فصلنامه (علمی – پژوهشی)
زیست شناسی تکوینی
سال چهاردهم، شماره ۲، بهار ۱۴۰۱ ص. ۵۴-۴۵

مقاله پژوهشی

بررسی مقایسه‌ای ویژگی‌های کیفی و بیوشیمیایی دو رقم توت‌فرنگی کاماروزا و پاروس در طی پانزده روز نگهداری در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد

مرضیه آخوند[۱]، فریبا حیدری زاده[۱]، مریم کلاهی[۲*]

[۱] گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
[۲] گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

[*] (نویسنده مسئول مکاتبات): m.kolahi@scu.ac.ir

تاریخ دریافت: مهر ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۴۰۱

چکیده

میوه توت‌فرنگی (*Fragaria ananasa*) در صنایع غذایی کاربرد بسیاری داشته، بخصوص اسانس و عصاره به‌دست‌آمده از این میوه در بسیاری از فراورده‌های غذایی استفاده می‌شود. در این پژوهش، تغییرات صفات کیفی و بیوشیمیایی دو رقم توت فرنگی کاماروزا و پاروس در طی پانزده روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتیگراد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مقایسه این دو رقم در روز اول نشان داد که سفتی بافت، میزان مواد جامد محلول و شاخص طعم در رقم کاماروزا به طرز معنی‌داری بیشتر از رقم پاروس بود. مقایسه تغییرات صفات در این دو رقم در طی پانزده روز نشان داد میزان pH در هر دو رقم افزایش داشت، درحالیکه در طی این پانزده روز میزان مواد جامد محلول و شاخص طعم در رقم پاروس، به طرز معنی‌داری افزایش یافت. سفتی بافت و درصد کاهش وزن در هر دو رقم طی پانزده روز کاهش معنی داری نشان داد ولی این کاهش در رقم کاماروزا بیشتر بود. صفات کیفی و بیوشیمیایی مورد مطالعه و نیز شاخص طعم در دو رقم توت‌فرنگی طی پانزده روز به طور موثری تحت تاثیر نوع رقم و مدت نگهداری تغییر کردند. این بررسی‌ها نشان داد نوع رقم توت‌فرنگی عامل تعیین‌کننده‌ای به لحاظ حفظ ارزش غذایی و نیز محتوای ترکیبات طبیعی در طی نگهداری و شرایط پس از برداشت می‌باشد، به‌طوری‌که رقم کاماروزا از این جنبه‌ها برتری ویژه‌ای نسبت به رقم پاروس نشان داد. به‌نظر می‌رسد ذخیره‌سازی در دمای پایین روشی کارآمد برای نگهداری میوه توت‌فرنگی است.

کلیدواژه‌ها: توت‌فرنگی، نگهداری، شاخص طعم، صفات کیفی.

مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria ananasa*) گیاهی علفی از تیره گل‌سرخیان است، این گیاه جزء گیاهان نهان‌دانه، دولپه‌ای، جداگلبرگ، بدون ساقه، کم‌وبیش کرک دار با برگ‌های تحتانی و استولون باریک است. توت‌فرنگی با داشتن ویژگی‌هایی همچون اندازه، عطر، طعم میوه و میزان مقاومت به سفیدک دارای ارزش تجاری مطلوب می‌باشد. میوه آن سرشار از فیبر، ویتامین‌ث، بتاکاروتن، ترکیبات فنلی، فلاونول، آنتوسیانین، پتاسیم و

آنتی‌اکسیدان‌ها است. مزیت دیگر توت‌فرنگی این است که در مقایسه با سایر میوه‌ها درمدت کوتاه‌تر، سود بیشتری به تولیدکننده برمی‌گرداند [۱]. این میوه در صنایع غذایی کاربرد بسیاری داشته بخصوص اسانس و عصاره به‌دست‌آمده از این میوه در بسیاری از فراورده‌های غذایی استفاده می‌شود. توت‌فرنگی به دلیل داشتن مواد مغذی ضروری و مواد فیتوشیمیایی مفید، که به نظر می‌رسد دارای فعالیت بیولوژیکی مناسب در سلامت انسان است، میوه مهمی در رژیم غذایی است [۲]. میوه رسیده توت‌فرنگی شامل تقریباً ۹۰ درصد آب و ۱۰ درصد مواد جامد محلول بوده و محتوای ترکیبات غذایی مهم و فراوانی می‌باشد [۳].

ویتامین‌ث یکی از مهم‌ترین ترکیبات ضد اکسایشی در میوه توت‌فرنگی است که به‌صورت مستقیم موجب از بین بردن گونه‌های فعال اکسیژن می‌گردد و به‌طورمعمول طی دوره نگهداری مقدار ویتامین‌ث کاهش می‌یابد. محتوای ویتامین‌ث تحت تأثیر عوامل مختلف پس از برداشت ازجمله شرایط نگهداری به‌ویژه دما و تنش‌های پس از برداشت مانند اختلالات فیزیولوژی و آسیب مکانیکی قرار می‌گیرد. تجزیه ویتامین‌ث به‌وسیله آنزیم آسکوربات اکسیداز انجام می‌گیرد. این آنزیم در حضور مولکول اکسیژن سبب اکسید شدن اسید آسکوربیک به ال-دهیدروآسکوربیک اسید می-گردد [۴]. آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی مثل آسکوربیک اسید دهنده الکترون هستند. در واکنش اکسیداسیون که یک عامل اکسید شونده و یک عامل احیاکننده دارد آنتی‌اکسیدان‌ها نقش احیاکننده را بازی می‌کنند یعنی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها به توانایی احیاکنندگی‌شان بستگی دارد [۵]. اسیدهای آلی از اجزای جزئی میوه توت‌فرنگی هستند که خاصیت مهمی در طعم دهندگی دارند و هنگامی‌که با قندها ترکیب می‌شوند بر کیفیت مزه میوه توت‌فرنگی موثر هستند. دو اسید آلی عمده در توت‌فرنگی اسیدسیتریک و اسیدمالیک هستند. محتوای قند یک ویژگی مهم در طعم توت‌فرنگی است و موجب استقبال مصرف‌کننده می‌شود [۳].

میوه توت‌فرنگی برخلاف داشتن طعم دلپذیر و ارزش غذایی بالا، قابلیت نگهداری پایین پس از برداشت دارد و تقریباً ۴۰% از محصول تولیدشده در اثر فساد آسیب می‌بیند، ازاین‌رو روش جابجایی و نگهداری پس از برداشت این میوه یک مرحله حساس به شمار می‌رود. مهم‌ترین دلایلی که باعث فساد میوه توت‌فرنگی پس از برداشت می‌شود، آسیب‌های فیزیکی، تغییرات سریع فیزیولوژیک و پوسیدگی‌های پاتوژنی می‌باشند [۶]. با رعایت شرایط مناسب بسته‌بندی، توت‌فرنگی‌های تازه خوری را می‌توان از طریق حمل‌ونقل هوایی، دریایی یا زمینی به مسافت‌های دور نیز انتقال داد [۶]. استفاده از انبارهای سرد [۷] و اتمسفر کنترل‌شده یا تغییریافته [۸] از رایج‌ترین روش‌های افزایش عمر پس از برداشت میوه توت‌فرنگی می‌باشند. پژوهش‌های علمی و تجربیات عملی در تجاری سازی این میوه نشان داده است که استفاده از روش‌های ذکرشده می‌تواند با کاستی‌هایی همراه باشد. به‌عنوان مثال دمای پایین سردخانه نمی‌تواند به‌تنهایی بیماری‌های قارچی میوه توت‌فرنگی را کنترل نماید. همچنین غلظت بالای دی‌اکسید کربن (۱۵-۲۰ درصد) بر غلظت ترکیبات معطر، محتَوای آنتوسیانین کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن تأثیر منفی می‌گذارد [۹]. کلرید کلسیم و شوک‌های گرمایی نیز برخلاف اثرات مفیدشان در کنترل آلودگی‌های قارچی، به ترتیب سبب تلخی و شوری میوه و کاهش استحکام بافت میوه می‌شوند [۱۰]. ازاین‌رو به نظر می‌رسد بررسی صفات کیفی و بیوشیمیایی ارقام مختلف و تعیین تغییرات این صفات طی نگهداری در سردخانه‌ها، جهت تعیین ارقام با کیفیت و ارزش غذایی مناسب جهت ارائه راهکارهایی برای طولانی‌تر کردن مدت نگه‌داری میوه توت‌فرنگی در عین حفظ کیفیت و ارزش غذایی آن ضروری باشد. هدف از این مطالعه، بررسی ویژگی‌های کیفی و تغذیه ای دو رقم توت‌فرنگی متداول در بازار، کاماروزا و پاروس در طی دو هفته نگهداری می‌باشد.

روش کار

این پژوهش در سال ۱۳۹۸ در آزمایشگاه شیمی دانشکده علوم واقع در دانشگاه شهید چمران اهواز با هدف بررسی ویژگی‌های کیفی و بیوشیمیایی دو رقم پاروس و کاماروزا میوه توت فرنگی در طی پانزده روز نگهداری اجرا گردید. به‌منظور تهیه میوه توت‌فرنگی، توت‌فرنگی‌های رقم پاروس و رقم کاماروزا که تا حد امکان ازنظر اندازه و درجه رسیدگی همگن بودند، انتخاب و از بازار خریداری شدند. آنگاه با آب مقطر شسته و در فضای آزاد خشک گردید. سپس در ظروف یک‌بار مصرف بسته‌بندی و در یخچال دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت دو هفته در یخچال نگهداری شدند.

درصد کاهش وزن

برای اندازه‌گیری وزن ارقام توت‌فرنگی در روز اول و روز پانزدهم از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ استفاده گردید. سپس با استفاده از رابطه زیر درصد کاهش وزن میوه‌ها محاسبه شد [۱۱].

$$\text{درصد کاهش وزن} = \frac{\text{وزن اولیه} - \text{وزن ثانویه}}{\text{وزن اولیه}} \times ۱۰۰$$

سفتی بافت میوه

برای بررسی سفتی بافت میوه‌ها، از روش سوگوار و همکاران (۲۰۱۵) استفاده شد. نمونه‌های هر رقم توت‌فرنگی با دستگاه بافت سنج، مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج برحسب نیوتون(N) بیان شد [۱۱].

اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل (TSS)

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول، ابتدا برای تهیه عصاره، ۵ گرم از گوشت میوه در هاون چینی له و با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر همگن‌شده سپس به مدت ۱۵ دقیقه با ۵۰۰۰ دور سانتریفیوژ شد. سپس مواد جامد محلول با استفاده از رفراکتومتر، برحسب درجه بریکس قرائت گردید [۱۱].

اندازه‌گیری pH و اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)

برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)، ابتدا ۵ میلی‌لیتر عصاره به درون بشر ریخته و pH آن توسط دستگاه pH سنج، ثبت شد. سپس تیتراسیون توسط سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن pH عصاره به ۸/۱ انجام گردید. آنگاه حجم سود مصرفی یادداشت شد. اسید غالب توت‌فرنگی اسیدسیتریک است که با قرارگیری مقدار سود مصرفی در رابطه‌ی زیر اسیدیته بر اساس درصد بیان گردید [۱۲].

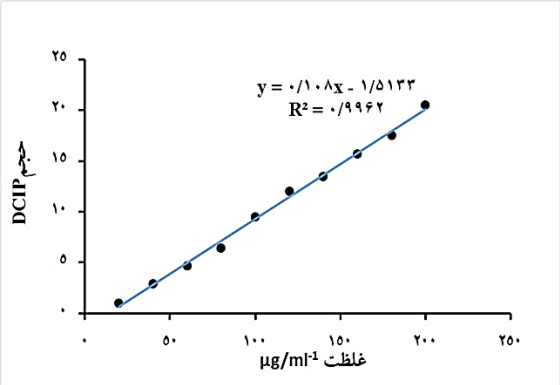
$$\text{اسیدیته قابل تیتراسیون} = \frac{\text{میزان سود مصرفی} \times \text{والانس گرم اسید غالب} \times \text{نرمالیته سود}}{\text{وزن نمونه} \times ۱۰۰۰} \times ۱۰۰$$

شاخص طعم میوه

نسبت مذکور از تقسیم عددی مربوط به شاخص TSS بر مقدار مربوط به شاخص TA محاسبه شد [۸].

سنجش ویتامین ث در میوه توت‌فرنگی

عصاره‌گیری جهت اندازه‌گیری ویتامین‌ث، از روش هرناندز[1] و همکاران (۲۰۰۶) استفاده شد. به مایع روشناور هر نمونه ۵ قطره از محلول متافسفریک اسید ۵ درصد اضافه و تیتراسیون بر اساس روش تیتراسیون با رنگ دی‌کلروفنل‌ایندو فنل(DCIP) [2] ۰/۰۱ درصد بدست آمد. جهت تهیه منحنی کالیبراسیون، از اسید آسکوربیک استفاده شد. مقدار ویتامین‌ث بر حسب میلی‌گرم اسید آسکوربیک در ۱۰۰ گرم وزن‌تر گزارش گردید (شکل ۱) [۱۳].



شکل ۱- منحنی کالیبراسیون اسید آسکوربیک

روش آماری

آنالیز آماری داده‌ها با نرم افزار SPSS۲۰ انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با روش دانکن و تی‌تست بررسی شد. نمودارهای مقایسه میانگین با نرم افزار اکسل رسم گردید.

نتایج

به‌منظور بررسی تغییرات دو رقم توت‌فرنگی کاماروزا و پاروس در طی دوره نگهداری پانزده روز، ویژگی کیفی و بیوشیمیایی مختلف شامل کاهش وزن، سفتی بافت، مواد جامد محلول، pH، اسیدیته قابل تیتراسیون، شاخص طعم و ویتامین ث مورد سنجش قرار گرفتند. در جدول تجزیه واریانس میانگین مربعات، پارامترهای دو رقم توت‌فرنگی کاماروزا و پاروس شامل سفتی بافت، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)، مواد جامد محلول (TSS)، pH، شاخص طعم و ویتامین‌ث مورد مقایسه قرار گرفتند (جدول ۱). نتایج تجزیه واریانس صفات موردبررسی در دو رقم توت‌فرنگی کاماروزا و پاروس نشان داد اثر رقم توت‌فرنگی بر سفتی

[1] Hernandez

[2] 2,6-dichlorophenolindophenol

بافت، اسیدیته قابل تیتراسیون، pH، مواد جامد محلول و شاخص‌طعم توت‌فرنگی معنی‌دار بود ولی نوع رقم بر روی صفت ویتامین‌ث اثر معنی‌داری نداشت. همچنین بررسی اثر زمان نگهداری در دو رقم توت‌فرنگی نشان داد صفات سفتی‌بافت، مواد جامد محلول، pH، شاخص‌طعم و ویتامین‌ث معنی‌دار بوده و اثر زمان نگهداری بر روی صفات اسیدیته قابل تیتراسیون اثر معنی‌داری نداشت. بررسی اثر برهمکنش رقم در زمان نگهداری در دو رقم توت‌فرنگی نشان داد این اثر بر صفات مواد جامد محلول، pH و شاخص‌طعم معنی‌دار بوده است و اثر برهمکنش رقم در زمان نگهداری بر صفات سفتی‌بافت، اسیدیته قابل تیتراسیون و ویتامین-ث اثر معنی‌داری نداشت ($p< ۰/۰۵$).

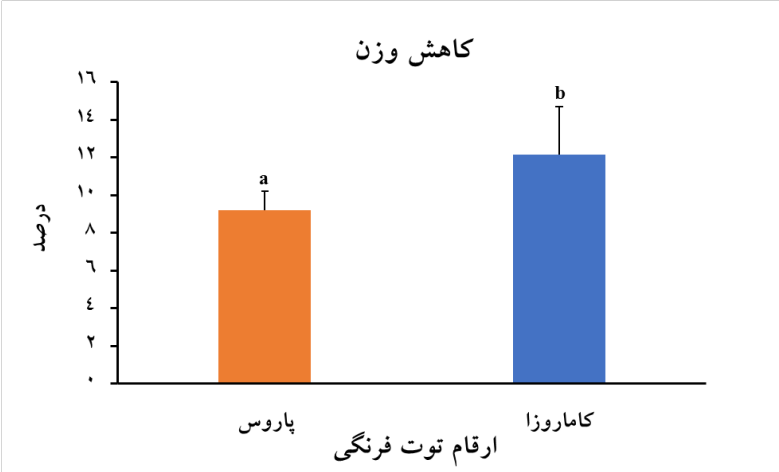
بررسی میزان کاهش وزن

نتایج مقایسه میانگین ارقام توت‌فرنگی نشان داد بیشترین کاهش وزن مربوط به رقم کاماروزا (۱۲/۱۴درصد) در دوره نگهداری پانزده روز بوده و اختلاف معنی‌داری با رقم پاروس (۹/۲۱ درصد) داشت ($p<۰/۰۵$) ($t=۲/۶۲۷$) (شکل ۱).

جدول ۱- بررسی تغییر ویژگی های کیفی و بیوشیمیایی دو رقم توت‌فرنگی کاماروزا و پاروس در طی پانزده روز نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس

		میانگین مربعات					
منبع تغییرات	درجه آزادی	ویتامین ث	اسیدیته قابل تیتراسیون	مواد جامد محلول (Brix%)	pH	شاخص طعم TSS/TA	سفتی بافت
زمان نگهداری (روز)	۱	۵۸/۷۹۹*	۰/۰۰$^{n.s}$	۳/۴۱۳**	۰/۲۱۹**	۴/۲۵۳**	۹۵/۰۲۱**
رقم	۱	۳/۲۸۵$^{n.s}$	۰/۰۰۷**	۳۰/۷۲۰**	۰/۰۶۸**	۲۷/۰۰۵**	۶۳/۳۸۱**
رقم× زمان نگهداری	۱	۷/۲۴۰$^{n.s}$	۰/۰۰$^{n.s}$	۱/۳۳۳*	۰/۰۱۸*	۱/۸۲۲*	۷/۹۱۱$^{n.s}$
خطا	۸	۹/۸۶۴	۰/۰۰۱	۰/۱۶۰	۰/۰۰۲	۰/۱۷۷	۳/۵۳۲

ns ، * ، **به ترتیب نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد است.



شکل ۱- کاهش وزن میوه دو رقم توت‌فرنگی در طی پانزده روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی گراد. مقادیر ذکرشده میانگین ۶ بار تکرار± خطای استاندارد می‌باشد. حروف مشابه در بالای ستون‌ها معرف عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.

مطالعات سوگوار و همکاران بر روی میوه توت‌فرنگی نشان داد، طی دوره نگهداری، درصد کاهش وزن میوه افزایش می‌یابد [۱۱]. این یافته‌ها با نتایج میغانی و همکاران مطابقت داشت به‌طوری‌که با افزایش مدت انبارداری، درصد کاهش وزن افزایش می‌یابد [۱۴].

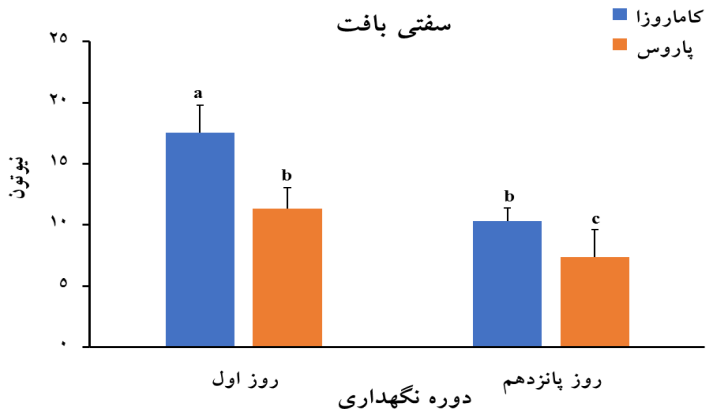
پوست نازک توت‌فرنگی آن را حساس به از دست دادن رطوبت می‌سازد که منجر به پژمردگی و زوال میوه می‌گردد. البته به‌جز تبخیر یکی از دلایل مهم کاهش وزن در میوه‌های تازه، فعالیت متابولیکی از جمله تنفس و تعرق می‌باشد که می‌توانند تحت تأثیر تیمار پس از برداشت و دمای نگهداری قرار گیرند [۱۵]. یکی دیگر از دلایل کاهش وزن میوه طی مدت نگهداری در سردخانه، آلودگی به عوامل بیماری‌زا است که با صدمه به بافت میوه می‌تواند میزان کاهش وزن میوه را افزایش دهد [۸].

بررسی میزان سفتی بافت

نتایج مقایسه میانگین نشان داد بین دو رقم توت‌فرنگی مورد مطالعه ازلحاظ میزان سفتی بافت، اختلاف معنی‌داری وجود داشت به‌طوری‌که سفتی بافت رقم کاماروزا از سفتی بافت رقم پاروس بیشتر بود. پس از گذشت پانزده روز نگهداری میزان سفتی بافت در هر دو رقم، به طرز معنی‌داری کاهش یافت. میزان کاهش سفتی بافت در دو رقم کاماروزا و پاروس به ترتیب ۴۱/۲۶ درصد و ۳۵/۲۴ درصد بود ($p<۰/۰۵$) (شکل ۲). در هر دو رقم میزان سفتی بافت طی دوره پانزده روز نگهداری کاهش یافت و میوه‌ها نرم شدند البته سرعت نرم شدن در رقم کاماروزا بیشتر بود. می‌توان گفت سفتی بافت رقم کاماروزا بعد از گذشت پانزده روز تقریباً مشابه با سفتی بافت پاروس در روز اول بود.

نتایج پژوهش حاضر با نتایج کردونسی و همکاران، مطابقت داشت [۱۶]. مطالعات مظفری و همکاران که بر روی برخی ویژگی‌های کیفی و کمی توت‌فرنگی رقم کردستان و پاروس طی نه روز نگهداری صورت گرفت، نشان داد افزایش دوره نگهداری موجب کاهش معنی‌دار در سفتی بافت میوه شد. دلیل کاهش سفتی بافت میوه، از دست دادن رطوبت میوه طی گذشت زمان و افزایش غلظت قند است که نهایتاً منجر به فساد و نرمی بافت میوه می‌گردد [۱۷].

از آنجایی که سفتی بافت میوه یکی از مهم‌ترین پارامترهای فیزیکی مورد استفاده جهت ارزیابی کیفی میوه طی فرآیند رسیدن، انبارداری و توزیع میوه‌ها می‌باشد و در انتخاب مصرف‌کننده تأثیرگذار است، می‌توان گفت نرمی بافت میوه درنتیجه تغییرات ساختار دیواره سلولی شامل کاهش همی‌سلولز، گالاکتوز و حل‌شدن پکتین صورت می‌گیرد. این رویدادها نتیجه فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده دیواره سلولی می‌باشد [۱۵]. در طول دوره انبارداری آنزیم‌هایی از قبیل پکتین‌استراز، پلی‌کالاکتروناز، سلولاز و غیره باعث تجزیه دیواره سلولی و در پی آن کاهش سفتی بافت میوه می‌شوند، بنابراین کاهش استحکام بافت در میوه توت‌فرنگی ممکن است به دلیل فعالیت آنزیمی و تخریب دیواره‌ی سلول‌ها ازجمله سلول‌های پارانشیم بافت میوه و حل شدن پکتین در مایع بین‌سلولی باشد [۱۷].



شکل ۲- میزان سفتی بافت میوه دو رقم توت‌فرنگی در طی پانزده روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی گراد. مقادیر ذکرشده میانگین ۳ بار تکرار± خطای استاندارد می‌باشد. حروف مشابه در بالای ستون‌ها معرف عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.

بررسی میزان مواد جامد محلول (TSS)

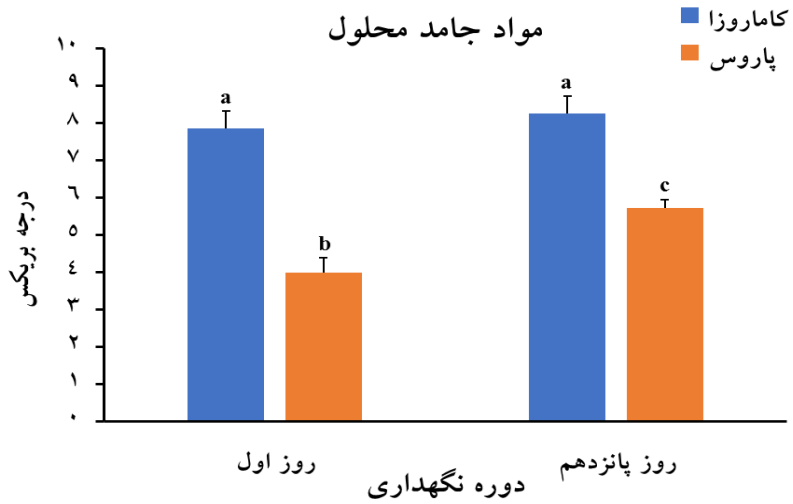
نتایج مقایسه میانگین نشان داد بین دو رقم توت فرنگی مورد مطالعه از لحاظ میزان مواد جامد محلول، اختلاف معنی‌داری وجود داشت به‌طوری‌که میزان مواد جامد محلول در رقم کاماروزا دو برابر رقم پاروس بود. طی پانزده روز نگهداری، میزان مواد جامد محلول در رقم کاماروزا افزایش معنی‌داری نداشت ولی در رقم پاروس بعد از گذشت پانزده روز میزان مواد جامد محلول ۴۳/۲۵ درصد افزایش معنی‌داری یافت ($p<۰/۰۵$) (شکل ۳).

نتایج حاضر با بررسی‌های میغانی و همکاران مطابقت داشت، با افزایش مدت انبارداری میزان مواد جامد محلول و شاخص طعم میوه توت‌فرنگی افزایش یافت [۱۴]. همچنین کردونسی و همکاران، چندین پارامتر مربوط به کیفیت میوه توت‌فرنگی را طی یک هفته انبارداری سرد بر روی پنج رقم توت‌فرنگی ارزیابی کردند، نتایج نشان داد میزان مواد جامد محلول در طی یک هفته انبارداری افزایش یافت [۱۶]، بررسی یافته‌های این پژوهش با نتایج دیگران نشان می‌دهد سه عامل کاهش وزن میوه و کاهش آب بافت میوه و حل شدن پکتین‌های دیواره سلولی و همی‌سلولز (ترکیبات تشکیل‌دهنده دیواره سلولی) در میوه توت‌فرنگی طی دوره نگهداری به افزایش مواد جامد محلول کمک می‌کند (۱۱,۱۸). ازآنجایی‌که در سلول‌های میوه توت‌فرنگی نشاسته ذخیره‌ای قابل ملاحظه‌ای وجود ندارد درنتیجه قندهای محلول ناشی از تجزیه نشاسته که در میوه‌های دیگر موجب افزایش مواد جامد محلول می‌گردند، در افزایش مواد جامد محلول توت‌فرنگی نقشی ندارند؛ بنابراین این افزایش می‌تواند به دلایلی غیر از تجزیه نشاسته ازجمله تخریب دیواره‌ی سلولی باشد [۱۶].

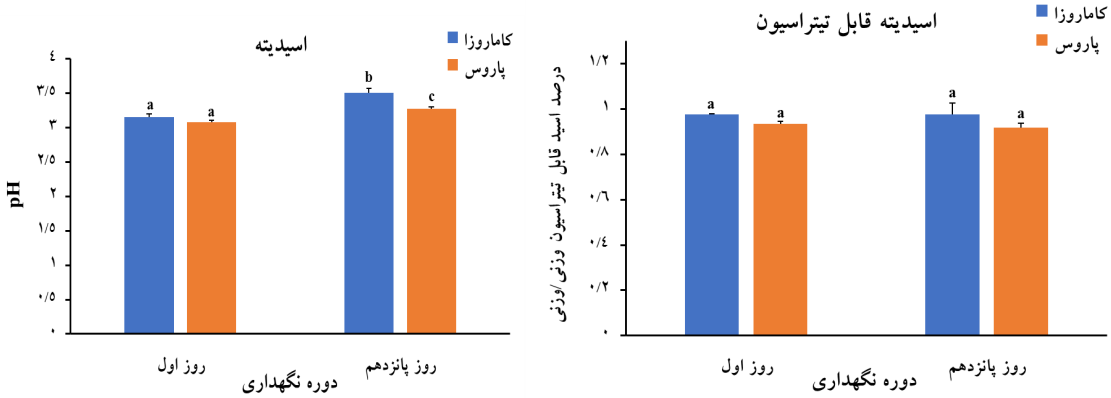
بر اساس منابع استاندارد در صنایع غذایی و زراعی برای تشخیص کیفیت طعم میوه، مقدار قابل قبول مواد جامد محلول برای توت‌فرنگی، حداقل ۷ می‌باشد [۱۶]. با توجه به استانداردهای موجود، مقدار مواد جامد محلول در رقم کاماروزا (مقدار ۷/۸۶) نزدیک به مقدار ذکر شده برای توت‌فرنگی با کیفیت بلحاظ زمان برداشت مناسب و مشتری پسندی می‌باشد، این واقعیت نشان دهنده طعم بهتر رقم کاماروزا نسبت به پاروس (مقدار ۴) است که مقدار مواد جامد محلول آن با حداقل استاندارد ۷ اختلاف بیشتری دارد.

بررسی میزان pH و اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)

نتایج مقایسه میانگین نشان داد بین دو رقم توت‌فرنگی مورد مطالعه از لحاظ میزان pH، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در طی دوره نگهداری پانزده روز این میزان در رقم پاروس (۶/۱۶ درصد) و در رقم کاماروزا (۱۱/۱۱ درصد) به طرز معنی‌داری افزایش یافت ($p<۰/۰۵$) (شکل ۴).



شکل ۳- میزان مواد جامد محلول میوه دو رقم توت‌فرنگی در طی پانزده روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی گراد. مقادیر ذکرشده میانگین ۳ بار تکرار± خطای استاندارد می‌باشد. حروف مشابه در بالای ستون‌ها معرف عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.



شکل ۴- تغییرات میزان pH و اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) دو رقم توت‌فرنگی در طی پانزده روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی گراد. مقادیر ذکرشده میانگین ۳ بار تکرار± خطای استاندارد می‌باشد. حروف مشابه در بالای ستون‌ها معرف عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.

در پژوهشی مدرس و همکاران میوه توت‌فرنگی رقم کاماروزا طی نگهداری بررسی کردند، نتایج نشان داد که pH میوه افزایش یافت [۸]. در پژوهشی دیگر سوگوار و همکاران ویژگی‌های فیزیکی، کیفی و بیوشیمیایی میوه توت‌فرنگی در طی هجده روز نگهداری بررسی کردند، نتایج نشان داد مقدار pH در طی دوره نگهداری افزایش می‌یابد (۱۱). در تحقیقات انجام‌شده توسط محققین دیگر گزارش‌شده است میزان pH، به چگونگی فعالیت‌های بیوشیمیایی، نوع بافت، نوع اسیدهای آلی و رقم میوه بستگی دارد. افزایش pH به علت فعالیت‌های بیوشیمیایی داخل میوه می‌باشد که باعث شده‌اند مواد اسیدی موجود در میوه به فرآورده‌های قندی تبدیل شوند [۱۶].

نتایج مقایسه میانگین نشان داد بین دو رقم توت‌فرنگی موردمطالعه ازلحاظ میزان اسیدیته قابل تیتراسیون، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. میزان اسیدیته قابل تیتراسیون درهر دو رقم پاروس و رقم کاماروزا بعد از دوره نگهداری پانزده روز تفاوت معنی‌داری نداشت (p <۰/۰۵) (شکل ۴). بر اساس منابع استاندارد در صنایع غذایی و زراعی برای تشخیص کیفیت طعم میوه، مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون بهینه برای توت‌فرنگی، حداکثر ۰/۸ می‌باشد [۱۶]. با توجه به استانداردهای موجود، مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون در هر دو رقم نزدیک به مقدار ذکر شده برای توت‌فرنگی با کیفیت به لحاظ زمان برداشت مناسب و مشتری پسندی می‌باشد.

در پژوهشی مدرس و همکاران، عمر نگهداری میوه توت‌فرنگی رقم کاماروزا بررسی کردند، نتایج نشان داد میزان اسیدهای‌آلی در طی دوره انبارداری کاهش یافت (۸). میغانی و همکاران، نشان دادند با افزایش دوره انبارداری میزان اسیدهای‌آلی کاهش پیدا کرد [۱۴]. کاهش اسیدیته قابل تیتراسیون در زمان ذخیره‌سازی ممکن است به دلیل تغییرات متابولیکی میوه ناشی از استفاده اسیدهای‌آلی در فرآیند تنفس باشد همچنین مطالعات کردونسی و همکاران نشان دادند تغییر در محتوای اسیدسیتریک در طول نگهداری به نوع رقم توت‌فرنگی بستگی دارد [۱۶و ۷].

بررسی شاخص طعم

نتایج مقایسه میانگین شاخص طعم نشان داد بین دو رقم توت‌فرنگی موردمطالعه ازلحاظ میزان شاخص طعم تفاوت معنی-داری وجود داشت. شاخص طعم در رقم کاماروزا نسبت به رقم پاروس به طرز معنی‌داری بیشتر بوده و پس از گذشت پانزده روز این میزان در رقم کاماروزا تفاوت معنی‌داری پیدا نکرد ولی در رقم پاروس پس از گذشت پانزده روز میزان شاخص طعم (۴۶/۰۲ درصد) افزایش معنی‌داری داشت (p<۰/۰۵) (شکل ۵).

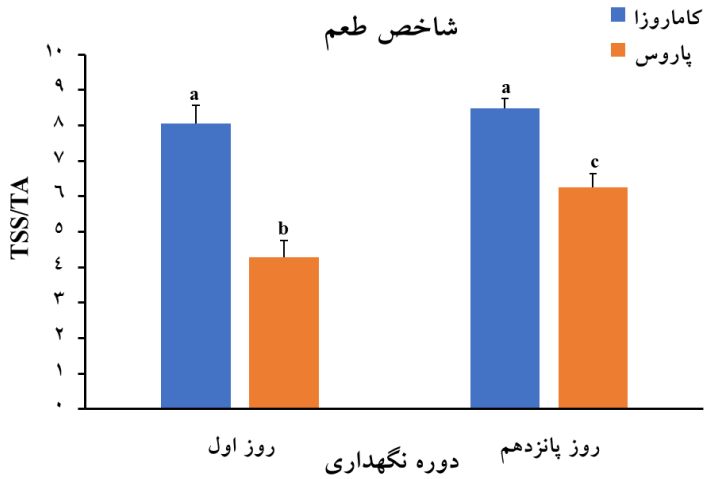
این نتایج با پژوهش مدرس و همکاران مطابقت داشت، آن‌ها شرایط نگهداری میوه توت‌فرنگی رقم کاماروزا را بررسی کردند و شاهد افزایش شاخص طعم بودند [۸]. شاخص طعم یکی از مهم‌ترین پارامترهای کیفی در ارزیابی میوه توت‌فرنگی است که تعیین‌کننده قابلیت پذیرش آن توسط مصرف‌کنندگان است. شرایط نگهداری نامناسب از طریق تغییر در آنزیم‌های گلیکولیتیک، تخمیرالکلی مانند الکل‌دهیدروژناز (ADH) و پیروات دکربوکسیداز (PDC) با تغییر فعالیت این آنزیم‌ها در جهت تولید

انرژی لازم برای تنفس سلولی، می‌تواند یکی از دلایل تغییرات در طعم میوه باشد [۸].

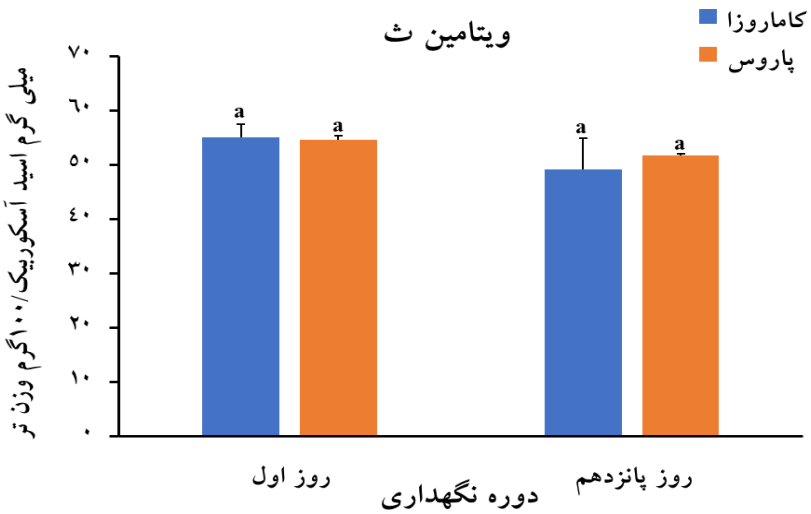
بررسی میزان ویتامین ث

نتایج مقایسه میانگین نشان داد بین دو رقم توت‌فرنگی مورد مطالعه ازلحاظ میزان ویتامین‌ث تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. محتوای ویتامین‌ث در هر دو رقم بعد از پانزده روز نگهداری، تفاوت معنی‌داری نشان نداد. ($p<۰/۰۵$) (شکل ۶).

پژوهش میغانی و همکاران، نشان داد با افزایش مدت انبارداری در همه تیمارها میزان اسیدآسکوربیک میوه کاهش یافت [۱۴]. همچنین طبق پژوهش کردونسی و همکاران علی‌رغم اختلافات مربوط به تنوع در بین ارقام، همه ارقام کاهش معنی‌دار ویتامین‌ث را نشان دادند، به‌طوری‌که مقادیر ویتامین‌ث در تمام ارقام در روز ششم انبارداری حدود ۵۰% کاهش‌یافته بود [۱۶].



شکل ۵- تغییرات میزان شاخص طعم دو رقم توت‌فرنگی در طی پانزده روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی گراد. مقادیر ذکرشده میانگین ۳ بار تکرار± خطای استاندارد می‌باشد. حروف مشابه در بالای ستون‌ها معرف عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.



شکل ۶- تغییرات میزان ویتامین‌ث دو رقم توت‌فرنگی در طی پانزده روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی گراد. مقادیر ذکر شده میانگین ۳ بار تکرار± خطای استاندارد می‌باشد. حروف مشابه در بالای ستون‌ها معرف عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد.

بررسی‌های صورت گرفته توسط پتروسین[1] نشان داد نگهداری سه رقم توت‌فرنگی در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد طی نه روز نگهداری باعث افزایش محتوای اسیدآسکوربیک شد [۱۸]. نونز[2] و همکاران در پژوهشی سه رقم توت‌فرنگی را در مراحل مختلف نمو میوه، برداشت کردند و خصوصیات فیزیکی و فیتوشیمیایی آن‌ها را طی هشت روز نگهداری در دمای یک درجه سانتی‌گراد بررسی کردند، نتایج نشان داد محتوای اسیداسکوربیک کل توت‌فرنگی بسته به رقم متفاوت بود و طی دوره نگهداری محتوای ویتامین‌ث تا ۱۷% افزایش داشت [۱۹]. تغییر اسیداسکوربیک در طول دوره ذخیره‌سازی نشان داد محتوای ویتامین‌ث نه‌تنها توسط رقم، بلکه همچنین از طریق دما نیز می‌تواند تحت تأثیر قرار گیرد. در حقیقت، پیشنهاد شده است افزایش محتوای اسیداسکوربیک در طی ذخیره‌سازی میوه‌ها و سبزیجات ممکن است به سنتز اسیداسکوربیک از مونوساکاریدها نسبت داده شود، زیرا در بیشتر گیاهان سنتز با دی‌گلوکز شروع می‌شود [۱۹]. آسکوربیک‌اسید در مقایسه با سایر مواد مغذی در طی فرآیند مصرف و انبارداری به اکسیداسیون و تجزیه حساس‌تر است و دلیل احتمالی کاهش آسکوربیک‌اسید در زمان نگهداری، اکسیداسیون خود به خودی در مجاورت اکسیژن هوا است]11[.

نتیجه‌گیری

نتایج مقایسه صفات مورد بررسی در دو رقم توت‌فرنگی نشان داد سفتی بافت، میزان مواد جامد محلول و شاخص طعم در رقم کاماروزا به طرز معنی داری بیشتر از رقم پاروس بود. بررسی برخی صفات از جمله میزان اسیدیته قابل تیتراسیون، pH و ویتامین‌ث در دو رقم توت‌فرنگی تفاوت معنی داری را نشان نداد. براساس نتایج مقایسه داده‌های دو رقم توت‌فرنگی بعد از پانزده روز نگهداری، میزان pH در هر دو رقم افزایش داشت، درحالیکه در طی این پانزده روز میزان مواد جامد محلول و شاخص طعم در رقم پاروس، به طرز معنی داری افزایش یافت. سفتی بافت و درصد کاهش وزن در هر دو رقم طی پانزده روز کاهش معنی داری نشان داد ولی این کاهش در رقم کاماروزا بیشتر بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد صفات کیفی و شیمیایی مورد مطالعه در دو رقم توت فرنگی طی پانزده روز به طور موثری تحت تاثیر نوع رقم و مدت نگهداری تغییر کردند.

قدردانی

نویسندگان این مقاله از معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز به لحاظ تأمین هزینه‌های سال ۱۳۹۹ این پژوهش تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

[1] Lolaei A, Kaviani B, Rezaei MA, Raad MK, Mohammadipour R. Effect of pre-and postharvest treatment of salicylic acid on ripening of fruit and overall quality of strawberry (*Fragaria ananasa* Duch cv. Camarosa) fruit. Annals of Biological Research, 2012; 3 (10): 4680-4684.
[2] Gündüz K., Strawberry, Phytochemical composition of strawberry (*Fragaria× ananassa*). In Nutritional composition of fruit cultivars, Elsevier, 2016; 733-752.
[3] Behnamian M, Masiha S, Mizani T, Strawberry, sotoudeh, 2005. (In Persian)
[4] Lee SK, Kader AA. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biology and Technology, 2000; 20 (3): 207-220.
[5] Moreira FT, Guerreiro JR, Barros R, Sales MGF. The effect of method, standard and sample components on the total antioxidant capacity of commercial waters assessed by optical conventional assays. Food Chemistry, 2012; 134 (1): 564-571.
[6] Talebi Habashi R, Eivazi AR. The effects of methyl Jasmonat and Uv-C irradiation on quality and storage life of strawberry fruits (*fragaria×ananassa* Duch. Cv. Selva). Agricultural Research, 2010; 24: 75-82. (In Persian)
[7] Cordenunsi BR, Genovese MI, do Nascimento JRO, Hassimotto NMA, dos Santos RJ, Lajolo FM. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. Food Chemistry, 2005; 91 (1): 113-121.
[8] Modares B, Ramin AA, Ghobadi C. Effect of 1-MCP on Storage and Shelf-life of Strawberry Fruits (*Fragaria x ananassa* Cv. Camarossa). Crop Production And Processing, 2014; 4 (11): 253-268. (In Persian)

[1] Petriccione

[2] Nunes

[9] Pelayo C, Ebeler S, Kader A, Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5 ºC in air or air + 20 kPa CO_2.
[10] Postharvest Biology and Technology, 2003; *27* (2): 171-183.
[11] Hernández-Muñoz P, Almenar E, Del Valle V, Velez D, Gavara R. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria× ananassa*) quality during refrigerated storage. Food Chemistry, 2008; 110 (2): 428-435.
[12] Sogvar OB, Saba MK, Emamifar A. *Aloe vera* and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit. Postharvest Biology and Technology, 2016; 114, 29-35.
[13] Gallander J, Briner L, Stetson J, Liu JW, Krielow L, Wilker K, Romberger R, Stamp C , Manual for Wine Analysis and Laboratory Techniques, Ohio State University, OARDC, Wooster, 1987.
[14] Hernández Y, Lobo MG, González M. Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods. Food Chemistry, 2006; 96 (4): 654-664.
[15] Meighani H, Boroomand N, Moghbeli E. Effect of chitosan coating and $CaCl_2$ on maintaining postharvest quality and antioxidant compound of strawberry fruit. Food Science And Technology, 2018; 15 (3): 307-317. (In Persion)
[16] Petriccione M, Mastrobuoni F, Pasquariello MS, Zampella L, Nobis E, Capriolo G, Scortichini M. Effect of chitosan coating on the postharvest quality and antioxidant enzyme system response of strawberry fruit during cold storage. Foods, 2015; 4 (4): 501-523.
[17] Cordenunsi B, Nascimento Jd, Lajolo F., Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. Food Chemistry, 2003; 83 (2): 167-173.
[18] Mozafari AA, Rahimi R, Abdossi V. Effects of tarhana herb (*Echinophora platylob*) essential oil on quantitative and qualitative characteristics of varieties of strawberries during shelf- life. Food Research, 2018; 27 (4): 87-102. (In Persion)
[19] Hernández-Muñoz P, Almenar E, Ocio MJ, Gavara R. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). Postharvest Biology and Technology, 2006; 39 (3): 247-253.
[20] Nunes MCN, Brecht JK, Morais AM, Sargent SA. Physicochemical changes during strawberry development in the field compared with those that occur in harvested fruit during storage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2006; 86 (2): 180-190.