

مقاله پژوهشی

تأثیر اتانول بر برخی صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا طی دوره نگهداری در انبار

اکبر ساربان^۱، موسی ارشد^{۲*}، محمدجواد نظری دلجو^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۱۶)

چکیده

توت‌فرنگی یکی از میوه‌های با ارزش و دارای خواص آنتی‌اکسیدان بوده که به دلیل نرمی بافت آن، آسیب‌پذیر و مستعد لهیدگی است. در این تحقیق واکنش‌های بیوشیمیایی فیزیولوژیکی میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا با کاربرد غلظت‌های مختلف اتانول در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. تیمارها شامل غلظت‌های مختلف اتانول (۲۰ و ۴۰ درصد) به همراه شاهد (آب مقطر) و زمان‌های مختلف نمونه‌برداری طی نگهداری پس از برداشت (۷، ۱۴ و ۲۱ روز) بود. میوه‌ها در ظروف یکبار مصرف استریل شده در سردخانه آمونیاکی با شرایط دمایی $2 \pm 0/5$ درجه سانتی‌گراد و میزان رطوبت ۹۵-۹۰ درصد در طول پژوهش نگهداری شدند. نتایج نشان داد که با طولانی شدن دوره نگهداری، تیمار اتانول باعث جلوگیری از کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانی کاتالاز در میوه شد. بر همین اساس بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم کاتالاز در غلظت ۴۰ درصد اتانول به دست آمد. بیوسنتز اتیلن در میوه‌های تیمار شده با اتانول در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری طی زمان تحت تأثیر قرار گرفت. به طوری که ۲۱ روز پس از انبارداری، کمترین میزان اتیلن به مقدار ۲۵۷ نانولیتتر بر کیلوگرم در ساعت در تیمار اتانول ۴۰ درصد تولید گردید. هم‌چنین بیشترین استحکام و اسیدیته قابل تیتراسیون میوه به ترتیب به مقدار $2/04$ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع و $1/65$ میلی‌گرم در صد گرم وزن تر میوه در تیمار اتانول ۴۰ درصد مشاهده گردید. پس از ۲۱ روز نگهداری، بیشترین میزان ویتامین ث میوه (۴۲ میلی‌گرم در صد گرم) در تیمار ۴۰ درصد اتانول وجود داشت. بر اساس نتایج این آزمایش اتانول در غلظت ۴۰ درصد موجب بهبود ویژگی‌های پس از برداشت میوه توت‌فرنگی شد.

کلمات کلیدی: اتیلن، رقم کاماروسا، ضایعات پس از برداشت، کیفیت

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه علوم باغبانی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران.

۲- استادیار، گروه علوم باغبانی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران.

۳- دانشیار، گروه علوم باغبانی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران.

* پست الکترونیک: mo_arshad2002@yahoo.com

مقدمه

توت‌فرنگی با نام علمی *Fragaria ananassa* از خانواده گلسرخیان و یکی از مهمترین میوه‌های با ارزش و سرشار از ترکیبات آنتی‌اکسیدان است. تنفس زیاد، درصد بالای آب درون بافتی و بافت‌های حساس از مهمترین دلایل فسادپذیری و تلفات پس از برداشت این میوه است. برهمین اساس تحقیقات وسیعی در خصوص کاهش تلفات پس از برداشت توت‌فرنگی در حال اجرا است (لی^۱ و همکاران، ۲۰۱۸).

اتانول یا الکل اتیلیک (اتیل الکل) مایعی قابل احتراق و بی‌رنگ با فرمول شیمیایی C_2H_5OH می‌باشد. برای تولید آن می‌توان هم از روش پتروشیمیایی (هیدراسیون یا به عبارتی احیای غیرمستقیم و یا احیای مستقیم گاز اتیلن) و هم به روش بیوتکنولوژی (زیست فناوری) از مواد اولیه گوناگون با منشأ طبیعی (زیستی) استفاده نمود. امروزه بیش از ۹۰ درصد اتانول تولیدی در جهان به روش زیست فناوری تولید می‌شود (کامکار، ۱۳۸۱). اتانول یک عامل ضد میکروبی قوی است که معمولاً برای استریلیزه کردن سطوح بی‌جان در امور پزشکی و بیولوژیکی استفاده می‌شود. به طور کلی به عنوان ماده ایمن و سالم شناخته می‌شود و به طور طبیعی در گیاهان یافت می‌شود. اتانول در غلظت‌های کم موجب آسیب در گیاهان و سبزیجات نمی‌شود (هو^۲ و همکاران، ۲۰۱۰). چندین محقق از بخار اتانول یا غوطه‌وری در اتانول برای ممانعت از پوسیدگی و کاهش رشد جمعیت پاتوژن‌هایی مثل *Botrytis cinerea* (چروین^۳ و همکاران، ۲۰۰۹) و *Escherichia coli* (کارابولوت^۴ و همکاران، ۲۰۰۴) استفاده کرده‌اند. تأثیر اتانول در کنترل پوسیدگی در ارتباط با ویژگی‌های قارچ‌کشی این ماده است. علاوه بر این ثابت شده است که تیمار اتانول پیری و رسیدگی بافت را به تأخیر می‌اندازد. اتانول از تولید اتیلن با جلوگیری از تبدیل ۱- آمینو سیکلوپروپان-

۱- کربوکسیلات (ACC) به اتیلن جلوگیری می‌کند و همچنین تشکیل ACC را متوقف می‌کند (ویبر^۵ و همکاران، ۲۰۱۵). تیمار اتانول در میوه سیب رقم گالا با کاهش فعالیت ACC اکسیداز و تولید اتیلن و با کاهش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی مثل پلی‌گالاکتورناز^۶ از نرم شدن بافت میوه جلوگیری کرد (ویبر و همکاران، ۲۰۱۵). بخار اتانول در کنترل پوسیدگی انگور ثابت شده است (لوری^۷ و همکاران، ۲۰۰۶). اتانول در انواع سبزیجات و میوه‌ها از جمله انبه (گوترز-مارتینز^۸ و همکاران، ۲۰۱۲)، سیب (بای^۹ و همکاران، ۲۰۰۴) و گیلاس (بای و همکاران، ۲۰۱۱) موجب کاهش فساد و علائم سرمازدگی شده است. اتانول در بهبود هدایت آبی و کاهش انسداد آوندی مؤثر است (فرخزاد^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۵). کاربرد اتانول بعد از انبارداری سیب رقم بری‌بورن در شرایط اتمسفر کنترل شده، میزان تولید اتیلن، تنفس و نیز نفوذپذیری غشای سلولی را کاهش داد. اتانول تولید شده توسط میوه و همچنین کاربرد اتانول خارجی هر دو اثر معنی‌داری در جلوگیری از نرم شدن میوه سیب در مدت نگهداری در انبار از خود نشان دادند (ویبر و همکاران، ۲۰۲۰). تیمار میوه‌های آلو با بخار الکل در غلظت‌های ۰، ۲، ۴، ۶ و ۸ میلی‌لیتر بر کیلوگرم وزن میوه و سپس نگهداری آنها در شرایط انبار با دمای ۰/۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۲ درصد به مدت ۳۰ روز، باعث حفظ سفتی گوشت میوه، کاهش تغییر رنگ و افزایش فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز میوه گردید (نونس^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۹). از اینرو پاسخ میوه به تیمار اتانول بستگی به عوامل زیادی از جمله جنس، گونه، میزان بلوغ میوه، غلظت به کار برده شده و روش کاربرد آن دارد (پسیس^{۱۲}، ۲۰۰۵). هدف از این تحقیق افزایش ماندگاری میوه از طریق بررسی تأثیر اتانول بر خواص بیوشیمیایی توت‌فرنگی طی دوره پس از برداشت بود.

7. Lurie
8. Gutiérrez-Martínez
9. Bai
10. Farokhzad
11. Nunes
12. Pesis

1. Li
2. Hu
3. Chervin
4. Karabulut
5. Weber
6. Polygalacturonase

مواد و روش‌ها

تیمارها و مواد آزمایشی

در این پژوهش، میوه‌های توت‌فرنگی رقم 'Camarosa' در مرحله رسیدگی و پس از رنگ‌گیری کامل از یک گلخانه هیدروپونیک واقع در شهرستان ارومیه برداشت و به آزمایشگاه علوم باغبانی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد منتقل شدند. سپس میوه‌های سالم، هم‌وزن و هم‌شکل انتخاب و پس از تیمار با غلظت‌های مختلف اتانول، جهت انبارداری به سردخانه آمونیاکی با شرایط دمایی $2 \pm 0/5$ درجه سانتی‌گراد و میزان رطوبت ۹۵-۹۰ درصد انتقال داده شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و هر تکرار شامل ۱۰۰ گرم بافت میوه (تقریباً ۸ عدد) سالم و یکنواخت به همراه میوه‌های شاهد که با آب دو بار تقطیر تیمار شدند، اجرا شد. میوه‌های توت‌فرنگی با غلظت‌های ۲۰ و ۴۰ درصد اتانول به صورت غوطه‌وری به مدت ۱۰ دقیقه تیمار شدند. پس از اعمال تیمارها، میوه‌ها تا زمان خشک شدن در دمای لتاق به مدت ۲ ساعت در جریان هوای آزاد قرار گرفتند. میوه‌های تیمار شده به همراه شاهد، به مدت ۲۱ روز در ظروف پلاستیکی یک بار مصرف با ابعاد تقریبی ۷ در ۱۲ در ۲۱ سانتی‌متر و استریل شده با الکل ۷۰ درصد در سردخانه نگهداری شدند. جهت بررسی روند تغییرات آنزیمی و غیرآنزیمی، در روزهای ۷، ۱۴ و ۲۱ نمونه‌برداری انجام شد و صفات مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت.

کیفیت ظاهری و بازاری‌پسندی میوه

برای تعیین کیفیت ظاهری و بازاری‌پسندی میوه‌ها، ۱۵ نفر از اساتید، کارمندان و دانشجویان به صورت تصادفی انتخاب شدند. برداشت حسی، دیداری و چشایی آنها از لحاظ خصوصیات ظاهر پوست و گوشت، عطر و طعم و پذیرش کلی میوه‌ها طی پرسشنامه‌ای ثبت شد و بر حسب میزان بازاری‌پسندی نمرات یک تا شش در نظر گرفته شد (۱- خیلی بد، ۲- بد، ۳- متوسط، ۴- خوب، ۵- خیلی خوب، ۶- عالی).

سنجش سفتی بافت میوه

برای سنجش سفتی بافت میوه از آزمون نفوذسنجی و دستگاه بافت سنج (مدل H₅KS، ساخت انگلستان) استفاده شد و سفتی بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع بیان شد.

سنجش میزان پوسیدگی میوه

میزان پوسیدگی میوه‌ها به صورت نمره‌دهی با استفاده از درجه‌بندی پس از ۲۱ روز نگهداری در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد به صورت (۱- بدون پوسیدگی، ۲- کمتر از ۵ درصد پوسیدگی، ۳- ۵ الی ۲۰ درصد پوسیدگی، ۴- ۲۰ الی ۵۰ درصد پوسیدگی و ۵- بیشتر از ۵۰ درصد پوسیدگی) مورد ارزیابی قرار گرفت (بنیهوشوا^۱ و همکاران، ۱۹۹۲).

کاهش وزن میوه

برای محاسبه درصد کاهش وزن، نمونه‌های مشخص شده از هر تیمار به طور تصادفی انتخاب و پس از توزین، میزان افت وزن آنها نسبت به وزن اولیه طبق رابطه ۱ و بر حسب درصد بیان گردید.

$$100 \times (\text{وزن اولیه/وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}) = \text{درصد کاهش وزن}$$

pH آب میوه

pH عصاره صاف شده، با استفاده از pH متر دیجیتالی با قرار دادن سنسور در داخل عصاره مورد نظر در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرائت گردید.

درصد اسیدیته قابل تیتراسیون

جهت تعیین درصد اسیدیته قابل تیتراسیون، از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال استفاده شد. برای این منظور عصاره میوه با آب مقطر به حجم رسانده شد، سپس با سود ۰/۱ نرمال، pH محلول روی عدد ۸/۲ ثابت و در نهایت حجم NaOH مصرفی در تیتراسیون قرائت گردید و به صورت درصد اسید سیتریک بیان گردید (فرناندو آیالا-زاوالا^۲ و همکاران، ۲۰۰۵).

$$A = \frac{N \times V \times E}{M} \times 100$$

A: مقدار اسیدهای آلی موجود در عصاره (میلی‌گرم

بر ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره میوه)

N: نرمالیت سود مصرفی (۰/۱ نرمال)

V: حجم سود مصرفی

E: اکی‌والان گرم اسید غالب (اسید سیتریک)

M: مقدار عصاره میوه (میلی‌لیتر)

میزان ویتامین ث

میزان ویتامین ث با استفاده از روش تیتراسیون با یدورپتاسیم تعیین شد.

این روش برای هر نمونه ۱ سی‌سی از عصاره با ۴ سی‌سی محلول متانولی DPPH مخلوط و میزان جذب نور پس از آن که نمونه‌ها ۳۰ دقیقه تحت شرایط تاریکی بودند در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت شد. با استفاده از اعداد حاصل از جذب نوری شاهد و نمونه‌ها، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به صورت درصد بازدارندگی DPPH در طول موج ۵۱۷ نانومتر محاسبه گردید (سرانو^۴ و همکاران، ۲۰۰۵).

میزان فنل کل

میزان فنل کل در عصاره میوه با معرف فولین سیو-کالتو و مطابق روش اسلینکارد اندازه‌گیری شد. به طور خلاصه در این روش ۲۰ میکرولیتر از محلول عصاره صاف شده درون لوله آزمایش با ۱/۱۶۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۰۰ میکرولیتر معرف فولین سیوکالتو مخلوط شدند. بعد از گذشت ۸ دقیقه، ۳۰۰ میکرولیتر محلول کربنات سدیم به محتوای لوله آزمایش افزوده شد. لوله‌های آزمایش بعد از تکان دادن، درون حمام آب با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و پس از گذشت ۳۰ دقیقه، جذب آنها با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۰ نانومتر خوانده شد. برای رسم منحنی استاندارد اسید گالیک، غلظت‌های مختلف آن تهیه و سپس میزان جذب آنها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر یادداشت گردید. با قراردادن مقدار جذب نمونه‌ها در معادله خطی مربوط به منحنی استاندارد، مقدار فنل موجود در عصاره محاسبه شد و نتایج بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک در گرم عصاره میوه بیان شد (اسلینکارد^۵ و همکاران، ۱۹۹۷).

فعالیت آنزیم کاتالاز

جهت اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز، یک گرم بافت میوه فریز شده در ۷ میلی‌لیتر بافر ۵۰ میلی‌مولار فسفات پتاسیم (PH=7.0) کوبیده و بعد از سانتریفیوژ کردن در ۴ درجه سانتی‌گراد، روشناور به‌دست آمده برای اندازه‌گیری آنزیم کاتالاز استفاده شد. مخلوط واکنش اندازه‌گیری فعالیت کاتالاز شامل سه میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار، ۲۰ میکرو

برای تهیه محلول ید در یدور پتاسیم، ۱۰ میلی‌لیتر ید ۰/۰۱ نرمال را در بالن ۱۰۰ میلی‌لیتری ریخته و ۱/۶ گرم یدور پتاسیم (KI به آن اضافه و در بالن، با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد. برای تیتراسیون، ۵ سی‌سی آمیوه صاف شده را با ۲۰ سی‌سی نشاسته ۱٪ مخلوط کرده و بعد از آن با محلول ید در یدور پتاسیم تهیه شده تیتر گردید. ظهور رنگ آبی پایدار پایان دوره تیتراسیون بود. سپس مقدار ویتامین ث بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن تر بیان شد (آنون^۱، ۱۹۹۹).

میلی گرم ویتامین ث در 100 گرم نمونه

$$= \frac{100}{25} \times 0.88 \times \text{محلول ید مصرفی}$$

مواد جامد محلول (TSS²)

برای محاسبه میزان مواد جامد محلول کل، چند قطره عصاره صاف شده میوه روی شیشه رفراکتومتر (Refractometer) دستی مدل (Atago Co. Ltd., Tokyo, Japan) ریخته شد و غلظت مواد محلول جامد کل آن بر حسب درجه بریکس بیان گردید.

سنجش میزان اتیلن

برای اندازه‌گیری میزان اتیلن تولید شده از هر واحد آزمایشی ۴ عدد میوه با حجم یکسان انتخاب و در ظرف‌های یک لیتری قرار داده شدند که درون ظرف، پتاس یک مولار برای جذب دی‌اکسیدکربن قرار داده شده بود تا میزان دی‌اکسیدکربن تولید شده را در حد کمتر از ۰/۱ درصد نگه دارد. پس از مدت ۱۶ ساعت از قرار دادن نمونه‌ها داخل شیشه‌ها، مقدار یک میلی‌لیتر از هوای داخل ظرف نمونه‌گیری شد. اندازه‌گیری میزان اتیلن نمونه‌ها با استفاده از دستگاه GC (model Trace GC/Trace MS Plus system) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در نهایت میزان اتیلن تولید شده بر حسب nano L Kg⁻¹ in hour بیان شد (گوپلن^۳ و همکاران، ۲۰۱۳).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره میوه ارقام مختلف که از طریق سانتریفیوژ بدست آمده بود از طریق خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH (1,1-) (Diphenyl 1-2- picrylhydrazyl) تعیین شد. در

4. Serrano
5. Slinkkard

1. Anon
2. Total Soluble Solids
3. Guillén

استحکام در تیمار شاهد (میانگین ۱/۲۶۶ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع) به دست آمد (شکل ۲- الف).

کیفیت ظاهری میوه به عوامل مختلف از جمله رنگ، میزان سالم بودن و طعم و بوی مطلوب بستگی دارد. غلظت بالای ترکیبات اتانول، استالدئید و اتیل استالدئید در میوه باعث قهوه‌ای شدن درون میوه می‌گردد هر چند مقدار کم این این ترکیبات می‌تواند طعم و بوی خوش میوه را افزایش دهد (رایت^۲ و همکاران، ۲۰۱۵) از جمله سیب‌های رقم گالا که دارای اتیل‌استات بودند توسط مصرف کنندگان بیشتر مورد پذیرش قرار گرفتند (ایشوریا^۳ و همکاران، ۲۰۰۸). گزارش شده است میوه‌های انبه که به مدت ۲۰ ساعت با بخار اتانول تیمار شده بودند پس از ۱۵ روز نگهداری آنها در دمای ۷ درجه سانتی‌گراد، نسبت به شاهد کیفیت ظاهری بهتری داشتند. در این تحقیق با افزایش پوسیدگی، میزان استحکام میوه کاهش یافت ضمن اینکه سفتی میوه با افزایش تولید اتیلن همبستگی منفی نشان داد (جدول ۳). عواملی همچون سفتی و میزان اسیدیت میوه در پذیرش آن توسط مصرف کنندگان از اهمیت برخوردار هستند (ویبر و همکاران، ۲۰۱۵). علت حفظ سفتی میوه در مدت نگهداری می‌تواند به نقش اتیلن تولید شده در تنظیم فعالیت آنزیم‌های مرتبط با تجزیه دیواره سلولی باشد (نونس و همکاران، ۲۰۱۹). طبق گزارش محققین بعد از کاربرد اتانول، افزایش کم شاخص رنگ میوه‌ها به کاهش بیوسنتز و نقش اتیلن نسبت داده می‌شود. طوریکه اتیلن، تولید و فعالیت آنزیم‌های موثر در تغییر رنگ میوه از جمله اکسیدازها و کلروفیل‌ها را تحریک می‌کند (استانگر^۴ و همکاران، ۲۰۱۴) و در گوجه‌فرنگی نیز حفظ سفتی گوشت میوه در انبار به کاهش بیوسنتز اتیلن نسبت داده شده است (تزورتزاکیس و اکونومیکس^۵، ۲۰۰۷).

تیمار اتانول در میوه گیلاس موجب حفظ رنگ روشن میوه و ممانعت از سنتز آنتوسیانین در دوره نگهداری (بای و همکاران، ۲۰۱۱) و بجهت جلوگیری

لیتر از عصاره استخراج شده و ۱۵ میکرولیتر پراکسید هیدروژن بود. بلافاصله پس از اضافه کردن هر یک از این اجزا در کوات اسپکتروفوتومتر، کاهش جذب در طول موج ۲۴۰ نانومتر به مدت ۶۰ ثانیه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرائت شد. در نهایت میزان فعالیت آنزیم با استفاده از ضریب جذب پراکسید هیدروژن در طول موج ۲۴۰ نانومتر ($Mm^{-1} cm^{-1} \times 0.361$) و بر حسب واحد در گرم میوه در دقیقه محاسبه شد (آبی^۱، ۱۹۸۴).

نتایج و بحث

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، غلظت‌های مختلف اتانول تأثیر معنی‌داری بر تمام صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی اندازه‌گیری شده به جز صفت میزان پوسیدگی، pH آب‌میوه و میزان فنل کل داشت و زمان انبارداری تأثیر معنی‌داری بر تمام صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی اندازه‌گیری شده داشت و اثر متقابل غلظت‌های مختلف اتانول و زمان انبارداری تأثیر معنی‌داری بر کاهش وزن، pH آب میوه، میزان ویتامین ث، میزان اتیلن، ظرفیت آنتی-اکسیدانی، میزان فنل کل و فعالیت آنزیم کاتالاز داشت و اثر آن بر سایر صفات مورد مطالعه غیرمعنی‌دار بود (جدول ۱ و ۲).

کیفیت ظاهری، بازار پسندی و استحکام میوه

تیمار اتانول منجر به حفظ کیفیت ظاهری و بازارپسندی میوه توت‌فرنگی شد. تیمار ۴۰ درصد اتانول موجب افزایش ۵۰ درصد بازارپسندی نسبت به میوه‌های شاهد گردید (شکل ۱ الف). با توجه به نتایج شکل‌های (۱ ب) و (۲ ب) طی دوره نگهداری با گذشت زمان بازارپسندی و استحکام میوه توت‌فرنگی کاهش یافت. بیشترین استحکام میوه در تیمار ۴۰ درصد اتانول (میانگین ۲/۰۴۴ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع) به دست آمد.

اگرچه بین تیمار ۲۰ درصد و ۴۰ درصد اتانول اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین میزان

4. Stanger
5. Tzortzakakis and Economakis

1. Aebi
2. Wright
3. Echeveria

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر اتانول و زمان بر برخی خصوصیات انبارداری میوه توت‌فرنگی رقم 'Camarosa'

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		بازارپسندی	استحکام	پوسیدگی	کاهش وزن	pH آب میوه
اتانول	۲	۶/۳**	۱/۴۶**	۲/۱۱ ^{ns}	۰/۴۶۹**	۰/۰۳۶ ^{ns}
زمان	۲	۲۰/۳**	۲/۶**	۲۳/۴۴**	۴/۶۹**	۰/۳۷۱**
اتانول × زمان	۴	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۲۰۴ ^{ns}	۰/۵۶ ^{ns}	۰/۴۱۵**	۰/۰۷۶**
خطای آزمایشی	۱۸	۰/۳۷	۰/۰۷۷	۰/۴۰۷	۰/۰۰۷۵	۰/۰۱
ضریب تغییرات (%)		۱۶/۵۹	۱۶/۲۲	۲۲/۹۷	۱۸/۲۶	۲/۸۵

^{ns}، ^{*}، ^{**} به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

ادامه جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر اتانول و زمان بر برخی خصوصیات انبارداری میوه توت‌فرنگی رقم 'Camarosa'

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		ویتامین ث	مواد جامد محلول	اتیلن	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی	فنل کل
اتانول	۲	۱۳۹/۳**	۱/۰۶۷**	۳۳۶۸/۸۹**	۴۶/۷۸*	۰/۳۹۱ ^{ns}
زمان	۲	۱۰۰/۸**	۶/۹۲**	۴۱۶۵۶/۲۹**	۱۱۹۷**	۳۰۴/۹۵۶**
اتانول × زمان	۴	۳۴/۷۹**	۰/۱۵۷ ^{ns}	۶۰/۸۵۵**	۳۸/۱*	۱۴/۰۳۴*
خطای آزمایشی	۱۸	۶/۹۲۱	۰/۰۸۶	۵۱/۵	۹/۰۳	۴/۱۷۵
ضریب تغییرات (%)		۷/۱۷	۳/۹۷	۳/۴	۵/۲۳	۷/۰۳۲

^{ns}، ^{*}، ^{**} به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

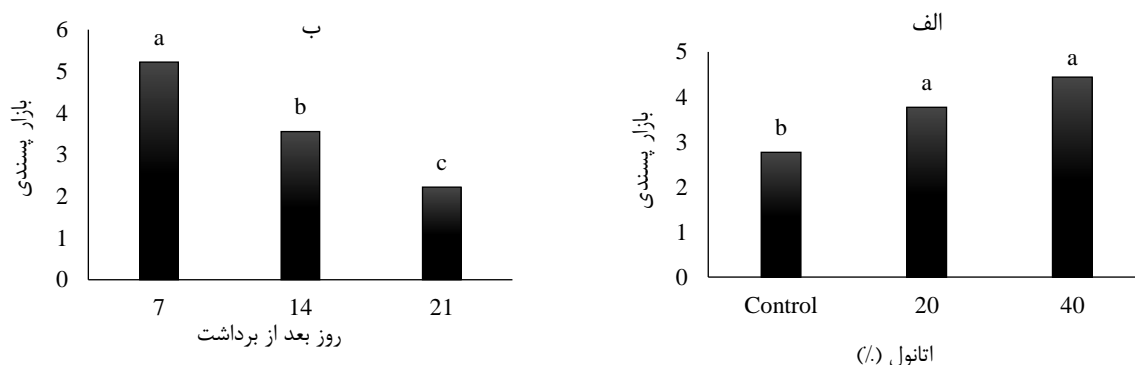
فعالیت آنزیم‌های دخیل در نرم شدن دیواره سلولی باشد.

پوسیدگی و کاهش وزن

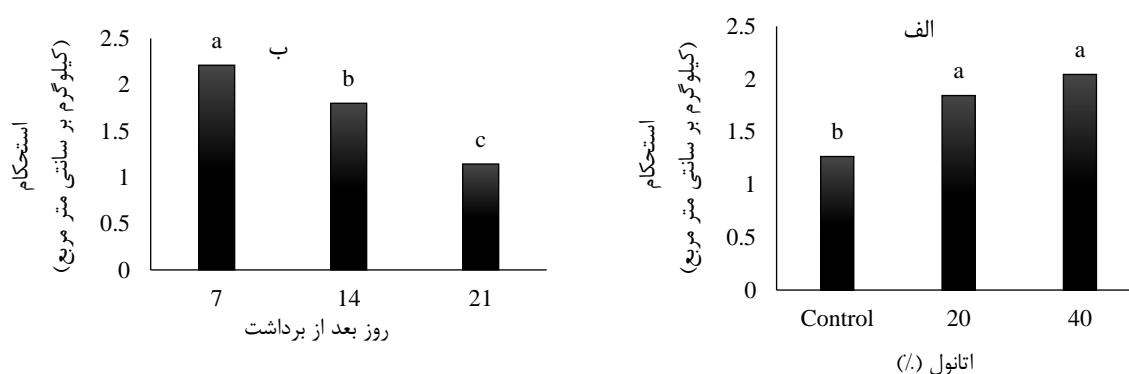
تیمار اتانول اثر معنی‌داری بر میزان پوسیدگی میوه‌ها نشان نداد (جدول ۱). همانگونه که انتظار می‌رفت، تیمار اتانول باعث کاهش پوسیدگی میوه‌ها شد. افزایش پیدا کرد به طوری که با افزایش طول نگهداری در انبار، میزان پوسیدگی نسبت به شاهد ۲۷/۴۷ درصد افزایش یافت (شکل ۳). بین ۷ و ۱۴ روز پس از انبارداری در غلظت‌های شاهد و ۲۰ درصد اتانول هیچگونه اختلاف معنی‌داری از نظر کاهش وزن میوه مشاهده نشد اما با افزایش طول دوره به ۲۱ روز در تمامی غلظت‌ها افزایش معنی‌دار مشاهده گردید به گونه‌ای که بیشترین کاهش وزن در تیمار شاهد (۲/۰۶ درصد) و کمترین آن نیز در حالت کاربرد ۴۰ درصد اتانول (۰/۸۸ درصد) در دوره مذکور مشاهده شد (شکل ۴). بین صفات اتیلن و پوسیدگی رابطه مثبت در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۳) و با افزایش پوسیدگی، تولید

از تولید اتیلن باعث تأخیر در فرایند پیری و بهبود شاخص‌های کیفی میوه موز گردید. (باگناتو^۱ و همکاران، ۲۰۰۳).

اتانول اثرات مثبتی بر حفظ استحکام سلول دارد. اتانول فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره سلولی از قبیل پلی‌گالاکتوزناز، گالاکتوزیداز، اندوگلوکاناز و سلولاز را کاهش می‌دهد (بای و همکاران، ۲۰۱۱). گزارش شده است که اتانول موجب حفظ استحکام میوه‌های هلو، آووکادو و انگور شده و پیری و فرآیندهای رسیدن را در این میوه‌ها از طریق بهبود سیالیت لیپیدهای غشا کاهش داده است، بدون اینکه تغییری در ترکیبات غشا بوجود آید (پسیس، ۲۰۰۵). طی دوران انبارداری، تیمار اتانول موجب بیشترین سفتی گوشت میوه سیب شد (ویبر و همکاران، ۲۰۱۹). با توجه به نتایج آزمایش، ظاهراً حفظ کیفیت ظاهری، استحکام بافت و در نتیجه بهبود بازارپسندی توت‌فرنگی می‌تواند ناشی از کاهش تولید اتیلن (شکل ۹) و احتمالاً کاهش



شکل ۱- اثر غلظت‌های مختلف اتانول (الف) و زمان نگهداری پس از برداشت (ب) بر بازارپسندی میوه توت‌فرنگی رقم 'Camarosa'. حروف مشترک روی ستون‌ها نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.



شکل ۲- اثر غلظت‌های مختلف اتانول بر استحکام میوه (الف) و زمان نگهداری پس از برداشت (ب) طی دوره پس از برداشت توت‌فرنگی رقم 'Camarosa'. حروف مشترک روی ستون‌ها نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

لنداختن رسیدگی انبه تأثیری نداشته ولی از رشد میکروب‌ها جلوگیری نمود (پلوتو^۴ و همکاران، ۲۰۰۶). در آزمایشات مختلف کاربرد اتانول فساد میکروبی انگوره‌های رومیزی (آلف^۵ و همکاران، ۲۰۱۲)، خیار (کاسیم^۶ و همکاران، ۲۰۱۸) و تمشک (وانگ^۷ و همکاران، ۲۰۱۰) را کاهش داده است.

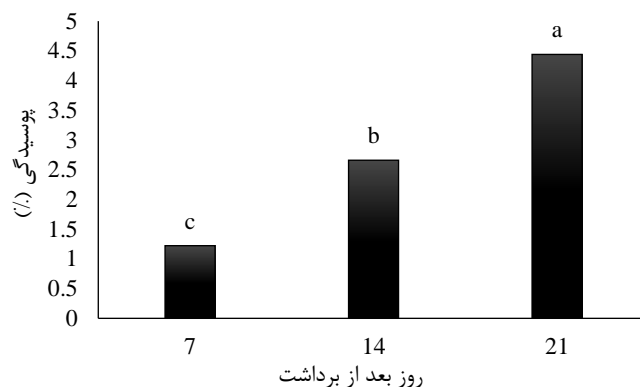
pH آب میوه و اسیدیته قابل تیتراسیون

با توجه به جدول ۱، غلظت‌های مختلف اتانول تأثیر معنی‌داری بر میزان pH آب میوه نداشت. میزان pH آب میوه با افزایش طول دوره نگهداری تا روز هفتم افزایش یافت. بین میزان pH آب میوه در ۱۴ و ۲۱ روز نگهداری پس از برداشت، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۵). کاربرد پس از برداشت اتانول در میوه‌های نافراز‌گرای پرتقال، تمشک و توت‌فرنگی

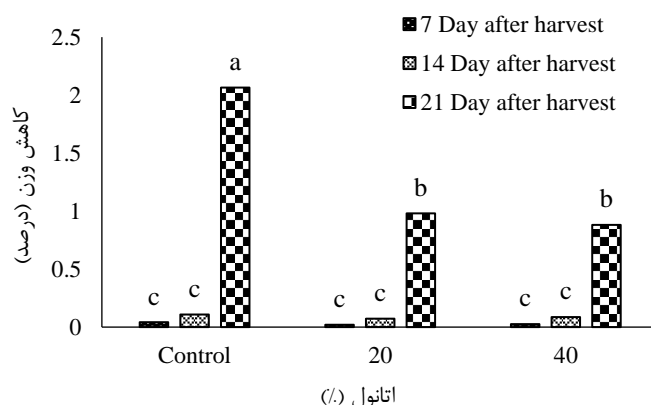
اتیلن افزایش یافت لذا کاهش پوسیدگی احتمالی می‌تواند ناشی از خواص ضد میکروبی اتانول و تأثیر آن در کاهش تولید اتیلن باشد. کاربرد اتانول خارجی از طریق کاهش آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی مانند پلی‌گالاکتوروناز باعث حفظ سفتی میوه‌های هلو و شلیل شده (بای، ۲۰۱۱) و باعث کاهش نابسامانی قهوه‌ای شدن درون بافت میوه می‌گردد (جین^۱ و همکاران، ۲۰۱۳). تأثیر فرآیندهای متابولیک طبیعی و کاهش فشار بخار محیط پیرامونی نیز می‌تواند باعث کاهش وزن میوه‌ها گردد (لوری^۲، ۲۰۰۶). گزارش شده است که تیمار بخار اتانول موجب کاهش زرد شدن و پوسیدگی در سبزی بروکلی شد و باعث افزایش ماندگاری آن گردید. این تأثیر در نتیجه حفظ کلروفیل و جلوگیری از تجزیه کلروپلاست‌ها به کلروموپلاست‌ها بود (سوسوزکی^۳ و همکاران، ۲۰۰۵). بخار اتانول در به تأخیر

5. Alef
6. Kasim
7. Wang

1. Jin
2. Lurie
3. Suzuki
4. Plotto



شکل ۳- تغییرات درصد پوسیدگی میوه توت‌فرنگی رقم 'Camarosa' طی دوره انبارداری. حروف مشترک روی ستون‌ها نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.



شکل ۴- اثر متقابل غلظت‌های مختلف اتانول و زمان بر کاهش وزن میوه توت‌فرنگی رقم 'Camarosa' در طول انبارداری. حروف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

در میوه گیلان کاهش داده در نتیجه موجب کاهش سرعت روند نزولی میزان اسیدیته قابل تیتراسیون شد. بنابراین اتانول موجب کاهش پیری و افزایش استحکام میوه گیلان گردید (بای و همکاران، ۲۰۱۱). تیمار اتانول به‌اضافه اتمسفر کنترل شده باعث افزایش اسیدیته قابل تیتراسیون در میوه‌های سیب (ویبر و همکاران، ۲۰۲۰) و آلو (پلوتو و همکاران، ۲۰۰۶) گردید. کاربرد پس از برداشت اتانول منجر به حفظ اسیدیته بیشتر میوه توت‌فرنگی طی دوره انبارداری شد (آیالا-زاولا^۲ و همکاران، ۲۰۰۵). در ماش‌های جولنه زده تیمار شده با اتانول، سطح بالای اسیدیته ممکن است به‌علت تأثیر اتانول و کاهش فعالیت‌های متابولیکی باشد (گویال و سیدیگوی^۳، ۲۰۱۴).

ویتامین ث

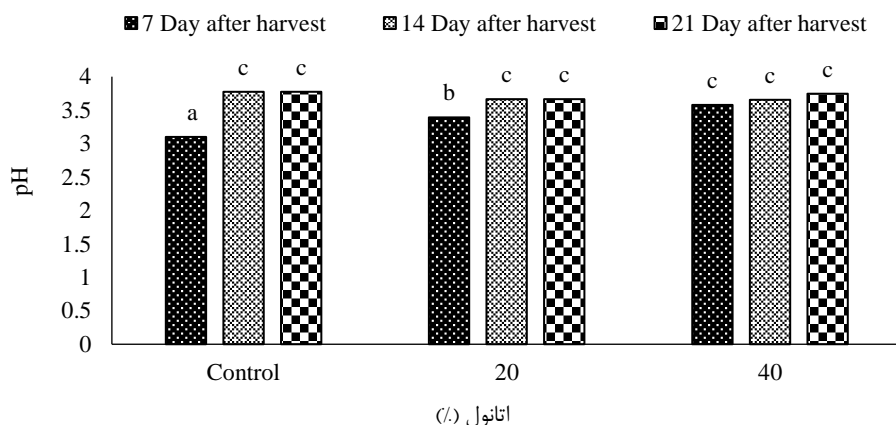
با افزایش طول دوره نگهداری، میزان ویتامین ث کاهش یافت و در روز ۲۱ام کمترین آن در شاهد

منجر به تولید CO_2 می‌شود که تولید CO_2 باعث کاهش pH میوه‌ها می‌گردد (پسیس، ۲۰۰۵) که با نتایج این پژوهش تا روز هفتم مطابقت داشت.

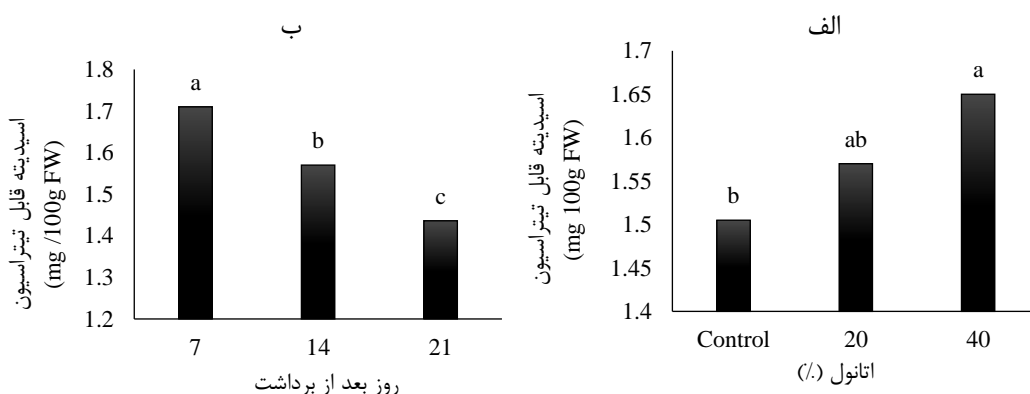
تیمار اتانول در دو غلظت ۲۰ و ۴۰ درصد موجب افزایش اسیدیته قابل تیتراسیون میوه‌ها نسبت به شاهد گردید. بیشترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در تیمار اتانول ۴۰ درصد (میانگین ۱/۶۵ میلی‌گرم در صدگرم بافت تر) مشاهده شد (شکل ۶ الف). با توجه به شکل ۶ (ب) با گذشت زمان طی دوره نگهداری، اسیدیته قابل تیتراسیون کاهش یافته است. کاربرد اتانول باعث کاهش تنفس در سیب رویال گالا گردیده است (ویبر و همکاران، ۲۰۱۵). با توجه به وجود رابطه مثبت بین میزان اتیلن و تنفس برخی میوه‌ها (دفرانکا^۱ و همکاران، ۲۰۱۹)، افزایش اسیدیته در تیمار ۴۰ درصد اتانول ممکن است به دلیل تولید اتیلن کمتر و در نتیجه مصرف کمتر اسیدیته در فرآیند تنفس باشد. گزارش شده است که تیمار اتانول تجزیه اسیدها را

3. Goyal and Siddiqui

1. De Franca
2. Ayala-Zavala



شکل ۵- اثر متقابل غلظت‌های مختلف اتانول و زمان بر میزان pH میوه توت فرنگی رقم 'Camarosa' طی دوره‌های مختلف نگهداری. حروف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

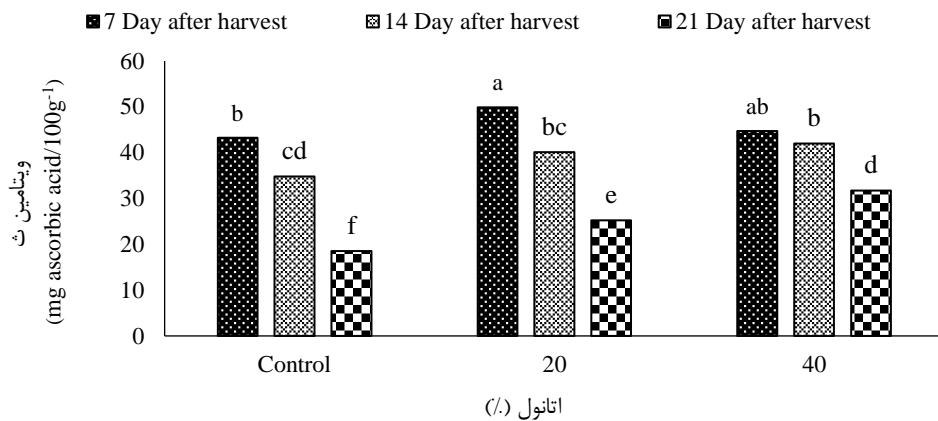


شکل ۶- اثر غلظت‌های مختلف اتانول (الف) و مدت زمان پس از برداشت (ب) بر اسیدیته قابل تیتراسیون توت فرنگی رقم 'Camarosa'. حروف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

مقدار مواد جامد محلول با تیمار اتانول تحت تأثیر قرار گرفت. بیشترین مقدار مواد جامد محلول در تیمار ۴۰ درصد اتانول (میانگین ۷/۶۸ درصد) و کمترین آن در تیمار شاهد (میانگین ۷/۰۱ درصد) مشاهده شد. با گذشت زمان در طی دوره انبارداری مقدار مواد جامد محلول کاهش یافت (شکل ۸). گویلن و همکاران (۲۰۱۴) مشاهده کردند که بخار اتانول مواد جامد قابل حل را در میوه‌های آلو افزایش می‌دهد که نتایج حاصل از این تحقیق با گزارش گویلن و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد. مواد جامد محلول به طور مستقیم به عطر و طعم میوه مربوط می‌شود. هرچه میزان اسیدیته قابل تیتراسیون کمتر و میزان مواد جامد محلول بیشتر باشد، میوه طعم بهتر و مقبولیت بیشتری خواهد داشت. طبق گزارشات، بخار اتانول در میوه تمشک فعالیت‌های رسیدن و پیری را به تأخیر انداخت (وانگ و همکاران، ۲۰۱۰).

(۱۸/۵ میلی‌گرم در صدگرم وزن تر) و بیشترین مقدار آن به ترتیب در تیمارهای ۲۰ درصد اتانول در روز هفتم (۴۹/۸ میلی‌گرم در صدگرم وزن تر) و ۴۰ درصد اتانول در ۲۱ روز پس از نگهداری (۴۲ میلی‌گرم در صدگرم وزن تر) مشاهده شد (شکل ۷). در پژوهش عمارلو و همکاران (۱۳۹۲) اثر اتانول بر میزان ویتامین ث گیاه گوجه‌فرنگی بررسی شد و نتایج نشان داد که اتانول ۳۰ درصد موجب افزایش تولید و حفظ میزان ویتامین ث تولیدی گردید که نتایج حاصل از این پژوهش با یافته عمارلو و همکاران مطابقت داشت. بر طبق نتایج جدول ۳ همبستگی منفی در سطح یک درصد بین صفات ویتامین ث و اتیلن وجود دارد. با افزایش تولید اتیلن، میزان ویتامین ث میوه‌ها کاهش یافت.

مقدار مواد جامد محلول



شکل ۷- اثر متقابل غلظت‌های مختلف اتانول و زمان بر میزان ویتامین ث میوه توت‌فرنگی رقم 'Camarosa' طی دوره نگهداری در انبار. حروف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

اتانول در میوه موز سرعت تنفس و تولید اتیلن را کاهش داد (د فرانکا و همکاران، ۲۰۱۸).

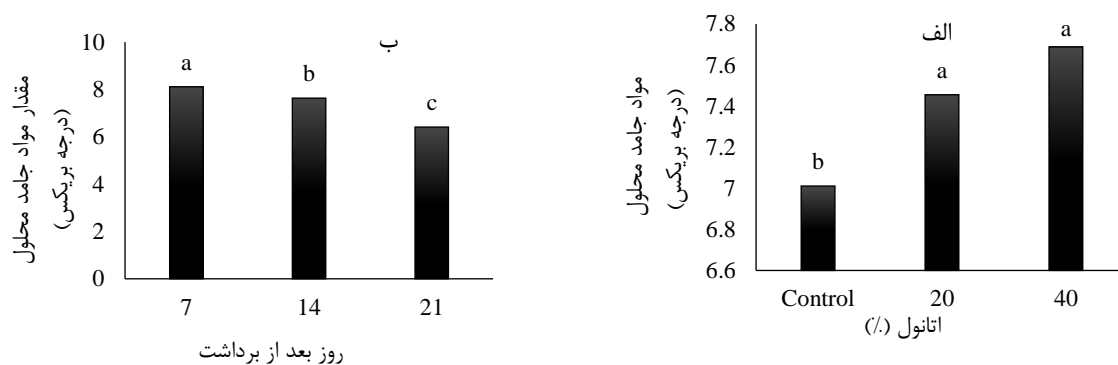
ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم کاتالاز

با طولانی شدن دوره انبارداری در تمامی غلظت‌های آزمایشی، میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نیز کاهش یافت بطوریکه طی ۲۱ روز انبارداری میوه توت‌فرنگی بیشترین درصد کاهش، ۳۹ و ۲۸ درصد به ترتیب در تیمار شاهد و کاربرد ۴۰ درصد اتانول نسبت به روز هفتم انبارداری بود (شکل ۱۰). نتایج مقایسه میانگین نشان می‌دهد که هر چند در تمامی غلظت‌های مورد آزمایش با افزایش دوره نگهداری میوه در سردخانه، میزان فعالیت آنزیم کاتالاز نیز کاهش یافت اما از نظر درصد کاهش بین تیمارها اختلاف وجود داشت به طوریکه بیشترین درصد کاهش آنزیم در حالت شاهد (عدم کاربرد اتانول) و کمترین آن در تیمار ۴۰ درصد اتانول به ترتیب حدود ۶۰ و ۳۰ درصد در شرایط ۲۱ روز انبارداری مشاهده شد. تیمارهای اتانول منجر به کاهش روند نزولی فعالیت آنزیم کاتالاز شدند (شکل ۱۱). بر طبق نتایج جدول ۳ رابطه همبستگی منفی در سطح یک درصد بین صفات اتیلن و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم کاتالاز میوه‌ها وجود داشت. با افزایش اتیلن، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم کاتالاز میوه‌ها کاهش یافت. اثرات مضر گونه‌های اکسیژن فعال توسط مواد آنتی‌اکسیدانی جلوگیری می‌شود. افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی برای کاهش فعالیت گونه‌های اکسیژن فعال ضروری است. فعالیت آنزیم کاتالاز برای تخمین تأثیر تیمار اتانول روی تنش اکسیداسیونی میوه به

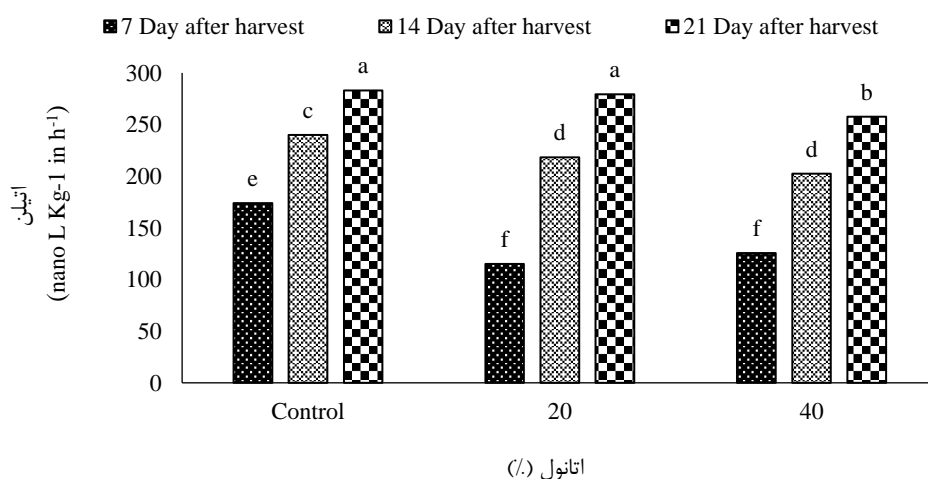
در این آزمایش با افزایش دوره نگهداری، میزان مواد جامد قابل حل کاهش یافته است که علت آن می‌تواند ناشی از فرآیند پیری و مصرف مواد جامد محلول بخصوص قندها در فرآیند تنفس میوه باشد (لیو^۱ و همکاران، ۲۰۱۲).

اتیلن

نتایج نشان داد که با گذشت زمان میزان اتیلن افزایش یافت و تیمارهای اتانول باعث کاهش روند تولیدی میزان اتیلن در روز ۷ و ۱۴ شدند. در روز بیست و یکم بیشترین مقدار آن در تیمار شاهد (میانگین ۲۸۳ نانولیت‌ر در کیلوگرم ساعت) و کمترین میزان اتیلن تولید شده در تیمار اتانول ۲۰ درصد در روز هفتم (میانگین ۱۱۵/۳۳ نانولیت‌ر در کیلوگرم ساعت) مشاهده شد. پس از ۲۱ روز نگهداری، کمترین میزان اتیلن در تیمار ۴۰ درصد اتانول تولید گردید (شکل ۹). تیمار اتانول پیری و رسیدگی بافت را به تأخیر می‌لاندازد. طبق گزارشات، کاربرد اتانول خارجی به عنوان بازدارنده تولید اتیلن، از طریق جلوگیری از فعالیت ACC سنتاز و ACC اکسیداز عمل می‌کند (آسودا^۲ و همکاران، ۲۰۰۹). در این آزمایش نیز اتانول احتمالاً تأثیر مشابهی داشته و باعث تأخیر در فرآیند تولید اتیلن شده است. کاربرد اتانول در محلول نگهدارنده گل میخک، مانع تشکیل و عمل اتیلن شد و عمر گلجایی گل میخک افزایش پیدا کرد (جعفری‌مرندی و مجد، ۱۳۸۷). تیمار اتانول در کلم بروکلی از بیان ژن‌های BO-ACO1، BO-BOACS1، ACC2، که در سنتز اتیلن دخالت دارند ممانعت کرد (آسودا و همکاران، ۲۰۰۹). هم‌چنین تیمار



شکل ۸- اثر غلظت‌های مختلف اتانول (الف) و مدت زمان نگهداری پس از برداشت (ب) بر مواد جامد محلول توت‌فرنگی رقم 'Camarosa'. حروف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.



شکل ۹- اثر متقابل غلظت‌های مختلف اتانول و زمان بر میزان اتیلن میوه توت‌فرنگی رقم 'Camarosa' طی دوره انبارمانی. حروف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

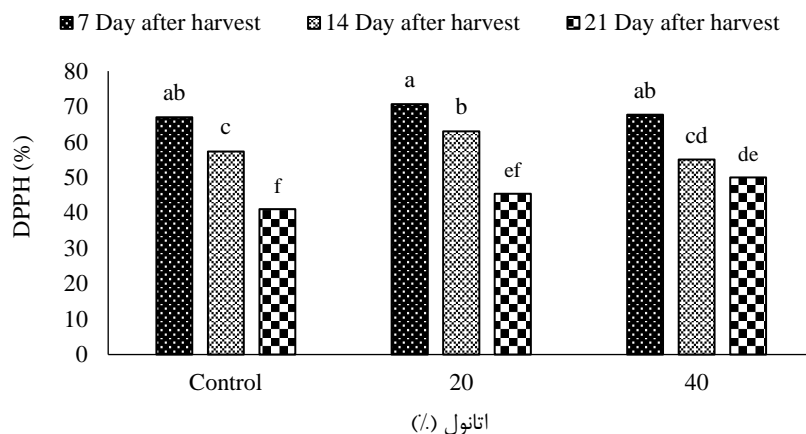
محتوای فنل کل

با توجه به جدول تجزیه واریانس ۲، اثر ساده اتانول تأثیر معنی‌داری بر میزان فنل کل نداشت. میزان فنل کل از روز هفتم تا روز بیست و یکم در تمام تیمارها سیر صعودی داشت و اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در روز بیست و یکم مشاهده نشد (شکل ۱۲). در یک آزمایش، میوه‌های ومپی^۲ (*Clausena lansium* L.) از خانواده روتاسه^۳ در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت در معرض تیمار غلظت‌های ۱۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰ و ۸۰۰ میکرولیتر بر لیتر اتانول قرار گرفته و سپس در جعبه‌هایی از جنس پلی‌اتیلن در سردخانه با شرایط دمای ۸ درجه و رطوبت ۹۰ درصد به مدت ۱۲ روز نگهداری شدند.

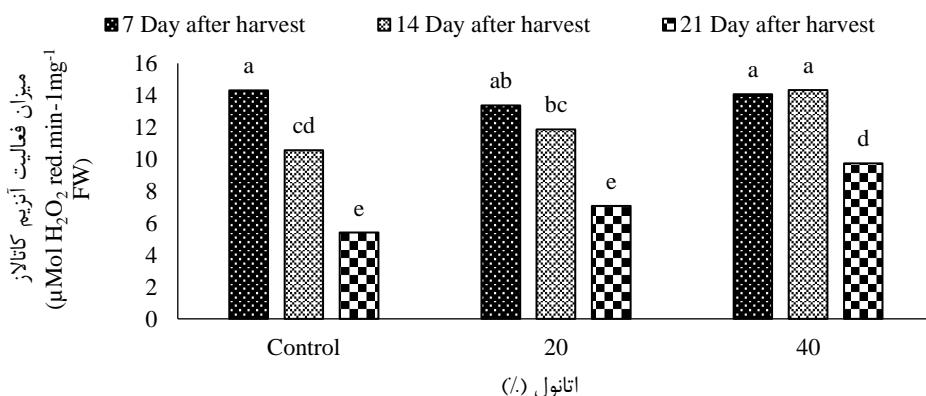
کار می‌رود (پلوتو و همکاران، ۲۰۰۶). تیمار اتانول در میوه تمشک طی دوره انبارداری از کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی جلوگیری کرد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۰). تیمار اتانول در میوه موز فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز را افزایش داد و از تنش‌های اکسیداتیو ممانعت نمود و باعث افزایش عمر انباری و کیفیت تجاری این میوه شد (د فرانکا و همکاران، ۲۰۱۸). در این آزمایش نیز تیمار اتانول باعث حفظ بیشتر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و آنزیم کاتالاز در طول ۲۱ روز انبارداری گردید که با نتایج وانگ و همکاران و نیز بخشی از نتایج د فرانکا و همکاران مطابقت دارد. احتمالاً تأثیر اتانول بر فعالیت آنزیم کاتالاز از طریق تأثیر بر بیان ژن‌های آنتی‌اکسیدان بوده است (لی^۱ و همکاران، ۲۰۱۸).

3. Rotaceae

1. Li
2. Wampee



شکل ۱۰- اثر متقابل غلظت‌های مختلف اتانول و زمان بر درصد بازدارندگی DPPH میوه توت‌فرنگی رقم 'Camarosa' طی دوره‌های مختلف نگهداری. حروف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.



شکل ۱۱- اثر متقابل غلظت‌های مختلف اتانول و زمان بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز میوه توت‌فرنگی رقم 'Camarosa' طی دوره‌های مختلف نگهداری. حروف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین صفات اتیلن و پوسیدگی با استحکام، ویتامین ث، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم کاتالاز میوه

توت‌فرنگی رقم 'Camarosa'	فنل کل	اتیلن	فعالیت آنزیم کاتالاز	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی	ویتامین ث	پوسیدگی	استحکام
استحکام							۱
پوسیدگی						۱	-۰/۷۷۵**
ویتامین ث					۱		-۰/۸۱۳**
ظرفیت آنتی‌اکسیدانی				۱			-۰/۸۴۱**
فعالیت آنزیم کاتالاز			۱				-۰/۸۲۵**
اتیلن		۱					-۰/۷۸۳**
فنل کل	۱	-۰/۸۱**	-۰/۷۶۷**	۰/۸۰۸**	۰/۵۹**	-۰/۵۲۵**	۰/۷۹۲**

در این جدول علامت ** نشان دهنده معنی‌دار در سطح یک درصد است

نسبی ثبات یا افزایش تولید در میزان فنل کل نشان دادند که احتمالاً علت آن اکسید شدن ترکیبات فنلی است (شاوو و همکاران، ۲۰۲۰). در این تحقیق در غلظت‌های ۲۰ و ۴۰ درصد اتانول تا روز

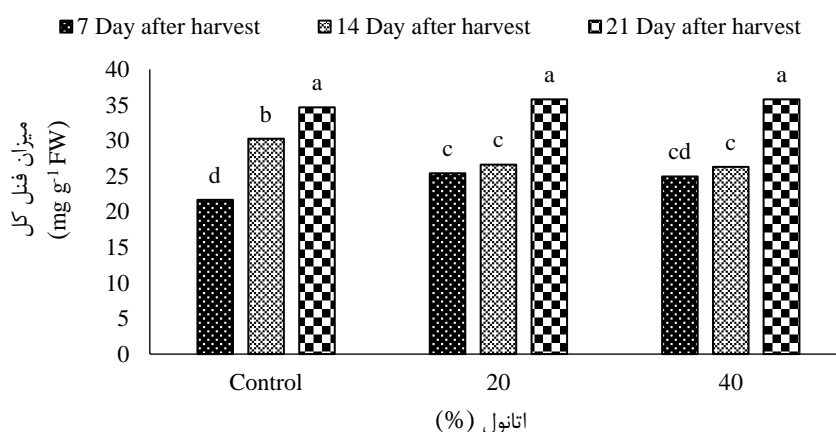
بعد از ۶ روز نگهداری، میوه‌های شاهد و تیمار ۵۰۰ میکرو لیتر بر لیتر کاهش ترکیبات فنلی را نشان دادند در حالیکه تا روز دوازدهم نگهداری، تیمارهای ۱۰۰، ۳۰۰ و ۸۰۰ میکرو لیتر بر لیتر اتانول، به‌طور

استحکام میوه در تیمار ۴۰ درصد اتانول نسبت به شاهد بیشتر بود. بیشترین و کمترین کاهش وزن به ترتیب در تیمارهای شاهد و ۴۰ درصد اتانول در طول دوره انبارداری مشاهده شد. تأثیر اتانول بر کاهش میزان اتیلن تولیدی در غلظت ۴۰ درصد اتانول در روز هفتم و چهاردهم مشهود بود. شاخص‌هایی مانند ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، ویتامین ث و فعالیت آنزیم کاتالاز به طور معنی‌دار تحت تأثیر تیمار اتانول قرار گرفتند بطوریکه با طولانی شدن دوره نگهداری، روند نزولی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه کاهش یافت. تیمار اتانول موجب کاهش سرعت فرآیندهای پیری از جمله تغییر در سفتی، رنگ پوست و تخریب سلولی شده و فساد میکروبی و پوسیدگی میوه توت‌فرنگی را به تعویق انداخته و باعث حفظ بازاریابندی میوه شد.

هفتم نگهداری میزان فنل کل افزایش و از روز هفتم تا چهاردهم کاهش یافته است که این امر ممکن است به دلیل افزایش اکسیداسیون فنل در محدوده روزهای هفتم تا چهاردهم باشد. طبق جدول ۳ با افزایش اتیلن و پوسیدگی، میزان فنل کل کاهش یافته است. به نظر می‌رسد عوامل غلظت و زمان‌های نگهداری در تأثیر اتانول روی میزان فنل نقش موثری دارند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه بیانگر تأثیر معنی‌دار اتانول بر صفت‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی میوه توت‌فرنگی طی دوره پس برداشت بود. با اینکه در طول نگهداری سفتی میوه در تمام تیمارها کاهش یافت اما، ۲۱ روز پس از نگهداری،



شکل ۱۲- اثر متقابل غلظت‌های مختلف اتانول و زمان بر محتوای فنل کل میوه توت‌فرنگی رقم 'Camarosa' طی دوره‌های مختلف نگهداری. حروف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارها است.

منابع

- جعفری‌مروندی، س. و مجد، ا. ۱۳۸۷. اثر تیمارهای الکلی (اتانول و متانول) بر تکوین مریستم رویشی، تشکیل اجزاء گل، تغییر در تعداد شاخه‌های گل‌زا، تکوین رویان‌ها و امکان به تأخیر انداختن پیری در گل‌های میخک. فصلنامه زیست‌شناسی تکوینی، ۱: ۹-۱۴.
- عمارلو، ا.، مشایخی، ک.، کامکار، ب. و گالشی، س. ۱۳۹۲. بررسی اثر اسیدسیتریک، اتانول و متانول بر روی برخی از صفات گیاه گوجه‌فرنگی (رقم سوپر آ). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- کامکار، ا. ۱۳۸۱. حلال‌ها: خواص، کاربردهای صنعتی و آزمایشگاهی (ترجمه). گانتراو، اتوفاکس، هانس اوریگ (مؤلفین). تهران، لیتوگرافی و چاپ خرداد، ۱۰۵-۱۰۶.

Aebi, H. 1984. Catalase *in vitro*. Methods in enzymology, 105: 121-126.

Anon. 1999. UV light provides alternative to heat pasteurisation of juices. Food Technology, 53(9): 144.

- Alef, C., Ahmet, E., Onder, K., Emin, M. and Durmus, U. 2012. Modify atmosphere packaging and ethanol vapor to control decay of 'Red Globe' table grapes during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 63: 98-106.
- Asoda, T., Terai, H., Kato, M. and Suzuki, Y. 2009. Effects of postharvest ethanol vapor treatment on ethylene responsiveness in broccoli. *Postharvest Biology and Technology*, 52(2): 216-220.
- Ayala-Zavala, J.F., Wang, S.Y., Wang, C.Y. and González-Aguilar, G.A. 2005. Methyl jasmonate in conjunction with ethanol treatment increases antioxidant capacity, volatile compounds and postharvest life of strawberry fruit. *European Food Research and Technology*. 221(6): 731-738.
- De França, D.L.B., Braga, G.C., Laureth, J.C.U., Dranski, J.A.L. and de Andrade Moura, C. 2019. Physiological response, antioxidant enzyme activities and conservation of banana treated with ethanol vapor. *Journal of Food Science and Technology*, 56(1): 208-216.
- Bagnato, N., Sedgley, D., Barrett, R. and Klieber, A. 2003. Effect of ethanol vacuum infiltration on the ripening of Cavendish bananas cv. Williams. *Postharvest Biology and Technology*, 27(3): 337-340.
- Bai, J., Baldwin, E.A., Fortuny, R.C.S., Mattheis, J.P., Stanley, R., Perera, C. and Brecht, J.K. 2004. Effect of pretreatment of intact 'Gala' apple with ethanol vapor, heat, or 1- methylcyclopropene on quality and shelf life of fresh-cut slices. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129(4): 583-593.
- Bai, J., Plotto, A., Spotts, R. and Rattanapanone, N. 2011. Ethanol vapor and saprophytic yeast treatments reduce decay and maintain quality of intact and fresh-cut sweet cherries. *Postharvest Biology and Technology*, 62(2): 204-212.
- Ben-Yehoshua, S., Rodov, V., Kim, J.J. and Carmeli, S. 1992. Preformed and induced antifungal materials of citrus fruits in relation to the enhancement of decay resistance by heat and ultraviolet treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(7): 1217-1221.
- Chervin, C., Lavigne, D. and Westercamp, P. 2009. Reduction of gray mold development in table grapes by preharvest sprays with ethanol and calcium chloride. *Postharvest Biology and Technology*, 54(2): 115-117.
- Echeverria, G., Garaell, J., Lara, I. and Lopez, M.L. 2008. Physiological measurements in 'Mondia Gala' apples stored at different atmosphere on consumer acceptability. *Postharvest Biology and Technology*, 50: 135-144.
- Farokhzad, A., Khalighi, A., Mostofi, Y. and Naderi, R. 2005. Role of ethanol in the vase life and ethylene production in cut Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* Mariachii cv. Blue) flowers. *Journal of Agriculture and Social Sciences*, 1(4): 309-312.
- Fernando Ayala-Zavala, J., Wang, S.Y., Wang, C.Y. and Gonzalez-Aguilar, G.A. 2005. Methyl jasmonate in conjunction with ethanol treatment increases antioxidant capacity, volatile compounds and postharvest life of strawberry fruit. *European Food Research and Technology*, 221: 731-738.
- Jin, Y.Z., Liu, W.W., Qi, H.Y. and Bai, X.H. 2013. Ethanol vapor treatment maintains postharvest storage quality and inhibits internal ethylene biosynthesis during storage of oriental sweet melons. *Postharvest Biology and Technology*, 86: 372-380.
- Goyal, A. and Siddiqui, S. 2014. Effects of ultraviolet irradiation, pulsed electric field, hot water dip and ethanol vapours treatment on keeping and sensory quality of mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek) sprouts. *Journal of Food Science and Technology*, 51(10): 2664- 2670.
- Guillén, F., Díaz-Mula, H.M., Zapata, P.J., Valero, D., Serrano, M., Castillo, S. and Martínez-Romero, D. 2013. Aloe arborescens and Aloe vera gels as coatings in delaying postharvest ripening in peach and plum fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 83:54-57.
- Gutiérrez-Martínez, P., Osuna-López, S.G., Calderón-Santoyo, M., Cruz-Hernández, A. and Bautista-Baños, S. 2012. Influence of ethanol and heat on disease control and quality in stored mango fruits. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 45(1): 20-27.
- Hu, W., Jiang, A., Tian, M., Liu, C. and Wang, Y. 2010. Effect of ethanol treatment on physiological and quality attributes of fresh-cut eggplant. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(8): 1323-1326.
- Karabulut, O.A., Gabler, F.M., Mansour, M. and Smilanick, J.L. 2004. Postharvest ethanol and hot water treatments of table grapes to control gray mold. *Postharvest Biology and Technology*, 34(2): 169-177.
- Kasim, R., Mehmet, U., Kubra, Y. and Tugce, S. 2018. Ethylene dip and vapor delays chilling injury of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) during storage. *Journal of advances in agriculture*, 8(1): 1339-1349.

- Liu, W.W., Qi, H.Y., Xu, B.H., Li, Y., Tian, X.B., Jiang, Y.Y., Xu, X.F. and Lv, D.Q. 2012. Ethanol treatment inhibits internal ethylene concentrations and enhances ethylester production during storage of oriental sweet melons (*Cucumis melo* var. Makuwa Makino). *Postharvest Biology and Technology*, 67: 75-83.
- Lurie, S., Pesis, E., Gadiyeva, O., Feygengerg, A., Ben-Arie, R., Kapulnov, T., Zutahy, Y. and Litcher, A. 2006. Modified ethanol atmosphere to control decay of table grapes during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 42(3): 222-227.
- Li, M., Li, X., Li, J., Ji, Y., Han, C., Jin, P. and Zheng, Y. 2018. Strawberry to ethanol vapor pretreatment: Improved quality maintenance and associated antioxidant metabolism in gene expression and enzyme activity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 66(31): 8382-8390.
- Nunes, F.R., Steffens, C.A., Heinzen, A.S., Soethe, C., Moreira, M.A. and Amarante, C.T. 2019. Ethanol vapor treatment of 'Laetitia' plums stored under modified atmosphere, *Revista Brasileira de Fruticultura*, 41: 113-117.
- Pesis, E. 2005. The role of the anaerobic metabolites, acetaldehyde and ethanol, in fruit ripening, enhancement of fruit quality and fruit deterioration. *Postharvest Biology and Technology*, 37: 1-19.
- Plotto, A., Bai, J.I.N.H.E., Narciso, J.A., Brecht, J.K. and Baldwin, E.A. 2006. Ethanol vapor prior to processing extends fresh-cut mango storage by decreasing spoilage, but does not always delay ripening. *Postharvest Biology and Technology*, 39(2): 134-145.
- Shao, Y., Jiang, Z., Zeng, J., Li, W. and Dong, Y. 2020. Effect of ethanol fumigation on pericarp browning associated with phenol metabolism, storage quality, and antioxidant systems of wampee fruit during cold storage. *Food Science and Nutrition*, 8(7): 3380-3388.
- Serrano, M., Guillen, F., Martinez-Romero, D., Castillo, S. and Valero, D. 2005. Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening stages. *Agriculture and Food Chemistry*, 53(7): 2741-2745.
- Slinkkard, K. and Singleton, V.L. 1997. Total phenol analysis: Automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28: 49-55.
- Stanger, M.C., Stefens, C.A., Amarante, C.V.T. and Tanaka, H. 2014. Qualidade poscolheita de ameixas 'Camila' e 'Laetitia' colhidas em diferents esstadios de maturacao. *Revista Caatinga*, 27(2): 214-221.
- Suzuki, Y., Kimura, T., Takahashi, D. and Terai, H. 2005. Ultrastructural evidence for the inhibition of chloroplast-to-chromoplast conversion in broccoli floret sepals by ethanol vapor. *Postharvest Biology and Technology*, 35: 237-243.
- Tzortzakis, N.G. and Economakis, C.D. 2007. Maintaining postharvest quality of the tomato fruit by employing methyl jasmonate and ethanol vapor treatment. *Journal of Food Quality*, 30(5): 567-580.
- Wang, K., Jing, P., Shang, H. and Zheng, Y. 2010. Effect of Methyl jasmonate in combination with ethanol treatment on postharvest decay and antioxidant capacity in Chinese Bayberries. *Journal of Agriculture and Food chemistry*, 589: 9597- 9604.
- Weber, A., Brackmann, A., Both, V., Pavanello, E.P., Anese, R.Q. and Schorr, M.R. 2015. Ethanol reduces ripening of 'Royal Gala' apples stored in controlled atmosphere. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 88(1): 403-410.
- Weber, A., Neuwald, D.A., Kittmann, D., Thewes, F.R., Both, V. and Brackman, A. 2020. Influence of respiratory quotient dynamic controlled atmosphere (DCA- RQ) and ethanol application on softening of Braeburn apples. *Food chemistry*, 303: 125-344
- Wright, A.H., Delong, J.M. and Prange, R.K. 2015. The trend toward lower oxygen levels during apple (*Mallus domestica* Borkh) storage. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 90(1): 1-13.