

نوع مقاله: پژوهشی

تغییرات خصوصیات کیفی گردوی پکان پیش‌تیمار شده با گرمایش اهمیک، در بسته‌بندی و انبارمانی‌های مختلف

رقیه شاکری میاندره^۱، محسن آزادبخت^{۲*}، احمد تقی زاده علی سرایی^۳، فریال وارسته اکبرپور^۴ و محمد جواد محمودی^۵

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

^۲ استاد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

^۳ دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

^۴ استادیار گروه باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

^۵ دانشجوی دکتری گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۳/۰۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۳۰

چکیده

گردوی پکان (*Carya illinoensis*) نوعی آجیل است که به اکسیژن و رطوبت حساس است و دستخوش تغییرات فیزیکی و شیمیایی و در نتیجه غیر قابل استفاده می‌شود. در این پژوهش، معیارهای موثر بر کاهش تغییرات فیزیکی و شیمیایی گردو در سطوح مختلف گرادیان ولتاژ به منظور پیش‌تیمار اهمیک (۴۵، ۶۰ و ۷۵ ولت بر سانتی‌متر)، بسته‌بندی (متالایز، کرافت و سلفون) و انبارمانی به مدت سه و شش ماه بررسی شد. پس از اتمام دوره انبارمانی خواص شیمیایی گردو شامل فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، اسید چرب، ارزش پراکسید، مواد جامد انحلال‌پذیر و مقدار روغن اندازه‌گیری و با نمونه شاهد (بدون استفاده از پیش‌تیمار، خشک‌کن و بسته‌بندی) مقایسه شد. با توجه به نتایج بدست آمده، بیشترین مقدار روغن از تاثیر متقابل پیش‌تیمار اهمیک بر بسته‌بندی مربوط به نمونه‌های بسته‌های متالایز با پیش‌تیمار اهمیک و گرادیان ولتاژ ۷۵ ولت بر سانتی‌متر به مقدار ۶۸/۰۳ درصد بود. بیشترین مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی و اسید چرب در نمونه‌های پیش‌تیمار شده با اهمیک ۴۵ ولت بر سانتی‌متر در بسته‌های متالایز به ترتیب به مقدار ۷۷/۵ و ۳۸/۷۷ درصد بود. بیشترین مقدار فنل کل مربوط به نمونه‌های پیش‌تیمار نشده در بسته‌های متالایز به مقدار ۰/۹۹ گالیک اسید بوده است. بیشترین مقدار ارزش پراکسید بعد از شش ماه انبارمانی ۷/۱۸ و بیشترین مقدار برای مواد جامد انحلال‌پذیر بعد از سه ماه انبارمانی در بسته‌بندی متالایز با مقدار ۷۲/۵ مشاهده شد. در مجموع بسته‌بندی متالایز و گرادیان ولتاژ ۴۵ ولت بر سانتی‌متر و نمونه‌های بدون پیش‌تیمار بهترین مقادیر برای نگهداری میوه گردو را ایجاد کردند.

واژه‌های کلیدی: گردو، بسته‌بندی، انبارمانی، گرادیان ولتاژ، خواص کیفی

مقدمه

در جهان در جنوب ایالات متحده آمریکا بدست می‌آید (Sierra-Zurita et al., 2023). مغز گردوی تازه ارزش غذایی بالایی دارد اما در شرایط طبیعی بسیار فساد پذیر است (Ajamgard et al., 2022). بنابراین نگهداری آن در شرایط طبیعی به مدت طولانی امکان پذیر نیست. انبار مناسب برای نگهداری طولانی مدت گردو باید خنک باشد، زیرا بسیاری از

گردو یکی از مهمترین آجیل‌ها در دنیاست که ارزش خوراکی و دارویی بالایی دارد (Yang et al., 2023). گردوی پکان را میوه طول عمر نیز نام داده‌اند (Wang et al., 2023). گردوی پکان از نظر اقتصادی مهم‌ترین و با ارزش‌ترین آجیل بومی آمریکای شمالی است و ۹۸ درصد از تولید سالانه پکان

کپک‌ها و قارچ‌ها در دمای ۲۷ درجه سلسیوس فعال می‌شوند و از رطوبت (هفت تا هشت درصد) مغز گردو استفاده می‌کنند و رشد می‌یابند. دمای زیر ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت شش درصد برای نگهداری گردو مناسب است. فراهم کردن این شرایط برای جمعیت انبوهی از گردو که در یک زمان برداشت شده بسیار سخت است. از این رو صنعت بسته‌بندی، با دانش، هنر و فناوری محافظت از محصول برای نگهداری، انبارکردن، انتقال و توزیع، ذخیره و فروش به گونه‌ای به کار گرفته شده است که در هنگام تولید تا مصرف کمترین آسیب به محصول وارد شود (Badrloo *et al.*, 2023). انتخاب ماده بسته‌بندی مناسب می‌تواند در نگهداری و عرضه مواد غذایی موثر باشد (Sabaghi *et al.*, 2015). امروزه گردو در بسته‌بندی‌های متنوع نایلون شفاف، وکیوم، مقوایی، متالایز، کرافت و غیره روانه بازار می‌شود. استفاده از پوشش‌های پلی‌اتیلن با دانسیته کم (LDPE) با ساشه‌های جاذب اکسیژن می‌تواند عامل موثری در بهبود ماندگاری گردو باشد. به منظور بسته‌بندی مغز گردو به ترتیب اهمیت، دمای نگهداری، میزان نفوذپذیری بسته‌بندی نسبت به اکسیژن و جلوگیری از قرارگرفتن در برابر نور عوامل تعیین‌کننده در طراحی بسته‌بندی برای افزایش ماندگاری و بهبود بازارپسندی این محصول با ارزش در نظر قرار گرفته می‌شوند (Hosseini *et al.*, 2014). خشک کردن پس از برداشت آجیل‌ها فاکتور مهمی در نگهداری طولانی مدت آن‌ها خواهد بود. خشک کردن مغزها به روش‌های گوناگون صورت می‌گیرد. حرارت دان روش سنتی واز قدیمی ترین روش‌ها برای فراوری مواد غذایی است که ازدیر باز بشر آن را به کار برده است. از آنجا که این روش سنتی سبب کاهش کیفیت محصول می‌شود می‌توان از روش‌های نوین خشک کردن مانند حرارت دهی اهمی استفاده کرد که باعث تولید حرارت در داخل ماده غذایی می‌شود. از مزایای آن می‌توان به کاهش تغییرات رنگ و کیفیت و کاهش زمان فراوری و عملکرد بالای آن اشاره داشت (Azadbakht *et al.*, 2020).

نتیجه تحقیقات برخی محققان از این قرار است. در پژوهشی تاثیر دما (۴ و ۲۵ درجه سلسیوس) و نوع بسته‌بندی (تحت خلا و حاوی هوا) را بر تغییرات کمی و کیفی گردوی ایرانی در مدت زمان شش ماه نگهداری ارزیابی کردند. نتایج ارزیابی نشان داد که کاهش دما و اکسیژن محیط نگهداری در جلوگیری از اکسیداسیون چربی‌ها، کاهش ترکیبات فنلی و تغییر عطر و طعم گردو نقش موثری دارد. نمونه‌های شاهد کاملا نتیجه عکس داشتند (Rastegar *et al.*, 2018).

هاشمی و همکاران (Hashemi *et al.*, 2019) در تحقیقی تاثیر فیلم‌های انعطاف پذیر روی برخی پارامترهای کیفی پسته خشک طی ۱۲ ماه انبارمانی را بررسی کردند و نشان دادند کاربرد پوشش پلیمری دو و هفت لایه (دو لایه با ترکیب پلی آمید متالایز شده و هفت لایه با ترکیب پلی اتیلن) در مقایسه با شاهد افت وزن، میزان اسید چرب آزاد و پر اکسید کمتری طی دوره انبارمانی دارد. پوشش دو لایه نسبت به نور نفوذ ناپذیر و پوشش هفت لایه نفوذ ناپذیری بیشتری در مقابل اکسیژن داشته است.

ناظمی و انصاری (Nazemi & Ansari., 2021) در پژوهشی تاثیر برشته کردن بادام کوهی در دما و زمان‌های مختلف و وجود گاز نیتروژن و نبود گاز نیتروژن روی دونوع بسته‌بندی پلی اتیلن و OPP-CPP (پلی پروپیلن خطی شده / پلی پروپیلن) طی دو ماه نگهداری در ۳۷ درجه سلسیوس بررسی کردند. نتایج بررسی‌های این محققان نشان داد برشته کردن در هر دمایی حاوی بسته‌بندی‌های گاز نیتروژن به طور معنی داری عملکرد بهتری دارند. همچنین فساد اکسیداسیون طی زمان در نمونه‌های برشته شده در دمای بالاتر با پوشش پلی اتیلن بیشتر بود (Daryaie & Mansouripour, 2020) تاثیر شرایط دمایی ونحوه فرآیند (سرخ کردن و برشته کردن) را بر ویژگی‌های شیمیایی و حسی مغز تخمه آفتاب گردان بررسی کردند و نشان دادند دمای بالا و زمان

و انبارداری برای ما بسیار مهم است. هدف از این تحقیق بررسی ویژگی‌های کیفی مغزگردو بعد از دو دوره انبارمانی است که تاثیر پیش‌تیمار اهمیک و بسته‌بندی‌های مختلف روی محصول هدف بعد از سه و شش ماه مشخص شود.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی و تجهیزات

در این تحقیق گردوی بدون پوسته سبز آن از باغی در روستای قره باغ‌لو، شهرستان کلالة استان گلستان، ایران تهیه شد. گردوهای مورد نیاز به آزمایشگاه گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انتقال داده شد. اولین اقدام پس از انتقال گردوها جدا کردن پوسته سخت و چوبی آن بود. پره‌های داخل گردو (پوسته دیافراگمی) به صورت دستی در مرحله بعدی جدا گردید تا نمونه‌ها یکدست و بدون ضایعات باشند. سپس ۷۲ نمونه در اندازه‌های ۴۰ گرمی وزن شدند. ۵۴ عدد از نمونه‌ها تحت پیش‌تیمار اهمیک در سه گرادیان ولتاژ (۴۵، ۶۰ و ۷۵ ولت بر سانتی‌متر) قرار گرفتند. بقیه گردوها یعنی ۱۸ گردو بدون پیش‌تیمار اهمیک باقی ماندند. همه نمونه‌ها در آن دردمای ۱۰۳ درجه سلسیوس به مدت ۱۹ ساعت خشک شدند. بعد از فرایند پیش‌تیمار اهمیک و خشک کن با استفاده از ترازوی دیجیتال مدل (DJ 2000 A) بادقت یک درصد تغییرات جرم نمونه‌های گردو اندازه گیری شد. سرانجام در بسته‌های متالایز، کرافت و سلفون بسته‌بندی شدند و پس از گذشت سه و شش ماه ویژگی‌های کیفی نمونه‌ها (آنتی اکسیدان، مقدار فنل، اسیدهای چرب، ارزش پراکسید، مواد جامد انحلال‌پذیر و درصد روغن) بررسی شدند.

دستگاه اهمیک

در این تحقیق از فرایند اهمیک پیش از خشک کردن، به عنوان پیش‌تیمار استفاده شد. حرارت دهی اهمیک فرآیندی است که طی آن جریان الکتریکی متناوب از ماده عبور داده می‌شود و به دلیل وجود مقاومت الکتریکی گرما در داخل ماده غذایی تولید می‌شود. مهم ترین اجزای دستگاه

حرارت دهی به صورت منفی و پیش‌رونده همه خواص فیزیکی و شیمیایی دانه آفتاب گردان راتحت تاثیر قرار می‌دهد. مقدار پراکسید، اندیس اسیدی، آنیزیدین و اندیس توتوکس نمونه‌های برشته شده در دمای ۲۱۰ درجه سلسیوس نسبت به نمونه‌های سرخ شده افزایش بیشتری نشان داد. نمونه‌های سرخ شده از نظر ظاهر، تردی بافت و طعم و پذیرش کلی مناسب‌تر بوده‌اند.

مغز گردو با وزن تقریبی ۲۰۰ گرم به مدت یک سال در یخچال با دمای ۱۰ درجه سلسیوس در بسته‌بندی پلاستیک پنج لایه متالایزه با ضخامت ۹۰ میکرون تحت شرایط اتمسفر اصلاح شده و اتمسفر معمولی، میزان آلودگی آفلاتوکسین و پروفایل اسیدهای چرب بررسی گردید. نتایج بدست آمده در روز صفر وسطی یک سال نگهداری نشان داد شاخص پراکسید مغزگردو در مدت نگهداری افزایش می‌یابد اما در شش ماه اول هیچ تغییری در پراکسید مشاهده نشد. مقدار پراکسید درنمونه‌های پر از گاز کمتر بود تا درنمونه‌های شاهد. با افزایش مدت زمان نگهداری مغز گردو رنگ و طعم آن کاهش اما سفتی آن افزایش یافت (Salajegheh & Tajeddin, 2020).

نیارکی و کامزانی (Niaraki & Kamazani, 2022) پیش‌تیمار برشته کردن قبل از استخراج روغن به روش پرس سرد و تاثیر آن را بر خواص فیزیکی و شیمیایی مغز گردو بررسی کردند. نتایج بدست آمده نشان داد که برشته کردن مغزگردو در مایکروویو در مدت زمان پنج و هفت دقیقه باعث افزایش ۲۰ درصد راندمان استخراج روغن نسبت به شاهد بوده است. صابونی بین دو نمونه اختلاف معنی دار مشاهده نشد. برشته کردن موجب افزایش استخراج روغن، توسعه رنگ، میزان فیتواسترول‌ها، اندیس آنیزیدین و اندیس توتوکس شد ولی میزان فعالیت مهار رادیکال دی پی پی اج و اندیس پراکسید کاهش یافت.

باتوجه به اینکه مغزها برای سلامتی انسان اهمیت زیاد بالایی دارند، روش‌های نگهداری آجیل‌ها به منظور فروش

حرارت دهی اهمیتیک شامل دو الکتروود، یک مخزن حاوی ماده غذایی و یک منبع تامین انرژی الکتریکی متناوب است. آزمون حرارت دهی اهمیتیک در دو دقیقه صورت گرفت (Zandi & Niakousari., 2012).

بسته‌بندی

پس از خشک شدن کامل نمونه‌ها با استفاده از سه نوع



شکل ۱- انواع بسته‌بندی، متالایز، کرافت و سلفون

Figure 1. Types of packaging metallized kraft and cellophane

شد. آنتی‌اکسیدان با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید (Saeidnejad & Moradi, 2022).

$$DPPH = \frac{A_C - A_Z}{A_C} \times 100 \quad (1)$$

Az: میزان جذب نمونه‌ها

Ac: میزان جذب نمونه شاهد

مقدار فنل کل

جهت اندازه‌گیری مقدار فنل کل از روش فولین سیوکالتیو استفاده شد. نمونه‌ها در طول موج ۷۶۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (Camspec M501) قرائت شدند. فنل کل با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید (Azadbakht et al., 2024).

Y: مقدار فنل کل

X: عدد به دست آمده در طول موج ۷۶۰ نانومتر

$$Y = 0.5X - 0.005 \quad (2)$$

اندازه‌گیری اسیدچرب آزاد

برای اندازه‌گیری اسیدچرب آزاد، دو گرم نمونه روغن در ۲۵ میلی‌لیتر کلروفورم حل شد. دومیلی‌لیتر از این نمونه با ۲۵ میلی‌لیتر الکل ۹۵ درجه خنثی گردید (الکل دردمای ۶۵

ارزبایی خواص گردو

اندازه‌گیری خواص شیمیایی مغزگردو

خواص شیمیایی نمونه‌های مغزگردو (بدون آفت)

در زمان صفر بدون اعمال پیش‌ تیمار اهمیتیک و خشک‌کن به عنوان شاهد تعیین شد. در پایان دوره انبارمانی، سه ماهه (۹۱ روز) و شش ماهه (۱۸۴ روز) خواص شیمیایی نمونه‌هایی که تحت پیش‌اهمیک و خشک‌کن قرار گرفته بودند نیز برای اندازه‌گیری میزان فنل، آنتی‌اکسیدان، ضریب شکست، ارزش پراکسید و اسیدهای چرب آزاد و مواد جامد انحلال‌پذیر به آزمایشگاه گروه باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان برده شد و فرایند اندازه‌گیری دنبال گردید. نحوه اندازه‌گیری و روش کار استفاده شده و تجهیزات در ادامه توضیح داده شده است.

اندازه‌گیری میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان

برای محاسبه میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، از روش بوسار و بوریتسن که یک روش عصاره‌گیری، متانولی است استفاده شد. محلول آماده شده پس از طی زمان لازم، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانو متر قرائت

درجه سلسیوس داخل حمام آب گرم قرار گرفت). شش قطره فنل‌فتالین به آن اضافه گردید و با سود یک دهم نرمال تیتراشد تا به رنگ صورتی کم‌رنگ درآمد. مقدار سود مصرفی تعیین و میزان اسیدچرب آزاد برحسب اولیک اسید بر ۱۰۰ گرم روغن با رابطه ۳ محاسبه شد (Kuller et al., 2021).

$$FFA = \frac{N * \%282 * 100}{M} \quad (3)$$

N: سود مصرفی

M: وزن نمونه (گرم)

اندازه‌گیری ارزش پراکسید

میزان شاخص پراکسید در هنگام نگهداری نمونه‌های مختلف بر حسب میلی اکسی‌والان پراکسید موجود در هر کیلوگرم روغن محاسبه گردید. در این روش، پنج گرم از نمونه روغن در آرلن ۲۵۰ میلی لیتری وزن گردید. سپس ۳۰ میلی لیتر از محلول (اسید استیک + کلروفورم به نسبت سه به دو) به روغن اضافه و کاملاً در آن حل گردید. در مرحله بعد، نیم میلی لیتر محلول اشباع یدید پتاسیم (چهارگرم یدور پتاسیم در سه میلی لیتر آب مقطر حل شده به صورت تازه) به آن اضافه شد. نمونه‌ها به مدت یک دقیقه در تاریکی (کابینت تاریک) قرار داده شدند. پس از طی شدن این مرحله، ۳۰ میلی لیتر آب مقطر به نمونه‌ها اضافه شد. با استفاده از محلول یک صدم نرمال تیوسولفات سدیم تا زمان زایل شدن رنگ زرد تیتراگردید. نیم میلی لیتر نشاسته یک درصد (یک گرم نشاسته در ۱۰۰ گرم آب جوشیده) اضافه گردید و تا زمان زایل شدن رنگ آبی توسط محلول یک صدم نرمال تیوسولفات سدیم تیترا شد. در این آزمایش شاهد، تمامی مراحل ذکر شده بدون حضور نمونه اجرا شد. معمولاً شاهد یک دهم الی دو دهم میلی لیتر تیوسولفات مصرف می‌کند، مقدار تیوسولفات مصرف شده توسط نمونه روغن یادداشت شد. برای محاسبه ارزش پراکسید از رابطه ۴ استفاده شد (Karami & Nateghi, 2023).

$$PV = \frac{N * (S - B) * 1000}{W} \quad (4)$$

S: حجم تیوسولفات مصرف شده توسط نمونه روغن.

میلی لیتر

B: حجم تیوسولفات مصرف شده توسط شاهد. میلی لیتر

N: نرمالیت تیوسولفات. meq/l

W: وزن نمونه. گرم

اندازه‌گیری خواص فیزیولوژیکی مغزگردو

اندازه‌گیری مواد جامد انحلال‌پذیر (بریکس)

برای اندازه‌گیری مواد جامد انحلال‌پذیر، از دستگاه رفرکتومتر (MT-032ATC) ساخت تایوان استفاده شد (Janati et al., 2020).

استخراج روغن

در این تحقیق، روغن به روش پرس سرد (مدل ۷۰۰-SCA) استخراج شد. ابتدا مواد اولیه از دهانه ورودی به دستگاه وارد و با استفاده از پیچ یا پیستون پرس می‌شوند. فشار وارد شده توسط پیچ یا پیستون روغن را از مواد خام جدا می‌کند و روغن از طریق دهانه خروجی دستگاه خارج می‌شود. این فرآیند شامل هیچ گونه گرمایی نمی‌شود. روغن تولید شده اغلب به عنوان روغن فشار سرد نامیده می‌شود. درصد روغن از رابطه ۵ محاسبه گردید (Alizadeh Khaledabad, 2020).

$$M = \frac{(M * 100)}{40} = \text{مقدار درصد روغن} \quad (5)$$

M: وزن روغن استخراج شده، گرم

۴۰: وزن نمونه، گرم

نتایج و بحث

این تحقیق در دو بخش جداگانه دنبال شد. بخش اول شامل تغییرات جرم و اثر دو عامل پیش‌تیمار اهمیت و خشک‌کن بررسی شد. در بخش دوم اثر پیش‌تیمار اهمیت و خشک‌کن بر خواص شیمیایی (شامل: درصد روغن، مواد جامد انحلال‌پذیر، ضریب شکست، آنتی‌اکسیدان، فنل، اسیدچرب و ارزش پراکسید) در پایان دوره انبارداری (دو دوره ۹۱ و ۱۸۴ روز) تعیین شد. تمامی آزمایش‌ها در سه تکرار اجرا و نتایج با استفاده از آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تحلیل شدند.

انبارمانی نسبت به شاهد (بدون استفاده از پیش‌تیمار، خشک‌کن و بسته‌بندی) کمتر بوده ولی بعد از شش ماه انبارمانی فعالیت آنتی‌اکسیدانی گردوی انبارشده نسبت به شاهد بیشتر است. ترکیبات آنتی‌اکسیدانی نقش حفاظتی علیه اکسیداسیون دارند. فعالیت زیاد آنتی‌اکسیدانی مغز گردو پس از شش ماه انبارمانی ممکن است به دلیل مقاومت نمونه‌های مغز گردو در برابر اکسیداسیون باشد. ایزدی و رستگار (Ezadi & Rastegar., 2019) در پژوهشی روی تاثیر زمان بر فعالیت زیستی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی رب انار نشان دادند که مقدار فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدان با گذشت زمان به طور معنی داری کاهش می‌یابد ولی در آخرین روزهای ذخیره خاصیت آنتی‌اکسیدانی به طور معنی داری نسبت به شاهد افزایش پیدا می‌کند.

شکل ۳ بسته‌بندی و گرادیان ولتاژ را بر فعالیت آنتی‌اکسیدان نشان می‌دهد. شکل ۳ نشان می‌دهد که نوع بسته‌بندی و گرادیان ولتاژ اثر معنی داری بر فعالیت آنتی‌اکسیدان داشته است. کمترین و بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان مربوط به نمونه‌هایی بودند که در بسته‌های متالایزنگهداری شدند. کمترین مقدار 40/50 درصد برای نمونه‌ها پیش‌تیمار نشده و بیشترین مقدار 77/95 درصد برای نمونه‌های پیش‌تیمار شده با گرادیان ولتاژ ۴۵ ولت بر سانتی‌متر است. برابر شکل ۳، فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های بسته‌های متالایز، کرافت و سلفون بدون اعمال پیش‌تیمار اهمیت کمترین مقدار را نسبت به نمونه‌های بسته‌های متالایز، کرافت و سلفون با اعمال پیش‌تیمار اهمیت دارند. فرایند حرارت‌دهی مقاومتی به دلیل اعمال حرارت سریع و همگن سبب کاهش تخریب کیفیت مواد غذایی می‌شود. احتمالاً به همین دلیل فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های پیش‌تیمار شده افزایش یافته است. طبق گزارش‌های آقاچان‌زاده سورکی و همکاران (۱۳۹۸) استفاده از ولتاژهای پایین در مواد غذایی موجب تخریب کمتر نسبت به روش معمولی می‌شود.

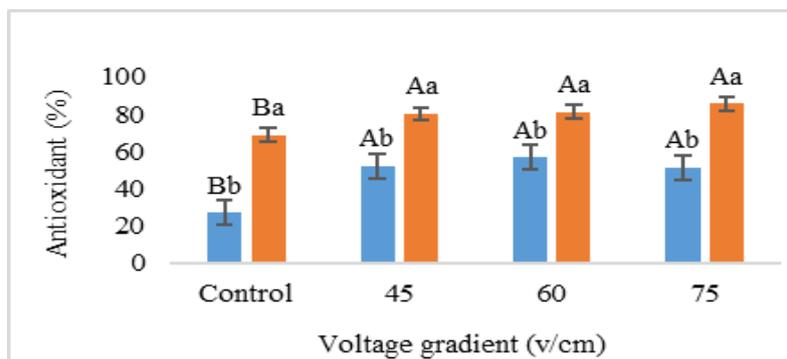
نتایج حاصل از فاکتورهای مستقل زمان انبارداری، انواع بسته‌بندی و گرادیان ولتاژ در پیش‌تیمار اهمیت روی ویژگی‌هایی مانند آنتی‌اکسیدان، فنل کل، اسید چرب آزاد، پراکسید شدن چربی‌ها، مواد جامد انحلال‌پذیر و درصد روغن میوه گردو در جدول ۱ نشان داده شده است. برای اثر متقابل فاکتورهایی که معنی دار شده است مقایسه میانگین LSD اجرا گردید.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

با توجه به جدول بدست آمده می‌توان گفت برای خاصیت آنتی‌اکسیدان فاکتورهای مدت انبارمانی، اهمیت و بسته‌بندی در سطح یک درصد معنی دار شده است ولی فاکتور مستقل تکرار برای فعالیت آنتی‌اکسیدانی معنی دار نیست. از بین اثر متقابل فاکتورهای مستقل نیز اثر متقابل مدت انبارمانی در اهمیت و اهمیت در بسته‌بندی در سطح آماری یک درصد معنی دار است.

شکل ۲ اثر گرادیان ولتاژ و مدت زمان انبارمانی به صورت جداگانه بر مقدار آنتی‌اکسیدان نشان داده شده است، با توجه به شکل ۲ مشاهده شد که اعمال پیش‌تیمار اهمیت و مدت زمان انبارمانی در فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه گردو تاثیر معنی داری داشته است. اثر متقابل زمان انبارمانی و اهمیت نشان می‌دهد بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان به ترتیب در مدت زمان سه و شش ماه انبارمانی میوه گردو مربوط به نمونه‌های پیش‌تیمار شده با گرادیان ولتاژ ۶۰ و ۷۵ ولت بر سانتی‌متر با مقدار ۵۶/۷۸ و ۸۵/۷۱ درصد است.

کمترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان در مدت زمان سه و شش ماه انبارمانی میوه گردو برای نمونه‌های پیش‌تیمار نشده به ترتیب با مقدار 27/32 و 68/94 است. فعالیت آنتی‌اکسیدانی همه نمونه‌ها (پیش‌تیمار شده و پیش‌تیمار نشده) بعد از مدت شش ماه انبارمانی نسبت به مدت زمان سه ماه انبارمانی تفاوت معنی دار دارد و فعالیت آنتی‌اکسیدان همه آن‌ها بعد از شش ماه افزایش داشته است. میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان نمونه‌هایی گردو بعد از سه ماه

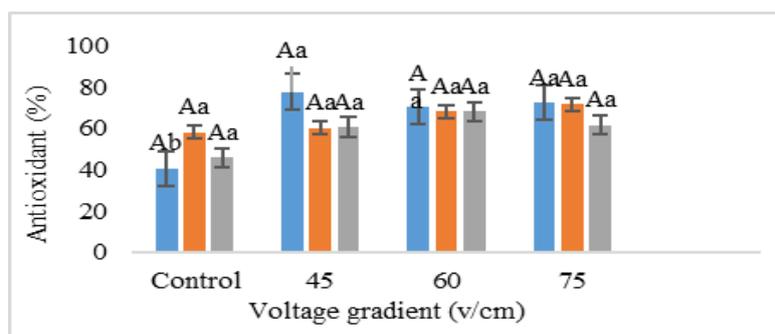


شکل ۲- اثر متقابل زمان انبارمانی در اهمیک بر آنتی اکسیدان میوه گردو

Figure 2. Interaction effect of storage time in ohmic on antioxidant of walnut fruit

حروف بزرگ مشترک نشان دهنده معنی دار نبودن در یک انبارمانی ثابت و حروف مشابه کوچک نشان دهنده معنی دار نبودن در یک گرادیان ولتاژ ثابت

Common capital letters indicate non-significance in a constant voltage gradient and similar lowercase letters indicate non-significance in a constant voltage gradient.



شکل ۳- اثر متقابل اهمیک در بسته بندی بر آنتی اکسیدان میوه گردو

Figure 3. Ohmic interaction effect in packaging on the antioxidant of walnut fruit

حروف بزرگ مشترک نشان دهنده معنی دار نبودن در یک گرادیان ولتاژ ثابت و حروف مشابه کوچک نشان دهنده معنی دار نبودن در یک بسته بندی ثابت

Common uppercase letters indicate non-significance at a fixed voltage gradient and similar lowercase letters indicate non-significance at a fixed packing.

مقدار فنل کل
کرافت و سلفون در یک انبارمانی ثابت اثر معنی داری در مقدار فنل کل میوه گردو ندارد. میزان فنل کل نمونه ها پس از شش ماه نگهداری نسبت به فنل کل نمونه ها پس از سه ماه نگهداری تفاوت معنی داری دارد و به یک سوم کاهش پیدا کرد. بیشترین مقدار فنل کل مربوط به بسته سلفون بعد از سه ماه انبارمانی به میزان 1/34 گالیک اسید بود و کمترین مقدار فنل کل مربوط به بسته کرافت پس از شش ماه انبارمانی به میزان 0/39 گالیک اسید بود. در این تحقیق احتمالاً علاوه بر مدت زمان نگهداری میوه گردو، نگهداری آن‌ها در ماه‌های گرم سال (خرداد، تیر، مرداد و شهریور)

برای فنل کل نمونه‌ها نیز فاکتور مستقل بسته بندی و تکرار معنی دار نشد اما مدت انبارمانی و اهمیک برای فنل کل در سطح آماری یک درصد معنی دار شد و همچنین اثر متقابل مدت انبارمانی در بسته بندی و اهمیک در بسته بندی در سطح آماری پنج درصد معنی دار است.

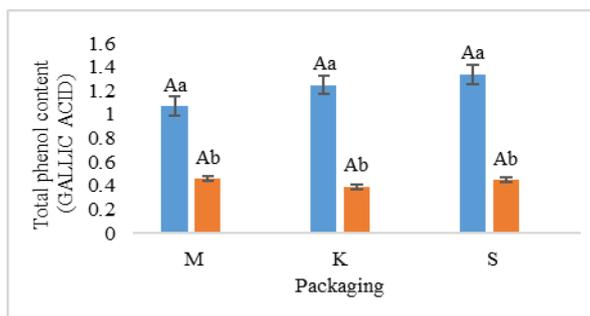
در شکل ۴ اثر متقابل مدت زمان انبارمانی و بسته بندی نشان داده شده است، با توجه به شکل می‌توان مشاهده کرد که مدت زمان نگهداری، در مقدار فنل کل مغز گردو تاثیر معنی داری داشته است و استفاده از بسته‌های متالایز،

حین عمل پیش‌تیمار مواد کیفی نمونه‌ها آسیب دیده باشند و به همین دلیل مقدار فنل آن نیز کاهش پیدا کرده است. مقدار اسید چرب

در بررسی اسید چرب برای میوه گردو در سطح آماری یک درصد فاكتورهای مستقل مدت انبارمانی، بسته‌بندی و تکرار معنی دار شد و اثرمتقابل اهمیک در بسته‌بندی در سطح آماری پنج درصد برای میوه گردو معنی دار شد. در کل می‌توان گفت نمونه‌های پیش‌تیمار شده با فرایند اهمیک در گرادیان ولتاژ ۴۵ و ۶۰ ولت بر سانتی‌متر در بسته‌بندی‌های متالایز، کرافت و سلفون تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ولی در گرایان ولتاژ ۷۵ ولت بر سانتی‌متر بین بسته‌های متالایز و سلفون تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. بیشترین مقدار اسید چرب با 38/77 درصد مربوط به نمونه‌های پیش‌تیمار شده با گرادیان ولتاژ ۴۵ و ۷۵ ولت بر سانتی‌متر است که در بسته‌های متالایز نگهداری شدند و کمترین مقدار اسید چرب با 19/97 درصد مربوط به نمونه‌های پیش‌تیمار شده با گرادیان ولتاژ ۷۵ ولت بر سانتی‌متر است که در بسته‌های سلفون نگهداری شدند. برطبق شکل ۶ نمونه‌هایی که در بسته‌های متالایز نگهداری شدند شرایط بهتری از لحاظ اسید چرب نسبت به دوبرسته‌بندی دیگر داشتند. نمونه‌های که با گرادیان ولتاژ ۴۵ ولت بر سانتی‌متر پیش‌تیمار شدند نسبت به دیگر نمونه‌ها شرایط بهتری از لحاظ اسید چرب داشتند. بسته‌های متالایز به دلیل داشتن یک لایه آلومینیم خاصیت بازدارندگی در مقابل نور، رطوبت و اکسیژن را دارد. نمونه‌هایی که در بسته‌های متالایز نگهداری شدند اسید چرب بیشتری نسبت به دو بسته دیگر داشتند و این به دلیل کاهش نور، رطوبت و اکسیژن در بسته‌های متالایز است.

مزید بر علت کاهش مقدار فنل کل نمونه‌ها شد. زیرا مغز گردو نسبت به دمای زیاد در مدت زمان طولانی حساس است و در دماهای بالا (بیشتر از ۳۷ سلسیوس در اثر گرما تخریب می‌شود و احتمالاً به همین دلیل مقدار فنل نمونه‌های گردو بعد از شش ماه کاهش یافته است. مقدار فنل کل در نمونه‌های که به مدت سه ماه نگهداری شدند نسبت به شاهد (بدون استفاده از پیش‌تیمار، خشک‌کن و بسته‌بندی) افزایش داشت ولی مقدار فنل کل در نمونه‌هایی که به مدت شش ماه نگهداری شدند نسبت به شاهد کاهش داشته است. خیاط و همکاران (Khayat et al., 2020) در بررسی خواص کیفی و بیوشیمیایی میوه انار دریافتند میزان فنل میوه انار طی انبارداری نسبت به شاهد مقداری افزایش پیدا کرده است ولی اثر پوشش بر روی آن معنی‌دار نشده بود.

در شکل ۵ نتایج حاصل از اثر متقابل اهمیک و بسته‌بندی نشان داده شده است. مقدار فنل کل در بسته‌های متالایز، کرافت و سلفون برای نمونه‌های فاقد پیش‌تیمار اهمیک تقریباً مشابه هم بوده است و تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها وجود ندارد. مقدار فنل کل در بسته‌های متالایز، کرافت و سلفون در نمونه‌هایی که پیش‌تیمار اهمیک با گرادیان ولتاژ ۶۰ و ۷۵ ولت بر سانتی‌متر اعمال شد اثر معنی‌دار وجود ندارد ولی بین بسته‌های متالایز با کرافت و سلفون تفاوت معنی‌داری مشاهده شده است. به استناد شکل ۵ نتایج حاصل از گرادیان ولتاژها بیشترین مقدار فنل مربوط به نمونه‌های پیش‌تیمار نشده در بسته‌های متالایز به مقدار 0/99 گالیک اسید بود. کمترین مقدار فنل مربوط به نمونه‌های پیش‌تیمار شده با گرادیان ولتاژ ۴۵ ولت بر سانتی‌متر در بسته‌های متالایز به مقدار 0/48 گالیک اسید مشاهده شد. در نمونه‌های پیش‌تیمار شده ممکن است در

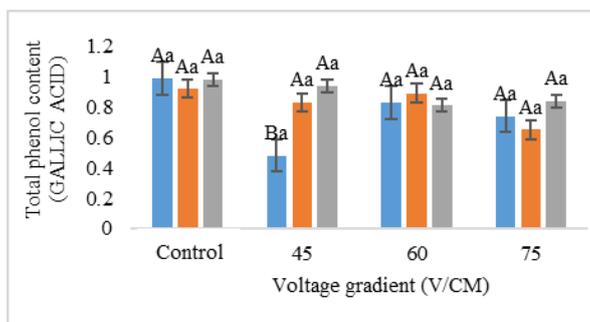


شکل ۴- اثر متقابل زمان انبارمانی در بسته‌بندی بر فنل کل میوه گردو

Figure 4. Interaction effect of storage time in packaging on total phenol of walnut fruit

حروف بزرگ مشترک نشان دهنده معنی دار نبودن در یک انبارمانی ثابت و حروف مشابه کوچک نشان دهنده معنی دار نبودن در یک بسته‌بندی ثابت

Common uppercase letters indicate non-significance in a fixed storage and similar lowercase letters indicate non-significance in a fixed packaging.

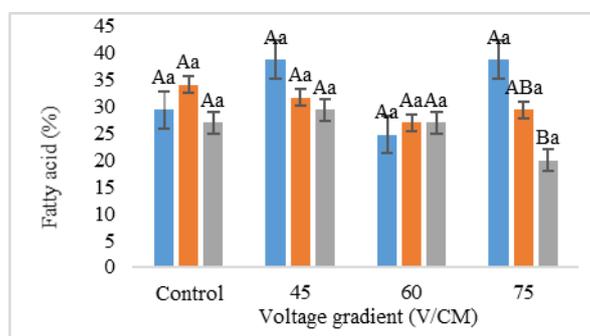


شکل ۵- اثر متقابل اهمیک در بسته‌بندی بر روی فنل کل میوه گردو

Figure 5. The effect of ohmic interaction in packaging on the total phenol of walnut fruit

حروف بزرگ مشترک نشان دهنده معنی داری در یک گرادیان ولتاژ ثابت و حروف مشابه کوچک نشان دهنده معنی داری در یک بسته‌بندی ثابت

Common uppercase letters indicate non-significance at a fixed voltage gradient and similar lowercase letters indicate non-significance at a fixed packaging.



شکل ۶- اثر متقابل اهمیک در بسته‌بندی بر اسید چرب میوه گردو

Figure 6. Ohmic interaction in packaging on the fatty acid of walnut fruit

حروف بزرگ مشترک نشان دهنده معنی دار نبودن در یک گرادیان ولتاژ ثابت و حروف مشابه کوچک نشان دهنده معنی دار نبودن در یک بسته‌بندی ثابت

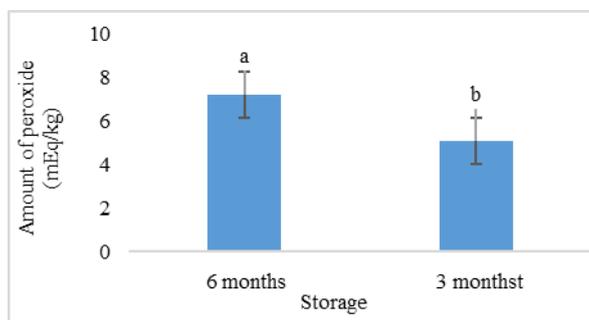
Common uppercase letters indicate non-significance at a fixed voltage gradient and similar lowercase letters indicate non-significance at a fixed packaging.

ارزش پراکسید

میوه گردو به طور معنی داری نسبت به شاهد (بدون استفاده از پیش‌تیمار، خشک‌کن و بسته‌بندی) افزایش یافته است. واکنش شیمیایی مولکول‌های روغن با اکسیژن باعث تخریب روغن می‌شود. در این تحقیق طولانی شدن مدت زمان انبارمانی سبب شد نمونه‌های مغزگردو بیشتر در معرض اکسیژن قرار بگیرند و این باعث تسریع در پراکسید شدن چربی‌های نمونه‌های مغزگردو شده است. البته شرایط نگهداری از لحاظ دما و رطوبت هم تاثیر زیادی در پراکسید شدن چربی‌ها دارد که در این تحقیق بررسی نشد. حصاری (Hesari, 2017). تأثیر بسته‌بندی‌های فویل آلومینیم و کاغذ روغنی بر خواص فیزیکی شیمیایی بستنی خشک را بررسی کردند و متوجه شدند که در تمامی نمونه‌ها با گذشت زمان عدد پراکسید افزایش یافته است که کمترین افزایش برای بسته‌هایی با فویل آلومینیم بود.

فاکتور وابسته ارزش پراکسید نیز در این تحقیق بررسی شد که با توجه به نتایج بدست آمده اثر اهمیت، بسته‌بندی، تکرار و اثر متقابل برای این فاکتور معنی دار نشده است ولی فاکتور مدت زمان انبارمانی در سطح آماری یک درصد معنی دار شده است.

ارزش پراکسید بعد از سه و شش ماه انبارمانی به ترتیب 5/07 و 7/18 میلی‌اکیوالان بر کیلوگرم نمونه روغن بود. باتوجه به معنی داری فاکتور مستقل انبارمانی بر ارزش پراکسید، مقایسه میانگین صورت گرفت که نتایج به دست آمده در شکل 7 نشان داده شده است، باتوجه به شکل 7 می‌توان گفت انبارمانی تاثیر معنی داری بر پراکسید شدن چربی‌های میوه گردو داشته است به طوری که بیشترین مقدار پراکسید شدن چربی‌ها بعد از شش ماه انبارمانی مشاهده شد. با طولانی شدن مدت انبارداری ارزش پراکسید



شکل 7- مقایسه میانگین انبارمانی برای مقدار ارزش پراکسید میوه گردو

Figure 7. Comparison of storage average for the amount of peroxide value of walnut fruit

حروف مشابه بزرگ نشان دهنده نبود اختلاف معنی دار در سطوح مختلف است.

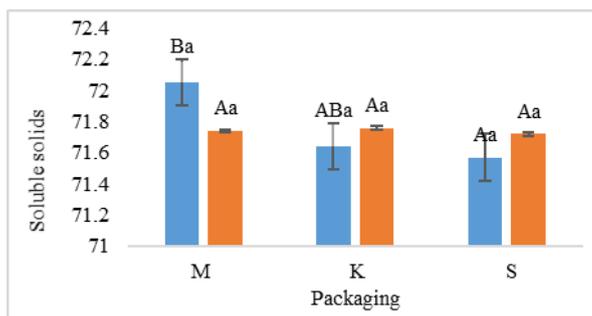
Similar capital letters indicate the absence of significant differences in different levels.

نشان می‌دهد که برای مواد جامد انحلال‌پذیر پس از شش ماه انبارمانی تاثیر معنی‌داری بین نمونه‌های بسته‌های متالایز، کرافت و سلفون مشاهده نشد ولی پس از سه ماه انبارمانی تاثیر معنی‌داری بر مواد جامد انحلال‌پذیر بین بسته‌های متالایز، کرافت و سلفون مشاهده شد، از این رومواد جامد انحلال‌پذیر در بسته‌های متالایز به شدت بیشتر از بسته‌های سلفون و کرافت بود ولی بسته‌های کرافت تاثیر معنی داری با بسته‌های سلفون نشان نداد. برطبق شکل 8

مقدار مواد جامد انحلال‌پذیر

برای مواد جامد انحلال‌پذیر فاکتورهای مستقل اهمیت و بسته‌بندی به ترتیب در سطح معنی داری یک و پنج درصد آماری معنی دار بوده‌اند و فاکتور مدت زمان انبارمانی و تکرار تاثیر معنی داری نداشته است، اثر متقابل مدت زمان انبارمانی در بسته‌بندی در سطح آماری پنج درصد معنی دار شد. شکل 8 نتایج حاصل از اثر متقابل مدت زمان انبارمانی بر بسته‌بندی را نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده

نتایج به دست آمده از تاثیر معنی داری در بسته‌های متالایز پس از سه و شش ماه انبارداری تفاوت معنی داری مشاهده شد ولی در بسته‌های کرافت و سلفون تفاوت معنی داری مشاهده نشد. مواد جامد انحلال پذیر در بسته بندی متالایز پس از سه و شش ماه انبارداری به ترتیب با مقدار 72/32 و 71/74 ثبت شد که روند کاهشی داشت. مواد جامد



شکل ۸- اثر متقابل انبارمانی در بسته بندی بر مقدار مواد جامد انحلال پذیر میوه گردو

Figure 8. The mutual effect of storage in packaging on the amount of dissolved solids of walnut fruit

حروف بزرگ مشترک نشان دهنده معنی دار نبودن در یک انبارمانی ثابت و حروف مشابه کوچک نشان دهنده معنی دار نبودن در یک بسته بندی ثابت

Common uppercase letters indicate non-significance in a fixed storage and similar lowercase letters indicate non-significance in a fixed packaging.

مقدار روغن
از نمونه‌های پیش تیمار شده با ولتاژ ۴۵ ولت بر سانتی متر نمونه‌های پیش تیمار نشده به دست آمد. روغن استخراج شده از نمونه‌های پیش تیمار نشده پس از شش ماه انبارمانی نسبت به سه ماه انبارمانی افزایش معنی داری داشته است که این نتیجه نسبت به نمونه‌های پیش تیمار شده کاملاً برعکس بود. طولانی شدن زمان انبارمانی دانه‌های روغنی سبب کاهش رطوبت می‌شود و بازدهی استخراج روغن بیشتر خواهد بود. بازدهی کمتر استخراج روغن نمونه‌های پیش تیمار شده بعد از شش ماه شاید به دلیل خشکی بیش از حد نمونه‌ها باشد که در دوره انبارمانی اتفاق افتاد زیرا از ابتدا نمونه‌های پیش تیمار شده نسبت به نمونه‌های پیش تیمار نشده بعد از قرار گرفتن در خشک کن رطوبت بیشتری از دست دادند.

شکل ۱۰، اثر متقابل انبارمانی و بسته بندی را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج به دست آمده بیشترین و کمترین مقدار روغن پس از سه ماه انبارمانی به ترتیب از بسته‌های

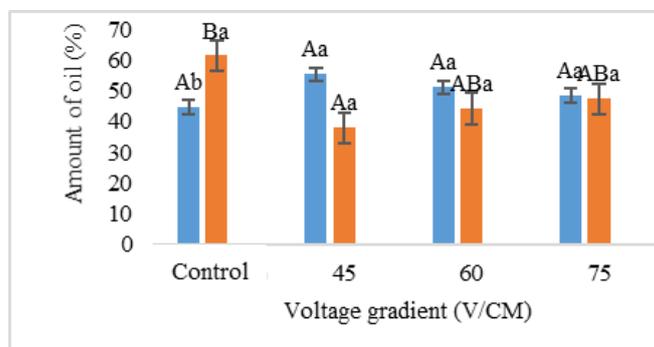
برای معنی داری مقدار روغن، فاکتورهای مستقل مدت انبارمانی و تکرار معنی دار نشدند ولی فاکتور مستقل اهمیت در سطح آماری پنج درصد و فاکتور مستقل بسته بندی در سطح آماری یک درصد معنی دار شدند. اثر متقابل آن‌ها نیز در سطح آماری یک درصد معنی دار شدند.

شکل ۹، اثر متقابل مدت زمان انبارمانی و گرادیان ولتاژ را برای درصد روغن نشان می‌دهد. با توجه به نتایج به دست آمده در شکل مشاهده شد که پس از شش ماه انبارمانی بین نمونه‌های پیش تیمار شده و پیش تیمار نشده تاثیر معنی دار مشاهده شد. بیشترین و کمترین مقدار روغن پس از شش ماه انبارمانی به ترتیب در نمونه‌های پیش تیمار نشده و نمونه‌های پیش تیمار شده با ولتاژ ۴۵ ولت بر سانتی متر استخراج شد. در شکل ۹ مشاهده شد پس از سه ماه انبارمانی بین نمونه‌های پیش تیمار شده و نمونه‌های پیش تیمار نشده اثر معنی داری مشاهده نشد و بیشترین و کمترین مقدار روغن به ترتیب

متالایز، کرافت و سلفون اثر معنی دار مشاهده نشد ولی در نمونه های پیش تیمار شده در گرادیان ولتاژ ۷۵ ولت بر سانتی متر بین بسته های متالایز با کرافت و سلفون تاثیر معنی دار دیده شد. نتایج به دست آمده از شکل ۱۱ نشان می دهد بیشترین مقدار روغن 68/03 درصد از نمونه هایی استخراج شده است که در بسته های متالایز نگهداری شدند و تحت تاثیر اهمیک ۷۵ ولت بر سانتی متر قرار گرفتند. مقدار روغنی که از نمونه های شاهد (بدون استفاده از پیش تیمار، خشک کن و بسته بندی) با استفاده از دستگاه پرس سرد روغن گیری شد، 55/41 درصد بود. مقدار روغن استخراج شده با همین شرایط (بدون استفاده از پیش تیمار، خشک کن و بسته بندی) و استفاده از سانترفیوژ 6/1 درصد است که نسبت به نمونه های حاصل از پرس سرد تفاوت معنی داری دارد. حسینی و همکاران (Hossini et al., 2019) ساختار اسید چرب، شاخص پایداری اکسایشی و ظرفیت آنتی اکسیدانی روغن کنجد استخراج شده از پرس سرد را بررسی کردند و نشان دادند روغن استخراج شده از پرس سرد نسبت به روغن های دیگر بهترین نتایج را از نظر ساختار اسید چرب، شاخص پایداری اکسایشی و ظرفیت آنتی اکسیدانی داشته است. در این تحقیق روغن استخراج سرد به منزله مناسب ترین روغن مورد تأیید قرار گرفت.

سلفون و متالایز استخراج شد. بیشترین و کمترین مقدار روغن به ترتیب در نمونه های بود که در بسته های متالایز و سلفون به مدت شش ماه نگهداری شدند. بر طبق شکل ۱۰، بین بسته های متالایز، کرافت و سلفون پس از سه ماه انبارمانی اثر معنی داری مشاهده نشد ولی پس از شش ماه انبارمانی بین بسته های متالایز با کرافت و سلفون تاثیر معنی دار مشاهده شد. مقدار روغن استخراج شده از نمونه هایی که در بسته های متالایز در مدت شش ماه انبارمانی شدند بیشتر از مقدار روغنی بود که از بسته های متالایز در مدت سه ماه انبارمانی شده بودند و این نتیجه برای بسته های کرافت و سلفون برعکس بود. بنابراین، طبق این تحقیق می توان گفت برای بازدهی بیشتر روغن، بسته های متالایز گزینه ای مناسب است. پاکت های متالایز به دلیل داشتن یک لایه فلزی که معمولاً آلومینیم است به رطوبت مقاوم هستند. رطوبت عاملی مهم در استخراج روغن به شمار می رود. دانه های روغنی کاملاً خشک بازده بیشتری نسبت به دانه های مرطوب دارند.

شکل ۱۱، نتایج اثر متقابل اهمیک و بسته بندی مقدار روغن میوه گردو را نشان می دهد. طبق این شکل، در نمونه های پیش تیمار نشده بین بسته های متالایز، کرافت و سلفون اثر معنی داریافت نشد و در نمونه های پیش تیمار شده در گرادیان ولتاژ ۴۵ و ۶۰ ولت بر سانتی متر در بسته های

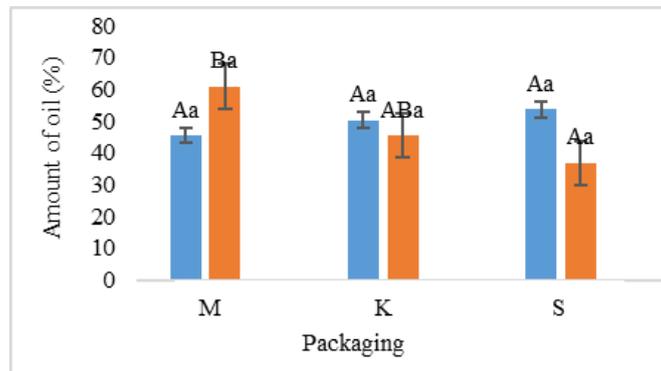


شکل ۹- اثر متقابل انبارمانی در اهمیک بر مقدار روغن میوه گردو

Figure 9. The mutual effect of storage in ohmic on the amount of walnut fruit oil

حروف بزرگ مشترک نشان دهنده معنی دار نبودن در یک انبارمانی ثابت و حروف مشابه کوچک نشان دهنده معنی دار نبودن در یک گرادیان ولتاژ ثابت

Common capital letters indicate non-significance in a constant voltage gradient and similar lowercase letters indicate non-significance in a constant voltage gradient.

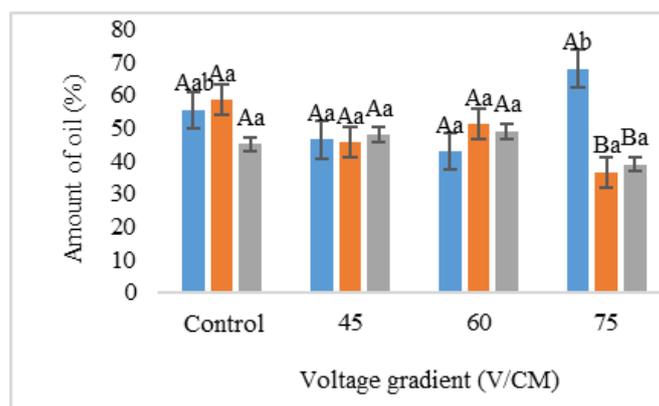


شکل ۱۰- اثر متقابل انبارمانی در بسته‌بندی بر مقدار روغن میوه گردو

Figure 10. The mutual effect of storage in packaging on the amount of walnut fruit oil

حروف بزرگ مشترک نشان دهنده معنی دار نبودن در یک انبارمانی ثابت و حروف مشابه کوچک نشان دهنده معنی دار نبودن در یک بسته‌بندی ثابت

Common uppercase letters indicate non-significance in a fixed storage and similar lowercase letters indicate non-significance in a fixed packaging.



شکل ۱۱- اثر متقابل اهمیک در بسته‌بندی بر روغن میوه گردو

Figure 11. Ohmic interaction effect of packaging on walnut fruit oil

حروف بزرگ مشترک نشان دهنده معنی دار نبودن در یک گرایان ولتاژ ثابت و حروف مشابه کوچک نشان دهنده معنی دار نبودن در یک بسته‌بندی ثابت

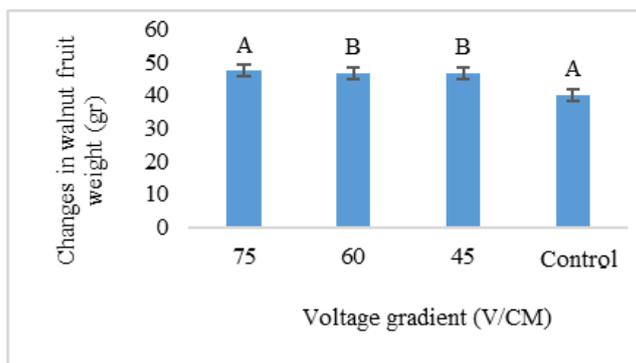
Common uppercase letters indicate non-significance in a fixed voltage rectifier and similar lowercase letters indicate non-significance in a fixed package.

وزن نمونه بود. شکل ۱۳، نمایشگر تغییرات وزن نمونه‌ها بعد از خشک‌کن است که بیشترین تغییر مربوط به گرادیان ولتاژ ۶۰ و ۷۵ ولت بر سانتی‌متر بود که به ترتیب با کاهش ۵/۴۵ درصد و ۵/۴۲ درصد همراه بود و این یعنی نمونه‌های که رطوبت بیشتری دارند وقتی در معرض گرما قرار بگیرند شوکه می‌شوند و رطوبت بیشتری از دست می‌دهند و خشک‌تر می‌شوند.

تغییرات وزن

استفاده از پیش‌ تیمار اهمیک در همه گرادیان ولتاژها ابتدا به دلیل جذب رطوبت باعث افزایش وزن نمونه‌ها شد اما بعد از استفاده از خشک‌کن نمونه‌های پیش‌ تیمار شده نسبت به نمونه‌های پیش‌ تیمار نشده رطوبت بیشتری از دست دادند. شکل ۱۲، تغییرات وزن نمونه‌ها بعد از پیش‌ تیمار اهمیک را نشان می‌دهد که بیشترین تغییرات وزن در گرادیان ولتاژ ۷۵ ولت بر سانتی‌متر با افزایش ۱۸ درصد

تغییرات خصوصیات کیفی گردوی پکان پیش تیمار شده با گرمایش اهمیک، در بسته بندی و انبارمانی های مختلف

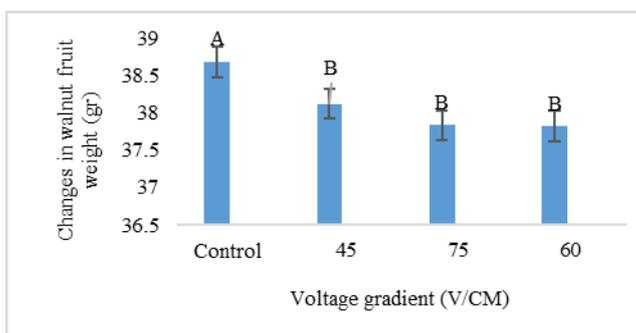


شکل ۱۲- مقایسه میانگین اهمیک برای تغییرات وزن میوه گردو بعد از اعمال پیش تیمار اهمیک

Figure 12. Comparison of ohmic average for changes in walnut fruit weight after applying ohmic pretreatment

حروف مشابه بزرگ نشان دهنده نبود اختلاف معنی دار در سطوح مختلف است.

Similar capital letters indicate the absence of significant differences in different levels.



شکل ۱۳- مقایسه میانگین اهمیک برای تغییرات وزن میوه گردو بعد از خشک کن

Figure 13. Comparison of ohmic mean for changes in walnut fruit weight after drying

حروف مشابه بزرگ نشان دهنده نبود اختلاف معنی دار در سطوح مختلف است.

Similar capital letters indicate the absence of significant differences in different levels.

استخراج شده از نمونه های پیش تیمار نشده بیشتر از روغن استخراج شده از نمونه های پیش تیمار شده بود. در بسته های متالایز، کرافت و سلفون روغن به دست آمده از بسته های متالایز بیشتر از دو بسته دیگر بود و کمترین مقدار روغن برای بسته سلفون بوده است و بسته بندی کرافت از لحاظ حفظ روغن میوه گردو مابین دو بسته دیگر عمل کرد. بنابراین، بسته های متالایز و کرافت نسبت به بسته های سلفون گزینه بهتری برای بسته بندی هستند. تأثیر فاکتورهای مدت انبارمانی، اهمیک، و بسته بندی بر ویژگی هایی مانند آنتی اکسیدان، مقدار فنل، اسید چرب، ارزش پراکسید و مواد جامد انحلال پذیر میوه بررسی گردید

نتیجه گیری

باتوجه به نتایج به دست آمده در مجموع می توان گفت استفاده از پیش تیمار اهمیک در خشک کردن میوه گردو موثر است. استفاده از پیش تیمار اهمیک در همه گرایان ولتاژها ابتدا باعث افزایش وزن نمونه ها شد اما بعد از خشک کردن، نمونه های پیش تیمار شده نسبت به نمونه های پیش تیمار نشده رطوبت بیشتری از دست دادند. برای تعیین مقدار روغن گردو می توان نتیجه گرفت مدت زمان نگهداری بر مقدار روغن نمونه ها تأثیرگذار است. در این تحقیق مقدار روغن استخراج شده در سه ماه انبارمانی بیشتر از مقدار روغن استخراج شده در شش ماه انبارمانی بوده است و روغن

و نشان داده شد که فاکتورهای مدت انبارمانی، اهمیت، و معنی‌دار بود. برای اسید چرب، هر سه فاکتور تأثیر بسته‌بندی تأثیرات معنی‌داری بر آنتی‌اکسیدان دارند. اثر معنی‌داری داشتند و اثر متقابل مدت انبارمانی و اهمیت در بسته‌بندی نیز معنی‌دار بود. برای فنل کل، فاکتور بسته‌بندی تأثیر معنی‌داری داشت، در حالی که مدت انبارمانی و اهمیت تأثیرات متفاوتی داشتند. اثر متقابل مدت انبارمانی و اهمیت نیز بر فنل کل

فهرست منابع

- Ajamgard, F., Gazaiean, M., Shooshi Dezfuli, A., & Yavari Nejad, R. 2022. Morphological, Phenological and Pomological Characteristics of Some Promising Pecan (*Carya illinoensis*) Genotypes in Dezful in Iran. *Seed and Plant Journal*, 38(1), 33-52.
- Alizadeh Khaledabad, M. 2020. Effect of roasting and microwave pre-treatments of pistachios on the yield and the quality of the extracted oil. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 17(102), 43-51.
- Azadbakht, M., Hashemi Shabankareh, S., Kiapay, A., Rezaeiasl, A., Mahmoodi, M. J., & Torshizi, M. V. 2024. Assessing kiwifruit quality in storage through machine learning. *Journal of Food Process Engineering*, 47(7), e14681.
- Azadbakht, M., Vahedi Torshizi, M., & Jafari, H. 2020. Investigation of drying process of different Iranian rice cultivars by Ohmic pre-treatment in microwave dryer and modeling by response surface methodology and artificial neural network. *Innovative Food Technologies*, 7(4), 497-515.
- Badrloo, J., Rasouli, M., & Ahmadi, S. 2023. Investigating the types of effective antimicrobial substances in food packaging and safety. *Journal of Food Safety and Processing*, 3(2), 139-150.
- Daryaie, N., & Mansouripour, S. 2020. Investigating the Effect of Raw Material and Temperature and Method of Process of Sunflower kernel on the Chemical, Sensory Properties and Shelf-life of Packaged kernel Sunflower. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 17(98), 1-12.
- Ezadi F, Rastegar S. 2019. Effect of Nano Packaging on the Quality and Increasing Shelf Life of Pomegranate Arils of Rabab and Mallas Pomegranate (*Punica granatum L.*) . *Journal of Crop Production and Processing*; 9 (2) :41-51
- Hashemi, M., Dastjerdi, A. M. M., Shakerardakani, A., & Mirdehghan, S. H. 2019. Effects of polymeric coatings on some quality indices of dried pistachio fruit of Ahmad Aqhaei variety during storage period.
- Hesari, J. 2017. Effect of aluminum foil and greaseproof paper packages on physico-chemical, textural, microbiological and sensory features of dry ice cream. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 47(4), 781-792.
- Hosseini, H., Ghorbani, M., Mahoonak, A. S., & Maghsoudlou, Y. 2014. Effect of contact surface area and two common storage temperatures on the oxidative stability of walnut.
- Hossini, S. M., Asteri, S. H., & Didar, Z. 2019. Evaluation of the effect of sesame oil extraction method on fatty acid profile, antioxidant capacity and oxidative stability. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 11, 71-83.
- Janati, S., Abdanan Mehdizadeh, S., & Heidari, M. 2020. Analysis of the the impact response of pomegranate fruit to determine its maturity stage. *Innovative Food Technologies*, 7(3), 347-363.
- Jelokhani niaraki K, ahmadi kamazani N. 2022. The effect of microwave roasting on physicochemical properties and oxidative stability Index of Persian Walnut (*Juglans regia L.*) Kernel Oil. *FSCT*; 19

(123) :257-274.

- Karami, M., & Nateghi, L. 2023. Evaluation of Antioxidant Effect of Ethanolic Extract of Aloe Vera Gel on the Stability of Soybean Oil. 19, 541–556. <https://doi.org/10.22067/ifstrj.2022.77602.1189>.
- Khayat, M., Chamani Asghari, S., & Moradinezhad, F. 2020. Effect of calcium chloride and nano packaging on quality parameters and biochemical compounds of 'Shishe-Kab' pomegranates during cold storage. *Research in Pomology*, 5(1), 16–28.
- Kuller, M., Schoenholzer, K., & Lienert, J. 2021. Creating effective flood warnings: A framework from a critical review. *Journal of Hydrology*, 602, 126708.
- Nazemi, M. A., & Ansari, S. 2021. Effect of roasting conditions and packaging on physicochemical properties of wild almond (*Amygdalus scoparia* L.) during storage. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 17(5), 673-689.
- Niaraki, J. K., & Kamazani, A. N. 2022. The effect of microwave roasting on physicochemical properties and oxidative stability Index of Persian Walnut (*Juglans regia* L.) Kernel Oil. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 19(123), 257–274.
- Rastegar, S., Shojaee, A., & Tajeddin, B. 2018. The effect of packaging method on the physical, chemical, and organoleptic characteristics of walnut kernel during its storage.
- Sabaghi, M., Maghsoudlou, Y., Khomeiri, M., & Ziaifar, A. M. 2015. The effect of coating of chitosan incorporating and green tea extract on shelf life of walnut kernel. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 3(4), 361–374.
- Saeidnejad, A. H., & Moradi, R. 2022. Extraction and determination of cumin essential oil compounds by GC-MS and spectrophotometry and evaluation of antioxidant potential under different growth conditions. *Iranian Journal of Analytical Chemistry*, 9(2), 113–121.
- Salajegheh, F., & Tajeddin, B. 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(4), 357–368.
- Sierra-Zurita, D., Santana-Espinoza, S., Rosales-Serna, R., Ríos-Saucedo, J. C., & Carrillo-Parra, A. 2023. Productivity and Characterization of Biomass Obtained from Pruning of Walnut Orchards in México. *Energies*, 16(5), 1–11.
- Wang, F., Zhao, Z., Hu, T., & Zhou, C. 2023. Identification of Fatty Acid Components and Key Genes for Synthesis during the Development of Pecan Fruit. *Horticulturae*, 9(11), 1199.
- Yang, T., Zheng, X., Vidyarthi, S. K., Xiao, H., Yao, X., Li, Y., Zang, Y., & Zhang, J. 2023. Artificial neural network modeling and genetic algorithm multiobjective optimization of process of drying-Assisted walnut breaking. *Foods*, 12(9), 1897.
- Zandi, M., & Niakousari, M. 2012. Design, manufacture and performance evaluation of a batch ohmic heating system. *FSCT 2012*; 9 (36) :55-63.

Changes in Quality Characteristics of Pecan Walnut, Pretreated with Ohmic Heating, in Different Packaging and Storage Period

Ruqiya Shakeri Miandare, Mohsen Azadbakht*, Ahmad Taghizadeh Alisaraei, Feryal Varasteh Akbarpour, Mohammad javad Mahmoodi

Corresponding Author: Professor, Department of Bio-System Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Email: azadbakht39@gmail.com

Received: 29 April 2024 **Accepted:** 20 July 2024

http://doi: 10.22092/FOODER.2025.365630.1389

Abstract

Pecan (*Carya illinoensis*) is a type of nut that is sensitive to oxygen and moisture, undergoing physical and chemical changes that render it unusable. In this study, we examined the criteria affecting the reduction of physical and chemical changes in pecans at different voltage gradient levels for ohmic pre-treatment (45, 60, and 75 V/cm), packaging (metalized, kraft, and cellophane), and storage duration of three and six months. After the storage period, the chemical properties of the pecans, including antioxidant activity, total phenols, fatty acids, peroxide value, soluble solids, and oil content, were measured and compared with the control sample (without pre-treatment, drying, and packaging). Results indicated that the highest oil content from the interaction effect of ohmic pre-treatment on packaging was observed in metalized packages with ohmic pre-treatment and a voltage gradient of 75 V/cm, amounting to 68.03%. The highest antioxidant activity and fatty acid content were found in samples pre-treated with 45 V/cm ohmic pre-treatment in metalized packages, with amounts of 77.5% and 38.77%, respectively. The highest total phenol content was in untreated samples in metalized packages, with an amount of 0.99 gallic acid. Additionally, the highest peroxide value after six months of storage was 7.18, and the highest soluble solids content after three months of storage in metalized packaging was 72.5. Overall, metalized packaging, a voltage gradient of 45 V/cm, and untreated samples provided the best conditions for preserving pecans.

Keywords: walnut, packaging, Mani warehouse, voltage gradient, chemical properties, statistical analysis