نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال پانزدهم، شماره ۵۸، تابستان ۱۳۹۹ / صفحات: ۹۳-۷۹

بررسی برهم کنش زمان برداشت و دوره انبارداری بر شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی میوه کیوی (*Actinidia deliciosa*)

سمیه روحانی[۱]، محمود اسدی[۱*]، جواد فتاحی مقدم[۲]، بابک باباخانی[۱]، پروانه راهداری[۱]

[۱]گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد واحد تنکابن، تنکابن، ایران

[۲]پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۵/۱۳ **تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۲۲**

چکیده

زمان مناسب برداشت نقش مهمی در حفظ کیفیت میوه در شرایط انبارداری دارد. برداشت زودهنگام یا با تاخیر می‌تواند منجر به طعم ناخوشایند، عدم نگه داری در انبار و شکل ظاهری نامتناسب شود. به این منظور آزمایشی با هدف بررسی زمان برداشت و دوره انبارداری بر شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ۴ زمان برداشت (بر اساس شاخص مواد جامد محلول) ۵، ۶/۵، ۸ و ۹/۵ درجه بریکس و ۴ دوره انبارداری صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز در نظر گرفته شد. بر مبنای تیمارهای آزمایشی صفاتی نظیر آب میوه، مواد جامد محلول (TSS)، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)، نسبت TSS/TA، محتوای نشاسته و پروتئین، رنگدانه‌های میوه، ترکیبات فنلی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ویتامین ث، محتوای قند کل و قندهای احیاشونده در میوه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در تمامی تیمارهای برداشت، افزایش دوره انبارداری موجب افزایش معنی‌دار TSS، TA، محتوای پروتئین، فنل کل، ویتامین ث، محتوای قند کل، قند احیاشونده و ظرفیت آنتی‌اکسیدان شد. با افزایش شاخص برداشت و دوره انبارداری محتوای کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها افزایش معنی‌داری داشت. نتایج این پژوهش نشان داد که دوره‌های ۶۰ و ۹۰ روز انبارداری نقش مهمی در افزایش شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی میوه کیوی (به‌جز صفاتی نظیر آب میوه، محتوای نشاسته، نسبت TSS/TA و فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز) در تمامی زمان‌های برداشت دارد.

واژه‌های کلیدی: دوره انبارداری، زمان برداشت، ظرفیت آنتی‌اکسیدان، کلروفیل، کیوی.

مقدمه

کیوی میوه ارزشمندی در جهان به شمار می‌آید و از نظر تولید جهانی پس از موز، پرتغال و سیب در رتبه چهارم قرار دارد (Tavarini et al., 2008). کیوی به خانواده اکتینیدیاسه (Actinidiaceae) تعلق دارد و دو رقم‌هایوارد و گلد از گونه *A.deliciosa* مهمترین ارقام تجاری کشت شده در ایران می‌باشند (Mottaghi, 2009). کشت کیوی در ایران غالباً در مناطق شمال کشور و در کرانه‌های دریای خزر انجام می‌شود و از این لحاظ استان مازندران به دلیل شرایط آب و هوایی ویژه بیشترین تولید و کشت این میوه را دارد (Mottaghi, 2009). از لحاظ اقتصادی میوه کیوی به‌دلیل داشتن طعم مناسب، ارزش غذایی و دارویی در جهان از اهمیت خاصی برخوردار است به‌طوری‌که بالا بودن ویتامین ث، آنتی اکسیدان‌ها (نظیر فنل‌ها، کاروتنوئیدها، فیتوآلکین‌ها)، فیبرهای رژیمی، ویتامین‌های A، K و E این میوه را نسبت به سایر

*نویسنده مسئول: mahmoudasadi50@yahoo.com

میوه‌ها متمایز کرده است (Kaur and kapoore, 2001). مطالعات متعدد گزارش کردند که مصرف روزانه کیوی به دلیل داشتن ترکیبات آنتی اکسیدانی بالا خطر ابتلا به بسیاری از بیماری‌ها مثل سرطان و بیماری قلبی و عروقی را کاهش می‌دهد (Du et al., 2009).

کیفیت و ارزش غذایی کیوی به شرایط محیطی قبل از برداشت، زمان برداشت و عملیات پس ازآن بستگی دارد (Li et al., 2001). بلوغ و رسیدگی این میوه در زمان برداشت عامل اصلی تعیین کننده کیفیت نهایی میوه و افزایش دوره انبارداری می‌باشد. به این منظور برای رسیدن به بهترین کیفیت و انبارداری بالا باید کیوی در زمان مناسب برداشت شود. هنگامی که میوه‌ها کمی نابالغ برداشت شوند علاوه بر اینکه عطر و طعم میوه به خوبی توسعه نمی‌یابد، رسیدن میوه نامنظم بوده و نیز محتوای اسید افزایش یافته و حساسیت به بیماری پس از برداشت بیشتر می‌شود. از سوی دیگر برداشت دیر هنگام باعث می‌گردد که میوه‌ها با سرعت بیشتری رسیده و پیر شوند و عمر انبارداری کوتاه شود (Ashournezhad et al., 2010).

میزان مواد جامد محلول (Total Soluble Solids) که به‌عنوان درجه بریکس نیز شناخته می‌شود، یکی از شاخص‌های شناسایی بلوغ و کاربردی ترین روش برای تعیین زمان برداشت مناسب است (Crisosto et al., 2010). در یک مطالعه مشاهده شد که ظرفیت آنتی‌اکسیدان، محتوای فنل، ویتامین ث و کاروتنوئیدها در میوه کیوی که زودتر برداشت شده بودند (درجه بریکس پایین تر از ۶) افزایش معنی‌داری داشت اما در مجموع کیفیت میوه کاهش معنی‌داری در انتهای دوره انبارداری داشت. در این مطالعه گزارش شد که میوه‌های برداشت شده در زمان دیرتر (درجه بریکس بالاتر از ۶/۵) کیفیت مطلوب‌تر و بهتری بعد از یک دوره انبارداری داشتند (Crisosto et al., 2001). در نتایجی مشابه گزارش شد که کیوی‌های برداشت شده با شاخص TSS=5, 5.5, 6 °Brix پس از رسیدن طعم و عطر رضایت بخشی نداشتند، اما میوه‌های برداشت شده باشاخص TSS=7-10 °Brix بیشترین عمر انبارداری و بهترین کیفیت خوراکی را داشتند و از طرف دیگر این مطالعه نشان داد که کیوی‌های برداشت شده با شاخص TSS=12 °Brix کیفیت تجاری به منظور فروش در بازار را از دست دادند (Amodio et al., 2007). زمان برداشت بر میزان سفتی بافت میوه که یکی از شاخص‌های مهم تجاری به شمار می‌رود، موثر است (Tavarini et al., 2008). نتایج مطالعات محققان نشان داد که میوه‌های زودتر برداشت شده (شاخص TSS بین ۵-۶ درجه بریکس) سفتی بافت میوه را بهتر حفظ نمودند اما کیفیت خوراکی مطلوبی نداشتند و از سوی دیگر میوه‌های برداشت شده با شاخص TSS بین ۶/۵-۸ درجه بریکس علاوه بر سفتی بافت میوه، کیفیت خوراکی مناسبی نیز داشتند (Tavarini et al., 2009).

با توجه به اینکه زمان برداشت و دوره انبارداری از مهمترین عوامل در حفظ کیفیت میوه و بازارپسندی محسوب می‌شود، بنابراین توجه ویژه به این موضوع می‌تواند بر بهبود عملکرد بازارهای داخلی و صادرات این میوه موثر باشد. قطعاً خصوصیات ظاهری کیوی نمی‌تواند معیار مناسبی برای تشخیص زمان برداشت باشد و در این راستا گزارش‌های متعددی وجود دارد که زمان برداشت نامناسب این میوه به دلیل طعم ناخوشایند، نرمی یا سفتی بیش از حد بافت میوه، عدم نگه‌داری در انبار و شکل ظاهری نامتناسب، آسیب‌های جبران ناپذیری بر بازارهای داخلی و خارجی وارد کند. در این پژوهش از شاخص مواد جامد محلول به عنوان معیار برداشت استفاده شد تا بتوان صفات کمی و کیفی میوه ارزشمند و اقتصادی کیوی را در طول دوره‌های مختلف انبارداری بررسی

کرد و هدف کلی از این مطالعه، معرفی بهترین زمان برداشت و دوره انبارداری میوه کیوی در شرایط محیطی شهرستان نوشهر بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار و در ۳ قطعه باغ کیوی با تولید تجاری (گیل کلا، کشک سرا و نوشهر) در استان مازندران انجام شد (جدول ۱). در داخل هر باغ ۳ درخت که از نظر شرایط سنی، آبیاری و تغذیه یکنواخت بودند، جهت مطالعه و نمونه‌گیری انتخاب شدند.

جدول ۱: خصوصیات جغرافیایی محل انجام آزمایش

تقسیم‌بندی آب و هوایی	گیل کلا	کشک سرا	نوشهر
	نیمه گرمسیری	نیمه گرمسیری	نیمه گرمسیری
ارتفاع از سطح دریا (متر)	۱	۴۲	-۲/۹
طول جغرافیایی (درجه شمالی)	۵۱′۵۷°	۵۱′۴۵°	۵۱′۴۹°
عرض جغرافیایی (درجه شرقی)	۳۶′۳۲°	۳۶′۶۳°	۳۶′۶۴°
میانگین دما (T)	۱۹	۲۲	۲۲
میانگین بارندگی (P)	۱۹	۲۶	۲۲

اولین تیمار مورد بررسی زمان برداشت بر اساس شاخص مواد جامد محلول بود که شامل ۴ سطح ۵ (T_1)، ۶/۵ (T_2)، ۸ (T_3) و ۹/۵ (T_4) درجه بریکس در نظر گرفته شد. تعداد ۱۰۰ عدد میوه سالم و هم اندازه از هر باغ به‌طور جداگانه در زمان مورد نظر برداشت شد و سپس در داخل جعبه‌های پلاستیکی به سردخانه منتقل شد. میوه‌های مورد استفاده در این پژوهش رقم طلایی (Gold) بود و در سردخانه با دمای ۰/۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵-۹۰ درصد نگه داری شدند. دومین تیمار مورد بررسی دوره انبارداری بود که به صورت ۰ (S_1)، ۳۰ (S_2)، ۶۰ (S_3) و ۹۰ (S_4) روز در نظر گرفته شد. در طول دوره انبارداری بر اساس تیمارهای در نظر گرفته شده، نمونه‌گیری به صورت تصادفی از هر جعبه انجام شد و خصوصیات فیزیولوژی و بیوشیمیایی میوه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. به منظور سنجش درصد آب میوه از روش فیسک و همکاران استفاده شد و درصد مورد نظر بر اساس نسبت آب میوه به وزن میوه اندازه‌گیری شد (Fisk et al., 2008). میزان مواد جامد محلول بر حسب درصد توسط دستگاه رفرکتومتر چشمی (ATC-20E, Atago, Tokyo, Japan) انجام شد. به منظور سنجش اسید قابل تیتراسیون ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره صاف شده هر نمونه بوسیله پی‌پت برداشته شد و با ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق گردید و چند قطره معرف فنل فتالئین به محلول رقیق شده اضافه شد، سپس با سود ۰/۱ نرمال عمل تیتراسیون تا رسیدن به نقطه پایان و ایجاد رنگ صورتی انجام شد (Gorbanly Pour et al., 2009). میزان ویتامین ث (اسید آسکوربیک) میوه‌ها با روش تیتراسیون با دی‌کلروفنل ایندوفنل تعیین گردید (Mazumdar and Majumder, 2003). برای سنجش نشاسته میوه از روش (Hedge and Hofreiter, 1962) استفاده شد و در انتهای مراحل آزمایشی جذب نمونه‌ها در طول موج ۶۲۰ نانومتر قرائت شد و محتوای نشاسته کل بر اساس نمودار استاندارد گلوکز بر حسب میلی‌گرم در گرم بیان شد. اندازه‌گیری محتوای پروتئین به روش

لوری انجام شد (Lowry, 1951). این آزمایش بر اساس هیدرولیز پروتئین‌ها و آزاد شدن اسیدهای آمینه موجود در ساختمان پروتئین‌ها است که با معرف فولن کمپلکس‌های رنگی ایجاد می‌کند. در نهایت جذب نمونه‌ها در طول موج ۶۶۰ نانومتر خوانده شد و غلظت پروتئین بر مبنای منحنی استاندارد آلبومین سرم گاوی تعیین شد و مقدار آن بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه گردید. برای سنجش رنگدانه‌های فتوسنتزی از روش (Lichtenthaller, 1987) استفاده شد. ابتدا ۰/۱ گرم برگ با ۴ میلی‌لیتر استن ۸۰٪ درهاون چوبی سائیده شد و سپس محلول حاصل به مدت ۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ شده و سپس جذب محلول رویی جهت تعیین میزان کلروفیل و کارتنوئید توسط اسپکتروفتومتر مدل ۲۱۰۰ در طول موج‌های ۶۴۷، ۶۶۴ و ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید. جهت صفر کردن دستگاه از استن ۸۰٪ استفاده شد. میزان کلروفیل a، b کلروفیل کل و کاروتنوئید از طریق معادله‌های (۱) تا (۴) محاسبه گردید:

معادله (۱) $Chl_a=12/21(A_{664})-2/79(A_{647})$

معادله (۲) $Chl_b=21/21(A_{647})-5/1(A_{664})$

معادله (۳)

$$Carotenoid = (1000\ A_{470}-1/8Chl_a-85/02Chl_b)/198$$

معادله (۴) $Chl_{a+b}= Chl_a + Chl_b$

به منظور اندازه گیری محتوای فنل کل از بافر فسفات فولین به نسبت ۱:۱۰ و کربنات سدیم (۷/۵ درصد) استفاده شد و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر میزان جذب نور در طول موج ۷۶۰ نانومتر قرائت شد. در نهایت میزان فنل با استفاده از استاندارد گالیک اسید ۱ میلی مولار بر حسب میلی‌گرم معادل گالیک اسید در ۱۰۰ گرم وزن تازه بیان شد (Serrano et al., 2005). ظرفیت آنتی اکسیدانی به روش خاصیت خنثی کنندگی رادیکال آزاد ۱ و۱ دی فنیل ۲-پیکریل هیدرازیل تعیین شد (Dudonné et al., 2009). طبق این روش، درصد بازدارندگی DPPH از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\%\ DPPH= (A_{cont} - A_{samp})/A_{cont}\times 100$$

در این معادله DPPH% درصد بازدارندگی، A_{cont} میزان جذب DPPH، A_{samp} میزان جذب (نمونه + DPPH).

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز از روش بیوچمپ و فری دوویچ (Beauchamp and Fridovich, 1971) استفاده شد. بدین منظور ابتدا محلول بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار تهیه شد و سپس ترکیبات زیر EDTA ۰/۱ میلی‌مولار، نیتروبلوتترازولیوم (NBT) ۷۵ میکرو مولار، متیونین ۱۳ میلی‌مولار، ریبوفلاوین ۴ میکرومولار، به ترتیب اضافه گردید. در نهایت با اضافه شدن ۱۰۰ میکرولیتر عصاره تحت روشنایی لامپ فلورسنت واکنش آغاز شد و پس از گذشت ۱۵ دقیقه جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۶۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. به منظور سنجش قند کل میوه ابتدا ۰/۲ میلی‌لیتر عصاره با ۳ میلی‌لیتر آنترون مخلوط و به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از سرد شدن، جذب نمونه در طول موج ۶۲۰ نانومتر یادداشت شد و در نهایت با استفاده از منحنی استاندارد گلوکز، محتوای قند کل بر حسب میلی‌گرم در گرم بیان شد (McCready et al., 1950). اندازه‌گیری قندهای احیا شونده به روش میلر (Miller, 1959) انجام شد و در این روش معرف دی‌نیتروسالیسیلیک اسید، پتاسیم تارتارات ۴۰ درصد نقش اصلی در سنجش محتوای قندهای احیا دارند. در مرحله انتهایی جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۷۵ قرائت شده و بر اساس منحنی استاندارد برحسب میلی‌گرم در گرم محتوای قند احیا کننده تعیین شد. آنالیزهای آماری در این پژوهش بوسیله نرم‌افزار MASTAT-C انجام شد و میانگین‌ها

با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($p\leq0.01$) مقایسه شدند.

نتایج

بررسی صفات کیفی، محتوای نشاسته و پروتئین میوه کیوی در پاسخ به زمان برداشت و دوره

انبارداری: نتایج تجزیه واریانس داده نشان داد که برهم کنش زمان برداشت و دوره انبارداری بر میزان درصد آب میوه، مواد جامد محلول، TA%، نسبت TSS/TA، محتوای نشاسته و محتوای پروتئین میوه معنی‌دار بود (جدول ۲).

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس خصوصیات کیفی میوه کیوی تحت تاثیر زمان برداشت و دوره انبارداری

منابع تغییر	درجه آزادی	آب میوه	مواد جامد محلول(TSS)	اسیدیته قابل نیتراسیون (TA%)	TSS/TA	محتوای نشاسته میوه	محتوای پروتئین میوه
زمان برداشت	۳	۱۰۳/۹۳۶**	۱۶۴/۱۷۰**	۰/۰۰۰۱**	۳۸/۵۲۰**	۳۶۶۷/۹۹۹**	۳۹۹/۷۹۵**
دوره انبارداری	۳	۳۰۰/۲۳۰**	۱۵/۵۰۹**	۰/۱۰۶**	۱۲/۱۱۶**	۸۵۷۴/۸۰۷**	۴۰۵/۱۶۸**
برداشت×انبارداری	۹	۳۳/۵۳۹ **	۱/۷۳۵ **	۰/۰۱۰ **	۱/۰۰۶**	۴۰۵/۵۶۰ **	۱۱۰/۸۵۲ **
خطای آزمایش	۳۲	۷/۵۶۳	۰/۱۸۷	۰/۰۰۱	۰/۰۷۴	۶۴/۹۶۳	۲/۴۲۴
ضریب تغییرات	-	۴/۲۵	۴/۷۹	۲/۸۷	۸/۵۳	۵/۵۸	۴/۴۱

ns، *، ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان درصد آب میوه در تیمار T_1S_2 مشاهده شد که به جز تیمارهای T_2S_2 و T_2S_3 با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین درصد آب میوه به تیمار T_4S_4 اختصاص داشت که با تیمارهای T_3S_1 و T_3S_4 اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها در اثرات متقابل زمان برداشت و دوره انبارداری بر میزان مواد جامد محلول نشان داد که در تیمارهای T_2، T_3 و T_4، انبارداری در دوره‌های ۶۰ و ۹۰ روز (S_3 و S_4) منجر به افزایش معنی‌دار این صفت در مقایسه با دوره‌های صفر و ۳۰ روزه (S_1 و S_2) انبارداری شد. کمترین مواد جامد محلول در تیمار T_1S_1 مشاهده شد که با تیمارهای T_1S_2، T_1S_3 و T_1S_4 تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها در برهم کنش زمان برداشت×انبارداری نشان داد که در تیمارهای T_1، T_2 و T_3، با افزایش دوره انبارداری از ۳۰ به ۹۰ روز افزایش معنی‌داری در میزان اسیدیته قابل تیتراسیون نسبت به شرایط بدون انبارداری (S_1) مشاهده شد. در تیمار T_4 اختلاف معنی‌داری بین دوره‌های انبارداری در ارتباط با این صفت وجود نداشت (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها در ارتباط با نسبت TSS/TA نشان داد که در تمامی تیمارهای برداشت (T_{1-4})، با افزایش دوره انبارداری نسبت TSS/TA به صورت معنی‌داری کاهش یافت، به طوریکه بیشترین و کمترین نسبت به تیمارهای T_2S_1 و T_4S_4 اختصاص داشت که در مقایسه با سایر سطوح اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها بر محتوای نشاسته میوه نشان داد که در کلیه سطوح زمان برداشت (T_{1-4})، محتوای نشاسته میوه در دوره‌های ۰ و ۳۰ روز انبارداری نسبت به دوره ۹۰ روز افزایش معنی‌داری داشت. بیشترین محتوای نشاسته به تیمار T_2S_1 اختصاص داشت که به جز تیمار T_2S_2 با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت. کمترین میزان این صفت نیز در تیمار T_3S_4 مشاهده شد که با تیمارهای T_2S_4، T_3S_3 و T_4S_4 اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین‌ها در اثرات متقابل زمان برداشت×دوره انبارداری بر محتوای پروتئین میوه نشان داد که در تمامی تیمارهای زمان برداشت (T_{1-4})، انبارداری کیوی در دوره ۹۰ روز (S_4) منجر به افزایش معنی‌دار محتوای پروتئین میوه در مقایسه با سایر سطوح انبارداری (S_{1-3}) شد. کمترین میزان پروتئین میوه در تیمار T_1S_1 مشاهده شد که در مقایسه با کلیه سطوح کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۳).

جدول ۳: مقایسه میانگین خصوصیات کیفی میوه کیوی تحت تأثیر سطوح مختلف زمان برداشت و دوره انبارداری

زمان برداشت (درجه بریکس)	دوره انبارداری (روز)	آب میوه (درصد)	مواد جامد محلول (TSS) (°Brix)	اسیدیته قابل تیتراسیون (TA%) (درصد)	TSS/TA (درصد)	محتوای نشاسته میوه (mg g-1 FW)	محتوای پروتئین میوه (mg g-1 FW)
(T_1) ۵ °Brix	(S_1) ۰	۶۱/۰۳de	۵/۱۰g	۰/۹۲۱d	۵/۸۶۷b	۱۶۸/۶ b	۱۰/۱۹h
	(S_2) ۳۰	۷۴/۸۳a	۵/۱۳g	۱/۰۹۵bc	۵/۶۶۰ c	۱۶۰/۸b	۲۷/۸۴ g
	(S_3) ۶۰	۶۵/۸۰cd	۵/۱۶g	۱/۱۷۰ab	۴/۴۹۰e	۱۳۱/۴c	۳۱/۶۲f
	(S_4) ۹۰	۶۲/۰۵de	۶/۰۳fg	۱/۱۶۵ab	۳/۹۴۷f	۱۲۷/۷c	۳۹/۶۶bcd
(T_2) ۶/۵ °Brix	(S_1) ۰	۶۷/۵۰bcd	۶/۲۳f	۰/۸۸۴d	۶/۰۱۰a	۱۹۵/۹a	۲۵/۵۱g
	(S_2) ۳۰	۷۲/۸۰ ab	۶/۴۶f	۱/۱۷۳ab	۵/۵۴۳d	۱۷۹/۰ab	۳۱/۴۱f
	(S_3) ۶۰	۶۹/۷۷abc	۷/۵۰e	۱/۱۰۰bc	۴/۰۰۳f	۱۷۲/۲b	۳۹/۰۹cde
	(S_4) ۹۰	۶۲/۵۵de	۷/۸۰e	۱/۱۷۰ab	۲/۲۲۷i	۱۱۷/۸cde	۴۶/۵۳a
(T_3) ۸ °Brix	(S_1) ۰	۵۶/۸۱ ef	۷/۹۳ e	۰/۹۲۶d	۳/۱۴۰ g	۱۶۴/۱b	۳۷/۱۵ de
	(S_2) ۳۰	۶۵/۷۲ cd	۸/۹۳d	۱/۱۱۲abc	۲/۵۰۷h	۱۲۵/۴cd	۳۵/۶۴e
	(S_3) ۶۰	۶۶/۹۱ bcd	۱۱/۲۰c	۱/۱۲۸abc	۱/۴۵۰k	۱۰۷/۳de	۳۸/۲۳de
	(S_4) ۹۰	۵۷/۰۸ ef	۱۱/۷۳ c	۱/۱۸۸a	۱/۱۸۲l	۹۹/۴۲e	۴۳/۱۰ab
(T_4) ۹/۵ °Brix	(S_1) ۰	۶۶/۳۳bcd	۱۱/۷۰c	۱/۰۶۲ c	۲/۱۳۳j	۱۶۶b	۳۷/۸۷de
	(S_2) ۳۰	۶۷/۴۹bcd	۱۳/۱۳b	۱/۱۰۴bc	۱/۱۸۰l	۱۶۰b	۴۲/۶۶bc
	(S_3) ۶۰	۶۴/۹۶cd	۱۵/۱۷a	۱/۰۶۸c	۱/۰۵۷m	۱۳۲c	۳۹/۸۶bcd
	(S_4) ۹۰	۵۲/۸۷f	۱۵/۱۳a	۱/۱۱۹abc	۰/۹۵۵n	۱۰۱/۸e	۴۶/۵۰a

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

بررسی صفات فیزیولوژیک میوه کیوی در پاسخ به زمان برداشت و دوره انبارداری: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده زمان برداشت و دوره انبارداری بر محتوای کلروفیل a، b، کاروتنوئید و کلروفیل کل (مجموع a+b) معنی‌دار بود اما اثرات متقابل این تیمارها معنی‌دار نبود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها در اثرات ساده زمان برداشت نشان داد که برداشت با شاخص ۹/۵ درجه بریکس (T_4) موجب بیشترین میزان کلروفیل a شد که در مقایسه با شاخص برداشت ۵ درجه بریکس (T_1) افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۵). در اثرات ساده انبارداری نتایج نشان داد که انبارداری کیوی در دوره‌های ۶۰ و ۹۰ روز منجر به افزایش معنی‌دار این صفت در مقایسه با دوره‌های ۰ و ۳۰ روز شد (جدول ۶).

جدول ٤: نتایج تجزیه واریانس رنگدانه‌های فتوسنتزی، محتوای قند کل و قندهای احیا شونده میوه کیوی تحت تاثیر زمان برداشت و دوره انبارداری

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل a+b	کاروتنوئید	محتوای قند کل	محتوای قندهای احیا شونده
زمان برداشت	۳	۵۵/۹۷۷**	۰/۰۶۶**	۵۹/۱۵۸**	۰/۰۲۶**	۱/۰۷۴**	۰/۰۳۹**
دوره انبارداری	۳	۱۱۷۸/۱۹۱**	۰/۰۳۳**	۱۱۹۱/۶۹۶**	۰/۰۳۷**	۲/۶۶۳**	۰/۶۹۶**
برداشت×انبارداری	۹	۶/۹۷۳ ns	۰/۰۰۴ ns	۶/۸۱۲ ns	۰/۰۰۰۴ ns	۰/۱۱۱ **	۰/۰۱۴ **
خطای آزمایش	۳۲	۱۲/۲۶۶	۰/۰۰۱	۱۲/۳۳۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۵
ضریب تغییرات	-	۸	۲/۸۹	۷/۸۸	۳/۴۱	۲/۴۹	۱۳/۷۴

ns ، * ، ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۵: مقایسه میانگین رنگدانه‌های فتوسنتزی میوه کیوی تحت تأثیر اثرات ساده زمان برداشت

زمان برداشت (درجه بریکس)	کلروفیل a ($mg\ g^{-1}FW$)	کلروفیل b ($mg\ g^{-1}FW$)	کلروفیل a+b ($mg\ g^{-1}FW$)	کاروتنوئید ($mg\ g^{-1}FW$)
(T_1) ۵	۴۰/۸۲ b	۰/۷۱۵ c	۴۱/۵۵ b	۰/۴۰۸ b
(T_2) ۶/۵	۴۳/۹۶ ab	۰/۷۴۲ c	۴۴/۷۰ ab	۰/۴۸۹ a
(T_3) ۸	۴۴/۴۰ ab	۰/۸۱۴ b	۴۵/۲۲ ab	۰/۴۹۸ a
(T_4) ۹/۵	۴۵/۹۸ a	۰/۸۸۰ a	۴۶/۸۵ a	۰/۵۰۵ a

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می باشند مطابق آزمون چند دامنه ای دانکن $p \leq 0.01$ اختلاف معنی‌داری ندارند.

نتایج مقایسه میانگین‌های مرتبط با کلروفیل b در اثرات ساده زمان برداشت نشان داد که تیمارهای T_3 و T_4 موجب افزایش معنی‌دار این صفت در مقایسه با تیمارهای T_1 و T_2 شدند. در مقایسه بین سطوح T_3 و T_4، شاخص برداشت ۹/۵ درجه بریکس نسبت به ۸ درجه بریکس افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۵). نتایج مرتبط با اثرات ساده انبارداری نشان داد که با افزایش دوره انبارداری از صفر تا ۹۰ روز، محتوای کلروفیل b افزایش معنی‌داری دارد (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها در اثرات ساده زمان برداشت نشان داد که بیشترین و کمترین محتوای کلروفیل کل به ترتیب به تیمارهای T_4 و T_1 اختصاص داشت که نسبت به یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۵). در اثرات ساده انبارداری نتایج نشان داد که محتوای کلروفیل کل در میوه کیوی با دوره‌های انبارداری ۶۰ و ۹۰ روز به صورت معنی‌داری در مقایسه با دوره‌های صفر و ۳۰ روز افزایش یافت (جدول ۶).

محتوای کاروتنوئید تحت تاثیر زمان برداشت با درجه‌های بریکس ۶/۵، ۸ و ۹/۵ افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار ۵ درجه بریکس داشت (جدول ۵). مقایسه میانگین‌های این صفت در اثرات ساده انبارداری نیز نشان داد که با افزایش دوره انبارداری از صفر تا ۹۰ روز، محتوای کاروتنوئید به صورت معنی-داری افزایش یافت (جدول ۶).

بررسی محتوای قند کل و قندهای احیا شونده میوه کیوی در پاسخ به زمان برداشت و دوره انبارداری: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهم کنش زمان برداشت و دوره انبارداری بر محتوای قند کل و قندهای احیا شونده معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین داده‌های مرتبط با محتوای قند کل نشان داد که در تمامی تیمارهای زمان برداشت (T_{1-4})، دوره‌های ۶۰ و ۹۰ روز انبارداری موجب افزایش معنی‌دار محتوای قند کل میوه در مقایسه با دوره‌های صفر و ۳۰ روز انبارداری شد. بیشترین محتوای قند کل در

تیمار T_4S_4 مشاهده شد که نسبت به تیمارهـای T_2S_4، T_3S_3 و T_3S_4 اخـتلاف معنـی‌داری نداشـت. کمتـرین میزان این صفت نیز در تیمار T_1S_1 مشاهده شد که بـه جز تیمار T_2S_1 بـا سـایر سـطوح تفـاوت معنـی‌داری نداشت (جدول ۷).

جدول ٦: مقایسه میانگین رنگدانه‌های فتوسنتزی میوه کیوی تحت تأثیر اثرات ساده دوره انبارداری

دوره انبارداری (روز)	کلروفیل a ($mg\ g^{-1}FW$)	کلروفیل b ($mg\ g^{-1}FW$)	کلروفیل a+b ($mg\ g^{-1}FW$)	کاروتنوئید ($mg\ g^{-1}FW$)
(S_1) ۰	۳۴/۹۹ c	۰/۷۲۹ d	۳۵/۷۱ c	۰/۴۰۰ d
(S_2) ۳۰	۳۸/۶۹ c	۰/۷۶۵ c	۳۹/۴۶ c	۰/۴۲۷ c
(S_3) ۶۰	۴۳/۸۶ b	۰/۸۰۷ b	۴۴/۶۷ b	۰/۴۵۹ b
(S_4) ۹۰	۵۷/۶۱ a	۰/۸۵۱ a	۵۸/۴۷ a	۰/۵۲۸ a

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند مطابق آزمون چند دامنه ای دانکن $p \leq 0.01$ اختلاف معنی‌داری ندارند

جدول ۷: مقایسه میانگین محتوای قند کل و قندهای احیا شونده میوه کیوی تحت تأثیر سطوح مختلف زمان برداشت و دوره انبارداری

زمان برداشت (درجه بریکس)	دوره انبارداری (روز)	محتوای قند کل (mg/g)	محتوای قندهای احیا شونده (mg/g)
	(S_1) ۰	۲/۷۱۳ f	۰/۲۸۸ g
(T_1) ۵	(S_2) ۳۰	۳/۰۷۷de	۰/۳۴۸fg
°Brix	(S_3) ۶۰	۳/۲۵۷ cd	۰/۵۶۰de
	(S_4) ۹۰	۳/۲۶۳ cd	۱/۰۰۲a
	(S_1) ۰	۲/۸۹۰ef	۰/۲۹۰ g
(T_2) ۶/۵	(S_2) ۳۰	۳/۲۸۷cd	۰/۳۲۷g
°Brix	(S_3) ۶۰	۳/۹۸۷b	۰/۴۶۷efg
	(S_4) ۹۰	۴/۲۰۳a	۰/۶۷۴cd
	(S_1) ۰	۳/۱۸۰cd	۰/۴۰۱ efg
(T_3) ۸	(S_2) ۳۰	۳/۲۴۳cd	۰/۴۲۲efg
°Brix	(S_3) ۶۰	۴/۱۱۷ab	۰/۵۰۸ef
	(S_4) ۹۰	۴/۲۱۷a	۰/۹۱۸ab
	(S_1) ۰	۳/۲۵۰ cd	۰/۲۹۷ g
(T_4) ۹/۵	(S_2) ۳۰	۳/۳۴۷ c	۰/۳۴۳fg
°Brix	(S_3) ۶۰	۳/۹۷۳ b	۰/۵۰۸ef
	(S_4) ۹۰	۴/۳۰۰ a	۰/۸۰۳bc

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

نتایج مقایسه میـانگین داده‌هـا در اثـرات متقابـل زمان برداشت× دوره انبارداری بر میزان قندهای احیـا شونده نشان داد کـه دوره ۹۰ روز انبـارداری (S_4) در تمامی تیمارهای زمان برداشت (T_{1-4}) موجب افـزایش معنی‌دار ایـن صـفت در مقایسـه بـا سـایر تیمارهـای انبارداری (S_1, S_2, S_3) شد. بیشترین محتوای قنـدهای احیاشونده در تیمار T_1S_4 مشاهده شد که به جز تیمار T_3S_4 در مقایسه با سایر تیمارهـا افـزایش معنـی‌داری داشت. کمترین میزان این صفت از لحـاظ آمـاری در

تیمارهای T_1S_1، T_2S_1، T_3S_1 و T_4S_1 مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند (جدول ۷).

بررسی صفات بیوشیمیایی میوه کیوی در پاسخ به زمان برداشت و دوره انبارداری: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل زمان برداشت و دوره انبارداری بر محتوای فنل کل، ویتامین ث، ظرفیت آنتی اکسیدانی و فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز معنی‌دار بود (جدول ۸).

جدول ۸: نتایج تجزیه واریانس خصوصیات آنتی اکسیدان میوه کیوی تحت تاثیر زمان برداشت و دوره انبارداری

منابع تغییر	درجه آزادی	فنل کل	ویتامین c	ظرفیت آنتی اکسیدان	سوپراکسید دیسموتاز
زمان برداشت	۳	۳۷۳۰۸/۹۷۲ **	۵۹۹۱۰/۹۷۶**	۶۵۲/۲۹۸**	۳/۰۵۷**
دوره انبارداری	۳	۹۱۵۰۷/۳۵۱**	۲۲۲۸۱/۹۱۸**	۱۱۴/۸۹۸**	۵۲/۳۷۸**
برداشت×انبارداری	۹	۱۸۸۵/۴۱۶ **	۵۵۶۲/۴۰۸ **	۴۱/۳۱۲ **	۰/۹۶۱ **
خطای آزمایش	۳۲	۴۱۰/۰۳۰	۲۳۶/۷۰۸	۷/۶۰۲	۰/۱۱۳
ضریب تغییرات	-	۶/۶۵	۳/۷۰	۴/۱۵	۳/۱۹

ns، *، ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

نتایج مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل بر محتوای فنل کل نشان داد که در تیمار T_1، دوره ۶۰ و ۹۰ روز انبارداری موجب افزایش معنی‌دار محتوای فنل در مقایسه با دوره‌های صفر و ۳۰ روز انبارداری شد. در تیمارهای T_2، T_3 و T_4، افزایش دوره انبارداری از ۳۰ به ۹۰ روز منجر به افزایش معنی‌دار محتوای فنل کل در مقایسه با تیمار بدون انبارداری شد (جدول ۹). مقایسه میانگین داده‌ها در اثرات متقابل نشان داد که در تیمارهای T_1 و T_3، ویتامین ث تحت تاثیر ۹۰ روز انبارداری (S_4) افزایش معنی‌داری نسبت به سایر سطوح داشت اما در تیمارهای T_2 و T_4، دوره‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز انباداری به صورت معنی داری در مقایسه با تیمار بدون انبارداری میزان ویتامین ث را افزایش داد. بیشترین میزان ویتامین ث در تیمار T_2S_3 مشاهده شد که با سطوح T_2S_2 و T_2S_4 تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین میزان این صفت در تیمار T_1S_1 مشاهده شد که به جز تیمار T_1S_3 با دیگر سطوح اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۹).

مقایسه میانگین‌های مرتبط با فعالیت آنتی‌اکسیدانی نشان داد که در تیمارهای T_1 و T_2، دوره ۹۰ روز انبارداری موجب افزایش معنی‌دار این ویژگی در مقایسه با تیمار بدون انبارداری شد اما با تیمارهای ۳۰ و ۶۰ روز انبارداری تفاوت معنی‌داری نداشت. در تیمارهای T_3 و T_4، دوره ۹۰ روز انبارداری منجر به افزایش معنی‌دار فعالیت آنتی اکسیدانی در مقایسه با سایر سطوح انبارداری شد (جدول ۹). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز تحت تاثیر تیمارهای بدون انبارداری و ۳۰ روز انبارداری در تمامی تیمارهای زمان برداشت (T_{1-4})، افزایش معنی‌داری در مقایسه با تیمارهای ۶۰ و ۹۰ روز انبارداری داشت. بیشترین و کمترین فعالیت این آنزیم به ترتیب به تیمارهای T_1S_1 و T_3S_4 اختصاص داشت که در مقایسه با دیگر سطوح تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۹).

جدول ۹: مقایسه میانگین خصوصیات برخی ترکیبات بیوشیمیایی میوه کیوی تحت تأثیر سطوح مختلف زمان برداشت و دوره انبارداری

زمان برداشت (درجه بریکس)	دوره انبارداری (روز)	فنل کل (mg GA/100g FW)	ویتامین c (mg/g)	ظرفیت آنتی‌اکسیدان	سوپراکسید دیسموتاز (µmol/g FW)
	(S1) ۰	۱۵۳/۹h	۳۱۸/۳e	۵۵/۲۰gh	۱۴/۴۷a
(T1) ۵ °Brix	(S2) ۳۰	۱۹۳/۲gh	۴۰۱/۱d	۵۶/۰۰gh	۱۲/۱۳c
	(S3) ۶۰	۲۶۲/۲def	۳۲۵/۴e	۵۳/۹۳h	۸/۹۶e
	(S4) ۹۰	۳۴۴/۹bc	۴۵۰/۱bc	۶۱/۰۷fg	۹/۰۳e
	(S1) ۰	۲۱۵/۳fg	۴۰۳/۰d	۶۲/۴۷f	۱۳/۳۳b
(T2) ۶/۵ °Brix	(S2) ۳۰	۲۶۷/۴ de	۵۵۹/۸a	۶۳/۳۳ef	۱۱/۳۷ c
	(S3) ۶۰	۳۰۸/۸cd	۵۸۳/۴a	۶۴/۶۳def	۹/۰۶e
	(S4) ۹۰	۳۶۵/۶b	۵۷۰/۵a	۷۰/۲۳cde	۸/۷۰e
	(S1) ۰	۱۹۰/۶ gh	۴۰۲/۷ d	۶۷/۱۷ def	۱۱/۹۷ c
(T3) ۸ °Brix	(S2) ۳۰	۲۸۸/۶ d	۴۲۰/۶cd	۶۹/۴۳cde	۱۰/۴۰ d
	(S3) ۶۰	۳۶۶/۲ b	۴۲۸/۰cd	۶۹/۹۰cde	۹/۴۰ e
	(S4) ۹۰	۴۲۹/۷ a	۴۷۱/۱ b	۷۷/۴۷ ab	۷/۹۳ f
	(S1) ۰	۲۲۹/۵efg	۴۲۷/۳cd	۶۵/۲۳ def	۱۳/۱۷b
(T4) ۹/۵ °Brix	(S2) ۳۰	۳۶۷/۶b	۴۳۴/۱cd	۷۱/۴۰bcd	۱۰/۵۰d
	(S3) ۶۰	۴۲۳/۰a	۴۷۱/۸b	۷۹/۴۳a	۹/۳۶e
	(S4) ۹۰	۴۶۷/۴a	۴۷۵/۹b	۷۵/۹۰abc	۸/۷۶e

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

بحث

بررسی صفات کیفی، محتوای نشاسته و پروتئین میوه کیوی در پاسخ به زمان برداشت و دوره انبارداری: آب میوه شاخص کیفی مهمی در کیوی محسوب می‌شود. برخی مطالعات گزارش کردند که انبارداری میوه کیوی به دلیل نرم نمودن میوه ارتباط مستقیم با افزایش آب میوه دارد. علت نرم شدن میوه حلالیت مواد غیرمحلول از قبیل مینرال‌های دیواره سلولی و نشاسته است. عواملی نظیر بلوغ میوه و ترکیبات معدنی نیز در نرم شدن میوه نقش مهمی دارند (Fattahi Moghadam and Halajisani, 2012). شاخص TSS نیز از شاخص‌های کیفی میوه کیوی بوده و با توجه به اینکه رابطه مستقیم با کیفیت خوراکی میوه دارد، از آن به عنوان شاخص تعیین کننده زمان برداشت نیز استفاده می‌شود (Cicco et al., 2007). نتایج این مطالعه نشان داد که میزان TSS تحت تاثیر دوره‌های انبارداری افزایش می‌یابد. علت اصلی در ارتباط با افزایش TSS مربوط به افزایش فعالیت آنزیم ساکارز فسفات سنتاز است که نشاسته را به قندهای ساده مثل گلوگز فسفات تبدیل می‌کند (Burdon et al., 2004). در یک مطالعه دیگر گزارش شد که افزایش در میزان TSS و TA علاوه بر تجزیه پلی ساکاریدها نظیر نشاسته، می‌تواند به‌دلیل افزایش پکتین‌های محلول و ترکیبات فنلی در طول دوره انبارداری نیز باشد (Amodio et al., 2007). نسبت TSS/TA در طعم میوه بسیار اهمیت دارد، به طوری که نسبت مشخصی از این نسبت می تواند در شیرین شدن میوه نقش مهمی داشته باشد. علت کاهش این نسبت در طول دوره انبارداری به‌دلیل افزایش شاخص TSS و TA در انبارمانی است (Fisk et al., 2008). محتوای نشاسته میوه کیوی در ابتدای برداشت بالا بوده و در طول دوره انبارداری تجزیه نشاسته منجر به نرم شدن بافت میوه می‌شود. محققان در این زمینه نشان دادند که در طول دوره انبارداری افزایش فعالیت

آنزیم‌هایی تجزیه کننده دیواره‌های سلول نظیر ساکارز فسفات سنتاز، پلی گالاکتروناز و سلولاز موجب تجزیه و کاهش معنی‌دار محتوای نشاسته کل در میوه می‌شود (Prasanna et al., 2007). عامل اصلی در فعال سازی آنزیم‌های تجزیه کننده نشاسته در طول دوره انبارداری هورمون اتیلن است (Gayle et al., 2012). در این مطالعه نیز مشاهده شد که با افزایش دوره‌های انبارداری محتوای نشاسته میوه کاهش معنی‌داری دارد. پروتئین نسبت بالایی در میوه کیوی دارد و بخش اعظم آن را پروتئین‌هایی با وزن ۱۰ تا ۳۰ کیلو دالتون تشکیل می دهند. بالاترین پروتئین این میوه به پروتئینی به نام اکتیدین (EC:3.4.22.14) اختصاص دارد (Boland, 2013). اکتیدین نوعی سیستئین پروتئاز است که نقش مهمی در نرم شدن میوه، رسیدگی و تنظیم متابولیسم پلی ساکاریدها دارد (Boland and Hardman, 1979). مطالعات در این زمینه نشان داده‌اند که افزایش دوره انبارداری موجب افزایش بیان یکسری از پروتئین‌ها در میوه شد که این پروتئین‌ها به ویژه اکتیدین در تجزیه پلی ساکاریدهای دیواره سلول و نرم شدن میوه نقش بسزایی دارند (Kaur and Boland, 2013). نتایج این مطالعه نیز نشان داد که با افزایش دوره انبارداری به ویژه ۹۰ روز افزایش معنی‌داری در محتوای پروتئین میوه در تمامی شاخص‌های برداشت وجود داشت.

بررسی صفات فیزیولوژیک میوه کیوی در پاسخ به زمان برداشت و دوره انبارداری: کیوی میوه‌ای سبز رنگ و متمایز نسبت به سایر میوه‌ها محسوب می‌شود. علت سبز بدون بافت میوه به دلیل وجود رنگدانه‌های متعدد فتوسنتزی از قبیل کلروفیل‌ها (متشکل از کلروفیل a و b) است. کیوی دارای رنگیزه‌های کاروتنوئیدی نیز می‌باشد که علاوه بر نقش در فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، می‌تواند در تعیین طعم میوه دخالت داشته باشد (Montefiori et al., 2009). زمان برداشت و دوره انبارداری نقش تعیین کننده‌ای در میزان این رنگدانه‌ها دارد (Antognozzi et al., 1995)، به طوری که با افزایش شاخص برداشت در این مطالعه مشاهده شد که محتوای کلروفیلی و کاروتنوئیدی افزایش معنی‌داری دارد. برداشت کیوی در شاخص‌های بالاتر از ۷ بریکس مشاهده شده است که میوه فرآیندهای متابولیسمی و فیزیولوژیکی را به صورت کامل در مقایسه با برداشت با شاخص‌های پایین تر از ۷ بریکس طی می‌کند (Montefiori et al., 2009)، بنابراین یکی از دلایل احتمالی برای افزایش رنگدانه‌های کلروفیل و کاروتنوئید می‌تواند طی شدن مسیر کامل رسیدگی فیزیولوژیک میوه در شاخص‌های برداشت ۸ و ۹/۵ بریکس باشد. این مطالعه نشان داد که با افزایش دوره انبارداری نیز محتوای کلروفیل و کاروتنوئید افزایش معنی‌داری دارد که به نظر می‌رسد شرایط مناسب انبارداری در آن نقش بسیار مهمی داشته است. در مطالعات متعددی گزارش شد که شرایط نامناسب انبارداری از قبیل نور کم، تنش گرمایی و کمبود رطوبت می‌تواند بر محتوای رنگیزه‌های کلروفیل و کاروتنوئید موثر باشد و موجب کاهش معنی‌دار فرآیندهای فیزیولوژیکی میوه شود (Tombesi et al., 1993; Montefiori et al., 2009).

بررسی محتوای قند محلول و قندهای احیا شونده میوه کیوی در پاسخ به زمان برداشت و دوره انبارداری: محتوای قند کل در کیوی تاثیر زیادی بر طعم و بازارپسندی این میوه دارد. این موضوع به دلیل رابطه قوی میان شیرینی، کیفیت خوراکی و پذیرش توسط مصرف کننده اهمیت دارد و در زمان برداشت و دوره انبارداری به این خصوصیت توجه ویژه می‌شود (Gayle et al., 2012). محتوای قند کل (اعم از قندهای محلول و قندهای احیاشونده) تحت تاثیر فرآیند رسیدگی میوه افزایش می‌یابد. در مطالعه‌ای در این زمینه گزارش شد که در هنگام رسیدن و نرم شدن میوه کیوی نشاسته به قندهای محلول هیدرولیز شده و

بلافاصله غلظت قندهای محلول و احیاشونده افزایش می‌یابد (Lata, 2008). در این مطالعه نیز مشاهده شد که در تمامی تیمارهای زمان برداشت، دوره‌های انبارداری موجب افزایش غلظت قندهای محلول و احیاشونده در مقایسه با تیمار بدون انبارداری شد. محققان مهمترین دلیل افزایش محتوای قند کل در طول انبارداری را به تجزیه پلی ساکاریدهای دیواره سلول بوسیله آنزیم‌های تجزیه کننده نظیر سلولاز و پلی گالاکتوروناز نسبت می‌دهند (Boland, 2013). از سوی دیگر افزایش میزان مواد جامد محلول (TSS) نیز با افزایش قند کل ارتباط مستقیم دارد (Li et al., 2001; Amodio et al., 2007)، به همین دلیل در شاخص‌های بالاتر برداشت (۸ و ۹/۵ بریکس) محتوای قند کل در مقایسه با شاخص برداشت ۵ بریکس بیشتر است.

بررسی صفات بیوشیمیایی میوه کیوی در پاسخ به زمان برداشت و دوره انبارداری: محتوای فنل کل رابطه مستقیمی با شرایط انبارداری دارد، به‌طوری‌که مطالعات نشان داده است که محتوای فنل در میوه‌ها و سبزی‌ها پس از برداشت می‌تواند کاهش یا افزایش داشته باشد و به شرایط انبارداری نظیر درجه حرارت، نور و رطوبت بستگی دارد (Singleton et al., 1999). در یک مطالعه میوه‌های کیوی که زمان برداشت متفاوتی داشتند اختلاف معنی‌داری از لحاظ محتوای فنل نداشتند اما در طول دوره انبارداری محتوای فنل افزایش معنی‌داری داشت (Tavarini et al., 2008). افزایش میزان ترکیبات فنلی در طول انبارداری می‌تواند به‌دلیل تغییرات در متابولیسم فنل و همچنین افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز باشد. در یک آزمایش بر روی سیب مشاهده شد که محتوای فنل کل به صورت معنی‌داری در پایان دوره انبارداری افزایش داشت که دلیل آن افزایش فعالیت این آنزیم گزارش شد (Leja et al., 2008). میوه کیوی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالایی دارد و عمده ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن به ترکیبات فنلی، برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و ویتامین ث اختصاص دارد (Du et al., 2009). در مطالعه‌ای بر روی انگور تحت تاثیر دوره انبارداری گزارش شد که افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی همبستگی مثبت و معنی‌داری با افزایش میزان ترکیبات فنلی دارد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (Doshi and Adsule, 2008). مطابق با نتایج پژوهش‌های فوق، همبستگی مثبت و معنی‌دار بین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنلی در میوه‌های زردآلو و انبه مشاهده شد (Razzaq et al., 2014). کیوی یکی از منابع طبیعی ویتامین ث است و طبق منابع موجود مقدار ویتامین ث کیوی تقریباً دو برابر مرکبات می‌باشد (Asbahi et al., 2012). ویتامین ث (اسید آسکوربیک) نیز با فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه کیوی ارتباط مستقیم دارد، افزایش محتوای ویتامین ث موجب فراهم شدن ماده اولیه برای آنزیم آسکوربات دهیدروژناز می شود که نقش مهمی در کاهش تنش اکسیداتیو دارد (Fattahi Moghadam and Halajisani, 2012). در یک تحقیق بر روی میوه‌هایی نظیر زردآلو، هلو و پاپایا مشاهده شد که رسیدگی بیش از حد و برداشت زودهنگام میوه‌ها موجب کاهش معنی‌دار محتوای ویتامین ث شد (Kalt, 2005)، در این مطالعه نیز مشاهده شد که برداشت کیوی در شاخص ۶/۵ بریکس در مقایسه با شاخص‌های برداشت۵، ۸ و ۹/۵ بریکس در دوره‌های انبارداری ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز افزایش معنی‌داری در محتوای ویتامین ث داشت. مطابق با نتایج پژوهش فوق برداشت زودهنگام و تاخیر در برداشت موجب کاهش ویتامین ث شده است. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نقش حفاظتی دارند و از پیری و چروکیدگی میوه‌ها جلوگیری می‌کنند، مطالعات در این زمینه نشان داده است که میوه‌های دارای فعالیت آنتی اکسیدانی بالاتر کیفیت تغذیه ای بهتر و قابلیت انبارداری بالاتر دارند (Asbahi et al., 2012). سوپراکسیددیسموتاز از

مهمترین پالایش کننده‌های سوپراکسید است (Hosseinzadeh et al., 2017). در نتیجه فعالیت این آنزیم سوپراکسید به پراکسید هیدروژن و اکسیژن تبدیل می‌شود. سپس پراکسید هیدروژن تولید شده به وسیله کاتالازها یا پراکسیدازها پالایش می‌گردد (Ahmadpour et al., 2016). نتایج این مطالعه نشان داد که افزایش دوره انبارداری در تمامی تیمارهای برداشت موجب کاهش معنی‌دار فعالیت این آنزیم شد که مهمترین دلیل آن را می‌توان به شرایط مناسب انبارداری میوه کیوی در این پژوهش نسبت داد.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این پژوهش نشان داد که در کلیه شاخص‌های برداشت (T_{1-4})، افزایش دوره انبارداری موجب افزایش معنی‌دار TSS، TA، محتوای پروتئین، فنل کل، ویتامین ث، محتوای قند کل، قند احیاشونده و ظرفیت آنتی‌اکسیدان شد. با افزایش شاخص برداشت و دوره انبارداری محتوای کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئید افزایش معنی‌داری داشت. دوره ۹۰ روز انبارداری در تمای شاخص‌های برداشت موجب کاهش معنی‌دار آب میوه، محتوای نشاسته، نسبت TSS/TA و فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز شد. این پژوهش نشان داد که دوره‌های ۶۰ و ۹۰ روز انبارداری نقش مهمی در افزایش شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی میوه کیوی (به جز صفاتی نظیر آب میوه، محتوای نشاسته، نسبت TSS/TA و فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز) در تمامی زمان‌های برداشت دارد.

References

Ahmadpour, R., Hosseinzadeh, S.R. and Chashiani, S. (2016). Study of root morpho-physiological and biochemical characteristics of lentil (*Lens culinaris* Medik.) in response to moisture stress. Journal of Iranian Plant Echophysiological Resarch. 2(2): 123-135. (In Persian with English abstract).

Amodio, M.L., Colelli, G., Hasey, J.K. and Kader, A.A. (2007). A comparative study of composition and postharvest performance of organically and conventionally grown kiwifruits. Journal of the Science of Food and Agriculture. 87: 1228-1236.

Antognozzi, E., Boco, M., Famiani, F., Palliotti, A. and Tombesi, A. (1995). Effect of different light intensity on quality and storage life of kiwifruit. Acta Horticulturae. 379: 483-490.

Asbahi, S., Mostofi, Y., Boojar, M. M.A. and Khalighi, A. (2012). Effect of nitric oxide on ethylene biosynthesis and antioxidant enzymes on Iranian peach (*Prunus persica* cv. Anjiri). Journal of Food, Agriculture and Environment. 10: 125-129.

Ashournezhad, M., Ghasemnezhad, M., Grayelu, S. and Mir Hoseini, S.K. (2010). Hayward variety kiwifruit qualitative characteristics taken from various regions of Gilan province during two months of cold storage. Journal of Agricultural Science and Technology. 24(2): 259-264. (In Persian with English abstract).

Beauchamp, C. and Fridovich, I. (1971). Superoxide dismutase: improved assays and applicable to acryl amide gels. Annual Review of Biochemistary. 44: 276-287.

Boland M. (2013). Kiwifruit proteins and enzymes: actinidin and other significant proteins. Adv Food and Nutriant Research. 68: 59-80.

Boland, M.J. and Hardman, M.J. (1972). Kinetic studies on the thiol protease from Actinidia chinensis. Journal of FEBS Letters. 27 (2): 282-284.

Burdon J., McLeod D., Lallu N., Gamble J., Petley M. and Gunson A. (2004). Consumer evaluation of 'Hayward' kiwifruit of different at-harvest dry matter contents. Journal of Postharvest Biology and Technology. 34. 245-255.

Cicco N., Dichio B., Xiloyannis C., Sofo A., Lattanzio V., Ferguson AR., Hewett EW., Gunson FA. and Hale CN. (2007). Influence of calcium on the activity of enzymes involved in Kiwifruit ripening. Journal of Acta Horticulture. 753: 433-438.

Crisosto, C.H. and Crisosto, G.M. (2001). Understanding consumer acceptance of early harvested Hayward kiwifruit. Postharvest Biology and Technology. 22: 205-13.

Crisosto, C.H., Mitcham, E.J. and Kader, A. (2010). Recommendations for Maintaining

Postharvest Quality. Department of Plant Sciences, University of California, Davis, CA 95616.

Doshi, P.J. and Adsule, P.G. (2008). Effect of storage on physicochemical parameters, phenolic compound and antioxidant activity in grapes. Journal of Acta Horticulture. 785: 447-456.

Du, G., Li, M., Ma, F. and Liang, D. (2009). Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and Vitamin C in Actinidia fruits. Journal of Food Chemistary. 113: 557-562.

Dudonné S., Vitrac X., Coutière P., Woillez M. and Mérillon J.-M. (2009) Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays. Journal of the Science of Food and Agriculture. 57:1768–1774.

Fattahi Moghadam, J. and Halajisani, M.F. (2012). Determination of suitable harvesting time and its effect on postharvest kiwifruit quality. International Journal of Horticultural Science and Technology. 26: 230-237. (In Persian with English abstract).

Fisk, C.L., Silver A.M., Strik B.C. and Zhao Y. (2008). Postharvest quality of hardy Kiwifruit (Actinidia arguta Ananasnaya) associated with packaging and storage conditions. Journal of Postharvest Biology and Technology. 47: 338-345.

Gayle, M., Crisosto, J., Hasey, J., Zegbe, A. and Crisosto, C.H. (2012). New quality index based on dry matter and acidity proposed for Hayward kiwifruit. California Agric. 66p.

Gorbanly Pour, R., Ghasemi-Nejad, M., Aqajanzadh, S. and Fatah Moghaddam, J. (2009). The effect of harvesting time on antioxidant capacity and storage life of kiwifruit Hayward. Azad University of Karaj 89-page senior thesis.

Hedge, J.E. and Hofreiter, B.T. **(1962).** In: whistler, R.L. and J.N. Be-Miller (Eds), Carbohydrate chemistry, Academic press, New York.211p.

Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H. and Ismaili, **A. (2017).** Nutrition and biochemical responses of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to vermicompost fertilizer and water deficit stress. Journal of Plant Nutrition. 40(16): 2259–2268.

Kalt, W. (2005). Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants. Journal of Food Science. 70: 11-19.

Kaur, C. and Kapoore, H.C. (2001). Actioxidant in fruit and vegetable the millennium health. International Journal of food Science and Technology. 36(1): 703-725.

Lata B. (2008). Apple peel antioxidant status in relation to genotype, storage type and time. Journal of Scientia Horticulturae. 117: 45-52.

Leja, M., Mareczek, A. and Ben, J. (2008). Antioxidant properties of two apple cultivars during long-term storage. Food Company Annual. 21: 396-401.

Li, W.X., Chen, Y.T., Yu D. and Jin, G. (2001). Study on harvest maturity of kiwifruit for wine. China South Fruit. 38: 56-76.

Lichtenthaler, H.K. (1987). Chlorophylls and Carotenoids, pigments of photosynthetic membrane. Enzyme research. 148: 350-382.

Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. and Randapp, R.J. (1951). Protein measurement with the folin phenol reagent. Research Chemistary Journal. 191: 265-275.

Mazumdar, BC. and Majumder, BS. (2003). Methods on physicochemical Analysis of fruit. Data publishing house. Delhi. 1035 p.

McCready, R.M., Guggolz, J., Silviera, V and Owens, H.S. **(1950).** Determination of Starch and Amylase in Vegetables. Annual Review of Analytical Chemistry. 22:11-56.

Miller GL. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Annual Review of Analytical Chemistry. 31: 426-428**.**

Montefiori, M., Mcghie, T.K., Hallett, I.C. and Costa, G. **(2009).** Changes in pigments and plastid ultrastructure during ripening of green-flashed and yellow-flashed kiwifruit. Scientia Horticulturae. 119: 377-387.

Mottaghi, H. (2009). Kiwifruit. Soroush Guidance Publication, 80p.

Prasanna, V., Prabha, T.N. and Tharanathan, R.N. (2007). Fruit ripening phenomena an overview. Journal of Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 47: 1-19.

Razzaq K., Khan A.S., Malik A.U., Shahid M. and Ullah S. (2014). Role of putrescine in regulating fruit softening and antioxidative enzyme systems in 'Samar Bahisht Chaunsa' mango. Journal of Postharvest Biology and Technology. 96: 23-32.

Serrano, M., Guillen, F., Martinez-Romero, D., Castillo, S. and Valero, D. **(2005).** Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening

stage. Agricultural Food Chemistry. 53: 2741-2745.

Singleton, VL., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, M.R. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Oxidants and antioxidants. Journal of Methods in Enzymology. 299: 152-178**.**

Tavarini, S., Degl'Innocenti E., Remorini D., Massai, R. and Guidi, L. (2009). Polygalacturonase and b-galactosidase activities in Hayward kiwifruit as affected by light exposure, maturity stage and storage time. Journal of Scientica Horticulture. 120: 342-347.

Tavarini, S., Degl'Innocenti, E., Remorini, D., Massai, R. and Guidi, L. (2008). Antioxidant capacity, ascorbic acid, total phenols and carotenoids changes during harvest and after storage of Hayward kiwifruit. Journal of Food Chemistary. 107: 282-288.

Tombesi, A., Antognozzi, E. and Palliotti, A. (1993). Influence of light exposure on characteristics and storage life of kiwifruit. New Zealand Journal of Crop and Horticulture Science. 21: 87-92.