

بررسی اثر تیمارهای کلرید کلسیم، اسیدسالیسیلیک، ملاتونین و گاما آمینوبوتیریک اسید بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و عمر انبارمانی انگور رقم ریش‌بابا

ساره خاکی‌هندیجانی^۱، رسول اعتمادی‌پور^{۲*} و سعید عشقی^۳

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۳ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۲/۲۰)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تیمارهای پیش از برداشت کلرید کلسیم یک درصد، اسیدسالیسیلیک ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر + کلرید کلسیم یک درصد و اسیدسالیسیلیک ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر + کلرید کلسیم یک درصد، ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار + کلرید کلسیم یک درصد، ملاتونین ۲۰۰ میکرومولار + کلرید کلسیم یک درصد و شاهد و اثر تلفیقی آنها با تیمار پس از برداشت گابا (صفر و ۲۰ درصد) بر ویژگی‌های کمی و کیفی انگور رقم ریش‌بابا در طول دوره سی روزه انبارمانی، پژوهشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که در آخرین روز انبارمانی، اثر تلفیقی گابا (۲۰ درصد) با اسیدسالیسیلیک ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر + کلرید کلسیم یک درصد کمترین درصد کاهش وزن (۲/۶۷ درصد) و بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه (۹۶/۰۹ درصد) را داشت. اثر تلفیقی گابا ۲۰ درصد با اسیدسالیسیلیک ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر + کلرید کلسیم یک درصد در روز سی انبارمانی میزان اسیدیته بیشتری را نسبت به شاهد و سایر تیمارها نشان داد. میزان مواد جامد محلول میوه انگور با گذشت زمان انبارمانی افزایش یافت که این افزایش در میوه‌های تیمار شده با گابا کمتر بود. پس از سی روز انبارمانی، بیشترین میزان فنل و فلاونوئید کل در ترکیب تیماری ملاتونین ۲۰۰ میکرومولار + کلرید کلسیم یک درصد + گابا ۲۰ درصد مشاهده شد. براساس نتایج پژوهش حاضر تیمار تلفیقی گابا با اسیدسالیسیلیک، ملاتونین و کلرید کلسیم با حفظ خصوصیات کیفی می‌تواند عمر انبارمانی میوه انگور رقم ریش‌بابا را افزایش دهد.

کلمات کلیدی: پس از برداشت، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فلاونوئید، فنل، گابا

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

۲- استادیار بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

۳- استاد بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

* پست الکترونیک: retemadypoor@hormozgan.ac.ir

مقدمه

انگور با نام علمی *Vitis vinifera* و از تیره آمپلی‌داسه یکی از مهمترین و اقتصادی‌ترین محصولات باغبانی در جهان است. براساس آمار فائو^۱ (۲۰۲۱)، میزان تولید انگور در ایران، ۱۸۸۸۸۰۱/۹۳ تن و سطح زیرکشت ۱۴۶۹۲۷ هکتار می‌باشد. حفظ و بهبود ویژگی‌های کیفی نظیر، اندازه و وزن حبه، شدت رنگ و یکنواختی خوشه، استحکام حبه در مرحله برداشت و در طول دوره بازاریابی، امر مهمی جهت بازگشت سرمایه به تولیدکنندگان این محصول محسوب می‌شود (مرزوک و قاسم^۲، ۲۰۱۱).

گاما‌آمینوبوتیریک‌اسید (گابا) یک آمینواسید غیرپروتئینی چهارکربنه است که در بافت‌های اغلب میکروارگانیسم‌ها از جمله باکتری‌ها، گیاهان و مهره‌داران یافت می‌شود. اسید آمینه غیرپروتئین‌زای گابا برای اولین بار در سال ۱۹۴۹ از غده‌های سیب‌زمینی جدا شد (رامش^۳ و همکاران، ۲۰۱۷). در گیاهان یکی از نقش‌های اصلی آن پاسخ به تنش‌های زیستی و غیرزیستی است. مطالعات نشان داده است گابا عمدتاً از گلوتامات تولیدشده که توسط گلوتامات دکربوکسیلاز کاتالیز می‌شود (چی^۴ و همکاران، ۲۰۲۱). گابا که عمدتاً در سیتوزول انباشته شده است سپس به میتوکندری منتقل و به‌طور برگشت‌پذیر ابتدا توسط گابا ترانس‌آمیناز به نیمه آلدئیدسوکسینیک و سپس به سوکسینات تبدیل می‌شود و در نهایت وارد چرخه TCA می‌شود. این مسیر کوتاه متابولیسم گابا، شانت گابا نامیده می‌شود (چی و همکاران، ۲۰۲۱). بررسی‌ها نشان می‌دهد که متابولیسم گابا و سهم آن در رشد، نمو و سازگاری گیاه در برابر تنش قابل توجه است (باون و شلپ^۵، ۲۰۱۶؛ رامش و همکاران، ۲۰۱۷؛ کینرسلی و تورانو^۶، ۲۰۰۰). تیمارهای پس از برداشت گابا حساسیت محصولات باغی را به آسیب سرمایی کاهش می‌دهد و رسیدن و پیری را به‌تأخیر می‌اندازد. تیمارهای گابا آسیب سرمازدگی گلابی آسیایی (لی^۷ و همکاران، ۲۰۱۹)، موز (وانگ^۸ و همکاران، ۲۰۱۴)، خیار (ملکزاده^۹ و همکاران، ۲۰۱۷) را کاهش داد. کاربرد

گابا در پس از برداشت محصولات باغبانی به‌دلیل اثرات آنتی‌اکسیدانی این آمینواسید موجب حفظ کیفیت محصول و افزایش ماندگاری در میوه هلوی تازه‌بریده (چی و همکاران، ۲۰۲۱)، میوه سیب (الشافی^{۱۰} و همکاران، ۲۰۲۱) و کیوی (دانگ^{۱۱} و همکاران، ۲۰۲۲) شده است. گاما‌آمینو بوتیریک اسید (گابا) برای طولانی‌تر کردن عمر مفید انگور نیز مؤثر بوده است (اصغریان^{۱۲} و همکاران، ۲۰۲۲).

کاربرد کلسیم به‌صورت نمک‌های آلی و معدنی به‌دلیل کاهش یا به تعویق انداختن نابسامانی‌های فیزیولوژیکی میوه‌ها و سبزیجات نتایج امیدوارکننده‌ای را در کنترل پوسیدگی‌های انباری به‌دست آورده است. کلسیم با تقویت دیواره‌های سلولی و حفظ نفوذپذیری و یکپارچگی انتخابی غشاء، آسیب‌های پس از برداشت را کاهش می‌دهد (سیکارس^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۳). کاربرد پس از برداشت کلسیم، تورژرسانس سلولی و سفتی بافت را حفظ کرده، کاتابولیسم لیپیدی غشاء را به‌تأخیر می‌اندازد و عمر نگهداری میوه‌های تازه را افزایش می‌دهد (سیکارس و همکاران، ۲۰۱۳). محلول‌پاشی قبل از برداشت یا غوطه‌ورسازی پس از برداشت کلسیم می‌تواند رسیدن و پیری بسیاری از محصولات باغی را به‌تأخیر اندازد و بروز اختلالات فیزیولوژیکی مانند لکه‌تلخی در سیب یا پوسیدگی گلگاه گوجه‌فرنگی را کاهش دهد (هوکی‌نگ^{۱۴} و همکاران، ۲۰۱۶).

ملاتونین، N-acetyl-5-methoxytryptamine، یک مولکول پلی‌تروپیک دارای طیف وسیعی از نقش‌های سلولی و فیزیولوژیکی در موجودات زنده است (پلندی-پرومال^{۱۵}، ۲۰۰۶). ملاتونین به‌طور گسترده در رشد و نمو گیاهان نقش دارد. از این نظر، ملاتونین در فرآیندهای مهم گیاهی، مانند جوانه‌زنی بذر، رشد ریشه، گلدهی، فتوسنتز یا پیری برگ شرکت می‌کند. توانایی ملاتونین برای افزایش پاسخ گیاه به تنش‌های غیرزیستی مختلف در حال حاضر پذیرفته شده است (دبنت^{۱۶} و همکاران، ۲۰۱۹؛ شارما و

9. Malekzadeh

10. Al Shoffe

11. Dong

12. Asgarian

13. Ciccarese

14. Hocking

15. Pandi-Perumal

16. Debnath

1. FAO

2. Marzouk and Kassem

3. Ramesh

4. Chi

5. Bown and Shelp

6. Kinnersley and Turano

7. Li

8. Wang

براساس تحقیقات موجود این اولین گزارش در مورد اثرات گابا بر کیفیت میوه انگور در دوره انبارمانی است. در مطالعه حاضر برای اولین بار، اثر کاربرد تیمارهای پیش از برداشت کلریدکلسیم، سالیسیلیک‌اسید و ملاتونین و پس از برداشت گابا در طی انبارمانی در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ روز بررسی شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در تاکستانی در روستای باغان از توابع شهرستان کوار (عرض جغرافیایی $32^{\circ}11'$ و طول جغرافیایی $52^{\circ}42'$) واقع در ۵۰ کیلومتری جنوب‌غربی شیراز در مرحله پیش از برداشت روی ۱۸ تاک انگور رقم ریش‌بابا انجام شد و از شش تیمار: شاهد، کلریدکلسیم یک درصد، اسیدسالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر + کلرید کلسیم یک درصد، اسیدسالیسیلیک ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر + کلریدکلسیم یک درصد، ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار + کلریدکلسیم یک درصد و از ملاتونین ۲۰۰ میکرومولار + کلریدکلسیم یک درصد استفاده گردید. تیمارها با استفاده از دستگاه سم‌پاش بر روی شاخه، برگ و خوشه انگور در سه مرحله رشد (مرحله تشکیل میوه اواسط اردیبهشت ماه)، (مرحله غورگی اواسط خردادماه)، (مرحله تغییر رنگ اواسط تیرماه) اسپری شد. خوشه‌های انگور سالم و یکنواخت در مرحله رسیدگی برداشت و پس از تقسیم میوه‌ها به دو گروه، در غلظت‌های مختلف گاما آمینوبوتیریک اسید (صفر و ۲۰ درصد) به مدت ۵ دقیقه غوطه‌ور شدند. پس از رطوبت‌گیری میوه‌ها در دمای اتاق در ظروف پلاستیکی دردار بسته‌بندی و سپس در دمای ۳-۵ درجه سانتی‌گراد در رطوبت نسبی ۹۵-۹۰٪ به مدت ۳۰ روز نگهداری شدند. به منظور بررسی پارامترها هر ده روز یکبار میوه‌ها از انبار خارج و مورد ارزیابی قرار گرفتند.

صفات مورد ارزیابی

کاهش وزن

وزن هر تکرار در روز اول تیمار و در زمان انبارمانی ثبت شد. کاهش وزن از تفاوت بین وزن روز اول و وزن در روز آخر انبارمانی به دست آمد و به صورت درصد بیان شد.

میزان مواد جامد محلول کل، اسید کل آب میوه و

pH

ژنگ^۱، ۲۰۱۹). مطالعات متعددی توضیح داده‌اند که استفاده از ملاتونین در گیاهان سبب افزایش عملکرد محصول از طریق افزایش وزن، می‌شود. در این رابطه منگ^۲ و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که تیمار ملاتونین انگور در طول فصل رشد وزن حبه انگور را تقریباً ۶/۶ درصد افزایش داد که در نتیجه تجمع قند بیشتر و نسبت هورمون‌های درون‌زا GA/ABA بالاتر بود و نیز همزمانی رسیدن حبه را افزایش داد. ملاتونین سبب تأخیر در روند پیری و کاهش بروز بیماری‌های انگور می‌شود (لی و همکاران، ۲۰۲۲).

اسیدسالیسیلیک، یک محصول گیاهی طبیعی برای اولین بار در درخت بید به دلیل فعالیت ضدالتهابی و تب‌بر شناسایی شد. گزارش شده است که کاربرد اسید سالیسیلیک در زمان رسیدن میوه‌هایی مانند سیب (کاظمی^۳ و همکاران، ۲۰۱۱) و گوجه‌فرنگی (کانت^۴ و همکاران، ۲۰۱۳) سبب به تعویق انداختن رسیدن و ماندگاری طولانی مدت می‌شود. پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک همراه با دمای انبارمانی پایین‌تر می‌تواند ابزار مفیدی برای حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی مفید در طول دوره انبارمانی پرتقال واشنگتن‌ناول فراهم کند (هانگ^۵ و همکاران، ۲۰۰۸). تیمار قبل و پس از برداشت با اسید سالیسیلیک در انگور رقم سفید بی‌دلنه بر برخی از شاخص‌های کیفی مانند سفتی حبه، ظاهر خوشه و حبه‌ها و کاهش آلودگی‌های قارچی تأثیر مثبت نشان داد (رنجبران و همکاران، ۱۳۸۸). کاربرد اسیدسالیسیلیک نقش مهمی در حفظ کیفیت میوه و تازگی چوب خوشه و کاهش تلفات آب و پوسیدگی قارچی دانه‌های حبه انگور دارد (اردکانی و همکاران ۱۳۹۱).

از آنجایی که تاکنون پژوهشی در مورد تأثیر تیمارهای کلریدکلسیم، اسیدسالیسیلیک و ملاتونین قبل از برداشت و اثر تلفیقی آن با گابا در پس از برداشت بر ویژگی‌های کمی و کیفی و به تأخیر انداختن پیری انگور رقم ریش‌بابا انجام نشده است، بنابراین، کاربرد تیمارهای پیش از برداشت کلریدکلسیم، اسیدسالیسیلیک و ملاتونین و پس از برداشت گابا ممکن است برای به تأخیر انداختن پیری و حفظ کیفیت محصولات باغی در انبار سرد مفید باشد.

4. Kant
5. Huang

1. Sharma and Zheng
2. Meng
3. Kazemi

جذب نمونه در طول موج ۵۱۰ نانومتر به وسیله دستگاه اسپکتوفتومتر مدل (EPACH USA.Bio Tek INSTRUMENTS) قرائت گردید.

ظرفیت آنتی اکسیدانی

ظرفیت آنتی اکسیدانی از طریق روش DPPH (۲ و ۲ دی فنیل-۱ پیکریل هیدرازیل) با کمی تغییرات اندازه گیری گردید. میزان کاهش جذب مخلوط مورد آزمایش هر یک دقیقه در طول ۳۰ دقیقه در طول موج ۵۱۷ نانومتر با استفاده از اسپکتروفوتومتر (Perkin-Elmer Lambda 25 UV/Vis) مانیتور شد سپس ظرفیت آنتی اکسیدانی نمونه ها محاسبه گردید (برندز-ویلیام^۳ و همکاران، ۱۹۹۵).

واکاوی آماری داده ها

این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گردید. پس از اطمینان از نرمال بودن داده ها، داده های حاصل با استفاده از نرم افزار SAS تجزیه و مقایسه میانگین ها با آزمون LSD در سطح پنج درصد انجام شد. نمودارهای لازم با نرم افزار اکسل رسم شد.

نتایج و بحث

کاهش وزن

بر اساس نتایج به دست آمده با افزایش زمان انبارمانی، درصد کاهش وزن هم افزایش یافت. به طوریکه تیمار شاهد بدون گابا در طول دوره سی روز انبارمانی، بیشترین درصد کاهش وزن (۱۳/۹٪) را داشت (جدول ۱). کاربرد گابا توانست درصد کاهش وزن میوه ها را در طول دوره انبارمانی کاهش دهد. به طوری که در آخرین روز انبارمانی، اثر تلفیقی گابا ۲۰ درصد با سالیسیلیک اسید ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر + کلرید کلسیم یک درصد کمترین درصد کاهش وزن (۶۷/۲ درصد) را نسبت به شاهد و سایر تیمارها داشت (جدول ۱).

تعرق میوه به دلیل انتشار آب از سطح پوست رخ می دهد و یکی از مهمترین عواملی است که می تواند بر کاهش وزن میوه در طول انبارمانی تأثیر بگذارد. علاوه بر این، کاهش وزن توسط فعالیت های متابولیکی مانند تنفس و تجزیه سلولی به دلیل آسیب های سرمایی در دمای پایین ایجاد

برای اندازه گیری میزان مواد جامد محلول کل (TSS) میوه از دستگاه قندسنج دیجیتالی مدل ATAGO-B933475 ساخت کشور ژاپن استفاده شد. اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) به روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال اندازه گیری شد. pH با استفاده از دستگاه pH متر اندازه گیری شد.

شاخص رنگ

مقادیر رنگ مستقیماً با رنگ سنج (Minolta Chroma Meter Model CR-400, Minolta, Japan) اندازه گیری شد. رنگ به صورت روشنایی (L*), قرمز-سبز (a*) و آبی-زرد (b*) اندازه گیری گردید.

رنگیزه های کارتنوئید و کلروفیل (a, b) میوه

محتوی کلروفیل a, b و کارتنوئید میوه با استفاده از روش دی متیل سولفواکساید اندازه گیری شد. ابتدا ۰/۵ گرم از بافت گوشت و پوست میوه را با ترازوی دیجیتالی وزن کرده و داخل لوله آزمایش ریخته و سپس ۵ میلی لیتر دی متیل سولفواکساید (DMSO) بر روی آن ریخته و کلروفیل a, b و کارتنوئید میوه در طول موج های ۴۷۰ و ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر به وسیله دستگاه اسپکتوفتومتر مدل (EPOCH USA.Bio Tek Instruments, Inc.) قرائت گردید. از DMSO به عنوان بلانک دستگاه استفاده شد.

محتوای فنل کل

برای سنجش فنل، عصاره را در ۵ میلی لیتر آب مقطر رقیق کرده و سپس ۲ میلی لیتر از آن را درون لوله آزمایش ریخته و با آب مقطر به حجم ۳ میلی لیتر رسانده شد. پس از اضافه نمودن ۰/۵ میلی لیتر فولین سیوکالتیو به مدت ۳ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت. سپس یک میلی لیتر کربنات سدیم ۲۰ درصد به مخلوط اضافه شد و پس از گذشت یک ساعت میزان جذب رنگ آبی در طول موج ۷۶۵ نانومتر با استفاده از دستگاه طیف سنج مرئی فرابنفش قرائت گردید (کانگ و سالتویت^۱، ۲۰۰۲).

اندازه گیری فلاونوئید کل

برای اندازه گیری فلاونوئید کل از روش حسین^۲ و همکاران (۲۰۱۵) با لندکی تغییرات استفاده شد. در ابتدا ۱۰۰ میکرولیتر از آب میوه رقیق شده را در لوله آزمایش ریخته و ۱۵۰ میکرولیتر سدیم نیتريت (NaNO₃) ۰/۱۵ مولار اضافه نموده و پس از ۵ دقیقه، ۳۰۰ میکرولیتر آلومینیوم کلرید (AlCl₃) ۰/۱۵ مولار اضافه گردید. در نهایت میزان

می‌شود (حبیبی و رمضانیان^۱، ۲۰۱۷). کاهش وزن در میوه‌های تازه منجر به نرم‌شدن، رسیدن و پیری آنها می‌شود (بای^۲ و همکاران، ۲۰۰۳). طبق تحقیقات، تسریع کاهش وزن که به دلیل افزایش متابولیسم و پیری بافت در طول انبارمانی طولانی مدت رخ می‌دهد، ممکن است توسط پوشش‌ها کاهش یابد. تفاوت در توانایی این پوشش‌ها در کنترل کاهش وزن را می‌توان به نفوذپذیری متفاوت، خواص شیمیایی و غلظت آنها نسبت داد (نظوری^۳

و همکاران، ۲۰۲۰). در پژوهش حاضر، میوه‌های تیمار شده با گابا کمترین درصد کاهش وزن را نسبت به شاهد نشان دادند که با نتایج شنگ^۴ و همکاران (۲۰۱۷) همخوانی دارد، طبق نتایج آنها کاربرد برون‌زای گابا در میوه‌های مختلف به منظور افزایش عمر پس از برداشت و پایین آوردن کاهش وزن اعمال می‌شود (شنگ و همکاران، ۲۰۱۷). تیمار گابا احتمالاً با کاهش تنفس و تعرق میوه انگور سبب حفظ وزن بافت میوه و کاهش وزن می‌شود.

جدول ۱- اثر تیمارهای قبل از برداشت کلریدکلسیم، ملاتونین، اسیدسالیسیلیک و پس از برداشت گابا بر میزان درصد کاهش وزن میوه انگور رقم ریش‌بابا در طول دوره انبارمانی

روز	صفر	۱۰	۲۰	۳۰
تیمار پیش از برداشت	گابا ۲۰٪	بدون گابا	گابا ۲۰٪	بدون گابا
شاهد	۴/۷۲i	۳/۰۹n-p	۶/۳۸e	۳/۱۹mn
۱	۴/۸۶k	۲/۶۴s-u	۵/۸۲f	۲/۹۱pq
۲	۳/۹۸k	۲/۶۲tu	۵/۷۳fg	۲/۸۶cqr
۳	۳/۹۲k	۲/۴۵uv	۵/۶۹fg	۲/۸۴q-s
۴	۴/۰۴k	۲/۳۴v	۵/۵۴gh	۲/۶۸t
۵	۳/۳۶m	۲/۳۴v	۵/۴۰h	۲/۳۶v

*در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند. ۱= کلریدکلسیم یک درصد، ۲= ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار + کلریدکلسیم یک درصد ۳= ملاتونین ۲۰۰ میکرومولار + کلریدکلسیم یک درصد ۴= سالیسیلیک‌اسید ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر + کلریدکلسیم یک درصد، و ۵= سالیسیلیک‌اسید ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر + کلریدکلسیم یک درصد.

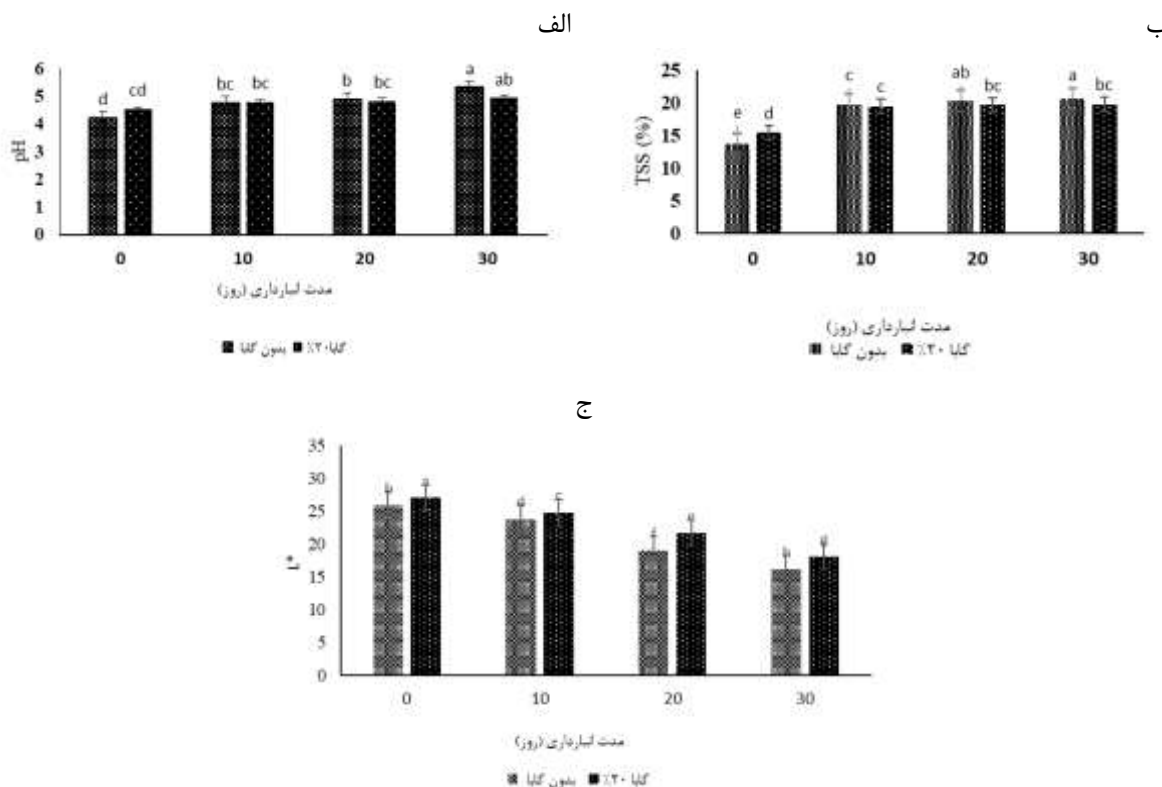
میزان pH

میزان pH میوه انگور در طول دوره انبارمانی افزایش یافت در حالی که استفاده از گابا توانست سرعت این افزایش را کاهش دهد. به‌طوری‌که تیمار گابا ۲۰ درصد در روز ۳۰ انبارمانی میزان pH کمتری را نسبت به بدون استفاده در روز ۳۰ انبارمانی نشان داد (شکل ۱ الف). در تطابق با پژوهش حاضر، افزایش مقدار pH در طول انبارمانی سرد گزارش شده است (زربخش^۵ و همکاران، ۲۰۲۰؛ میغانی^۶ و همکاران، ۲۰۱۵). در گیلان، تیمار گابا مقدار pH را پس از ۳۰ روز کاهش داد، اما تأثیر معنی‌داری بر اسیدهای آلی نداشت (بیستی^۷ و همکاران، ۲۰۱۵). ولیکوا^۸ و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که pH توت‌فرنگی تازه پس از ۷ روز کاهش یافت. تغییر در pH به دلایل متعددی مرتبط است. ممکن است به دلیل تأثیر تیمارهای سرد و پوشش دهی بر وضعیت بیوشیمیایی میوه و کاهش سرعت تنفس و فعالیت متابولیک باشد (میغانی و همکاران، ۲۰۱۵).

میزان اسیددیده قابل تیتراسیون (TA)

با توجه به جدول ۲، میزان اسیددیده قابل تیتراسیون با افزایش زمان انبارمانی کاهش یافت. اثر تلفیقی گابا با تیمارهای پیش از برداشت توانست کاهش سریع میزان اسیددیده را در طی دوره انبارمانی بهبود بخشد. به‌طوری‌که، برهمکنش گابا ۲۰ درصد با سالیسیلیک‌اسید ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر + اسیددیده بیشتری را نسبت به شاهد و سایر تیمارها در آخرین روز انبارمانی نشان داد (۰/۱۲۲ درصد). اسیددیده نشان‌دهنده غلظت اسیدهای آلی در میوه است که یکی از پارامترهای اصلی کیفیت میوه است. اسیدهای آلی معمولاً در طول رسیدن میوه به دلیل مصرف در تنفس و تبدیل به قند کاهش می‌یابد و کاهش آنها مستقیماً با فعالیت‌های متابولیکی میوه مرتبط است (نظوری و همکاران، ۲۰۲۰).

در این پژوهش، تیمارهای گابا از کاهش اسیددیده قابل تیتراسیون جلوگیری کردند. همانطور که انتظار می‌رفت،



نمودار ۱- برهمکنش اثر مدت زمان انبارمانی و گابا بر میزان (الف) pH، (ب) مواد جامد محلول (TSS) و (ج) شاخص L* میوه انگور رقم ریش بابا. در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

مواد جامد محلول کمتری را نسبت به تیمار بدون استفاده در روز ۳۰ انبارمانی نشان داد (شکل ۱ الف). به‌طور کلی استفاده از گابا توانست میزان مواد جامد محلول را در رقم ریش بابا را نسبت به بدون استفاده از گابا بهتر حفظ کند (شکل ۱ ب). میزان مواد جامد محلول ارائه شده در میوه‌ها حاوی اجزای مهمی به‌خصوص قندها و اسیدهای آلی است که مسئول طعم و در نتیجه پذیرش محصول توسط مصرف‌کنندگان است. همچنین شاخص خوبی برای تعیین بلوغ و قابلیت نگهداری میوه‌ها هستند (نظوری و همکاران، ۲۰۲۰). میوه‌های غیرفرازگرا معمولاً کاهش مواد جامد محلول را در طول انبارمانی نشان می‌دهند. دلیل آن این است که در زمان برداشت، این میوه‌ها منبع انرژی کم یا بدون انرژی دارند، بنابراین از قندهای موجود در میوه به عنوان منبع انرژی برای تنفس استفاده می‌کنند که منجر به کاهش محتوای جامد محلول میوه می‌شود که با نتایج این پژوهش همخوانی نداشت. در پژوهش حاضر با افزایش زمان انبارمانی میزان مواد جامد محلول در میوه‌های انگور افزایش یافت که با کاربرد گابا سبب حفظ مواد جامد محلول

زمان انبارمانی باعث کاهش اسیدیته شد. در مطالعه دیگری بر روی انار، انبارمانی ۱۵ روزه منجر به کاهش اسیدیته شد (زهران^۱ و همکاران، ۲۰۱۵). رستگار^۲ و همکاران (۲۰۲۰) انبه را حداکثر به مدت ۴ هفته در سرما نگهداری کردند. آنها کاهش مداوم اسیدیته را گزارش کردند و تفاوتی بین میوه‌های پوشش داده شده با گابا و شاهد مشاهده نکردند. وانگ و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که کاهش اسیدهای عالی آلبالو با استفاده از گابا از طریق پایین نگه داشتن سرعت تنفس به تأخیر افتاد، زیرا قندها و اسیدهای آلی بسترهای اصلی تنفس هستند. این تفاوت در تحقیقات ممکن است به دلیل غلظت‌های مختلف گابا و زمان غوطه‌وری باشد (رستگار و همکاران، ۲۰۲۰).

میزان مواد جامد محلول (TSS)

میزان مواد جامد محلول میوه انگور با گذشت زمان انبارمانی افزایش یافت که این افزایش در میوه‌های تیمار شده با گابا کمتر بود. به عبارت دیگر، کاربرد گابا توانست این افزایش در میزان مواد جامد محلول را بهبود بخشد. به‌طوری‌که تیمار گابا ۲۰ درصد در روز ۳۰ انبارمانی میزان

جدول ۲- اثر تیمار قبل از برداشت کلریدکلسیم، ملاتونین، اسیدسالیسیلیک و پس از برداشت گابا بر میزان درصد اسیدیته قابل تیتراسیون میوه انگور رقم ریش‌بایا در طول دوره انبارمانی

روز	صفر	۱۰	۲۰	۳۰
تیمار پیش از برداشت	بدون گابا	گابا ۲۰٪	بدون گابا	گابا ۲۰٪
شاهد	۰/۳۰۰ab	۰/۲۶۷fg	۰/۲۵۷g-j	۰/۱۲۰r
۱	۰/۲۸۵c-e	۰/۲۳۹k-m	۰/۲۳۲lm	۰/۱۰۲st
۲	۰/۲۹۷b-d	۰/۲۵۲h-k	۰/۱۹۱o	۰/۰۸۷u
۳	۰/۲۹۰b-d	۰/۳۰۰ab	۰/۲۰۰no	۰/۱۱۶rs
۴	۰/۲۶۲f-i	۰/۲۸۷b-d	۰/۲۵۲h-k	۰/۱۲۲r
۵	۰/۲۶۷fg	۰/۲۵۲h-k	۰/۲۷۲ef	۰/۱۱۷r

*در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند. ۱= کلریدکلسیم یک درصد، ۲=

ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار + کلریدکلسیم یک درصد = ملاتونین ۲۰۰ میکرومولار + کلریدکلسیم یک درصد = اسیدسالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر +

کلریدکلسیم یک درصد، و ۵= اسیدسالیسیلیک ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر + کلریدکلسیم یک درصد.

درصد، بدون استفاده از گابا ۲۰ درصد در قبل از انبارمانی بیشترین میزان کلروفیل b (۰/۱۴) میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) را داشت. کمترین میزان کلروفیل b در برهمکنش تیمار قبل از برداشت شاهد، بدون استفاده از گابا در روز ۳۰ انبارمانی مشاهده شد (۰/۰۱) میلی‌گرم بر گرم وزن تازه). اگرچه اختلاف معنی‌داری با تیمارهای کلریدکلسیم یک درصد و اسیدسالیسیلیک ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر + کلریدکلسیم یک درصد، بدون استفاده از گابا در روز ۳۰ انبارمانی نداشت (جدول ۳).

نتایج این پژوهش نشان داد که میزان کلروفیل در تیمارهای قبل از برداشت ملاتونین و کلریدکلسیم در اوایل دوره انبارمانی بیشترین میزان را داشت که با نتایج زین^۳ و همکاران (۲۰۱۷) روی خیار همسو بود. آنان گزارش کردند که تیمار ملاتونین (۱۰۰ میکرومولار) طول عمرانبارمانی خیار را با کاهش تجزیه کلروفیل، ویتامین ث و میزان مالون‌دی‌آلدهید افزایش داد.

میزان کاروتنوئید در طول دوره انبارمانی افزایش یافت. به‌طوری‌که تیمار اسیدسالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر + کلریدکلسیم یک درصد، گابا ۲۰ درصد پس از سی روز انبارمانی، بیشترین میزان کاروتنوئید (۱/۱۲) میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) را داشت، اگرچه اختلاف معنی‌داری با برخی تیمارهای این پژوهش در همین دوره انبارمانی نشان نداد. (جدول ۴). بنابراین استفاده از گابا توانست میزان کاروتنوئید را در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد افزایش دهد.

در طول رسیدن میوه روی درخت، کلروفیل پوست به‌سرعت

شد. در همخوانی با پژوهش حاضر نیازی^۱ و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند که میوه خرمالو تیمار شده با ۳ میلی‌مولار NaHS و ۷/۵ میلی‌مولار گلبا، میزان مواد جامد محلول بالاتری را نشان داد که نشان‌دهنده تسریع تجمع قندها یا سرکوب متابولیسم تنفسی در میوه در طی ۴۵ روز نگهداری در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد است. از طرفی رستگار و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که تیمار گلبا تأثیر معنی‌داری بر میزان مواد جامد محلول انبه نداشت. علاوه بر این، کاربرد گلبا پس از برداشت نیز با افزایش قندهای محلول و اسیدهای آلی، کیفیت داخلی انگور «صاحبی» را حفظ کرد (اصغریان و همکاران، ۲۰۲۲). نتایج ما با یافته‌های قبلی در مرکبات، هلو و انگور مطابقت دارد. همچنین تیمار گلبا برون‌زا می‌تواند کیفیت انبارمانی و افزایش ملندگاری کیوی را با افزایش سطح میزان مواد جامد محلول، حفظ تجمع ویتامین ث و کاهش سفتی افزایش دهد (دانگ^۲ و همکاران، ۲۰۲۲).

کلروفیل a, b و کاروتنوئید

برهمکنش تیمارهای قبل از برداشت، زمان انبارمانی و گابا تأثیر معنی‌داری را بر میزان کلروفیل a نشان داد. انگورهای تیمار شده با سالیسیلیک‌اسید ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر + کلریدکلسیم یک درصد، بدون استفاده از گابا و پس از ۳۰ روز انبارمانی (۰/۰۷۲) میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) میزان کلروفیل a بیشتری را نسبت به سایر تیمارها در همین روز نشان دادند (جدول ۳).

در برهمکنش تیمارهای قبل از برداشت، زمان انبارمانی و گابا مشاهده شد که برهمکنش تیمار کلریدکلسیم یک

هیدرولیز می‌شود و به کاروتنوئید تبدیل می‌شود. با این حال، سرعت تخریب و سنتز کاروتنوئید با انتقال میوه به دمای پایین کاهش یافت. با گذشت زمان و پیری، تخریب کلروفیل و سنتز کاروتنوئید افزایش می‌یابد که با نتایج این پژوهش در افزایش سنتز کاروتنوئید همخوانی داشت (کانت^۱ و همکاران، ۲۰۱۶). علاوه بر این، چون رنگدانه‌های کاروتنوئیدی، رادیکال‌های آزاد را از بین می‌برند یا خاموش می‌کنند به‌عنوان آنتی‌اکسیدان‌های محلول در چربی عمل می‌کنند و از غشای سلولی محافظت می‌کنند. طبق گزارش موحدحسن^۲ و همکاران (۲۰۱۹)، کاروتنوئیدهای موجود در میوه‌های لفل فلز تازه، دارای فعالیت‌های بیولوژیکی حیاتی به‌عنوان آنتی‌اکسیدان‌ها و پاک‌کننده‌های رادیکال‌های آزاد هستند. استفاده از تیمار کلریدکلسیم-سالیسیلیک-اسید-۶- بنزیل‌امین‌پورین تخریب کلروفیل را به‌تأخیر لنداخت و زمان نگهداری کلم بروکلی را در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد طولانی کرد (گائو^۳ و همکاران، ۲۰۱۸).

شاخص رنگ (a^* ، b^* و L^*)

میزان شاخص a^* با افزایش زمان انبارمانی کاهش یافت به‌طوری که کمترین میزان در روز سی‌ام انبارمانی (۴/۱۷) مشاهده شد (شکل ۲ الف). از طرفی کاربرد گابا توانست بیشترین میزان شاخص a^* را در رقم ریش‌بابای انگور با میزان ۳/۴۱- حفظ نماید (شکل ۲ ب). در بررسی برهمکنش تیمارهای قبل از برداشت، زمان انبارمانی و گابا مشاهده شد که هیچکدام از تیمارها تأثیر معنی‌داری بر شاخص b^* نداشتند (داده نشان داده نشده است). شاخص L^* با افزایش زمان انبارمانی کاهش یافت. در حالی که این کاهش در میوه‌های تیمارشده با گابا کُندتر بود و توانست درخشندگی بیشتری را نسبت به تیمار بدون گابا در روز سی‌ام انبارمانی نشان دهد (شکل ۱ ج). یکی از ویژگی‌های مهم میوه‌ها و سبزیجات رنگ‌های متنوع و جذاب آن‌ها است که انگیزه‌ای برای استفاده از آن‌ها در تزئین است. رنگ در بسیاری از محصولات نشانه کیفیت و بازارپسندی است. تغییر رنگ یکی از برجسته‌ترین تغییراتی است که در بسیاری از میوه‌ها رخ می‌دهد و اغلب به‌عنوان معیار اصلی توسط مصرف‌کننده برای تشخیص میوه رسیده استفاده می‌شود. با افزایش زمان نگهداری، تغییراتی در

رنگ اتفاق می‌افتد به‌طوری که میوه‌ها تیره‌تر و سطح آن‌ها قهوه‌ای می‌شود (نظوری و همکاران، ۲۰۲۰). کاهش مقدار L^* نشان‌دهنده قهوه‌ای شدن بافت‌ها است که به‌دلیل حساسیت بالای میوه‌ها به اکسیداسیون اتفاق می‌افتد. مزیت گابا در حفظ رنگ میوه‌ها از اثر آن‌ها در کاهش تیره شدن میوه در زمان نگهداری ناشی می‌شود. مواد ضد قهوه‌ای شدن که به‌عنوان یک عامل کاهنده عمل می‌کنند، از فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز جلوگیری می‌کنند (نظوری و همکاران، ۲۰۲۰). رستگار و همکاران (۲۰۲۰) بیان کرد که انبه‌های تیمارشده با گابا مقدار a^* بالاتر و L^* کمتری را در طول نگهداری نشان دادند. در پژوهش میغانی و همکاران (۲۰۱۵) روی انار، پوشش‌دهی می‌تواند کاهش ارزش آریل را در طول انبارمانی به‌تأخیر بیندازد که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت.

میزان فنل، فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی

در برهمکنش تیمار قبل از برداشت، تیمار گابا و زمان انبارمانی مشاهده شد که میزان فنل کل در میوه‌های شاهد و تیمارشده با گذشت دوره انبارمانی افزایش یافت. انگورهای تیمارشده با ملاتونین ۲۰۰ میکرومولار + کلرید کلسیم ۱ درصد، گابا ۲۰ درصد پس از سی‌ام انبارمانی بیشترین میزان فنل کل میوه (۴۴/۶۸ میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه) را نشان دادند. اگرچه با تیمارهای کلریدکلسیم و ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار + کلریدکلسیم یک درصد در گابای ۲۰ درصد پس از سی‌ام انبارمانی اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵). بنابراین، تیمار گابا توانست کیفیت میوه را با افزایش میزان فنل حفظ کند.

میزان فلاونوئید انگورها در طول دوره انبارمانی افزایش یافت که این افزایش در میوه‌های تیمارشده با گابا سریع‌تر بود. میوه‌های تیمارشده با تیمار ملاتونین ۲۰۰ میکرومولار + کلریدکلسیم یک درصد، گابای ۲۰ درصد پس از سی‌ام انبارمانی بیشترین میزان فلاونوئید (۳۴۷/۹۵ میلی‌گرم کوئرستین در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه) را داشتند که اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها داشت (جدول ۵). ترکیبات فنلی به‌عنوان یکی از متابولیت‌های گیاهی از مسیر اسیدشیکمات سنتز می‌شود که نقش مهمی را در خنثی‌سازی اثر رادیکال‌های آزاد ایفا می‌کنند. فنل در

جدول ۳- اثر تیمار قبل از برداشت کلریدکلسیم، ملاتونین، اسیدسالیسیلیک و پس از برداشت گابا بر میزان کلروفیل a و b میوه انگور رقم ریش‌بابا در طول دوره انبارمانی

کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه)									
روز	صفر	۱۰	۲۰	۳۰	روز	صفر	۱۰	۲۰	۳۰
تیمار پیش از برداشت	بدون گابا	گابا ۲۰٪	بدون گابا	گابا ۲۰٪	تیمار پیش از برداشت	بدون گابا	گابا ۲۰٪	بدون گابا	گابا ۲۰٪
شاهد	۰/۱۱۴a	۰/۰۸۱c-g	۰/۰۸۳b-f	۰/۰۸۴b-e	شاهد	۰/۰۴۸g-m	۰/۰۵۲g-i	۰/۰۳۷k-p	۰/۰۵۲g-i
۱	۰/۰۶۱h-m	۰/۰۶۶g-k	۰/۰۵۸k-n	۰/۰۵۵k-p	۱	۰/۱۴۶a	۰/۰۸۶b	۰/۰۴۷g-m	۰/۰۳۶q
۲	۰/۰۸۷b-d	۰/۰۷۲d-i	۰/۰۸۴b-e	۰/۰۸۵b-d	۲	۰/۰۹۶c-d	۰/۰۵۲g-i	۰/۰۴۷g-m	۰/۰۳۶q
۳	۰/۱۱۵a	۰/۰۸۵b-d	۰/۰۸۵b-d	۰/۰۸۷bc	۳	۰/۰۳۷k-p	۰/۰۵۷d-h	۰/۰۴۸g-m	۰/۰۳۶q
۴	۰/۰۸۹bc	۰/۰۸۹bc	۰/۰۸۲b-f	۰/۰۸۲b-f	۴	۰/۰۵۵e-i	۰/۰۵۴e-i	۰/۰۴۸g-m	۰/۰۳۶q
۵	۰/۱۱۲a	۰/۰۸۶b-d	۰/۰۸۱d-g	۰/۰۷۹d-g	۵	۰/۰۴۶g-m	۰/۰۴۹g-l	۰/۰۴۸g-m	۰/۰۳۶q

کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه)									
روز	صفر	۱۰	۲۰	۳۰	روز	صفر	۱۰	۲۰	۳۰
تیمار پیش از برداشت	بدون گابا	گابا ۲۰٪	بدون گابا	گابا ۲۰٪	تیمار پیش از برداشت	بدون گابا	گابا ۲۰٪	بدون گابا	گابا ۲۰٪
شاهد	۰/۰۴۸g-m	۰/۰۵۲g-i	۰/۰۳۵m-q	۰/۰۳۲o-q	شاهد	۰/۰۴۸g-m	۰/۰۵۲g-i	۰/۰۳۷k-p	۰/۰۵۲g-i
۱	۰/۱۴۶a	۰/۰۸۶b	۰/۰۴۶g-m	۰/۰۶۷c-e	۱	۰/۱۴۶a	۰/۰۸۶b	۰/۰۴۷g-m	۰/۰۳۶q
۲	۰/۰۹۶c-d	۰/۰۵۲g-i	۰/۰۴۷g-m	۰/۰۵۱g-j	۲	۰/۰۹۶c-d	۰/۰۵۲g-i	۰/۰۴۷g-m	۰/۰۳۶q
۳	۰/۰۳۷k-p	۰/۰۵۷d-h	۰/۰۵۵e-i	۰/۰۷۲c	۳	۰/۰۳۷k-p	۰/۰۵۷d-h	۰/۰۴۸g-m	۰/۰۳۶q
۴	۰/۰۵۵e-i	۰/۰۵۴e-i	۰/۰۵۸d-g	۰/۰۶۶c-f	۴	۰/۰۵۵e-i	۰/۰۵۴e-i	۰/۰۴۸g-m	۰/۰۳۶q
۵	۰/۰۴۶g-m	۰/۰۴۹g-l	۰/۰۵۲g-i	۰/۰۵۷d-h	۵	۰/۰۴۶g-m	۰/۰۴۹g-l	۰/۰۴۸g-m	۰/۰۳۶q

*در هر ستون میانگین‌هایی با حروف مشابه، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند. ۱= کلریدکلسیم یک درصد، ۲= ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار + کلریدکلسیم یک درصد ۳= ملاتونین ۲۰۰ میکرومولار + کلریدکلسیم یک درصد ۴= اسیدسالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر + کلریدکلسیم یک درصد، ۵= اسیدسالیسیلیک ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر + کلریدکلسیم یک درصد.

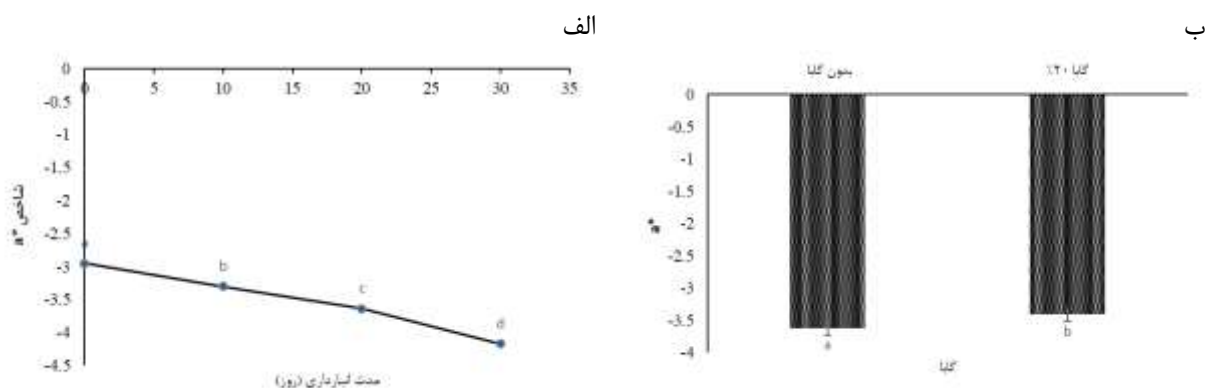
جدول ۴- اثر تیمار قبل از برداشت کلریدکلسیم، ملاتونین، اسیدسالیسیلیک و پس از برداشت گابا بر میزان کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) میوه انگور رقم ریش‌بابا در طول دوره انبارمانی

روز	صفر	۱۰	۲۰	۳۰	روز	صفر	۱۰	۲۰	۳۰
تیمار پیش از برداشت	بدون گابا	گابا ۲۰٪	بدون گابا	گابا ۲۰٪	تیمار پیش از برداشت	بدون گابا	گابا ۲۰٪	بدون گابا	گابا ۲۰٪
شاهد	۰/۱۳۱t	۰/۵۰p-q	۰/۶۵i-o	۰/۶۹g-n	شاهد	۰/۱۳۱t	۰/۵۰p-q	۰/۶۵i-o	۰/۶۹g-n
۱	۰/۳۲s	۰/۶۵i-o	۰/۵۴o-q	۰/۶۶j-o	۱	۰/۳۲s	۰/۶۵i-o	۰/۵۴o-q	۰/۶۶j-o
۲	۰/۲۹s	۰/۷۱g-l	۰/۶۶i-o	۰/۵۷m-p	۲	۰/۲۹s	۰/۷۱g-l	۰/۶۶i-o	۰/۵۷m-p
۳	۰/۳۰rs	۰/۶۷h-o	۰/۸۱e-g	۰/۶۴j-o	۳	۰/۳۰rs	۰/۶۷h-o	۰/۸۱e-g	۰/۶۴j-o
۴	۰/۴۳qr	۰/۶۷h-o	۰/۵۹m-p	۰/۷۳f-k	۴	۰/۴۳qr	۰/۶۷h-o	۰/۵۹m-p	۰/۷۳f-k
۵	۰/۲۶st	۰/۵۸l-p	۰/۶۹g-n	۰/۶۲k-p	۵	۰/۲۶st	۰/۵۸l-p	۰/۶۹g-n	۰/۶۲k-p

*در هر ستون میانگین‌هایی با حروف مشابه، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند. ۱= کلریدکلسیم یک درصد، ۲= ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار + کلریدکلسیم یک درصد ۳= ملاتونین ۲۰۰ میکرومولار + کلریدکلسیم یک درصد ۴= اسیدسالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر + کلریدکلسیم یک درصد، ۵= اسیدسالیسیلیک ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر + کلریدکلسیم یک درصد.

فنی با تغییر در رنگ، عطر و طعم میوه، تأثیر به‌سزایی در ارزش تغذیه‌ای و کیفیت میوه دارند. در همسویی با پژوهش حاضر، میزان فنل کل در میوه‌های هلو و موز تیمار شده با گابا افزایش یافت (وانگ و همکاران، ۲۰۱۴؛ یانگ^۲ و همکاران، ۲۰۱۱). همچنین میزان فنل کل در گل‌های شاخه بریده آنتوریوم تیمار شده با گابا افزایش یافت (اقدام^۳ و همکاران، ۲۰۱۶). بنابراین به‌نظر می‌رسد که افزایش ترکیبات فنی با افزایش در میزان فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین

گیاهان از ترکیب اسیدسینامیک و توسط آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیاایز سنتز می‌شود. فنل‌ها نقش مهمی را در برابر گونه‌های فعال اکسیژن ایفا می‌کنند (تسای^۱ و همکاران، ۲۰۰۶). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تیمار ملاتونین با گابا سبب افزایش فنل کل شد. گابا با تأثیری که بر تحریک فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیاایز دارد ترکیبات فنی را تولید کرده که در نتیجه افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه را به‌همراه خواهد داشت. ترکیبات



نمودار ۲- اثر ساده مدت زمان انبارمانی (الف) و گاما (ب) بر شاخص a^* میوه انگور رقم ریش بابا. میانگین‌هایی با حروف مشابه، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

میزان فلاونوئید کل شده است (یانگ و همکاران، ۲۰۱۱). نتایج همچنین نشان داد که کاربرد ملاتونین قبل از برداشت بیوسنتز فنل و فلاونوئید را در طول دوره انبارمانی سرد افزایش داد. افزایش مشابهی در غلظت ترکیبات فنلی پس از کاربرد ملاتونین اخیراً در گیلان گزارش شده است (میخائیلیدیس^۳ و همکاران، ۲۰۲۱). این اثرات به تحریک ملاتونین در مسیر فنیل پروپانویید عمدتاً با افزایش فعالیت فنیل آلانین آمونیلیاز و کالکون سنتاز نسبت داده شده است. با این حال، گزارشات مربوط به تأثیر تیمارهای ملاتونین قبل از برداشت بر افزایش فنل و فلاونوئید در طول انبارمانی کمیاب است (کاریون آنتولی^۴ و همکاران، ۲۰۲۲). با توجه به جدول ۶، فعالیت آنتی اکسیدانی میوه‌ها در طول دوره ۳۰ روز انبارمانی افزایش قابل توجهی نشان دادند که این افزایش در انگورهای تیمار شده با سالیسیلیک اسید ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر + کلرید کلسیم یک درصد، گاما ۲۰ درصد پس از سی روز انبارمانی چشم‌گیرتر (۹۶/۰۹ درصد) بود و اختلاف معنی‌داری را نسبت به سایر روزهای انبارمانی و دیگر تیمارها نشان داد (جدول ۶). کاربرد گاما سبب حفظ فعالیت آنتی اکسیدانی میوه‌ها شد. به‌طور کلی افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن در طول انبارمانی میوه‌ها منجر به استرس اکسیداتیو و در نتیجه تخریب و پوسیدگی محصولات می‌شود. میوه‌ها قادر به غلبه بر استرس اکسیداتیو از طریق فعالیت سیستم‌های مهار گونه‌های فعال اکسیژن هستند. کاهش سطح آنتی اکسیدان‌ها باعث تخریب سلولی و ایجاد نابسامانی‌های پس

آمونیا لیاز همراه است. به‌طور کلی، ترکیبات فنلی مهم‌ترین گروه‌های متابولیت‌های ثانویه در انگور هستند که کیفیت حبه‌ها، رنگ، طعم و گسی میوه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. آنها همچنین در افزایش خاصیت آنتی میکروبی حبه‌های انگور دخیل هستند. همچنین، تیمار کلسیم با تحریک مسیرهای بیوسنتز فنل و فلاونوئید، تجمع آنها را در میوه تحریک می‌کند. مسیرهای شیکمات- فنیل پروپانویید همان‌طور که برای فلاونوئیدها در گیاهان استفاده شده برای سنتز فنل‌ها نیز استفاده می‌شود (اقدام و همکاران، ۲۰۱۳). کلسیم ممکن است یک ماده شیمیایی برای افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیلیاز و فعال کردن مسیرهای فنیل پروپانویید-فلاونوئید در میوه‌ها باشد (گوها یا^۱، ۲۰۰۹). فلاونوئیدها جزو سیستم آنتی اکسیدانی غیر آنزیمی بوده و نقش مهمی در خنثی‌سازی اثرات رادیکال‌های آزاد ایفا می‌کنند. در نتیجه باعث کاهش اثرات تنش اکسیداتیو می‌شوند (حسن پور^۲ و همکاران، ۲۰۱۱). طبق نتایج، تیمارهای ملاتونین و گاما در ترکیب با همدیگر روی فلاونوئید کل تأثیر مثبتی داشتند و میزان فلاونوئید کل را افزایش دادند. اثر گاما در افزایش میزان فلاونوئید کل ممکن است به دلیل تحریک تولید و فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیلیاز بوده که در واقع باعث تحریک مسیر فنیل پروپانوییدی می‌شود (اقدام و همکاران، ۲۰۱۶). مسیر فنیل پروپانوییدی باعث سنتز ترکیبات فنلی نظیر ترکیبات فلاونوئیدی می‌شود. تیمار میوه‌های هلو در دوره پس از برداشت با غلظت‌های مختلف گلبا باعث افزایش

3. Michailidis
4. Carrión-Antolí

1. Guohua
2. Hassanpour

جدول ۵- اثر تیمار قبل از برداشت کلریدکلسیم، ملاتونین، اسیدسالیسیلیک و پس از برداشت گابا بر میزان فنل کل (میلی گرم گالیک‌اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه) و فلاونوئید (میلی گرم کوئرستین در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه) میوه انگور رقم ریش‌بابا در طول دوره انبارمانی.

فنل کل (میلی گرم گالیک‌اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه)								
روز	صفر	۱۰	۲۰	۳۰	روز	صفر	۱۰	۲۰
تیمار پیش از برداشت	بدون گابا	گابا ۲۰٪	بدون گابا	گابا ۲۰٪	تیمار پیش از برداشت	بدون گابا	گابا ۲۰٪	بدون گابا
شاهد	۴/۸۰yz	۱۰/۲۰v	۱۶/۶۵p-r	۱۶/۴۰p-r	۲۲/۰۲h-j	۳۹/۸۱d	۱۹/۲۲mn	۳۹/۵۴d
۱	۶/۳۴x	۸/۷۲w	۱۴/۴۱st	۱۵/۹۹qr	۱۵/۷۲q-s	۲۳/۱۱gh	۲۰/۲۲k-n	۴۴/۶۷a
۲	۳/۳۸a ₁	۱۱/۱۷uv	۱۷/۵۰op	۱۵/۳۳rs	۱۷/۰۰o-q	۳۳/۲۷f	۲۱/۲۱j-k	۴۴/۵۹a
۳	۵/۵۹xy	۱۰/۹۸uv	۱۸/۰۹no	۲۰/۸۱j-l	۲۲/۶۲g-i	۳۵/۰۷e	۲۳/۶۵g	۴۴/۶۸a
۴	۳/۱۰a ₁	۱۱/۶۹u	۱۳/۳۹t	۲۰/۶۳kl	۲۰/۹۱g-l	۴۲/۳۰b	۱۹/۷۲lm	۴۰/۵۹cd
۵	۳/۷۵za ₁	۸/۵۶w	۱۵/۷۵qr	۲۲/۶۴g-i	۲۱/۴۹i-k	۳۴/۳۴ef	۱۷/۳۵op	۴۱/۲۰bc
فلاونوئید (میلی گرم کوئرستین در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه)								
روز	صفر	۱۰	۲۰	۳۰	روز	صفر	۱۰	۲۰
تیمار پیش از برداشت	بدون گابا	گابا ۲۰٪	بدون گابا	گابا ۲۰٪	تیمار پیش از برداشت	بدون گابا	گابا ۲۰٪	بدون گابا
شاهد	۱۰/۷۰s-v	۱۳/۷۰s-v	۱۶/۰۵s-u	۴۹/۲۰q	۱۰/۷/۹۵g	۱۳۲/۲۰e	۱۰۰/۵۳gh	۳۲۶/۷۰b
۱	۱۲/۳۶s-v	۱۱/۵۳s-v	۱۶/۸۰st	۵۲/۲۰q	۵۰/۹۵q	۸۹/۳۶jk	۹۰/۳۶ij	۳۳۳/۸۶b
۲	۱۲/۵۳s-v	۱۰/۵۳t-v	۱۸/۸۰s	۷۰/۹۵n-q	۷۵/۵۳m-o	۱۳۱/۷۰e	۱۰۷/۳۶g	۳۱۶/۰۳c
۳	۸/۳۶uv	۱۱/۵۳s-v	۱۲/۵۵s-v	۸۷/۷۰jk	۶۹/۷۰op	۱۱۸/۷۰f	۱۱۹/۰۳f	۳۴۷/۹۵a
۴	۶/۷۰v	۶۷/۳۵o-p	۱۷/۳۰st	۷۸/۷۱l-n	۶۵/۰۳p	۸۳/۳۶j-m	۱۳۲/۹۵e	۲۶۸/۸۶d
۵	۶۲/۷۰p	۹/۵۳t-v	۹۷/۹۸hi	۴۰/۷۰r	۸۵/۴۵j-l	۸۱/۲۰k-m	۱۰۳/۵۳gh	۳۰۹/۹۵c

*در هر ستون میانگین‌هایی با حروف مشابه، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند. ۱= کلریدکلسیم یک درصد، ۲= ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار + کلریدکلسیم یک درصد ۳= ملاتونین ۲۰۰ میکرومولار + کلریدکلسیم یک درصد ۴= اسیدسالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر + کلریدکلسیم یک درصد، و ۵= اسیدسالیسیلیک ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر + کلریدکلسیم یک درصد.

جدول ۶- اثر تیمار قبل از برداشت کلریدکلسیم، ملاتونین، اسیدسالیسیلیک و پس از برداشت گابا بر میزان فعالیت آنتی-اکسیدانی (درصد) میوه انگور رقم ریش‌بابا در طول دوره انبارمانی

روز	صفر	۱۰	۲۰	۳۰	روز	صفر	۱۰	۲۰	۳۰
تیمار پیش از برداشت	بدون گابا	گابا ۲۰٪	بدون گابا	گابا ۲۰٪	تیمار پیش از برداشت	بدون گابا	گابا ۲۰٪	بدون گابا	گابا ۲۰٪
شاهد	۱۷/۷۱a ₁	۳۰/۷۶z	۸۱/۷۰rs	۸۴/۵۳l-r	۸۶/۶۲j-p	۸۸/۷۱g-k	۹۱/۸۱b-h	۹۲/۹۳a-e	۹۲/۹۳a-e
۱	۴۶/۸۶y	۷۲/۷۷v	۸۱/۹۶q-s	۸۵/۴۴k-q	۸۶/۷۸j-o	۸۹/۱۸f-j	۹۱/۸۰b-h	۹۲/۹۲a-e	۹۲/۹۲a-e
۲	۵۷/۵۱x	۷۴/۰۸uv	۸۲/۹۱p-r	۸۵/۸۷j-p	۸۷/۱۰i-n	۸۹/۲۴e-j	۹۲/۲۰b-g	۹۳/۱۵a-d	۹۳/۱۵a-d
۳	۶۶/۲۹w	۷۶/۵۱tu	۸۳/۲۴o-r	۸۴/۴۷l-r	۸۷/۳۱i-m	۸۹/۲۹e-j	۹۲/۳۸a-g	۹۴/۵۹a-c	۹۴/۵۹a-c
۴	۶۵/۵۳w	۷۷/۵۷tu	۸۳/۴۱n-r	۸۷/۳۱i-m	۸۸/۱۲h-l	۹۰/۷۳d-i	۹۲/۵۶a-f	۹۵/۰۶ab	۹۵/۰۶ab
۵	۶۸/۴۸w	۷۸/۹۱st	۸۴/۰۵m-r	۸۶/۵۵j-p	۸۸/۱۷h-l	۱۲/۲۷c-h	۹۲/۷۷a-f	۹۶/۰۹a	۹۶/۰۹a

*در هر ستون میانگین‌هایی با حروف مشابه، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند. ۱= کلریدکلسیم یک درصد، ۲= ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار + کلریدکلسیم یک درصد ۳= ملاتونین ۲۰۰ میکرومولار + کلریدکلسیم یک درصد ۴= اسیدسالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر + کلریدکلسیم یک درصد، و ۵= اسیدسالیسیلیک ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر + کلریدکلسیم یک درصد.

در میوه موز از طریق تجمع ترکیبات فنلی افزایش دهد. گلبا تولنایی مهار گونه‌های فعال اکسیژن را به‌جز اثر غیر مستقیم آن بر افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارد (نظوری و همکاران، ۲۰۲۰). اقدام و همکاران (۲۰۱۶) ظرفیت مهار DPPH بالاتری را نسبت به‌شاهد نشان داد که با نتایج این

از برداشت می‌شود. نقش گلبا در افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌دلیل تولنایی آن در افزایش تولید ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند فنل‌ها و فلاونوئیدها و همچنین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی است. اسیدآمینو بوتیریک می‌تواند ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و تحمل آسیب‌سرمایی را

پژوهش همسو بود. در همسویی با پژوهش حاضر، فعالیت آنتی اکسیدانی در میوه های تیمار شده با سالیسیلیک اسید در سیب افزایش یافت، اما این روند یکنواخت نبود، بدین معنی که تغییرات فعالیت آنتی اکسیدانی از الگوی ثابتی در طول انبارمانی پیروی نکرد. با این حال، پتانسیل آنتی اکسیدانی سیب به غلظت و ترکیب فنلیک ها بستگی داشت (هادیان-دلجو^۱ و همکاران، ۲۰۱۷).

نتیجه گیری کلی

نتایج نشان داد که تیمارهای پیش از برداشت سالیسیلیک اسید، ملاتونین و کلریدکلسیم همراه با تیمار پس از برداشت گلبا سبب افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی، کاروتنوئید و همچنین تجمع ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی می شود. با توجه به یافته های این پژوهش می توان نتیجه گیری کرد که این ترکیبات می توانند رسیدن و پیری بافت میوه را به تأخیر بیندازند و از این طریق سبب گسترش عمر انباری میوه و حفظ ویژگی های کیفی میوه از طریق افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی شوند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تیمار تلفیقی گابا با سالیسیلیک اسید، ملاتونین و کلریدکلسیم در غلظت های مختلف اثرات معنی داری بر صفات مورد اندازه گیری داشت و سبب حفظ خصوصیات کیفی و ارتقاء عمر ماندگاری میوه انگور رقم ریش بابا گردید.

منابع

- اردکانی، ا.، داودی نژاد، غ و عزیزی، م. ۱۳۹۱. تأثیر کاربرد محلول پاشی سالیسیلیک اسید قبل از برداشت بر روی ماندگاری، کیفیت پس از برداشت و فعالیت آنتی اکسیدانی زردآلو رقم نوری. نشریه علوم باغبانی، ۴۵۹-۴۴۸: (۴) ۲۶.
- رنجبران، ا.، ساریخانی، ح. و بخشی، د. ۱۳۸۸. اثر تیمار قبل و پس از برداشت سالیسیلیک اسید روی برخی شاخص های کیفی انگور رقم بی دانه سفید. ششمین کنگره باغبانی ایران، رشت دانشگاه گیلان.
- Bisti, A., Hasanpour, H., and Rashid Hasanlouie, A. 2015. The effect of gamma amino butyric acid on postharvest quality of cherry cultivar "Takdaneh Mashhad", Second conference on new findings in environmental and agricultural ecosystems, Institute of new energy and environment, University of Tehran, Tehran.
- Aghdam, M.S., Dokhanieh, A.Y., Hassanpour, H. and Fard, J.R. 2013. Enhancement of antioxidant capacity of cornelian cherry (*Cornus mas*) fruit by postharvest calcium treatment. Scientia Horticulturae, 161:160-164.
- Aghdam, M.S., Naderi, R., Jannatizadeh, A., Sarcheshmeh, M.A.A. and Babalar, M. 2016. Enhancement of postharvest chilling tolerance of anthurium cut flowers by γ -aminobutyric acid (GABA) treatments. Scientia Horticulturae, 198: 52-60.
- Al Shoffe, Y., Nock, J.F., Zhang, Y. and Watkins, C.B. 2021. Pre-and post-harvest γ -aminobutyric acid application in relation to fruit quality and physiological disorder development in 'Honeycrisp' apples. Scientia Horticulturae, 289:110431.
- Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24: 1-15.
- Asgarian, Z.S., Karimi, R., Ghabooli, M. and Maleki, M. 2022. Biochemical changes and quality characterization of cold-stored 'Sahebi' grape in response to postharvest application of GABA. Food Chemistry, 373:131401.
- Bai, J., Alleyne, V., Hagenmaier, R.D., Mattheis, J.P. and Baldwin, E.A. 2003. Formulation of zein coatings for apples (*Malus domestica* Borkh). Postharvest Biology and Technology, 28(2):259-268.
- Bown, A.W. and Shelp, B.J. 2016. Plant GABA: not just a metabolite. Trends in Plant Science, 21(10): 811-813.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C.L.W.T. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food Science and Technology, 28(1):25-30.
- Carrión-Antolí, A., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Zapata, P.J., Serrano, M. and Valero, D. 2022. Melatonin pre-harvest treatments leads to maintenance of sweet cherry quality during storage by increasing antioxidant systems. Frontiers in Plant Science, 13:863467.

- Chi, Z., Dai, Y., Cao, S., Wei, Y., Shao, X., Huang, X., Xu, F. and Wang, H. 2021. Exogenous calcium chloride (CaCl₂) promotes γ -aminobutyric acid (GABA) accumulation in fresh-cut pears. *Postharvest Biology and Technology*, 174:111446.
- Ciccarese, A., Stellacci, A.M., Gentile, G. and Rubino, P. 2013. Effectiveness of pre-and post-veraison calcium applications to control decay and maintain table grape fruit quality during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 75:135-141.
- Debnath, B., Islam, W., Li, M., Sun, Y., Lu, X., Mitra, S., Hussain, M., Liu, S. and Qiu, D. 2019. Melatonin mediates enhancement of stress tolerance in plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(5):1040.
- Dong, H., Lan, Q., Zhou, Y., Zhou, Y., Bao, Z., Wen, Q. and Li, X. 2022. Exogenous γ -Aminobutyric acid (GABA) treatment suppresses ethylene biosynthesis in hardy kiwifruit (*Actinidia arguta*) during postharvest storage. Creative Commons CC BY license, 1-17.
- FAOSTAT. 2021. Statistical Yearbook. Statistics Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. [http://www.fao.org/ Statistics](http://www.fao.org/Statistics).
- Guo, H., Chen, Y. and Li, J. 2018. Effects of 6-benzylaminopurine-calcium chloride-salicylic acid on yellowing and reactive oxygen metabolism of Broccoli. *Transactions of Tianjin University*, 318-325.
- Guohua, Z. 2009. Research on the calcium treatment on physiological characteristics of postharvest loquat fruit [J]. *Chinese agricultural. Chinese Agricultural Science Bulletin*, 25(11):117-122.
- Habibi, F. and Ramezani, A. 2017. Vacuum infiltration of putrescine enhances bioactive compounds and maintains quality of blood orange during cold storage. *Food Chemistry*, 227:1-8.
- Hadian-Deljou, M., Esna-Ashari, M. and Sarikhani, H. 2017. Effect of pre-and post-harvest salicylic acid treatments on quality and antioxidant properties of 'Red Delicious' apples during cold storage. *Advances in Horticultural Science*, 31(1): 31-38.
- Hassanpour, H., Yousef, H., Jafar, H. and Mohammad, A. 2011. Antioxidant capacity and phytochemical properties of cornelian cherry (*Cornus mas* L.) genotypes in Iran. *Scientia Horticulturae*, 129(3): 459-463.
- Hocking, B., Tyerman, S.D., Burton, R.A. and Gilliam, M. 2016. Fruit calcium: transport and physiology. *Frontiers in Plant Science*, 7: 569.
- Huang, R.H., Liu, J.H., Lu, Y.M. and Xia, R.X. 2008. Effect of salicylic acid on the antioxidant system in the pulp of 'Cara cara' navel orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) at different storage temperatures. *Postharvest Biology and Technology*, 47(2): 168-175.
- Hussein, J.M., Tibuhwa, D.D., Mshandete, A.M. and Kivaisi, A.K. 2015. Antioxidant properties of seven wild edible mushrooms from Tanzania. *African Journal of Food Science*, 9(9): 471-479.
- Kang, H.M. and Saltveit, M.E. 2002. Antioxidant capacity of lettuce leaf tissue increases after wounding. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(26): 7536-7541.
- Kant, K., Arora, A. and Singh, V.P. 2016. Salicylic acid influences biochemical characteristics of harvested tomato (*Solanum lycopersicon* L.) during ripening. *Indian Journal of Plant Physiology*, 21(1): 50-55.
- Kant, K., Arora, A., Singh, V.P. and Kumar, R. 2013. Effect of exogenous application of salicylic acid and oxalic acid on post harvest shelf-life of tomato (*Solanum lycopersicon* L.). *Indian Journal of Plant Physiology*, 18: 15-21.
- Kazemi, M., Aran, M. and Zamani, S. 2011. Effect of salicylic acid treatments on quality characteristics of apple fruits during storage. *American Journal of Plant Physiology*, 6(2): 113-119.
- Kinnersley, A.M. and Turano, F.J. 2000. Gamma aminobutyric acid (GABA) and plant responses to stress. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 19(6): 479-509.
- Li, J., Zhou, X., Wei, B., Cheng, S., Zhou, Q. and Ji, S. 2019. GABA application improves the mitochondrial antioxidant system and reduces peel browning in 'Nanguo' pears after removal from cold storage. *Food Chemistry*, 297: 124903.
- Li, Z., Zhang, S., Xue, J., Mu, B., Song, H. and Liu, Y. 2022. Exogenous melatonin treatment induces disease resistance against *Botrytis cinerea* on post-harvest grapes by activating defence responses. *Foods*, 11(15): 231.
- Malekzadeh, P., Khosravi-Nejad, F., Hatamnia, A.A. and Sheikhabari Mehr, R. 2017. Impact of postharvest exogenous γ -aminobutyric acid treatment on cucumber fruit in response to chilling tolerance. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 23: 827-836.

- Marzouk, H.A. and Kassem, H.A. 2011. Improving yield, quality, and shelf life of Thompson seedless grapevine by preharvest foliar applications. *Scientia Horticulturae*, 130(2): 425-430.
- Meighani, H., Ghasemnezhad, M. and Bakhshi, D. 2015. Effect of different coatings on post-harvest quality and bioactive compounds of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruits. *Journal of Food Science and Technology*, 52: 4507-4514.
- Meng, J.F., Xu, T.F., Song, C.Z., Yu, Y., Hu, F., Zhang, L., Zhang, Z.W. and Xi, Z.M. 2015. Melatonin treatment of pre-veraison grape berries to increase size and synchronicity of berries and modify wine aroma components. *Food Chemistry*, 185: 127-134.
- Michailidis, M., Tanou, G., Sarrou, E., Karagiannis, E., Ganopoulos, I., Martens, S. and Molassiotis, A. 2021. Pre-and post-harvest melatonin application boosted phenolic compounds accumulation and altered respiratory characters in sweet cherry fruit. *Frontiers in Nutrition*, 8:695061.
- Mohd Hassan, N., Yusof, N.A., Yahaya, A.F., Mohd Rozali, N.N. and Othman, R. 2019. Carotenoids of capsicum fruits: Pigment profile and health-promoting functional attributes. *Antioxidants*, 8(10): 469.
- Nazoori, F., ZamaniBahramabadi, E., Mirdehghan, S.H. and Rafie, A. 2020. Extending the shelf life of pomegranate (*Punica granatum* L.) by GABA coating application. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(5): 2760-2772.
- Niazi, Z., Razavi, F., Khademi, O. and Aghdam, M.S. 2021. Exogenous application of hydrogen sulfide and γ -aminobutyric acid alleviates chilling injury and preserves quality of persimmon fruit (*Diospyros kaki*, cv. Karaj) during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 285: 110198.
- Pandi-Perumal, S.R., Srinivasan, V., Maestroni, G.J.M., Cardinali, D.P., Poeggeler, B. and Hardeland, R. 2006. Melatonin: Nature's most versatile biological signal?. *The FEBS Journal*, 273(13): 2813-2838.
- Ramesh, S.A., Tyerman, S.D., Gilliam, M. and Xu, B. 2017. γ -Aminobutyric acid (GABA) signalling in plants. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 74: 1577-1603.
- Rastegar, S., Khankahdani, H.H. and Rahimzadeh, M. 2020. Effect of γ -aminobutyric acid on the antioxidant system and biochemical changes of mango fruit during storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(2): 778-789.
- Sharma, A. and Zheng, B. 2019. Melatonin mediated regulation of drought stress: Physiological and Molecular Aspects. *Plants*, 8(7): 190.
- Sheng, L., Shen, D., Luo, Y., Sun, X., Wang, J., Luo, T., Zeng, Y., Xu, J., Deng, X. and Cheng, Y. 2017. Exogenous γ -aminobutyric acid treatment affects citrate and amino acid accumulation to improve fruit quality and storage performance of postharvest citrus fruit. *Food Chemistry*, 216:138-145.
- Tsai, C.J., Harding, S.A., Tschaplinski, T.J., Lindroth, R.L. and Yuan, Y. 2006. Genome-wide analysis of the structural genes regulating defense phenylpropanoid metabolism in *Populus*. *New Phytologist*, 172(1): 47-62.
- Velickova, E., Winkelhausen, E., Kuzmanova, S., Alves, V.D. and Moldão-Martins, M. 2013. Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage conditions. *LWT-Food Science and Technology*, 52(2): 80-92.
- Wang, L., Zhang, H., Jin, P., Guo, X., Li, Y., Fan, C., Wang, J. and Zheng, Y. 2016. Enhancement of storage quality and antioxidant capacity of harvested sweet cherry fruit by immersion with β -aminobutyric acid. *Postharvest Biology and Technology*, 118: 71-78.
- Wang, Y., Luo, Z., Huang, X., Yang, K., Gao, S. and Du, R. 2014. Effect of exogenous γ -aminobutyric acid (GABA) treatment on chilling injury and antioxidant capacity in banana peel. *Scientia Horticulturae*, 1: 132-137.
- Xin, D., Si, J. and Kou, L. 2017. Postharvest exogenous melatonin enhances quality and delays the senescence of cucumber. *Acta Horticulturae Sinica*, 44(5): 891.
- Yang, A., Cao, S., Yang, Z., Cai, Y. and Zheng, Y. 2011. γ -Aminobutyric acid treatment reduces chilling injury and activates the defence response of peach fruit. *Food Chemistry*, 129(4): 1619-1622.
- Zahran, A.A., Hassanein, R.A. and AbdelWahab, A.T. 2015. Effect of chitosan on biochemical composition and antioxidant activity of minimally processed 'Wonderful' pomegranate arils during cold storage. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 88: 41-248.
- Zarbakhsh, S., Kazemzadeh-Beneh, H. and Rastegar, S. 2020. Quality preservation of minimally processed pomegranate cv. Jahrom arils based on chitosan and organic acid edible coatings. *Journal of Food Safety*, 40(2): e12752.