نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵، ص. ۲۰۰-۱۹۲
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 30, No. 2, Summer 2016, P. 192-200
ISSN: 2008 - 4730

بررسی تغییرات برخی خواص فیزیکی و شیمیایی میوه زیتون طی انبارمانی

روح اله منتقمی راد[۱]- ابراهیم احمدی[۲*]- حسن ساریخانی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱۶

چکیده

شرایط نگه‌داری محصول پس از برداشت و طول دوره انبارمانی فاکتورهای مهمی هستند که بر خواص کیفی محصولات شامل اسیدیته، مواد جامد محلول، ترکیبات فنلی و چگالی تاثیر بسزایی دارند. دانش کافی از خواص فیزیکی محصولات نیز در طراحی دستگاه‌ها، حمل و نقل و فرآوری محصول بسیار مهم می‌باشد. در این تحقیق دو نوع زیتون تلخ و شیرین شده با سود ۱/۵ درصد، جمع‌آوری و خواص فیزیکی آن‌ها (طول، عرض، ضخامت، قطر میانگین حسابی و هندسی، ضریب کرویت، جرم، حجم، چگالی و رطوبت اولیه) پیش از دوره انبارمانی مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس جهت بررسی طول دوره انبارمانی، زیتون شیرین شده در دو دما (دمای ۲۵ °C و یخچال با دمای ۴ °C) به مدت ۳ ماه نگه‌داری شد و در طول این مدت در فواصل زمانی ۱۰ روزه نمونه‌برداری انجام و میزان اسیدیته‌کل، مواد جامد محلول، ترکیبات فنلی و چگالی محصول اندازه‌گیری گردید. با انجام آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، تاثیر فاکتورهای مستقل دما و زمان انبارمانی بر چگالی و برخی ویژگی‌های شیمیایی میوه زیتون، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که زیتون شیرین شده با سود، از طول، عرض، ضخامت، جرم و حجم بیشتری نسبت به نوع تلخ برخوردار بود ولی در مقابل ضریب کرویت زیتون تلخ بیشتر از زیتون شیرین می‌باشد. همچنین با افزایش مدت زمان انبارمانی، چگالی زیتون شیرین افزایش و مواد جامد محلول و ترکیبات فنلی آن کاهش یافت. تغییرات اسیدیته زیتون طی دوره انبارمانی به صورت نوسانی بود و با افزایش دمای نگه‌داری از ۴ °C به ۲۵ °C، مقدار چگالی و مواد جامد محلول افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: اسیدیته، ترکیبات فنلی، چگالی، مواد جامد محلول

فهرست نمادها
Nomenclature

شرح Explanation	نماد Symbol	واحد Unit
طول Length	L	mm
عرض Width	W	mm
ضخامت Thickness	T	mm
قطر میانگین حسابی Arithmetic mean diameter	D_a	mm
قطر میانگین هندسی Geometric mean diameter	D_g	mm
جرم میوه Fruit mass	M	g
جرم میوه در هوا Fruit mass in air	M_1	g
جرم بشر و آب Besher and water mass	M_2	g

جرم بشر، آب و میوه Besher, water and fruit mass	M_3	g
حجم زیتون Olive volume	V	cm^3
چگالی زیتون Olive density	ρ_o	$g.cm^{-3}$
چگالی آب Water density	ρ_w	$g.cm^{-3}$
اسیدیته کل Total acidity	C	mg gallic acid /100 ml
نرمالیته سود NaOH normality	N	-
حجم سود NaOH volume	V_b	mL
وزن اکی‌والان Meq weight	E	-
حجم آب میوه Juice volume	V_j	mL

مقدمه

میوه زیتون با نام علمی *Olea europaea* متعلق به خانواده زیتون سانان می‌باشد. این میوه علاوه بر مواد معدنی گوناگونی از قبیل فسفر، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، مس، آهن و ویتامین‌های A، B و C غنی از ترکیبات فنلی است و از جمله منابع مهم غذایی مورد نیاز انسان محسوب می‌شود. زیتون تازه به دلیل داشتن مواد شبه قلیایی، تلخ می‌باشد به همین منظور جهت تلخ‌زدایی، میوه‌ها را در سود (NaOH) با غلظت ۱/۵ تا ۳ درصد به مدت ۲ تا ۶ ساعت قرار داده و سپس با آب شستشو می‌دهند (۱۱). میوه زیتون در صنایع غذایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و به طور عمده برای تولید روغن خوراکی و مصرف کنسروی استفاده می‌شود. از میان ارقام زیتون معمولاً ارقام ماری و فیشمی با رنگ سبز روشن، برای کنسروسازی و ارقام رسیده زرد و روغنی برای روغن‌کشی به کار گرفته می‌شوند (۱۹). شرایط نامناسب نگه‌داری زیتون در زمان پس از برداشت، منجر به تغییر در طعم، مزه و خواص کیفی میوه و روغن استخراج شده از آن می‌شود. با توجه به افزایش سطح زیر کشت در سال‌های اخیر، زیتون یکی از محصولات مهم کشور می‌باشد که محصول فرآوری شده آن قابلیت انبارمانی زیادی دارد. بنابراین رعایت مسائل مختلف موثر بر کیفیت میوه از جمله شرایط آب و هوایی، روش برداشت، زمان مناسب برداشت، دمای نگه‌داری و مدت زمان انبارمانی در حفظ کیفیت زیتون و کاهش ضایعات، بسیار موثر خواهد بود. انبارمانی به مدت طولانی با تغییرات چگالی، رطوبت، اسیدیته، مواد جامد محلول و ترکیبات فنلی محصول همراه است. میزان مواد جامد محلول شاخص مهم کیفی است که رابطه مستقیمی با کیفیت و رسیدگی میوه دارد (۱۳). علاوه بر این وجود ترکیبات فنلی، میزان جذب فنل و تغییر آن در محصول بر اثر فعالیت آنزیم اکسید پلی‌فنل موجب تغییراتی در رنگ می‌شود (۱۶). شکل، اندازه، قطر میانگین حسابی و هندسی، جرم، حجم، چگالی، و ضریب کرویت، بعضی از خواص فیزیکی محصولات هستند که در بسیاری از مسائل مربوط به طراحی دستگاه‌ها یا آنالیز رفتار ماده در حمل و نقل و جابجایی بسیار مهم می‌باشند. ابعاد فیزیکی میوه‌ها و غلات بر اساس سه بعد مختلف آن‌ها تعیین می‌شود. این سه بعد شامل طول، عرض، ضخامت می‌باشد. برای اندازه‌گیری ابعاد میوه‌ها معمولاً از کولیس یا میکرومتر استفاده می‌شود، بدین صورت که تعدادی میوه را به صورت تصادفی انتخاب و سپس ابعاد آن‌ها را در سه جهت عمود بر هم اندازه‌گیری می‌کنند و میانگین داده‌ها به صورت طول، عرض و ضخامت گزارش می‌شود. برای اندازه‌گیری چگالی میوه‌ها نیز بر اساس خاصیت ارشمیدسی یا شناوری، از روش معمول ترازوی کفه‌ای استفاده می‌شود (۱۲).

علی‌رغم مطالعات گسترده در زمینه خواص کیفی محصولات کشاورزی، پژوهش‌های انجام شده در کشورهای زیتون خیز جهان روی ویژگی‌های زیتون و خواص فیزیکی و شیمیایی آن اندک می‌باشد. گونر و کیلیچیکان (۹) خواص فیزیکی و مکانیکی رقم Gemlic زیتون و هسته آن را در ترکیه با استفاده از دستگاه تست مواد بیولوژیک تحت بارگذاری فشاری مطالعه نمودند. حزباوی و همکاران (۶) برخی خواص فیزیکی و مکانیکی میوه و هسته زیتون را بررسی کردند. لواسانی و همکاران (۱۰) تاثیر اندازه و مدت زمان پس از برداشت بر خواص فیزیکی ارقام متداول زیتون در رودبار را مطالعه

۱ و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا
(*-نویسنده مسئول: (Email: eahmadi@basu.ac.ir
۳-دانشیار گروه مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا

کردند. قمری و همکاران (۵)، برخی از خواص فیزیکی (ابعاد، قطر هندسی، کرویت) برای دو گونه زیتون زرد و روغنی را مشخص کردند. زارع و همکاران (۲۰) خواص فیزیکی، مکانیکی و آیرودینامیکی زیتون را مورد ارزیابی قرار دادند. پیگا و همکاران (۱۴) مقدار فنل، pH و درصد ماده خشک زیتون‌های سیاه در محلول آب-نمک را طبق روش بی‌هوازی بررسی کردند. درتاگلو و همکاران (۴) تاثیر انبارداری تحت کنترل اتمسفر را بر خواص کیفی زیتون‌های سبز شامل آنتوسیانین، ترکیبات فنلی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ویژگی‌های حسی مطالعه نمودند.

پژوهش حاضر به منظور بررسی تاثیر دمای نگه‌داری و مدت زمان انبارمانی بر خواص‌کیفی میوه زیتون انجام شد. تعیین خواص فیزیکی دو نوع زیتون تلخ و فرآوری شده (شیرین شده) در قبل از دوره انبارمانی و ارائه روابط رگرسیونی متناسب با آن و بررسی روند تغییرات چگالی، خواص شیمیایی (اسیدیته، مواد جامد محلول و ترکیبات فنلی) زیتون شیرین شده در شرایط مختلف نگه‌داری و فواصل زمانی مشخص، از جمله اهداف این تحقیق می‌باشد.

مواد و روش‌ها

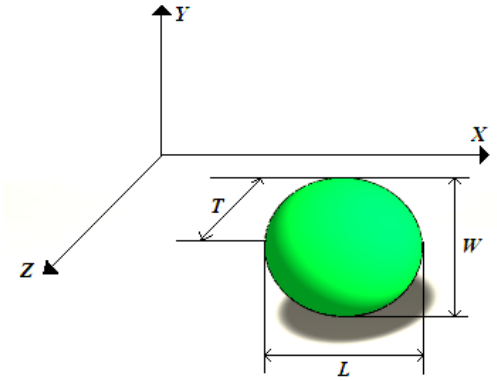
در این پژوهش رقم سازگار و غالب منطقه طارم شهرستان رودبار (زیتون ماری) و از نوع سبز کنسروی مورد بررسی قرار گرفت. عملیات اجرای طرح در مهرماه ۱۳۹۲ و در آزمایشگاه خواص مکانیکی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان انجام گرفت. نمونه‌های مورد استفاده شامل زیتون تلخ و شیرین شده با سود ۱/۵ درصد بود. جهت تلخزدایی، زیتون‌ها را در محلول سود (NaOH) با غلظت ۱/۵درصد به مدت ۶ ساعت قرار داده و زمانی که سود در ۱/۲ تا ۳/۴ میوه نفوذ کرد، میوه‌ها را با آب شستشو داده تا سود اضافی آن‌ها حذف گردد و میوه شیرین شود. به منظور بررسی شرایط مختلف نگه‌داری پس از برداشت و تغییرات کیفی حاصل در زمان انبارمانی، نمونه‌های شیرین شده در ظروف پلاستیکی دربسته حاوی محلول آب-نمک با غلظت ۶ درصد جمع‌آوری و در دو محیط مختلف شامل شرایط محیطی (دمای ۲۵ °C) و یخچال با دمای ۴ °C نگه‌داری شد. در ابتدا خواص فیزیکی دو نوع زیتون شامل طول، عرض، ضخامت، قطر میانگین حسابی و هندسی، ضریب کرویت، جرم، حجم، چگالی و رطوبت اولیه پیش از دوره انبارمانی مورد بررسی قرار گرفت، سپس مقدار چگالی، اسیدیته، مواد جامد محلول و ترکیبات فنلی زیتون شیرین شده با سود، پس از دوره انبارمانی اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری ابعاد اصلی (طول L، عرض W و ضخامت T) میوه زیتون، از هر نوع ۸۰ نمونه به صورت تصادفی انتخاب گردید و با استفاده از کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر مورد ارزیابی قرار گرفت، سپس قطر میانگین حسابی (D_a)، قطر میانگین هندسی (D_g) و ضریب کرویت (φ) آن‌ها با استفاده از روابط (۱) تا (۳) محاسبه شد (۱۲).

$$D_a = \frac{L+W+T}{3} \quad (۱)$$

$$D_g = \sqrt[3]{LWT} \quad (۲)$$

$$\varphi = \frac{\sqrt[3]{LWT}}{L} \quad (۳)$$



شکل ۱- طرح کلی از ابعاد اصلی زیتون

Figure 1- General plan of the olive main dimensions

جرم هر یک از نمونه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی (Lutron GM-300 P) با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. برای محاسبه حجم و چگالی هر دانه زیتون نیز از روش ترازوی کفه‌ای استفاده گردید، به این صورت که یک بشر استوانه‌ای روی ترازو قرار داده شد و تا ارتفاع معینی آب درون آن ریخته شد و توزین گردید، سپس میوه زیتون در آب غوطه‌ور شد و با استفاده از روابط (۴) و (۵)، حجم و چگالی هر دانه زیتون بدست آمد.

$$V = \frac{M_3 - M_2}{\rho_w} \quad (۴)$$

$$\rho_o = \frac{M_1}{V} \quad (۵)$$

که در آن V حجم هر دانه زیتون (cm^3)، M_1 جرم محصول در هوای آزاد (gr)، M_2 جرم بشر و آب (gr)، M_3 جرم بشر، آب و محصول (gr)، ρ_o چگالی هر دانه زیتون ($gr.cm^{-3}$) و ρ_w چگالی آب ($gr.cm^{-3}$) است که برابر با ۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب در نظر گرفته شد. برای تعیین درصد رطوبت نمونه‌ها بر پایه تر در قبل از دوره انبارمانی، ۲۰ گرم از میوه زیتون را توزین و در دمای ۱۰۵ °C در آون به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد تا خشک شود و با استفاده از فرمول مربوطه درصد رطوبت آن محاسبه گردید (۱).

صفات شیمیایی روی زیتون شیرین شده با سود ۱/۵ درصد، در دو

دمای نگه‌داری و در فواصل زمانی ۱۰ روزه به مدت ۳ ماه انجام شد. برای بررسی تغییرات هر یک از صفات طی انبارمانی، ۳ تکرار در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری میزان اسیدیته کل[1] (TA)، یک میلی‌لیتر آب میوه داخل ارلن ریخته شد و مقدار ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه گردید. اسیدیته قابل تیتراسیون با استفاده از سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH نهایی ۰/۱ ± ۸/۱ تیتر شد. برای محاسبه مقدار اسیدیته کل از رابطه (۶) استفاده گردید.

$$C = \left(\frac{N \cdot V_b \cdot E}{V_j} \right) \times 100 \times 0.001 \qquad (۶)$$

که در آن C اسیدیته کل بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه، N نرمالیته سود مصرفی، V_b حجم سود مصرفی (mL)، E وزن اکی‌والان اسید گالیک (۴۵) و V_j حجم نمونه آب میوه (mL) می‌باشد.

میزان مواد جامد محلول[2] (TSS) با استفاده از دستگاه رفراکتومتر دستی (مدل N1، ساخت شرکت آتاگو، ژاپن) در دمای اتاق تعیین گردید و مقدار آن بر حسب درصد بریکس بیان شد. برای اندازه‌گیری ترکیبات فنلی کل از معرف فولین – سیکالته[3] استفاده گردید (۱۸). بدین منظور مقدار ۰/۵ گرم نمونه در داخل هاون در حضور ۳ میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد له، و پس از صاف کردن با کاغذ صافی، ۳۰۰ میکرولیتر برداشته شد و به آن ۱۲۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷ درصد افزوده شد و پس از ۹۰ دقیقه تکان دادن روی شیکر با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه در دمای اتاق و در شرایط تاریکی، جذب نمونه در طول موج ۷۶۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل کری ۱۰۰، ساخت شرکت واریان، آمریکا) تعیین گردید و مجموع فنل به صورت میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تازه گزارش شد.

برای آنالیز و تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از آزمون‌های شیمیایی و تغییرات چگالی طی انبارمانی، نرمال سازی داده‌ها با استفاده از نرم افزار Minitab 14 انجام شد، سپس به کمک نرم افزار SPSS 20 و با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی تاثیر فاکتورهای مستقل دما و مدت زمان انبارمانی بر میزان اسیدیته، مواد جامد محلول، ترکیبات فنلی و چگالی محصول، مورد ارزیابی آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج آماری برای خواص فیزیکی

مقادیر میانگین و انحراف معیار خواص فیزیکی دو نوع زیتون در جدول ۱، آورده شده است. مقادیر میانگین ابعاد اصلی (طول L، عرض W و ضخامت T) برای زیتون شیرین، به ترتیب و به میزان ۹/۷۲، ۱/۳۴ و ۱/۱۱ درصد بیشتر از نوع تلخ بود. علاوه بر این، مقایسه مقادیر میانگین جرم و حجم زیتون تلخ و شیرین نشان داد که زیتون شیرین به میزان ۰/۴۱ gr و ۰/۳۸ cm^3 از جرم و حجم بیشتری برخوردار بود. نفوذ سود و جذب آن در زیتون و روش فرآوری محصول را می‌توان از جمله دلایل این افزایش دانست. نظر به اینکه مقدار ضریب کرویت زیتون تلخ بیشتر از زیتون شیرین بوده، می‌توان نتیجه گرفت که میوه زیتون پس از فرآوری، از حالت شبه کره درآمده و کشیده‌تر می‌شود. میانگین چگالی و رطوبت اولیه نمونه‌های تلخ و شیرین تفاوت چندانی با هم نداشت و تقریباً مشابه هم بود. در بین ۸۰ نمونه مورد آزمایش از هر نوع زیتون، بیشترین دامنه تغییرات خواص فیزیکی شامل عرض، ضخامت، قطر میانگین حسابی، قطر میانگین هندسی، جرم و حجم برای زیتون شیرین بدست آمد و بیشترین دامنه تغییرات طول، ضریب کرویت و چگالی نیز به زیتون تلخ اختصاص یافت.

روابط رگرسیونی بین برخی از خواص فیزیکی شامل ابعاد (طول L، عرض W و ضخامت T)، جرم و حجم برای زیتون تلخ و شیرین شده به ترتیب در جداول ۲ و ۳، نشان داده شده است. با توجه به این جداول می‌توان نتیجه گرفت که با دقت بالایی جرم و حجم میوه بر اساس ابعاد اصلی آن قابل تخمین می‌باشد، همچنین با داشتن حجم میوه، می‌توان جرم آن را به راحتی پیش‌بینی کرد. مقایسه ضرایب همبستگی در روابط رگرسیونی برای زیتون تلخ و شیرین شده با سود، نشان داد که تخمین حجم میوه بر اساس ابعاد آن در زیتون شیرین با ضریب همبستگی بالای ۹۹ درصد و دقت بیشتری نسبت به نوع تلخ همراه است در حالی که پیش‌بینی جرم میوه بر اساس ابعاد و نیز بر اساس حجم آن برای زیتون تلخ در مقایسه با زیتون شیرین دقیق‌تر بود. به طور کلی تخمین حجم میوه بر اساس ابعاد آن در هر نوع زیتون با ضریب همبستگی بزرگ‌تر از ۹۵ درصد نشان دهنده دقیق‌تر بودن این رابطه رگرسیونی نسبت به روابط دیگر می‌باشد، نتایج بدست آمده از این روابط در بسیاری از موارد از جمله طراحی دستگاه‌ها و خطوط فرآوری محصول، حمل و نقل، سورتینگ و مسائل مربوط به پردازش تصویر کاربرد زیادی دارد.

نتایج تجزیه واریانس تغییرات چگالی زیتون شیرین طی دوره انبارمانی، در جدول ۴، به خوبی نمایان است. این نتایج نشان داد که اثرهای اصلی دما، زمان نگه‌داری و اثر متقابل دما × زمان نگه‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر چگالی محصول معنی‌دار شد.

1-Total acidity
2-Total soluble solids
3- Folin-ciocalteu methodology

جدول ۱- مقادیر میانگین و انحراف معیار خواص فیزیکی دو نوع زیتون تلخ و شیرین شده (فرآوری شده)

Table 1- The mean and standard deviation of the physical properties for two types of olives, bitter and sweet

خواص فیزیکی Physical properties	زیتون تلخ Bitter olive	زیتون شیرین Sweet olive
طول Length (mm)	20.26 ± 1.46	22.23 ± 1.45
عرض Width (mm)	17.15 ± 1.26	17.38 ± 1.31
ضخامت Thickness (mm)	17.00 ± 1.26	17.19 ± 1.27
قطر میانگین حسابی Arithmetic mean diameter (mm)	18.14 ± 1.16	18.93 ± 1.23
قطر میانگین هندسی Geometric mean diameter (mm)	18.01 ± 1.15	18.74 ± 1.23
ضریب کرویت coefficient Sphericity	0.89 ± 0.03	0.84 ± 0.03
جرم Mass (g)	3.63 ± 0.72	4.04 ± 0.77
حجم Volume (cm^3)	3.13 ± 0.67	3.51 ± 0.71
چگالی Density ($g.cm^{-3}$)	1.16 ± 0.056	1.15 ± 0.05
رطوبت اولیه primal wet (%)	61.32 ± 1.23	61.04 ± 1.25

جدول ۲- روابط رگرسیون خطی بین خواص فیزیکی در زیتون تلخ

Table 2- Linear regression relations between physical properties for bitter olive

رگرسیون خطی برای زیتون تلخ Linear regression for bitter olive	R^2
M = 0.172 L + 0.073 W + 0.335 T - 6.788	0.944
M = 1.046 V + 0.362	0.962
V = 0.146 L + 0.055 W + 0.351 T - 6.744	0.987

جدول ۳- روابط رگرسیون خطی بین خواص فیزیکی در زیتون شیرین

Table 3- Linear regression relations between physical properties for sweet olive

رگرسیون خطی برای زیتون شیرین Linear regression for sweet olive	R^2
M = 0.156 L + 0.308 W + 0.140 T - 7.183	0.937
M = 1.057 V + 0.325	0.946
V = 0.141 L + 0.228 W + 0.205 T - 7.120	0.993

جدول٤- تجزیه واریانس چگالی زیتون شیرین طی دوره انبارمانی

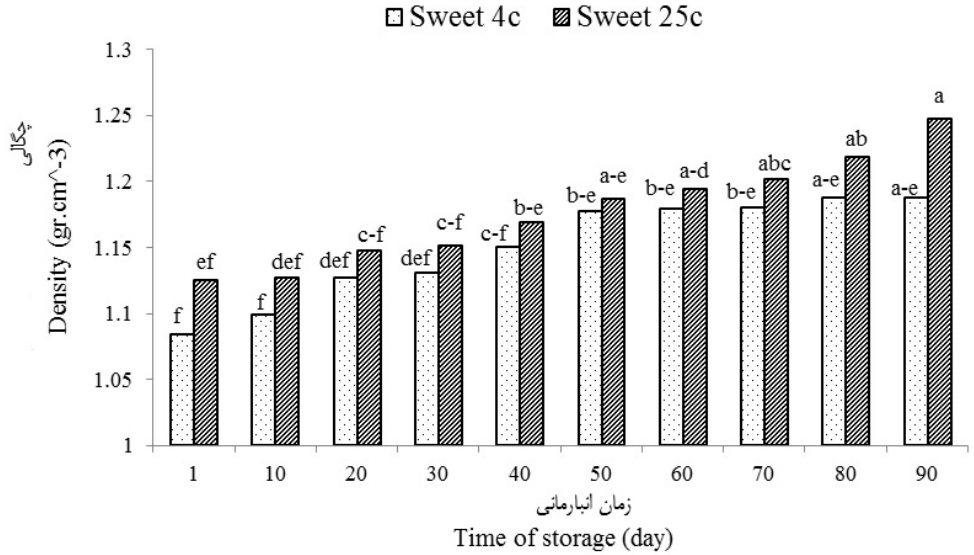
Table 4- Analysis of variance for density of sweet olive during storage

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean squares
دما Temperature	1	0.035**
زمان Time	9	0.017**
دما × زمان Temperature × Time	9	0.013**
خطا Error	180	0.004

** در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است

** Significant at 1% of probability level

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در طول دوره انبارمانی مقدار چگالی افزایش یافته است (شکل ۲). سیر صعودی چگالی در ماه سوم انبارمانی سریع‌تر از ماه‌های دیگر بود و بیشترین مقدار آن برای زیتون شیرین در دمای ۲۵ °C و در روز نودم، با افزایش ۰/۱۲۲ $gr.cm^{-3}$ نسبت به روز اول بدست آمد. این نتیجه با نتایج لواسانی و همکاران (۱۰) مطابقت دارد. آن‌ها با نگه‌داری زیتون روغنی به مدت ۸ روز پس از برداشت نتیجه گرفتند که حجم زیتون نسبت به زمان برداشت، کاهش ولی میزان چگالی افزایش یافت. در واقع با افزایش زمان نگه‌داری، سطح رطوبت محصول کاهش یافته که منجر به کاهش حجم محصول و به تبع آن افزایش چگالی می‌شود (۱۷). روند تغییرات چگالی زیتون در دو دمای نگه‌داری به گونه‌ای بود که نمونه‌های قرار گرفته در دمای ۲۵ °C نسبت به نمونه‌های مشابه در دمای ۴ °C، از چگالی بیشتری به میزان متوسط ۲/۲۹ درصد برخوردار بودند. کمتر بودن رطوبت محیط نسبت به داخل یخچال و تبخیر سطحی آب را می‌توان از جمله دلایل چگالی بیشتر نمونه‌های زیتون در شرایط محیطی دانست.



شکل ۲- اثر متقابل دما × زمان انبارمانی بر چگالی زیتون شیرین

Figure 2- Interaction effects of temperature and time of storage on sweet olive density

میانگین‌های با حروف مشترک دارای اختلاف معنی‌دار نیستند

Means with the same letters are not significantly different

ویژگی‌های شیمیایی

نتایج تجزیه واریانس خواص شیمیایی زیتون شیرین شده طی انبارمانی در جدول ۵، نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود اثرهای اصلی دما، زمان نگه‌داری و اثر متقابل دما × زمان نگه‌داری بر میزان مواد جامد محلول (TSS)، در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج تجزیه واریانس اسیدیته (TA) و ترکیبات فنلی نشان داد که اثر زمان نگه‌داری بر میزان اسیدیته در سطح احتمال ۵ درصد و بر مقدار ترکیبات فنلی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد و اثرات دیگر معنی‌دار نبود.

نتایج مقایسه میانگین اسیدیته، ترکیبات فنلی و مواد جامد محلول به ترتیب در شکل‌های ۳، ۴ و ۵، نشان داده شده است. با توجه به شکل ۳، می‌توان دریافت که اسیدیته زیتون در دوره انبارمانی تغییرات نوسانی داشته است به نحوی که بیشترین مقدار اسیدیته با افزایش ۰/۰۳ درصد در روز بیستم و کمترین مقدار آن با کاهش ۰/۰۹ درصد نسبت به روز اول، در روزهای هشتادم و نودم بدست آمد. کاهش شدید اسیدیته در ماه‌های دوم و سوم انبارمانی، ناشی از بلوغ و رسیدگی میوه می‌باشد. اسیدهای آلی یک منبع انرژی هستند که در هنگام رسیدن میوه با افزایش سوخت و ساز مصرف می‌شوند (۱۵). این نتیجه با نتایج چراغی دهدزی (۳) و حیدری و همکاران (۷) مطابقت دارد، آن‌ها به ترتیب روند تغییرات اسیدیته در خرمای کبکاب و میوه انبه را طی انبارمانی به صورت نوسانی گزارش کردند. همان طور که در شکل‌های ۴ و ۵، مشاهده می‌شود با افزایش مدت زمان انبارمانی، مقدار فنل میوه و مواد جامد محلول به طور معنی‌داری کاهش یافت، با این تفاوت که میزان افت فنل با شیب تندتری نسبت به مواد جامد محلول همراه بود. در اثر فرایند تنفس محصول طی انبارمانی و به علت مصرف قندهای ساده، میزان مواد جامد محلول کاهش یافت. افت در ترکیبات فنلی نیز به واسطه نفوذ فنل از گوشت زیتون به درون محلول آب – نمک می‌باشد (۱۴).

جدول۵- تجزیه واریانس خواص شیمیایی زیتون شیرین

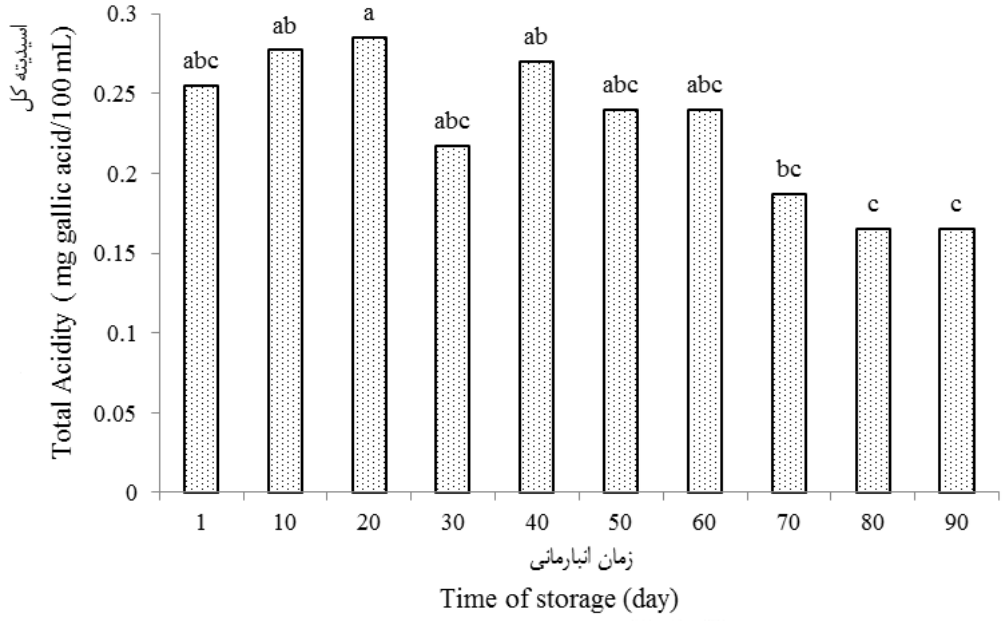
Table 5- Analysis of variance for chemical properties of sweet olive

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean squares		
		اسیدیته کل Total acidity	مواد جامد محلول Total soluble solids	فنل کل Total phenol
دما Temperature	1	0.004^{ns}	10.584^{**}	3.382^{ns}
زمان Time	9	0.120^{*}	9.565^{**}	100.644^{**}
دما× زمان Temperature × Time	9	0.001^{ns}	1.353^{**}	0.337^{ns}
خطا Error	40	0.005	0.133	5.453

** ، * و ns : به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱، ۵ درصد و غیر معنی‌دار

**, * and ns: Significant at 1%, 5% of probability levels and not significant, respectively

این نتایج مطابق با نتایج خانیکی و همکاران (۸) و پیگا و همکاران (۱۴) می‌باشد. آن‌ها به ترتیب کاهش در مقدار مواد جامد محلول برای سیب گلاب در دو زمان پس از برداشت و پس از انبارداری و افت شدید در ترکیبات فنلی زیتون های سیاه طی ۱۸۰ روز قرار گرفته در محلول آب – نمک را مشاهده نمودند. بیانچی (۲) در تحقیقی مشابه روی تغییرات لیپیدها و فنل‌ها در زیتون‌های سبز و سیاه طی فرایند نگه‌داری، نفوذ فنل از پوست محصول به محلول آب – نمک و کاهش جزئی مقدار فنل را نتیجه گرفت. مقایسه میانگین مواد جامد محلول طی انبارمانی در دو دمای نگه‌داری ۴ °C و ۲۵°C نشان داد که مقدار این پارامتر برای زیتون‌های نگه‌داری شده در دمای ۲۵ °C به میزان ۲/۱۳–۰/۰۶ درصد بیشتر از زیتون‌های مشابه در دمای ۴ °C بود. نرم شدن سلول‌های بافت میوه، بلوغ و رسیدگی سریع‌تر و فعالیت‌های بیشتر متابولیسمی در دمای ۲۵ °C نسبت به دمای ۴ °C را می‌توان از جمله دلایل این امر دانست. با افزایش دمای نگه‌داری، آهنگ تنفس محصول و میزان مصرف قندهای ساده، کاهش یافت و این عامل سبب افزایش نسبی مواد جامد محلول زیتون‌ها در شرایط محیطی می‌باشد.

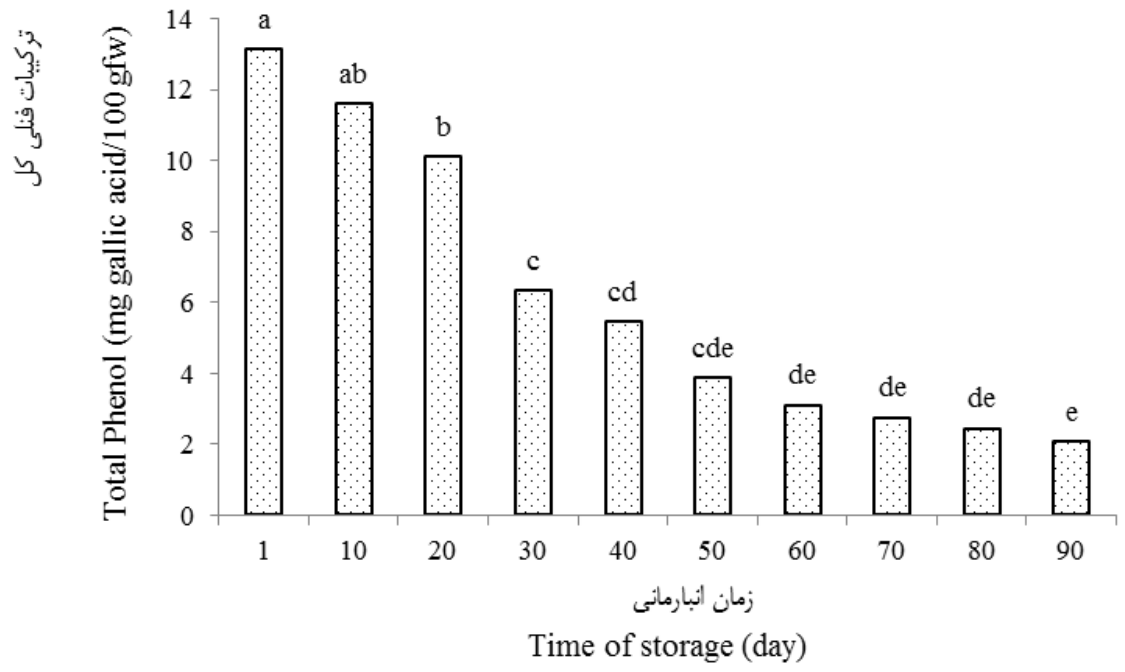


شکل۳- تغییرات اسیدیته‌کل زیتون شیرین طی دوره انبارمانی

میانگین‌های با حروف مشترک دارای اختلاف معنی‌دار نیستند

Figure 3- The changes of total acidity of sweet olive during storage

Means with the same letters are not significantly different

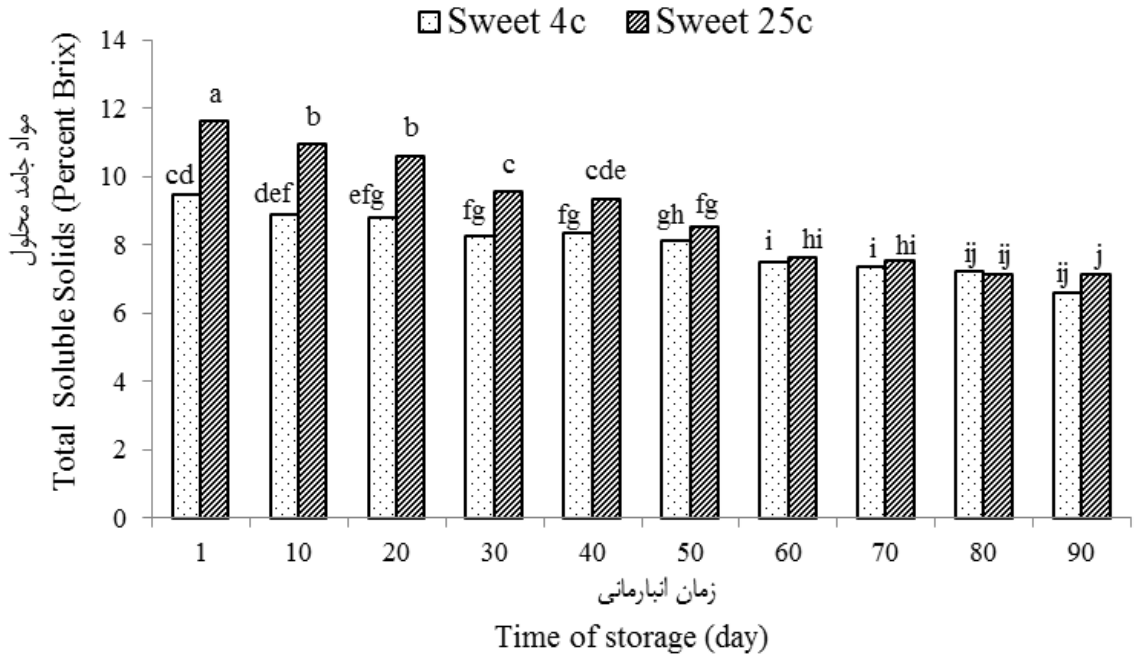


شکل٤- تغییرات فنل کل زیتون شیرین طی دوره انبارمانی

میانگین‌های با حروف مشترک دارای اختلاف معنی‌دار نیستند

Figure 4- The changes of total phenol of sweet olive during storage

Means with the same letters are not significantly different



شکل ٥- اثر متقابل دما × زمان انبارمانی بر مواد جامد محلول میوه زیتون شیرین

میانگین‌های با حروف مشترک دارای اختلاف معنی‌دار نیستند

Figure 5- Interaction effects of temperature × time of storage on total soluble solids fruits of sweet olive

Means with the same letters are not significantly different

نتیجه‌گیری کلی

زیتون شیرین شده با سود، از طول، عرض، ضخامت، جرم و حجم بیشتری نسبت به نوع تلخ برخوردار بود، ولی در مقابل ضریب کرویت زیتون تلخ بیشتر از زیتون شیرین گزارش شد. دما و زمان انبارمانی تاثیر معنی‌داری بر چگالی و مواد جامد محلول زیتون شیرین در سطح احتمال ۰/۰۱ داشت. اثر زمان انبارمانی بر اسیدیته کل و ترکیبات فنلی زیتون شیرین به ترتیب در سطوح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ معنی‌دار شد. با افزایش مدت زمان انبارمانی در دو سطح دمایی°C ۴ و °C ۲۵، چگالی زیتون شیرین افزایش یافت و مقدار آن در دمای°C ۲۵ بیشتر از°C ۴ بود. با افزایش مدت زمان انبارمانی، اسیدیته زیتون شیرین تغییرات نوسانی داشت و در ماه‌های دوم و سوم انبارمانی، مقدار آن به شدت کاهش یافت. ترکیبات فنلی زیتون شیرین در دوره انبارمانی با افت شدیدی به ویژه در روزهای پایانی نسبت به روز اول همراه بود. با افزایش مدت زمان انبارمانی در دو سطح دمایی°C ۴ و°C ۲۵، درصد مواد جامد محلول کاهش یافت و مقدار آن در دمای°C ۲۵ بیشتر از°C ۴ بود.

منابع

1- Akgun N., and Doymaz I. 2005. Modelling of olive cake thin-layer drying process. Journal of Food Engineering, 68: 455-461.

2- Bianchi G. 2003. Lipids and phenols in table olives. Journal of Lipid Science and Technology, 105: 229-242.

3- Cheraghi Dehdezi S., and Hamdami N. 2012. Effect of storage at different temperatures on moisture content, total soluble solids, acidity and pH of dates (Kabkab variety). Food Science Research, 22: 131-140. (in Persian with English Summary)

4- Dourtoglou V.G., Mamalos A., and Makris D.P. 2006. Storage of olives (*Olea europaea*) under CO_2 atmosphere: Effect on anthocyanins, phenolics, sensory attributes and *in vitro* antioxidant properties. Food Chemistry, 99: 342-349.

5- Ghamari B., Rajabipour A., Borgheari A.M., and Sadeghi H. 2010. Some physical properties of olive. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 12(2): 104-110.

6- Hazbavi A., Fattahi F., Kazemi S.H., and Ashraf Z. 2008. Some of the engineering properties of olive fruit and olive pit. p. 1-5. Proceedings of the 18th National Food Science and Technology Congress, Mashhad, Iran. (In Persian)

7- Heydari M., Dastjerdi A., and Moradi N. 2011. Effect of potassium permanganate and storage time on qualitative properties of the mango fruit *(Mangiferaindica L).* Journal of Horticultural Science, 25(2): 130-136. (in Persian with English Summary)

8- Khaniki G.H., Ghorbanli M., and Mirbagheri S.H. 2011. Biochemical change of the golab and shafiabadi apples in harvest time and during storage. Journal of Biotechnology, 5: 59-65. (in Persian with English Summary)

9- Kilickan A., and Gu¨ner M. 2008. Physical properties and mechanical behavior of olive fruits (*Oleaeuropaea L.*) under compression loading. Journal of Food Engineering, 87: 222-228.

10- Lavasani S., Afkari A.H., and Golmahammadi A. 2008. The study of effect of the size and duration time of after harvest on the physical and mechanical properties of olive fruit in the common varieties. p. 1-11. Proceedings of the 5th National Agricultural Machinery Engineering Congress, Mashhad, Iran. (in Persian)

11- Mir Mansori A. 1997. Acquaintance with olive. Organization of Research, Educate and Promote Agriculture, Iran. 107p.

12- Mohsenin N.N. 1986. Physical properties of plant and animal materials. NewYork: Gordan and Beach Science.

13- Olaniyan A.M., and Oje K. 2002. Some aspects of the mechanical properties of Shea nut. Biosystems Engineering, 81: 413-420.

14- Piga A., Del Caro A., Pinna I., and Agabbio M. 2005. Anthocyanin and colour evolution in naturally black table olives during anaerobic processing. LWT- Food Science and Technology, 38: 425-429.

15- Rahemi M. 2005. Postharvest physiology. 3nd ed. Shiraz University Publications, Iran. 437 p.

16- Robinson S.P., Loveys B.R., and Chacko E.K. 1993. Polyphenol oxidase enzymes in the sap and skin of mango fruit. Australian Journal Plant Physiology, 20: 99-107.

17- Sessiz A., Esgici R., and Kizil S. 2007. Moisture-dependent physical properties of caper (*Capparis* ss.) fruit. Journal of Food Engineering, 79: 1426-1431.

18- Singleton V.L., and Rossi J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 16: 144-158.

19- Tabatabaie M. 1995. Olive and olive oil. Scientific Institution of Olive Culture Publications, Iran. 399 p.

20- Zare F., Najafi G.H., Tavakoli Hashjin T., and Kermani A.M. 2014. Determination of physical, mechanical and aerodynamic properties of four varieties olive produced in Iran. Food Science and Technology, 44(11): 1-10. (in Persian with English Summary).