تحقیقات سامانه‌ها و مکانیزاسیون کشاورزی/جلد ۲۱/ شماره ۷۴/ بهار و تابستان ۱۳۹۹/ص ۱۶۸-۱۵۱

مقاله پژوهشی

تغییرات برخی ویژگی‌های کیفی میوهٔ زردآلوی بسته‌بندی شده با اتمسفر اصلاح شده

علی متولی[1*]، ابراهیم شهبازی[2]، سیدجعفر هاشمی[3] و رضا طباطبایی کلور[3]

۱، ۲ و ۳- به ترتیب: استادیار؛ کارشناسی ارشد؛ و دانشیاران دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۴/۹

چکیده

یکی از دغدغه‌های مهم در فرآیندهای پس از برداشت، حفظ کیفیت میوه‌ها و افزایش دورهٔ ماندگاری آنهاست. از روش‌های مهم به منظور افزایش دورهٔ ماندگاری میوه‌ها، یکی استفاده از روش بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده است. در پژوهش حاضر، روند تغییرات برخی ویژگی‌های کیفی (رنگ، pH، TSS و سفتی بافت) میوهٔ زردآلو با استفاده از روش بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده در سه دمای نگهداری (دمای محیط، ٤ و ٨ درجه سلسیوس)، سه ترکیب گازی مختلف (ترکیب اول: ۸٪ CO_2، ٤٪ O_2، ۸۸٪ N_2، ترکیب دوم: ۱۰٪ CO_2، ۱۵٪ O_2، ۷۵٪ N_2 و ترکیب سوم: ۱۵٪ CO_2، ۱۰٪ O_2، ۷۵٪ N_2) و دو ضخامت بسته‌های پلی‌اتیلن (۳۰ و ۵۰ میکرومتر) بررسی شد. نتایج به دست آمده نشان داد که روند شیب تغییرات رنگ، TSS و pH در تمامی تیمارها صعودی و شیب تغییرات سفتی بافت نزولی است. بیشترین تغییرات کلی رنگ، TSS و pH و سفتی بافت نسبت به میوهٔ تازه به ترتیب به میزان ۲٦/۷۲، (درصد بریکس) ۷/٦، ۳/۱۷ و ۱۸/۰٤ نیوتن بر سانتی‌متر مربع مربوط به تیمار دمای نگهداری محیط (۲۲ درجه سلسیوس)، ترکیب گازی ۱۰٪ CO_2، ۱۵٪ O_2، ۷۵٪ N_2 و ضخامت بسته ۳۰ میکرومتر بود. همچنین کمترین تغییرات کلی رنگ، TSS و pH و سفتی بافت به ترتیب به میزان ۱٤/۱٦، (درصد بریکس) ۲/۰، ۱/۱۱ و ۱۳/٤۹ نیوتن بر سانتی‌متر مربع مربوط به تیمار دمای نگهداری ٤ درجه سلسیوس، ترکیب گازی ۸٪ CO_2، ٤٪ O_2، ۸۸٪ N_2 و ضخامت بسته ۵۰ میکرومتر بود. بهترین تیمار در دمای نگهداری ٤ درجه سلسیوس، ترکیب گازی (۸٪ CO_2، ٤٪ O_2، ۸۸٪ N_2) و ضخامت بسته ۵۰ میکرومتر بود.

واژه‌های کلیدی

رنگ، سفتی بافت، بریکس، ترکیب گازی

مقدمه

زردآلو میوه‌ای است بسیار خوشمزه، مغذی با مواد معدنی مثل پتاسیم و نیز بتاکاروتن که مادهٔ پایه برای ویتامین A به شمار می‌آید و برای بدن ضروری است (Haciseferogullari *et al.*, 2005) برابر آمارنامهٔ جهاد کشاورزی، میزان کل تولید زردآلو در کشور ۴۳۱۶۰۱/۳ تن با میانگین ۷۳۵۱/۸ کیلوگرم در هکتار (در سال ۱۳۹۵)، معادل ۱۸/۴ درصد از تولید میوه‌های هسته‌دار است که این اعداد میزان بالای تولید این محصول را در کشور نشان می‌دهد (Anon, 2016). زردآلو مانند بسیاری از میوه‌ها رطوبت و فعالیت تنفسی بالایی دارد که فسادپذیری این میوه را افزایش می‌دهد. تنفس یکی از فعالیت‌های متابولیکی بسیار مهم است که سبب

* نگارنده مسئول: Email: a.motevali@sanru.ac.ir

http://doi: 10.22092/erams.2019.124936.1297

شکستن مولکول‌های پیچیده مانند نشاسته، قندها و اسیدهای آلی در سلول‌ها می‌شود و آنها را به مولکول‌هایی ساده مانند CO_2 و H_2O و انرژی تبدیل می‌کند که مقداری از این انرژی به صورت حرارت و مقداری به صورت انرژی متابولیک آزاد می‌شود (Kader, 2003; Sharon & Martha, 2010). از این رو نیاز است تا میوه‌ها در کوتاه‌ترین زمان ممکن به مصرف برسند یا در شرایطی مطلوب نگهداری شوند. از آنجا که بازار مصرف تازه‌خوری در زمان برداشت این محصول قابلیت جذب محدودی دارد نیاز است تا با استفاده از روش‌های مختلف مدت زمان نگهداری این میوه را افزایش داد تا از افت سریع کیفیت این میوه جلوگیری و مدت زمانی طولانی‌تر دردسترس باشد (Salehizadeh *et al*, 2010). یکی از روش‌های حفظ ماندگاری محصولات، انبارداری در بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده است. بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده عبارت است از قرار دادن محصول مورد نظر در فضایی با ترکیب گازی متفاوت از اتمسفر که با یک فیلم نازک با قابلیت محافظتی بالا در برابر نفوذ یا خروج گازها احاطه شده است؛ این شرایط سبب کاهش سرعت تنفس و رشد میکروبی می‌شود و به دنبال آن فساد محصول کاهش و مدت زمان نگهداری آن افزایش می‌یابد (Sivertsvik *et al*., 2004; Sandhya, 2010). نگهداری در اتمسفر اصلاح شده بر فرآیندهای تنفس و تولید اتیلن اثر می‌گذارد و عمر نگهداری محصولات را افزایش و تلفات را در خلال انبارداری کاهش می‌دهد (Kader, 2003).

نتایج پژوهش‌های مختلف در استفاده از بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده برای نگهداری انواع مختلف محصولات کشاورزی و غذایی نشان می‌دهد که این روش یکی از روش‌های مطمئن برای نگهداری انواع مختلف مواد غذایی است مطالعات در ارتباط با آن فراوان است. پینو و همکاران (Peano *et al*., 2014) برای بررسی فرآیند نگهداری میوه زردآلو با استفاده از بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده و با قرار دادن میوه‌ها در بسته‌های پلی اتیلن با ضخامت ۹۰ و ۶۵ میکرومتر و پلی‌پروپیلن، میکروفیلم و فیلم پوششی با قابلیت تجزیهٔ زیستی نشان دادند که روند تغییرات رنگ، سفتی بافت و TSS در مدت زمان ۲۱ روز (سه هفته) نگهداری میوه‌ها نزولی است. وی و همکاران (Wei *et al*., 2017) با بررسی اثر مواد بسته بندی (پلی وینیل کلرید، سیلیکون و پلی اتیلن) در بسته‌بندی قارچ دکمه‌ای با اتمسفر اصلاح شده بر حساسیت بافت، پیری، قهوه‌ای شدن و تغییرات بو نشان دادند که تغییرات در بافت با استفاده از پوشش پلی‌اتیلن کمتر است و میزان فعالیت CAT و مقدار اسید آسکوربیک در بسته‌های پلی اتیلن و پلی وینیل کلرید افزایش می‌یابد.

ویلالوبوس و همکاران (Villalobos *et al*., 2018) ویژگی‌های کیفی آروماتیک میوهٔ انجیر در بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده را بررسی کردند و میوه‌های انجیر را با استفاده از سه نوع فیلم میکروپروفیت (ø=100 میکرومتر) M10 (۱۶سوراخ)، M30 (پنج سوراخ) و M50 (سه سوراخ) و یک فیلم تحت کنترل فشرده (ø = 9 میلی‌متر، پنج سوراخ) بسته‌بندی کردند. نتایج مطالعات آنها نشان داد که فیلمM50 میکروپروفوراسیون تغییرات در مشخصات مواد فرار را بیشتر به تاخیر می‌اندازد. زرین‌بال و همکاران (Zarrinbal *et al*., 2010) با بررسی تاثیر زمان برداشت و بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده بر عمر انباری میوه چند رقم زردآلو نشان دادند مناسب‌ترین زمان برداشت میوهٔ زردآلو در همهٔ ارقام،

مرحلهٔ دوم برداشت (رنگ پوست میوه زمینه زرد با لکه‌های سبز) است و در افزایش عمر انباری آنها اثر معنی‌داری دارد.

طباطبایی و همکاران (Tabatabaei *et al.*, 2016) و ابراهیمیان و همکاران (Ebrahimian *et al.*, 2015) با بررسی تاثیر دما، نوع بسته‌بندی و اتمسفر اصلاح شده بر ویژگی‌های کیفی گوجه‌فرنگی نشان دادند پوشش پلی‌پروپیلن به دلیل ضخامت کمتر و نفوذپذیری بیشتر به گاز اکسیژن، نسبت به پوشش پلی‌اتیلن، باعث ایجاد اتمسفر مطلوب و حفظ بهتر ویژگی‌های این محصول می‌شود. همچنین، دمای ۴ درجه سلسیوس و ترکیب گازی (8%N2+ 8%CO2+ 4%O2) به دلیل کند کردن کلیهٔ فرآیندهای متابولیکی، در حفظ ویژگی‌های کمی و کیفی گوجه‌فرنگی مناسب است. نیلسن و همکاران (Nielsen & Leufven, 2008) اثر بسته‌بندی با شرایط محیطی اصلاح شده را بر کیفیت توت‌فرنگی بررسی کردند. در این بررسی، توت‌فرنگی در دمای ۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۰ روز در داخل بسته‌های پلی‌اتیلن نگهداری شد. توت‌فرنگی‌های بسته‌بندی شده وزن خود را حفظ کردند در حالی که توت‌فرنگی‌های بسته‌بندی نشده هر روز ۱/۵ درصد وزن خود را از دست می‌دادند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که در شرایط اصلاح شده ۱۴-۱۱ درصد اکسیژن و ۱۲-۹ درصد کربن دی اکسید، نسبت به نگهداری در ظروف روباز، توت‌فرنگی را می‌توان برای مدت طولانی‌تر نگهداری کرد. جوکی و خزاعی (Jouki & Khazaei, 2014) طی پژوهشی تاثیر بسته‌بندی تحت اتمسفر اصلاح شده در ترکیب با تابش پرتو گاما با دوز پایین را بر عمر مفید میوهٔ توت‌فرنگی تازه مطالعه کردند. این محققان توت‌فرنگی‌ها را با استفاده از ترکیبات گازی (۱۰٪ 5 + ٪CO2 + O2 :N2 ٪85 و EMAP1 ۵٪ 10 + ٪CO2 + O2 :N2 ٪85 EMAP2) در ترکیب با تابش پرتو گاما با دوز پایین در دمای ۴ درجه سلسیوس بسته‌بندی و بعد از اندازه‌گیری پارامترهای کیفی و ارزیابی حسی در روزهای ۱، ۷، ۱۴ و ۲۱ مشاهده کردند میوه‌های بسته‌بندی شده در ترکیب EMAP1 بافت و ظاهر بهتری نسبت به توت‌فرنگی‌های بسته‌بندی شده تحت هوا و ترکیب EMAP2 دارند. توت‌فرنگی‌های موجود در بسته‌های با ترکیب فعال (EMAP1 و EMAP2) محکم‌تر از فرنگی‌های موجود در بسته‌های غیر فعال (هوا) در دوره نگهداری ۲۱ روزه داشتند. نمونهٔ توت‌فرنگی تحت تابش گاما در ۷ روز آلوده به قارچ (*Botrytis cinerea*) نشدند. مشخص شد تابش پرتو گاما و ترکیب گازی فعال عمر پس از برداشت توت‌فرنگی را به ۱۴ روز افزایش می‌دهد بدون اینکه قارچ حمله کند و در ظاهر بیرونی تغییر ایجاد شود. میرزایی و همکاران (Mirzaei *et al.*, 2018) تاثیر پیش‌تیمارهای اُزُن و اسید سیتریک را در ضدعفونی کردن خیار و استفاده از رطوبت‌گیر سلیکاژل در بسته با اتمسفر اصلاح شده با ترکیب گازهای مختلف بررسی کردند و نشان دادند که نگهداری در بسته با اتمسفر اصلاح شده سبب حفظ کیفیت و افزایش عمر ماندگاری می‌شود. تغییرات میزان اسیدیته و مواد جامد انحلال‌پذیر (TSS) نشان داد که اثر پیش‌تیمار اُزُن و ترکیب گازی ۱۵٪ CO_2 و ۱۰٪ O_2 و ۷۵٪ N_2 و استفاده از مادهٔ جاذب رطوبت به وزن ۵ گرم بهترین تاثیر را بر این دو پارامتر دارد. تغییرات pH، سفتی بافت و کلروفیل نیز نشان داد که استفاده از ترکیب گازی با CO_2 بالاتر (ترکیب گازی ۱۵٪ CO_2 و ۱۰٪ O_2 و ۷۵٪ N_2) و استفاده از پیش‌تیمار اُزُن و مادهٔ جاذب رطوبت به میزان ۵ گرم بهترین تاثیر را بر نمونه‌های خیار دارد. بیشترین و

کمترین میزان کاهش وزن به ترتیب ۱۳/۶ و ۳/۶ در صد در نمونه‌های شاهد و تیمار ۱ (پیش‌تیمار اُزُن ، جاذب رطوبت ۵ گرم و ترکیب گازی ۱۵٪ CO_2 و ۱۰٪ O_2 و ۷۵٪ N_2) دیده شده است.

بررسی منابع مختلف نشان می‌دهد که استفاده از بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده برای نگهداری محصولات حساس و مستعد به خرابی و پلاسیدگی، راهی است مناسب. در پژوهش حاضر به بررسی همزمانِ سه فاکتور تاثیرگذار در فرآیند نگهداری میوهٔ زردآلو با اتمسفر اصلاح شده (دما، ترکیب گازی و ضخامت بسته) پرداخته شد. تا پیش از این، اکثر پژوهش‌ها یک یا دو فاکتور تاثیرگذار را در فرآیند نگهداری میوه‌ها لحاظ می‌کردند، ضمن آنکه تعداد پژوهش‌های مرتبط با بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده برای میوه زردآلو بسیار اندک بود. در این پژوهش سعی شد با بررسی تغییرات فاکتور ظاهری رنگ و فاکتورهای کیفی مانند pH، TSS و سفتی بافت در خلال نگهداری میوهٔ زردآلو در تیمارهای مختلف، روند تغییرات این پارامترها بررسی و بهترین تیمار برای نگهداری این محصول حساس ارائه شود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، پس از تهیهٔ زردآلوی رقم عسگرآبادی (آذربایجان غربی، شهرستان میاندوآب)، میوه‌های با کیفیت مناسب دستچین، جدا و به منظور نگهداری اولیه و شروع آزمایش در یخچال با دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد. از دستگاه بسته‌بندی وکیوم غذایی مدل DZQ-400/2Eبرای تزریق گاز و بسته‌بندی استفاده شد. به منظور یکنواخت و یکسان بودن آزمایش‌ها، درون هر بسته سه عدد زردآلو با وزن تقریبی یکسان قرار داده شد و پس از تزریق ترکیب گازی تعیین شده درون بسته برای بسته‌بندی تحت اتمسفر اصلاح شده، بسته‌ها با دستگاه (Single chamber vacuum, Model DZQ-400/2E) درزبندی شدند. آزمایش‌ها در سه دمای نگهداری (۴ و ۸ و دمای محیط ۲۲ درجه سلسیوس)، دو ضخامت فیلم ۳۰ و ۵۰ میکرومتر (پلی‌اتیلن سبک با دانسیته $0/924\ g/cm^3$ و گرید LH0075) و سه ترکیب مختلف گازی (ترکیب اول: ۸٪ CO_2، ۴٪ O_2، ۸۸٪ N_2، ترکیب دوم: ۱۰٪ CO_2، ۱۵٪ O_2، ۷۵٪ N_2 و ترکیب سوم: ۱۵٪ CO_2، ۱۰٪ O_2، ۷۵٪ N_2) آماده شده توسط شرکت آرین گاز (استان تهران) در ۱۸ تیمار مختلف پی گرفته شد. دمای ۱±۴ و ۱±۸ درجه سلسیوس با استفاده از تنظیم دمای یخچال روی این اعداد و دمای ثابت ۲±۲۲ درجه سلسیوس با استفاده محیط اتاق دربسته مجهز به کولر گازی تامین شد و نمونه‌ها در محیط اتاق قرار داده شدند. معیار خرابی برای نمونه‌های بسته‌بندی شده و اعلام اتمام زمان نگهداری برای تمامی نمونه‌ها یکسان در نظر گرفته شد و این معیار مشاهده نشانه‌های فساد و خرابی کامل در ظاهر میوه‌ها بود.

آزمون‌ها

برای آزمون تغییرات رنگ و فاکتورهای کیفی مانند (pH، TSS، سفتی بافت و درصد مواد جامد انحلال‌پذیر)، ۱۰ بستهٔ مشابه میوه (از نظر ترکیبات گازی و ضخامت بسته‌ها) تهیه و در دماهای مورد نظر قرار داده شدند. با خارج کردن نمونه‌ها در روزهای معین از بسته‌ها، آزمون‌های مختلف در سه تکرار روی آنها اجرا می‌شد.

آزمون سفتی بافت

به منظور اندازه‌گیری سفتی بافت میوه‌های زردآلو، از دستگاه فروسنج (پنترومتر) دستی مدل FG-5020 استفاده گردید (Motevali & Hashemi,

(2017. دستگاه فروسنج پس از آنکه عمودی روی نمونه‌ها قرار می‌گرفت، با سرعت یکسان ۲ میلی‌متر در ثانیه (با استفاده از بازوی حرکتی دستگاه آزمون تست مواد) درون قسمت گوشتی نمونه‌ها فرو می‌رفت (Guerra *et al*., 2011).

مواد جامد انحلال‌پذیر (TSS)

میزان مواد جامد انحلال‌پذیر با دستگاه رفرکتومتر دیجیتال اندازه‌گیری شد. دستگاه ابتدا با استفاده از آب مقطر کالیبره و پس از آن دو قطره از آب میوه در عدسی دستگاه قرار داده شد و میزان مواد جامد انحلال‌پذیر بر حسب درصد بریکس (٪) بیان گردید (Jouki & Khazaei, 2014).

pH

pH نمونه‌های بسته‌بندی شده با استفاده از یک pH متر دیجیتال (مدل Sartorius PB-11)، اندازه‌گیری گردید. به منظور قرائت دقیق ارقام، ابتدا pH متر با محلول های بافر ۴/۱، ۷ و ۹/۲ کالیبره گردید و پس از آن، عصارهٔ میوه در بشر ریخته و پس از قرار دادن الکترودها در محلول، pH مورد نظر قرائت شد. پس از هر قرائت، الکترود با آب مقطر شسته و با کاغذ صافی خشک گردید (Mostoufi & Najafi, 2002; Tudela *et al*., 2013).

تغییرات رنگ

به منظور اندازه‌گیری تغییرات رنگ، نمونه‌های زردآلو در ابتدا و قبل از مرحلهٔ بسته‌بندی و در ادامه بعد از هر مرحله از آزمایش‌ها، رنگ‌سنجی شدند. برای اندازه‌گیری رنگ، ۳ قطعه از نمونه‌ها به صورت تصادفی انتخاب و رنگ سطحی آنها با استفاده از سامانهٔ آنالایزر رنگ (Color & appearance measurement system) ساخت شرکت ابزارکاران فن پویای شمال) بر حسب پارامترهای فضای رنگی RGB (قرمز، سبز و آبی بودن) به دست آمد. تغییرات کلی رنگ (ΔE) نمونه‌ها با استفاده از رابطهٔ ۱ بر حسب پارامترهای رنگی L*a*b* محاسبه شد(Motevali & Hashemi, 2017) .

$$\Delta E = \sqrt{\left((L_0 - L^*)^2 + (a_0 - a^*)^2 + (b_0 - b^*)^2\right)} \qquad (۱)$$

که در آن،

ΔE= اختلاف رنگ کلی؛ L_0 و L^* =به ترتیب شاخص اولیه و نهایی شفافیت – تیرگی؛ a_0 و a^* = به ترتیب شاخص اولیه و نهایی قرمزی - سبزی؛ و b_0 و b^* = به ترتیب شاخص اولیه و نهایی زرد - آبی.

طرح آزمایش‌ها

آزمایش‌ها بر اساس طرح فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی اجرا شد. برای تجزیهٔ واریانس داده‌ها از نرم‌افزار SAS استفاده شد و کلیهٔ میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح یک درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تغییرات رنگ

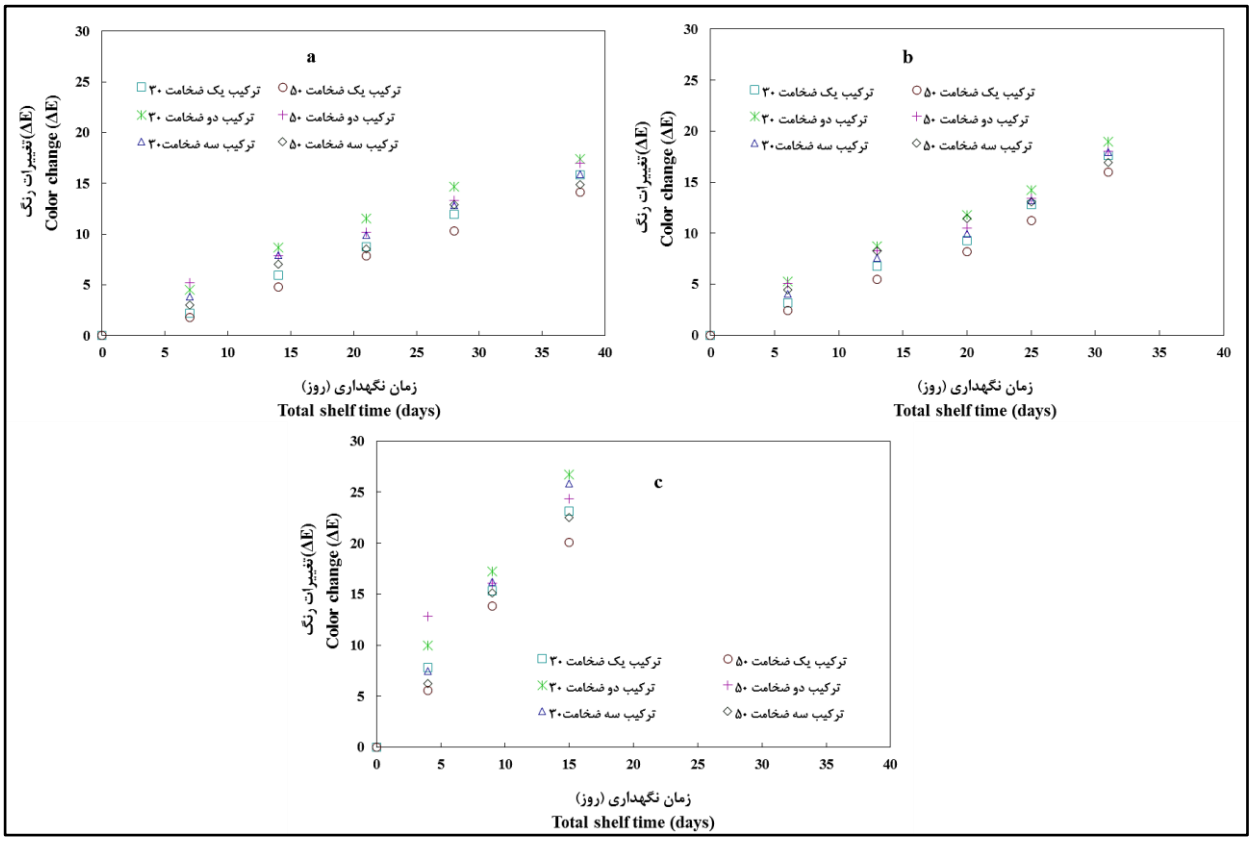
شکل ۱ روند تغییرات کلی رنگ را در دورهٔ نگهداری میوه زردآلو در دماها و ترکیبات مختلف گازی نشان می‌دهد. در این شکل، روند تغییرات رنگ در تمامی تیمارها صعودی است. کمترین میزان شیب نمودار تغییرات رنگ برای نگهداری میوه‌های بسته‌بندی شده (در تیمارهای مختلف گازی) مربوط به دمای ۴ درجه سلسیوس (شکل a-۱) و بیشترین میزان شیب تغییرات رتگ مربوط به دمای ۲۲ درجه سلسیوس (شکل c-۱) است. دورهٔ نگهداری نمونه‌ها تا مرحلهٔ خرابی در دمای ۴ درجه سلسیوس (شکل a-۱) طولانی‌تر است تا در دمای ۲۲ درجه سلسیوس (شکل c-۱). یکی از مهم‌ترین

دلایل این پدیده، کاهش میزان تنفس و کاهش از دست دادن رطوبت در میوه‌های زردآلو است.

افزایش دما نیز بر ترکیب اتمسفر درون بسته‌ها موثر است؛ با افزایش دما میزان O_2 کاهش و میزان CO_2 افزایش می‌یابد و به دنبال آن آمونیاک در بسته‌ها (به دلیل افزایش گاز CO_2) آزاد می‌شود که این امر آسیب بیشتر و تغییرات رنگ شدیدتر در نمونه‌ها را به دنبال دارد. از طرف دیگر، زردآلو میوه‌ای فرازگرا است و اتیلن فاکتوری است مهم در رسیدگی آن. نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که میزان تولید اتلین در نگهداری میوهٔ زردآلو بالاست و باید میزان این گاز را با دمای نگهداری کنترل کرد (Kader, 2003). وجود مقادیری از این گاز در دورهٔ نگهداری به کوتاه شدن فاصلهٔ زمانی بین مرحلهٔ رسیدگی و فساد می‌انجامد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که با افزایش دما میزان اتیلن در بسته‌ها افزایش و مدت زمان نگهداری این محصول در بسته‌ها کاهش می‌یابد و تغییرات رنگی شدیدتری در نمونه‌ها رخ می‌دهد. همچنین در دمایی ثابت، بیشترین میزان شیب تغییرات رنگ مربوط به ترکیب گازی دوم (۱۰٪ CO_2، ۱۵٪ O_2، ۷۵٪ N_2) و ضخامت بسته‌های ۳۰ میکرومتر و کمترین میزان شیب مربوط به ترکیب گازی اول (۸٪ CO_2، ۴٪ O_2، ۸۸٪ N_2) و ضخامت بسته‌های ۵۰ میکرومتر است. یکی از مهم‌ترین دلایل افزایش شدت شیب تغییرات رنگ با گذشت زمان، می‌تواند ترکیبات گازی باشد؛ با افزایش سهم O_2 در ترکیبات گازی، این روند شدت می‌یابد. تغییرات رنگ در بافت زردآلو ممکن است بر اساس مکانیسم‌های مختلف از جمله قهوه‌ای شدن آنزیمی ناشی از اکسایش ترکیبات فنلی و قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی مانند کاراملیزه شدن قندها اتفاق افتد.

با افزایش میزان اکسیژن، سوخت و ساز در میوهٔ زردآلو افزایش می‌یابد، اکسایش ترکیبات فنلی و کاراملیزه شدن قندها زیاد می‌شود، و تغییرات رنگی شدیدتری در محصول اتفاق می‌افتد. همچنین، یکی از دلایل مهم تغییرات شدیدتر رنگ با کاهش ضخامت بسته‌ها می‌تواند تغییر در ترکیب اتمسفر داخلی بسته‌ها باشد که به نفوذپذیری پوشش پلی‌اتیلن بستگی دارد. با افزایش ضخامت فیلم از ۳۰ به ۵۰ میکرومتر میزان نفوذپذیری پوشش پلی‌اتیلن کاهش می‌یابد و به دنبال آن میزان O2 درون بسته‌ها پایین می‌رود (به دلیل تنفس) و میزان CO_2 افزایش می‌یابد. در مقابل، کاهش ضخامت فیلم‌ها نفوذپذیری بیشتر بسته‌های پلی‌اتیلن را به دنبال دارد که این امر سبب خواهد شد اتمسفر درون بسته‌بندی سریع‌تر با محیط خارج بسته‌ها به حالت تعادل برسد.

نتایج پژوهش پینو و همکاران (Peano *et al.*, 2014) در نگهداری میوهٔ زردآلو در بسته‌های پلی‌اتیلن به ضخامت‌های ۶۵ و ۹۰ میکرومتر نشان می‌دهد تغییرات رنگی در میوه‌های نگهداری شده در بسته‌ها با ضخامت ۶۵ میکرومتر در دورهٔ نگهداری (۲۱ روز) بیشتر است.

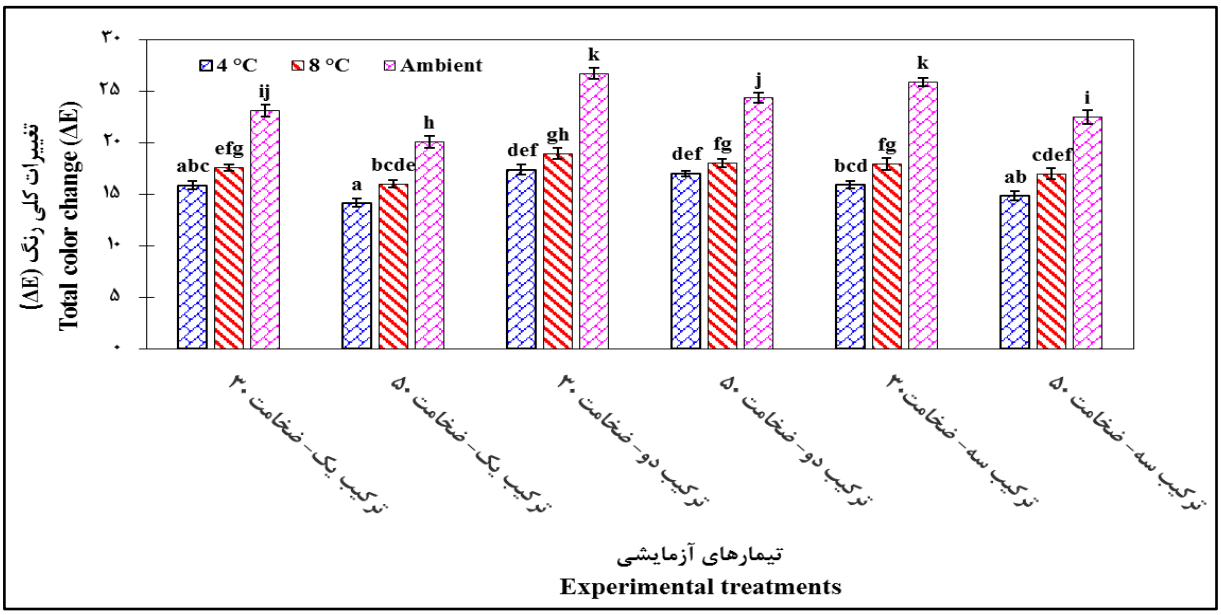


شکل ۱- روند تغییرات رنگ در دورهٔ نگهداری میوهٔ زردآلو در ترکیبات مختلف گازی در دماهای a) ٤، b) ۸ و c) ۲۲ °C

Fig. 1. The trend of color changes during the keeping apricots in different gas compounds at temperatures a) 4, b) 8 and c) 22 °C

مقایسهٔ کلی تغییرات رنگ در تیمارهای مختلف آزمایشی (ترکیب‌های مختلف گازی، دمای نگهداری و ضخامت بسته‌ها) نشان می‌دهد بیشترین تغییرات مربوط به تیمار دمای نگهداری محیط (۲۲ درجه سلسیوس)، ترکیب گازی (۱۰٪ CO_2، ۱۵٪ O_2، ۷۵٪ N_2) و ضخامت بسته ۳۰ میکرومتر و کمترین آن مربوط به تیمار دمای نگهداری محیط (۴ درجه سلسیوس)، ترکیب گازی (۸٪ CO_2، ۴٪ O_2، ۸۸٪ N_2) و ضخامت بسته ۵۰ میکرومتر است. بر پایهٔ نتایج بررسی‌ها، در ترکیب گازی اول و ضخامت بسته‌های ۳۰ میکرومتری، با افزایش دما از ۴ به ۲۲ درجه سلسیوس، تغییر رنگ نمونه‌ها از ۳۱/۴۳ تا ۳۸/۳۸ درصد متغیر است که روندی افزایشی دارد در حالی‌که در ترکیب گازی دوم و ضخامت بسته‌های ۵۰ میکرومتر با افزایش دما از ۴ تا ۲۲ درجه سلسیوس میزان افزایش تغییرات از ۲۹/۵۲ تا ۳۳/۸۷ درصد است. نتایج کلی به دست آمده از تغییرات رنگ نشان می‌دهد نگهداری میوهٔ زردآلو در بسته‌ها با سطح اکسیژن کمتر، به دلیل پایین نگه‌داشتن سطح تنفس و تولید گاز اتیلن، مناسب‌تر است. در عین حال باید توجه داشت که ضخامت بسته‌ها، به دلیل کنترل تبادلات گازی بین داخل و بیرون بسته‌ها، نیز می‌تواند فاکتوری تاثیرگذار بر تغییرات رنگ باشد. باید توجه داشت که اختلاف کلی تغییرات رنگ در بین نمونه‌ها با مشخصات نگهداری یکسان (از نظر دما و ترکیبات گازی) چندان زیاد نیست.

نتـایج مشـابهی بـرای ترکیـب گـازی مناسـب در نگهداری میـوه زردآلـو را چنـد تـن از محققـان (Mangaraj & Goswami, 2009; Sandhya, 2010; Peano *et al.*, 2014) ارائه داده‌اند.



شکل ۲- تغییرات کلی رنگ میوهٔ زردآلو در تیمارهای مختلف آزمایشی

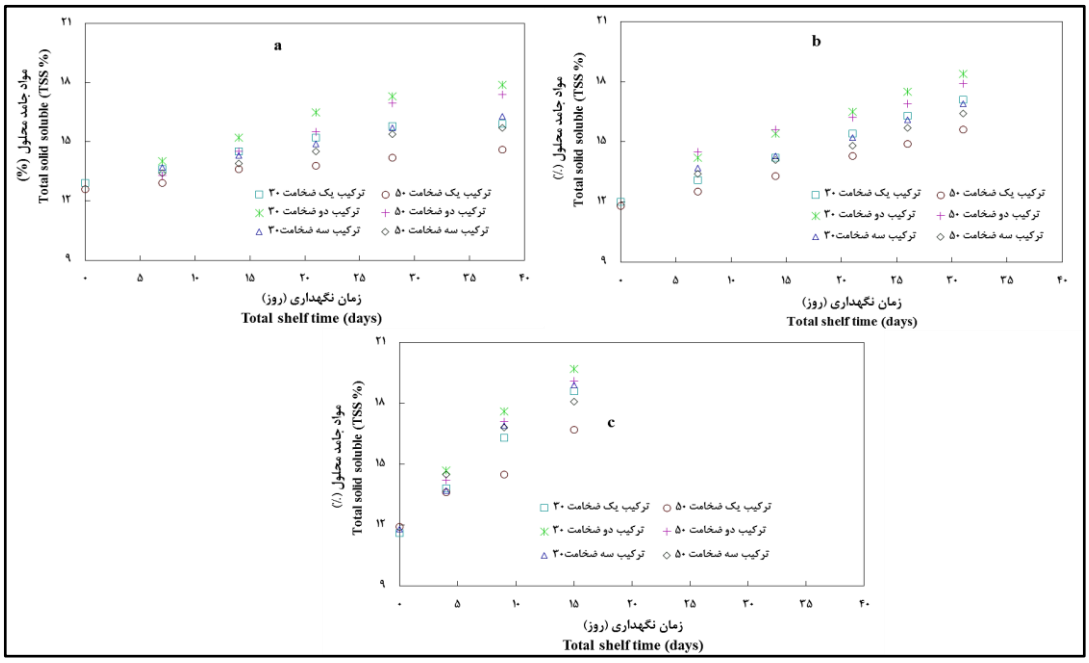
Fig. 2. Total color changes in apricot fruit at different experimental treatments

تغییرات در مواد جامد انحلال‌پذیر

نتـایج بررسـی تغییـرات مـواد جامـد انحـلال‌پـذیر، TSS، در میـوهٔ زردآلـو نشـان مـی‌دهـد ایـن مـواد در تمـامی تیمارهـای آزمایشـی بـا گذشـت زمـان نگهـداری رونـدی صـعودی دارد بـه طوری‌کـه شـیب تغییـرات منحنـی‌هـای TSS در ترکیبـات مختلـف (گـازی و ضـخامت بسـته‌هـا) بـا افـزایش دمـای نگهـداری از ۴ بـه ۲۲ درجـه سلسـیوس افزایشـی اسـت. نتـایج پـژوهش‌هـای زریـن‌بـال و همکـاران (Zarrinbal *et al.*, 2010) در نگهـداری میـوهٔ زردآلـو در دمـا و ترکیـب گازی ثابـت نشـان داده اسـت کـه رونـد تغییـرات TSS از روز برداشـت تـا هفتـهٔ چهـارم نگهـداری صـعودی اسـت. کمتـرین میـزان شـیب تغییـرات TSS در نگهـداری میـوه‌هـای زردآلـو در تیمـار بـا ترکیـب گـازی اول (۸٪ CO_2، ۴٪ O_2، ۸۸٪ N_2)، ضـخامت بسـته‌هـای ۵۰ میکرومتـر و دمـای نگهـداری ۴ درجـه سلسـیوس و بیشـترین میـزان شـیب تغییـرات TSS در تیمـار بـا ترکیـب گـازی دوم (۱۰٪ CO_2، ۱۵٪ O_2، ۷۵٪ N_2)، ضـخامت ۳۰ میکرومتـر و دمـای نگهـداری ۲۲ درجه سلسـیوس بـود. بـا افـزایش دمـای نگهـداری میـوهٔ زردآلـو از ۴ بـه ۲۲ درجـه سلسـیوس شـدت تـنفس و نفوذپـذیری فـیلم بسـته‌بنـدی افـزایش و بـه دنبـال آن شـدت تـنفس بیشـتر از نفوذپـذیری اسـت. بنـابراین تغییـرات ترکیـب گـاز در فضـای داخلـی بسـته در دمـای ۲۲ درجـه سلسـیوس بیشـتر اسـت تـا در دمـای ۴ درجـه سلسـیوس و اتمسـفری بـا اکسـیژن کمتـر و دی‌اکسـیدکربن بیشـتر طـی زمـان ایجـاد می‌شـود. یکـی از فاکتورهـای تاثیرگـذار بـر میـزان تـنفس میـوه‌هـا در بسـته‌هـا، وزن محصـول اسـت؛ بـا افـزایش وزن محصـول، میـزان تـنفس در داخـل بسـته افـزایش مـی‌یابـد کـه بـه

همین دلیل وزن تمام نمونه‌ها در بسته‌ها تا حد امکان یکسان در نظر گرفته شد. از آنجا که شدت تنفس با افزایش دمای نگهداری افزایش می‌یابد، تبدیل برخی مواد تشکیل‌دهندهٔ میوهٔ زردآلو به قند سریع‌تر است و میزان مواد جامد انحلال‌پذیر افزایش می‌یابد. نتایج بررسی اثر ترکیب‌های مختلف گازی بر میزان مواد جامد انحلال‌پذیر نشان می‌دهد ترکیب گاز اول با میزان ۸٪ CO_2 کمترین تاثیر و دو ترکیب دیگر با ۱۰ و ۱۵٪ CO_2 تاثیر بیشتری بر تولید قند در میوهٔ زردآلو داشته‌اند. نتایج پژوهش محبی و همکاران(Mohebbi *et al.*, 2015) در بسته‌بندی میوهٔ زغال اخته با اتمسفر تعدیل یافته نشان داده است که ترکیب گازی با درصد پایین‌تر دی‌اکسیدکربن، مقدار مواد جامد انحلال‌پذیر را بهتر حفظ می‌کند. همچنین در بررسی اثر ضخامت بسته‌های استفاده شده در نگهداری میوه‌های زردآلو نشان داده شده که استفاده از بسته با ضخامت ۵۰ میکرومتر نسبت به بسته با ضخامت ۳۰ میکرومتر می‌تواند تا حدودی میزان مواد جامد انحلال‌پذیر را بهتر حفظ کند اما این اختلاف چندان زیاد نیست و شیب منحنی‌های TSS در خصوص اثر تغییر ضخامت اختلاف چندانی ندارند.

یکی از دلایل مهم می‌تواند تبادل گازی تقریبا مشابه در دو ضخامت ۳۰ و ۵۰ میکرومتر بین گازهای داخل بسته و فضای بیرون باشد. نتایج بسته‌بندی زردآلو با استفاده از پوشش پلی‌اتیلن در دو ضخامت ۶۵ و ۹۰ میکرومتر در بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده نشان می‌دهد میزان مواد جامد انحلال‌پذیر با تغییر ضخامت بسته‌ها اختلاف چندانی پیدا نمی‌کند اما با گذشت دورهٔ نگهداری، این مواد جامد روند افزایشی دارند (Peano *et al.*, 2014).

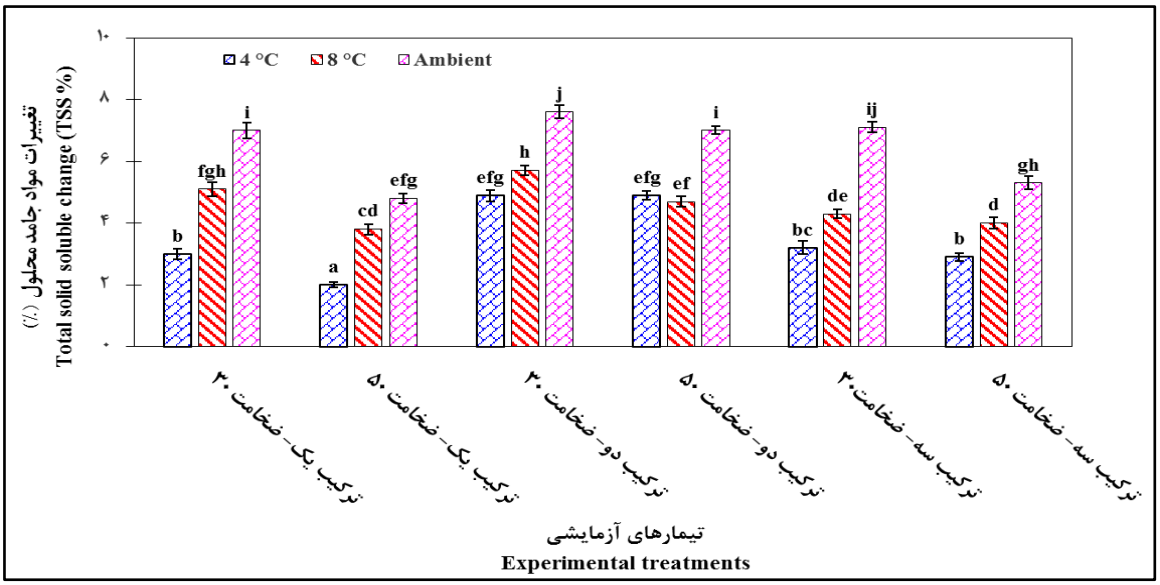


شکل ۳- روند تغییرات TSS در دورهٔ نگهداری میو زردآلو در ترکیبات مختلف گازی در دماهای a) ٤، b) ۸ و c) ۲۲ °C

Fig. 3. The trend of TSS changes during the keeping apricots in different gas compounds at temperatures a) 4, b) 8 and c) 22 °C

نتایج کلی تغییرات TSS در تیمارهای مختلف آزمایشی (شکل ۴) نشان می‌دهد بالاترین مقدار مواد جامد انحلال‌پذیر در تیمار با ترکیب گازی دوم (۱۰٪ CO_2، ۱۵٪ O_2، ۷۵٪ N_2)، دمای نگهداری ۲۲ درجه سلسیوس و ضخامت بسته ۳۰ میکرومتر به میزان ۷/۶ درصد و پایین‌ترین مقدار این شاخص در تیمار با ترکیب گازی اول (۸٪ CO_2، ۴٪ O_2، ۸۸٪ N_2)، دمای نگهداری ۴ درجه سلسیوس و ضخامت بسته ۵۰ میکرومتر به میزان ۲/۰ درصد است. یادآوری می‌شود تغییرات میزان مواد جامد انحلال‌پذیر در بالاترین مقدار آزمایشی در مدت زمان ۱۵ روز و در پایین‌ترین میزان در مدت زمان ۳۸ روز اتفاق افتاده است. این امر نشان از آن دارد که وجود میزان کمتر گاز CO_2 در تیمارهای مورد آزمایش سبب تغییرات کمتر در میزان مواد جامد انحلال‌پذیر در دورهٔ نگهداری می‌شود. در کنار غلظت میزان گاز CO_2، میزان گاز O_2 نیز بسیار بر محصول بسته‌بندی تاثیر می‌گذارد و کاهش میزان O_2 سبب ایجاد فضایی می‌شود که در آن تخمیر بی‌هوازی می‌تواند اتفاق افتد.

از آنجا که میوهٔ زردآلو شامل نشاسته نمی‌باشد (Kurz *et al.*, 2008)، لذا در طول فرآیند نگهداری این محصول تبدیل نشاسته به قند در آن صورت نمی‌پذیرد و این امر می‌تواند اثر تخمیر بی‌هوازی ناشی از پایین بودن کاهش میزان گاز O_2 در بسته‌ها را کاهش دهد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد در ترکیب گازی اول و ضخامت بسته‌های ۳۰ میکرومتری، با افزایش دما از ۴ به ۲۲ درجه سلسیوس تغییرات در مواد جامد انحلال‌پذیر (TSS) از ۶۵/۳۵ تا ۵۷/۱۴ درصد (روند افزایشی) متغیراست در حالی که در ترکیب گازی دوم و ضخامت بسته‌های ۵۰ میکرومتر با افزایش دما از ۴ تا ۲۲ درجه سلسیوس میزان افزایش تغییرات از ۳۰/۰۰ تا ۵۸/۳۳ درصد است.

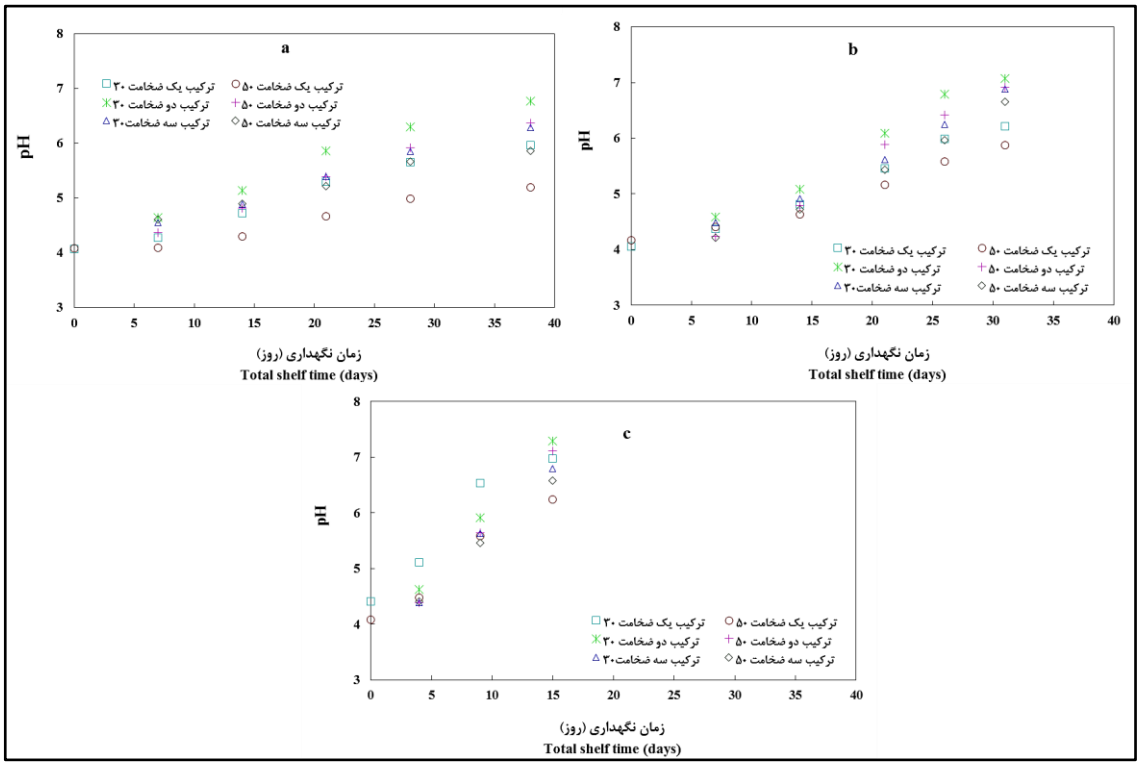


شکل ٤- تغییرات کلی TSS میوهٔ زردآلو در تیمارهای مختلف آزمایشی

Fig. 4. Total TSS changes in apricot fruit at different experimental treatments

تغییرات pH

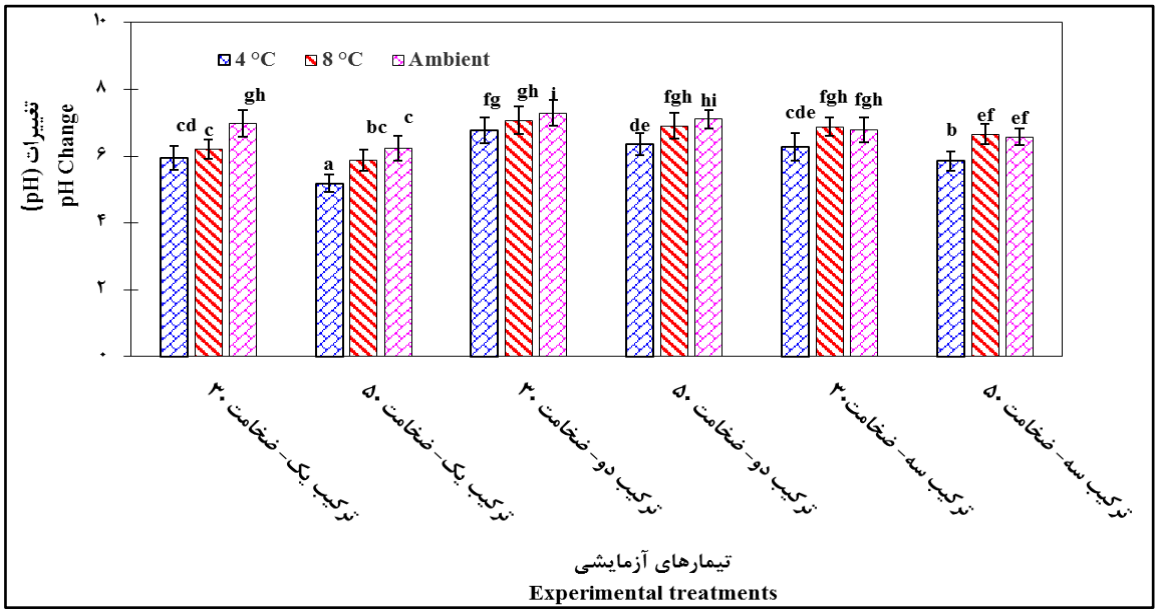
روند تغییرات pH در دورهٔ نگهداری میوهٔ زردآلو در تیمارهای مختلف آزمایشی در شکل ۵ آورده شده است. مشاهده می‌شود این تغییرات به صورت صعودی است به طوری‌که بالاترین شیب تغییرات در تیمار دمایی ۲۲ درجه سلسیوس (شکل ۵a) و پایین‌ترین شیب تغییرات در تیمار دمایی ۴ درجه سلسیوس (شکل ۵c) اتفاق افتاده است. نتایج پژوهش‌های زرین‌بال و همکاران (Zarrinbal *et al.*, 2010) در نگهداری میوهٔ زردآلو به روش اتمسفر اصلاح شده نشان می‌دهد با گذشت زمان نگهداری، میزان pH در نمونه‌ها افزایش یافته است. بیشترین اسیدهای تشکیل‌دهندهٔ میوه‌ها اسیدهای آلی هستند که از اسیدهای ضعیف محسوب می‌شوند؛ اسیدهای قوی میزان کمی از اسیدهای میوه را تشکیل می‌دهند (Mangaraj & Goswami, 2009). یکی از دلایل مهم روند افزایشی pH در نمونه‌های بسته‌بندی شده، حضور اسیدهای طبیعی در میوهٔ زردآلوی تازه است که به طور متابولیکی به ترکیباتی مانند قندها تبدیل می‌شوند که pH را افزایش می‌دهد و در نتیجه شرایط را برای فعالیت میکروارگانیسم‌های عامل فساد فراهم می‌کنند و پایداری میکروبی و ماندگاری میوه‌های تازه را کاهش می‌دهد. با افزایش دما از ۴ به ۲۲ درجه سلسیوس برای نگهداری میوه‌های بسته‌بندی شده، شدت تنفس افزایش می‌یابد و به دنبال آن اسیدهای طبیعی درون میوهٔ زردآلو با شدت بیشتری به قند تبدیل می‌شوند و این عامل علاوه بر افزایش میزان pH در میوه‌ها، رشد میکروارگانیسم‌ها را نیز افزایش می‌دهد و دورهٔ نگهداری را محدود می‌سازد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که میوه‌های نگهداری شده در دمای ۴ درجه سلسیوس در انتهای دورهٔ نگهداری به مدت ۳۸ روز، نسبت به میوه‌های نگهداری شده در دمای ۲۲ درجه سلسیوس که طول دوره نگهداری آنها ۱۵ روز بود، pH کمتری داشتند. نتایج پژوهش‌های ابراهیمیان و همکاران (Ebrahimian *et al.*, 2015) روی بسته‌بندی تحت اتمسفر اصلاح شدهٔ گوجه‌فرنگی در دو دمای ۴ و ۲۰ درجه سلسیوس هم نشان داده است که مدت زمان ماندگاری میوه‌ها در دمای پایین بیشتر است. از طرف دیگر، یکی از فاکتورهای مهم تاثیرگذار بر pH، مقدار گاز CO_2 است که با افزایش آن رشد باکتری‌های بی‌هوازی می‌تواند تحت تاثیر قرار گیرد (معمولا افزایش می‌یابد)؛ این باکتری‌ها به طور معمول تجزیه‌کنندهٔ ترکیب‌های پروتئینی و تولیدکنندهٔ ترکیبات قلیایی هستند. در مقایسهٔ ترکیب دوم گازی (۱۰٪ CO_2، ۱۵٪ O_2) با ترکیب سوم گازی (۱۵٪ CO_2، ۱۰٪ O_2)، نتایج به دست آمده از تغییرات pH نشان می‌دهد که ترکیب سوم با مقدار CO_2 بالاتر به دلیل کاهش میزان فعالیت تنفسی در میوه‌ها، بهتر می‌تواند pH را حفظ کند. افزایش ضخامت بسته‌ها نیز فاکتوری است مهم در نگهداری اتمسفر درون بسته‌ها که با کنترل مقادیر ترکیب گازی، سرعت تنفس میوه‌ها را در درون بسته کند می‌کند، تبدیل اسیدهای آلی را به قند کاهش می‌دهد، سرعت تولید میکروارگانیسم‌های را پایین می‌آورد، و در نتیجه دورهٔ نگهداری افزایش می‌یابد.



شکل ۵- روند تغییرات pH در دورهٔ نگهداری میوهٔ زردآلو در ترکیبات مختلف گازی در دماهای a) ٤، b) ٨ و c) ٢٢ °C

Fig. 5. The trend of pH changes during the keeping apricots in different gas compounds at temperatures a) 4, b) 8 and c) 22 °C

نتایج به دست آمده از تغییرات کلی pH در تیمارهای مختلف آزمایشی (شکل ۶) نشان می‌دهد بالاترین مقدار تغییر pH در تیمار با ترکیب گازی دوم (۱۰٪ CO_2، ۱۵٪ O_2، ۷۵٪ N_2)، دمای نگهداری ۲۲ درجه سلسیوس (دمای محیط) و ضخامت بسته ۳۰ میکرومتر به میزان ۳/۱۷ و پایین‌ترین آن در تیمار با ترکیب گازی اول (۸٪ CO_2، ۴٪ O_2، ۸۸٪ N_2)، دمای نگهداری ۴ درجه سلسیوس و ضخامت بسته ۵۰ میکرومتر به میزان ۱/۱۱ به دست آمده است. بررسی نتایج نشان می‌دهد در ترکیب گازی اول و ضخامت بسته‌های ۳۰ میکرومتری، با افزایش دما از ۴ به ۲۲ درجه سلسیوس تغییرات pH از ۲۰/۱۸ تا ۲۶/۰۷ درصد (روند افزایشی) متغیر است در حالی‌که در ترکیب گازی دوم و ضخامت بسته‌های ۵۰ میکرومتر، با افزایش دما از ۴ تا ۲۲ درجه سلسیوس افزایش تغییرات از ۲۶/۹۲ تا ۴۸/۶۱ درصد است. اثر تغییر در ضخامت بسته‌ها در دمای ۴ درجه سلسیوس مشهود است و در سایر دماها اختلاف چندانی بین مقادیر pH دیده نمی‌شود. نتایج به دست آمده از اثر ترکیب گازهای مختلف نشان می‌دهد ترکیب گازی اول و ترکیب گازی سوم، نسبت به ترکیب گازی دوم، توانایی بهتری برای حفظ pH دارند. ترکیب گازی سوم به دلیل داشتن مقادیر بیشتر گاز CO_2 و مقادیر کمتر گاز O_2، با کنترل میزان تنفس میوه، تبدیل اسیدهای آلی را به قند کاهش داده است. از طرف دیگر، ترکیب گازی اول نیز به دلیل داشتن مقادیر کمتر CO_2 سبب ایجاد محیط با قلیایی کمتر شده و از رشد میکروارگانیسم‌ها جلوگیری کرده و فساد میوه را به تاخیر انداخته است.



شکل ٦- تغییرات کلی pH میوهٔ زردآلو در تیمارهای مختلف آزمایشی

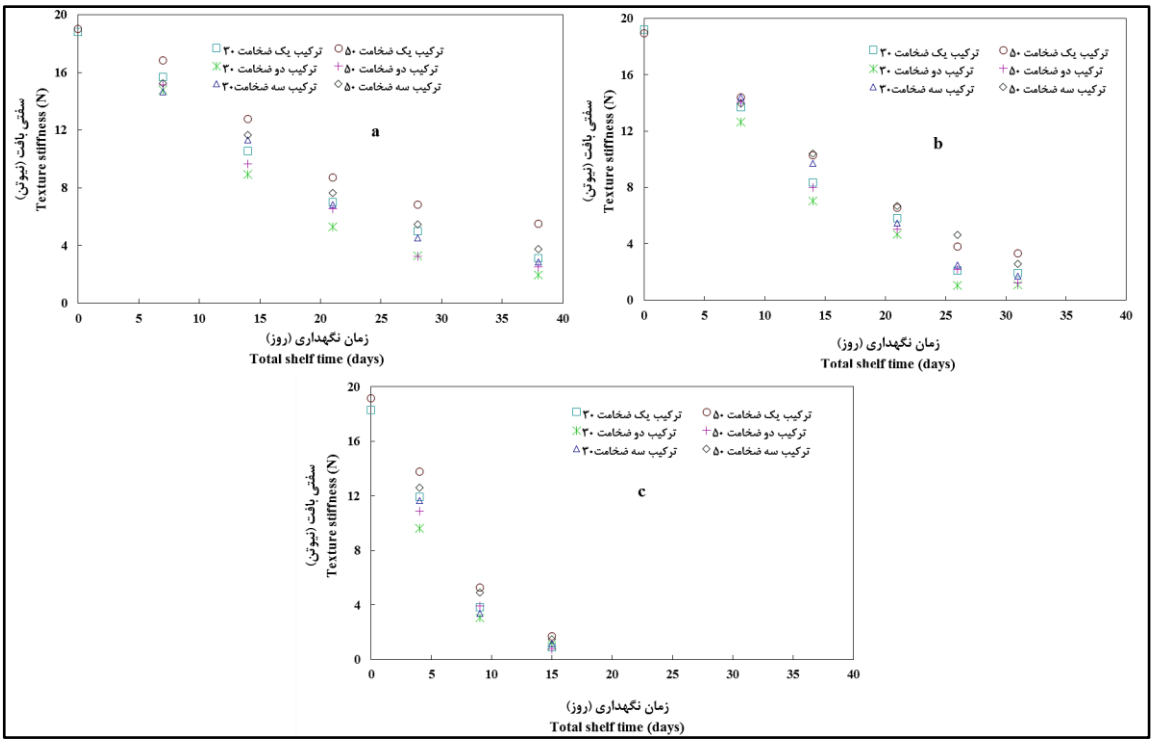
Fig. 2. Total pH changes in apricot fruit at different experimental treatments

سفتی بافت

مقایسهٔ تغییرات سفتی بافت در تیمارهای مختلف دمای نگهداری نشان می‌دهد با کاهش دما از ۲۲ به ۴ درجه سلسیوس، بافت محصول در دورهٔ نگهداری طولانی‌تر سالم‌تر باقی می‌ماند. استفاده از دمای ۴ درجه سلسیوس - به دلیل ایجاد شرایط اتمسفر مناسب برای میوهٔ زردآلو، کم بودن سوخت و ساز در بدنهٔ میوه و جلوگیری از تبخیر و تعرق- مناسب تر از دو دمای دیگر یعنی ۸ و ۲۲ درجه سلسیوس است. استفاده از ترکیب با میزان CO_2 بالاتر و میزان اکسیژن کمتر نیز می‌تواند مفید باشد اما باید در نظر داشت که افزایش گاز CO_2 سبب سمیت محیط نگهداری و افزایش تولید آمونیاک نشود. بررسی‌ها همچنین نشان می‌دهد که ترکیب اول با ۸٪ CO_2، ۴٪ O_2 (اکسیژن کمتر و دی‌اکسیدکربن بالاتر) کیفیت سفتی بافت را بهتر از دو ترکیب گازی دیگر حفظ می‌کند. مقایسهٔ روند سفتی بافت در دو ترکیب گازی دوم (۱۰٪ CO_2، ۱۵٪ O_2) و سوم (۱۵٪ CO_2، ۱۰٪ O_2) نشان می‌دهد افزایش دی‌اکسیدکربن و کاهش اکسیژن سبب خواهد شد تا شیب تغییرات سفتی بافت (به دلیل کاهش تولید اتیلن در بسته‌ها) نسبت به زمان کاهش یابد و بافت محصول در مدت زمان بیشتر حفظ گردد. باید توجه داشت که ترکیبات گازی و دمای نگهداری سبب تغییراتی در میزان سوخت و ساز و اتیلن تولیدی می‌شود که این امر در دورهٔ نگهداری تغییراتی در یکپارچگی و اتصال عرضی پلی‌ساکاریدهای پکتینی (به دلیل انحلال و هیدرولیز پکتین‌های موجود در لایه میانی دیواره سلولی) ایجاد خواهد کرد که سبب نرم شدن بافت میوه و کاهش سفتی گوشت آن می‌شود. نتایج پژوهش‌های پینو و همکاران (Peano *et al.*, 2014) در نگهداری میوهٔ زردآلو با بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده نشان می‌دهد افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و کاهش میزان اکسیژن می‌تواند سفتی بافت را بهبود بخشد. نتایج پژوهش زرین‌بال و همکاران (Zarrinbal *et al.*, 2010) نشان می‌دهد روند تغییرات سفتی بافت با گذشت زمان (دورهٔ نگهداری

چهار هفته) در سیستم بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده به صورت نزولی است.

تغییرات سفتی بافت در بسته‌های با ضخامت‌های مختلف نشان می‌دهد که افزایش ضخامت بسته‌ها از ۳۰ به ۵۰ میکرومتر، به دلیل نفوذپذیری کم و حفظ رطوبت اطراف محصول درون بسته، خصوصیات کیفی و کمی میوهٔ زردآلود را بهتر حفظ می‌کند. اسماعیلی و همکاران (Esmaeili, 2012) در پژوهشی دریافت که پلی‌اتیلن با ضخامت ۵۰ میکرون، نسبت به پلی‌اتیلن با ضخامت ۲۰ میکرون، در حفظ استحکام بافت و کاهش اتلاف وزن گوجهٔ بسته‌بندی مفیدتر است.

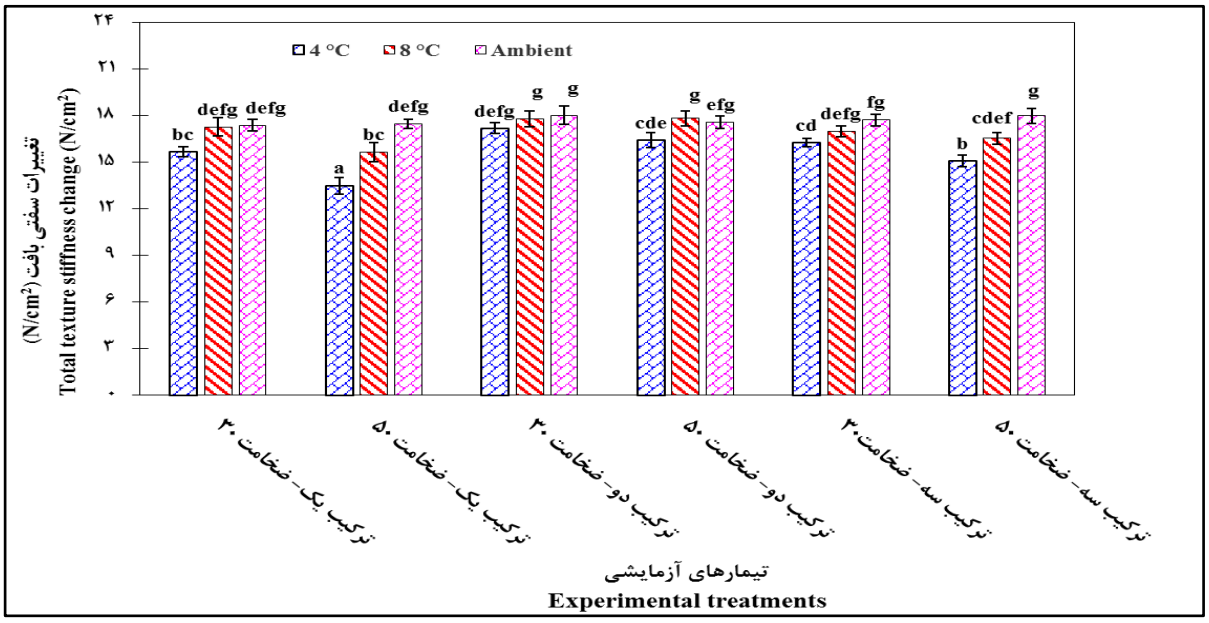


شکل ۷- روند تغییرات سفتی بافت در دورهٔ نگهداری میوهٔ زردآلو در ترکیبات مختلف گازی در دماهای a) ٤، b) ۸ و c) ۲۲ °C

Fig. 7. The trend of texture stiffness during the keeping apricots in different gas compounds at temperatures a) 4, b) 8 and c) 22 °C

بررسی تغییرات کلی سفتی بافت در دورهٔ نگهداری میوهٔ زردآلو با استفاده از بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده نشان می‌دهد کاهش دمای نگهداری، افزایش ضخامت بسته‌ها و افزایش میزان گاز دی‌اکسیدکربن (تا حد مشخصی) می‌تواند اثری مثبت بر سفتی بافت میوه داشته باشد. تغییرات سفتی بافت در تیمارهای مختلف آزمایشی (شکل ۸) نشان می‌دهد بالاترین مقدار تغییرات سفتی بافت در تیمار با ترکیب گازی دوم (۱۰٪ CO_2، ۱۵٪ O_2، ۷۵٪ N_2)، دمای نگهداری ۲۲ درجه سلسیوس (دمای محیط) و ضخامت بسته ۳۰ میکرومتر به میزان ۱۸/۰۴ نیوتن و پایین‌ترین آن در تیمار با ترکیب گازی اول (۸٪ CO_2، ۴٪ O_2، ۸۸٪ N_2)، دمای نگهداری ۴ درجه سلسیوس و ضخامت بسته ۵۰ میکرومتر به میزان ۱۳/۴۹ نیوتن است. همچنین در ترکیب گازی اول و ضخامت بسته‌های ۳۰ میکرومتری، با افزایش دما از ۴ به ۲۲ درجه سلسیوس، سفتی بافت از ۴/۷۱ تا ۹/۷۲ درصد

(رونـد افزایشـی) متغیـر اسـت در حالی‌کـه در ترکیـب گـازی دوم و ضـخامت بسـته‌هـای ۵۰ میکرومتـر، بـا افـزایش دمـا از ۴ تـا ۲۲ درجـه سلسـیوس میـزان افـزایش تغییـرات از ۶/۵۴ تـا ۲۲/۷۸ درصـد اسـت. نتـایج پـژوهش حاضـر نشـان مـی‌دهـد کـه در دمـای نگهـداری ۴ درجـه سلسـیوس، اثـر ضـخامت بسـته‌هـا به طـور چشـم‌گیر بـا هـم متفـاوت اسـت در حالی‌کـه در دو دمـای دیگـر نگهـداری اخـتلاف چنـدانی بـین سـفتی میـوه‌هـای نگهـداری شـده در دو بسـته بـا ضـخامت‌هـای ۳۰ و ۵۰ میکرومتر مشاهده نمی‌شود.



شکل ۸- تغییرات کلی سفتی بافت میوهٔ زردآلو در تیمارهای مختلف آزمایشی

Fig. 8. Total texture stiffness changes in apricot fruit at different experimental treatments

نتیجه‌گیری

هـدف پـژوهش حاضـر بررسـی رونـد تغییـرات در ویژگـی‌هـای کیفـی زردآلـو (تغییـرات رنـگ، TSS، pH و سفتی بافـت) در دورهٔ نگهـداری اسـت. بـرای رسـیدن بـه این هـدف، میـوه‌هـا بـا اسـتفاده از پلیمرهـای پلـی‌اتـیلن در دو ضـخامت ۳۰ و ۵۰ میکرومتـر بـا اتمسـفر اصـلاح شـده در سـه ترکیـب گـازی مختلـف (ترکیـب اول: ۸٪ CO_2، ۴٪ O_2، ۸۸٪ N_2، ترکیـب دوم: ۱۰٪ CO_2، ۱۵٪ O_2، ۷۵٪ N_2 و ترکیـب سـوم: ۱۵٪ CO_2، ۱۰٪ O_2، ۷۵٪ N_2) بسـته‌بنـدی و در سـه دمـای مختلـف (۴، ۸ و ۲۲ درجـه سلسـیوس) نگهـداری شـدند. نتـایج بررسـی‌هـا نشـان داد کـه تغییـرات کلـی رنـگ، TSS، pH و سـفتی بافـت میـوهٔ زردآلـو در بسته‌هـای بـا سـطح اکسـیژن پـایین‌تـر، بـه دلیـل پـایین نگه‌داشتن سـطح تـنفس و تولیـد گـاز اتـیلن، مناسـب‌تـر اسـت. اثـر ضـخامت بسـته‌هـا بـر خصوصـیات کیفـی در دمـای ۴ درجـه سلسـیوس اخـتلاف زیـادی نشـان مـی‌دهـد، در حالی‌کـه در دو دمـای دیگـر اثـر ضـخامت بسـته‌هـا بـر خصوصـیات کیفـی اخـتلاف چنـدانی مشاهده نمی‌شود. نتـایج کلـی تغییـرات سـطح دمـا بـرای نگهـداری میـوهٔ زردآلـو نشـان داد بهتـرین دمـا بـرای حفـظ خصوصـیات بـود؛ دلیـل ایـن موضـوع کنـد کـردن تـنفس، تبخیـر و تعـرق و کلیـه فرآینـدهای متـابولیکی اسـت کـه سـبب حفـظ طـولانی‌تـر ویژگـی‌هـای کیفـی

محصول شده است. دورهٔ نگهداری میوه‌ها در دمای ۴ درجه سلسیوس ۳۸ روز، در دمای ۸ درجه سلسیوس ۳۱ روز و در دمای ۲۲ درجه سلسیوس ۱۴ روز بود. نتایج کلی به دست آمده نشان داده که برای حفظ بهتر کیفیت زردآلوهای بسته‌بندی شده بهتر است از دمای نگهداری ۴ درجه سلسیوس، ترکیب گازی (۸٪ CO_2، ۴٪ O_2، ۸۸٪ N_2) و ضخامت بسته ۵۰ میکرومتر استفاده شود.

مراجع

Anon. (2016). Agricultural Statistical. Iran Agricultural Ministry, Tehran, Iran. (in Persian)

Ebrahimian, A., Tabatabaei, R., & Hashemi, J. (2015). Investigation of vacuum pressure and storage time on the quality of tomato and carrot. *Food Science and Technology, 12*(47), 231-241. (in Persian)

Esmaeili, S. (2012). *The effect of packaging with modified atmosphere on the quality of pink tomatoes after harvest. Second National Food Security Seminar*. Oct. 17-18. Islamic Azad University of Sobodkou Branch, Savadkouh, Iran. (in Persian)

Guerra, M., Magdaleno, R., & Casquero, P. A. (2011). Effect of site and storage conditions on quality of industrial fresh pepper. *Scientia Horticulturae, 130*(1), 141-145.

Haciseferogullari, H., Ozcan, M., Sonmete, M. H., & Ozbek, O. (2005). Some physical and chemical parameters of wild medlar (*Mespilus germanica* L.) fruit grown in Turkey. *Journal of Food Engineering, 69*, 1-7.

Jouki, M., & Khazaei, N. (2014). Effect of low-dose gamma radiation and active equilibrium modified atmosphere packaging on shelf life extension of fresh Strawberry fruits. *Food Packaging and Shelf Life, 1*, 49-55.

Kader, A. A. (2003). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. University of California, Agriculture and Natural Resources, UCD Press.

Kurz, C., Carle, R., & Schieber, A. (2008). Characterization of cell wall polysaccharide profiles of apricots (*Prunusarmeniaca* L.), peaches (*Prunus persica* L.), and pumkins (*Cucurbita* sp.) for the evaluation of fruit product authenticity. *Food Chemistry, 106*, 421-430.

Mangaraj, S., & Goswami, T. K. (2009). Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables for extending shelf-life: A review. *Fresh Produce, 3*(1), 1-31.

Mirzaei, M., Tabatabaekoloor, R., Motavali, A., & Esmaeilzadeh-Kenari, R. (2018). Effect of ozone and citric acid pretreatments on the modified atmosphere packaging of cucumber. *Innovative Food Technologies, 5*(3), 361-372. (in Persian)

Mohebbi, S., Mostofi, Y., & Zamani, Z. (2015). Quality maintenance and storability extension of cornelian cherry fruit by modified atmosphere packaging. *Journal of Crop Production and Processing, 5*(15), 155-165. (in Persian)

Mostoufi, Y., & Najafi, F. (2002). *Analytical Laboratory Methods in Horticulture* (First Ed.), Tehran University Press and Publishing, Tehran, Iran. (in Persian)

Motevali, A, & Hashemi, S. J. (2017). Effect of the various pretreatment on color change and texture characteristics in drying of apple slice. *Food Science and Technology, 15*, 123-136. (in Persian)

Nielsen, T., & Leufven, A. (2008). The effect of modified atmosphere packaging on the quality of Honeoye and Korona strawberries. *Food Chemistry, 107*, 1053-1063.

Peano, C., Giuggioli, N. R., & Girgent, V. (2014). Effects of innovative packaging materials on apricot fruits (cv. Tom Cot®). *Fruits, 69*, 247-258.

Salehizadeh, P., Basiri, A., & MIzani, M. (2010). The effect of drying air temperature on the quality of dried apricots using convection oven. *Journal of Food technology and Nutrition, 8*(3), 88-99. (in Persian)

Sandhya. (2010). Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *LWT – Food Science and Technology, 43*, 381-392.

Sharon, P. S., & Martha, C. S. (2010). *Post-harvest Technology of Horticultural Crops*. Mehra Offset Press. Delhi.

Sivertsvik, M., Jeksrud, W. K., Vagane, A., & Rosnes, J. T. (2004). Solubility and obsorption rate of carbon dioxide into non-respiring food part 1: development and validation of experimental apparatus using a manometric method. *Journal of Food Engineering, 61*, 449-458.

Tabatabaei, R., Ebrahimian, A., & Hashemi, S. J. (2016). Investigation on the effect of temperature, packaging material and modified atmosphere on the quality of tomato. *Food Science and Technology, 13*(51), 1-13. (in Persian)

Tudela, J., Marn, A., Garrido, Y., Cantwell, M., Marna, S., Medina-Martnez, M., & Gil, I. (2013). Off dour development in modified atmosphere packaged baby spinach is an unresolved problem. *Journal of Postharvest Biology and Technology, 75*, 75-85.

Villalobos, M. C., Serradilla, M. J., Martín, A., Aranda, E., López-Corrales, M., & Córdoba, M. G. (2018). Influence of modified atmosphere packaging (MAP) on aroma quality of figs (*Ficus carica* L.). *Postharvest Biology and Technology, 136*, 145-151.

Wei, W., Lv, P., Xia, Q., Tan, F., Sun, F., Yu, W., Jia, L., & Cheng, J. (2017). Fresh-keeping effects of three types of modified atmosphere packaging of pine-mushrooms. *Postharvest Biology and Technology, 132*, 62-70.

Zarrinbal, M., Soleymani, J., Eskandari, S., Dabbagh Mohammadi-Nasab, A., & Rasouli-Pirouzian, R. (2010). Effects of harvest time and modified atmosphere packaging on cold-storage duration of four apricot cultivars. *Journal of Horticulture Science, 24*(1), 91-101. (in Persian)

Agricultural Mechanization and Systems Research/Vol.21/No.74/Spring & Summer 2020/P:151-168

Research Paper

Changes in Some Quality Characteristics of Apricot Fruit Packed by Modified Atmosphere

A. Motevali*, E. Shabazi, S. J. Hashemi and R. Tabatabaei-Koloor

*Corresponding Author: Assistant Professor of Biosystem Engineering. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. Email: a.motevali@sanru.ac.ir
Received: 14 January 2019, Accepted: 30 June 2019

Abstract

Maintaining the quality of fruits and increasing their shelf-life are the main concerns during post-harvest processes. One of the important methods for increasing the shelf-life of fruits is the use of modified atmosphere packaging (MAP). In this study, changes in some qualitative characteristics (color, pH, TSS, texture stiffness) of apricot fruits were reviewed using MAP method at three levels of storage temperatures (ambient 22, 4 and 8 °C), three different gas mixes (first combination: 8% CO_2, 4% O_2 and 88% N_2; second combination: 10% CO_2, 15% O_2 and 75% N_2; third combination15% CO_2, 10% O_2 and 75% N_2) and two thicknesses of polyethylene packages (30 and 50 µm). The data were extracted and analyzed within one week intervals by relevant tests. The results showed that the slop of color, TSS and pH changes were ascending and the slope of the texture stiffness was declining in all treatments. The highest total changes in color, TSS, pH and texture stiffness were 26.27, 7.6 (%), 3.17 and 18.04 (N), respectively, attributed to ambient storage temperature (22 °C), third gas composition (10% CO_2, 15 % O_2 and 75% N_2) and 30 µm thickness of the package . Also, the lowest total changes of the parameters were 14.16, 2.0 (%), 1.11 and 13.49 (N) attributed to 4 °C temperature, first gas composition (8% CO_2, 4 % O_2, and 88% N_2) and 50 µm package thickness of package. The later considered as the best treatment.

Keywords: Color, Brix, Gas Combination, Texture Stiffness