

## تأثیر طول دوره انبارمانی و منطقه‌ی کاشت بر خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی میوه سیب (*Malus domestica* Borkh.) رقم گرانی اسمیت

### Effect of Storage Period and Planting Region on Physiological and Biochemical Characteristics of 'Granny Smith' Apple (*Malus domestica* Borkh.) Fruit

لطیفه فیروزبخت<sup>۱</sup>، داود بخشی<sup>۲\*</sup>، محمود قاسم‌نژاد<sup>۳</sup> و رقیه هدایتی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۸/۰۶

(مقاله پژوهشی)

#### چکیده

بررسی و شناخت روند تغییرات شاخص‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی میوه در طول دوره نگهداری در انبار سرد، به‌خصوص در مناطق عمده تولید، منجر به مدیریت موفق و اقتصادی انبارمانی و عرضه میوه با کیفیت به بازار می‌شود. مطالعه حاضر، در سال ۱۳۹۳ به‌منظور مقایسه عمر انبارمانی میوه سیب رقم گرانی اسمیت تولید شده در دو منطقه مهم آبیگ استان البرز و خرم‌دشت تاکستان استان قزوین با ارتفاع متفاوت از سطح دریا صورت گرفت. میوه‌ها در هر دو منطقه ۱۶۰ روز پس از مرحله تمام گل برداشت و در چهار مرحله شامل: قبل از انبار و ۱، ۲ و ۳ ماه پس از نگهداری در انبار سرد مورد ارزیابی واقع شدند. باتوجه به نتایج، تفاوت معنی‌داری بین دو منطقه در اکثر شاخص‌های کیفی مورد بررسی وجود داشت. حداکثر سفتی بافت (۹/۰۴ کیلوگرم بر مترمربع) در میوه‌های انبار شده منطقه آبیگ مشاهده شد. بیش‌ترین میزان فنل کل (۵/۲۲ میلی‌گرم در ۱ گرم وزن‌تر) و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست میوه (۸۴/۱۰ درصد) مربوط به منطقه آبیگ قبل از انبار بود. حداکثر فعالیت آنزیم پراکسیداز (۹/۶۷ میکرومول در ۱ گرم وزن‌تر در دقیقه) در منطقه خرم‌دشت و حداقل فعالیت این آنزیم (۰/۷۸ میکرومول در ۱ گرم وزن‌تر در دقیقه) در منطقه آبیگ مشاهده گردید. در نتیجه کشت سیب 'گرانی اسمیت' در مناطق دشت نزدیک به دامنه کوه، منجر به بهبود شاخص‌های کیفی میوه مانند سفتی، طعم و ارزش غذایی و به‌دنبال آن افزایش انبارمانی شد.

واژه‌های کلیدی: فنل کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، انبار سرد، فعالیت آنزیم پراکسیداز

۱، ۲، ۳، ۴. به‌ترتیب دانشجویان کارشناسی‌ارشد و دانشیاران گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

Email: bakhshi-d@guilan.ac.ir

\*: نویسنده مسئول

## مقدمه

سیب با نام علمی (*Malus domestica* Borkh.) مهم‌ترین میوه دانه‌دار مناطق معتدله و متعلق به تیره Rosaceae است. در جنس سیب گونه‌های زیادی وجود دارد. با گذشت قرن‌ها به‌علت دگرگشتن بودن آن از اختلاط گونه‌های گوناگون ژنوتیپ‌های جدید حاصل شده است (جکسون و لونی<sup>۱</sup>، ۱۹۹۹). یکی از این ارقام تجاری مهم سیب، 'گرانی اسمیت' است. 'گرانی اسمیت' حاصل یک جهش نادر و تصادفی در بذر، که منجر به تولید میوه سبز ترش با عطر و طعم خاص شده است. این رقم برای مصارف تازه‌خوری و پخت و پز مورد استقبال اغلب کشورها قرار گرفته است (استرزاکر<sup>۲</sup>، ۲۰۱۰).

به نظر می‌رسد، امکان افزایش سطح کشت و تولید این رقم با توجه به عمر انباری مطلوب آن در اکثر مناطق کشور وجود دارد. تولید در منطقه مناسب برای کسب حداکثر کیفیت برای انبارمانی و بازار رسانی خارج از فصل به‌طور چشم‌گیری موردتوجه صنعت میوه‌کاری کشور است. انبارمانی مناسب امکان عرضه طولانی‌مدت به بازار، صادرات به مناطق دوردست، کاهش ضایعات و افزایش سود اقتصادی را فراهم می‌کند (هارکر<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۳).

از عوامل قبل از برداشت تأثیرگذار بر کیفیت بعد از برداشت سیب در شرایط انبار سرد علاوه بر نوع رقم و تغذیه، شرایط محیطی حاکم بر منطقه رشد است (وارلا<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۷). تولید سیب در مناطق مناسب، تولیدکننده را در موقعیت اقتصادی سودمند قرار می‌دهد. هر منطقه شامل یک ناحیه‌ی جغرافیایی متأثر از دو فاکتور مهم از جمله، فاصله از خط استوا و ارتفاع از سطح دریا است. فاکتور ارتفاع از سطح دریا نقش مؤثری در میزان دریافت تابش خورشید به‌ویژه اشعه ماوراءبنفش و درجه حررات در طول فصل رشد دارد (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۷). مطالعات بسیاری نشان داده است که تغییرات درجه حررات و کیفیت تابش خورشید می‌تواند بر کیفیت میوه و در بروز و توسعه برخی ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی میوه سیب ضمن انبار سرد نقش مهمی داشته باشد.

امروزه مصرف‌کنندگان سیب علاوه بر این‌که به عطر، طعم، شکل، اندازه و سفتی بافت میوه توجه دارند، به ارزش غذایی میوه مصرفی هم اهمیت نشان می‌دهند (بویر و لیو<sup>۵</sup>، ۲۰۰۴). سیب به‌عنوان یک میوه پرمصرف و محبوب، منبع غنی از

ترکیبات فنلی به‌ویژه فلاونوئیدها است (د'ابروسکا<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۰۷). نوع و مقدار ترکیبات فنلی در میوه بستگی به عوامل متعددی چون رقم، شرایط محیطی، مرحله بلوغ و نوع بافت میوه و غیره دارد (چنیچی<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۰۴). ترکیبات متنوع فنلی به‌علت ظرفیت آنتی‌اکسیدانی قوی در سیستم‌های بیولوژیکی نقش مهمی در حفظ سلامتی جامعه دارند، زیرا بر خورداری مصرف‌کنندگان از یک رژیم غذایی سرشار از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در پیش‌گیری بسیاری از بیماری‌های مرتبط مؤثر است (امزادحسین<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۰۹). هم‌چنین ترکیبات فنلی به‌طور قابل ملاحظه‌ای شاخص‌های کیفی میوه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (سیزک<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۰۶).

برای مقابله با تنش‌های اکسیداتیوی محیا در شرایط انبارمانی در حفظ کیفیت میوه و توازن احیایی سلول‌ها، سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند پراکسیداز (POD<sup>۱۰</sup>) حائز اهمیت است (بولر<sup>۱۱</sup> و همکاران، ۱۹۹۲). آنزیم پراکسیداز یکی از مهم‌ترین آنزیم‌های مرتبط با سرکوب و غیرفعال کردن گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن (ROS<sup>۱۲</sup>) است. سطح فعالیت این آنزیم در گونه‌های مختلف گیاهی وابسته ژنتیک و شرایط تنش‌زا حاکم بر محیط رشد است (بور<sup>۱۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۳).

با توجه به افزایش سطح زیرکشت رقم گرانی اسمیت در استان قزوین، تولید میوه‌های با عمر انبارمانی بالا و ارزش غذایی مطلوب‌تر وابسته به شرایط آب و هوایی منطقه است. بنابراین هدف از این پژوهش مقایسه اثر دو منطقه مهم آبیک البرز و خرم‌دشت تاکستان قزوین با دو ارتفاع متفاوت از سطح دریا بر صفات کیفی و فیزیولوژیکی بعد از برداشت در دوره‌های مختلف نگهداری در انبارهای سرد قابل دسترس باغداران در این مناطق است.

## مواد و روش‌ها

## مواد گیاهی

این پژوهش در سال ۱۳۹۳ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تکرار در دو باغ تجاری به‌ترتیب به مساحت ۱۵ هکتار در شهرستان آبیک استان البرز با بافت خاک لومی-رسی و ۲۰ هکتار در خرم‌دشت شهرستان تاکستان استان قزوین با

6. D'Abrosca  
7. Chinici  
8. Amzad Hossain  
9. Cieslik  
10. Peroxidase  
11. Bowler  
12. Reactive Oxygen Species  
13. Bor

1. Jackson and Looney  
2. Stirzaker  
3. Harker  
4. Varela  
5. Boyer and Liu

حسب کیلوگرم بر سانتی مترمربع تعیین شد. در نهایت، میانگین به دست آمده از ۱۶ تکرار، به عنوان سفتی بافت میوه ثبت شد.

#### اسیدیته قابل نیتراسیون

برای تعیین میزان اسید قابل نیتراسیون، ابتدا ۵ میلی لیتر از آب میوه خالص و صاف شده را با آب مقطر به حجم ۴۰ میلی لیتر رسانده شد. سپس با هیدروکسید سدیم (سود) ۰/۱ نرمال و به کمک دستگاه pH متر (Ultra BASIC UB-10, China) عمل نیتراسیون تا رسیدن pH عصاره رقیق شده به ۸/۸-۱/۲ متوقف شد. میزان اسید میوه بر حسب اسید مالیک که اسید غالب میوه سیب است، با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد. که در آن TA اسیدیته نمونه بر حسب درصد، Y میلی لیتر سود مصرفی، N نرمالیت سود مصرفی و Y میلی لیتر حجم نمونه (اکی والان اسید مالیک = ۰/۰۶۷ گرم) می باشد.

$$\% TA = \frac{V \times N \times 0/067}{Y} \times 100$$

#### مواد جامد محلول

میزان مواد جامد محلول میوه توسط رفاکتومتر دیجیتالی (Euromex, Netherlands) در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد انجام گرفت. به این صورت که بعد از کالیبره کردن توسط آب مقطر چند قطره از آب میوه خالص روی صفحه منشور دستگاه قرار داده شد و عدد مورد نظر بر حسب بریکس ثبت شد.

#### استخراج عصاره

برای استخراج ترکیبات فنلی از روش بخشی و آراکاوا<sup>۲</sup> (2006) با برخی تغییرات جزئی استفاده شد. مقدار ۱ گرم از پوست و گوشت میوه پس از شستشو به طور جداگانه با استفاده از نیتروژن مایع پودر و سپس ۳ میلی لیتر حلال استخراج که متشکل از متانول ۸۵ درصد و استیک اسید ۱۵ درصد به آن اضافه و با بافت میوه کاملاً مخلوط شد. به منظور انجام عمل استخراج، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ (Eppendorf 5417 R, Germany) با ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه بخش عصاره از تفاله بافتی جداسازی شد. بلافاصله نمونه‌ها از فیلتر سرسنگی یک بار مصرف با قطر منافذ ۰/۴۵ میکرو لیتر عبور داده شد. برای انجام مراحل بعدی عصاره‌ها در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد نگهداری شدند.

بافت لومی انجام شد. درختان میوه در هر دو باغ ۸ ساله و بر روی پایه مالینگ مرتون ۱۰۶ (MM<sup>1</sup>106) پیوند شدند.

برداشت میوه‌ها بر اساس شاخص تقویمی (تعداد روز پس از مرحله تمام گل) حدود ۱۶۰ روز پس از مرحله تمام گل (DAFB<sup>۲</sup>) انجام شدند. میوه‌های برداشت شده در جعبه‌های استاندارد با گنجایش ۳۶ سیب در سه ردیف ۱۲ تایی بسته‌بندی شدند. به انباری واقع در شهرستان کرج با دمای ۰±۱ درجه سلسیوس و با رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد منتقل شدند. میوه‌ها در طی چهار مرحله شامل قبل از انبار، ۱ ماه، ۲ ماه و ۳ ماه بعد از انبارداری از انبار خارج و از نظر شاخص‌های کمی و کیفی در آزمایشگاه گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان مورد ارزیابی قرار گرفتند.

#### مواد شیمیایی

مواد شیمیایی مورد استفاده شامل ۲و۲ دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل (DPPH)، اسید گالیک و تری کلرید آلومینیوم از شرکت شیمیایی سیگما (St Louis, MO, USA)، فولین (FC reagent) و کربنات سدیم از شرکت شیمیایی مرک (Darmstadt, Germany) تهیه شده بود. سایر مواد شیمیایی و حلال‌های مورد استفاده نیز با درجه HPLC و متعلق به شرکت مرک بودند.

#### مشخصات منطقه

موقعیت مناطق مورد بررسی شامل شهرستان آبیگ استان البرز (E ۵۱° ۳۲' ۵۱" N; ۳۶° ۰۴' ۰۰") در ارتفاع ۱۴۵۴ متر از سطح دریا و خرم‌دشت شهرستان تاکستان استان قزوین (E ۴۵° ۴۱' ۴۵" N; ۳۶° ۰۴' ۱۰") در ارتفاع ۱۲۶۵ متر از سطح دریا قرار دارند. رژیم حرارتی و رطوبتی خاک در منطقه آبیگ به ترتیب ترمیک و زریک با متوسط بارندگی سالیانه ۲۵۷/۵ میلی متر در سال است (طاعتی و سرمیدان، ۱۳۹۳). هم‌چنین رژیم حرارتی و رطوبتی خاک در منطقه تاکستان به ترتیب مزیک و زریک با متوسط بارندگی سالیانه ۲۳۸ میلی متر در سال است (محمد رضایی و همکاران، ۱۳۹۰).

#### سفتی بافت میوه

سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه پنترومتر دیجیتالی (FCE- PTR 200 Extech, USA) با قطر پروپ ۱۱ میلی متر با وارد آمدن فشار عمود به گوشت میوه میزان سفتی بافت بر

## فنل کل

شد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به صورت درصد بازدارندگی DPPH با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه شد. که در آن %DPPHsc درصد بازدارندگی، Acont میزان جذب DPPH و Asamp میزان جذب (نمونه + DPPH) است.

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

## آنزیم پراکسیداز

فعالیت سینتیکی آنزیم پراکسیداز طبق روش /ین<sup>۲</sup> و همکاران (2007) انجام شد. جهت تهیه بافر آب اکسیژنه (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ۲۲۵ میلی‌مولار ابتدا ۴۵۰ میکرولیتر آب اکسیژنه را با بافر فسفات به حجم ۲۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. هم‌چنین برای تهیه بافر گایاکول ۴۵ میلی‌مولار، ۱۱۲ میکرولیتر گایاکول را با آب مقطر به حجم ۲۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. در ادامه ۴۵۰ میکرولیتر بافر آب اکسیژنه و ۴۵۰ میکرولیتر بافر گایاکول در دمای پایین با هم مخلوط شد. حجم ۱۰۰ میکرولیتر از عصار آنزیمی به محلول قبلی اضافه شد. میزان جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر به مدت ۳ دقیقه با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (PG Instruments T 80 UV/VIS, England) قرائت شد. در محلول بلانک به جای عصاره آنزیمی ۱۰۰ میکرولیتر از بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH=7) استفاده شد. فعالیت آنزیمی با استفاده از فرمول قانون بیرلامبرت و با ضریب خاموشی گایاکول پراکسیداز ۱۳/۳ محاسبه شد. فعالیت آنزیم در نهایت برحسب میکرومول در ۱ گرم وزن تر در دقیقه محاسبه شد.

$$\text{فعالیت پراکسیداز (Unit/mg)} = OD/min/13.3$$

## آنالیز آماری

این پژوهش در قالب طرح آماری اسپلٹ پلات در زمان بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تکرار انجام شد. تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه به وسیله نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن و رسم نمودارها نیز با نرم‌افزار Excel انجام شد.

## نتایج و بحث

### سفتی بافت میوه

اثر منطقه تولید و دوره انبارمانی بر میزان سفتی بافت میوه سیب 'گرانی اسمیت' در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیش‌ترین سفتی بافت میوه در منطقه آبیگ به میزان ۹/۰۴ کیلوگرم بر مترمربع و کم‌ترین سفتی در منطقه خرم‌دشت به میزان ۶/۶۵ کیلوگرم بر مترمربع مشاهده شد

میزان فنل کل در پوست و گوشت میوه سیب مطابق روش کاهکونین<sup>۱</sup> و همکاران (1999) انجام شد. به‌علت غلظت بالای ترکیبات فنلی در میوه سیب 'گرانی اسمیت'، عصاره‌ها ابتدا ۵ بار رقیق شدند. سپس به ۵۰ میکرولیتر از هر نمونه ۱۵۰ میکرولیتر آب، ۱ میلی‌لیتر فولین ۱۰ درصد و پس از ۶ دقیقه ۸۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد اضافه شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱/۵ ساعت در محیط تاریک در دمای معمولی اتاق نگهداری شدند. سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (PG Instruments T 80 UV/VIS, England) در طول موج ۷۶۰ نانومتر میزان جذب قرائت شد. میزان فنل کل از روی میزان جذب نمونه و مقایسه آن با استاندارد برحسب میلی‌گرم معادل اسید گالیک در یک گرم بافت تازه بیان شد.

## فلاونوئید کل

اندازه‌گیری فلاونوئید کل مطابق روش دو<sup>۲</sup> و همکاران (2009) با برخی تغییرات جزئی انجام شد. به ۱۵۰ میکرولیتر از نمونه پوست و گوشت میوه به‌طور جداگانه ۱۷۵۰ میکرولیتر آب، ۷۵ میکرولیتر NaNO<sub>2</sub> ۰/۵ مولار، ۷۵ میکرولیتر AlCl<sub>3</sub> ۰/۳ مولار که پس از ۵ دقیقه ۵۰۰ میکرولیتر NaOH ۱ مولار اضافه شد. بعد از ۱۵ دقیقه در دمای معمولی اتاق نگهداری و پس از آن میزان جذب در طول موج ۵۰۶ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (PG Instruments T 80 UV/VIS, England) قرائت شد. میزان فلاونوئید کل از روی میزان جذب نمونه و مقایسه آن با استاندارد، برحسب میکروگرم معادل کاتچین در یک گرم وزن تازه بیان شد.

## ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

برای تعیین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست و گوشت میوه مطابق روش دو و همکاران (2009) با کمی تغییرات جزئی با استفاده از خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد ۲و۲ دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل (DPPH) انجام شد. به ۵۰ میکرولیتر از نمونه‌های پوست و گوشت میوه به‌طور جداگانه ۹۵۰ میکرولیتر محلول DPPH ۰/۱ نرمال اضافه شد. در دمای معمولی اتاق به مدت ۳۰ دقیقه در محفظه تاریک نگهداری شدند. نمونه شاهد (صفر) و استاندارد به ترتیب شامل ۱ میلی‌لیتر حلال استخراج ۱ میلی‌لیتر محلول DPPH ۰/۱ نرمال بود. سپس میزان جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (PG Instruments T 80 UV/VIS, England) در طول موج ۵۱۷ نانومتر تعیین

1. Kahkonen

2. Du

مواد جامد محلول میوه سیب در طی مدت انبارمانی بیش‌تر به دلیل تبدیل نشاسته میوه به قندهای ساده و محلول است، که موجب افزایش طعم شیرین میوه سیب می‌شود. از طرف دیگر کاهش آن به دلیل اتمام ذخایر نشاسته و مصرف قندهای ساده در طی فرایندهای مرتبط با تنفس است (صغری<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۰).

#### اسیدیتته قابل تتراسیون

طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، تأثیر منطقه بر شاخص اسید قابل تتراسیون معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۱). که بر خلاف نتایج نظری و همکاران (۱۳۹۴) است، ایشان گزارش کردند که اسیدیتته میوه زرشک به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر ارتفاع قرار گرفته بود. انبارمانی بر میزان اسید قابل تتراسیون میوه سیب 'گرانی اسمیت' در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین میزان اسید میوه بعد از ۲ ماه انبارمانی و کم‌ترین میزان اسیدیتته بعد از ۳ ماه انبارمانی مشاهده شد (جدول ۲). تغییرات کاهشی کم اسید میوه در منطقه آبیگ و خرم‌دشت بعد از ۳ ماه انبارمانی مشاهده شده است. گزارش‌های متعددی از وجود یک روند کاهشی در میزان اسید با افزایش مدت زمان انبارمانی وجود دارد (کروچ<sup>۷</sup>، ۲۰۰۱). علت اصلی کاهش اسید میوه سیب در طی انبارمانی تبدیل آن به قند به‌عنوان ذخیره انرژی در فرایند تنفس است (چرینر و هویسکنس-کیل<sup>۸</sup>، ۲۰۰۶).

#### فنل کل

اثر متقابل منطقه تولید و دوره انبارمانی بر میزان فنل کل پوست میوه سیب 'گرانی اسمیت' در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین میزان فنل کل پوست در منطقه آبیگ قبل و بعد از ۳ ماه انبارمانی است. که با گزارش دارابی و همکاران (۱۳۹۳) مبنی بر این‌که در مناطق مرتفع میزان فنل کل انگور بیش‌تر است، هم‌خوانی دارد. افزایش سنتز ترکیبات فنلی در مناطق مرتفع به دلیل نقش حفاظتی آن‌ها در برابر اشعه ماورای بنفش خورشید است. زیرا با افزایش ارتفاع میزان دریافت اشعه ماورای بنفش نیز روند افزایشی دارد. اما افزایش ناگهانی بعد از ۳ ماه انبارمانی نتیجه سنتز مجدد برای تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی میوه است (د/بروسکا و همکاران، ۲۰۰۷).

(شکل ۱). سفتی بافت میوه سیب یکی از شاخص‌های مهم کیفی است، که حفظ آن در طی انبارمانی موجب افزایش بازاریابی میوه می‌شود. میزان سفتی میوه سیب 'گرانی اسمیت' منطقه آبیگ با ارتفاع بالاتر از سطح دریا پس از ۳ ماه انبارمانی نسبت به منطقه خرم‌دشت از وضعیت بهتری برخوردار بود. که مطابق با گزارش مارینی<sup>۱</sup> (۲۰۱۴) مبنی بر این‌که میوه‌های سیب تولید شده در مناطق سرد در مقایسه با مناطق گرم بافت سفت‌تری دارند، تطابق دارد. زیرا مناطقی با ارتفاع از سطح دریا بالاتر از آب و هوایی خنک‌تری برخوردار هستند. تفاوت در نتایج دو منطقه به خوبی با گزارش‌های متعددی که به تأثیر عوامل محیطی متأثر از سطح ارتفاع منطقه رشد میوه از جمله نور، دما و رطوبت که بر بافت میوه تأکید شده است، هم‌خوانی دارد (برون و مالونی<sup>۲</sup>، ۲۰۰۶). بی‌شک تأثیرات عوامل مذکور جدا از شرایط محیطی حاکم بر منطقه نیست. نرم شدن نتیجه تجزیه پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی بر اثر فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده است (لئونتوویچ<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۷). به نظر می‌رسد سطح فعالیت این آنزیم‌ها در مناطقی با درجه حرارت پایین کم‌تر است.

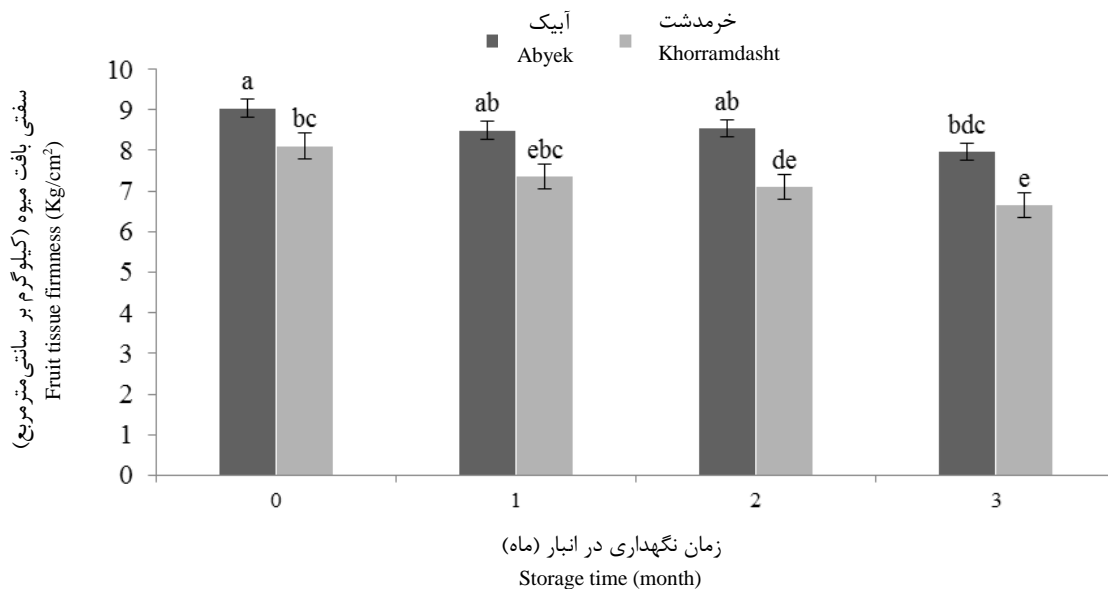
#### مواد جامد محلول

اثر منطقه تولید و دوره انبارمانی میوه سیب 'گرانی اسمیت' در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیش‌ترین میزان مواد جامد محلول مربوط به منطقه آبیگ و کم‌ترین میزان مواد جامد محلول مربوط به منطقه خرم‌دشت بود (جدول ۲). میزان مواد جامد محلول منطقه آبیگ در حالت کلی نسبت به منطقه خرم‌دشت بیش‌تر است، ولی تغییرات مواد جامد محلول منطقه خرم‌دشت نسبت به منطقه آبیگ یک روند ثابت دارد. به‌طوری‌که بعد از ۳ ماه انبارمانی بدون تغییر مانده است. که با نتایج دارابی و همکاران (۱۳۹۳) که اظهار داشتند ارتباط مستقیم بین ارتفاع از سطح دریا و مواد جامد محلول انگور وجود دارد، مطابقت دارد. دلیل افزایش مواد جامد محلول در ارتفاع بالا، ناشی از اختلاف درجه حرارت است. روند تبدیل قندهای نا محلول به محلول در ارتفاع پایین‌کنندتر صورت می‌گیرد (کوند<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۷).

کویکلین<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند، که مواد جامد محلول سال به سال متفاوت بوده و نسبت به هر عامل دیگر بیش‌تر وابسته به شرایط آب و هوایی منطقه رشد است. افزایش

1. Marini
2. Brown and Maloney
3. Leontowicz
4. Conde
5. Kvikliene

6. Asghari
7. Crouch
8. Schreiner and Huyskens-Keil



شکل ۱: میزان سفتی بافت میوه در رقم سیب 'گرانی اسمیت' در منطقه آبیک و خرمدشت تاکستان، حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد است. خط عمودی نشان‌دهنده خطای استاندارد از میانگین ( $\pm$  SE) است

Fig. 1: 'Granny Smith' apple cultivar fruit tissue firmness in Abyek and Khorramdasht region similar letters indicate no significant difference in the level of 1 percent. The vertical bars indicate the standard error of the mean ( $\pm$  SE)

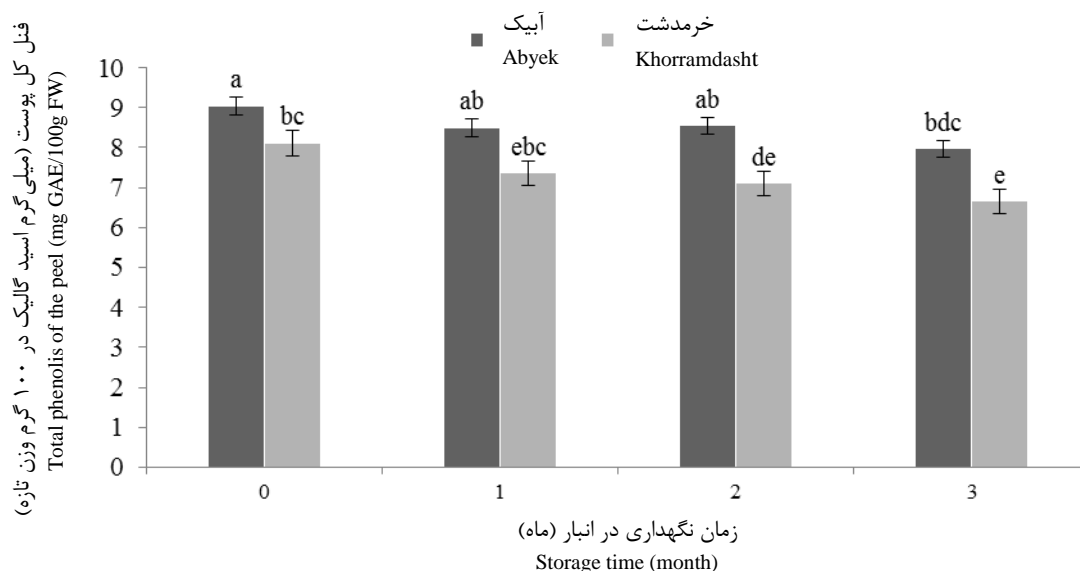
پرز-نزرپ<sup>۳</sup> و همکاران (1997) که گزارش کردند نحوه تغییرات فنل کل پوست و گوشت میوه در طی انبارمانی متفاوت از هم‌دیگر است. به دلیل فعالیت آنزیم ACC-اکسیداز در میوه سیب است. در میوه‌ها، محدوده و فراوانی ترکیبات فنلی می‌تواند با توجه به دوره رشد، سال برداشت، موقعیت جغرافیایی، شرایط انبارمانی و از همه مهم‌تر تنوع ژنتیکی متفاوت باشد (کورز<sup>۴</sup> و همکاران، 2011). میزان فنل کل پوست میوه در هر دو منطقه بیش‌تر از فنل کل گوشت میوه است. مطابق با گزارش‌های قبلی است که ترکیبات فنلی به‌طور یکنواخت در میوه سیب توزیع نشده است، محتوای فنل در پوست بیش‌تر از گوشت میوه است (لاتناوز<sup>۵</sup> و همکاران، 2001). تغییرات آن در طول انبارمانی سیب می‌تواند نتیجه تخریب و بیوسنتز آن‌ها در فرایندهای تنفس و متابولیسم سلولی باشد (متیز و اشمیت-ایبرگر<sup>۶</sup>، 2009).

کاهش در میزان فنل پوست میوه در منطقه آبیک و خرمدشت بعد از ۱ ماه انبارمانی مشاهده شد (شکل ۲). این کاهش نتیجه شروع تجزیه ترکیبات فنلی در فعالیت‌های اکسیداسیونی متأثر از آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز (PPO<sup>۱</sup>) است (کوندو<sup>۲</sup> و همکاران، 2002).

اثر متقابل منطقه تولید و دوره انبارمانی بر میزان فنل گوشت میوه 'گرانی اسمیت' در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین میزان فنل کل گوشت میوه مربوط به منطقه خرمدشت قبل از انبارمانی است و کم‌ترین میزان فنل گوشت منطقه آبیک قبل از انبارمانی است (جدول ۲). افزایش فنل کل در ارتفاع کم ناشی از دما بالا و دریافت نور بیش‌تر است. تغییرات فنل پوست و گوشت میوه سیب 'گرانی اسمیت' در هر دو منطقه در طی دوره انبارمانی متفاوت و از الگوی مشخص و یک‌سان پیروی نشده است. مطابق با نتایج

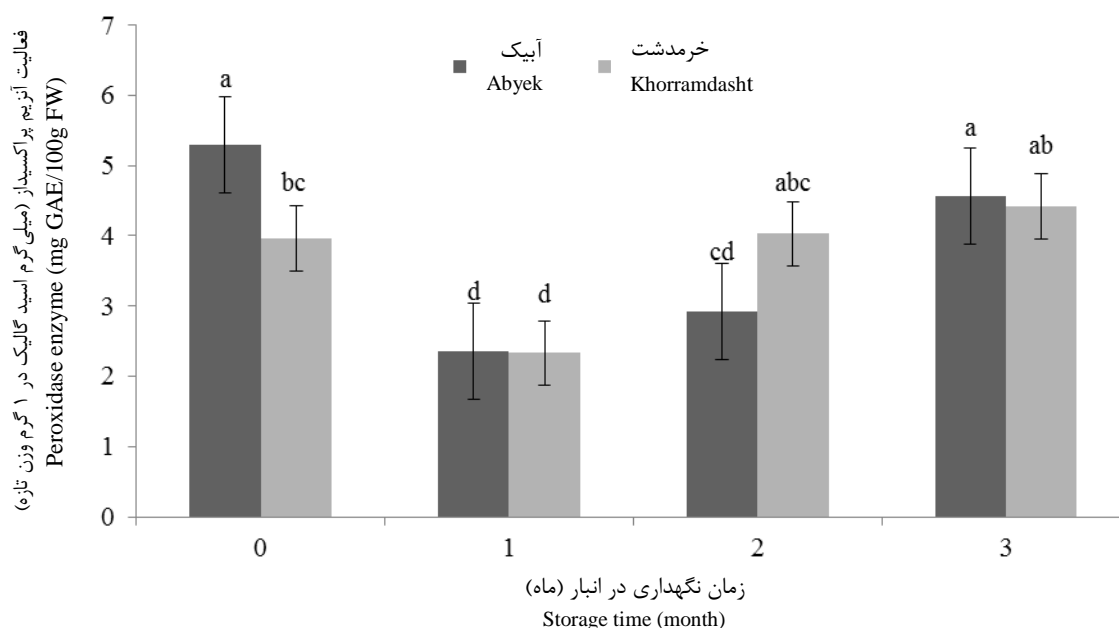
3. Pérez-Ilzarbe  
4. Kevers  
5. Latnaoiz  
6. Matthes and Schmitz-Eiberger

1. Poly- Phenol Oxidase  
2. Kondo



شکل ۲: فنل کل پوست سیب 'گرانی اسمیت' در دو منطقه آبیک و خرمدشت تاکستان، حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد است. خط عمودی نشان دهنده خطای استاندارد از میانگین ( $\pm$  SE) است

Fig. 2: Total phenolics of the 'Granny Smith' apple peel in Abyek and Khorramdasht region. Similar letters indicate no significant differences in the level of 1 percent. The vertical bars indicate the standard error of the mean ( $\pm$  SE)



شکل ۳: فعالیت آنزیم پراکسیداز سیب 'گرانی اسمیت' در دو منطقه آبیک و خرمدشت تاکستان، حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد است. خط عمودی نشان دهنده خطای استاندارد از میانگین ( $\pm$  SE) است

Fig. 3: Peroxidase enzyme activity in 'Granny Smith' apple grown in Abyek and Khorramdasht Takestan region. Similar letters indicate no significant differences in the level of 1 percent. The vertical bars indicate the standard error of the mean ( $\pm$  SE)

قبل از انبارمانی بیشترین میزان فلاونوئید کل پوست و گوشت مربوط به منطقه آبیک و کمترین میزان فلاونوئید کل پوست و گوشت مربوط به منطقه خرمدشت است (جدول ۲). بخشی و آراکوا (2006) گزارش کردند میزان تابش نور در محیط رشد

### فلاونوئید کل

اثر متقابل منطقه تولید و دوره انبارمانی بر میزان فلاونوئید کل پوست و گوشت میوه سیب 'گرانی اسمیت' در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۱). باتوجه به نتایج مقایسه میانگین

به‌ویژه اشعه ماواری بنفش سبب تحریک سنتز ترکیبات فنلی متنوع در جهت تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی می‌شود. به‌خوبی مشخص است که منطقه آبیگ با ارتفاع بالاتر نسبت به منطقه خرم‌دشت، اشعه ماواری بنفش بیش‌تری دریافت می‌کند.

تغییرات فلاونوئید کل پوست و گوشت در طی انبارمانی در هر دو منطقه متفاوت است. فلاونوئیدها از متابولیت‌های ثانویه مهم گیاهی است، که به‌دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی نقش مهمی در خنثی‌کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن دارند (فیورنتینو<sup>۱</sup> و همکاران، 2009). کاهش در فلاونوئید در ارتباط با افزایش رادیکال‌های آزاد و در پاسخ به تنش‌های فیزیولوژیکی مرحله رسیدن و پیری میوه در شرایط انبارمانی است (پیرتی<sup>۲</sup> و همکاران، 1994). پرز-لررب و همکاران (1997) گزارش کردند فعالیت آنزیم ACC-اکسیداز که نقش کلیدی در بیوسنتز اتیلن دارد و در پاسخ به دمای پایین در پوست میوه تحریک شده است. اتیلن باعث سنتز آنزیم آمونیاک‌لیاز فنیل آلانین شده که آنزیم عمومی در بیوسنتز فلاونوئیدها است. بنابراین میزان آن می‌تواند در شرایط انبار هم افزایش پیدا کند.

مشابه نتایج به‌دست‌آمده توسط دارابی و همکاران (۱۳۹۳) در مورد انگور است. گزارش‌های مکرر به وجود یک همبستگی مثبت بین ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی اشاره شده است. Leja<sup>۳</sup> و همکاران (2003) مشاهده کردند، خودتنظیمی ظرفیت آنتی‌اکسیداتی به‌عنوان یک سیستم دفاعی در ارتباط با شرایط نامطلوب زیست محیطی در طول فرایندهای سازگاری به دماهای بالا و پایین، کمبود آب، اشعه ماواری بنفش، آسیب‌های میکابیک و حمله پانوزن‌ها که ناشی از تنش‌های اکسیداتیوی در سلول‌های زنده است. Stewart<sup>۴</sup> و همکاران (1999) کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در طول انبارمانی بلندمدت را ناشی از تخریب ترکیبات فنلی متنوع و یا میزان پایین این ترکیبات در میوه باشد. از طرف دیگر افزایش آن را نتیجه سنتز یا وجود مقدار بالای ترکیبات فنلی در میوه نسبت داده است. Ayala-Zavala<sup>۵</sup> و همکاران (2004) هم‌چنین نشان دادند که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در دمای ۰° درجه سیلسیوس در طول انبارانی تغییرات بسیار کمی دارد، اما در دمای ۵ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته است.

### فعالیت آنزیم پراکسیداز

اثر منطقه تولید بر میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در منطقه خرم‌دشت و کم‌ترین فعالیت این آنزیم در منطقه آبیگ مشاهده شد (شکل ۳). خاکسار و همکاران (۱۳۹۴) گزارش کردند آنزیم پراکسیداز در ارتفاع بالا در درخت افرا به دلیل نور کم و کاهش دما از فعالیت پایینی برخوردار است، این نتایج مخالف نتایج تحقیق حاضر است. علت می‌تواند پتانسیل متفاوت گونه‌های مختلف در پاسخ‌گویی به تنش‌ها باشد. هم‌چنین ارتباط مستقیم بین محتوای فنل کل با فعالیت این آنزیم وجود دارد، سیب‌های تولید شده در منطقه آبیگ از ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بیش‌تری دارند.

### ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

اثر منطقه تولید و دوره انبارمانی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین و کم‌ترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست میوه در منطقه آبیگ مشاهده شد (جدول ۲). اثر متقابل منطقه تولید و دوره انبارمانی بر میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت میوه سبب 'گرانی اسمیت' در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست و گوشت میوه در منطقه آبیگ بعد از ۳ ماه انبارمانی و کم‌ترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت در منطقه خرم‌دشت قبل از انبارمانی مشاهده شد (جدول ۲). این نتایج

3. Leja  
4. Stewart  
5. Ayala-Zavala

1. Fiorentino  
2. Piretti



جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در دو منطقه آبیک و خرمدشت تاکستان در طول دوره انبارداری

Table 1: Analysis of variance of physiological and biochemical traits in Abyek and Khorramdasht-Takestan region during storage

میانگین مربعات Mean squares										درجه آزادی df	منبع تغییرات S.O.V.
فعالیت آنزیم پراکسیداز Peroxidase enzyme acidity	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت Total antioxidant capacity of the pulp	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست Total antioxidant capacity of the peel	فلاونوئید کل گوشت Total flavonoids of the pulp	فلاونوئید کل پوست Total flavonoids of the peel	فنل کل گوشت Total phenolics of the pulp	فنل کل پوست Total phenolics of the peel	اسیدیته قابل تیتراسیون Titratable acidity	مواد جامد محلول Soluble solid content	سفتی بافت میوه Tissue firmness		
5.22**	1.67 <sup>ns</sup>	0.08 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	0.081 <sup>ns</sup>	0.27 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	0.39 <sup>ns</sup>	0.36 <sup>ns</sup>	2	بلوک (A) Block
138.878**	20.66 <sup>ns</sup>	231.44**	0.011 <sup>ns</sup>	0.123**	1.43**	0.058 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	20.05**	8.72**	1	منطقه (B) Region
27.77**	2.62 <sup>ns</sup>	1.98 <sup>ns</sup>	0.06 <sup>ns</sup>	0.009 <sup>ns</sup>	0.06 <sup>ns</sup>	0.055 <sup>ns</sup>	0.30**	3.50**	0.67*	2	بلوک × منطقه A×B
5.49 <sup>ns</sup>	156.66**	336.31**	2.152**	2.09**	0.28 <sup>ns</sup>	6.72**	0.15**	4.56**	1.02**	3	انبارداری (C) Storage periods
6.15 <sup>ns</sup>	48.69**	14.69 <sup>ns</sup>	2.96**	1.65**	3.84**	1.46*	0.005 <sup>ns</sup>	1.38 <sup>ns</sup>	0.21 <sup>ns</sup>	3	منطقه × انبارداری C×B
0.67	6.26	7.84	0.06	0.03	0.09	0.31	0.01	0.49	0.12	14	خطا آزمایشی Error
18.00	3.38	3.99	5.85	2.8	11.73	14.913	5.07	5.11	4.41	-	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

\*\* و \* : به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد، ns: غیرمعنی‌دار  
\*\* and \*: Significant at the level of 1 and 5%, respectively, ns: Non-significant

جدول ۲: مقایسه میانگین شاخص‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دو منطقه آبیک و خرم‌دشت تاکستان در طول دوره انبارداری

Table 1: Mean comparison of physiological and biochemical index in the region Abyek and Khorramdasht-Takestan during storage

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت (درصد بازدارندگی DPPH Total antioxidant capacity of the pulp (%DPPH <sub>5C</sub> ))	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست (درصد بازدارندگی DPPH Total antioxidant capacity of the peel (%DPPH <sub>5C</sub> ))	فلاونوئید کل گوشت (میلی‌گرم معادل کاتچین در ۱ گرم وزن‌تر) Total flavonoids of the pulp (mg cat equ/1 g FW)	فلاونوئید کل پوست (میلی‌گرم معادل کاتچین در ۱ گرم وزن‌تر) Total flavonoids of the peel (mg cat equ/1 g FW)	فنل کل گوشت میوه (میلی‌گرم معادل اسید گالیک در ۱ گرم وزن‌تر) Total phenolics of the pulp (mg ga equ/1 g FW)	اسیدیته قابل تیتراسیون (درصد) Titratable acidity (%)	مواد جامد محلول (درجه بریکس) Soluble solid content (Brix°)	دوره انبارداری (ماه) Storage periods (month)	مناطق Regions
67.97c	65.75d	4.48a	5.63a	1.05e	2.57a	14.83ab	(0) قبل از انبار	
68.09c	73.69bc	4.50a	4.72bc	2.87bc	2.17b	15.63a	1	منطقه آبیک Region Abyek
71.81bc	75.96b	2.68f	2.77e	2.30cd	2.18b	16.00a	2	
85.02a	84.10a	3.01e	3.93d	3.05b	1.84c	12.00c	3	
59.15d	68.21cd	4.23b	4.25cd	3.78a	2.22b	12.43c	(0) قبل از انبار	
66.06c	76.01b	2.92ef	3.79d	1.97d	2.24b	12.95bc	1	منطقه خرم‌دشت تاکستان Region Khorramdasht- Takestan
66.20c	73.41bc	3.28d	4.22cd	2.77bc	2.61a	12.98bc	2	
76.63b	74.45b	3.67c	4.97b	2.70bc	1.99bc	13.17bc	3	

میانگین دارای حرف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند  
Mean in each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5%

### نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر نشان داد کشت سیب 'گرانی اسمیت' در منطقه آبیک با ارتفاع از سطح دریا بالاتر نسبت به منطقه تاکستان با ارتفاع پایین عمر انبارمانی بهتری دارند. زیرا ارتفاع بالاتر تأثیر مطلوبی بر شاخص‌های کیفی این رقم داشته است. میوه‌های تولید شده در ارتفاع بالاتر بافت سفت‌تر، خوش طعم‌تر، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بیشتر و از حداقل سطح فعالیت آنزیم پراکسیداز برخوردار بودند.

### سیاسگزاری

نویسندگان مقاله از آقای علی طاهری مدیر مجموعه باغات طاهری خرم‌دشت و آقای قاسم حاجیان مدیر مجموعه باغات حاجیان آبیک به خاطر همکاری مراتب قدردانی و تشکر را اعلام می‌دارند.

بی‌شک شرایط محیطی حاکم در منطقه رشد و نمو میوه یک محرک در بیان ژن و سنتز آنزیم پراکسیداز است. تنش‌های زیستی و غیرزیستی منجر به شکل‌گیری گونه‌های فعال اکسیژن که سبب پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء، تخریب پروتئین‌ها و نوکلئیک اسیدها است. استفاده از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مثل پراکسیداز در پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول یکی از روش‌های کاهش اثر مخرب گونه‌های اکسیژن فعال است (آگاروال و پندی، ۲۰۰۴).

افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در پاسخ به افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن است. به دنبال آن تأثیرات نامطلوبی بر شاخص‌های کیفی میوه خواهد داشت. بنابراین سطح فعالیت پایین این آنزیم عمر انباری را درحین نگهداری افزایش می‌دهد (کروز<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۶).

### منابع

- خاکسار، ر.، الداغی، م.، سلیمی، ا. و اسپهبدی، ک. ۱۳۹۴. تغییرات کمی و کیفی آنزیم پراکسیداز در برخی پایه‌های افرالبت (Acer velutinum Boiss.) در ارتفاعات مختلف جنگل‌های مازندران. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران. ۲۳ (۲): ۲۰۳-۲۱۴.
- دارابی، س.، قادری، ن. و امامیفر، آ. ۱۳۹۳. تغییرات برخی ترکیبات بیوشیمیایی میوه انگور رقم 'رشه' در شیب و ارتفاع‌های مختلف. مجله به زراعی کشاورزی. ۱۸ (۱): ۱۱۷-۱۲۸.
- طاعتی، ع. و سرمیدیان، ف. ۱۳۹۳. بررسی تناسب اراضی در نواحی زراعی -زیستگاهی آبیک برای زراعت گندم و جو دیم. نشریه مدیریت اراضی. ۲ (۲): ۱۲۳-۱۳۶.
- علیزاده، ا.، کمالی، غ. ع.، موسوی، ف. و موسوی بایگی، م. ۱۳۷۸. هوا و اقلیم شناسی. انتشارات دانشگاه فردوسی. ۳۸۱ صفحه.
- نظری، ع.، افشاری، ح.، مسعودسینکی، ج.، باقری، س. و لائی، ق. ۱۳۹۴. رابطه ارتفاع از سطح دریا با صفات فیزیولوژیکی اکوتیپ‌های وحشی زرشک دانه‌دار (*Berberis vulgaris*) در منطقه شاهرود. مجله به‌زراعی نهال و بذر. ۳۱ (۱): ۱۱۹-۱۲۶.
- محمد رضایی، ن.، سرمیدیان، ف. و حیدری، ا. ۱۳۹۰. ارزیابی فیزیکی و اقتصادی تناسب اراضی برای کاربری های گندم و جو دیم با استفاده از نرم‌افزار ALES در منطقه تاکستان. پژوهش در علوم زراعی. ۱۳ (۴): ۱۵-۲۷.
- Agarwal, S. and Pandey, V. 2004. Antioxidant enzyme responses to NaCl stress in *Cassia angustifolia*. *Plant Biology*, 48: 555-560.
- Amzad Hossain, M., Salehuddin, S. M., Kabir, M. J., Rahman, S. M. M. and Vasatha Rupasinghe, H. P. 2009. Sinensetin, rutin 3'-hydroxyl- 5, 6, 7, 4'-tetramethoxy flavone and rosmarinic acid content and antioxidative effect of the skin of apple fruit. *Journal Food Chemistry*, 113: 185- 190.
- Asghari, M., and Aghdam, M. S. 2010. Impact of salicylic acid on postharvest physiology of horticultural crops. *Trends in Food Science and Technology*, 21: 502-509.
- Ayala-Zavala, J. F., Wang, S. Y., Wang, C. Y. and Gonzalez-Aguilar, G. A. 2004. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. *LWT-Food Science and Technology*, 37: 687-695.
- Bakhshi, D. and Arakawa, O. 2006. Effects of UV-B irradiation on phenolic compound accumulation and antioxidant activity in 'Jonathan' apple influenced by bagging, temperature and maturation. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 4: 75-79.
- Bowler, C., Van Montagu, M. and Inzé, D. 1992. Superoxide dismutase and stress tolerance. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 43: 83-116.

- Bor, M., Ozdemir, F. and Turkan, I. 2003. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima*. *Plant Science*, 164: 77-84.
- Boyer, J., and Liu, R. H. 2004. Apple phytochemicals and their health benefits. *Journal of Nutrition*, 3: 1-5.
- Brown, S. and Maloney, K. 2006. What constitutes eating quality to a New York consumer and how do we measure quality objectively?. *Fruit Quarterly*, New York, pp: 3-6.
- Chinici, F., Bendini, A., Gaiani, A. and Riponi, C. 2004. Radical scavenging activities of peels and pulps from cv. Golden Delicious apples as related to their phenolic composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 4684-4689.
- Cieslik, E., Greda, A. and Adamus, W. 2006. Contents of polyphenols in fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 94: 135-142.
- Conde, C., Silva, P., Fontes, N., Dias, A. C. P., Tavares, R. M., Sousa, M. J., Agasse, A., Delrot, S. and Gerós, H. 2007. Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. *Food Global Science Books*, 1 (1): 1-22.
- 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.
- Cruz, R. M. S., Vieira, M. and Silva, C. L. M. 2006. Effect of heat and thermosonication treatment on peroxidase inactivation kinetics in watercress (*Nasturtium officinale*). *Journal of Food Engineering*, 72: 8-15.
- D'Abrosca, B., Pacifico, S., Cefarelli, G., Mastellone, C. and Fiorentino, A. 2007. Limoncella apple, an Italian apple cultivar: phenolic and flavonoid contents and antioxidant activity. *Journal Food Chemistry*, 104: 1333-1337.
- Du, A., Li, M., Ma, F. and Liang, D. 2009. Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and Vitamin C in *Actinidia* fruits. *Food Chemistry*, 113: 557-562.
- Fiorentino, A., Abrosca, B. D., Pacifico, S., Mastellone, C., Scognamiglio, M. and Monaco, P. 2009. Identification and assessment of antioxidant capacity of phytochemicals from Kiwifruits. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 57: 4148-4155.
- Harker, F. R., Gunson, F. A. and Jaeger, S. R. 2003. The case for fruit quality: an interpretive review of consumer attitudes, and preferences for apples: Review article. *Postharvest Biology and Technology*, 28: 333-347.
- In, B. C., Motomura, S., Inamoto, K., Doi, M. and Mari, G. 2007. Multivariate analysis of relation between preharvest environmental factors, postharvest morphological and physiological factors and vase life of cut Asomi Red Roses. *Japanese Society for Horticultural Science*, 76: 66-72.
- Jackson, D. I. and Looney, N. E. 1999. *Temperate and subtropical fruit production* (2<sup>nd</sup> Edition). CABI publishing, New York, 332 pp.
- Kahkonen, M. P., Hopia, A. I., Vuorela, H. J., Rauha, J. P., Pihlaja, K., Kujala, T. S. and Heinonen, M. 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 3954-3962.
- Kevers, C., Pincemail, J., Tabart, J., Defraigne, J. and Dommes, J. 2011. Influence of Cultivar, Harvest Time, Storage Conditions, and Peeling on the Antioxidant Capacity and Phenolic and Ascorbic Acid Contents of Apples and Pears. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59 (11): 6165-6171.
- Kondo, S., Tsuda, K., Muto, N. and Ueda, J. 2002. Antioxidative activity of apple skin or flesh extracts associated with fruit development of selected apples cultivars. *Scientia Horticulturae*, 96: 177-185.
- Kvikliene, N., Kviklys, D. and Viskelis, P. 2006. Changes In fruit quality during ripening and storage in the apple cultivar 'Auksis'. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 14: 195-202.
- Lattnaoiz, V., Di venere, D., Linsalata, V., Bertolini, P., Ippolito, A. and Salerno, M. 2001. Low temperature metabolism of apple phenolics and quiescence of *Phlyctaena vagabunda*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 5817-5821.
- Leja, M., Mareszek, A. and Ben, J. 2003. Antioxidant properties of two apple cultivars during long-term storage. *Food Chemistry*, 80: 303-307.
- Leontowicz, M., Leontowicz, H., Drzewiecki, J., Jastrzebski, Z., Haruenkit, R. and Poovarodom, S. 2007. Two exotic fruits positively affect rat's plasma composition. *Food Chemistry*, 102: 192-200
- Matthes, A. and Schmitz-Eiberger, M. 2009. Polyphenol content and antioxidant capacity of apple fruit: effect of cultivar and storage conditions. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 82: 152-157.
- Marini, R. P. 2014. *Growing apples in virginia*. Agricultural Research and Extension Center, Virginia Technology. 1-9.
- Perez-Illzarbe, J., Hernández, T., Estrella, I. and Vendrell, M. 1997. Cold storage of apples (cv. Granny Smith) and changes in phenolic compounds. *European Food Research and Technology*, 204: 52-55.
- Piretti, M. V., Gallerani, G. and Pratella, G. C. 1994. Polyphenol fate and superficial scald in apple. *Postharvest Biology and Technology*, 4: 213-224.
- Stewart, D., Oparka, J., Johnstone, C., Iannetta, P. P. M. and Davies, H. V. 1999. Effect of modified packaging (MAP) on soft fruit quality. In *Annual report of the Scottish Crop Research Institute for 1999*. pp. 119-124.
- Stirzaker, R. 2010. *Out of the Scientist's Garden: A Story of Water and Food*. Colling wood. VIC: CSIRO Pub, 27 pp.
- 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.
- Varela, P., Salvador, A. and Fiszman, S. 2007. Changes in apple tissue with storage time: Rheological, textural and microstructural analyses. *Food Engineering*, 78: 622-629.

## Effect of Storage Period and Planting Region on Physiological and Biochemical Characteristics of 'Granny Smith' Apple (*Malus domestica* Borkh.) Fruit

Firozbakht<sup>1</sup>, L., Bakhshi<sup>2\*</sup>, D., Ghasemnezad<sup>3</sup>, M. and Hedayati<sup>4</sup>, R.

### Abstract

Investigating and recognizing the trend of changes in physiological and biological characteristics of fruit during the period of cold storage leads to successful and economical storing management and supplying quality fruit to the market. The present study was conducted in 2014 in order to compare the storage life of 'Granny Smith' apple fruit produced in two important regions of Abyek-Alborz and Khorramdasht-Qazvin with different altitudes. Fruits were collected from both regions 160 days after full bloom and evaluated within 4 stages including pre-storage and 1, 2 and 3 months after keeping in cold. According to the results, there was a significant difference between the two regions in most of the studied quality traits. Maximum tissue firmness (9.04 kg /m<sup>2</sup>) was observed in stored fruits from Abyek region. The highest amount of total phenol (5.22 mg GA/1 g FW) and antioxidant activity of fruit peel (84.10%) were related to Abeek area before storage. The maximum activity of peroxidase enzyme (9.67 μmol per 1 g fresh weight per minute) was observed in Khorramdasht region and the minimum activity of this enzyme (0.78 μmol per 1 g fresh weight per minute) was observed in Abyek region. As a result, the cultivation of 'Granny Smith' apples in the plain areas near the mountains, led to the improvement of fruit quality traits such as firmness, taste and nutritional value, followed by increased storage.

**Keywords:** Total phenol, Antioxidant capacity, Cold storage, Peroxidase enzyme activity

---

1, 4, 2 and 3. MSc Students and Associate Professors, Respectively, Department of Horticultural Science, Faculty of Agricultural, Guilan University, Rasht, Iran

※: Corresponding author

Email: bakhshi-d@guilan.ac.ir