

## تأثیر دما و زمان انبارداری بر خواص مکانیکی و رنگ زیتون تلخ و شیرین شده

روح الله منتقمی راد<sup>۱</sup>، ابراهیم احمدی<sup>۲\*</sup> و سعید ظریف نشاط<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا.

۲- دانشیار، گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه بوعلی سینا.

۳- استادیار، واحد فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی خراسان رضوی.

تاریخچه مقاله	چکیده
دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۰۶ پذیرش نهایی: ۱۳۹۴/۰۶/۰۷	شرایط نگه‌داری محصول پس از برداشت و طول دوره انبارداری از عوامل مهمی هستند که بر ویژگی‌های کیفی محصولات مانند رنگ و خواص مکانیکی تأثیر به‌سزایی دارند. به همین منظور در این پژوهش دو نوع زیتون تلخ و شیرین شده با سود ۱/۵ درصد جمع‌آوری و جهت بررسی تأثیر طول دوره انبارداری مورد آزمایش قرار گرفتند. میوه زیتون در دو دما (شرایط محیطی با دمای ۲۵ و در درون یخچال با دمای ۴ درجه سلسیوس) به مدت سه ماه نگه‌داری و در طول این مدت با فواصل زمانی ۱۰ روزه آزمایش‌هایی انجام شد. برای تعیین خواص مکانیکی و رنگ‌سنجی از دستگاه آزمایش کشش- فشار و دستگاه رنگ‌سنج استفاده گردید. با انجام آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، تأثیر عوامل مستقل، زمان انبارداری، دمای نگه‌داری و نوع زیتون بر خواص اندازه‌گیری شده (ضریب برشی، نیروی برشی، انرژی برشی، ضریب کشسانی، نیروی نفوذ، کرنش تسلیم، $L^*$ ، $a^*$ ، $b^*$ ، $h$ و $c^*$ ) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون‌های مکانیکی و رنگ‌سنجی نشان داد که با افزایش مدت زمان انبارداری، سفتی، استحکام برشی و سایر خواص مکانیکی زیتون تلخ و شیرین شده افزایش یافت و میزان $L^*$ و $b^*$ نمونه‌ها نسبت به روزهای اول، دهم و بیستم بیشتر شد. نمونه‌های تلخ و شیرین نگه‌داری شده در دمای ۴ درجه سلسیوس نسبت به نمونه‌های مشابه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس دارای سفتی، ضریب کشسانی، ضریب برشی، نیروی برشی و انرژی برشی بیشتر و میزان $L^*$ ، $b^*$ و $c^*$ کمتری بودند.
کلمات کلیدی: انبارداری، خواص مکانیکی، رنگ‌سنجی، میوه زیتون، دما	
* عهده دار مکاتبات Email: eahmadi@basu.ac.ir	

## مقدمه

زیتون با نام علمی اولئا یوروپیا<sup>۱</sup>، یکی از میوه‌های مناطق نیمه گرمسیری است که مصارف متنوع و زیادی در تغذیه انسان دارد. این میوه دارای گلوکز، پکتین، مواد معدنی نظیر آهن، پتاسیم و ویتامین‌های A, B و C می‌باشد و در بعضی از کشورها یکی از منابع مهم تأمین کننده مواد غذایی و دارویی مورد نیاز انسان به شمار می‌آید (۱۹). زیتون به دلیل داشتن مواد شبه قلیایی، کاملاً تلخ و بد طعم می‌باشد به همین منظور جهت تلخی‌زدایی، میوه‌ها را در سود (سدیم هیدروکسید) ۱/۵ تا ۳ درصد به مدت دو تا شش ساعت قرار داده و سپس با آب شستشو می‌دهند. این میوه قابلیت انبارداری 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 انبارداری در حفظ کیفیت زیتون و کاهش ضایعات، بسیار موثر خواهد بود (۵).

انجام آزمون‌های مکانیکی و شناخت خواص مکانیکی و رنگ‌سنجی محصولات در مطالعه و بررسی خواص کمی و کیفی آن‌ها طی انبارداری نقش به‌سزایی دارد. علاوه بر این بررسی رنگ و خواص مکانیکی محصولات از جمله زیتون، جهت استفاده در طراحی ماشین‌های فرآوری و بهبود خطوط فرآوری در راستای کاهش ضایعات و نیز مشتری‌پسندی محصول ضروری می‌باشد (۱۷).

پژوهش‌های گسترده‌ای در خصوص تعیین خواص رنگی و مکانیکی محصولات طی انبارداری انجام گرفته است. مسعودی و همکاران (۱۲) با انجام آزمون نفوذسنجی و آزمون فشار تک محوری خواص مکانیکی سه رقم سیب طی انبارداری را بررسی کردند. جعفریان و همکاران (۹) با غوطه‌ور کردن سیب در محلول کلرید کلسیم دو آب به غلظت‌های ۳ و ۶ درصد،

کاهش در مقدار ضریب کشسانی میوه را طی انبارداری گزارش کردند. چراغی دهدزی و همدمی (۴) اثر انبارداری در دماهای مختلف بر میزان رطوبت، مواد جامد محلول و اسیدیته خرما را مطالعه و بررسی نمودند. آن‌ها خرما را رقم کبکاب را در بسته‌های پلاستیکی از جنس پلی‌اتیلن، به صورت تحت خلأ و با فشار اتمسفری بسته‌بندی نموده و در دماهای ۴، ۲۵ و ۴۰ درجه سلسیوس نگهداری کردند. رومرو و همکاران<sup>۲</sup> (۱۸) با افزودن منیزیم به آب-نمک در حین انبارداری زیتون، کاهش در میزان روشنایی میوه را نتیجه‌گیری کردند.

با وجود مطالعات گسترده در زمینه خواص کیفی و مکانیکی محصولات کشاورزی در سراسر جهان، تحقیقات انجام شده در کشور ایران روی رنگ، ویژگی‌های مکانیکی زیتون و خصوصیات کیفی آن اندک می‌باشد و در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.

کیلیچیکان و گونر<sup>۳</sup> (۱۰) خواص فیزیکی و مکانیکی زیتون رقم گملیک را با استفاده از دستگاه تست مواد بیولوژیک تحت بارگذاری فشاری مطالعه نمودند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که نیروی شکست، انرژی شکست و تغییر شکل زیتون و هسته‌اش با افزایش سرعت بارگذاری و اندازه محصول در راستای بارگذاری طولی و عرضی افزایش می‌یابد. نانوس و همکاران<sup>۴</sup> (۱۴) شرایط انبارداری پیش از فرآوری زیتون‌های ارقام کانسرولیا و چوندرولیا را بررسی و گزارش نمودند با افزایش زمان پس از برداشت در انبار میزان سفتی میوه‌ها افزایش می‌یابد.

آگار و همکاران<sup>۵</sup> (۱) شرایط انبارداری زیتون‌های سیاه مانزانلیو را به منظور حفظ کیفیت محصول، بهینه

2- Romero *et al.*

3- Kilickan and Guner

4- Nanos *et al.*

5- Agar *et al.*

1- Olea europaea

انبارداری بر خواص مکانیکی و رنگ میوه زیتون، در کشور انجام نگرفته است. بر همین اساس اهداف این پژوهش عبارتند بودند از:

- ۱- مطالعه و بررسی تأثیر دمای نگهداری، مدت زمان انبارداری و نوع زیتون بر خواص مکانیکی محصول شامل ضریب برشی، نیروی برشی، انرژی برشی، ضریب کشسانی، نیروی نفوذ، مقدار کرنش تا نقطه تسلیم بیولوژیکی و مشخصه‌های رنگی شامل  $L^*$  (میزان روشنایی)،  $a^*$  (رنگ قرمز-سبز)،  $b^*$  (رنگ زرد-آبی)،  $c^*$  (مشخصه یا بردار رنگی) و  $h$  (زاویه رنگی).
- ۲- بررسی روند تغییرات مشخصه‌های رنگی و خواص مکانیکی دو نوع زیتون تحت تأثیر شرایط مختلف انبارداری و مدت زمان انبارداری.

### مواد و روش‌ها

میوه‌های زیتون مورد استفاده در این پژوهش از رقم سازگار و غالب منطقه طارم شهرستان رودبار (زیتون ماری) و از نوع سبز کنسروی انتخاب شدند. نمونه‌های مورد استفاده شامل زیتون تلخ و شیرین شده با سود ۱/۵ درصد، در مهرماه ۱۳۹۲ از درختان منطقه طارم برداشت و به آزمایشگاه منتقل گردیدند.

جهت تلخی‌زدایی، میوه‌های زیتون به مدت شش ساعت در محلول سود (سدیم هیدروکسید) با غلظت ۱/۵ درصد قرار گرفتند. زمانی که سود در ۱/۲ تا ۳/۴ میوه نفوذ می‌کرد، آن‌ها را از داخل محلول خارج و با آب شستشو می‌دادند تا سود اضافی موجود در آن‌ها خارج شود. روش تشخیص نفوذ سود در ۱/۲ تا ۳/۴ زیتون بر اساس تغییر رنگ ظاهری میوه انجام گرفت. پس از گذشت چند ثانیه از نفوذ سود در محصول، گوشت دانه به رنگ سبز تیره درآمد. به منظور بررسی تأثیر شرایط مختلف نگهداری، پس از برداشت و تغییرات کیفی میوه زیتون در زمان انبارداری، نمونه‌ها در ظروف پلاستیکی در بسته حاوی محلول آب-نمک با غلظت شش درصد، جمع‌آوری و در دو محیط مختلف شامل شرایط محیطی (دمای  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ )

کردند. آن‌ها گزارش نمودند که در پنج درجه سلسیوس و پس از شش هفته نگهداری در انبار سرد، ۲۵ درصد میوه‌ها پوسیده شدند. پیگا و همکاران<sup>۱</sup> (۱۵) تغییرات آنتوسیانین، رنگ و ترکیبات فنولی زیتون‌های سیاه در محلول آب-نمک را طبق روش بی‌هوازی بررسی کردند. آن‌ها مشاهده کردند که پارامترهای  $c^*$  (مشخصه رنگی)،  $h$  (زاویه رنگی)،  $L^*$  (میزان روشنایی) و  $b^*$  (میزان زردی) زیتون‌ها طی ۱۸۰ روز انبارداری در محلول آب-نمک افزایش یافت. دی‌کاسترو و همکاران<sup>۲</sup> (۶) اثر انبارداری در شرایط هوازی و بی‌هوازی را روی رنگ و سفتی بافت زیتون مطالعه کردند. کاهش در  $L^*$  (میزان روشنایی) و افزایش نسبی در میزان سفتی نمونه‌ها از جمله نتایج آن‌ها، طی انبارداری بود.

اکبرنیا<sup>۲</sup>، قمری و همکاران (۷) و لواسانی و همکاران (۱۱)، به ترتیب مقاومت فشاری چهار رقم زیتون (فیشمی، کالاماتا، روغنی و مانرانیا)، مشخصات فیزیکی دو رقم زیتون به نام‌های زیتون زرد و زیتون روغنی و خصوصیات مکانیکی زیتون رقم گرد، ماری و روغنی را مطالعه نموده‌اند. نتایج حاصل از پژوهش اکبرنیا<sup>۲</sup>، نشان داد که مقاومت له شدن و خرد شدن نهایی هسته در ارقام مختلف میوه زیتون رسیده تفاوت معنی‌داری با هم نداشت. در پژوهش قمری و همکاران (۷)، برای هر نمونه از زیتون‌ها سه بعد اصلی، حجم و چگالی اندازه‌گیری شد و بر اساس آن‌ها مشخصات فیزیکی مانند قطر میانگین هندسی و ضریب کرویت برای این دو رقم تعیین گردید. بر طبق نتایج لواسانی و همکاران (۱۱)، معلوم گردید که با افزایش مدت زمان پس از برداشت، میزان چقرمگی و نیروی لازم برای شکست بافت زیتون برای هر سه رقم مورد تحقیق افزایش یافت.

این پژوهش از آن جهت ضروری است که تاکنون تحقیقی در زمینه تأثیر دمای نگهداری و مدت زمان

1- Piga et al.

2- De Castro et al.

نرم‌افزار، منحنی تنش- کرنش توسط دستگاه ترسیم و مقدار ضریب برشی مستقیماً در قسمت نتایج به دست آمده از آزمون گزارش شد. مقدار انرژی برشی نیز با استفاده از نمودار تنش- کرنش و با انتگرال‌گیری عددی تا نقطه تنش بیشینه محاسبه شد. هر آزمایش ۱۰ بار تکرار شد. در سری دوم آزمایش‌هایی، که به روش آزمون نفوذسنجی انجام شدند، از یک میله فلزی به قطر ۳/۲۵ میلی‌متر و در سرعت بارگذاری ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه بر اساس استاندارد ASAE S 368.3 MAR95 و با توجه به میزان سفتی بافت میوه استفاده شد. برای هر آزمایش، همزمان با نفوذ میله به درون هر نمونه، تغییرات نیروی نفوذ و مقدار نفوذ آن اندازه‌گیری می‌شد. مقدار ضریب کشسانی با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید (۱۳).

$$E = \frac{F}{D} \frac{(1-\mu^2)}{2a} \quad (1)$$

که در آن E ضریب کشسانی (بر حسب مگاپاسکال)، D میزان نفوذ پروب در گوشت میوه، F نیروی وارد شده، 2a قطر پروب و  $\mu$  نسبت پواسون است. در این تحقیق نسبت پواسون برای میوه زیتون برابر با ۰/۴۸ فرض شد (۸).

برای ارزیابی تغییرات رنگ زیتون‌ها در طی انبارداری از دستگاه رنگ‌سنج دیجیتال مدل HP-200، ساخت کشور چین با دقت ۰/۰۱ درجه رنگی (بدون واحد) استفاده شد. برای هر آزمایش، ابتدا با پلیت‌های سفید و سیاه رنگ دستگاه کالیبره می‌شد. سپس مشخصه‌های رنگی شامل  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  اندازه‌گیری می‌شدند. در تمامی آزمون‌های رنگ‌سنجی، رنگ نمونه‌ها در ناحیه‌ی استوایی زیتون که بعداً عمل بارگذاری روی آن ناحیه انجام می‌شد، مورد بررسی قرار گرفت. مشخصه‌های  $c^*$  و h بر اساس استاندارد Color Scale  $L^* a^* b^*$  CIE به ترتیب با استفاده از روابط (۲) و (۳) محاسبه شدند.

و یخچال با دمای  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  نگهداری شدند. آزمایش‌های تعیین خواص مکانیکی و رنگ‌سنجی روی انواع زیتون در دو دمای نگهداری و در فواصل زمانی ۱۰ روزه به مدت سه ماه انجام شدند. هر یک از آزمایش‌ها ۱۰ بار تکرار شد. برای تعیین خواص مکانیکی زیتون، از دستگاه تست محوری مواد غذایی Zowick/roell مدل bt1-fr0.5th.d14 xforce hp مجهز به لودسل با ظرفیت ۵۰۰ نیوتن ساخت کشور آلمان (شکل ۱-الف) استفاده شد. در این آزمایش‌ها، با بارگذاری هر میوه در بین یک فک ثابت و یک فک متحرک، خواص ضریب برشی، نیروی برشی، انرژی برشی، ضریب کشسانی، نیروی نفوذ و کرنش تا نقطه تسلیم بیولوژیکی اندازه‌گیری شدند.

آزمون کاتر یکی از انواع آزمون‌های برشی مواد غذایی است که در آن، یک تیغه یا یک سیم فولادی ضد زنگ بر روی پروب مربوطه نصب شده و با سرعت ثابتی که توسط فک متحرک اعمال می‌شود، عمل برش روی محصول را انجام می‌دهد. مقادیر تنش و کرنش برشی در تمامی مراحل انجام آزمون توسط نرم‌افزار دستگاه به دست می‌آید. پارامترهای ضریب برشی و نیروی برشی نیز مستقیماً در قسمت نتایج محیط نرم‌افزار دستگاه تعیین می‌گردند. در آزمون برشی (آزمون کاتر)، نمونه‌های کامل زیتون در حالت پایدار و در جهت عرضی (طول زیتون عمود بر جهت بارگذاری) بر روی فک ثابت قرار داده می‌شد و به وسیله فک متحرک با سرعت ۲۵ میلی‌متر بر دقیقه بر اساس استاندارد ASAE S 368.3 MAR95 تحت بارگذاری قرار می‌گرفت. عملیات بارگذاری تا زمانی که پوست زیتون بریده می‌شد ادامه می‌یافت و همزمان منحنی تنش-کرنش نمونه ثبت می‌شد (شکل ۱-ب). در این آزمون از یک تیغه فولادی به طول ۱۲/۰۰ سانتی‌متر، عرض ۱/۵۰ سانتی‌متر و ضخامت ۱/۰۰ میلی‌متر برای برش پوست میوه استفاده شد. مقادیر ضریب برشی و نیروی برشی توسط نرم‌افزار دستگاه تعیین گردید. با در نظر گرفتن میوه زیتون به صورت یک جسم بیضی‌گون و با وارد کردن اعداد مربوط به سه بعد اصلی آن (طول، عرض و ضخامت) در محیط

تحلیل آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

$$c^* = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{0.5} \quad (۲)$$

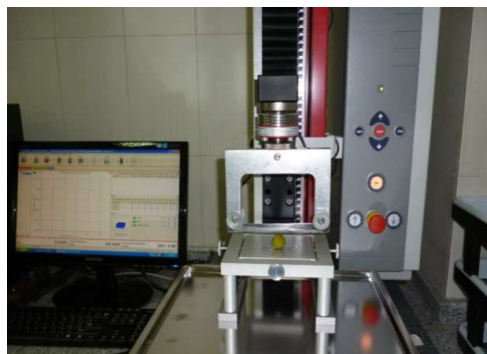
$$h = \arctan (b^*/a^*) \quad (۳)$$

### نتایج و بحث

#### خواص مکانیکی میوه زیتون در آزمون برشی

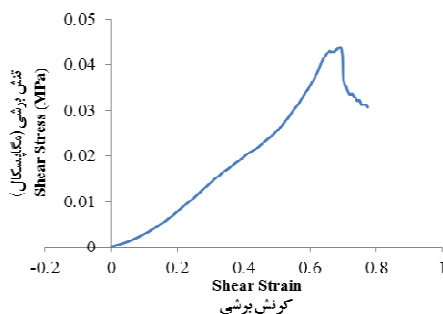
نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمون برشی در جدول ۱ نشان داده شده است. تجزیه واریانس ضریب برشی نشان داد که اثر اصلی نوع زیتون، دما، زمان نگهداری و اثرات دوگانه این پارامترها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و اثر سه گانه پارامترهای مستقل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نیروی برشی نشان داد که اثر نوع، دما، زمان نگهداری و اثرات متقابل نوع در دما و نوع در زمان نگهداری، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و اثر سه گانه پارامترهای مستقل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. تنها اثر متقابل دما در

این پژوهش به صورت آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. در این طرح آزمایشی تأثیر دما در دو سطح (۴ و ۲۵ درجه سلسیوس) و زمان انبارداری در ده سطح (۱، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ...، ۹۰ روز) بر خواص مکانیکی و رنگ (ضریب برشی، نیروی برشی، انرژی برشی، ضریب کشسانی، نیروی نفوذ، کرنش تسلیم،  $L^*$ ،  $a^*$ ،  $b^*$ ،  $h$  و  $c^*$ ) دو نوع زیتون تلخ و شیرین شده مطالعه شد. کل نمونه‌های مورد آزمون شامل ۲۰۰ نمونه از هر نوع زیتون تلخ و شیرین بود. برای تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمون‌ها، ابتدا با استفاده از نرم افزار Minitab 14 نرمال سازی شدند و سپس با استفاده از نرم افزار SPSS 20 مورد تجزیه و



شکل (۱) الف- دستگاه تست محوری Zwick/roell

Figure (1) a: Zwick/roell universal testing machine



شکل (۱) ب- نمونه‌ای از منحنی تنش برشی - کرنش برشی

Figure (1) b: A sample of the shear strain - shear stress curve

لواسانی و همکاران (۱۱) افزایش در نیروی شکست و چقرمگی ارقام ماری، گرد و روغنی را به دلیل کاهش رطوبت محصول طی دوره انبارداری گزارش نمودند. نانوس و همکاران (۱۴) پس از دوره انبارداری زیتون افزایش در پارامترهای برشی و سفت شدن گوشت میوه را گزارش نمودند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ضریب برشی، استحکام برشی و انرژی برشی زیتون شیرین به مراتب بیشتر از نوع تلخ در شرایط مشابه بود. این مورد به دلیل نفوذ سود و جذب آن در زیتون، تفاوت در فشار درون سلولی، خواص فیزیولوژیکی و تغییرات رطوبتی محصول می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت طول دوره انبارداری زیتون شیرین بیشتر از زیتون تلخ می‌باشد.

با توجه به مقایسه میانگین متغیرها می‌توان دریافت که نمونه‌های نگهداری شده در دمای ۴ درجه سلسیوس نسبت به نمونه‌های مشابه نگهداری شده در دمای ۲۵ درجه سلسیوس دارای ضریب برشی، نیروی برشی و انرژی برشی بیشتری می‌باشند. این روند تغییرات به دلیل تأثیر دما بر خواص مکانیکی میوه می‌باشد، به گونه‌ای که با کاهش دما، میزان سفتی و استحکام دیواره سلولی میوه افزایش یافته است. در واقع با کاهش دما، بافت زیتون که ویسکوالاستیک است دچار منبسط شدن و سفت‌تر شدن قسمت ویسکوز می‌شود و با این تفسیر، ضریب برشی، انرژی برشی و سایر خواص مکانیکی میوه افزایش می‌یابد.

روند تغییرات نیروی برشی در زمان‌های مختلف انبارداری (شکل ۴) نشان می‌دهد که برای هر دو نوع زیتون مورد مطالعه، با افزایش زمان انبارداری مقدار این پارامتر نسبت به روز برداشت افزایش یافته است. این روند افزایشی در ماه دوم نگهداری بیشتر از ماه‌های اول و سوم بود، به گونه‌ای که نیروی برشی زیتون‌ها در این ماه به حدود ۹۰-۶۰ درصد افزایش یافت.

مقدار نیروی برشی در روز برداشت برای زیتون تلخ در دمای ۴ درجه سلسیوس (۹/۳۸۶ نیوتن)، برای زیتون شیرین در دمای ۴ درجه سلسیوس (۱۵/۹۵۱ نیوتن)، برای زیتون تلخ در دمای ۲۵ درجه سلسیوس (۸/۰۴۲ نیوتن) و برای زیتون شیرین در دمای ۲۵ درجه سلسیوس (۱۰/۶۹۹ نیوتن) گزارش شد.

زمان نگهداری بر این پارامتر معنی‌دار نشد. نتایج آنالیز داده‌های انرژی برشی نیز نشان داد که تمامی پارامترهای مستقل شامل نوع، دما، زمان نگهداری و اثرات دوگانه و سه‌گانه آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر این پارامتر معنی‌دار بود.

در شکل‌های ۲ و ۳ به ترتیب تغییرات ضریب برشی و انرژی برشی میوه‌های دو نوع زیتون در دو دمای نگهداری و در زمان‌های مختلف انبارداری نشان داده شده است. ضریب برشی و انرژی برشی هر نوع زیتون در روز سی‌ام با شیب تندی و تقریباً ۱۰ برابر نسبت به روز اول افزایش یافت، ولی پس از آن، شیب تغییرات به صورت ملایم ادامه یافت. تخریب سطحی آب، تغییرات مربوط به بافت زیتون و کاهش شدید رطوبتی را می‌توان از جمله دلایل افزایش ناگهانی ضریب برشی و انرژی برشی در روز سی‌ام دانست. طبیعت بافت میوه و تغییر در ترکیبات آن طی انبارداری دلیل دیگری بر این امر می‌باشد. تغییرات در بافت و افزایش در پارامترهای برشی میوه عمدتاً به دلیل تغییر شیمیایی در اجزای دیواره سلولی که شامل سلولز و پکتین است، رخ می‌دهد.

بیشترین تغییرات ضریب برشی و انرژی برشی زیتون‌ها نسبت به زمان برداشت در ماه سوم و کمترین تغییرات در ماه اول رخ داد.

بیشترین مقدار ضریب برشی، نیروی برشی و انرژی برشی برای زیتون شیرین در دمای ۴ درجه سلسیوس و به ترتیب در روزهای هفتم (۴۶/۲۵۷ کیلو پاسکال)، چهلم (۲۳/۸۷۸ نیوتن) و نودم (۰/۰۱۴ میلی‌ژول) به دست آمد. برای زیتون تلخ در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، کمترین مقدار این صفات به ترتیب مربوط به روزهای دهم (۲/۴۱۲ کیلو پاسکال)، اول (۸/۰۴۲ نیوتن) و دهم (۰/۰۰۶ میلی‌ژول) بودند.

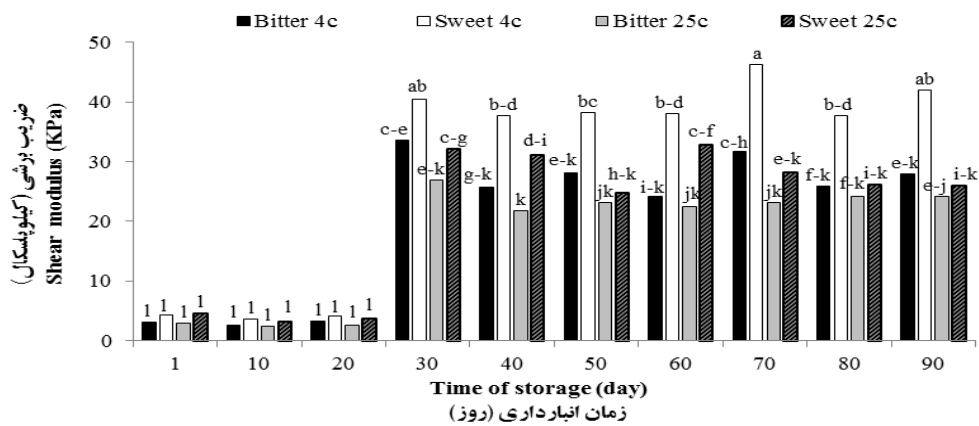
به طور کلی با افزایش مدت زمان انبارداری، استحکام برشی و سایر پارامترهای مکانیکی زیتون تلخ و شیرین شده افزایش یافت، علت این روند را می‌توان با کاهش رطوبت محصول طی زمان‌های مختلف نگهداری توجیه کرد. این نتیجه با نتایج تحقیق لواسانی و همکاران (۱۱) و نانوس و همکاران (۱۴) مطابقت دارد.

جدول (۱) تجزیه واریانس خواص مکانیکی بافت میوه زیتون در آزمون برشی  
**Table (1) Analysis of variance of mechanical properties of olive fruit texture at shear test**

میانگین مربعات (Mean squares)		درجه آزادی (Degree of freedom)		منابع تغییرات (Source of variations)
ضریب برشی (کیلو پاسکال) (Shear modulus (KPa))	نیروی برشی (نیوتن) (Shear force (N))	انرژی برشی (میلی ژول) (Shear energy (mJ))		
3332.532 **	2922.460 **	10 <sup>-3</sup> **	1	نوع (Type)
2939.434 **	562.376 **	10 <sup>-3</sup> **	1	دما (Temperature)
6851.463 **	574.886 **	10 <sup>-3</sup> **	9	زمان (Time)
845.118 **	213.353 **	10 <sup>-3</sup> **	1	نوع × دما (Temperature×Type)
163.097 **	61.164 **	10 <sup>-3</sup> **	9	نوع × زمان (Time×Type)
194.799 **	23.672 ns	10 <sup>-3</sup> **	9	دما × زمان (Time×Temperature)
111.782 **	32.801 *	10 <sup>-3</sup> **	9	نوع × دما × زمان (Time× Temperature×Type)
45.742	15.478	10 <sup>-3</sup>	360	خطا (Error)

\* در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار است. \*\* در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار است. ns: معنی دار نیست.

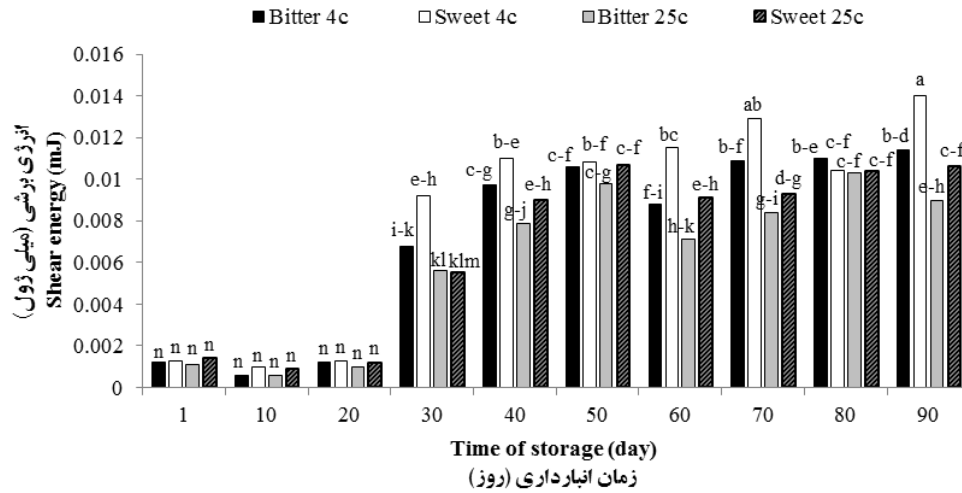
\* Significant at 5% of probability level. \*\* Significant at 1% of probability level. ns: not significant.



شکل (۲) تغییرات ضریب برشی دو نوع زیتون در دو دمای نگهداری و در زمان‌های مختلف انبارداری  
**Figure (2) Variations of shear modulus for two types olive fruit at two retention temperatures and different storage periodes**

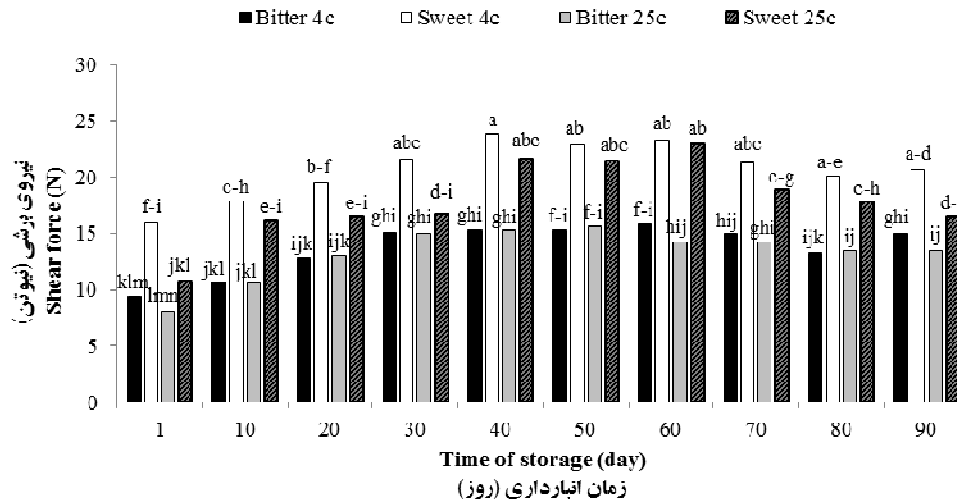
\* میانگین‌های با حروف مشترک دارای اختلاف معنی دار نیستند.  
 Means with the same letters are not significantly different.

منتقمی راد و همکاران: تأثیر دما و زمان انبارداری بر خواص ...



شکل (۳) تغییرات انرژی برشی دو نوع زیتون در دو دمای نگهداری و در زمان‌های مختلف انبارداری  
 Figure (3) Variations of shear energy for two types olives at two retention temperatures and different storage periods

\* میانگین‌های با حروف مشترک دارای اختلاف معنی دار نیستند.  
 Means with the same letters are not significantly different.



شکل (۴) تغییرات نیروی برشی دو نوع زیتون در دو دمای نگهداری و در زمان‌های مختلف انبارداری  
 Figure (4) Variations of shear force for two types olives at two retention temperatures and different storage periods

\* میانگین‌های با حروف مشترک دارای اختلاف معنی دار نیستند.  
 Means with the same letters are not significantly different.

۸۶/۸۴ درصد برای زیتون تلخ در دمای ۲۵ درجه  
 سیلیسیوس و ۵۶/۷۰ درصد برای زیتون شیرین در دمای  
 ۲۵ درجه سیلیسیوس، نسبت به روز برداشت افزایش یافت

در روز سی‌ام، نیروی برشی به میزان ۶۰/۵۸ درصد  
 برای زیتون تلخ در دمای ۴ درجه سیلیسیوس، ۳۵/۳۳  
 درصد برای زیتون شیرین در دمای ۴ درجه سیلیسیوس،



زیتون تلخ و شیرین شده به ترتیب و به میزان ۴۹/۰۶ و ۵۴/۵۳ درصد نسبت به روز اول افزایش یافت.

روند تغییرات ضریب کشسانی محصول طی انبارداری به صورت پلکانی بود و بیشترین تغییرات نسبت به روز اول، در ماه سوم و در پله آخر (روز نودم) رخ داد. مقدار نیروی نفوذ، کرنش تسلیم و ضریب کشسانی زیتون شیرین در طی انبارداری بیشتر از نوع تلخ بود. این امر به دلیل جذب سود مصرفی در محصول، رطوبت کمتر و خاصیت کشسانی بیشتر زیتون شیرین نسبت به نوع تلخ می باشد که باعث افزایش سفتی و استحکام مکانیکی آن شده است.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که دمای نگه‌داری تأثیر معنی‌داری بر نیروی نفوذ و ضریب کشسانی نمونه‌ها در سطح احتمال پنج درصد داشت. نمونه‌های تلخ و شیرین نگه‌داری شده در دمای ۴ درجه سلسیوس دارای نیروی نفوذ و ضریب کشسانی بیشتری نسبت به نمونه‌های مشابه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس بودند. علت این روند به خاطر تأثیر دما بر میزان سفتی محصول و کاهش سفتی نمونه‌ها با افزایش نسبی دمای نگه‌داری می‌باشد. این نتیجه با نتایج تحقیق نانوس و همکاران (۱۴) مطابقت دارد. نانوس و همکاران (۱۴) زیتون‌های سبز ارقام کانسرولیا و چوندرولیا را تحت شرایط کنترل اتمسفر در دمای ۵ و ۷/۵ درجه سلسیوس و به مدت ۲-۴ هفته نگه‌داری کردند، آن‌ها پس از دوره انبارداری سفت شدن گوشت میوه را در اثر کاهش دما گزارش نمودند.

نتایج مقایسه میانگین نیروی نفوذ در زمان‌های مختلف انبارداری (شکل ۵) نشان می‌دهد که بیشترین مقدار این پارامتر (۱۷/۰۱۵ نیوتن) برای زیتون شیرین در روز نودم و کمترین مقدار آن (۳۲۱/۷ نیوتن) برای زیتون تلخ در روز اول بدست آمد.

با توجه به اثر متقابل نوع  $\times$  دمای انبارداری بر نیروی نفوذ (شکل ۶)، می‌توان گفت که نمونه‌های نگه‌داری شده در دمای ۴ درجه سلسیوس از سفتی بیشتری

و آهنگ تغییرات آن تا روز شصتم به صورت یکنواخت باقی ماند، ولی در روزهای پایانی افت ناچیزی در این پارامتر مشاهده شد. با توجه به این تغییرات، به منظور ایجاد برش در پوست زیتون، برای نفوذ سود در مدت زمان کمتر و تهیه کسرو زیتون پیشنهاد می‌شود حداکثر ظرف مدت ۲۰ روز پس از زمان برداشت اقدام به تلخی‌زدایی کرد.

### خواص مکانیکی میوه زیتون در آزمون نفوذسنجی

نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمون نفوذسنجی در جدول ۲ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود، اثر نوع زیتون و اثر متقابل نوع  $\times$  زمان نگه‌داری بر ضریب کشسانی معنی‌دار نشد، اما شاخص‌های دیگر تأثیر معنی‌داری بر این پارامتر در سطح احتمال یک درصد داشت. تجزیه واریانس نیروی نفوذ نشان داد که اثر نوع و اثرات متقابل دما  $\times$  زمان نگه‌داری و نوع  $\times$  دما  $\times$  زمان نگه‌داری معنی‌دار نشد و سایر شاخص‌ها اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس کرنش تسلیم نشان داد که تنها اثر نوع در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. عدم معنی‌دار بودن اثرات دیگر بر کرنش تسلیم، به دلیل وابستگی این پارامتر به شرایط بارگذاری و خاصیت کشسانی پوست محصول در برابر نیروهای خارجی می‌باشد. این عامل سبب شده است که مقدار کرنش میوه در شرایط مختلف نگه‌داری تغییرات چندانی نداشته باشد (۱۳).

نتایج مقایسه میانگین متغیرها با آزمون دانکن نشان داد که در طول دوره انبارداری نیروی نفوذ و ضریب کشسانی زیتون تلخ و شیرین شده افزایش یافته است. این نتیجه با نتایج دی کاسترو و همکاران (۶) مطابقت دارد. آن‌ها با نگه‌داری زیتون‌ها به مدت یک سال درون محلول آب -

نمک و در شرایط هوایی نتیجه گرفتند که میزان سفتی میوه‌ها افزایش یافته است. سیر صعودی نیروی نفوذ در آزمون نفوذسنجی از روز برداشت تا روز پنجاهم به صورت کند بود، ولی پس از آن، این روند سریع‌تر می‌شود به نحوی که مقدار پارامتر مذکور در روز نودم برای

منتقمی راد و همکاران: تأثیر دما و زمان انبارداری بر خواص ...

تغییر شکل های زیادی آسیب نمی بیند. کرنش تسلیم در اغلب محصولات کشاورزی در حد ضخامت پوست بیرونی اتفاق می افتد، در این مورد نیز میزان کرنش تسلیم برای زیتون تلخ ۱۸/۶ درصد و برای زیتون شیرین ۲۱/۵ درصد بدست آمد. نتایج مقایسه میانگین ضریب کشسانی طی زمان های مختلف انبارداری در شکل ۸ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود بیشترین مقدار ضریب کشسانی برای زیتون شیرین در دمای ۴ درجه سلسیوس و در روز نودم (۶/۶۵۱ مگاپاسکال) و کمترین مقدار آن برای زیتون تلخ در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و در روز اول (۲/۰۳۲ مگاپاسکال) به دست آمد.

برخوردار هستند. این شکل نشان می دهد که بیشترین مقدار نیروی نفوذ (۱۲/۴۹۸ نیوتن) مربوط به زیتون شیرین در دمای ۴ درجه سلسیوس و کمترین مقدار آن (۹/۶۷۹ نیوتن) مربوط به زیتون تلخ در دمای ۲۵ درجه سلسیوس می باشد. تغییراتی که در سفتی، نیروی نفوذ و ضریب کشسانی بافت میوه طی انبارداری مشاهده می شود، ناشی از تغییر در فشار درون سلولی و ضخامت دیواره سلولی است. اگر ضخامت دیواره سلولی افزایش یابد، استحکام آن افزایش یافته و در واقع سفتی بافت افزایش پیدا می کند. بر اساس مقایسه میانگین کرنش تسلیم که در شکل ۷ نشان داده شده است، می توان نتیجه گرفت که کرنش تسلیم و انعطاف پذیری زیتون شیرین در برابر نیروی اعمالی ۲/۹ درصد بیشتر از نوع تلخ می باشد و در اثر نیروی وارده تا

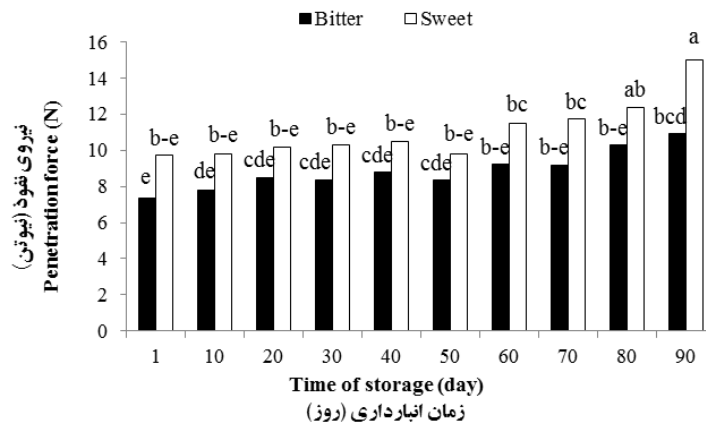
جدول (۲) تجزیه واریانس خواص مکانیکی بافت میوه زیتون در آزمون نفوذسنجی

Table (2) Analysis of variance for mechanical properties of olive fruit texture at penetration test.

میانگین مربعات (Mean squares)		درجه آزادی (Degree of freedom)		منابع تغییرات (Source of variations)
ضریب کشسانی (مگا پاسکال) (Modulus of elasticity (MPa))	نیروی نفوذ (نیوتن) (Penetration force (N))	کرنش تسلیم (Yield strain)		
4.513 <sup>ns</sup>	36.403 <sup>ns</sup>	0.084 *	1	نوع (Type)
34.912 **	490.852 **	0.000 <sup>ns</sup>	1	دما (Temperature)
11.553 **	63.446 **	0.032 <sup>ns</sup>	9	زمان (Time)
23.852 **	444.493 **	0.025 <sup>ns</sup>	1	نوع × دما (Temperature×Type)
2.113 <sup>ns</sup>	64.480 **	0.028 <sup>ns</sup>	9	نوع × زمان (Time×Type)
6.890 **	27.259 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	9	دما × زمان (Time×Temperature)
6.233 **	32.415 <sup>ns</sup>	0.021 <sup>ns</sup>	9	نوع × دما × زمان × Temperature×Type)
1.894	20.493	0.018	360	خطا (Error)

\* در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار است. \*\* در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار است. ns: معنی دار نیست.

\* Significant at 5% of probability level. \*\* Significant at 1% of probability level. ns: not significant

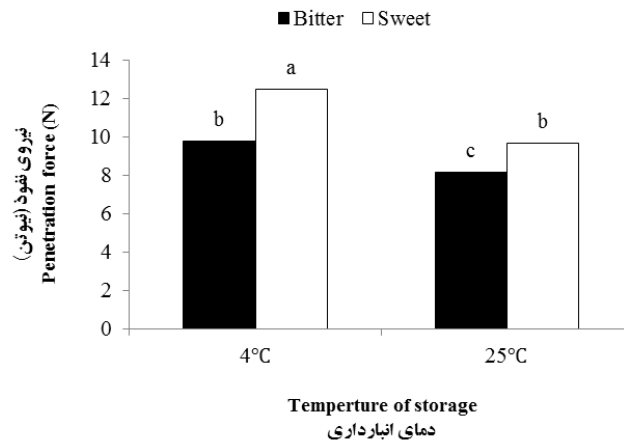


شکل (۵) اثر متقابل نوع × زمان انبارداری بر نیروی نفوذ

Figure (5) Interaction effects of type and storage period on penetration force

\* میانگین‌های با حروف مشترک دارای اختلاف معنی دار نیستند.

Means with the same letters are not significantly different.



شکل (۶) اثر متقابل نوع × دمای انبارداری بر نیروی نفوذ

Figure (6) Interaction effects of type and retention temperature on penetration force

\* میانگین‌های با حروف مشترک دارای اختلاف معنی دار نیستند.

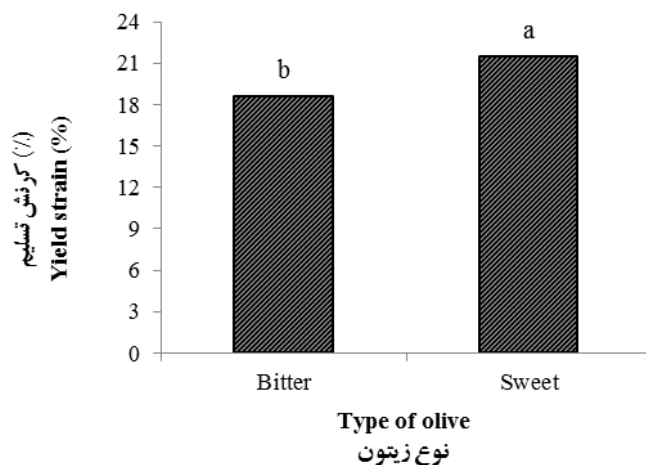
Means with the same letters are not significantly different.

احتمال یک درصد و اثر متقابل نوع × زمان نگه‌داری در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد و اثرات دیگر معنی دار نشد. عدم معنی‌داری دما بر مشخصه رنگی **a\*** احتمالاً به دلیل وابستگی این مشخصه به میزان کلروفیل یا ماده سبز گیاهی و رسیدگی تدریجی میوه در زمان انبارداری می‌باشد. تجزیه واریانس مشخصه‌های **b\*** (رنگ زرد-آبی) و **c\***

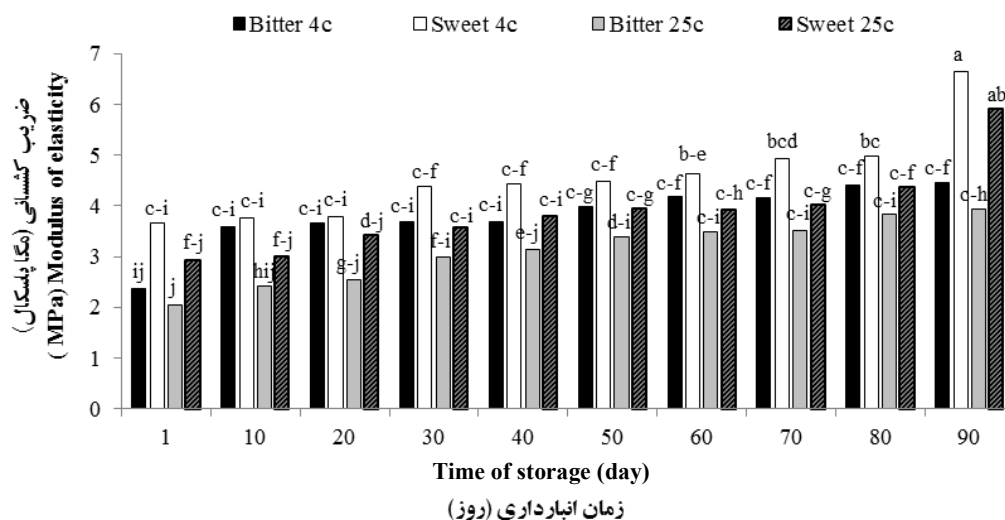
### نتایج اندازه‌گیری خواص رنگ‌سنجی

نتایج تجزیه واریانس خواص رنگ‌سنجی میوه زیتون در جدول ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود تنها اثر متقابل نوع میوه × زمان نگه‌داری بر **L\*** (میزان روشنایی) معنی‌دار نشد. نتایج تجزیه واریانس **a\*** (رنگ قرمز-سبز) نشان داد که اثرات نوع و زمان نگه‌داری در سطح

منتقمی راد و همکاران: تأثیر دما و زمان انبارداری بر خواص ...



شکل (۷) اثر نوع زیتون بر کرنش تسلیم  
Figure (7) Effect of type of olive on yield strain



شکل (۸) تغییرات ضریب کشسانی دو نوع زیتون در دو دمای نگهداری و در زمان‌های مختلف انبارداری  
Figure (8) Variations of modulus of elasticity for olive types in the two retention temperatures and different storage periods

\* میانگین‌های با حروف مشترک دارای اختلاف معنی دار نیستند.

Means with the same letters are not significantly different.

تمامی مشخصه‌های رنگی داشت. این امر مربوط به عوامل ژنتیکی موثر در تجزیه و ترکیب رنگدانه‌های محلول در آب میوه یا آنتوسیانین‌ها، توزیع لکه‌های آنتوسیانینی در کل سطح میوه و تغییر رنگ زیتون‌ها از سبز تیره به زرد روشن در طول دوره انبارداری می‌باشد.

(مشخصه رنگی) نشان داد که تمامی اثرات در سطح احتمال یک درصد معنی دار است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس برای  $h$  (زاویه رنگی) نیز نشان داد که اثر متقابل نوع  $\times$  دما  $\times$  زمان، در سطح احتمال پنج درصد و اثرات دیگر به جز اثر متقابل نوع  $\times$  دما، در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. به طور کلی، دو تیمار نوع و زمان انبارداری تأثیر معنی داری بر

جدول (۳) تجزیه واریانس خواص رنگسنجی میوه زیتون  
Table (3) Analysis of variance for colorimetric properties of olive fruit

میانگین مربعات (Mean squares)					درجه آزادی (Degree of freedom)	منابع تغییرات (Source of variations)
L*	a*	b*	h	c*		
2235.635 **	147.149 **	419.820 **	1091.650 **	525.974 **	1	نوع (Type)
1516.752 **	12.770 <sup>ns</sup>	3311.139 **	1862.813 **	3067.796 **	1	دما (Temperature)
1097.049 **	33.170 **	542.597 **	438.841 **	522.494 **	9	زمان (Time)
707.693 **	0.788 <sup>ns</sup>	199.134 **	104.788 <sup>ns</sup>	176.819 **	1	نوع × دما (Type × Temperature)
48.763 <sup>ns</sup>	7.835 *	281.103 **	5.934 <sup>ns</sup>	140.957 **	9	نوع × زمان (Type × Time)
		233.190 **	2.756 <sup>ns</sup>	357.355 **	9	دما × زمان (Temperature × Time)
		158.083 **	95.432 *	149.941 **	9	نوع × دما × زمان (Type × Temperature × Time)
31.162	3.795	21.281	44.117	19.738	360	خطا (Error)

\* در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار است. \*\* در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار است. ns: معنی دار نیست.

\* Significant at 5% of probability level. \*\* Significant at 1% of probability level. ns: not significant.

تفاوت می تواند به دلایل مختلفی از جمله دما و روش نگهداری محصول، میزان نور محیط نگهداری، طول دوره انبارداری و عوامل ژنتیکی مانند رقم زیتون باشد.

نمونه های تلخ در هر یک از دماها و روزهای مختلف نگهداری، دارای مشخصه های رنگی L\*، b\* و c\* بیشتری نسبت به نمونه های شیرین در همان شرایط بودند، که علت این امر تیره شدن و کاهش زردی نمونه های شیرین در اثر استفاده از سود می باشد. علاوه بر این مقادیر L\*، b\* و c\* نمونه های تلخ و شیرین نگهداری شده در دمای ۲۵ درجه سلسیوس بیشتر از نمونه های مشابه در دمای ۴ درجه سلسیوس بود. این تغییرات به دلیل روشنایی بیشتر محیط نسبت به داخل یخچال و فعالیت بیشتر آنزیم ها در شرایط محیطی می باشد. بنابراین به منظور حفظ کیفیت و مشتری پسندی، بهتر است که میوه زیتون را در سردخانه یا یخچال نگهداری کرد.

نتایج مقایسه میانگین مشخصه های رنگی L\*، b\*، h و c\* با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد بین انواع زیتون در دو دمای نگهداری و فواصل زمانی مختلف، نشان داد که با گذشت مدت زمان انبارداری تغییرات محسوس در این مشخصه ها رخ داده است به نحوی که میزان روشنایی و زردی نمونه های تلخ و شیرین با افزایش زمان نگهداری، نسبت به روزهای اول، دهم و بیستم افزایش یافت ولی تغییرات ایجاد شده به صورت کاملاً نامنظم و غیر یکنواخت بود. افزایش در مشخصه های رنگی L\* و b\* با نتایج تحقیق پیگا و همکاران (۱۵) مطابقت دارد، آن ها مشاهده کردند که میزان روشنایی و زردی زیتون ها طی ۱۸۰ روز انبارداری در محلول آب - نمک افزایش یافت. این نتیجه با نتایجی که نانوس و همکاران (۱۴) و دی کاسترو و همکاران (۶) در مورد تغییرات رنگ و کاهش روشنایی میوه زیتون گزارش کرده اند، متفاوت می باشد. این

کمترین مقدار  $h$  برای زیتون تلخ در دمای ۴ درجه سلسیوس و در روز هفتم (۶۰/۳۷۲- زاویه رنگی) به دست آمد. بیشترین مقدار  $C^*$  نیز به زیتون تلخ در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و در روز چهارم (۴۱/۸۶۸- درجه رنگی) و کمترین مقدار آن به زیتون تلخ در دمای ۴ درجه سلسیوس و در روز اول (۳۴۱/۱۱- درجه رنگی) اختصاص یافت.

آرئو-لوپز و همکاران (۳) در پژوهش مشابهی به بررسی تغییرات مشخصه‌های رنگی  $h$  و  $C^*$  زیتون‌های خوراکی طی ۱۰۰ روز انبارداری پرداختند. آن‌ها اظهار داشتند که تغییرات این مشخصه‌ها از روند و رویه ثابتی پیروی نکرد، به طوری که در ۲۰ روز اول انبارداری، مقدار آن‌ها کاهش یافت، اما پس از آن تقریباً ثابت باقی ماند.

وابستگی  $h$  و  $C^*$  به مشخصه‌های رنگی  $a^*$  و  $b^*$  و تأثیر چشمگیر میزان افزایش یا کاهش این مشخصه‌ها بر محاسبات مربوط به تعیین  $h$  و  $C^*$  را می‌توان از جمله دلایل نتایج فوق دانست. هر گونه افزایش همزمان در مشخصه‌های رنگی  $a^*$  و  $b^*$ ، موجب افزایش در مقدار  $C^*$  می‌شود، اما با توجه به رابطه محاسباتی مربوط به مشخصه  $h$ ، افزایش همزمان  $a^*$  و  $b^*$  تغییرات معنی‌داری در مشخصه  $h$  را به همراه دارد.

نتایج مقایسه میانگین مشخصه رنگی  $a^*$  با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد بین انواع زیتون در فواصل زمانی مختلف و نمودار مربوط به آن (شکل ۱۳) نشان داد که روند تغییرات این فاکتور طی روزهای مختلف در محدوده سبز، به صورت نوسانی بوده است. تغییرات مشخصه رنگی  $a^*$  مرتبط با تغییرات رنگدانه‌های کلروفیلی (مواد سبز گیاهی) درون میوه می‌باشد. رامیرز و همکاران (۱۶) در پژوهشی بر روی تغییرات رنگ زیتون‌های سبز خوراکی، نتیجه گرفتند که میزان سبز بودن زیتون‌ها ارتباط مستقیمی با مواد رنگی کلروفیلی دارد.

بیشترین مقدار  $a^*$  برای زیتون تلخ در روز چهارم با افزایش ۸۹/۲۱ درصد نسبت به روز اول، ۶/۵۰۹- درجه رنگی به دست آمد و کمترین مقدار  $a^*$  به زیتون شیرین در روز اول (۱/۶۸۱- درجه رنگی) اختصاص یافت.

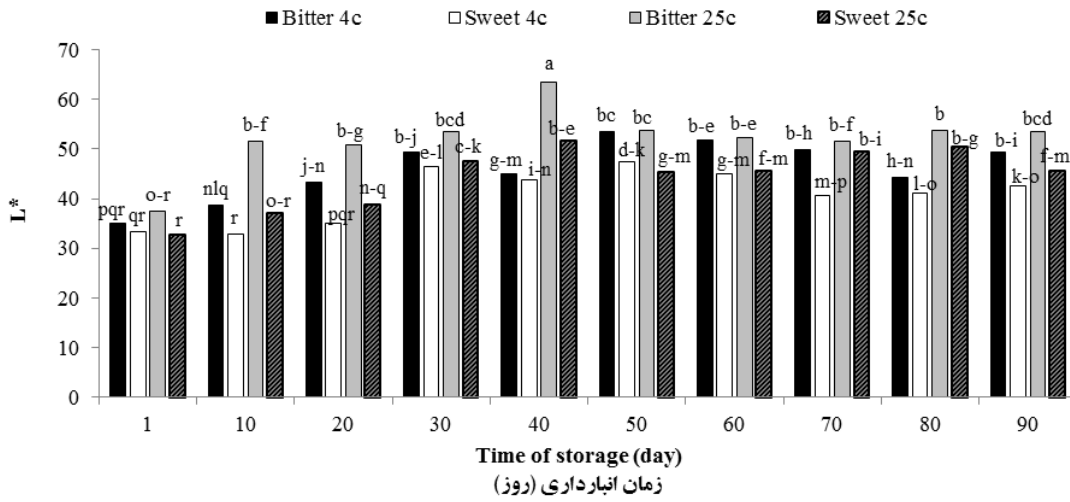
تغییرات در مشخصه‌های  $h$  و  $C^*$  نمونه‌ها طی نگاه‌داری در روزهای مختلف به صورت افزایشی-کاهشی مشاهده شد، با این تفاوت که روند تغییرات  $h$  از ثبات بیشتری نسبت به فاکتور  $C^*$  برخوردار بود. وجود حروف مشابه در طی روزهای انبارداری برای مشخصه  $h$  نیز گویای همین مطلب است. تغییرات نامنظم و نوسانی  $h$  و  $C^*$  به دلیل وابستگی آن‌ها به مشخصه‌های رنگی  $a^*$  و  $b^*$  می‌باشد.

با توجه به شکل ۹، نتایج مقایسه میانگین  $L^*$  نشان می‌دهد که بیشترین مقدار این پارامتر برای زیتون تلخ در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و در روز چهارم (۶۳/۳۸۱- درجه رنگی) و کمترین مقدار آن برای زیتون شیرین در دمای ۴ درجه سلسیوس و در روز دهم (۳۲/۸۲۷- درجه رنگی) بدست آمد. تغییرات مشخصه رنگی  $b^*$  طی مدت زمان انبارداری در شکل ۱۰ به خوبی نمایان است. این شکل نشان می‌دهد که بیشترین مقدار  $b^*$  مربوط به زیتون تلخ در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و در روز چهارم (۴۱/۲۷۰- درجه رنگی) و کمترین مقدار آن مربوط به زیتون شیرین در دمای ۴ درجه سلسیوس و در روز اول (۹/۸۳۰- درجه رنگی) می‌باشد.

در چهل روز اول انبارداری به علت افزایش مواد رنگی قابل حل در آب طی رسیدگی میوه، میزان زردی زیتون‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت، اما در ادامه، پوسیدگی قارچی از نوع کپک خاکستری باعث تغییر در ماهیت ماده و کاهش در مشخصه‌ی رنگی  $b^*$  نسبت به روز چهارم شد.

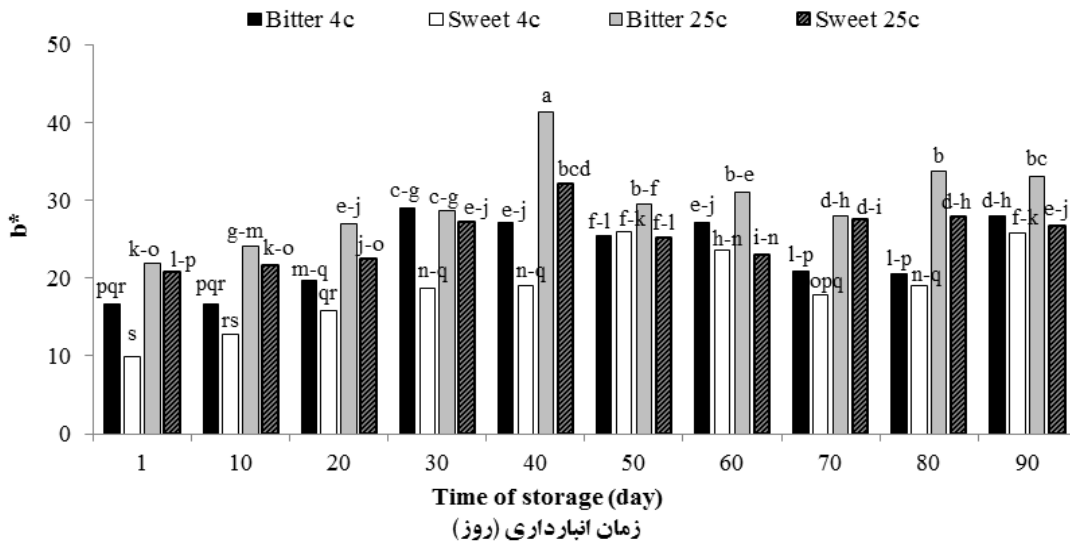
کمتر بودن روشنایی نمونه‌های شیرین در مقایسه با نمونه‌های تلخ به خاطر استفاده از سود، نور بیشتر محیط آزمایشگاه نسبت به یخچال با دمای ۴ درجه سلسیوس و مساعد بودن شرایط محیطی برای فعالیت بیشتر آنزیم‌ها و تغییر رنگ سریع‌تر میوه‌ها می‌تواند دلیلی بر این امر باشد.

روند تغییرات مشخصه‌های  $h$  و  $C^*$  طی روزهای انبارداری در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ نشان داده شده است. با توجه به این نمودارها، بیشترین مقدار  $h$  برای زیتون شیرین در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و در روز اول (۸۷/۲۹۸- زاویه رنگی) و



شکل (۹) تغییرات L\* دو نوع زیتون در دو دمای نگهداری و در زمان‌های مختلف انبارداری  
 Figure (9) Variations of L\* for two olive types at two retention temperatures and different storage periods

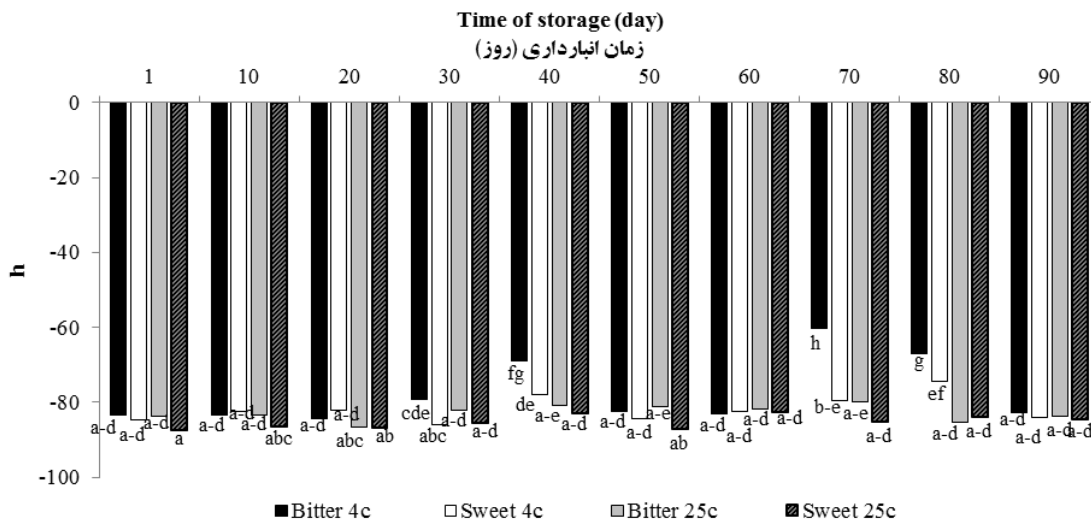
\* میانگین‌های با حروف مشترک دارای اختلاف معنی دار نیستند.  
 Means with the same letters are not significantly different.



شکل (۱۰) تغییرات b\* دو نوع زیتون در دو دمای نگهداری و در زمان‌های مختلف انبارداری  
 Figure (10) Variations of b\* for olive types at two retention temperatures and different storage periods

\* میانگین‌های با حروف مشترک دارای اختلاف معنی دار نیستند.  
 Means with the same letters are not significantly different.

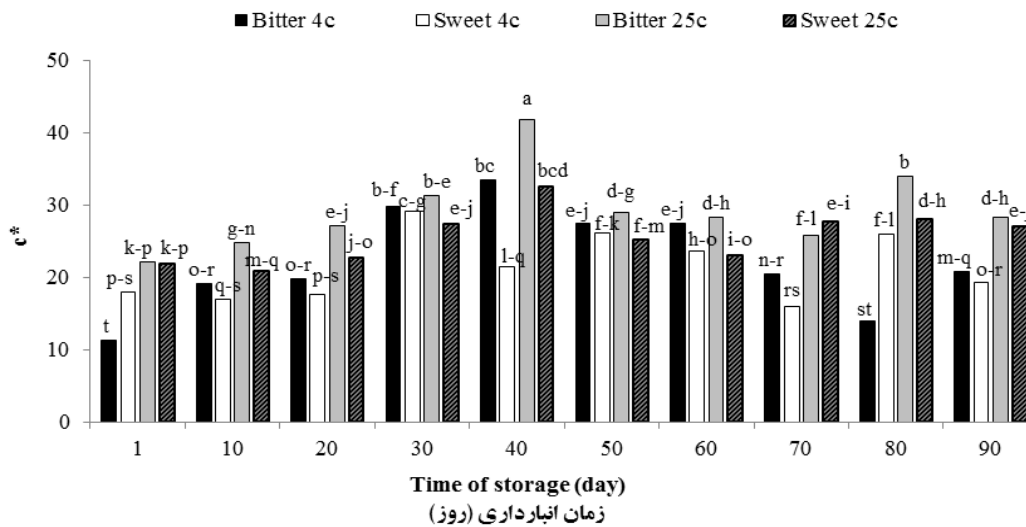
منتظمی راد و همکاران: تأثیر دما و زمان انبارداری بر خواص ...



شکل (۱۱) تغییرات h دو نوع زیتون در دو دمای نگهداری و در زمان‌های مختلف انبارداری  
 Figure (11) Variations of h for olive types at two retention temperatures and different storage periods

\* میانگین‌های با حروف مشترک دارای اختلاف معنی دار نیستند.

Means with the same letters are not significantly different.

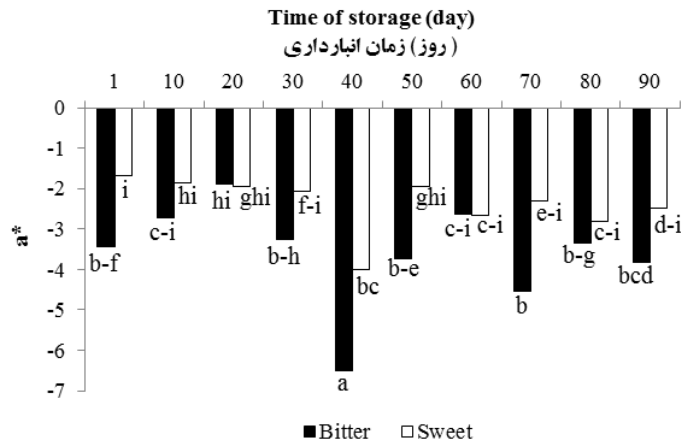


شکل (۱۲) تغییرات c\* دو نوع زیتون در دو دمای نگهداری و در زمان‌های مختلف انبارداری  
 Figure (12) Variations of c\* for olive types at two retention temperatures and different storage periods

\* میانگین‌های با حروف مشترک دارای اختلاف معنی دار نیستند.

Means with the same letters are not significantly different.





شکل (۱۳) اثر متقابل نوع × زمان نگهداری بر مشخصه رنگی a\*  
**Figure (13) Interaction effects of type and storage periods on a\* chromatic factor**

\* میانگین‌های با حروف مشترک دارای اختلاف معنی دار نیستند.

Means with the same letters are not significantly different.

### نتیجه‌گیری

بر اساس این پژوهش می‌توان گفت که نمونه‌های نگهداری شده در دمای ۴°C نسبت به نمونه‌های نگه‌داری شده در دمای ۲۵°C دارای سفتی، ضریب کشسانی، ضریب برشی، استحکام برشی و انرژی برشی بیشتری می‌باشند. علاوه بر این مقادیر L\*, b\* و c\* نمونه‌های تلخ و شیرین نگهداری شده در دمای ۲۵°C بیشتر از نمونه‌های مشابه در دمای ۴°C بود. بنابراین به منظور حفظ مشخصه‌های رنگی، افزایش میزان سفتی و ماندگاری و کاهش پوسیدگی و کپک‌زدگی در سطح میوه، توصیه می‌شود که زیتون‌ها را در سردخانه یا یخچال با دمای بهینه ۴°C نگهداری کرد.

فرآیند تلخی‌زدایی زیتون با سود، باعث نفوذ سود در زیتون و افزایش سفتی، نیروی نفوذ، ضریب کشسانی، ضریب برشی، استحکام برشی، انرژی برشی و در نتیجه طولانی شدن دوره انبارداری آن می‌شود، علاوه بر این سود مصرفی، افت در مشخصه‌های رنگی L\*, a\*, b\*, c\* و h را به دنبال دارد.

با افزایش مدت زمان انبارداری، سفتی، استحکام برشی و سایر خواص مکانیکی زیتون تلخ و شیرین شده افزایش یافت و میزان روشنایی و زردی نمونه‌ها نسبت به روزهای اول، دهم و بیستم بیشتر شد، پس بهتر است هر چه سریع‌تر بعد از زمان برداشت به منظور نفوذ بیشتر سود در محصول، اقدام به تلخی‌زدایی کرد. همچنین با توجه به افزایش سفتی و استحکام برشی زیتون، تغییر رنگ و کاهش مشتری‌پسندی محصول طی انبارداری، پیشنهاد می‌شود تا حد امکان زیتون شیرین را به صورت تازه‌خوری مصرف کرد.

### منابع

1. Agar, T., Hess-Pierce, B., and Kader, A. 1999. Identification of optimum pre-processing storage conditions to maintain quality of black ripe Manzanillo olives. *Postharvest Biology and Technology*, 15:53-64.
2. Akbarnia, A. 2007. Determination and comparison of the compressive strength of four varieties of common olives in Iran. Ph.D thesis. Faculty of Agriculture. Tehran University, Department of Mechanics of Agricultural Machinery. (In Persian with English abstract).
3. Arroyo-López, F. N., Bautista-Gallego, J., Durán-Quintana, M. C., and Rodríguez-Gómez, F. 2008. Improvement of the storage process for cracked table olives. *Journal of Food Engineering*, 89: 479-487.
4. 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 abstract).
5. Darvishiyan, M. 1997. Olive. Agricultural Education Publish, Iran. 295 p.
6. De Castro, A., Garcia, P., Romero, C., Brenes, M., and Garrido, A. 2007. Industrial implementation of black ripe olive storage under acid conditions. *Journal of Food Engineering*, 80: 1206-1212.
7. 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.
8. Gonzalez-Montellano, C., Fuentes, J.M., Ayuga-Tellez, E., and Ayuga, F. 2012. Determination of the mechanical properties of maize grains and olives required for use in DEM simulations. *Journal of Food Engineering*, 111: 553-562.
9. Jafarian, M., Sadrnia, H., and Aghkhani, M.H. 2013. Study the effect of  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  concentration on some mechanical properties of apple during storage. *Agricultural Machinery*, 3(2): 133-143. (In Persian).
10. Kilickan, A., and Guñer, M. 2008. Physical properties and mechanical behavior of olive fruits (*Olea europaea* L.) under compression loading. *Journal of Food Engineering*, 87: 222-228.
11. Lavasani, S., Afkari, A.H., and Golmhamadi, 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. 5<sup>th</sup> National Agricultural Machinery Engineering Congress, Mashhad, Iran. (In Persian).

12. Masoudi, H., Tabatabaeefar, A., and Borghei, A.M. 2006. Mechanical properties of three varieties of apples after five months storage. *Agricultural Engineering Research*, 7: 61-74. (In Persian with English abstract).
13. Mohsenin, N.N. 1986. *Physical properties of plant and animal materials: structure, physical characteristics and mechanical properties*. 2nd ed. Gordon Breach Science Publish, New York. 891 p.
14. Nanos, G.D., Kiritsakis, A.K., and Sfakiotakis, E.M. 2002. Preprocessing storage conditions for green *Conservolea* and *Chondrilia* table olives. *Postharvest Biology and Technology*, 25: 109-115.
15. 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.
16. Ramírez, E., Gandul-Rojas, B., Romero, C., Brenes, M., and Gallardo-Guerrero, L. 2015. Composition of pigments and colour changes in green table olives related to processing type. *Food Chemistry*, 166: 115-124.
17. Razavi, M., and Akbari, R. 2006. *Biophysical properties of agriculture products and food materials*. Mashhad University Publications, Iran. 303 p.
18. Romero, C., Brenes, M., Garcia, P., and Garrido, A. 1998. Effect of amino acids on the chemical oxidation of olive o-diphenols in model systems. *Food Chemistry*, 63: 319-324.
19. Tabatabaie, M. 1995. *Olive and olive oil*. Scientific Institution of Olive Culture, Iran. 399 p.