تاثیر پیش سرد کردن بر پایداری میکروبی و برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی دو رقم توت فرنگی طی دوره انبارداری

آریو امامی فر

استادیار گروه صنایع غذایی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۱۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۲۲

چکیده

مقدمه: توت فرنگی میوه ای فساد پذیر، حساس به آلودگی‌های میکروبی، آسیب‌های مکانیکی و نابسامانی‌های فیزیولوژیک است. حرارت مزرعه و حرارت ناشی از تنفس دو عامل تاثیرگذار در کیفیت پس از برداشت این میوه می باشند. لذا سرد کردن توت فرنگی بلافاصله پس از برداشت با هدف افزایش ماندگاری و بهبود خصوصیات کیفی آن ضروری است. این تحقیق به منظور بررسی اثر پیش سرد کردن بر خصوصیات میکروبی و فیزیکوشیمیایی دو رقم توت فرنگی طی دوره انبارداری انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: پس از برداشت و بسته بندی دو رقم توت فرنگی (کوین الیزا و محلی کردستان)، از هر رقم، نیمی از بسته ها پس از نگهداری در مزرعه و نیمه دیگر پس از پیش سرد کردن به سردخانه (دمای یک درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۹۰ درصد) منتقل شدند. پایداری میکروبی و خصوصیات فیزیکو شیمیایی (افت وزن، اسید آسکوربیک، محتوی آنتوسیانین، فنل کل، ظرفیت ضد اکسایشی، اسیدیته، pH و کل مواد جامد محلول) توت فرنگی‌های پیش سرد شده در مقایسه با نمونه های بدون پیش سرد هر چهار روز یکبار طی ۲۰ روز انبارداری به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار ارزیابی گردید.

یافته‌ها: آلودگی میکروبی، افت وزن و میزان نابودی اسیدآسکوربیک، در توت فرنگی‌های پیش سرد شده در مقایسه با بدون پیش سرد تا ۲۰ روز پس از انبارمانی، کاهش معنی داری ($p <0.05$) را نشان داد. همچنین، اسیدیته کل، کل مواد جامد محلول، محتوی آنتوسیانین، فنل کل و ترکیبات ضد اکسایشی در توت فرنگی‌های پیش سرد شده در مقایسه با بدون پیش سرد افزایش معنی‌داری ($p <0.05$) نشان داد.

نتیجه گیری: به کارگیری پیش سرد کردن در توت فرنگی های رقم کوین الیزا در مقایسه با رقم محلی کردستان در کاهش آلودگی های میکروبی، افت وزن و همچنین ممانعت از افت ویژگی‌های بیوشیمیایی تاثیر گذارتر می باشد.

واژه‌های کلیدی: *پیش سرد کردن، پایداری میکروبی، توت فرنگی، عمر انبارمانی، ویژگی های فیزیکوشیمیایی*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: a.emamifar@uok.ac.ir

مقدمه

توت فرنگی *Fragaria × ananassa* Duch. میوه‌ای نافرازگرا و فراسودمند اما با ماندگاری کوتاه است، به طوری که پس از برداشت، در دمای صفر الی چهار درجه سانتی گراد قابلیت نگهداری تا ۵ روز را دارد (Jiang *et al.*, 2001; Vargas *et al.*, 2006). رطوبت و فعالیت متابولیک بالای ناشی از تنفس و حساسیت به پوسیدگی‌های میکروبی و قارچی به ویژه کپک خاکستری[1]، این میوه را در گروه محصولات فسادپذیر قرار داده است (Aday & Caner, 2011). مدیریت دما در مراحل پس از برداشت توت فرنگی، یکی از مهمترین عوامل تاثیر گذار در حفظ کیفیت و بازارپسندی آن است. حرارت مزرعه و حرارت ناشی از تنفس دو عامل تاثیرگذار بر ویژگی های کیفی و کمی توت فرنگی در مرحله پس از برداشت هستند. کاهش سریع حرارت میوه پس از برداشت، تاثیر مطلوبی بر حفظ خصوصیات شیمیایی، میکروبی و در نهایت بازارپسندی آن خواهد داشت (Ferreira *et al.*, 1994; Ferreira *et al.*, 2006). پیش سردکن توت فرنگی بلافاصله پس از برداشت، یکی از راه‌های افزایش ماندگاری آن است. پیش سردکردن، عبارت است از حذف گرمای مزرعه از محصول تازه برداشت شده با هدف کاهش فعالیت‌های فیزیولوژیکی و میکروبی و همچنین کاهش سرعت تنفس و به دنبال آن کاهش تولید اتیلن. در این روش کاهش فاصله زمانی بین برداشت تا شروع پیش سرد کردن، کیفیت، ماندگاری و مشتری پسندی محصول را افزایش می‌دهد (Brosnan & Sun, 2001). در فرآیند پیش سرد کردن، کاهش دمای محصول یک تابع نمایی از زمان سرد شدن محصول بوده و سرعت سرد شدن ابتدا بسیار سریع و با گذشت زمان بتدریج کاهش می‌یابد. زمان لازم برای رسیدن دمای محصول به نصف و یا هفت هشتم اختلاف دمای اولیه محصول با دمای محیط سرد که به عنوان نیمه[2] و هفت هشتم[3] زمان سرد کردن محسوب می‌شوند، به عنوان زمان های استاندارد در صنعت سرد کردن شناخته شده‌اند. این دو زمان مستقل از دمای اولیه محصول بوده و در فرآیند سرد کردن ثابت می‌مانند. دمای محصول در زمان هفت هشتم، بسیار نزدیک به دمای نگهداری و یا جابجایی آن بوده و معادل سه برابر زمان نیمه سرد کردن است. پس از این مرحله محصول به سردخانه منتقل شده تا باقیمانده دمای اضافی (یک هشتم) به تدریج و با صرف انرژی کمتر از محصول خارج گردد (Anderson *et al.*, 2004; Manganaris *et al.*, 2007). تاخیر در پیش سرد کردن توت فرنگی، بازارپسندی آن را به میزان زیادی کاهش می دهد (Pelletier *et al.*, 2011). Nunes و همکاران (۱۹۹۵) با بررسی خصوصیات کیفی توت فرنگی‌های پیش سرد شده بیان داشتند که تاخیر شش ساعته در پیش سرد کردن توت فرنگی تازه برداشت شده در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد کاهش سفتی و بازار پسندی محصول را به دنبال دارد. همچنین گزارش شده است که تاخیر هشت ساعته در پیش سرد کردن توت فرنگی تازه منجر به افزایش ضایعات توت فرنگی تا ۷۰ درصد می شود (Ferreira *et al.*, 2006). شرایط مناسب برای پیش سرد کردن توت فرنگی دمای صفر تا یک درجه سانتی گراد و تا حداکثر یک ساعت پس از برداشت است (Nunes *et al.*, 2005; Senthilkumar *et al.*, 2015). پیش سرد کردن توت فرنگی به روش های متفاوتی از قبیل پیش سرد کردن اتاقی، پیش سرد کردن با هوای فشرده (Nalbandi *et al.*, 2014) ، پیش سرد کردن با آب و یخ (Ferreira *et al.*, 2006) و یا پیش سرد کردن تحت خلا (Wang & Sun, 2001) انجام می گیرد. در این میان پیش سرد کردن با هوای فشرده، به دلیل کاهش احتمال آسیب فیزیکی و یا آلودگی‌های میکروبی، بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است (De Castro *et al.*, 2005; Sargent *et al.*, 1998; Tutar *et al.*, 2009) در این روش کاهش دمای سریع محصول با عبور جریان هوای سرد فشرده از روی آن میسر می‌گردد (Arifin & Chau, 1998; Emond *et al.*, 1996). این تحقیق با هدف ارزیابی تاثیر به کارگیری پیش سرد کن و نوع رقم بر پایداری میکروبی و برخی ویژگی های فیزیکوشیمیایی دو رقم توت فرنگی تازه برداشت شده "کوین الیزا " "Fragaria × ananassa c.v. Queen elisa" و "کردستان" "*Fragaria × ananassa cv. Kurdistan*" طی ۲۰ روز انبارداری در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد انجام

[1] Gray Mold [2]- Half-Cooling Time [3] Seven-Eighths-Cooling Time

شد.

مواد و روش ها

- برداشت توت فرنگی

نمونه‌های توت فرنگی تازه دو رقم "کوین الیزا " و "رقم محلی کردستان" در مرحله بلوغ تجاری (میوه از نظر رشد و نمو به حد مطلوبی رسیده باشد که بتوان آن را برداشت کرده و به مصرف کننده ارائه کرد) و هنگامی که به اندازه کامل خود رسیده (بلوغ فیزیولوژیکی) و بیش از ۷۵ درصد آنها از نظر ظاهری (چشمی) قرمز رنگ شده بودند، درنیمه دوم اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۴ و در اوایل صبح (دمای محیط ۱۲ درجه سانتی گراد) از یک مزرعه واقع در شهرستان سنندج برداشت و پس از جداسازی میوه های آلوده، فاسد و نارس، توت فرنگی‌های تازه (وزن متوسط نه گرم و شش گرم به ترتیب برای رقم کوین الیزا و کردستان) انتخاب شدند. هر دو رقم توت‌فرنگی به صورت مجزا در ظروف درب‌دار و از جنس پلی اتیلن سبک با ضخامت ۳۵۰ میکرومتر و با ابعاد۱۰ × ۱۰× ۱۰ سانتی‌متر که دارای ۸ سوراخ با قطر نیم سانتی متر برروی درب و کف (۲۴ بسته حاوی ۲۰ عدد توت فرنگی) بودند، بسته بندی شدند. از هر رقم، نیمی از بسته ها (۱۲ بسته) به شیوه سنتی در محل مزرعه و در محیطی به دور از تابش نور مستقیم خورشید نگهداری شدند (دمای محل نگهداری در مزرعه از ۱۲ درجه سانتی گراد در اوایل صبح تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد در حوالی ظهر و تا ۹ درجه سانتی گراد در ابتدای شب و اتمام زمان نگهداری در مزرعه، در طول ۱۲ ساعت نگهداری در نوسان بود) و نیمه دیگر (۱۲ بسته) بلافاصله به دستگاه پیش سرد کن (سرعت هوای سرد دو متر بر ثانیه و دمای محیط ۲ درجه سانتی‌گراد) در محل مزرعه، با هدف حذف گرمای مزرعه منتقل گردیدند. مدت زمان نگهداری توت فرنگی در مزرعه به روش سنتی ۱۲ ساعت و زمان لازم برای پیش سرد کردن توت فرنگی در اتاق های پیش سرد کن تقریباً ۲ ساعت بود. بلافاصله پس از این مرحله، بسته های حاوی توت فرنگی بدون پیش سرد(شیوه سنتی) و همچنین پیش سرد شده به سردخانه با دمای یک درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۹۰ درصد منتقل شدند (Koyuncu, 2004; Nunes *et al.*, 2005).

- بررسی خصوصیات میکروبی و فیزیکوشیمیایی توت فرنگی در انبار سرد

از بسته های حاوی هر دو رقم توت فرنگی ، قبل از نگهداری در شرایط مزرعه و پیش سرد کردن و در لحظه صفر پس از برداشت (قبل از ورود به به انبار) و ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ روز پس از برداشت در محل انبار سرد و در سه تکرار جهت انجام آزمون های میکروبی و فیزیکو شیمیایی نمونه برداری گردید.

- آزمون‌های میکروبی

در این آزمون ابتدا ۱۰ گرم از نمونه توت فرنگی به یک ارلن با حجم ۲۰۰ میلی لیتر حاوی ۹۰ میلی لیتر آب پپتونه استریل (یک دهم درصد وزنی- حجمی) برای تهیه رقت 10^{-1} منتقل و بخوبی مخلوط شد. سپس با استفاده از یک پیپت استریل، یک دهم میلی لیتر از رقت فوق جهت کشت میکروبی استفاده گردید. برای شمارش کپک ها و مخمر ها از روش کشت سطحی و محیط کشت سیب زمینی دکستروز آگار[1] به همراه ۱۰ درصد تارتاریک اسید استفاده شد. پتری های کشت داده شده به همراه پتری های شاهد به مدت پنج روز در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد در گرمخانه قرارداده شدند .از محیط کشت پلیت کانت آگار[2] و روش کشت آمیخته برای شمارش باکتری‌های مزوفیل هوازی استفاده شد و پتری‌های کشت داده شده به مدت سه روز در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد درگرمخانه نگهداری شدند. کلیه آزمایش‌ها در سه تکرار انجام و نتایج به صورت لگاریتم تعداد واحد کلنی میکروارگانیسم‌ها در هر گرم توت فرنگی log (CFU/g) گزارش شد (Jang *et al.*, 2001).

- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

مقدار اسید آسکوربیک به روش تیتراسیون با ۲ و ۶ دی کلروفنل ایندوفنل[3] (AOAC 967.21, 2002) و سایر خصوصیات فیزیکو شیمیایی شامل کاهش وزن، اسیدیته، کل مواد جامد محلول و pH، مطابق با روش‌های استاندارد AOAC اندازه‌گیری گردید (AOAC 932.12, 2000; AOAC 942.15, 2000; AOAC 981.12, 1990).

[1] Potato Dextrose Agar
[2] Plate Count Agar
[3] 2, 6 dichloroindophenol

محتوی آنتوسیانین به روش اختلاف pH و بر حسب پلارگونیدین تری گلیکوزید[1] اندازه گیری شد و مقدار آن بر اساس میلی‌گرم در۱۰۰ گرم وزن تر توت فرنگی گزارش گردید (Cheng & Breen, 1991). محتوای فنل کل به روش فولین- سیکالتو[2] اندازه‌گیری و با استفاده از منحنی استاندارد اسید گالیک[3] ، فنل کل به صورت میلی گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تر محاسبه گردید (Singleton *et al.*, 1999). ظرفیت ضد اکسایشی به روش خاصیت خنثی کنندگی رادیکال آزاد ۱ و۱- دی فنیل ۲- پیکریل هیدرازیل[4] مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج به صورت درصد خنثی کردن رادیکال آزاد بیان گردید (Sanchez-Moreno *et al.*, 1998).

- **تجزیه و تحلیل آماری**

این تحقیق به صورت فاکتوریل و در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با سه تیمار شامل نوع رقم (رقم محلی کردستان و رقم کویین الیزا)، زمان انبارداری (۰، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و۲۰ روز پس از برداشت) و تیمار پیش سرد کردن (به کار گیری پیش سردکن و یا عدم استفاده از آن) و در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای تغییرات وزنی، pH، اسیدیته، اسید اسکوربیک، مقدار مواد جامد محلول، آنتوسیانین، فنل کل، ظرفیت ضد اکسایشی، شمارش کپک و مخمر و کل باکتری‌های مزوفیل هوازی در پایان هر دوره انبار داری مورد بررسی قرار گرفت و نتایج بر اساس تجزیه واریانس داده‌ها و با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) جهت مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد تجزیه و تحلیل شد.

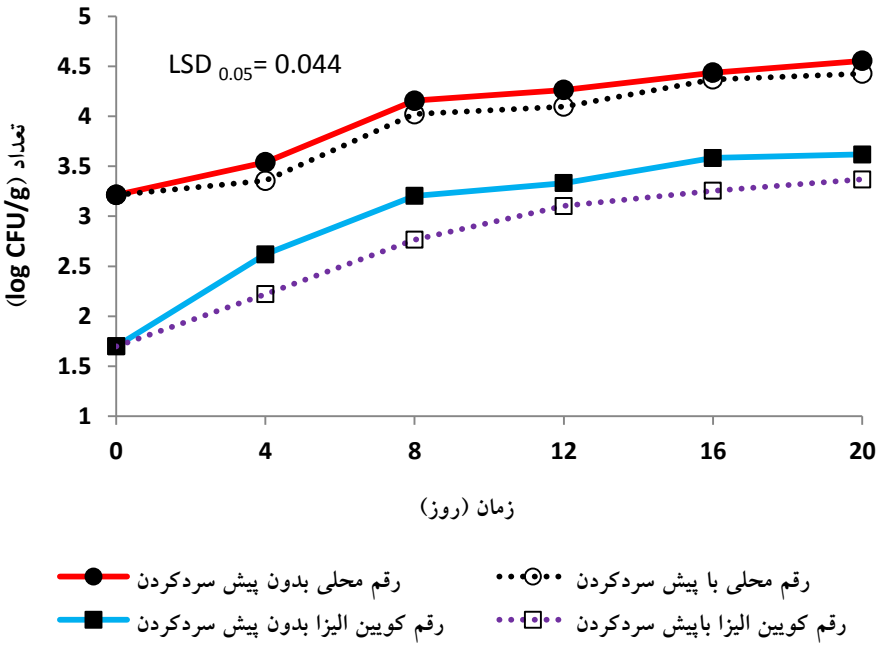
یافته‌ها

- **نتایج آزمون های میکروبی**

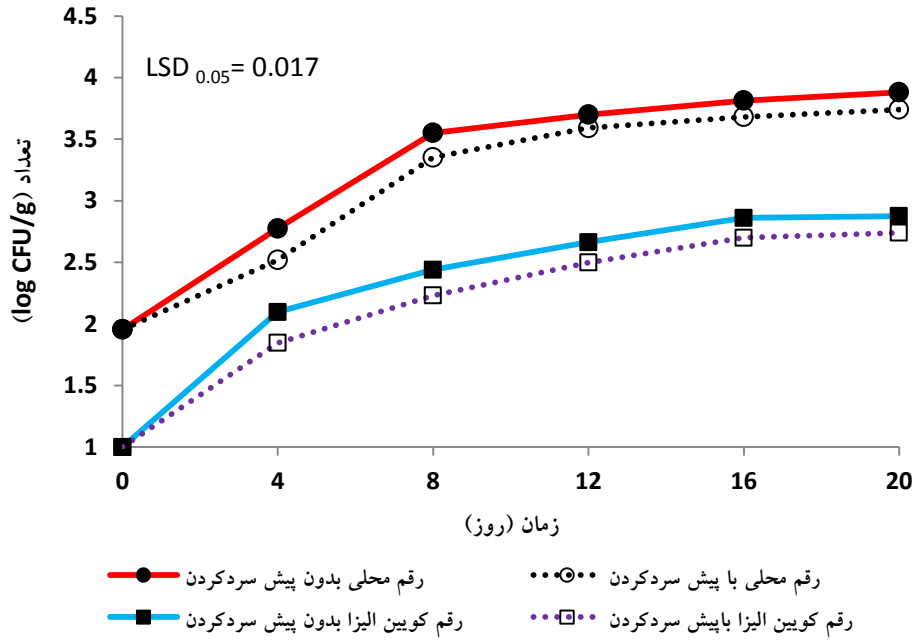
ویژگی‌های میکروبی ارقام مورد آزمایش با شمارش کپک و مخمرها و کل باکتری‌های مزوفیل هوازی (شمارش کلی باکتری‌ها) ارزیابی گردید. متوسط تعداد کپک‌ها و مخمرها و باکتری‌ها در توت فرنگی‌های بسته‌بندی شده قبل از پیش سرد کردن و انبارداری(لحظه صفر) ۳/۲۱log CFU/g و ۱/۹۵ log CFU/g برای رقم محلی کردستان و ۱/۶۹ log CFU/g و log CFU/g ۱/۰۰ برای رقم کویین الیزا بود. مقایسه میانگین‌های اثر پیش سردکردن و طی زمان نگهداری ۲۰ روزه بر تعداد کپک‌ها و مخمرها و تعداد کل باکتری های مزوفیل هوازی هر دو رقم توت فرنگی در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد در نمودارهای ۱ و ۲ نشان داده شده است. مطابق نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل داده‌ها اثر پیش سرد کردن بر میزان آلودگی ناشی از رشد کپک‌ها و مخمرها و کل باکتری‌های مزوفیل هوازی (شمارش کلی باکتری‌ها) در هر دو نوع رقم توت فرنگی طی انبارداری در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است. با مشاهده نمودارهای ۱ و ۲ می‌توان دریافت که تعداد کلنی‌های کپک ومخمر و باکتری‌های هوازی در تمامی توت فرنگی انبار شده، از ابتدا تا پایان ۲۰ روز انبارداری روند افزایشی معنی‌داری ($p<0.05$) را طی می‌کنند. این افزایش معنی‌دار ($p<0.05$) تعداد متوسط کلنی‌های کپک ومخمر در توت فرنگی‌های رقم کویین الیزای پیش سرد شده (۱/۶۶ log CFU/g) و بدون پیش سرد (log ۱/۹۱ CFU/g) نسبت به توت فرنگی های رقم محلی کردستان پیش سرد شده (۱/۲۱ log CFU/g) و بدون پیش سرد (۱/۳۴ log CFU/g) مشهود تر است. مطابق با نمودار ۱، رشد کپک ها و مخمر ها در هر دو رقم توت فرنگی پیش سرد شده در مقایسه با بدون پیش سرد طی زمان نگهداری به طور معنی‌داری ($p<0.05$) کاهش یافته است، به طوری که در پایان ۲۰ روز انبارداری تعداد کپک‌ها و مخمرها در توت فرنگی های رقم کویین الیزا پیش سرد شده به ۳/۳۶log CFU/g و در نمونه های بدون پیش سرد به log CFU/g ۳/۶۱ می‌رسد. همچنین تعداد کپک و مخمر در توت فرنگی رقم محلی پیش سرد شده (۴/۴۲ log CFU/g) در مقایسه با رقم محلی بدون پیش سرد (۴/۵۵ log CFU/g) کاهش معنی‌داری ($p<0.05$) را نشان می‌دهد. مطابق با نمودار ۲ پیش سرد کردن به شکل معنی‌داری ($p<0.05$) بر کاهش رشد کل باکتری‌های مزوفیل هوازی نیز در هر دو رقم میوه توت فرنگی در انبار موثر بوده است، به طوری که در پایان ۲۰ روز انبارداری در توت فرنگی‌های رقم کویین الیزا پیش سرد شده تعداد کل باکتری‌های مزوفیل هوازی به ۲/۷۴log CFU/g و در نمونه‌های بدون پیش سرد به

[1] Pelargonidin-3-O-Glucoside [2] Folin–Ciocalteu [3] Gallic Acid [4] 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)

۲/۸۷ log CFU/g می‌رسد. تعداد کل باکتری‌های مزوفیل هوازی نیز در توت فرنگی رقم محلی پیش سرد شده (۳/۷۴ log CFU/g) در مقایسه با رقم محلی بدون پیش سرد (۳/۸۸log CFU/g) کاهش معنی‌داری ($p <0.05$) را نشان می دهد.



نمودار ۱- مقایسه میانگین های اثر پیش سرد کردن بر تعداد کپک ها و مخمرهای دو رقم توت فرنگی تازه طی انبارداری در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد



نمودار ۲- مقایسه میانگین های اثر پیش سرد کردن بر تعداد باکتری های مزوفیل دو رقم توت فرنگی تازه طی انبارداری در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد

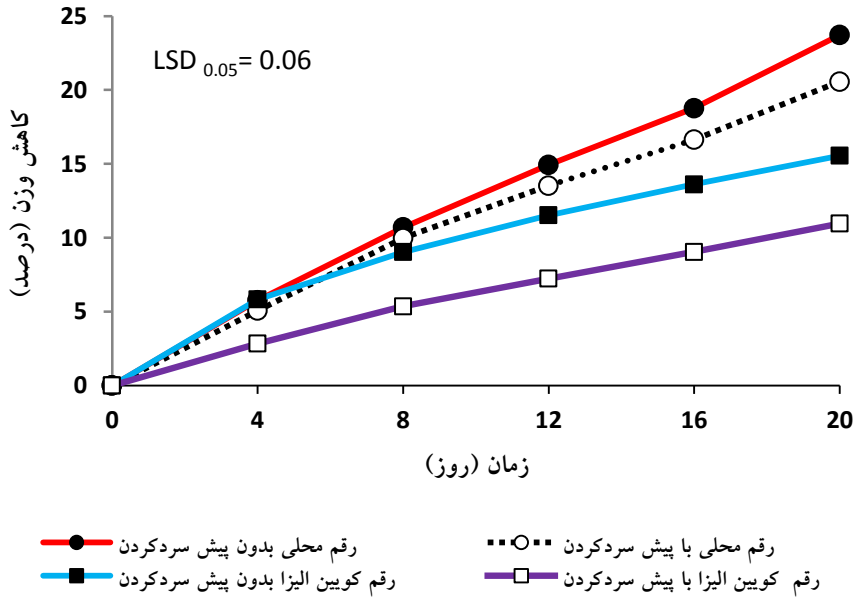
نتایج آزمون های خصوصیات فیزیکو شیمیایی (کاهش وزن، اسید آسکوربیک، اسیدیته، pH، مواد جامد محلول، آنتوسیانین، فنل کل و ظرفیت ضد اکسایشی)

- **کاهش وزن**

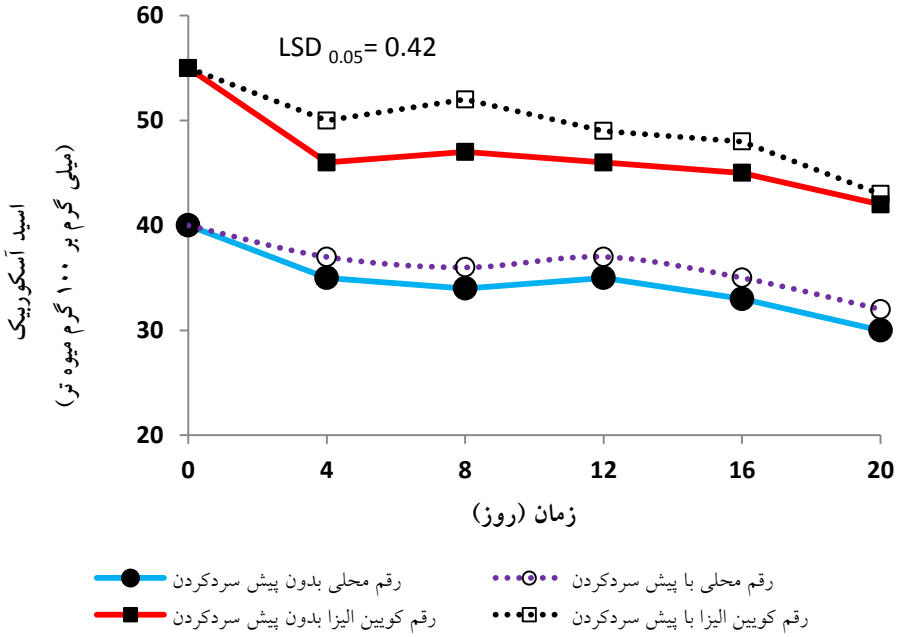
مقایسه میانگین های اثر بکارگیری پیش سردکردن، طی مدت انبارداری بر کاهش وزن دو نوع رقم توت فرنگی طی مدت ۲۰ روز انبارداری و در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد در نمودار ۳ نشان داده شده است. مطابق نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل داده‌ها اثر پیش سردکردن بر کاهش وزن دو نوع رقم توت فرنگی طی زمان نگهداری و در دمای ۱ درجه سانتی گراد در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار است. با مشاهده نمودار ۳ می توان دریافت که با افزایش زمان انبارداری، میزان کاهش وزن در تمامی نمونه‌های توت فرنگی انبار شده روند افزایشی معنی‌داری ($p <0.05$) را دنبال می‌کند. این افزایشی معنی‌دار ($p <0.05$) افت وزن، در توت فرنگی‌های رقم کردستان پیش سرد شده و بدون پیش سرد نسبت به توت فرنگی‌های رقم کویین الیزای پیش سرد شده و بدون پیش سرد مشهود تر است. مطابق با نمودار ۳ پیش سرد کردن به شکل معنی‌داری ($p <0.05$) بر کاهش میزان افت وزنی هر دو رقم میوه توت فرنگی در انبار موثر می‌باشد، به طوری که در پایان ۲۰ روز انبارداری در توت فرنگی‌های رقم کویین الیزا پیش سرد شده مقدار کاهش وزن به ۱۰/۹۶ درصد و در نمونه‌های بدون پیش سرد به۱۵/۵۴ درصد می‌رسد. همچنین افت وزنی در توت فرنگی رقم محلی پیش سرد شده به ۲۰/۵۶ درصد و رقم محلی بدون پیش سرد به ۲۳/۷۱ درصد می‌رسد.

- **اسید آسکوربیک**

میزان اسید آسکوربیک در توت فرنگی های بسته بندی شده قبل از پیش سرد کردن و انبارداری (لحظه صفر) در رقم کویین الیزا ۵۵ و برای رقم محلی کردستان ۴۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم میوه اندازه‌گیری شد. مقایسه میانگین‌های اثر بکارگیری پیش سردکردن، طی مدت انبارداری بر مقدار اسید آسکوربیک دو نوع رقم توت فرنگی طی مدت ۲۰ روز انبارداری و در دمای ۱ درجه سانتی گراد در نمودار ۴ نشان داده شده است. مطابق نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل داده‌ها اثر پیش سردکردن، طی مدت انبارداری بر مقدار اسید آسکوربیک دو نوع رقم توت‌فرنگی طی انبارداری و در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار است. با مشاهده نمودار ۴ می‌توان دریافت که با گذشت زمان، مقدار اسید آسکوربیک



نمودار ۳- مقایسه میانگین های اثر پیش سرد کردن بر درصد کاهش وزن دو رقم توت فرنگی تازه طی انبارداری در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد



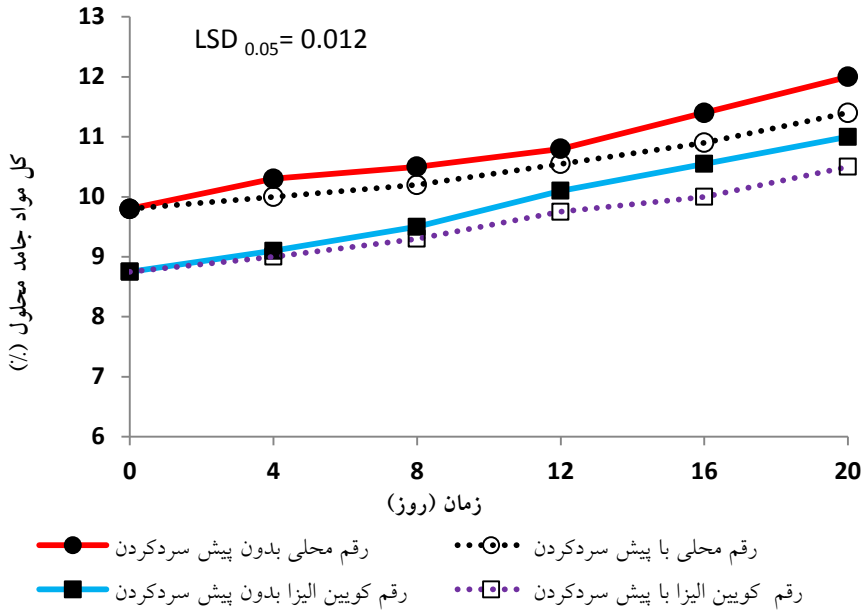
نمودار ٤- مقایسه میانگین های اثر پیش سرد کردن بر مقدار اسید آسکوربیک دو رقم توت فرنگی تازه طی انبارداری در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد

در تمامی نمونه‌های توت فرنگی انبار شده به صورت معنی‌داری ($p<0.05$) کاهش می‌یابد. این میزان تخریب معنی‌دار ($p<0.05$) مقدار اسید آسکوربیک در توت فرنگی‌های رقم کویین الیزای پیش سرد شده (۱۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم میوه تر) و بدون پیش سرد (۱۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم میوه تر) نسبت به توت فرنگی‌های رقم محلی کردستان پیش سرد شده (۸ میلی گرم در ۱۰۰ گرم میوه تر) و بدون پیش سرد (۱۰ میلی گرم در ۱۰۰ گرم میوه تر) مشهود تر است مطابق با نمودار ۴ پیش سرد کردن به شکل معنی‌داری ($p<0.05$) بر کاهش تخریب اسید آسکوربیک در هر دو رقم میوه توت فرنگی طی انبارداری موثر می‌باشد، به طوری که در پایان ۲۰ روز انبارداری، مقدار اسید آسکوربیک در توت فرنگی‌های رقم کویین الیزا پیش سرد شده و پیش سرد نشده به ترتیب به ۴۳ و ۴۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم میوه تر و در رقم محلی کردستان به ۳۲ و ۳۰ میلی گرم در ۱۰۰ گرم میوه تر می‌رسد.

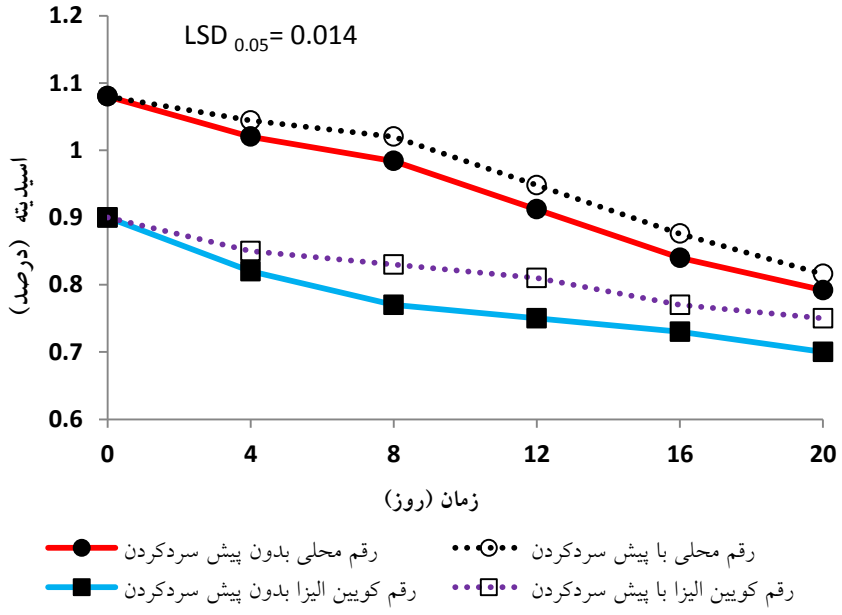
- **مواد جامد محلول، اسیدیته و pH**

مواد جامد محلول، اسیدیته و pH در توت فرنگی های بسته بندی شده قبل از پیش سرد کردن و انبارداری (لحظه صفر) در رقم کویین الیزا به ترتیب ۸/۲۵ درصد، ۰/۹۰ درصد و ۳/۸۶ و برای رقم محلی کردستان به ترتیب ۹/۳۰ درصد، ۱/۰۸ درصد و ۳/۷۸ اندازه‌گیری شد. مقایسه میانگین‌های اثر بکارگیری پیش سردکردن، طی مدت انبارداری بر مقدار کل مواد جامد محلول، اسیدیته و pH دو نوع رقم توت فرنگی طی مدت ۲۰ روز نگهداری در دمای ۱ درجه سانتی گراد در نمودار های ۵ و ۶ و ۷ نشان داده شده است. مطابق نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل داده‌ها اثر بکارگیری پیش سردکردن، طی مدت انبارداری بر مقدار مواد جامد محلول، اسیدیته و pH دو نوع رقم توت فرنگی طی نگهداری در دمای ۱ درجه سانتی گراد در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است. با مشاهده نمودارهای ۵ و۶ و ۷ می‌توان دریافت که با گذشت زمان، در تمامی نمونه‌ها مقدار مواد جامد محلول و pH افزایش ودر مقابل اسیدیته قابل تیتر کاهش معنی‌داری ($p<0.05$) دارد. پیش سرد کردن به شکل معنی‌داری ($p<0.05$) شدت افزایش مقدار مواد جامد محلول و pH وهمچنین افت اسیدیته قابل تیتر را در هر دو رقم توت فرنگی طی با گذشت زمان کاهش می‌دهد، به طوری که در پایان ۲۰ روز انبارداری، مقدار مواد جامد محلول در توت فرنگی های رقم کویین الیزا پیش سرد شده و پیش سرد نشده به ترتیب به ۱۰/۸۰ و ۱۱/۱۰ درصد و در رقم محلی کردستان به ۱۱/۵۰ و ۱۲/۵۰ درصد می‌رسد. مقدار اسیدیته در توت فرنگی های پیش سرد شده و بدون پیش سرد، از ابتدا تا پایان ۲۰ روز نگهداری روند

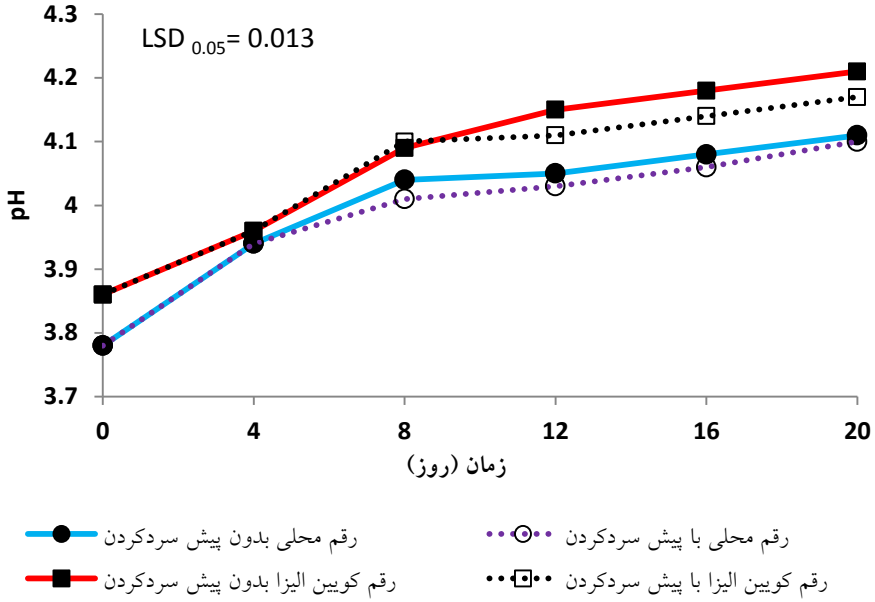
کاهشی داشته و پس از ۲۰ روز نگهداری، در توت فرنگی‌های رقم کویین الیزا پیش سرد شده و پیش سرد نشده به ترتیب به ۰/۷۵ و ۰/۷۰ درصد و در رقم محلی کردستان به ۰/۸۱ و ۰/۷۹ درصد می‌رسد (نمودار ۶). مقدار pH توت فرنگی‌های پیش سرد شده و بدون پیش سرد نیز، از ابتدا تا پایان ۲۰ روز انبارداری روند افزایشی نشان می‌دهد (نمودار ۷).



نمودار ۵- مقایسه میانگین های اثر پیش سرد کردن بر درصد کل مواد جامد محلول دو رقم توت فرنگی تازه طی انبارداری در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد



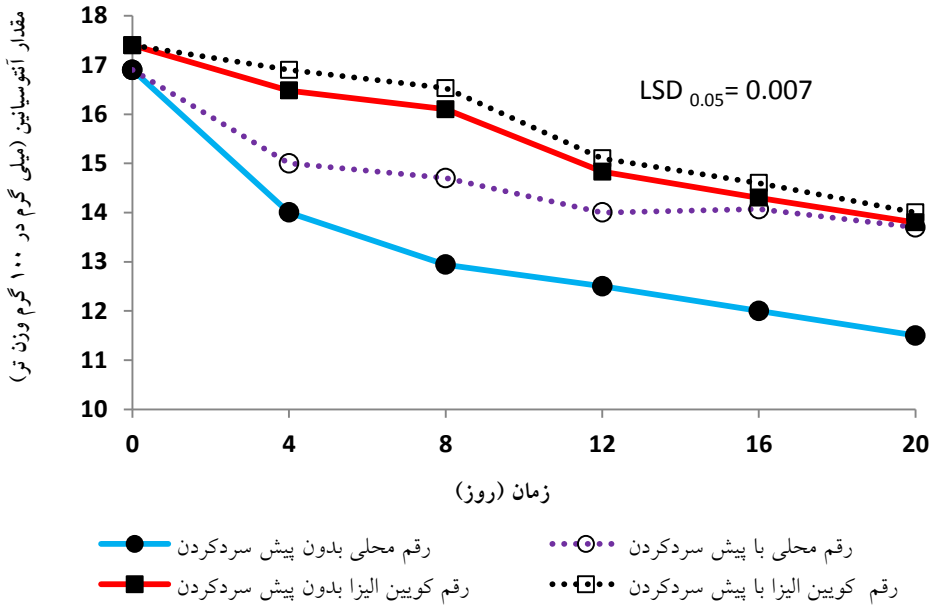
نمودار ٦- مقایسه میانگین های اثر پیش سرد کردن بر درصد اسیدیته دو رقم توت فرنگی تازه طی انبارداری در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد



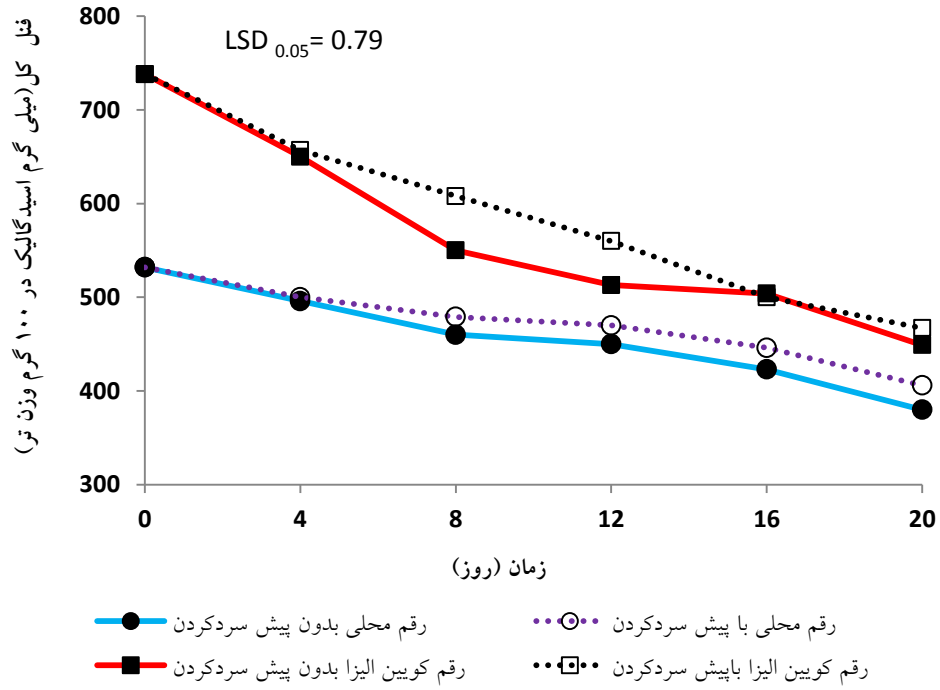
نمودار۷ – مقایسه میانگین‌های اثر پیش سرد کردن بر pH دو رقم توت فرنگی تازه طی انبارداری در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد

- آنتوسیانین، فنل کل و ظرفیت ضد اکسایشی

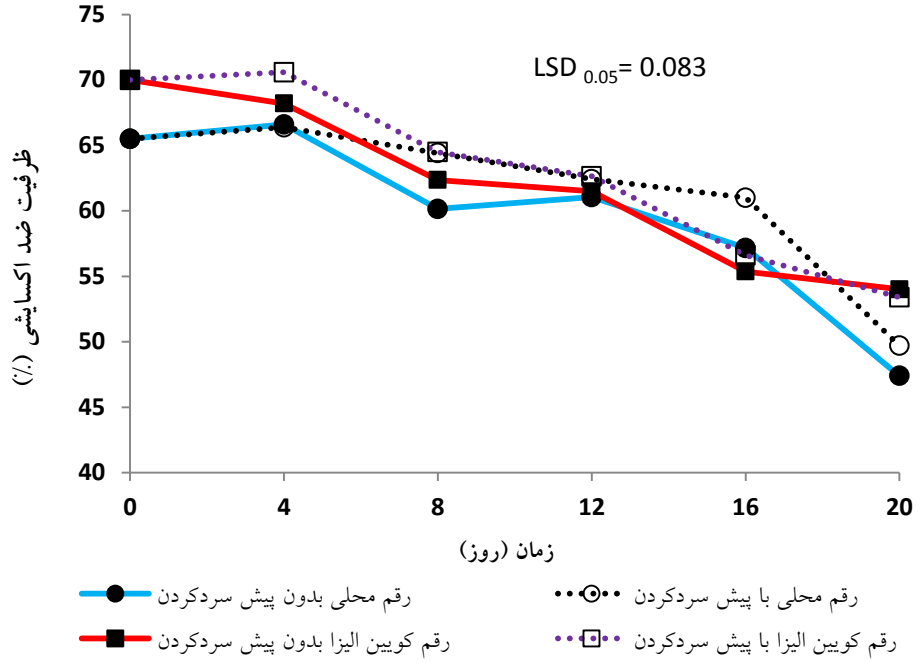
آنتوسیانین، فنل کل و ظرفیت ضد اکسایشی در توت‌فرنگی‌های بسته‌بندی شده قبل از پیش سرد کردن و انبارداری (لحظه صفر) در رقم کویین الیزا به ترتیب ۱۶/۹۰ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر، ۵۳۲ میلی‌گرم گالیک اسید بر ۱۰۰ گرم وزن تر و ۶۵/۵ درصد و برای رقم محلی کردستان به ترتیب ۱۷/۴۰ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر، ۷۳۸ میلی‌گرم گالیک اسید بر ۱۰۰ گرم وزن تر و ۷۰ درصد اندازه گیری شد. مقایسه میانگین های اثر بکارگیری پیش سردکردن، طی مدت انبارداری بر مقدار آنتوسیانین، فنل کل و ظرفیت ضد اکسایشی دو نوع رقم توت فرنگی طی مدت ۲۰ روز انبارداری و در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد در نمودارهای ۸ و ۹ و ۱۰ نشان داده شده است. مطابق نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل داده ها اثر بکارگیری پیش سردکردن، طی مدت نگهداری بر مقدار آنتوسیانین، فنل کل و ظرفیت ضد اکسایشی دو نوع رقم توت فرنگی دوره نگهداری در دمای ۱ درجه سانتی گراد در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است. مطابق با نمودارهای ۸ و ۹ و ۱۰ پیش سرد کردن به شکل معنی داری ($p <0.05$) شدت تخریب آنتوسیانین، فنل کل و ترکیبات ضد اکسایشی را در هر دو رقم توت فرنگی در زمان انبار کاهش می‌دهد، به طوری که در پایان ۲۰ روز انبارداری، مقدار آنتوسیانین در توت‌فرنگی‌های رقم کویین الیزا پیش سرد شده و پیش سرد نشده به ترتیب به ۱۴ و ۱۳/۸ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر و در رقم محلی کردستان به ۱۳/۷ و ۱۱/۵ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن‌تر می‌رسد. فنل کل در توت فرنگی های پیش سرد شده و بدون پیش سرد، از ابتدا تا پایان ۲۰ روز انبارداری روند کاهشی داشته و پس از ۲۰ روز انبارداری، در توت فرنگی‌های رقم کویین الیزا پیش سرد شده و پیش سرد نشده به ترتیب به ۴۶۷ و ۴۴۹ میلی‌گرم گالیک اسید بر ۱۰۰ گرم وزن تر و در رقم محلی کردستان به ۴۰۶ و ۳۸۰ میلی‌گرم گالیک اسید بر ۱۰۰ گرم وزن تر می‌رسد. میزان ظرفیت ضد اکسایشی در توت فرنگی‌های پیش سرد شده و بدون پیش سرد، از ابتدا تا پایان انبارداری روند کاهشی داشته و پس از ۲۰ روز انبارداری، در توت فرنگی‌های رقم کویین الیزا پیش سرد شده و پیش سرد نشده به ترتیب به ۵۳ و ۵۴ درصد و در رقم محلی کردستان به ۴۹/۷ و ۴۷/۳۹ درصد می‌رسد ($p <0.05$) .



نمودار ۸- مقایسه میانگین های اثر پیش سرد کردن بر محتوی آنتوسیانین دو رقم توت فرنگی تازه طی انبارداری در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد



نمودار ۹- مقایسه میانگین های اثر پیش سرد کردن بر محتوی فنل دو رقم توت فرنگی تازه طی انبارداری در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد



نمودار ۱۰- مقایسه میانگین های اثر پیش سرد کردن بر ظرفیت ضد اکسایشی دو رقم توت فرنگی تازه طی انبارداری در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد

بحث

- نتایج آزمون های میکروبی

نتایج بدست آمده نشان می دهند که نوع رقم و آلودگی میکروبی اولیه میوه توت فرنگی، بر میزان موفقیت استفاده از پیش سرد کن در کند کردن روند افزایش آلودگی میکروبی توت‌فرنگی طی انبارداری بسیار موثر است. دلایل اختلاف در میزان آلودگی میکروبی موجود در بین دو رقم توت فرنگی مورد مطالعه را می‌توان در درجه اول به ماهیت ژنتیکی هر رقم و همچنین تفاوت مقاومت دفاعی در برابر رشد میکروارگانیسم‌ها در بافت هر یک از ارقام توت فرنگی و تا حدی شرایط کشت و مزرعه مرتبط دانست (Capocasa *et al.*, 2008; Pérez-Jiménez *et al.*, 2012). با توجه به جدول ۱ می توان چنین دریافت که متوسط تعداد کلنی های کپک و مخمر طی دوره نگهداری در توت فرنگی‌های پیش سرد شده نسبت به روش سنتی (بدون پیش سرد کردن) در هر دو رقم کویین الیزا (۹/۸۵ درصد) و رقم محلی کردستان (۲/۵۵ درصد) کاهش معنی‌داری ($p < 0.05$) دارد. این نتایج نشان دهنده تاثیر بیشتر به کارگیری تیمار پیش سرد کردن بر توت فرنگی‌های رقم کویین الیزا در مقایسه با رقم محلی کردستان در کاهش تعداد متوسط کپک‌ها و مخمرها است. همچنین متوسط تعداد کلنی‌های باکتری‌های مزوفیل هوازی نیز در توت فرنگی‌های پیش سرد شده نسبت به روش سنتی (بدون پیش سرد کردن) در هر دو رقم کویین الیزا (۵/۴ درصد) و رقم محلی کردستان (۳/۸ درصد) کاهش معنی داری ($p < 0.05$) دارد. این نتایج نیز نشان دهنده تاثیر بیشتر به‌کارگیری تیمار پیش سرد کردن بر توت‌فرنگی‌های رقم کویین الیزا در مقایسه با رقم محلی کردستان در کاهش متوسط تعداد کلنی‌های باکتری‌های مزوفیل هوازی است. افزایش جمعیت میکروبی در توت فرنگی‌های انبار شده در سردخانه در نتایج سایر محققان نیز مشاهده شده است (Zheng *et al.*, 2007). Wang & Gao (۲۰۱۳) نیز روند افزایشی تعداد کپک و مخمر رشد یافته بر توت فرنگی‌های تازه را طی ۱۲ روز انبارداری در دمای پنج درجه سانتی‌گراد گزارش دادند. از عوامل اصلی فساد پس از برداشت توت فرنگی‌های انبار شده در سردخانه می‌توان به رشد دو کپک بوتریتیس سینرا[1] و رایزوپوس استولونیفر[2] اشاره کرد که درنتیجه پیش سرد کردن

[1] *Botrytis cinerea*

[2] *Rhizopus stolonifer*

بلافاصله پس از برداشت، ۱۸ تا ۳۰ درصد احتمال رشد آنها در توت فرنگی تازه در طی انبارداری کاهش می‌یابد (Nunes *et al.*, 2005). Ferreira و همکاران (۱۹۹۴) با انبارداری توت فرنگی‌های پیش سرد شده در دماهای متفاوت بیان داشتند که احتمال آلودگی میکروبی در توت فرنگی پیش سرد شده انباری، با افزایش دمای نگهداری آن افزایش می یابد. ایشان درصد فساد میکروبی توت فرنگی های پیش سرد شده پس از هشت روز انبار داری در دمای ۱ درجه سانتی گراد ۱۶ درصد و در دمای ۷/۵ درجه سانتی‌گراد ۴۵ درصد گزارش نمودند. از طرفی Hernández-Muñoz و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که با افزایش زمان انبارداری توت فرنگی تازه در سردخانه با دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد جمعیت کپک و مخمرها روند افزایشی را طی می کند.

نتایج آزمون‌های خصوصیات فیزیکوشیمیایی(کاهش وزن، اسید آسکوربیک، اسیدیته، pH، مواد جامد محلول، آنتوسیانین، فنل کل و ظرفیت ضداکسایشی)

جدول۱- اثر متقابل پیش سرد کردن و نوع رقم بر پایداری میکروبی، اسید آسکوربیک و کاهش وزن توت فرنگی های پیش سرد شده نسبت به بدون بکار گیری پیش سرد کن

رقم	تیمار	کپک و مخمر (log CFU/g)	باکتری های مزوفیل هوازی (log CFU/g)	اسیدآسکوربیک (میلی گرم در ۱۰۰ گرم میوه تر)	کاهش وزن (درصد)
کویین الیزا	پیش سرد شده	۲/۷۴^{d} ± ۰/۶۳	۲/۲۲^{d} ± ۰/۶۴	۴۹/۶۸^{a} ± ۳/۷۵	۵/۹۰^{d} ± ۳/۸۶
	بدون پیش سرد	۳/۰۱^{c} ± ۰/۷۱	۲/۳۴^{c} ± ۰/۶۷	۴۶/۹۸^{b} ± ۴/۱۱	۹/۲۵^{c} ± ۵/۴۱
محلی کردستان	پیش سرد شده	۳/۹۱^{b} ± ۰/۴۸	۳/۱۵^{b} ± ۰/۷۰	۳۶/۳۱^{c} ± ۲/۴۶	۱۰/۹۳^{b} ± ۷/۲۰
	بدون پیش سرد	۴/۰۱^{a} ± ۰/۵۰	۳/۲۷^{a} ± ۰/۷۲	۳۴/۷۴^{d} ± ۳/۰۹	۱۲/۳۱^{a} ± ۸/۲۶

حروف غیر مشابه نشان دهنده اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد است

جدول۲- اثر متقابل پیش سرد کردن و نوع رقم بر کل مواد جامد محلول، اسیدیته، (pH)، آنتوسیانین، فنل کل و ظرفیت ضد اکسایشی وزن توت فرنگی های پیش سرد شده نسبت به بدون بکار گیری پیش سرد کن

رقم	تیمار	کل مواد جامد محلول (درصد)	اسیدیته (درصد)	pH	آنتوسیانین (میلی گرم در ۱۰۰ گرم میوه تر)	فنل کل (میلی گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم میوه تر)	ظرفیت ضد اکسایشی (درصد)
کویین الیزا	پیش سرد شده	۹/۵۶^{d} ± ۰/۸۲	۰/۸۲^{c} ± ۰/۰۶	۴/۰۰^{b} ± ۰/۱۶	۱۵/۷۷^{a} ± ۱/۳۰	۵۸۹^{a} ± ۹۹/۷۶	۶۲/۹۸^{a} ± ۶/۶۰
	بدون پیش سرد	۹/۸۰^{c} ± ۰/۸۹	۰/۷۷^{d} ± ۰/۰۵	۳/۹۸^{b} ± ۰/۱۶	۱۵/۴۵^{b} ± ۱/۳۲	۵۶۷^{b} ± ۹۶/۱۰	۶۱/۹۱^{b} ± ۶/۱۹
محلی کردستان	پیش سرد شده	۱۰/۱۸^{b} ± ۰/۷۴	۰/۹۶^{a} ± ۰/۰۹	۴/۰۶^{a} ± ۰/۱۶	۱۴/۶۸^{c} ± ۱/۷۲	۴۷۲^{c} ± ۵۰/۱۶	۶۱/۵۸^{c} ± ۵/۸۵
	بدون پیش سرد	۱۰/۴۸^{a} ± ۱/۰۹	۰/۹۴^{b} ± ۰/۱۰	۴/۰۸^{a} ± ۰/۱۶	۱۳/۳۲^{d} ± ۱/۸۶	۴۶۰^{d} ± ۴۰/۹۲	۵۹/۵۴^{d} ± ۶/۵۰

حروف غیر مشابه نشان دهنده اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد است

- **کاهش وزن**

اندازه گیری کاهش وزن در طی دوره نگهداری همواره به عنوان یکی از صفات اصلی در ارزیابی کیفیت ماندگاری توت فرنگی مطرح است. نتایج نشان می دهد که نوع رقم و خصوصیات فیزیکی اولیه میوه توت فرنگی، بر میزان موفقیت استفاده از پیش سردکن در کاهش مقدار افت وزنی طی انبار داری بسیار موثر است. با توجه به جدول ۱ می‌توان چنین دریافت که میزان افت وزن طی دوره نگهداری در توت فرنگی‌های پیش سرد شده نسبت به روش سنتی (بدون پیش سرد کردن) در هر دو رقم کویین الیزا (۵۷ درصد) و رقم محلی کردستان (۱۳ درصد) کاهش معنی‌داری ($p <0.05$) دارد. این نتایج نشان دهنده تاثیر بیشتر به‌کارگیری تیمار پیش سرد کردن بر توت‌فرنگی‌های رقم کویین الیزا در مقایسه با رقم محلی کردستان در کاهش افت وزنی است. Allais & Létang (۲۰۰۹) بیان داشتند که کاهش وزن توت فرنگی در انبار سرد با گذشت زمان، روند افزایشی معنی داری نشان می‌دهد و نوسان دمای انبار در این دوره زمانی، میزان کاهش وزن را افزایش می‌دهد. نتایج بررسی پیش سرد کردن توت فرنگی‌های تازه برداشت شده و بسته‌بندی شده، نشان از اثر مستقیم این روش بر کاهش رطوبت، تاخیر در رسیدگی محصول و در نهایت کاهش فساد میکروبی میوه‌ها در طی دوره نگهداری و در نتیجه افزایش ماندگاری آنها دارد (Ferreira *et al.*, 1994). Kalbasi-Ashtari (۲۰۰۴) گزارش کردند که پیش سرد کردن میوه های تازه برداشت شده هلو و گلابی در مقایسه با نمونه‌های بدون پیش سرد، طی ۴ الی ۸ هفته انبارداری در سردخانه (دمای ۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵ درصد)، ۴۰ تا ۵۰ درصد افت وزنی را کاهش می‌دهد. افت وزنی توت فرنگی درطی انبارداری، معمولاً به دلیل انجام تنفس سلولی و همچنین تبخیر سطحی محصول پدید می‌آید (Tanada-Palmu & Grosso, 2005). نازکی پوست این میوه با افزایش سرعت انتقال رطوبت به خارج از آن، احتمال ایجاد چروکیدگی و فساد را در محصول افزایش می‌دهد (Hernández-Muñoz *et al.*, 2008).

- **اسید آسکوربیک**

مقدار اسید آسکوربیک در توت فرنگی تازه با توجه به نوع رقم در محدوده ۸۴-۲۶ میلی‌گرم در صد گرم وزن‌تر قرار دارد (Cordenunsi *et al.*, 2005; Mahmood *et al.*, 2012)، که با گذشت زمان روند کاهشی را نشان می‌دهد (Koyuncu, 2004). نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که نوع رقم و خصوصیات شیمیایی اولیه میوه توت فرنگی، بر میزان موفقیت استفاده از پیش سردکن در کاهش تخریب اسید آسکوربیک آن طی انبار داری بسیار موثر است. دلایل اختلاف در میزان تخریب ترکیبات بیوشیمیایی از جمله اسید آسکوربیک موجود در بین دو رقم توت فرنگی مورد مطالعه را می‌توان در درجه اول به ماهیت ژنتیکی هر رقم و همچنین تا حدی شرایط کشت و مزرعه مرتبط دانست (Lee & Kader, 2000; Forney *et al.*, 2000; Capocasa *et al.*, 2000; Rahman *et al.*, 2014). با توجه به جدول ۱ می‌توان چنین دریافت که میزان تخریب اسید آسکوربیک طی دوره نگهداری در توت فرنگی‌های پیش سرد شده نسبت به روش سنتی (بدون پیش سرد کردن) در هر دو رقم کویین الیزا (۵/۳۴ درصد) و رقم محلی کردستان (۴/۳۲ درصد) کاهش معنی‌داری ($p <0.05$) دارد. این نتایج نشان دهنده تاثیر بیشتر به کارگیری تیمار پیش سرد کردن بر توت فرنگی‌های رقم کویین الیزا در مقایسه با رقم محلی کردستان در کاهش تخریب اسید آسکوربیک استافزایش زمان انبارداری در سردخانه، کاهش مقدار اسید آسکوربیک در هر ارقام مورد آزمایش توت فرنگی‌های پیش سرد شده و بدون پیش سرد را به دنبال داشت. Wang and Gao (۲۰۱۳) نیز کاهش مقدار اسید آسکوربیک را در طی انبارداری توت فرنگی طی ۱۲ روز در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد گزارش نمودند. بنابر پژوهش‌های Kalt و همکاران (۱۹۹۹)، پایداری اسید آسکوربیک طی انبارداری میوه ها با اسیدیته و ترکیبات فنلی و ضد اکسایشی آنها رابطه مستقیمی دارد. یکی از دلایل افزایش مقاومت در برابر رشد کپک‌ها را نیز می توان به کاهش میزان نابودی اسید آسکوربیک در توت فرنگی‌های پیش سرد شده نسبت به روش سنتی مرتبط دانست. حضور این ترکیب به عنوان یک ماده ضد اکسایش

در بافت میوه، تقویت سیستم دفاعی آن را در برابر رشد میکروارگانیسم‌ها و به خصوص قارچ ها به همراه دارد (Wang and Gao, 2013).

- **مواد جامد محلول، اسیدیته و pH**

نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که نوع رقم و خصوصیات شیمیایی اولیه میوه توت‌فرنگی، بر میزان موفقیت استفاده از پیش سردکن در کاهش تخریب مواد جامد محلول، ترکیبات اسیدی و تغییرات pH توت فرنگی طی دوره نگهداری بسیار موثر است. دلایل اختلاف در میزان تخریب ترکیبات بیوشیمیایی از جمله ترکیبات اسیدی موجود در بین دو رقم توت فرنگی مورد مطالعه را می‌توان در درجه اول به ماهیت ژنتیکی هر رقم و همچنین تا حدی شرایط کشت و مزرعه مرتبط دانست (Forney *et al*., 2000; Capocasa *et al*., 2000; Rahman *et al*., 2014). با توجه به جدول ۲ می‌توان چنین دریافت که میزان مصرف ترکیبات اسیدی طی دوره نگهداری در توت فرنگی های پیش سرد شده نسبت به روش سنتی (بدون پیش سرد کردن) در هر دو رقم کوین الیزا (۵/۴۸ درصد) و رقم محلی کردستان (۲/۸۰ درصد) کاهش معنی‌داری ($p <0.05$) دارد. این نتایج نشان دهنده تاثیر بیشتر به کارگیری تیمار پیش سرد کردن بر توت فرنگی‌های رقم کوین الیزا در مقایسه با رقم محلی کردستان در کاهش مصرف ترکیبات اسیدی است. همچنین افزایش مواد جامد محلول طی دوره نگهداری در توت فرنگی های پیش سرد شده نسبت به روش سنتی (بدون پیش سرد کردن) در هر دو رقم کوین الیزا (۲/۸۲ درصد) و رقم محلی کردستان (۲/۹۵ درصد) کاهش معنی‌داری ($p <0.05$) دارد. این نتایج نشان دهنده تاثیر بیشتر به کارگیری تیمار پیش سرد کردن بر توت فرنگی‌های رقم کوین الیزا در مقایسه با رقم محلی کردستان بر افزایش مواد جامد محلول است. مصرف ترکیبات قندی و اسیدهای آلی به عنوان مواد اولیه تنفس در توت فرنگی انبار شده، تغییرات در مقادیر اسیدیته، مواد جامد محلول وpH محصول را به دنبال دارد (Zheng *et al*., 2007). افزایش غلظت مواد جامد محلول توت فرنگی طی دوره نگه داری را می توان با کاهش وزن میوه مرتبط دانست. البته فساد و تنفس میوه نیز با شکسته شدن پلی ساکاریدها و تبدیل آن به ترکیبات ساده تر افزایش مواد جامد محلول را موجب می شوند(Tanada-Palmu & Grosso, 2005; Hernández-Muñoz *et al*., 2008). Pelayo و همکاران (۲۰۰۳) نیز افزایش میزان مواد جامد محلول و کاهش اسیدیته در توت فرنگی‌های نگهداری شده در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۱ روز را گزارش کردند. این نتیجه با نتایج Zheng و همکاران (۲۰۰۷) در خصوص کاهش میزان اسیدیته توت فرنگی در طی دوره نگهداری در سردخانه همخوانی دارد. نتایج تحقیقات در خصوص پیش سرد کردن میوه‌های هلو و گلابی تفاوت معنی‌داری را در میزان مواد جامد محلول و اسیدیته این میوه ها در مقایسه با عدم استفاده از پیش سرد کن نشان نمی‌دهند (Kalbasi-Ashtari, 2004). pH توت فرنگی‌های پیش سرد شده و بدون پیش سرد، از ابتدا تا پایان ۲۰ روز انبارداری روند افزایشی نشان داد. افزایش قندها و کاهش اسیدهای آلی طی دوره نگهداری در برخی از میوه‌ها منجر به افزایش pH می‌گردد (Raskin, 1992).

- **آنتوسیانین، فنل کل و ظرفیت ضد اکسایشی**

نتایج بدست آمده نشان می دهند که نوع رقم و خصوصیات شیمیایی اولیه میوه توت فرنگی، بر میزان موفقیت استفاده از پیش سردکن در حفظ آنتوسیانین، فنل کل و ظرفیت ضد اکسایشی توت فرنگی طی دوره نگهداری موثر است. با توجه به جدول ۲ می توان چنین دریافت که به ترتیب میزان تخریب آنتوسیانین، ترکیبات فنلی و ظرفیت ضد اکسایشی طی دوره نگهداری در توت فرنگی های پیش سرد شده نسبت به روش سنتی (بدون پیش سرد کردن) در هر دو رقم کوین الیزا (۲/۰۲ ، ۳/۷۳ و ۱/۶۹ درصد) و رقم محلی کردستان (۹/۳۳ ، ۲/۵۴ و ۳/۲۹ درصد) کاهش معنی داری ($p <0.05$) دارد. آنتوسیانین در توت فرنگی معیار مهمی برای سنجش میزان رسیدگی است. مقدار آن با توجه به نوع رقم در محدوده ۱۲/۴-۴۴/۲ میلی گرم در هر صد گرم قرار دارد. مهمترین آنتوسانین موجود در توت فرنگی پلارگونیدین ۳ گلوکوزید می باشد (Alexandre *et al*., 2012). مصرف آنتوسیانین ها نقش موثر در سلامتی انسان داشته و در پیشگیری از بسیاری از بیماری ها ازجمله بیماری های قلبی مفید هستند (Cordenunsi *et al*., 2005). مقدار آنتوسیانین توت فرنگی با ترکیبات فنلی، طی دوره نگهداری در دماها و

زمان‌های متفاوت ارتباط مستقیمی دارد (Kalt *et al.*, 1999). Cordenunsi و همکاران (۲۰۰۵) اعلام کردند که تغییرات غلظت آنتوسیانین در توت فرنگی پس از برداشت و طی دوره نگهداری بسته به نوع رقم، دمای نگهداری، حضور و یا عدم حضور بسته بندی و نوع بسته بندی متفاوت است. در برخی ارقام توت فرنگی با گذشت زمان افزایش و در برخی دیگر کاهش آنتوسیانین مشاهده شده است و گاهی مقدار آن در طول دوره نگهداری ثابت می ماند. بسیاری از نتایج محققان نشان دهنده کاهش میزان فنل کل توت فرنگی طی انبارداری است (Gol *et al.*, 2013). اکسیداسیون فنل‌ها را می توان به اکسید شدن توسط آنزیم پلی فنل اکسیداز[1] متبط دانست (Ayala-Zavala *et al.*, 2004). کاهش ترکیبات فنولی در پایان انبارداری ممکن است به دلیل شکستن ساختار سلولی نیز باشد (Macheix & Fleuriet, 1990). کاهش اسید آسکوربیک و آنتوسیانین یکی دیگر از دلایل کاهش فعالیت ضداکسایشی است. کاهش حضور این دو ترکیب آن ها فعالیت ضداکسایشی میوه توت فرنگی نیز کاهش می‌دهد (Kelebek *et al.*, 2009). این نتیجه با نتایج مقدار آنتوسیانین همخوانی مناسبی دارد.

نتیجه‌گیری

این تحقیق نشان داد که هر گونه تاخیر در انجام پیش سرد کردن توت فرنگی اثر منفی بر پایداری میکروبی، فیزیکی و شیمیایی آن در طی دوره نگهداری برجای می‌گذارد به طوری که سبب افزایش بار میکروبی و کاهش وزن بیشتر، اسید آسکوربیک کمتر، آنتوسیانین، فنل و ظرفیت ضد اکسایشی کمتر وهمچنین مقدار مواد جامد محلول و قند و اسید کمتر در توت فرنگی خواهد شد. نوع رقم و خصوصیات میکروبی و فیزیکوشیمیایی اولیه میوه توت فرنگی نیز، بر میزان موفقیت استفاده از پیش سردکن با هدف افزایش ماندگاری توت فرنگی تازه بسیار موثر است، به طوری که پیش سرد کردن توت فرنگی‌های رقم کویین الیزا در مقایسه با رقم محلی کردستان، به دلیل کیفیت اولیه مطلوب تر نتایج مطلوب تری را نشان داد.

منابع

Aday, M. S. & Caner, C. (2011). The Applications of ‘active packaging and chlorine dioxide’ for extended shelf life of fresh strawberries. Packaging Technology and Science, 24(3), 123-136.

Alexandre, E. M. C., Brandao, T. R. S. & Cristina, L. M. S. (2012). Efficacy of non-thermal technologies and sanitizer solutions on microbial load reduction and quality retention of strawberries. Journal of Food Engineering, 108(3), 417-426.

Allais, I. & Létang, G. (2009). Influence of mist-chilling on post-harvest quality of fresh strawberries Cv. Mara des Bois and Gariguette. International Journal of Refrigeration, 32(6), 1495-1504.

Anderson, B. A., Sarkar, A., Thompson, J. F. & Singh, R. P. (2004). Commercial- scale forced-air cooling of packaged strawberries. Trans ASAE, 47(1), 183-190.

AOAC. (2002). Vitamin C (ascorbic acid) in vitamin preparations and juices: 2, 6 dichloroindophenol titrimetric method final action. Official Methods of Analysis of AOAC International, W. Horwitz (Ed), (17th ed). Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, Official Method 967.21.

AOAC. (2000a). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists: 932.12 Fruits and fruit products. Solids (Soluble) in Fruits and Fruit Product: Refractometer Method. S Arlington, Virginia, USA. 7p.

AOAC. (2000b). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists: 942.15A Fruits and fruit products - Acidity (Titratable) of Fruit Products. Association of Official Analytical Chemists, Arlington.11p.

AOAC. (1990). Method Number 981.12. Official Methods of Analisys, 15th Edition. Vegetables/Acidified Foods. Association of Official Analytical Chemists, Washington, USA.

Arifin, B. B. & Chau, K. V. (1988). Cooling of strawberries in cartons with new vent hole designs. ASHRAE Transactions, 94(1), 1415-1426.

[1] Polyphenol Oxidase

Ayala-Zavala, J. F., Wang, S. Y., Wang, C. Y. & Gonzalez-Aguilar, G. A. (2004). Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. LWT - Food Science and Technology, 37(7), 687–695.

Brosnan, T. & Sun, D. W. (2001). Precooling techniques and applications for horticultural products - a review. International Journal of Refrigeration, 24(2), 154-170.

Capocasa, F., Scalzo, J., Mezzetti, B. & Battino, M. (2008). Combining quality and antioxidant attributes in the strawberry: The role of genotype. Food Chemistry, 111(4), 872–878.

Cheng, G. W., & Breen, P. J. (1991). Activity of phenylalanine ammonia-lyase (PAL) and concentrations of anthocyanins and phenolics in developing strawberry fruit. Journal of the American Society for Horticultural Science, 116(5), 865-869.

Cordenunsi, B. R., Genovese, M. I., do Nascimento, J. R. O., Hassimotto, N. M. A., dos Santos, R. J. & Lajolo, F. M. (2005). Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. Food Chemistry, 91(1), 113-121.

De Castro, L. R., Vigneault, C. & Cortez, L. A. (2005). Cooling performance of horticultural produce in containers with peripheral openings. Postharvest Biology and Technology, 38(3), 254–261.

Emond, J. P., Mercier, F., Sadfa, S. O., Bourre, M. & Gakwaya, A. (1996). Study of parameters affecting cooling rate and temperature distribution in forced air precooling of strawberry. Transactions of the ASAE, 39(6), 2185-2191.

Ferreira, M. D., Brecht, J. K., Sargent, S. A. & Aracena, J. J. (1994). Physiological responses of strawberry to film wrapping and precooling methods. In Proceedings-Florida State Horticultural Society, 107: pp. 265-269.

Ferreira, M. D., Brecht, J. K., Sargent, S. A. & Chandler, C. K. (2006). Hydrocooling as an alternative to forced-air cooling for maintaining fresh- market strawberry quality. HortTechnology, 16(4), 659-666.

Forney, C. F., Kalt, W. & Jordan, M. A. (2000). The composition of strawberry aroma is influenced by cultivar, maturity, and storage. HortScience, 35(6), 1022-1026.

Gol, N. B., Patel, P. R. & Rao, T. R. (2013). Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. Postharvest Biology and Technology, 85, 185-195.

Hernández-Muñoz, P., Almenar, E., Del Valle, V., Velez, D. & Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria*× *ananassa*) quality during refrigerated storage. Food Chemistry, 110(2), 428–435.

Jang, S. A., Shin, Y. J. & Song, K. B. (2011), Effect of rapeseed protein–gelatin film containing grapefruit seed extract on ‘Maehyang’ strawberry quality. International Journal of Food Science & Technolog, 46(3), 620–625.

Jiang, Y., Joyce, D. C. & Terry, L. A. (2001). 1-Methylcyclopropene treatment affects strawberry fruit decay. Postharvest Biology and Technology, 23(3), 227–232.

Kalbasi-Ashtari, A. (2004). Effects of post-harvest pre-cooling processes and cyclical heat treatment on the physico-chemical properties of "Red Haven Peaches" and "Shahmavch Pears" during cold storage. Agricultural Engineering International: the CIGR E Journal, 4, 1-17.

Kalt, W., Forney, C. F., Martin, A. & Prior, R. L. (1999). Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics and anthocyanins after fresh storage of small fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47(11), 4638-4644.

Kelebek, H., Selli, S., Canbas, A. & Cabaroglu, T. (2009). HPLC determination of organic acids, sugars ,phenolic compositions and antioxidant capacity of orange juice and orange wine made from a Turkish cv.Kozan. Microchemical Journal, 91(2), 187-192.

Koyuncu, M. A. (2004). Quality changes of three strawberry cultivars during the cold storage. European Journal of Horticultural Science, 65, 193–200.

Lee, S. K. & Kader, A. A. (2000). Pre-harvest and post-harvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biology and Technology, 20(3), 207-220.

Macheix, J. J. & Fleuriet, A. (1990). Fruit phenolics. CRC press, Florida, pp. 239-358.

Mahmood, T., Anwar, F., Abbas, M., Boyce, M. C. & Saari, N. (2012).

Compositional variation in sugars and organic acids at different maturity stages in selected small fruits from Pakistan. International Journal of Molecular Sciences, 13(2), 1380-1392.

Manganaris, G. A., Ilias, I. F., Vasilakakis, M. & Mignani, I. (2007). The effect of hydrocooling on ripening related quality attributes and cell wall physicochemical properties of sweet cherry fruit (*Prunus avium* L.). International Journal of Refrigeration, 30(8), 1386-1392.

Nalbandi, H., Ghasemzadeh, H. R., Seiiedlou, S., Rangbar, F. & Dehghanniya, J. (2014). Mathematical modeling of airflow and heat transfer during forced-air cooling of strawberries. ISESCO Journal of Science and Technology,10, 69-76.

Nunes, M. C. N., Brecht, J. K., Sargent, S. A. & Morais, A. M. M. B. (1995). Effects of delays to cooling and wrapping on strawberry quality (cv. Sweet Charlie). Food Control, 6, 323-328.

Nunes, M. C. N., Morais, A. M. M.B., Brecht, J. K., Sargent, S. A. & Bartz, J.A. (2005). Prompt cooling reduces incidence and severity of decay caused by Botrytis cinerea and Rhizopus stolonifer in strawberry. HortTechnology, 15(1), 153-156.

Pelayo, C., Ebeler, S. E. & Kader, A. A. (2003). Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5C in air or air+20kPa CO2. Postharvest Biology and Technology, 27(2),171-183.

Pelletier, W., Brecht, J. K., do Nascimento Nunes, M. C. & Emond, J. P (2011). Quality of strawberries shipped by truck from California to Florida as influenced by postharvest temperature management practices. HortTechnology, 21(4), 482-493.

Pérez-Jiménez, R. M., De Cal, A., Melgarejo, P., Cubero, J., Soria, C., Zea-Bonilla, T. & Larena, I. (2012). Resistance of several strawberry cultivars against three different pathogens. Spanish Journal of Agricultural Research, 10(2), 502-512.

Rahman, M. M., Rahman, M. M. & Mian, M. A. K. (2014). Interactive effect of planting date and cultivar over time on growth, yield and quality of strawberry (fragaria x ananassa duch.) in Bangladesh. The Kasetsart Journal (Natural Science), 48, 860 – 868.

Raskin, I. (1992). Salicylic, a new plant hormone. Plant Physiology, 99(3), 799-803.

Sanchez-Moreno, C., Larrauri, J. A. & Saura-Calixto, F. (1998). A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. Journal of the Science of Food and Agriculture, 76(2), 270-276.

Sargent, S. A., Talbot, M. T. & Brecht, J. K. (1998.) Evaluating precooling methods for vegetable packinghouse operations. Proceedings of the Florida State Horticulture Society, 101, 175-182.

Senthilkumar, S., Vijayakumar, R. M. & Kumar, S. (2015). Advances in Precooling techniques and their implications in horticulture sector. a Review. International Journal of Environmental & Agriculture Research, 1, 24-30.

Singleton, V. L., Orthofer, R. & Lamuela-Raventos, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin–ciocalteu reagent. Methods in Enzymology, 299C, 152–178.

Tanada-Palmu, P. S. & Grosso, C. R. (2005). Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*fragariax ananassa*) quality. Postharvest Biology and Technology, 36(2), 199-208.

Tutar, M., Erdogdu, F. & Toka, B. (2009). Computational modeling of airflow patterns and heat transfer prediction

Vargas, M., Albors, A., Chiralt, A. & González-Martínez, C. (2006). Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coating. Postharvest Biology and Technology, 41(2), 164-171.

Wang, L. & Sun, D. W. (2001). Rapid cooling of porous and moisture foods by using vacuum cooling technology. Trends in Food Science & Technology, 12(5), 174–184.

Wang, S. Y. & Gao, H. (2013). Effect of chitosan-based edible coating on antioxidants, antioxidant enzyme system, and postharvest fruit quality of strawberries (*Fragaria x aranassa* Duch.). LWT - Food Science and Technology, 52(2), 71-79.

Wright, K. P. & Kader, A. A. (1997). Effect of slicing and controlled- atmosphere storage on the ascorbate content and quality of strawberries and persimmons. Postharvest Biology and Technology, 10(1), 39 - 48.

Zheng, Y., Wang, S. Y., Wang, C. Y. & Zheng, W. (2007). Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen

treatments. LWT-Food Science and Technology, 40(1), 49–57.