

بررسی تغییرات کیفی میوه ازگیل (*Mespilus germanica*) طی رسیدن در دوره نگهداری در سردخانه

محسن زندی^{۱*}، علی گنجلو^۲ و ماندانا بی مکر^۲

۱ و ۲- به ترتیب: استادیار؛ و دانشیاران گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
تاریخ دریافت: ۹۸/۵/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۶/۱۸

چکیده

ازگیل (*Mespilus germanica*) یکی از میوه‌های بومی مناطق شمالی ایران است که علاوه بر مصارف خوراکی دارای کاربردهای فراوانی در درمان‌های خانگی است. پایین بودن عمر انبارمندی ازگیل و حساسیت زیاد آن به افت وزن و قهوه‌ای شدن، از محدودیت‌های این میوه برای ارائه به بازار است. هدف از تحقیق حاضر، بررسی تغییرات هندسی (استخراج شده از تصاویر)، تغییرات فیزیکی (ویژگی‌های بافتی و رنگی) و شیمیایی (مواد جامد محلول کل، اسیدیته قابل تیتر و شاخص رسیدگی) ازگیل و تشخیص مرحله رسیدن در دوره نگهداری با کمک ویژگی‌های یاد شده است. این ویژگی‌ها به سبب ارتباط مستقیم با کیفیت حسی و تاثیر بر سطح رسیدگی ازگیل، با اهمیت هستند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که تمامی ویژگی‌ها مورد بررسی ازگیل در این دوره به طور معنی‌دار ($p < 0/05$) تغییر کرده‌اند. نتایج همچنین مشخص می‌کند که در دوره نگهداری ازگیل در سردخانه، مقدار روشنائی (L^*)، اسیدیته قابل تیتر، سفتی بافت، زاویه رنگ و شاخص رسیدگی کاهش اما مقدار افت وزن، قرمزی (a^*)، زردی (b^*)، کروما، مواد جامد محلول کل و pH افزایش یافته است. با کمک شاخص رسیدگی می‌توان ازگیل را بر اساس زمان نگهداری به سه گروه ازگیل تازه، ازگیل کامل رسیده و ازگیل بیش از حد رسیده تقسیم‌بندی کرد. نتایج پژوهش حاکی از ارتباط معنی‌دار ($p < 0/05$) بین مرحله رسیدگی ازگیل و خصوصیات هندسی آن است. می‌توان از نتایج این پژوهش برای تحقیقات تکمیلی به منظور ایجاد سیستم جداسازی و طبقه‌بندی ازگیل بر اساس ویژگی‌های ظاهری و فیزیکی و شیمیایی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی

ازگیل، شاخص رنگی، ویژگی‌های هندسی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، شاخص رسیدگی

مقدمه

(2019). پراکنش جغرافیایی درخت یا درختچه‌های وحشی آن به بلندی ۳ تا ۶ متر در ایران بیشتر از نواحی شمالی تا شمال شرق و در جنگل‌های واقع شده در بلندی‌های دامنه‌های جنوبی رشته کوه البرز است (Raftani Amiri & Akbari, 2018). ازگیل با نام علمی *Mespilus germanica* دارای میوه‌های نیمه کروی تا کروی و به قطر ۲-۳ سانتی‌متر در

ازگیل متعلق به خانواده گلسرخیان^۱ و از میوه‌های بومی مناطق شمال ایران است؛ منشأ ازگیل احتمالاً در اطراف دریای مازندران و در مناطقی نظیر شمال ایران، ترکیه، جنوب ترکمنستان، ارمنستان، آذربایجان، گرجستان، شمال عراق و جنوب غربی روسیه است (Khadivi et al.,

سالک، آنژین و برای رفع ترشی معده و نفخ کاربرد دارد (Salehi & Kashaninejad, 2016). از طرف دیگر، میوه ازگیل حاوی ویتامین‌های ب و ث، غنی از ترکیباتی با خاصیت ضد اکسایشی قوی مانند اسید آسکوربیک، حاوی ترکیبات فنولی مانند تانن‌ها، فلاونوئیدها و سایر ترکیبات شیمیایی گیاهی (گیاه مغذی) مفید برای سلامتی انسان است (Rop *et al.*, 2011; Mamashloo *et al.*, 2012; Isbilir *et al.*, 2019). ازگیل در ایران زمانی که کاملاً رسیده و تازه است چیده و مصرف می‌شود؛ با این حال در برخی کشورها این میوه را پس از چیدن و قبل از عرضه به بازار روی کاه تا ایجاد رنگ قهوه‌ای در پوسته آن، انبار می‌کنند (Mamashloo *et al.*, 2012). زمان رسیدن میوه ازگیل و برداشت آن در ایران عمدتاً در ماه‌های پایانی پاییز و ابتدای زمستان (آذر و دی) است که عمده مصرف آن به صورت خام و تازه خوری است ولی در تولید کنسانتره یارب، کنسرو، مربا، ژله و ترشی نیز استفاده می‌شود (Salehi & Kashaninejad, 2016). آمار مشخص و دقیقی از میزان تولید و سطح کشت ازگیل در ایران و جهان وجود ندارد ولی اخیراً مصرف این میوه افزایش یافته است. ازگیل هنگام برداشت کمی سفت است و طی نگهداری در سردخانه، نرم، شیرین و بازارپسند می‌شود. در حقیقت، بافت میوه پس از سردخانه‌گذاری قهوه‌ای‌تر و برای مصرف کردن آماده می‌شود. در برخی مناطق، میوه بعد از نگهداری و طی شدن مراحل رسیدگی کامل و زمانی که بیش از حد رسیده باشد، مصرف می‌شود (Ayaz *et al.*, 2002; Aydin *et al.*, 2002; Rop *et al.*, 2011). عمر انبارمانی پایین و تغییرات کیفی طی نگهداری این میوه از عوامل محدود کننده گسترش تولید و در نتیجه پایین بودن مصرف آن در دنیا است (Raftani

ارقام وحشی و تا ۵/۵ سانتی‌متر در ارقام پرورشی است (Salehi & Kashaninejad, 2016) که میوه‌های رسیده آن قهوه‌ای مایل به قرمز هستند؛ مرکز این میوه از دانه‌هایی گرد زرد تا قهوه‌ای رنگ پر شده است و هسته‌ای قهوه‌ای رنگ در مرکزی‌ترین قسمت آن با غشایی خاکستری رنگ احاطه شده است (Mamashloo *et al.*, 2012; Raftani Amiri & Akbari, 2018). میوه نرسیده ازگیل کاملاً سفت و اسیدی است و پس از رسیدن و پس از برداشت دارای بافتی نرم، گوشتی و متمایل به رنگ قهوه‌ای می‌شود (Dincer *et al.*, 2002; Haciseferogullari *et al.*, 2005; Raftani Amiri & Akbari, 2018). تا کنون چندین وارپته از ازگیل در ایران، سراسر اروپا و آسیا شناخته شده است (Haciseferogullari *et al.*, 2005). ازگیل در ایران بیشتر به صورت وحشی است یا به صورت سنتی کشت داده می‌شود در حالی است که در کشورهایی مثل استرالیا، فرانسه و قفقاز شمالی کشت ازگیل به صورت تجاری است و بین ۱ تا ۶ تن در هکتار محصول به دست می‌آورند (Salehi & Kashaninejad, 2016).

ازگیل در ایران بیشتر از هرجایی در مناطق جنگلی شرقی استان گلستان یافت می‌شود و از گذشته به سبب داشتن طعم و رنگ مختص به خود و نیز خواص درمانی فراوان (استفاده در بسیاری از درمان‌های خانگی) مورد توجه و نیز مصرف مردم آن مناطق بوده است (Raftani Amiri & Akbari, 2018). این میوه که در زبان گیلکی به آن کونوس (کُنوس) و در زبان مازندرانی به آن کِنِس و کندس می‌گویند، در درمان اسهال، سنگ‌های کلیه و مثانه، ورم و التهاب معده و روده، آبسه دهان و گلو، تب، خونریزی رحمی، تقویت پوست‌های حساس، برفک،

فیزیکی (ویژگی‌های بافتی و رنگی) و تغییرات شیمیایی (مواد جامد محلول کل^۱ (TSS)، اسیدیته قابل تیتر^۲ (TA) و شاخص رسیدگی^۳ (RPI)) ازگیل (*Mespilus germanica*) طی نگهداری در شرایط سردخانه است تا مرحله رسیدگی آن را بتوان با کمک ویژگی‌های یاد شده پیش‌بینی کرد. نتایج این پژوهش سبب می‌شود تا ضمن معرفی بیشتر این میوه بومی ایران، روند تغییرات میوه طی نگهداری سرد آن مشخص گردد. نتایج این پژوهش می‌تواند به توسعه کشت آن به صورت پرورشی و تجاری شدن آن کمک کند.

مواد و روش‌ها

نمونه برداری و نگهداری ازگیل

ازگیل (*Mespilus germanica*) مورد استفاده در پژوهش حاضر از باغ‌های شرق استان گیلان پس از تأیید وارسته توسط متخصص باغبانی و در اوایل زمان برداشت (دی ماه) برداشت شد. به منظور کاهش خطا و افزایش دقت و نیز بررسی اثر اصلی (تغییرات در دوره نگهداری)، ابتدا میوه‌های با وزن تقریباً یکسان (۴۰-۵۰ گرم) و شکل، اندازه، رنگ، درجه رسیدگی (نزدیک به رسیده) مشابه انتخاب و از میوه‌هایی با عیوب ظاهری خارجی (ضربه دیده و لکه‌دار)، دارای شکل‌های نامنظم، و آفت زده جدا شدند. در نهایت، میوه‌هایی بررسی شدند که رسیدگی یکنواخت و یکسان داشتند؛ میوه‌های ناهمگن حذف گردیدند. برای نگهداری ازگیل‌ها از سالتی مجزا با دمای ۱۰-۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵ درصد (Ashournezhad & Ghasemnezhad, 2012) در سردخانه‌ای تجاری مجهز به سیستم‌های کنترل کننده، دما و رطوبت، استفاده گردید؛ به این منظور میوه‌ها درون سبدهایی

(Amiri & Akbari, 2018). عمر انبارمانی و ارزش غذایی محصولات باغی تحت تاثیر عوامل متعددی در مراحل پیش و بعد از برداشت مانند نحوه برداشت، زمان برداشت، درجه رسیدگی، دمای نگهداری، رطوبت نگهداری، شرایط فیزیکی و شیمیایی سردخانه و انبار و غیره است که با کنترل این عوامل می‌توان نقش مهمی در افزایش کیفیت میوه طی نگهداری و رسیدن آن داشت (Rop et al., 2011; Ashournezhad & Ghasemnezhad, 2012). طی رسیدن پس از برداشت و نگهداری دچار تجزیه، تغییرات بافتی و رنگی، آسیب‌پذیری مکانیکی و افت رطوبت و مواد مغذی می‌گردد (Raftani Amiri & Akbari, 2018). عمر انبارمانی این میوه در دمای محیط به چند روز محدود می‌شود که علت اصلی آن تغییرات رنگی، فساد میکروبی و افت رطوبتی است (Rop et al., 2011). علت اصلی تغییرات رنگی فعالیت بیش از حد آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز و عامل فساد نیز مقدار قند بالای میوه است (Raftani Amiri & Akbari, 2018). تمام این تغییرات سبب چروکیدگی میوه و به طور کلی تغییر خصوصیات هندسی، فیزیکی و شیمیایی (تغییرات بافت، رنگ و طعم) میوه می‌گردد و ارزش غذایی و کیفی آن را نیز کاهش می‌دهد (Mamashloo et al., 2012). می‌توان با بررسی تغییرات در ویژگی‌های هندسی و فیزیکی و شیمیایی میوه ازگیل، روند رسیدگی آن را بررسی کرد.

با مرور پژوهش‌های پیشین مشخص شد با آنکه این میوه دارای ویژگی‌های منحصر به فرد است و در بسیاری از مناطق آسیا نیز مصرف می‌شود ولی تا کنون تغییرات آن طی نگهداری در سردخانه بررسی و گزارش نشده است. هدف از پژوهش حاضر، بررسی تغییرات هندسی (استخراج شده از تصاویر)، تغییرات

1- Total Soluble Solid (TSS)

3- Ripening index (RPI)

2- Titratable Acidity (TA)

اندازه‌گیری شد. pH آب میوه با استفاده از pH متر (شرکت هانا ایتالیا، مدل HI2211) و اسیدیته قابل تیتر نیز با روش AOAC (1990, Helrich) و از طریق تیتراسیون توسط هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تا رسیدن pH آب میوه به ۸/۲ اندازه‌گیری شد. مقدار اسیدیته بر مبنای اسید سیتریک از رابطه ۲ محاسبه گردید (Salehi & Kashaninejad, 2016):

$$(2) \quad = \text{اسیدیته قابل تیتر} \\ ((\text{ml}) \times 0.1 \times 0.064) / \text{حجم سود مصرفی} \\ 100 \times (\text{وزن نمونه})$$

میزان سفتی بافت به منظور ارزیابی خصوصیات بافتی میوه از گیل به عنوان تابعی از زمان نگهداری و درجه رسیدن با استفاده از آزمون نفوذ و با دستگاه آزمون بافت (کوپا، ایران) مجهز به پلانجر ۳ میلی‌متری اندازه‌گیری شد. برای این ارزیابی تکه‌ای از میوه با ابعاد ۱×۱×۱ سانتی‌متر برش و در زیر دستگاه قرار داده شد؛ سرعت نفوذ و حداکثر عمق نفوذ به ترتیب برابر ۰/۵ میلی‌متر بر ثانیه و ۷ میلی‌متر در نظر گرفته شد. سفتی به عنوان حداکثر نیروی مورد نیاز (بر حسب نیوتن) برای سوراخ کردن نمونه از منحنی نیروی نفوذی به دست آمد. شاخص رسیدگی میوه شاخصی است که با کمک اغلب خصوصیات اصلی فیزیکی و شیمیایی میوه محاسبه می‌شود و مرتبط با درک حسی رسیدگی آن است و از این رو شاخص مرجعی برای تعیین وضعیت رسیدگی میوه است. شاخص رسیدگی از رابطه ۳ به دست می‌آید (Vélez-Rivera et al., 2014):

$$(3) \quad RPI = \ln (100 \times |F| \times (TA / TSS))$$

پلاستیکی به طول، عرض و ارتفاع به ترتیب ۳۷، ۲۶ و ۹ سانتی‌متر و با فاصله از یکدیگر قرار داده شدند؛ مدت زمان نگهداری از گیل‌ها در شرایط مذکور ۳۰ روز بود که نمونه‌برداری برای آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی هر ۵ روز یک بار صورت پذیرفت. برای کاهش خطا و اطمینان از تغییر نیافتن شرایط نگهداری، کنترل‌های روزانه نیز علاوه بر کنترل‌های مداوم ادامه داشت.

آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی

تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی برای توصیف روند تغییرات رسیدگی طی نگهداری میوه ضروری است. این ویژگی‌های با هم در ارتباط‌اند و طی فرآیند رسیدگی دارای روند سینتیکی معینی هستند (Cardenas-Perez et al., 2017). از این رو برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مهم مانند تغییرات وزن، سفتی بافت^۱ (F)، میزان مواد جامد محلول کل، اسیدیته قابل تیتر، و pH اندازه‌گیری و با کمک آنها شاخص رسیدگی محاسبه شد.

وزن سی عدد میوه از گیل هر پنج روز یک بار در دوره سی روزه نگهداری در سردخانه با استفاده از ترازو (AND، مدل HL-I، ژاپن) با دقت ۰/۰۱ گرم به‌طور مستمر اندازه‌گیری و افت وزن از رابطه ۱ محاسبه شد (Ashournezhad & Ghasemnezhad, 2012):

$$(1) \quad = \text{افت وزن} \\ 100 \times ((\text{وزن اولیه}) / (\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}))$$

برای تعیین این ویژگی‌ها ابتدا آنچه از آب‌گیری میوه‌ها به دست آمد صاف گردید. پس از آن مواد جامد محلول کل در دمای ۲۵ درجه سلسیوس با رفراکتومتر دستی (شرکت آتاگو، مدل H50، ژاپن)، و با قرار دادن مقدار کمی از آب از گیل روی آن،

که در آن،

$$h^* = \arctan (b^* / a^*) \quad (5)$$

TA، F و TSS به ترتیب = برابر سفتی بافت؛ اسیدیته قابل تیتر؛ و مواد جامد محلول کل.

با استفاده از تصاویر دیجیتالی گرفته شده با دوربین و با کمک نرم افزار متلب (R2019a، آمریکا) قطر اولیه (a)، قطر ثانویه (b) و ارتفاع (c) از تصاویر استخراج شد (شکل ۱). برای تبدیل دقیق بین تعداد پیکسل‌ها و سانتی‌متر، از تصاویر یک دایره استاندارد با قطر ۳۰ میلی‌متر و یک خط‌کش با طول ۵۰ میلی‌متر کمک گرفته شد. استفاده موفق از این روش برای سایر میوه‌ها و سبزی‌ها را محققانی چند (Jahns *et al.*, 2001; Khoshnam *et al.*, 2007; Li *et al.*, 2011; Mohammadi *et al.*, 2015) کرده‌اند. ویژگی‌های هندسی شامل میانگین قطر هندسی D_g (رابطه ۶)، قطر حسابی D_a (رابطه ۷)، کرویت ϕ (رابطه ۸)، مساحت سطح S (رابطه ۹) و نسبت ابعاد AR (رابطه ۱۰) تعریف و محاسبه شد (Li *et al.*, 2011; Mohammadi *et al.*, 2015):

$$D_g = (a \times b \times c)^{1/3} \quad (6)$$

$$D_a = (a + b + c) / 3 \quad (7)$$

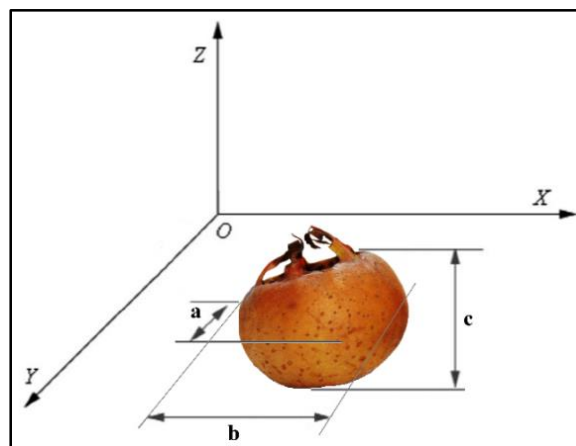
$$\phi = (a \times b \times c)^{1/3} / a \quad (8)$$

$$S = \pi \times (a \times b \times c)^{1/3} \quad (9)$$

$$AR = (\text{قطر میانی}) / (\text{قطر اصلی}) \quad (10)$$

برای تصویربرداری از دوربین کانن (مدل D70، ساخت ژاپن) با لنزی با زوم بین ۵۵-۱۸ میلی‌متری (کانن، ساخت ژاپن) و درون محفظه پردازش تصویر استفاده شد که تصاویری رنگی (RGB) خام با وضوح ۱۲۸۸×۱۹۳۶ و با فرمت TIFF ثبت گردید. تصاویر به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار Imagej (نسخه ۱/۵۲، موسسه ملی بهداشت، ایالات متحده آمریکا) از محیط RGB به مختصات CIELab منتقل شد. این مختصات دارای سه شاخص L^* (درخشندگی)، a^* (از سبز به قرمز) و b^* (از آبی به زرد) بوده که دلیل اصلی انتخاب آن استفاده وسیع این فضای رنگی در بررسی‌های کیفیت و رسیدگی میوه‌ها و سبزی‌هاست (Cardenas-Perez *et al.*, 2017). ویژگی‌های رنگی دیگر مانند خلوص رنگ یا کروما (C^*) و زاویه رنگ (h^*) با استفاده از دو شاخص a^* و b^* و به ترتیب با کمک رابطه‌های ۴ و ۵ محاسبه شد (Arzate-Vazquez *et al.*, 2011; Cardenas-Perez *et al.*, 2017):

$$C^* = \ln (a^{*2} + b^{*2})^{1/5} \quad (4)$$



شکل ۱- شماتیکی از ابعاد اصلی استخراج شده از تصاویر از گیل به روش تجزیه و تحلیل تصویر

تجزیه و تحلیل آماری

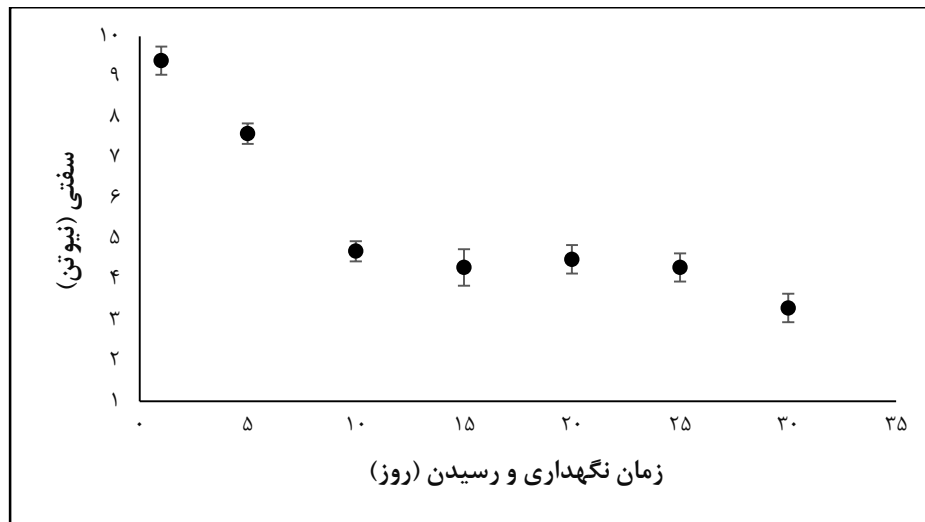
برای بررسی تاثیر رسیدن و دوره نگهداری بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و نیز هندسی میوه‌های ازگیل، از آزمون تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) در قالب طرح کاملاً تصادفی با حداقل ۳ تکرار با کمک نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۶، آمریکا) استفاده گردید ($p < 0.05$)؛ مقایسه معنی‌داری بین تیمارها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفته شد. نوار خطی با نرم‌افزار SPSS و رسم نمودارها با نرم‌افزار اکسل نسخه ۲۰۱۶ انجام شد.

نتایج و بحث

خصوصیات بافتی

همان‌طور که انتظار می‌رفت و نتایج آزمون مکانیکی نیز نشان می‌دهد، میزان سفتی بافت نمونه‌های ازگیل طی دوره سی روزه نگهداری کاهش یافته بدین معنا که سفتی نمونه‌ها از $9/4 \pm 0/2$

نیوتن در روز اول به $3/3 \pm 0/1$ نیوتن در روز سی‌ام کاهش پیدا کرده‌است (شکل ۲). اگرچه تا کنون تحقیقی در زمینه تحلیل بافت میوه ازگیل انجام نشده است ولی برخی محققان (Arzate-Vazquez *et al.*, 2011; Vélez-Rivera *et al.*, 2014; Mohammadi *et al.*, 2015; Cardenas-Perez *et al.*, 2017; Wan *et al.*, 2018; Bhargava & Bansal, 2019) نتایج مشابهی را در دوره نگهداری یا دوره رسیدن سایر میوه‌ها مانند آوآکادو، سیب و خرمالو گزارش کرده‌اند. این کاهش سفتی با فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده کربوهیدرات‌ها مثل پکتیناز طی فرآیند نگهداری و نیز رسیدن میوه و در نتیجه افزایش مواد جامد محلول کل مرتبط است؛ به علاوه، ممکن است طی این فرآیند پکتین و همی سلولز نیز تجزیه شود. این کاهش سفتی بافت می‌تواند به سبب از دست دادن رطوبت نیز باشد (Paull, 1999; Gordon & Barrett, 2012; Guadarrama & Andrade, 2012).



شکل ۲- تغییرات سفتی بافت در فرآیند نگهداری و رسیدن ازگیل

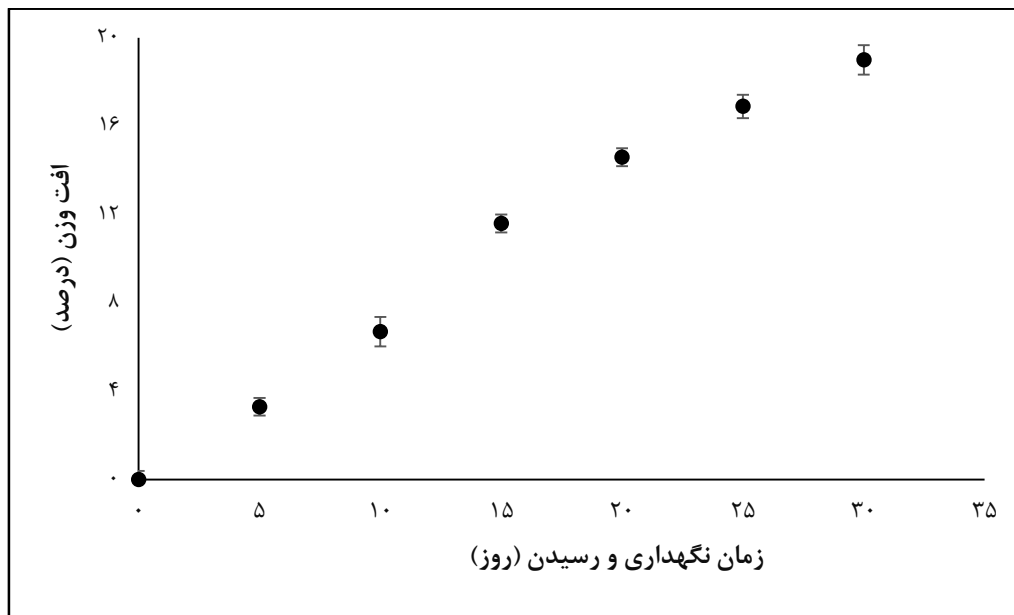
افت وزن

حفظ رطوبت میوه‌ها و سبزی‌ها در دوره نگهداری و رسیدن پس از برداشت از فاکتورهای

مهم در حفظ کیفیت و افزایش عمر انبارمانی آنهاست (Billy *et al.*, 2008; Ashournezhad & Ghasemnezhad, 2012). رطوبت میوه‌ها و سبزی‌ها

به سبب کاهش رطوبت است. نتایج مشابهی از تحقیقات روی سایر میوه‌ها مانند ازگیل ژاپنی (Ashournezhad & Ghasemnezhad, 2012)، انبه (Vélez-Rivera *et al.*, 2014) و سیب (Billy *et al.*, 2008) گزارش شده است.

به طور طبیعی با نگهداری آنها کاهش می‌یابد؛ بر این اساس همان‌طور که انتظار می‌رفت و در شکل ۳ نیز نشان داده شده است، وزن ازگیل‌ها در دوره نگهداری در سردخانه کاهش می‌یابد. تغییرات افت وزنی با گذشت زمان تقریباً به صورت خطی است که

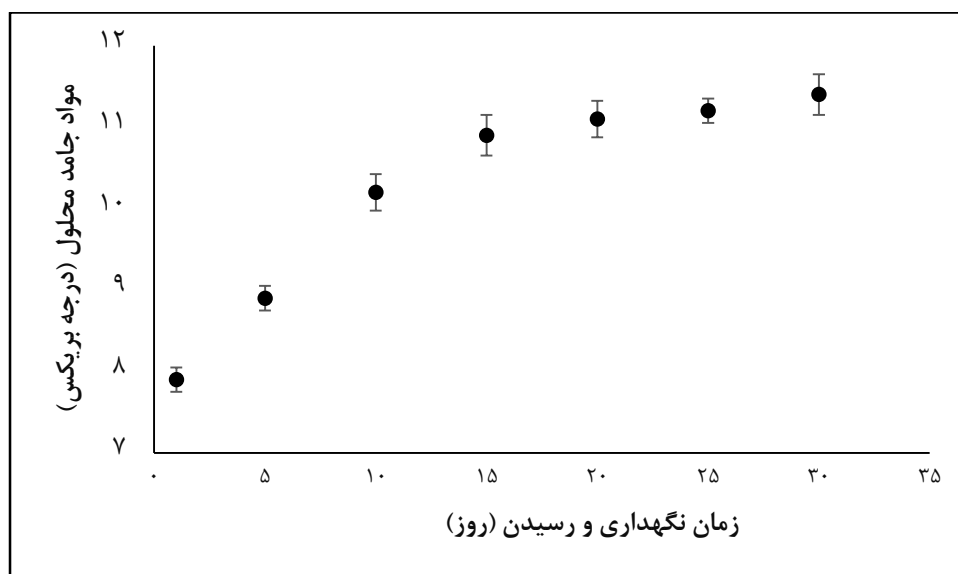


شکل ۳- کاهش وزن ازگیل در دوره نگهداری در سردخانه

قابل تیترو افت وزنی است. در این فرآیند، غلظت برخی مواد جامد محلول کل مانند قندها افزایش می‌یابد، بنابراین انتظار می‌رود میزان مواد جامد محلول کل نیز در دوره نگهداری افزایش پیدا کند (Billy *et al.*, 2008; Ashournezhad & Ghasemnezhad, 2012; Cardenas-Perez *et al.*, 2014). مطابق انتظار، این افزایش در فرآیند نگهداری ازگیل‌ها در سردخانه از $7/9 \pm 0/1$ به $11/4 \pm 0/2$ درجه بریکس رسید (شکل ۴).

مواد جامد محلول کل، اسیدیته کل، pH و شاخص رسیدگی

بیلی و همکاران (Billy *et al.*, 2008) دریافتند که نرم شدن بافت میوه در دوره نگهداری، فرآیندی است پیچیده به طوری که فعالیت آنزیم‌ها و پروتئین‌ها سبب اصلاح ساختار دیواره سلولی و در نتیجه اصلاح بافت میوه می‌شود و در حقیقت نرم شدن میوه ناشی از کاهش سفتی، کاهش اسیدیته



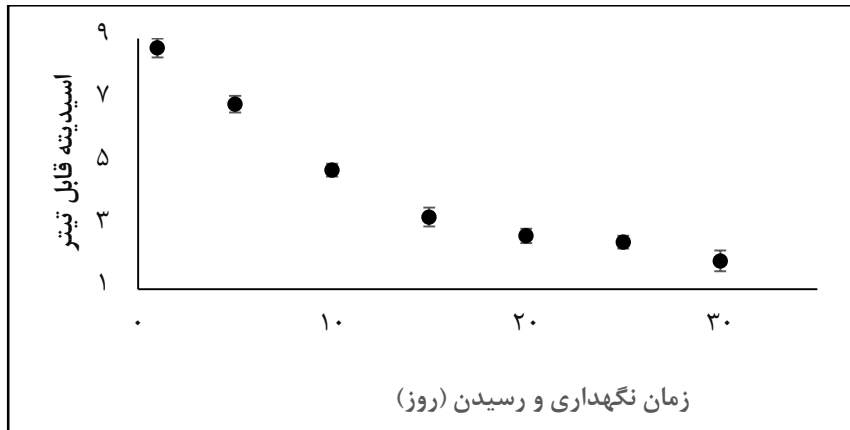
شکل ۴- تغییرات مواد جامد محلول کل در فرآیند نگهداری و رسیدن از گیل

میوه به قند است (Ashournezhad & Ghasemnezhad, 2012). از طرفی، تولید قند به نوبه خود سبب افزایش مواد جامد محلول کل نیز می‌شود. نسبت مواد جامد محلول کل به اسیدیت قابل تیتر تعیین کننده طعم و مزه میوه است. این نسبت با افزایش مواد جامد محلول کل و کاهش اسیدیت قابل تیتر افزایش می‌یابد؛ می‌توان با کنترل افت وزنی و تنفس، از مصرف مواد ذخیره‌ای نظیر اسیدهای آلی جلوگیری کرد و در نتیجه باعث حفظ طعم و مزه میوه، جلوگیری از کاهش کیفیت تغذیه‌ای و به‌تاخیر انداختن پیری شد. نتایج مشابهی برای روند تغییرات مواد جامد محلول کل و اسیدیت قابل تیتر را محققان دیگر روی میوه‌هایی مانند انبه (Vélez-Rivera *et al.*, 2014)، از گیل ژاپنی (Ashournezhad & Ghasemnezhad, 2012)، خرمالو (Mohammadi *et al.*, 2015)، توت فرنگی (Afsharnia *et al.*, 2017) و سیب (Billy *et al.*, 2008) گزارش داده‌اند. نتایج فوق این حقیقت را تأیید می‌کند که طی نگهداری و رسیدگی میوه‌ها تغییراتی در غلظت مواد جامد محلول کل میوه

بالا رفتن مقدار مواد جامد محلول کل در فرآیند رسیدگی و نگهداری تنها به سبب افزایش میزان قند نیست بلکه افزایش یا کاهش سایر ترکیبات مانند اسیدها، پکتین‌های محلول و ترکیبات فنولی نیز در افزایش میزان مواد جامد محلول کل و نیز کاهش اسیدیت قابل تیتر موثر است. از دلایل دیگر افزایش مواد جامد محلول کل نیز می‌توان به ازدست دادن رطوبت و کاهش میزان آب اشاره کرد (Billy *et al.*, 2008; Ashournezhad & Ghasemnezhad, 2012). نتایج اسیدیت قابل تیتر نیز بیانگر کاهش میزان این ویژگی از $8/7 \pm 0/3$ درصد به $1/9 \pm 0/1$ درصد در فرآیند نگهداری از گیل در سردخانه است (شکل ۵). اسیدیت به عنوان شاخصی از اسیدهای آلی در میوه‌هاست و فرآورده‌هایی با طعم اسیدی قوی کمتر دچار فساد باکتریایی می‌شوند (Salehi & Kashaninejad, 2016). اسید غالب در از گیل اسید سیتریک است که اهمیت زیادی در ارزش غذایی میوه‌ها دارد ولی نسبت به تجزیه شدن نیز حساس است. دلیل کاهش اسیدیت قابل تیتر در فرآیند نگهداری احتمالاً تخمیر یا شکسته شدن این اسید

افزایش پیدا کرده که دلیل احتمالی آن تجزیه و مصرف اسیدهای آلی در دوره نگهداری است (Ashournezhad & Ghasemnezhad, 2012).

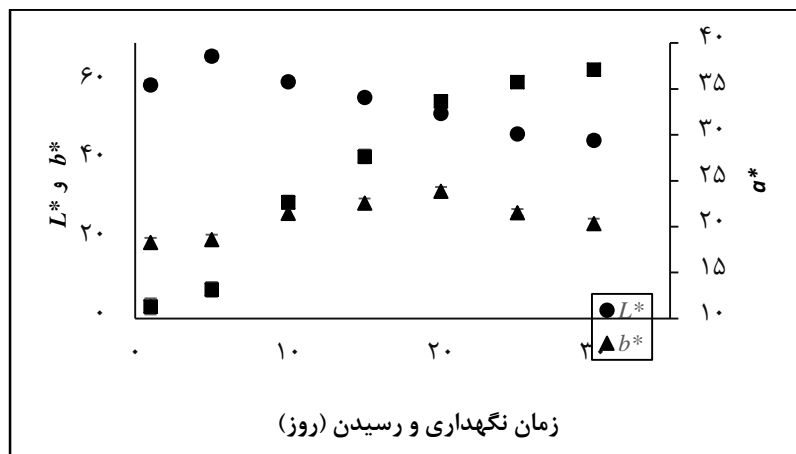
به وجود می آید (Wanitchang *et al.*, 2010). نتایج بررسی‌ها در خصوص pH نشان دهنده این است که pH ازگیل در دوره نگهداری و رسیدن آن نیز از ۳/۸ در روز اول به ۴/۷ در روز سیام



شکل ۵- تغییرات در اسیدیتته قابل تیتتر در فرآیند نگهداری و رسیدن ازگیل

مراحل مختلف رسیدن را با تعیین نقاط انحنا در نمودار به دست آورد؛ بر این اساس سه مرحله رسیدگی شامل روز اول تا روز پنجم (گروه ازگیل تازه^۱ (FM))، روز پنجم تا روز بیست و پنجم (ازگیل کامل رسیده^۲ (RM)) و روز بیست و پنجم تا روز سیام (ازگیل بیش از حد رسیده^۳ (ORM)) حاصل می آید.

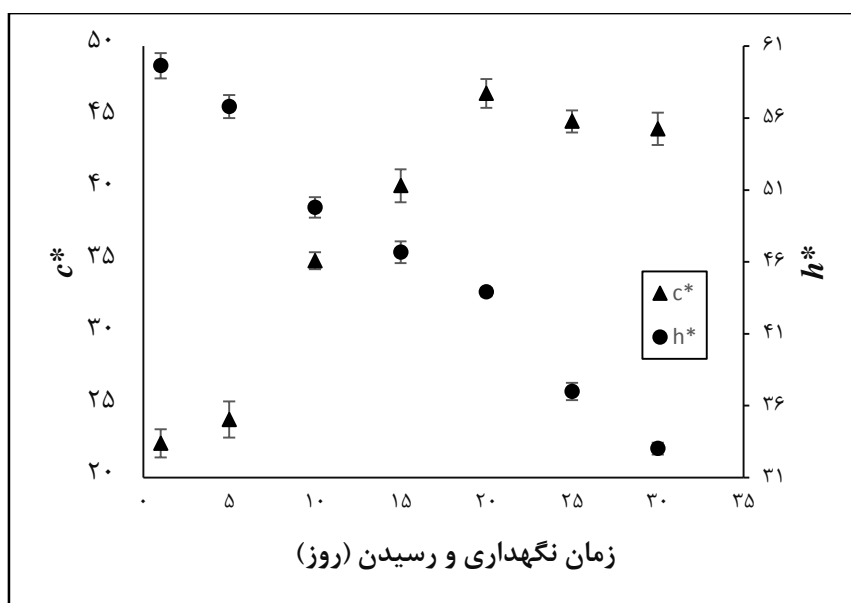
شاخص رسیدگی ویژگی برای تعیین مرحله رسیدگی میوه است؛ با محاسبه شاخص رسیدگی به کمک ویژگی‌های سفتی بافت، مواد جامد محلول کل و اسیدیتته قابل تیتتر مشاهده می شود که با افزایش زمان نگهداری، شاخص رسیدگی کاهش پیدا می کند (شکل ۶).
با توجه به نمودار شاخص رسیدگی می توان



شکل ۶- تغییرات در شاخص رسیدگی ازگیل در فرآیند نگهداری و رسیدن ازگیل

از آن با شیب ملایمی کاهش پیدا می‌کند که به سبب فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز و تیره شدن رنگ میوه و احتمالاً تشکیل نقاط قهوه‌ای تیره در سطح میوه است (Ashournezhad & Ghasemnezhad, 2012; Vélez-Rivera *et al.*, 2014).

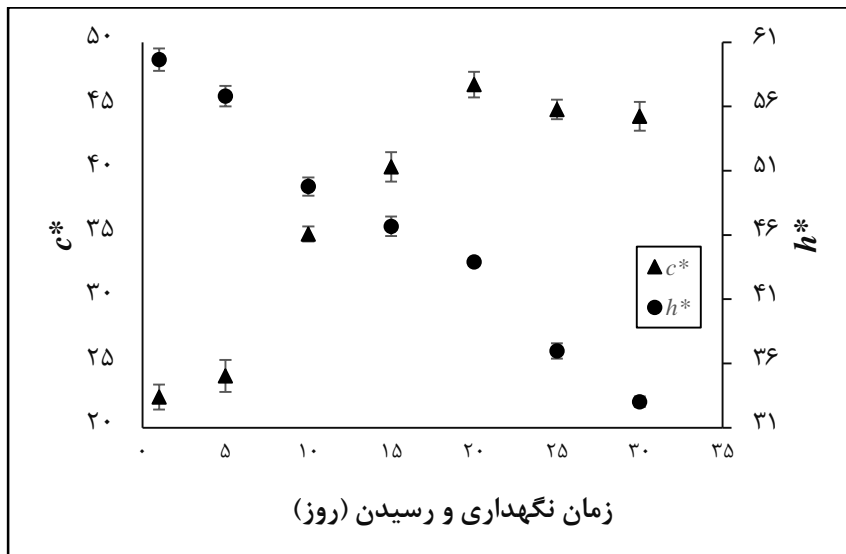
از شاخص‌های رنگی مستخرج از تصاویر ازگیل با درجه رسیدگی و نگهداری مختلف (شکل‌های ۷ و ۸) می‌توان استنتاج کرد که این شاخص‌ها در دوره نگهداری به‌طور معنی‌داری تغییر پیدا می‌کند ($p < 0.05$). در شکل ۷ مشاهده می‌شود که مقدار شاخص L^* ابتدا اندکی افزایش یافت و پس



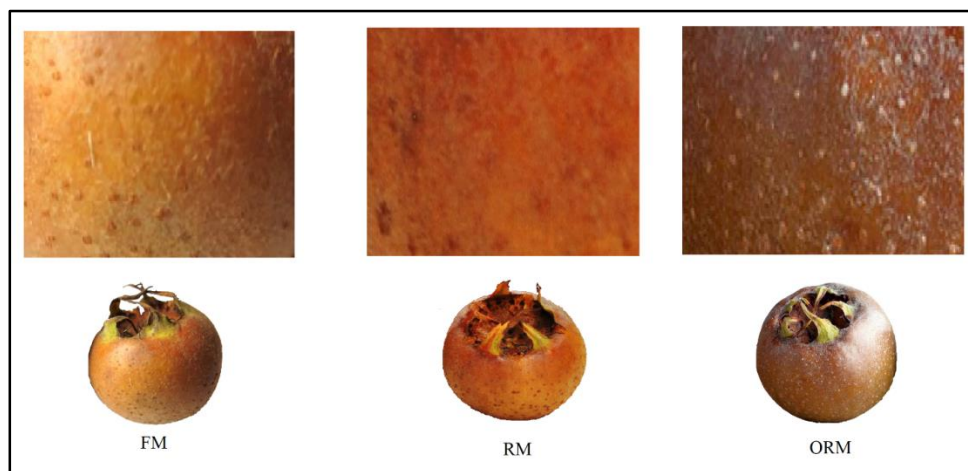
شکل ۷- تغییرات شاخص‌های رنگی (L^* ، a^* و b^*) در فرآیند نگهداری و رسیدن ازگیل

انتهایی رسیدن تقریباً مقدار b^* ثابت می‌ماند. بر پایه تحقیقات سایر محققان، در فرآیند رسیدن میوه، مقادیر بالاتر b^* با سطوح بالای کاروتنوئیدها و زانتوفیل‌های میوه و از دست دادن کلروفیل در پریکارپ آن مرتبط است (Vélez-Rivera *et al.*, 2014; Cardenas-Perez *et al.*, 2017). به عبارت دیگر، اگر کلروفیلی وجود داشته باشد، رفته رفته به زانتوفیل تبدیل می‌شود.

شاخص b^* بین روز اول و روز بیست و پنجم بین ۱۹/۳۱ تا ۳۲/۳۹ تغییر کرده است؛ این امر متناظر با کاهش رنگ سبز در میوه و افزایش رنگ زرد (قهوه‌ای‌تر شدن) است که این روند در تغییرات مقدار a^* منعکس شده است به طوری که مقدار آن در دوره نگهداری افزایش یافته و سبب افزایش قرمزی ازگیل می‌شود؛ تغییرات a^* و b^* در ابتدا معنی‌دار ($p < 0.05$) است و در مرحله



شکل ۸- تغییرات شاخص‌های رنگی (کروما (C*) و زاویه رنگ (h*)) در فرآیند نگهداری و رسیدن ازگیل



شکل ۹- تغییرات میوه ازگیل در سه مرحله FM، RM و ORM.

نارنجی روشن در مرحله RM و به قهوه‌ای تیره در مرحله ORM است. این تغییرات را می‌توان در سه مرحله FM، RM و ORM مشاهده کرد (شکل ۸). مطالعه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ازگیل نیز این نوع تغییرات و نحوه جداسازی را تأیید می‌کند. نتایج مشابهی برای روند تغییرات شاخص‌های رنگی در فرآیند نگهداری میوه‌های خرما (Mohammadi *et al.*, 2015)، انبه (Vélez- Rivera *et al.*, 2014) و سیب (Billy *et al.*, 2008) گزارش شده است.

مولفه‌های کروما (C*) و زاویه رنگ (h*) نیز از دیگر شاخص‌های رنگی هستند که اطلاعات مناسبی فراهم می‌آورند. کروما در فرآیند نگهداری از ۲۲/۷۶ در روز نخست به ۴۴/۶۳ در روز سی‌ام افزایش یافته که دلیل آن افزایش شدت رنگ به سبب تغییرات رنگی ناشی از ایجاد لکه‌های تیره در فرآیند نگهداری است (Nunes & Emond, 2002). مقدار ویژگی زاویه رنگ نیز در فرآیند نگهداری کاهش یافته که علت آن تغییر رنگ ازگیل از سبز تا زرد تیره در مرحله FM و به

جدول ۲-ویژگی‌های هندسی میوه از گیل در دوره نگهداری و رسیدگی در سردخانه

ویژگی هندسی	مراحل رسیدگی		
	ORM	RM	FM
طول (میلی‌متر)	25 ± 1/31 ^a	25 ± 1/94 ^a	26 ± 1/13 ^a
پهنا (میلی‌متر)	19 ± 0/31 ^b	22 ± 1/164 ^a	22 ± 1/64 ^a
صخامت (میلی‌متر)	17 ± 1/11 ^a	18 ± 1/14 ^a	19 ± 1/43 ^a
میانگین قطر هندسی (میلی‌متر)	20/06 ± 0/97 ^b	21/47 ± 0/64 ^{ab}	22/15 ± 1/73 ^a
قطر حسابی (میلی‌متر)	20/33 ± 0/87 ^b	21/66 ± 0/54 ^{ab}	22/33 ± 0/78 ^a
کرویت (درصد)	80/25 ± 1/09 ^b	85/88 ± 1/21 ^a	85/19 ± 0/78 ^a
مساحت سطح (میلی‌متر مربع)	1263/84 ± 56/21 ^b	1447/72 ± 96/45 ^a	1540/62 ± 113/11 ^a
نسبت ابعاد	1/32 ± 0/025 ^b	1/14 ± 0/042 ^a	1/18 ± 0/032 ^a

*اعداد با حروف مشابه در هر سطر از نظر آماری با هم تفاوت معنی‌دار ندارند ($p < 0.05$)

و از این‌رو نیاز به تحقیقات تکمیلی در این زمینه خواهد بود. نتایج مشابهی توسط محمدی و همکاران طی نگهداری خرمالو گزارش شده است (Mohammadi *et al.*, 2015).

نتیجه‌گیری

در این تحقیق سفتی بافت، افت وزن و رنگ به عنوان ویژگی‌های فیزیکی، مقدار مواد جامد محلول کل، اسیدیته قابل تیتر و pH به عنوان ویژگی‌های شیمیایی به همراه ویژگی‌های هندسی میوه از گیل بررسی شده است. معلوم شد با افزایش زمان نگهداری (و در حقیقت دوره رسیدگی) میزان افت وزن میوه، مقدار مواد جامد محلول کل و pH میوه افزایش اما مقدار سفتی بافت و اسیدیته قابل تیتر کاهش می‌یابد. با بررسی شاخص رسیدگی در دوره نگهداری می‌توان از گیل را به سه گروه مجزا جداسازی کرد که نتایج مطالعه شاخص‌های رنگی نیز این مسئله را تأیید می‌کند. در دوره نگهداری در سردخانه، میزان روشنایی از گیل‌ها ابتدا کمی افزایش و سپس کاهش داشته‌است. شاخص b^* نیز کاهش یافته اما مقدار شاخص a^* افزایش پیدا کرده‌است که این امر متناظر با کاهش رنگ سبز و افزایش رنگ

ویژگی‌های هندسی به طور مستقیم با میزان تغییرات در دوره رسیدگی و به طور غیر مستقیم با خواص حسی میوه ارتباط دارند (Mohammadi *et al.*, 2015). از این‌رو با توجه به سه مرحله رسیدگی FM، RM و ORM به‌دست آمده از شاخص‌های رنگی و نیز خصوصیات فیزیکی و شیمیایی می‌توان متوسط ویژگی‌های هندسی مستخرج از تصاویر در هر مرحله رسیدگی را به‌دست آورد (جدول ۱). نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان می‌دهد ارتباط معنی‌داری ($p < 0.05$) بین میانگین قطر هندسی، قطر حسابی، کرویت، مساحت سطح و نسبت ابعاد با مدت زمان نگهداری و درجه رسیدگی از گیل وجود دارد. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، به طور مثال، ضریب کرویت با افزایش زمان نگهداری کاهش می‌یابد که دلیل آن می‌تواند تبخیر آب و چروکیدگی میوه باشد. نتایج افت وزنی (شکل ۳) نیز نشان دهنده افزایش این ویژگی با طولانی‌تر شدن زمان نگهداری است. به سبب تفاوت معنی‌دار ($p < 0.05$) بین ویژگی‌های هندسی در دوره نگهداری و رسیدگی میوه، نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد که می‌توان از ویژگی‌های هندسی برای درجه‌بندی کیفی میوه‌ها استفاده کرد.

زرد و قرمز (قهوه‌ای‌تر شدن) در ازگیل در دوره نگهداری و رسیدگی است. نتایج تحقیق همچنین نشان می‌دهد که ویژگی‌های هندسی مستخرج از تصاویر در هر مرحله رسیدگی مانند میانگین قطر هندسی، قطر حسابی، کرویت، مساحت سطح و نسبت ابعاد به‌طور مستقیم با میزان تغییرات در زمان نگهداری و درجه رسیدگی ازگیل مرتبط است. به سبب تفاوت معنی‌دار بین ویژگی‌های هندسی در

دوره نگهداری و رسیدگی میوه، نتایج حاضر نشان می‌دهد که می‌توان از ویژگی‌های هندسی برای درجه‌بندی کیفی میوه‌ها استفاده کرد. با تکیه بر نتایج به‌دست آمده از این پژوهش پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی تاثیر شرایط نگهداری و میزان تنفس میوه بر میزان افت وزنی و کیفیت ازگیل و نیز امکان استفاده از شاخص‌های رنگی در طبقه‌بندی ازگیل بر اساس درجه رسیدگی بررسی شود.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر حاصل بخشی از طرح پژوهشی مصوب گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشگاه زنجان (مورخ ۱۳۹۸/۰۴/۱۰) با عنوان "خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، بصری (پردازش تصویر)، آترودینامیکی، هیدرودینامیکی میوه‌های ایرانی تحت شرایط مختلف فرآوری و نگهداری" است. از دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان که با فراهم آوردن امکانات تحقیق ما را یاری کردند، سپاسگزاری می‌نماییم.

تعارض منافع

نویسندگان در رابطه با انتشار مقاله ارائه شده به‌طور کامل از اخلاق نشر تبعیت کرده و از موارد سوء اخلاق از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پرهیز نموده‌اند و منافی تجاری در این راستا وجود ندارد.

مراجع

- Afsharnia, F., Mehdizadeh, S., Ghaseminejad, M., and Heidari, M. 2017. The effect of dynamic loading on abrasion of mulberry fruit using digital image analysis. *Information Processing in Agriculture*. 4(4): 291-299.
- Arzate-Vazquez, I., Chanona-Perez, J., Perea-Flores, M., Calderon-Domínguez, G., Moreno-Armendariz, M., and Gutierrez-Lopez, G. 2011. Image processing applied to classification of avocado variety Hass (*Persea americana Mill*) during the ripening process. *Food and Bioprocess Technology*. 4(7): 1307-1313.
- Ashournezhad, M., and Ghasemnezhad, M. 2012. Effects of cellophane-film packaging and cold storage on the keeping quality and storage life of loquat fruit (*Eriobotrya japonica*). *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*. 7(2): 95-102.
- Ayaz, F., Glew, R., Huang, H., Chuang, L., VanderJagt, D., and Strnad, M. 2002. Evolution of fatty acids in mediar (*Mespilus germanica L.*) mesocarp at different stages of ripening. *Grasas Aceites*. 53(3): 352-356.
- Bhargava, A., and Bansal, A. 2018. Fruits and Vegetables Quality Evaluation Using Computer Vision: A Review. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, In press. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2018.06.002>.
- Billy, L., Mehinagic, E., Royer, G., Renard, C., Arvisenet, G., and Prost, C. 2008. Relationship between texture and pectin composition of two apple cultivars during storage. *Postharvest Biology and Technology*. 47 (3): 315-324.

- Cardenas-Perez, S., Chanona-Perez, J., Mendez-Mendez, J., Calderon-Dominguez, G., Lopez-Santiago, R., Perea-Flores, M., and Arzate-Vazquez, I. 2017. Evaluation of the ripening stages of apple (*Golden Delicious*) by means of computer vision system. *Biosystems Engineering*. 159, 46-58.
- Dincer, B., Colak, A., Aydin, N., Kadioglu, A., and Guner, S. 2002. Characterization of polyphenoloxidase from medlar fruits (*Mespilus germanica L., Rosaceae*). *Food Chemistry*. 77(1): 1-7.
- Gordon, E., and Barrett, D. 2012. Pectin methylesterase activity and other factors affecting pH and titratable acidity in processing tomatoes. *Food Chemistry*. 132(2): 915-920.
- Guadarrama, A., and Andrade, S. 2012. Physical, chemical and biochemical changes of Sweetsop (*Annona squamosa L.*) and golden apple (*Spondias citherea Sonner*) fruits during ripening. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2(11): 1148-1157.
- Haciseferogullari, H., Ozcan, M., Hakan Sonmete, M., and Ozbek, O. 2005. Some physical and chemical parameters of wild medlar (*Mespilus germanica L.*) fruit grown in Turkey. *Journal of Food Engineering*. 69(1): 1-7.
- Helrich, K. 1990. AOAC Official Methods of Analysis. Official Methods of Analysis of the AOAC International.
- Isbilir, S., Kabala, S., and Yagar, H. 2019. Assessment of in vitro Antioxidant and Antidiabetic Capacities of Medlar (*Mespilus germanica*). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 47(2): 384-389.
- Jahns, G., Nielsen, H., and Paul, W. 2001. Measuring image analysis attributes and modeling fuzzy consumer aspects for tomato quality grading. *Computers and Electronics in Agriculture*. 31(1): 17-29.
- Khadivi, A., Rezaei, M., Heidari, P., Safari-Khuzani, A., and Sahebi, M. 2019. Morphological and fruit characterizations of common medlar (*Mespilus germanica L.*) germplasm. *Scientia Horticulturae*. 252, 38-47.
- Khoshnam, F., Tabatabaeefar, A., Ghasemi Varnamkhasti, M., and Borghei, A. 2007. Mass modeling of pomegranate fruit with some physical characteristics. *Scientia Horticulturae*. 114(1): 21-26.
- Li, Z., Li, P., and Liu, J. 2011. Physical and mechanical properties of tomato fruits as related to robot's harvesting. *Journal of Food Engineering*. 103(2): 170-178.
- Mamashloo, S., Sadeghi Mahoonak, A., Ghorbani, M., Alami, M., and Khomeiri, M. 2012. The evaluation of antioxidant properties and stability of phenolic compounds from medlar (*Mespilus germanica L.*) fruit. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*. 1(3): 219-228.
- Mohammadi, V., Kheiralipour, K., and Ghasemi-Varnamkhasti, M. 2015. Detecting maturity of persimmon fruit based on image processing technique. *Scientia Horticulturae*. 184, 123-128.
- Nunes, M., and Emond, J. 2002. Storage temperature. In J. Bartz, and J. Brecht (Eds.), *Postharvest Physiology and pathology*. New York: Marcel Dekker, Inc. pp: 209-228
- Paull, R. 1999. Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality. *Postharvest Biology and Technology*, 15(3), 263-277.
- Raftani Amiri, Z., and Akbari, N. 2018. Evaluation of physicochemical and microbiological properties, antioxidant activities and phenolic Compounds of medlar (*Mespilus germanica L.*) syrup. *Food Science and Technology*. 15(75): 81-88.
- Rop, O., Sochor, J., Jurikova, T., Zitka, O., Skutkova, H., Mlcek, J., Sales, P., Krska, B., Babula, P., Adam, V., Kramarova, D., Beklov, M., Provaznik, I., Kizek, R. 2011. Effect of Five Different Stages of Ripening on Chemical Compounds in Medlar (*Mespilus germanica L.*). *Molecules*. 16(1): 74-91.

- Salehi, F., and Kashaninejad, M. 2016. Physicochemical and Rheological Properties of Wild Medlar Concentrate. *Food Science and Technology*. 13(59): 49-57.
- Vélez-Rivera, N., Blasco, J., Chanona-Pérez, J., Calderón-Domínguez, G., Perea-Flores, M., Arzate- Vázquez, I., Cubero, S., Farrera-Rebollo, R. 2014. Computer Vision System Applied to Classification of “Manila” Mangoes During Ripening Process. *Food and Bioprocess Technology*. 7(4): 1183–1194.
- Wan, P., Toudeshki, A., Tana, H., and Ehsani, R. 2018. A methodology for fresh tomato maturity detection using computer vision. *Computers and Electronics in Agriculture*. 146(1): 43-50.
- Wanitchang, J., Terdwongworakul, A., Wanitchang, P., and Noypitak, S. 2010. Maturity sorting index of dragon fruit: *Hylocereus polyrhizus*. *Journal of Food Engineering*. 100(3): 409–416.



Original Research

Assessment of Quality Changes of Medlar (*Mespilus Germanica*) During Ripening at Cold Storage

M. Zandi*, A. Ganjloo and M. Bimakr

Corresponding Author: Assistant Professor of Food Science and Engineering Department, University of Zanjan, Zanjan, Iran. Email: zandi@znu.ac.ir

Received: 14 August 2019 Accepted: 8 September 2020

[http://doi: 10.22092/fooder.2020.127440.1237](http://doi:10.22092/fooder.2020.127440.1237)

Abstract

Medlar (*Mespilus germanica*) is widely cultivated in northern Iran and used as an edible fruit as well as home remedies. Short storage life of medlar fruit and its high susceptibility to weight loss and browning are the main limiting factors for its marketability. The aim of current work is to study geometrical (extracted from image), physical (texture and color) and chemical (titratable acidity) properties of medlar to determine the maturity and ripening stages. These parameters are of high importance due to their relation with sensorial quality and their effects on ripening level of medlar. The results revealed that none of the factors mentioned above were stable during the experiment. Result indicated that the lightness (L^*), titratable acidity, firmness, h^* and ripening index (RPI) decreased during medlar cold storage; while redness (a^*), yellowness (b^*), and C^* values, total soluble solids and pH of medlar increased during this period. The use of the RPI made it possible to characterize three ripening stages (Fresh Medlar (FM), Ripe Medlar (RM), and OverRipe Medlar (ORM)) during the storage period of medlar. The results also showed that there was a significant relationship between ripeness stage and geometrical properties of medlar.

Key words: Color features; Geometrical parameter; Medlar; Physicochemical properties; Ripening index