابل‌قبول می‌رسد (Martínez *et al.*, 2011). همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود مقدار عدد پراکسید در تمام ژنوتیپ‌ها باگذشت زمان افزایش معنی‌داری داشت. ترکیبات عمده گردو را تری‌گلیسریدها تشکیل می‌دهند که در آن اسیدهای چرب تک غیراشباع (اسیداولئیک) و اسیدهای چرب

چند غیراشباعی (اسیدآلفالینولنیک و اسیدلینولئیک) در مقادیر بالا حضور دارند. اکسیداسیون چربی‌ها باعث مزه و طعم نامطلوب و کاهش ارزش غذایی خشکبار می‌شود. متداول‌ترین نشانگر تندی اکسیداسیونی در خشکبار، عدد پراکسید است. اکسیداسیون یکی از عوامل فساد مواد غذایی است که درنتیجه آن، پراکسید تولید می‌شود. پراکسید تولیدی، با شاخص عدد پراکسید قابل سنجش است و بیشتر در اسیدهای چرب غیراشباع رخ می‌دهد (*Vasudevan et al., 2014*).

جدول ٤- نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش ژنوتیپ‌های مختلف گردو و زمان‌های مختلف بر عدد پراکسید روغن مغز گردو

ژنوتیپ	زمان نگهداری (روز)			
	۰	٦۰	۱۲۰	۱۸۰
سی‌سخت ۱	۰/۰۲^{y}	۰/۱٤$^{w-y}$	۰/۳۲$^{r-w}$	۱/۲۲^{fg}
سی‌سخت ۲	۰/۰٤^{y}	۰/۱۵$^{v-y}$	۰/۳٤$^{q-v}$	۱/۱۳$^{f-h}$
کوخدان ۱	۰/۰۷^{xy}	۰/۵۲$^{l-q}$	۱/۰٤$^{g-i}$	۱/۲٤^{ef}
کوخدان ۲	۰/۲٤$^{t-x}$	۰/۵٤$^{l-p}$	۰/٦۸$^{k-m}$	۱/٦٤^{d}
دلی‌رج ۱	۰/۵$^{m-r}$	۰/۷٦$^{j-k}$	۰/۹۱$^{i-j}$	۲/۰۰۳^{bc}
دلی‌رج ۲	۰/۳٤$^{q-v}$	۰/۸$^{j-k}$	۱/۰٦$^{f-i}$	۲/۲۲^{a}
شهنیز ۱	۰/۰۷^{xy}	۰/۱۵$^{v-y}$	۱/۰٦$^{f-i}$	۲/۰۲^{bc}
شهنیز ۲	۰/۳۷$^{p-u}$	۰/٦۲$^{k-o}$	۰/۷۱$^{k-l}$	۲/۱۱^{ab}
ستنگان ۱	۰/۲۸$^{s-w}$	۰/۳۸$^{p-u}$	۰/٤٤$^{o-s}$	۱/٤^{e}
ستنگان ۲	۰/۳۷$^{p-u}$	۰/٤$^{p-t}$	۰/٤۹$^{n-r}$	۱/۸۹^{c}
گنجگون ۱	۰/۱۹$^{u-y}$	۰/٤$^{p-t}$	۰/٦٦$^{k-n}$	۰/۹۳$^{i-j}$
گنجگون ۲	۰/۰۵^{y}	۰/۳٦$^{p-u}$	۰/٤$^{p-t}$	۱^{hi}
وزگ ۱	۰/۰۲^{y}	۰/۳۷$^{p-u}$	۰/٤۳$^{p-t}$	۰/۹۱$^{i-j}$
وزگ ۲	۰/۲۷$^{s-w}$	۰/٤$^{p-t}$	۰/٦۸$^{k-m}$	۱/۱۸$^{f-h}$

در هر ردیف و ستون اعداد دارای حروف مشترک در سطح یک درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

درصد کاهش وزن مغز گردو

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات ساده ژنوتیپ و زمان نگهداری و همچنین برهم‌کنش ژنوتیپ و زمان نگهداری بر درصد کاهش وزن مغز گردو در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج برهم‌کنش ژنوتیپ‌های مختلف گردو و زمان نگه‌داری بر درصد کاهش وزن مغز گردو در جدول ۳ ارائه‌شده است. بیشترین درصد کاهش وزن مغز گردو مربوط به برهم‌کنش ژنوتیپ وزگ ۲ و زمان ۱۸۰ روز، برهم‌کنش ژنوتیپ ستنگان ۲ و زمان ۱۸۰ روز، برهم‌کنش ژنوتیپ گنجگون ۱ و زمان ۱۸۰ روز و برهم‌کنش ژنوتیپ ستنگان ۱ و زمان ۱۸۰ روز، برهم‌کنش ژنوتیپ دلی‌رج ۱ و زمان ۱۸۰ روز، برهم‌کنش ژنوتیپ شهنیز ۲ و زمان ۱۸۰ روز، برهم‌کنش ژنوتیپ وزگ ۱ و زمان ۱۸۰ روز، برهم‌کنش ژنوتیپ کوخدان ۱ و زمان ۱۸۰ روز و ژنوتیپ دلی‌رج ۲ و زمان ۱۸۰ روز به ترتیب با ۰/۸۹، ۰/۷۸، ۰/۷۸، ۰/۷۷،

۰/٦٧، ۰/٦٧، ۰/٦٧، ۰/٦٦ و ۰/٦٥ درصد و کمترین درصد کاهش وزن مربوط به برهم‌کنش ژنوتیپ‌های سی‌سخت ۱ و زمان ٦۰ روز، ژنوتیپ سی‌سخت ۱ و زمان ۱۲۰ روز و ژنوتیپ سی‌سخت ۲ و زمان ٦۰ روز به ترتیب به میزان ۱۵، ۰/۱۸ و ۲۹٪ می‌باشد (جدول ۵).

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده توسط برخی محققین، کاهش وزن مغز گردو تا شش ماه پس از نگهداری ناچیز (در حد صفر) بود. در مدت شش ماه به ۱/٤ و ۱/٦ درصد در ۱۲ ماه رسید (Salajegheh, 2020). لوپز و همکاران دریافتند که کاهش معنی‌دار وزن گردوهای دارای پوست، تحت تأثیر مدت‌زمان نگهداری به دلیل از دست دادن رطوبت می‌باشد(López *et al.*, 1995). در تحقیقی که بر روی مغز فندق طی ۸ و ۱۲ ماه نگهداری در یخچال انجام گرفت، کاهش معنی‌داری در میزان رطوبت نمونه‌های بسته‌بندی‌شده تحت هوا و نمونه‌های تحت اتمسفر تغییریافته (۹۹ درصد ازت) مشاهده نشد (Ghirardello *et al.*, 2013). یکی از دلایل کاهش درصد رطوبت مغز احتمالاً به دلیل تغییرات کم رطوبت محیط نگهداری (۳۵-٤۵ درصد) و درصد بالای چربی در مغز گردو بوده است (Hosseini *et al.*, 2012).

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش ژنوتیپ‌های مختلف گردو و زمان‌های مختلف بر درصد کاهش وزن مغز گردو

ژنوتیپ	زمان نگهداری (روز)			
	۰	٦۰	۱۲۰	۱۸۰
سی‌سخت ۱	۰	۰/۱۵ ^{w}	۰/۱۸^{v}	۰/٤٤ ^{mn}
سی‌سخت ۲	۰	۰/۲^{v}	۰/۲۹^{t}	۰/٦۲ ^{d}
کوخدان ۱	۰	۰/٤٦^{l}	۰/۳۹^{p}	۰/٦٦^{c}
کوخدان ۲	۰	۰/۳۲^{s}	۰/۲۸^{t}	۰/۵۳^{fg}
دلی‌رج ۱	۰	۰/٤٦^{lm}	۰/٤۱^{op}	۰/٦۷^{c}
دلی‌رج ۲	۰	۰/۳۹^{p}	۰/۳٤^{rs}	۰/٦۵^{c}
شهنیز ۱	۰	۰/۲۹^{t}	۰/٤۳^{n}	۰/۵٤^{f}
شهنیز ۲	۰	۰/۳٦^{q}	۰/۵۱^{gh}	۰/٦۷^{c}
ستنگان ۱	۰	۰/٤^{p}	۰/٤۷$^{j-l}$	۰/۷۷^{b}
ستنگان ۲	۰	۰/٤۲^{no}	۰/٤۹$^{i-j}$	۰/۷۸^{b}
گنجگون ۱	۰	۰/۵۱^{gh}	۰/۵^{hi}	۰/۷۸^{b}
گنجگون ۲	۰	۰/۲۸^{t}	۰/۲۵^{u}	۰/۵۷^{e}
وزگ ۱	۰	۰/۲۷^{tu}	۰/۳۵^{qr}	۰/٦۷^{c}
وزگ ۲	۰	۰/٤۷^{kl}	۰/٤۹$^{i-k}$	۰/۸۹^{a}

در هر ردیف و ستون اعداد دارای حروف مشترک در سطح یک درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

ارزیابی حسی مغز گردو

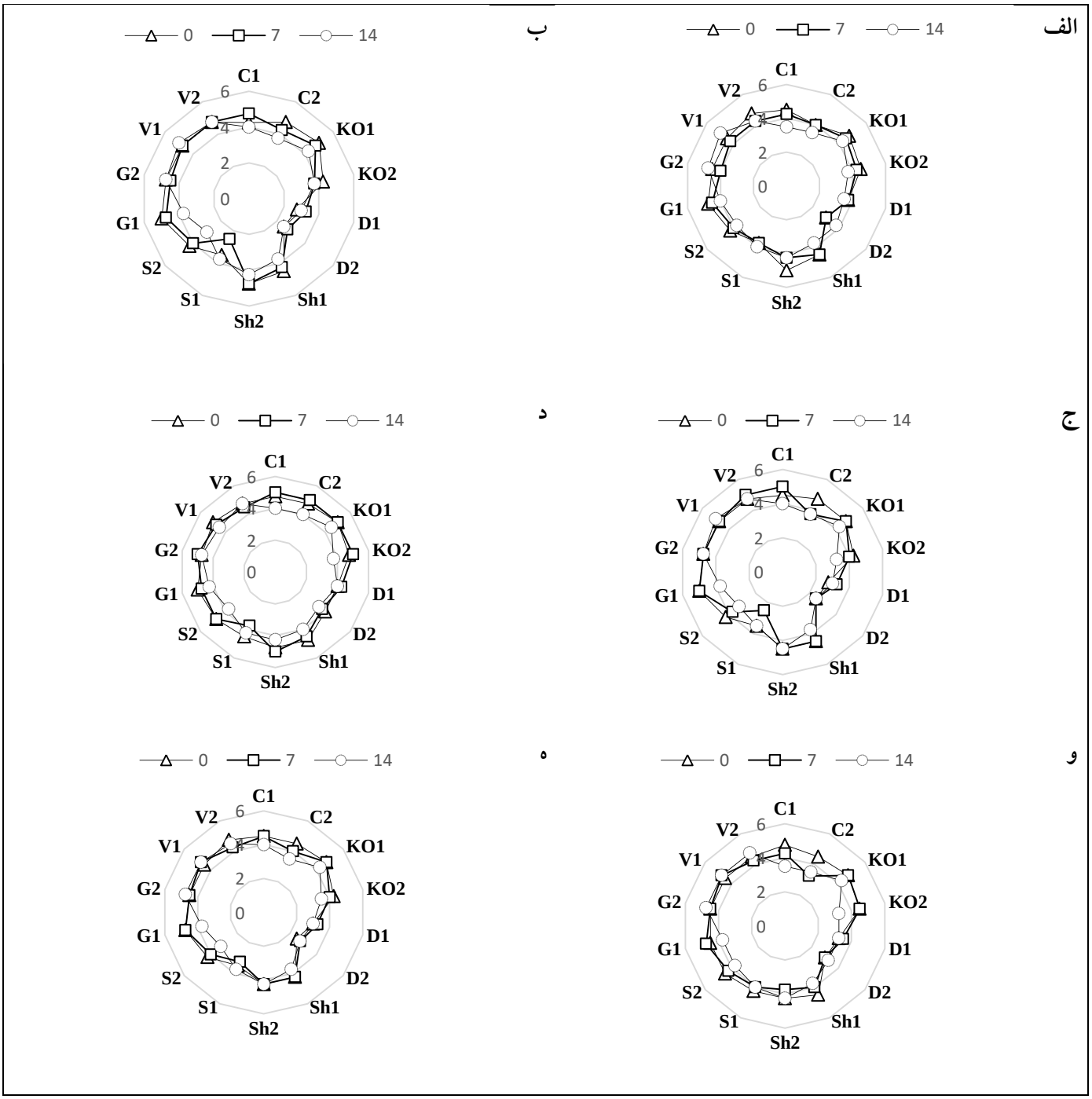
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ژنوتیپ و زمان نگهداری بر صفات حسی از قبیل بو، ظاهر، رنگ، بافت، طعم و پذیرش کلی در سطح احتمال ۱٪ تأثیر معنی‌داری دارد (جدول ٦). نتایج ارزیابی حسی (بو، ظاهر، رنگ، بافت، طعم و پذیرش کلی) مغز گردو در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده‌شده است. با افزایش زمان نگهداری، ویژگی حسی بو در همه ژنوتیپ‌ها به‌جز وزگ ۱، وزگ ۲ و گنجگون ۲ کاهش‌یافته است (شکل ۲ الف). ازنظر ظاهر مغز گردو در همه ژنوتیپ‌ها با افزایش زمان به‌جز وزگ ۱، وزگ ۲ و گنجگون ۲ کاهش‌یافته است (شکل ۲ ب).

با افزایش زمان، رنگ در ژنوتیپ‌های دلی‌رج ۲، شهنیز ۲، گنجگون ۲ و وزگ ۱ ثابت مانده و بقیه ژنوتیپ‌ها تغییریافته است (شکل ۲ ج). با افزایش زمان میزان بافت در همه ژنوتیپ‌ها کاهش‌یافته است (شکل ۲ د). با افزایش زمان طعم در همه ژنوتیپ‌ها به‌جز دلی‌رج ۲، شهنیز ۲، وزگ ۱، وزگ ۲ و گنجگون ۲ تغییر یافته است (شکل ۲ و). بیشترین امتیاز پذیرش کلی در زمان صفر مربوط به ژنوتیپ‌های کوخدان ۱، گنجگون ۱ و وزگ ۲ و کمترین امتیاز در دلی‌رج ۱ و دلی‌رج ۲ مشاهده شد و پس از ۷ ماه بیشترین امتیاز در ژنوتیپ‌های کوخدان ۱، گنجگون ۱ و وزگ ۱ و کمترین آن در دلی‌رج ۱ و دلی‌رج ۲ مشاهده شد و بیشترین امتیاز بعد از ١٤ ماه در ژنوتیپ‌های گنجگون ۲ و وزگ ۱ و کمترین امتیاز مربوط به ژنوتیپ‌های دلی‌رج ۱ و دلی‌رج ۲ بود (شکل ۲ ه). نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج به‌دست‌آمده سایر محققین مطابقت دارد (Rastegar *et al.*, 2019; Shojaei *et al.*, 2023). در پژوهشی نتایج ارزیابی حسی نشان داد نشان داد که بادام، ماکادمیا و پسته بعد از ۹-٦ ماه نگهداری در ۳۸ درجه سلسیوس و فندق، بادام‌زمینی و گردو تنها بعد از ۵-۲ ماه نگه‌داری در ۳۸ درجه سلسیوس قابل‌پذیرش هستند (Young *and* Cunningham, 1991). *همچنین در پژوهش دیگری گزارش‌شده که* افزایش درجه حرارت و افزایش اکسیژن، حساسیت محصولات را ازنظر اکسیداسیون چربی (ترشیدگی و تولید مواد فرار) و ویژگی‌های حسی افزایش می‌دهد؛ زیرا ترکیبات حاصل از اکسیداسیون بر طعم روغن‌ها اثر می‌گذارد و چنانچه اکسیداسیون در سطح پیشرفته‌ای صورت گرفته باشد آن‌ها را غیرقابل‌مصرف می‌کند (Jensen *et al.*, 2003).

جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس تأثیر ژنوتیپ‌های مختلف گردو و زمان نگه‌داری بر ارزیابی حسی ژنوتیپ‌های برتر گردو

منابع تغییرات	درجه آزادی	بو	ظاهر	رنگ	بافت	طعم	پذیرش کلی
تکرار	۳	۵/۹۷٤**	۳/۸۱۵**	۳/۲۷۸**	۲/٦۰۹**	۵/۵۰۰ **	٤/۹۱۱ **
ژنوتیپ (***A***)	۱۳	۱/۷۷۷**	۵/۹٦۷**	٦/۵۹۰**	۱/۱٤۷**	۲/۵٤٤**	٤/۲٦٤**
زمان نگهداری مغز (***B***)	۲	۱/۵٤۲**	۲/۲۱٤ **	۲/۳۱۰**	٤/٦۸۵**	۲/۱٦۱**	۱/۵۹۵**
برهم‌کنش ***(A×B)***	۲٦	۰/٤۲۰*	۰/۵۳۵**	۰/۵٤۰ **	۰/۳۰٦ *ns*	۰/۵۲٦ *ns*	۰/۳۲٦ *ns*
خطا	۱۲۳	۰/۲٦۷	۰/۲٦۳	۰/۲٤۹	۰/۳٤۱	۰/۳۹٤	۰/۲۵۲
درصد ضریب تغییرات *(%CV)*		۱۲/٤۹	۱۲/۵۳	۱۲/۲۳	۱۲/۹۹	۱۵/۲۹	۱۲/٤٦

**: نمایانگر معنی‌دار بودن در سطح احتمال یک درصد، *: نمایانگر معنی‌دار بودن در سطح احتمال پنج درصد، *ns*: نمایانگر عدم معنی‌دار بودن.



شکل ۲- ارزیابی حسی رنگ مغز گردو در ژنوتیپ‌های مختلف گردو در استان کهگیلویه و بویراحمد در طی ۱٤ ماه نگهداری

الف) بو.، ب) ظاهر.، ج) رنگ.، د) بافت.، و) طعم.، ه) پذیرش کلی

سی سخت *C1, C2* ، **کوخدان** *KO1, KO2* ، **ستنگان** *S1, S2* ، **وزگ** *V1, V2* ، **گنجگون** *G1, G2* ، **دلی رج** *D1, D2* ، **شهنیز** *Sh1, Sh2*

شکل ۳- تصاویر مغز ۱٤ ژنوتیپ برتر گردو در استان کهگیلویه و بویراحمد بعد از ۱٤ ماه نگهداری

1	سی سخت ۱	***3***	کوخدان ۱	***5***	دلی رج ۱	***7***	شهنیز ۱	***9***	ستنگان ۱	***11***	گنجگون ۱	***13***	وزگ ۱
2	سی سخت ۲	***4***	کوخدان ۲	***6***	دلی رج ۲	***8***	شهنیز ۲	***10***	ستنگان ۲	***12***	گنجگون ۲	***14***	وزگ ۲

نتیجه‌گیری

مغز گردو به عنوان یک محصول خشک به‌سرعت در اثر عوامل شیمیایی و میکروبی تجزیه می‌شود و همیشه نگرانی‌هایی در مورد تخریب کیفیت مغز گردو به دلیل اکسیداسیون که منجر به طعم بد و تیره شدن رنگ می‌شود وجود دارد. فساد اکسیداتیو ناشی از تغییراتی است که در واکنش با اکسیژن اتمسفر رخ می‌دهد. به دلیل اهمیتی که اکسیداسیون چربی‌ها در ایجاد بدطعمی مواد غذایی دارد، سنجش عدد پراکسید روغن مغز گردو دارای اهمیت می‌باشد. اندیس پراکسید بالا شاخص فساد چربی است. در تحقیق حاضر، عدد پراکسید در مغز گردو باگذشت زمان افزایش یافت. کمترین میزان عدد پراکسید در ژنوتیپ‌های وزگ ۱ و گنجگون ۲ مشاهده گردید. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که ژنوتیپ‌های گنجگون ۲ و وزگ ۱ بیشترین و ژنوتیپ‌های دلی‌رج ۱ و دلی‌رج ۲ کمترین میزان پذیرش کلی را بعد از ۱٤ ماه نگهداری نشان دادند.

قدردانی

این مقاله بخشی از رساله دکتری نویسنده اول می‌باشد که به گروه علوم باغبانی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یاسوج ارائه‌شده است. بدین‌وسیله از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی تشکر می‌گردد. همچنین از آقای دکتر فرود باقری به جهت کمک در برخی کارهای آزمایشگاهی تشکر می‌گردد.

REFRENCES

AACC. 2000. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of Analysis: *11th Ed. St. Paul, MN, U.S.A.: AACC International*.

Anonymous. 2022. Statistics of agricultural products (Vol. Vol 3: Greenhouse and Horticultural Crops). *Tehran: Minestry of Jihad - Agricultura*.

Chatrabnous, N., Yazdani, N., Tavallali, V. and Vahdati, K. 2018. Preserving quality of fresh walnuts using plant extracts. *Lwt. 91: 1-7. 10.1016/j.lwt*.2018.01.026.

Ebrahimi, A., FttahiMoghadam, M., Zamani, Z. and Vahdati, K. 2010. 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.

FAO. (2021). Production yearbook. Rome. In Italy. *Food and Agriculture Organization*.

Fu, M., Qu, Q., Yang, X. and Zhang, X. 2016. Effect of intermittent oven drying on lipid oxidation, fatty acids composition and antioxidant activities of walnut. *LWT-Food Science and Technology*. 65: 1126-1132.

Ghatrehsamani, S. and Zomorodian, A. 2012. Impacts of drying air temperature, bed depth and air flow rate on walnut drying rate in an indirect solar dryer. *International Journal of Agriculture Sciences*. 4(6): 253.

Ghirardello, D., Contessa, C., Valentini, N., Zeppa, G., Rolle, L., Gerbi, V. and Botta, R. 2013. Effect of storage conditions on chemical and physical characteristics of hazelnut (Corylus avellana L.). *Postharvest Biology and Technology*. 81: 37-43.

Guiné, R., Almeida, C. and Correia, P. 2015. Influence of storage conditions and type of package on *some properties of walnuts. Millenium*. 48: 185-193.

Habashi, R., Zomorodi, S., Talaie, A. and Kalateh Jari, S. 2019. Evaluation of shelf life of walnut kernel coated by antioxidants in combination with packaging under different storage conditions. *Journal of Postharvest Technology*. 7(3): 87-95.

Hamidi, S., Yazdani, N., Rezaei, K., Faraji, R. and vahdati, k. 2015. Evaluation of physicochemical properties and oxidative stabilities of walnut kernel with yellow, amert and brown color. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*. 46(3): 275-285. 10.22059/ijbse.2015.56868.

Hosseini, H., Ghorbani, M., Mahoonak, A. and Maghsoudlou, Y. 2014. Effect of contact surface area and two common storage temperatures on the oxidative stability of walnut. *Iranian Food Science & Technology Research Journal*. 9(4).

Hosseini, H., Ghorbani, M., Sadeghi, A.R. and Maghsoudlou, Y. 2012. The effect of contact with the atmosphere and ambient temperature storage on the oxidative stability of walnu. *Journal of Food Science and Technology of Preceding Studies*. 9: 358-348.

Hosseini, H., Ghorbani, M., Sadeghi Mahoonak, A. and Maghsoudlou, Y. 2014. Estimation of walnuts oxidative stability using an accelerated shelf-life testing approach. *Iranian Food Science and*

Technology Research Journal. 10(4): 307-317. 10.22067/ifstrj.v10i4.43721.

Jensen, P.N., Sørensen, G., Brockhoff, P. and Bertelsen, G. 2003. Investigation of packaging systems for shelled walnuts based on oxygen absorbers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51(17): 4941-4947.

Kavoosi, B. (2009). Identification and complementary collection of the best genotypes of Iranian walnut: Case study of Kohgilouye and Boyerahmad provinces. In (pp. 120): *Agricultural and Natural Resources Research Center, Kohgiluyeh and Boyer Ahmad*.

Khadivi, A., Montazeran, A., Rezaei, M., Ebrahimi, A., 2019. The pomological characterization of walnut (Juglans regia L.) to select the superior genotypes – An opportunity for genetic improvement. *Scientia Horticulturae* 248: 29-33.

Kita, A. and Figiel, A. 2007. Effect of roasting on properties of walnuts. *Polish journal of food and nutrition sciences*. 57(2 [A]): 89-94.

López, A., Pique, M.T., Romero, A. and Aleta, N. 1995. Influence of cold-storage conditions on the quality of unshelled walnuts. *International Journal of Refrigeration*. 18(8): 544-549. https://doi.org/10.1016/0140-7007(96)81781-6.

Martínez, M., Barrionuevo, G., Nepote, V., Grosso, N. and Maestri, D. 2011. Sensory characterisation and oxidative stability of walnut oil. I*nternational Journal of Food Science & Technology*. 46(6): 1276-1281.

Nikosiar, M., Khazaei, J. and Eshagi, M.R. 2017. Effect of processing, storage temperature and time on properties of fresh Walnut kernels. *Journal of Food Science and Technology* (Iran). 14(71): 323-332.

Österberg, K., Savage, G. and McNeil, D.L. 1999. Oxidative stability of walnuts during long term in shell storage. *In IV International Walnut Symposium* 544 (pp. 591-597).

Rastegar, S., Shojaee, A. and Tajeddin, B. 2019. The effect of packaging method on the physical, chemical, and organoleptic characteristics of walnut kernel during its storage. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. 14(5): 699-713. 10.22067/ifstrj.v14i5.68814.

Salajegheh, F. and Behjat, T. 2020. The effect of modified atmosphere packaging and packaging material on walnut kernel shelf-life. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*. 8(8): 357-368.

Shahidi, F. and John, J. 2010. Oxidation in foods and beverages and antioxidant applications. Oxidation and Protection of Nuts and Nut Oils, 2nd ed.; Decker, EA, Elias, RJ, McClements, DJ, Eds: 274-305.

Shojaei, A., Rastegar, S. and Sayyad-Amin, P. 2023. Shelf life extension of walnut kernel: effect of temperature and vacuum packaging storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*: 1-12.

Tajeddin, B. 2004. The effect of polymer films on walnut packaging. Pajouhesh and Sazandegi. 62: 2-8.

Vanhanen, L. and Savage, G. 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.

Vasudevan, S., Shakuntala, N., Teli, S., Goud, S. and Gowda, B. 2014. Studies on effect of modified atmospheric storage condition on storability of groundnut (Arachis hypogaea L.) seed kernels. *International Journal of Research Studies in Biosciences*. 2(2): 25-36.

Velasco, J., Dobarganes, C. and Márquez-Ruiz, G. 2010. Oxidative rancidity in foods and food

quality. In Chemical deterioration and physical instability of food and beverages (pp. 3-32): Elsevier.

Vijan, L.E., Giura, S., Mazilu, I.C. and Botu, M. 2023. Effect of temperature and storage time on some biochemical compounds from the kernel of some walnut cultivars grown in Romania. *Horticulturae*. 9(5): 544.

Yazdani, N., Hamidi, S., Rezaei, K., Vahdati, K. and Rahmanian Haghighi, A.R. 2017. Evaluation of some pomological characteristics and fatty acids composition of thirteen walnut cultivars. *Journal of Crops Improvement.* 19(1): 189-201. 10.22059/jci.2017.60390.

Young, C. and Cunningham, S. 1991. Exploring the partnership of almonds with cereal foods. *Cereal Foods World*. 36(5): 412-418.

Zacheo, G., Cappello, M., Gallo, A., Santino, A. and Cappello, A. 2000. Changes associated with post-harvest ageing in almond seeds. *LWT-Food Science and Technology*. 33(6): 415-423.

Ziaolhagh, S.H.R., Mazaheri-Tehrani, M., Razavi, M.A. and Rashidi, H. 2018. The effect of storage conditions on the physico-chemical and microbial properties of walnut cream. *Journal of Food Science and Technology (Iran).* 14(72): 346-337.

Sustainable Agricultural Science Research /Vol. 3/No. 4/Winter 2024/P:68-85
https://www.sarj.iauk.ac.ir

The Reaction of Some Qualitative Changes in the kernel of Different Walnut Genotypes in the Storage Period

Zahra Davarkhah[1], Mehdi Hosseinifarahi[*2], Mohsen Radi [3] and Sedigheh Ghoilpour[4]

[1] PhD Student, Department of Horticultural Science, Yasuj Branch, Islamic Azad University, Yasuj, Iran.

[2] Associate Professor, Department of Horticultural Science, Yasuj Branch, Islamic Azad University, Yasuj, Iran.

[3] Associate Professor, Department of Food Science, Yasuj Branch, Islamic Azad University, Yasuj, Iran.

[4] Assistant Professor, Department of Chemistry, Yasuj Branch, Islamic Azad University, Yasuj, Iran.

* Corresponding Author's Email: mehdi.hosseinifarahi@iau.ac.ir
(Received: February. 8, 2024 – Accepted: March. 19, 2024)

ABSTRACT

Walnut is used as the most widely and economically used tree in the world. This tree has a multipurpose use, so that it is cultivated in pomology for its fruit, in forestry for the use of wood, in pharmaceuticals as a medicinal plant, and in parks as an ornamental. In order to investigate some qualitative postharvest characteristics, the kernel of 14 superior walnut genotypes (Sisakht 1 and 2, Delirej 1 and 2, Shahniz 1 and 2, Kowkhdan 1 and 2, Setangan 1 and 2, Ganjegun 1 and 2 and Vezeg 1 and 2), an experiment was conducted in Kohgiluyeh and Boyar Ahmad provinces during 2019 to 2020. Qualitative characteristics such as oxidative stability of walnut kernels (peroxide value), percentage of moisture and weight loss of kernels after 6 months and sensory evaluation after 14 months evaluated at 25°C were. The results showed that the peroxides value in walnut kernels increased during storage. After 6 months of storage in the warehouse, the lowest peroxide value was observed in the genotypes of Vezg 1 and Ganjegun 2. The results of the sensory evaluation showed that Ganjegun 2 and Vezg 1 genotypes had the highest and Delirej 1 and 2 genotypes showed the lowest overall acceptance rate after 14 months of storage. Finally, Vezg 1 and Ganjegun 2 genotypes are recommended for consumption and also in breeding programs due to their better quality and durability after harvesting.

Keywords: Unsaturated fatty acids, sensory evaluation, oxidation, peroxide value.