تاثیر مدت زمان انبارداری سردخانه‌ای روی برخی خواص فیزیولوژیکی دو رقم سیب

بهرام یاوری[۱]، نادر چاپارزاده[*۱،۲]، سعید نژاوند[۱]، مینایه قدرتی[۱] و علیرضا محمدپور[۱]

[۱]گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

[۲]گروه پژوهشی بیوتکنولوژی گیاهان شورپسند، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۰۲)

چکیده:

عوامل مختلف زیستی، زیست - محیطی، روش برداشت و جابجایی محصول، طول دوره و نوع انبارداری بر خواص مختلف محصولات کشاورزی تأثیر می‌گذارند. به دلیل فرازگرا بودن و تداوم زندگی فیزیولوژیکی میوه سیب طی انبارداری، روند تغییرات بیوشیمیایی پیامدهای اقتصادی مهمی خواهد داشت. لذا برای شناخت عمیق این تغییرات و تاثیر آن بر کیفیت محصول سیب پژوهش حاضر طراحی و اجرا گردید. در این تحقیق دو رقم سیب در اواسط مهرماه سال ۱۳۹۱ از یک باغ در شهرستان ملکان (آذربایجان شرقی) جمع‌آوری و به سردخانه منتقل شد. با انجام آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، تأثیر فاکتورهای مستقل زمان انبارداری (۰، ۴۵، ۹۰ و۱۳۵ روز) و رقم محصول(گلدن دلیشز و رد دلیشز) روی برخی ویژگی‌های میوه سیب، مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج، بین دو رقم در اکثر ویژگی‌های بیوشیمیایی مورد مطالعه تفاوت معنی‌دار وجود داشت. با افزایش زمان انبارداری محتوای پروتئین، قندهای محلول، قندهای احیا کننده و pH عصاره میوه افزایش معنی‌دار ولی محتوای قندهای غیر احیاکننده، اسیدیته قابل عیارسنجی، مواد جامد محلول و هدایت الکتریکی عصاره کاهش معنی‌دار یافت. زمان انبارداری در میزان قندهای نامحلول تغییر معنی‌داری نداشت. می‌توان چنین نتیجه گیری کرد که طی انبارداری سردخانه‌ای تغییرات بیوشیمیایی وابسته به زمان (اگر چه با آهنگ کند) صورت گرفته و کیفیت میوه تغییر پیدا می‌کند.

کلمات کلیدی: اسیدیته قابل عیارسنجی، انبارداری، قند، سیب، هدایت الکتریکی

مقدمه:

فیزیولوژی پس از برداشت شاخه ای از علم فیزیولوژی گیاهی است که تغییرات متابولیکی میوه ها را پس از برداشت مورد مطالعه قرار می دهد. سیب از مهمترین محصولات باغی است که سهم زیادی از تجارت محصولات کشاورزی را به خود اختصاص می‌دهد. بر اساس آخرین آمار سازمان خوار و بار جهانی، ایران از لحاظ سطح زیر کشت و تولید سیب در دنیا به ترتیب مقام‌های هفتم و پنجم را دارا می باشد. استان‌های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و تهران به ترتیب دارای بالاترین سطح زیر کشت و تولید در ایران می‌باشند (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۱). در برخی مواقع، سیب‌های تولیدی در ایران بنا به دلایلی مانند عدم تغذیه صحیح درخت، برداشت محصول درمرحله‌ی نامناسب، انبارداری

[*]نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی:nchapar@azaruniv.ac.ir

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.9.2]

و بسته بندی غیرصحیح در بازارهای جهانی از کیفیت مناسبی برخوردار نمی‌باشد (Hosseni *et al*., 2008). ورود ارقام زرد لبنانی و قرمز لبنانی در دهه ۱۳۵۰-۱۳۴۰ به کشور و گسترش کشت این دو رقم در بسیاری از نقاط ایران باعث شده که میزان تولید سیب به طور چشم‌گیری بالا رود (فلاحی و همکاران ، ۱۳۹۱). کیفیت سیب همانند سایر میوه‌ها به عوامل زیادی از جمله رقم، شرایط آب و هوایی طی رشد، میزان رسیدگی هنگام برداشت و شرایط انبارداری بستگی دارد (Varela *et al*., 2008) و (Varela *et al*., 2007). مصرف کننده در انتخاب میوه خصوصیات ظاهری مثل رنگ، شکل، اندازه و سفتی و خصوصیات غیرظاهری نظیر طعم، عطر، مزیت‌های تغذیه‌ای و سلامتی آن را نیز مورد توجه قرار می‌دهد. ترکیباتی نظیر قندها، اسیدهای آلی و ترکیبات فنلی در طعم و عطر میوه‌ها دخیل هستند. خاصیت آنتی اکسیدانی بعضی از این ترکیبات هم از علایق بسیاری از مشتری هاست که این ویژگی‌ها طی انبارداری دچار تغییر می شوند. تغییر در طعم و مزه میوه طی انبارداری به دلیل انجام یک تعداد فرایندهای متابولیکی اتفاق می افتد. در میوه‌های فرازگرا (climacteric) که قبل از بلوغ برداشت می شوند، تغییر کمی و کیفی در متابولیت‌های اولیه و ثانویه طی بلوغ فیزیولوژیکی صورت می گیرد. گزارش هایی از تبدیل نشاسته به قندهای ساده در میوه سیب و گلابی در حین رسیدگی در دست است (Ingle *et al*., 2000). بر اساس مطالعات Mahajan و Sharma (۲۰۰۰) میزان نشاسته در سیب نارس نسبتاً زیاد بوده ولی در سیب رسیده با تبدیل شدن به قندهای ساده ممکن است مقدار جزئی از آن باقی بماند. در سلول‌های میوهٔ سیب، اسید مالیک به همراه قندها به ویژه گلوکز ماده اصلی فعالیت تنفس سلولی است. میوه سیب باید قبل از بلوغ فیزیولوژیکی برداشت شود تا عمر انبارداری آن افزایش یابد. در صورت رسیدگی کامل، حتی در شرایط بهینه نگهداری، به دلیل تداوم فعالیت‌های فیزیولوژیکی، عملیات انبارداری مشکل خواهد بود. رقم زرد لبنانی سیب که از ارقام مهم در ایران می باشد، موقع برداشت سفت بوده اما طی نگهداری به تدریج نرم می‌گردد (Abbott *et al*., 2004). در ایران سیب در تامین مصرف خوراکی و مواد اولیه صنایع تبدیلی یک محصول با ارزش می باشد. لذا برای مصرف در فصول مختلف سال سیب می‌بایست در سردخانه نگهداری شود. نگهداری سیب در دماهای پایین ضمن حفظ عملکرد سلولی و کاهش تنفس، تولید اتیلن و از دست دادن آب و از این طریق رسیدگی و پیری را به تعویق می‌اندازد. بنابراین نگهداری در سرما باعث حفظ ارزش غذایی میوه نسبت به شرایط عادی محیط خواهد بود. جنبه مثبت دیگر نگهداری موادغذایی در سرما و تاریکی این است که با عدم تابش نور مرئی ترکیبات حساس نسبت به نور موجود در میوه حفاظت می گردند. علاوه بر این، نگهداری میوه‌ها در سردخانه موجب جلوگیری از رشد میکروب‌های بیماری زاست (Crouch, 2001). زمان و شرایط انبارداری سیب تاکنون موضوع بسیاری از مطالعات بوده است. شناخت دقیق فیزیولوژی پس از برداشت سیب و تغییرات بیوشیمیایی حاکم بر آن ما را به سمت یافتن راهکارهای انبارداری علمی و اقتصادی کمک خواهد کرد. هدف از این تحقیق بررسی تغییرات بیوشیمیایی ترکیباتی نظیر قندها، پروتئین های محلول، اسیدیته قابل عیارسنجی، pH شیره، هدایت الکتریکی شیره و میزان مواد جامد محلول میوه سیب می باشد.

مواد و روش‌ها:

دو رقم سیب (*Malus domestica* Borkh)، به نام هایزرد لبنانی پا کوتاه (Golden delicious) و قرمز لبنانی پا کوتاه (Red delicious) از یک باغ در شهرستان ملکان (آذربایجان شرقی) در اواسط مهرماه سال ۱۳۹۱ جمع آوری شد. درخت‌ها همگی تحت شرایط یکسان آبیاری و تغذیه‌ای قرار داشتند. سیب‌های سالم و بدون هر گونه

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.9.2]

خراشیدگی یا آفت، از تمام قسمت‌های تاج پوشش درخت به طور تصادفی چیده شدند. سیب‌های روز برداشت به عنوان نمونه‌های روز صفر نامگذاری شدند. سیب‌ها برای بررسی زمان انبارداری سردخانه‌ای سریعاً به سردخانه در شهرستان ملکان (دمای یک درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ٪۹۷-٪ ۹۵) منتقل شدند. هر ۴۵ روز یک بار (روز های ۰، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵) تعدادی از نمونه‌ها برای بررسی به آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان منتقل می‌شدند.

سنجش pH، هدایت الکتریکی و مواد جامد محلول: ده گرم نمونه در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد زیر صفر انجماد و سپس در دمای آزمایشگاه قرار داده شد تا بافت‌ها به خوبی تخریب و شیره حاصل شود. پس از ۵ بار تکرار، شیره (عصاره) آن در سانترفیوژ ۴۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه تهیه شد. pH، هدایت الکتریکی و مواد جامد محلول شیره اندازه‌گیری شد (Park *et al*., 2006).

سنجش محتوای پروتئین‌های محلول تام: یک گرم از بافت میوه تر در ۳ میلی لیتر بافر Tris-HCl (pH= ۶/۸) همگن و به مدت ۱۵ دقیقه، در ۱۳۰۰۰ دور در سانتریفوژ یخچال دار سانتریفوژ شد. سپس ۰/۱ میلی لیتر از مایع رویی با ۰/۹ میلی لیتر محلول برادفورد مخلوط و بعد از ۵ دقیقه نگهداری در دمای آزمایشگاه میزان جذب در طول موج ۵۹۵ نانومتر تعیین گردید. از BSA به عنوان استاندارد برای رسم منحنی استاندارد استفاده شد. مقدار پروتئین بر اساس میلی گرم در گرم نمونه تازه گزارش شد (Bradford, 1976).

سنجش محتوای قندهای محلول تام: یک گرم از نمونه تازه میوه در اتانول ٪۸۰ استخراج و به مدت ۳۰ دقیقه در بن ماری در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد قرار گرفت. پس از سانتریفیوژ مایع رویی جدا شد. رسوب دوباره با اتانول عصاره‌گیری و سانتریفیوژ شد. دو مایع رویی با هم مخلوط و به حجم ۱۰ میلی لیتر رسید. این مخلوط برای آنالیز قندهای محلول، قندهای احیاکننده و قندهای غیراحیاکننده استفاده شد. رسوب برای آنالیز قند های نامحلول استفاده شد. به رسوب، ۳ میلی لیتر HCl نیم نرمال اضافه و به مدت ۲۴ ساعت در محیط آزمایشگاه نگهداری گردید. سپس به مدت یک ساعت در بن ماری جوشان قرار داده شد. پس از سانتریفیوژ مایع رویی با NaOH نیم نرمال خنثی و با آب مقطر به حجم ۱۰ میلی لیتر رسانده شد. تعیین محتوای قند نمونه‌ها با روش آنترون در طول موج ۶۲۵ نانومتر صورت گرفت. مقدار کل قندهای محلول با استفاده از معادله خط رسم شده برای گلوکز به صورت میلی گرم در گرم وزن تر گزارش شد (Raymond and Smirnoff, 2002).

سنجش محتوای قندهای احیا کننده و قندهای غیراحیاکننده: میزان قندهای احیا کننده به روش Somogyi (۱۹۵۲) اندازه گیری شد. از تفاضل میزان قندهای محلول کل و قندهای احیا کننده، مقدار قندهای غیر احیا کننده محاسبه شد. در نهایت مقدار کل قندهای احیا کننده و غیراحیا کننده با استفاده از معادله خط رسم شده برای گلوکز به صورت میلی گرم در گرم وزن تر گزارش شد (Alef and Nannipieri, 1995).

آنالیز آماری: داده‌ها با برنامه تحلیل آماری SPSS نسخه ۲۰ بر اساس آزمایش فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار مورد تجزیه واریانس قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام و نمودارها توسط برنامه Excell رسم گردیدند.

نتایج و بحث:

pH عصاره: نتایج حاصل از تجزیه واریانس متغیرها در جدول ۱ خلاصه شده است. تاثیر رقم سیب، مدت زمان انبارداری و اثر متقابل رقم و زمان بر روی pH شیره در سطح ۰/۱ درصد معنی‌دار است. در مطالعه حاضر در مدت زمان انبارداری میزان pH در هر دو رقم افزایش یافته است که با نتیجه‌ای که Park و همکاران (۲۰۰۶) در

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.9.2]

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس متغیرها بر اساس میانگین مربعات (MS)

متغیر	درجه آزادی	pH عصاره	مواد جامد محلول	هدایت الکتریکی	اسیدیته قابل عیارسنجی	پروتئین های محلول تام	قندهای محلول	قند نامحلول	قندهای احیا کننده	قندهای غیر احیا کننده
رقم	۱	۰/۶۴۱***	۷۳۷۲۸*	۰/۱۴۲*	۲/۵۶۱$^{n.s}$	۴۱۹۹/۵۶۲$^{n.s}$	۰/۶۴۷$^{n.s}$	۹/۳۸۳***	۳۷۹۶/۷۱۰$^{n.s}$	۰/۵۵۱$^{n.s}$
زمان	۳	۳/۶۴۰***	۲۱۸۴۵۶***	۰/۹۴۲***	۱۱۴/۶۷۰***	۶۴۸۹***	۲۶/۵۳***	۱/۵۶۸***	۳۶۶۲۵***	۲۴/۶۷۳***
زمان× رقم	۳	۰/۷۵۲***	۴۴۵۵۰***	۰/۰۷۷*	۶۶/۶۳۶***	۴۱۵/۲۸۴$^{n.s}$	۳/۷۲۰*	/۵۴۳$^{n.s}$	۳۹۵$^{n.s}$	۳/۶۴۶*
خطا	۲۴	۰/۶۳۴	۱۲۳۳۳/۶۲۵	۰/۰۲۳	۲/۰۱۶	۴۷۵/۰۵۲	۰/۸۲۸	۰/۲۲۰	۱۱۷۱/۴۰۳	۰/۸۳۰

*** در سطح ۰/۰۰۱ ، ** در سطح ۰/۰۱ ، * در سطح ۰/۰۵ معنی دار و $^{n.s}$ بی معنی است.

جدول ۲ – pH ، محتوای مواد جامد محلول، هدایت الکتریکی،اسیدیته قابل عیارسنجی و پروتئن تام در دو رقم سیب

متغیر	pH عصاره		مواد جامد محلول (میلی گرم برلیتر)		هدایت الکتریکی (میکرو زیمنس)		اسیدیته قابل عیارسنجی٪		پروتئین‌های محلول تام (میلی گرم برگرم وزن تر)	
دوره/رقم	گلدن دلیشز	رد دلیشز	گلدن دلیشز	رد دلیشز	گلدن دلیشز	رد دلیشز	گلدن دلیشز	رد دلیشز	گلدن دلیشز	رد دلیشز
روز ۰	۴/۱۶۵^{d}	۴/۲۹^{cd}	۸۴۱^{a}	۸۱۰^{a}	۱۴۵۴^{a}	۱۳۵۴^{a}	۲۰/۴۲^{a}	۱۸/۵۴^{a}	۰/۱۴۷^{b}	۰/۱۳۱^{b}
روز ۴۵	۴/۴۷۷^{c}	۴/۳۷^{cd}	۶۴۵^{b}	۸۵۷^{a}	۱۰۷۳^{b}	۱۴۵۰^{a}	۲۰/۲۲^{a}	۱۲/۳۲^{c}	۰/۱۸۲^{a}	۰/۱۳۸^{b}
روز ۹۰	۵/۱۴۷^{a}	۴/۵۲^{c}	۴۹۴^{b}	۵۳۷^{b}	۶۸۵^{c}	۷۹۴^{c}	۱۰/۱۵^{cd}	۱۲/۰۲^{c}	۰/۱۸۴^{a}	۰/۱۸۰^{a}
روز۱۳۵	۵/۳۵۵^{a}	۴/۷۹^{b}	۵۱۰^{b}	۵۷۱^{b}	۶۸۰^{c}	۸۲۹^{c}	۹/۷۱^{d}	۱۵/۳۵^{b}	۰/۲۱۳^{a}	۰/۱۹۴^{a}

حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد برای هر فاکتور اندازه گیری شده بین دو رقم و دوره انبارداری می‌باشد.

میوه کیوی گزارش کرده‌اند موافقت دارد. بر اساس داده های جدول ۲، کمترین میزان pH مربوط به رقم گلدن دلیشز در موقع برداشت محصول و بیشترین میزان آن مربوط به رقم گلدن دلیشز بعد از ۱۳۵ روز نگهداری در سردخانه است. در مدت انبارداری میزان pH در هر دو رقم افزایش یافته است و البته افزایش pH در رقم گلدن دلیشز بیشتر است. احتمال می‌رود که علت این مشاهدات با درصد اسیدیته رقم گلدن دلیشز مرتبط باشد زیرا پایین آمدن اسیدیته قابل عیارسنجی(تبدیل شدن اسیدهای آلی به قندها) باعث بالا رفتن pH خواهد شد. میزان pH به چگونگی فعالیت‌های بیوشیمیایی، نوع بافت، نوع اسیدهای آلی و رقم میوه بستگی دارد. به نظر می‌رسد افزایش pH ، به علت فعالیت‌های بیوشیمیایی داخل میوه باشد، که باعث تبدیل مواد اسیدی موجود به فرآورده‌های قندی می‌شود (Park *et al*., 2006 و میرزایی و همکاران، ۱۳۸۶).

مواد جامد محلول: تاثیر رقم در سطح ۵ درصد، تاثیر زمان نگهداری و نیز تاثیر متقابل نوع رقم و زمان انبارداری در سطح ۰/۱ درصد بر محتوای مواد جامد محلول معنی‌دار می‌باشد(جدول ۱). میزان مواد جامد محلول در رقم گلدن دلیشز در نمونه‌های روز ۴۵ و در رقم رد دلیشز در نمونه‌های روز ۹۰ کاهش یافته و سپس ثابت مانده است (جدول۲). این مشاهدات با گزارش Mahajan و Sharma (۲۰۰۰) تناقض دارد، که افزایش مواد جامد محلول را طی دوره انبارداری گزارش کرده‌اند (Mahajan and Sharma, 2000). البته در آزمایشات Niari وهمکاران (۲۰۱۰) روی کاهوی سفید ایرانی، با افزایش دوره انبارداری درصد مواد جامد محلول کاهش

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.9.2]

نشان داده است. او علت آن را شکستن قندها برای تامین انرژی تنفس طی تغییرات فیزیولوژیکی در مدت انبارداری می‌داند. مشاهدات Shirzadeh و همکاران (۲۰۱۱) تفاوت محسوسی در میزان مواد جامد محلول سیب طی انبارداری را نشان نداده است. یک روند کاهشی در میزان مواد جامد محلول وابسته به دوره انبارداری دو رقم مورد مطالعه ما مشاهده می‌شود. این اختلاف را می‌توان به نوع بافت میوه نسبت داد زیرا محتوای آب میوه، خصوصیات فزیولوژیکی، متابولیسم و تنفس طی انبارداری در ارقام مختلف یکسان نمی‌باشد (Niari *et al*., 2012).

هدایت الکتریکی: به طور کلی هدایت الکتریکی عصاره بیانگر میزان عبور جریان الکتریکی است. میزان هدایت الکتریکی بستگی به نوع یون‌ها و گرانروی عصاره دارد. هدایت الکتریکی با افزایش مقدار و اندازه ذرات جامد و حضور مواد غیر یونی (مانند قندها) کاهش می یابد (Esteve *et al*., 2005). در میزان هدایت الکتریکی، تاثیر رقم در سطح ۵ درصد، تأثیر زمان انبارداری در سطح ۰/۱ درصد و تأثیر متقابل رقم در زمان در سطح ۵ درصد معنی‌دار است (جدول ۱). میزان هدایت الکتریکی نسبت به مدت زمان نگهداری در سردخانه رابطه معکوس داشت. رقم رد دلیشز در مدت ۴۵ روز نگهداری در سردخانه تفاوت معنی‌داری در میزان هدایت الکتریکی در مقایسه با روز اول برداشت نداشت. اما در نمونه های ۹۰ و ۱۳۵ روز نگهداری در سردخانه کاهش چشمگیری در هدایت الکتریکی مشاهده شد. در رقم گلدن دلیشز نمونه هایی که به مدت ۴۵ روز در سردخانه قرار داشتند، تفاوت معنی‌داری با نمونه‌های روز برداشت محصول داشتند. حتی در روزهای ۹۰ و ۱۳۵ نیز کاهش نسبت به روز ۴۵ معنی‌دار است (جدول ۲). در آزمایشی تغییری در هدایت الکتریکی میوه آووکادو طی ۵۰ روز انبارداری مشاهده نشده است (Montoya *et al*., 1994). بر اساس مطالعات روی میوه شلیل، طی انبارداری در دمای۰/۵ درجه سانتیگراد زیر صفر نیز تغییری در هدایت الکتریکی مشاهده نگردید (Von Mollendorff *et al*., 1992). افزایش هدایت الکتریکی بیانگر نشت یون‌ها و بعضی الکترولیت‌های متصل به پکتین‌ها، به فضای بین سلولی است که علت آن آسیب‌های غشایی می‌باشد (Furmanski and Buescher, 1979) و در صورت اتصال دوباره یون‌ها و الکترولیت‌ها به مولکول‌های بزرگ پکتین (به خاطر بار یونی بالای آنها) هدایت الکتریکی می‌تواند کاهش یابد. در پژوهش حاضر شاید یکی از علل کاهش هدایت الکتریکی عصاره در طول مدت انبارداری به کاهش میزان اسیدیته قابل عیارسنجی مربوط باشد. هدایت الکتریکی می تواند به عنوان یک شاخص رسیدگی فیزیکی میوه و تعیین کیفیت آن مورد استفاده قرار گیرد (Feng *et al*., 2005).

اسیدیته قابل عیارسنجی (Titratable Acidity): نتایج نشان داد که نوع رقم در میزان اسیدیته قابل عیار سنجی بی‌تاثیر، اما زمان و نیز اثر متقابل زمان در رقم در سطح ۰/۱ درصد معنی‌دار می‌باشد(جدول ۱). در رقم گلدن دلیشز درصد اسیدیته قابل عیارسنجی یک روند کاهشی را در روزهای ۹۰ و ۱۳۵ نشان داد. در رقم رد دلیشز با اینکه یک روند کاهشی دیده می‌شود، اما در نمونه‌های روز ۱۳۵ اندکی افزایش معنی‌دار نسبت به نمونه‌های روز ۴۵ و ۹۰ قابل مشاهده است (جدول ۲). گزارشات متعددی، یک روند کاهشی درصد اسیدیته قابل عیارسنجی در رقم‌های مختلف سیب بعد از برداشت در طول دوره انبارداری را نشان داده‌اند (Crouch, 2001) و (Ali *et al*., 2004) و (Tahir and Ericsson, 2001). سیب یک میوه فراز گرا بوده و فرآیند تنفس طی انبارداری ادامه می‌یابد، اسیدهای آلی (در سیب اسید غالب، مالیک اسید است) به هنگام رسیدن در اثر تنفس و یا تبدیل به قندها کاهش می‌یابند. این کاهش ممکن است به منظور افزایش در فعالیت آنزیم مالیک دهیدروژناز و واکنش‌های دکربوکسیلاسیون پیرووات درطی مرحلهٔ تنفس فرازگرا نیز باشد. اسیدها را می‌توان به عنوان منبع اندوخته انرژی میوه

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.9.2]

جدول ۳- میزان قندهای محلول، نامحلول، احیا و غیراحیا در دو رقم سیب

متغیر	قندهای محلول (میلی گرم برگرم وزن تر)		قندهای نامحلول (میلی گرم برگرم وزن تر)		قندهای احیا کننده (میلی گرم برگرم وزن تر)		قند غیراحیا کننده(میلی گرم برگرم وزن تر)	
دوره/ رقم	گلدن دلیشز	رد دلیشز	گلدن دلیشز	رد دلیشز	گلدن دلیشز	رد دلیشز	گلدن دلیشز	رد دلیشز
روز ۰	۴/۷۷۷^{c}	۴/۶۳۵^{c}	۲/۵۸۱^{bc}	۴/۴۷۸^{a}	۰/۲۰۹^{c}	۰/۲۳۰^{bc}	۴/۵۶۷^{bc}	۴/۴۰۵^{c}
روز ۴۵	۲/۹۶۷^{d}	۲/۹۴۸^{d}	۲/۳۹۰^{c}	۳/۱۲۳^{bc}	۰/۱۲۱^{b}	۰/۱۴۴^{d}	۲/۸۴۵^{d}	۲/۸۰۴^{d}
روز ۹۰	۶/۲۲۰^{b}	۸/۴۵۶^{ab}	۲/۹۸۹^{bc}	۴/۴۱۰^{a}	۰/۲۷۸^{ab}	۰/۳۱۷^{a}	۵/۹۴۲^{b}	۸/۱۳۸^{a}
روز ۱۳۵	۴/۹۲۳^{bc}	۳/۹۸۴^{cd}	۲/۹۵۰^{bc}	۳/۵۰۲^{b}	۰/۲۲۶^{bc}	۰/۲۳۱^{bc}	۴/۶۹۰^{bc}	۳/۷۵۲^{cd}

حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد برای هر فاکتور اندازه‌گیری شده بین دو رقم و دوره انبارداری می‌باشد.

به شمار آورد (Schreiner and Huyskens-Keil, 2006).

پروتئین‌های محلول تام: تأثیر رقم و نیز تاثیر متقابل رقم در زمان نگهداری بر روی محتوای پروتئین‌های محلول تام در سطح ۵ درصد بی‌معنی است. اما تأثیر زمان بر روی آن در سطح ۰/۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۱). در هر دو رقم در نمونه‌های ۹۰ و ۱۳۵ روز نگهداری شده در سردخانه محتوای پروتئین‌های محلول تام افزایش یافته است (جدول ۲). بر اساس گزارش Jan طی ۱۵۰ روز نگهداری سیب در انبار محتوای پروتئین‌های محلول افزایش و بعد از آن کاهش می‌یابد (Jan *et al*., 2012). روند مشابهی را Wei در میوه گیلاس شیرین گزارش کرد (Wei *et al*., 2011). شواهدی از افزایش فراوانی برخی پروتئین‌ها که در تولید اتیلن، متابولیسم قندها، تنش اکسیداتیو، پاسخ دفاعی و غیره نقش دارند، به هنگام رسیدگی سیب در دست است (Zheng *et al*., 2013). بنابراین شاید بتوان حداقل بخشی از افزایش محتوای پروتئینی در بخش گوشتی میوه سیب را به افزایش میزان آنزیم‌های دخیل در فرآیند رسیدگی میوه به هنگام انبارداری نسبت داد.

قندهای احیاکننده: طبق داده‌های جدول ۱ فقط زمان انبارداری در سطح ۰/۱ درصد در محتوای قندهای احیا کننده معنی‌دار است. نمونه‌های هر دو رقم پس از ۴۵ روز نگهداری در سردخانه با کاهش قندهای احیا کننده روبرو شدند. اما در نمونه‌های روز ۹۰ محتوای قندهای احیاکننده افزایش یافت. با افزایش زمان انبارداری در نمونه‌های ۱۳۵ روز کاهش قندهای احیاکننده اتفاق افتاد، به طوری که با محتوای قند نمونه‌های روز اول تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۳). با توجه به گزارش Wright و Whiteman (۱۹۵۵) در طول انبارداری میوه‌ها روند افزایش قندهای احیا حادث می‌شود. آن‌ها کاهش قابل ملاحظه‌ی محتوای سوربیتول در میوه سیب بعد از چیده شدن از درخت را به فرآیند های متابولیکی و تبدیل سوربیتول به قندهای ساده بیان کردند که در نتیجه آن قندهای احیا کننده افزایش می‌یابد (Wright and Whiteman, 1955). چون میوه سیب به هنگام نمو مقادیر قابل ملاحظه‌ای نشاسته ذخیره می‌کند، بنابراین شاید بتوان این طور تفسیر کرد که به هنگام بلوغ آن به قندهای احیاکننده هیدرولیز شده و بدین شکل موجب افزایش قندهای احیاکننده و قند محلول کل می شود. قندهای احیاکننده بخش عمده‌ی کربوهیدرات غیرساختاری را در میوه‌ی سیب تشکیل می دهند. احتمال دیگر برای توجیه افزایش قندهای احیاکننده در ۹۰ روز بعد از انبارداری آزاد شدن قندهای متصل به دیواره می‌باشد که با روند افزایش پیری اتفاق می‌افتد. اما پس از آن مصرف تدریجی این قندها در متابولیسم و تنفس را می‌توان برای کاهش این قندها پس از ۱۳۵ روز پس از انبار داری متصور شد.

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.9.2]

قندهای غیراحیاکننده: از مشاهدات حاصل از جدول ۱ بر می‌آید که تأثیر رقم در محتوای قندهای غیراحیا کننده در سطح ۵ درصد بی‌معنی می‌باشد. اما تأثیر زمان در سطح ۰/۱ درصد و تأثیر متقابل زمان و رقم میوه در سطح ۵ درصد بر روی محتوای قندهای غیراحیا کننده معنی‌دار است. در هر دو رقم یک روند کاهشی در روز ۴۵ دیده می‌شود. بیشینه مقدار قندهای غیراحیا کننده در هر دو رقم در روز ۹۰ مشاهده می‌شود(جدول ۳). نمونه‌های روز ۱۳۵ از نظر محتوای قندهای نامحلول تفاوتی با روز برداشت نداشتند و این مشاهدات مشابه قندهای احیاکننده بوده و همان توجیه برای روند تغییرات در این مورد نیز می‌تواند صادق باشد و همچنین تأیید کننده این مطلب است که نشاسته به قندهای احیاکننده و قندهای غیراحیا کننده شکسته شده است (شکل ۷). گزارش‌های دیگری نیز از کاهش محتوای قندهای غیراحیا کننده در سیب طی انبارداری در دست است (Srivastava and Souza, 1962). می‌توان این طور بیان کرد که نشاسته قند عمده در میوه سیب بوده و احتمال دارد به هنگام انبارداری (و احتمالا بلوغ میوه) رو به کاهش بگذارد. قندهای غیر احیا کننده محلول (عمدتاً ساکارز) می‌توانند طی فرآیند تنفس به هنگام انبارداری و بلوغ مصرف شوند.

قندهای محلول تام: از نتایج خلاصه شده در جدول ۱ چنین بر می‌آید که تأثیر رقم در محتوای قندهای محلول تام در سطح ۵ درصد بی‌معنی می‌باشد. اما تاثیر زمان در سطح ۰/۱ درصد و تأثیر متقابل زمان و رقم میوه در سطح ۵ درصد بر روی محتوای قندهای محلول تام معنی‌دار می‌باشد. ما در اینجا همان روند مشاهده شده در محتوای قندهای غیراحیا کننده را مشاهده می‌کنیم و طبعا چنین انتظاری را داشتیم چون در آزمایش ما قندهای محلول تام جمع قندهای احیا کننده و قندهای غیراحیا کننده می‌باشد (جدول ۳). بنا به گزارش، Tahir و Ericsson (۲۰۰۱) شیرینی میوه حدود ۱۰٪ درصد طی انبارداری میوه سیب افزایش می‌یابد. نتایج مشابه دیگری نیز گزارش شده است (Ali *et al*., 2004) و (Jan *et al*., 2012). بر اساس یافته‌های Barboni و همکاران (۲۰۱۰)، غلظت قندها تا ۱۵ هفته انبارداری افزایش می یابد ولی بعد از آن ثابت می‌ماند. همانطور در قبل اشاره شد محتوای قند تام و قندهای احیا کننده با شکسته شدن کربوهیدرات‌ها به ویژه نشاسته به قندهای ساده، همچنین تبدیل اسیدها به قندها افزایش می‌یابند. این نتایج نشان دهنده تغییر ترکیبات شیمیایی سیب در سردخانه می‌باشد (Varela *et al*., 2008).

قندهای نامحلول: در محتوای قندهای نامحلول تأثیر رقم و همچنین تاثیر مدت زمان نگهداری هر دو در سطح ۰/۱ درصد معنی‌دار می‌باشد، اما تاثیر متقابل زمان و رقم در سطح ۵ درصد بی‌معنی می‌باشد (جدول ۱). در رقم گلدن دلیشز اندک کاهش قندهای نامحلول (عمدتا نشاسته) در روز ۴۵ مشاهده می‌شود. در رقم رد دلیشز نیز کاهش حادث می‌شود اما در نمونه‌های روز ۹۰ افزایش مشاهده می‌شود (جدول ۳). تغییرات چندان قابل بیان در مورد قندهای نامحلول غیر از روز ۴۵ مشاهده نشد. اساساً محتوای نشاسته به نوع رقم بستگی دارد و حتی ممکن است ارقام تفاوت فاحشی در محتوای نشاسته داشته باشند (Ghafir *et al*., 2009). نشاسته کربوهیدرات ذخیره‌ای غالب در سیب است که در فرایند رسیدگی و انبارداری سیب، به منظور تامین انرژی تنفس تبدیل به قندهای ساده می‌شود. (Beaudry *et al*., 1989 و Crouch, 2001). عدم تغییر چشمگیر محتوای نشاسته سیب طی انبارداری در این پژوهش برای نویسندگان جای سوال داشته و احتمالاً نیازمند تحقیق و بررسی بیشتر موضوع است.

نتیجه‌گیری کلی:

در کل می‌توان به این شکل نتیجه‌گیری کرد که تغییرات فیزیولوژیکی – بیوشیمیایی پویا و فعال طی انبارداری میوه سیب اتفاق می‌افتد و حاکی از تداوم حیات اگر چه در شکل آرام می‌باشد. با توجه به اینکه تغییرات فیزیولوژیکی

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.9.2]

را نمی‌توان متوقف کرد اما حداقل می‌توان از مطالعه حاضر نتیجه گرفت که کمترین تغییرات در میوه سیب در ۴۵ روز انبارداری و عمده تغییرات بعد از آن اتفاق می افتد. البته با توجه به نوع رقم و شرایط انبارداری این تغییرات می‌توانند متفاوت باشند. شاید بتوان از طریق این دست مطالعات، یک عمر انبارداری مطلوب را برای هر رقم و متناسب با شرایط انبارداری تعریف و برای افزایش عمر انبارداری و حفظ کیفیت فیزیولوژیکی میوه‌ها اقدام کرد.

تشکر و سپاسگزاری:

از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه شهید مدنی آذربایجان به سبب حمایت‌های مالی سپاسگزاری می گردد.

منابع :

فلاحی، ا.، حسنی، م، ا.، روستا، س.، (۱۳۹۱) خصوصیات فیزیکی و ارزش تغذیه‌ای ارقام زرد و قرمز سیب لبنانی (*Malus domestica* Borkh) تولیدی لرستان، فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی لرستان ویژه نامه گیاهان دارویی ۱۴:۲۲-۱۵

میرزایی، ح.، توکلی، ت.، مینایی ، س.، فقیه نصیری، م .، (۱۳۸۶) بررسی اثر اندازه، رقم و زمان انبارداری بر روی خواص کیفی میوه کیوی، فصل نامه علوم و صنایع غذایی ایران ۴: ۲۶-۱۹

Abbott, J. A., Saftner, R. A., Gross, K. C., Vinyard, B. T., and Janick, J. (2004) Consumer evaluation and quality measurement of fresh-cut slices of Fuji, Golden Delicious, GoldRush, and Granny Smith apples. Postharvest Biology and Technology 33: 127-140

Alef, K., and Nannipieri, P. (1995) "Methods in applied soil microbiology and biochemistry," Academic Press London.

Ali, M. A., Raza, H., Khan, M. A., and Hussain, M. (2004) Effect of different periods of ambient storage on chemical composition of apple fruit. International Journal Agriculture and Biology 6: 568-571.

Barboni, T., Cannac, M., and Chiaramonti, N. (2010) Effect of cold storage and ozone treatment on physicochemical parameters, soluble sugars and organic acids in Actinidia deliciosa. Food Chemistry 121: 946-951.

Beaudry, R. M., Severson, R. F., Black, C. C., and Kays, S. J. (1989) Banana ripening: implications of changes in glycolytic intermediate concentrations, glycolytic and gluconeogenic carbon flux, and fructose 2, 6-bisphosphate concentration. Plant Physiology 91: 1436-1444.

Bradford, M. M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72: 248-254.

Crouch, I. (2001) 1-Methylcyclopropene (Smartfresh TM) as an alternative to modified atmosphere and controlled atmosphere storage of apples and pears. In: 8th International Controlled Atmosphere Research Conference 600, Rotterdam, Netherlands.

Esteve, M., Frigola, A., Rodrigo, C., and Rodrigo, D. (2005) Effect of storage period under variable conditions on the chemical and physical composition and colour of Spanish refrigerated orange juices. Food and Chemical Toxicology 43: 1413-1422.

Feng, G., Yang, H., and Li, Y. (2005) Kinetics of relative electrical conductivity and correlation with gas composition in modified atmosphere packaged bayberries (*Myrica rubra* Siebold and *Zuccarini*). Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie Food Science and Technology 38: 249-254.

Furmanski, R., and Buescher, R. (1979) Influence of chilling on electrolyte leakage and internal conductivity of peach fruits [Low temperature injury]. Horticulture Science 14: 167-168.

Ghafir, S. A., Gadalla, S. O., Murajei, B. N., and El-Nady, M. F. (2009) Physiological and anatomical comparison between four different apple cultivars under cold-storage conditions. African Journal of Plant Science. 3: 133-138.

Hosseni, F. M., Aboutalebi, A., and Panahi Kordlaghari, K. (2008) Study on the changes of post harvest red and golden delicious apple flesh firmness relation with rootstoch, cultivar calcium chlorid treatment. Pajouhesh-va-Sazandegi. 21:74-79.

Ingle, M., D'Souza, M. C., and Townsend, E. (2000) Fruit characteristics of york apples during development and after storage. Horticulture Science 35: 95-98.

Jan, I., Rab, A., Sajid, M., Ali, A., and Shah, S. (2012) Response of apple cultivars to different

postharvest quality of apple fruits. African Journal of Agricultural Research: 5139-5143.

Srivastava, H., and Souza, D. (1962) Refrigerated storage of plums. Food Science and Nutrition, University of Mysore 11: 219-26.

Tahir, I., and Ericsson, N. (2001) Effect of postharvest heating & ca-storage on storability and quality of apple CV Aroma. In 8th International Controlled Atmosphere Research Conference 600", Rotterdam, Netherlands.

Varela, P., Salvador, A., and Fiszman, S. (2007) Changes in apple tissue with storage time: rheological, textural and microstructural analyses. Journal of Food Engineering 78: 622-629.

Varela, P., Salvador, A., and Fiszman, S. (2008) Shelf-life estimation of 'Fuji'apples: II. The behavior of recently harvested fruit during storage at ambient conditions. Postharvest Biology and Technology 50: 64-69.

Von Mollendorff, L., Jacobs, G., and De Villiers, O. (1992) Cold storage influences internal characteristics of nectarines during ripening. Hortculture Science 27: 1295-1297.

Wei, J., Qi, X., Guan, J., and Zhu, X. (2011) Effect of cold storage and 1-MCP treatment on postharvest changes of fruit quality and cell wall metabolism in sweet cherry. Journal of Food, Agriculture and Environment 9: 118-122.

Wright, R .C., and Whiteman, T. M. (1955). Some changes in eastern apples during storage, US Department of Agriculture, Washington, D. C.

Zheng, Q., Song, J., Campbell-Palmer, L., Thompson, K., Li, L., Walker, B., Cui, Y., and Li, X. (2013) A proteomic investigation of apple fruit during ripening and in response to ethylene treatment. Journal of Proteomics 1-19.

storage durations. Sarhad Journal Agriculture. 28: 219-225.

Mahajan, B., and Sharma, R. (2000) Effect of pre-harvest applications of growth regulators and calcium chloride on physico-chemical characteristics and storage life of peach (*Prunus persica* Batsch) cv. Shane-e-Punjab. Haryana Journal of Horticultural Sciences 29: 41-43.

Montoya, M., De La Plaza, J., and Lopez-Rodriguez, V. (1994) Electrical conductivity of avocado fruits during cold storage and ripening. Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie Food Science and Technology 27: 34-38.

Niari, S. M., Bahri, M. H., and Rashidi, M. (2012) Chemical Materials Application and Storage Periods Effect on Water Content and Total Soluble Solids of Cold Stored Lettuce. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences. 12: 1143-1147.

Park, Y., Jung, S., and Gorinstein, S. (2006) Ethylene treatment of 'Hayward'kiwifruits (*Actinidia deliciosa*) during ripening and its influence on ethylene biosynthesis and antioxidant activity. Scientia Horticulturae 108: 22-28.

Raymond, M., and Smirnoff, N. (2002) Proline metabolism and transport in maize seedlings at low water potential. Annals of Botany 89: 813-823.

Schreiner, M., and Huyskens-Keil, S. (2006) Phytochemicals in fruit and vegetables: health promotion and postharvest elicitors. Critical Reviews in Plant Sciences 25: 267-278.

Somogyi, N. J. (1952) Notes on sugar determination. Journal of biological chemistry 65: 1054-1055.

Shirzadeh, E., Rabiei, V., and Sharafi, Y. (2011) Effect of calcium chloride ($CaCl_2$) on

[DOR: 20.1001.1.23222727.1393.3.7.9.2]