اثر دماهای مختلف محلول کلریدکلسیم بر ویژگی‌های کیفی و ماندگاری میوه هلوی رقم انجیری مالکی

فاطمه کرم‌نژاد*، جعفر حاجی‌لو، سید جلال طباطبایی و رحیم نقشی بند حسنی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۲۹)

چکیده

به منظور ارزیابی اثر دماهای مختلف غوطه‌وری با کلرید کلسیم بر کیفیت و انبارمانی میوه هلو رقم انجیری مالکی آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار شامل ۵ تیمار دمایی (۴، ۸، ۱۶،۳۲، ۶۴ درجه سانتی‌گراد) و ۲ سطح کلرید کلسیم شامل صفر میلی‌مولار به‌عنوان شاهد و ۶۰ میلی‌مولار و به‌مدت ۵ دقیقه انجام شد. نمونه‌های موجود در هر تیمار در سردخانه با دمای۳-۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ ٪ برای مدت ۲۸ روز قرار گرفتند. شاخص‌های میوه‌ها هر هفته یکبار اندازه‌گیری شدند. صفاتی مانند اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول، اسید آسکوربیک، درصد کاهش وزن، سفتی بافت میوه و غلظت کلسیم میوه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد در کل دورهٔ انبارمانی (چهار مرحله اندازه‌گیری) تیمار کلرید کلسیم در دمای ۶۴ درجه سانتی‌گراد بهترین تیمار از لحاظ حفظ سفتی بافت، حفظ مواد جامد محلول، ممانعت از تجزیه اسیدآسکوربیک، حفظ اسیدیته قابل تیتراسیون، تعدیل درصد کاهش وزن و افزایش مقدار کلسیم میوه‌ها بود. هم‌چنین استفاده از تیمار دمایی۳۲ و ۶۴ درجه سانتی‌گراد به تنهایی و بدون حضور کلرید کلسیم اثر معنی‌داری روی حفظ سفتی بافت، اسیدیته قابل تیتراسیون و اسید آسکوربیک داشته و باعث تعدیل کاهش وزن گردید، کاربرد تیمارهای کلرید کلسیم در دماهای ۳۲ و ۴ درجه سانتی‌گراد نیز بر حفظ صفات کیفی مؤثر بود.

واژه‌های کلیدی: میوه هلو، انبارمانی، دما، کلریدکلسیم

۱. گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: fkaramnezhad@yahoo.com

مقدمه

بیشتر محصولات میوه‌ای پس از برداشت قابلیت فسادپذیری بالایی دارند، لذا به‌کارگیری فنون و روش‌های مناسب جهت افزایش قابلیت ماندگاری، در طول دوره‌ی نگهداری یا صادرات ضروری می‌باشد. از طرفی، تأمین تقاضای مصرف‌کننده برای انواع سبزی‌ها و میوه‌ها در طول سال تنها از طریق انبارمانی طولانی مدت محصولات میسر می‌باشد(۳). میوه هلو به‌عنوان یکی از محصولات مهم باغی، عمر پس از برداشت کوتاهی دارد و نمی‌توان آن را به‌مدت طولانی نگهداری کرد. در طی زمان انبارمانی سفتی بافت به سرعت کاهش یافته و میوه به فساد میکروبی دچار می‌گردد (۳). ترکیبات کلسیم از جمله مواد فعال طبیعی هستند که توسط محققین مختلف به منظور حفظ کیفیت و افزایش انبارمانی محصولات مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۱). کلسیم به‌عنوان یکی از عناصر ضروری گیاه، از طریق شرکت در اتصالات بین ترکیبات پکتیکی داخل دیواره سلولی در حفظ کیفیت پس از برداشت محصولات میوه‌ای نقش مهمی دارد (۴). کاربرد کلسیم اغلب در کاهش سرعت تنفس و تولید اتیلن، افزایش سفتی و کاهش شیوع اختلالات فیزیولوژیکی و پوسیدگی نتایج خوبی به همراه داشته است (۱۴). غوطه‌وری پس از برداشت کلسیم می‌تواند مقدار کلسیم را به‌طور قابل توجهی در مقایسه با کاربرد قبل از برداشت آن افزایش دهد، بدون این‌که آسیبی در میوه ایجاد کند(۹). غوطه‌وری میوه در محلول کلسیم را می‌توان، همراه با تیمار دمایی انجام داد.

تیمار دمایی می‌تواند باعث کنترل آفات، جلوگیری از شیوع پاتوژن‌ها، افزایش مقاومت به صدمات سرمازدگی، تأخیر در رسیدن میوه و افزایش عمر قفسه‌ای(Shelf Life) گردد (۲۴). تیمارهای دمایی با تحریک تولید پروتئین‌های موسوم به پروتئین‌های شوک حرارت (HSP) (Heat shock protein) مقاومت در برابر گرما و سرمازدگی را افزایش می‌دهد (۲۵). والرو و همکاران (۲۱) نشان دادند که غوطه‌ور کردن میوه‌های لیمو در آب گرم با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰ دقیقه باعث افزایش سفتی میوه‌ها می‌شود. در مطالعهٔ دیگری لوناگزمان و همکاران (۱۱) در کاربرد غلظت‌های مختلف محلول کلرید کلسیم در دماهای مختلف و در مدت زمان‌های ۵-۱ دقیقه روی میوه طالبی نشان دادند که، میوه‌های تیمار شده با محلول ۲/۵٪ کلریدکلسیم در دماهای ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت یک دقیقه، مخصوصاً در دماهای بالاتر باعث حفظ بهتر سفتی میوه، شدند. تیمارهای دمایی پایین باعث کاهش نفوذپذیری انتخابی غشاء سلول شده و انتشار کاتیون به دیواره سلولی را موجب می‌شوند (۲). البته مطالعات نشان داده است که، دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با محلول لاکتات کلسیم در مقایسه با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، باعث کمترین تنفس و خسارت ناشی از میزان کاهش وزن محصول می‌شود (۸). در این پژوهش اثر تیمار با کلرید کلسیم در دماهای مختلف بر افزایش عمر پس از برداشت میوه هلو رقم انجیری مالکی بررسی شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

میوه‌های هلو رقم انجیری مالکی از باغ تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در مرحله بلوغ تجاری برداشت، و سریعاً به آزمایشگاه فیزیولوژی میوه واقع در ساختمان شماره ۲ دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز منتقل گردیدند. میوه‌های سالم و تقریباً یکنواخت در گروه‌های ۱۲تایی در ۳۰ عدد سبد پلاستیکی قرار داده شدند. هم‌چنین به منظور بررسی خصوصیات میوه در زمان برداشت تعداد ده میوه به‌طور تصادفی انتخاب و ارزیابی شد. در زمان برداشت، سفتی بافت (نیوتن): ۱۶/۹۶، اسیدیته قابل تیتراسیون (درصد): ۰/۲۷، مواد جامد محلول (درصد): ۱۷/۳، اسید آسکوربیک (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر): ۱۳/۵ بود. تیمارها از طریق غوطه‌ور کردن هر واحد آزمایشی (سبد حاوی ۱۲عدد میوه) به‌مدت ۵ دقیقه در محلول‌های تهیه شده در دمای معین اعمال شدند. به‌طوری‌که بعد از رساندن محلول به دمای مورد نظر تیمارها اعمال شدند.

بعد از اعمال تیمارها، به منظور خشک شدن میوه‌ها به‌مدت ۲ ساعت در دمای اتاق قرار داده شده و سپس به سرد خانه (دمای ۳ -۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی > ۸۵٪) منتقل گردیدند. نمونه‌های موجود در هر تیمار در مدت نهایی ۲۸ روز و به فاصله یک هفته از یکدیگر از سرخانه خارج و پس از ۲۴ ساعت نگهداری در دمای اتاق به‌عنوان عمر قفسه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفتند.

صفات مورد ارزیابی

برای اندازه‌گیری درصد کاهش وزن، میوه‌های هر واحد آزمایشی (هر نمونه شامل ۳ میوه) به‌طور جداگانه با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم در ابتدای آزمایش توزین، و پس از انبارکردن هر هفته یک بار تغییرات وزن‌تر هر گروه ۳ تایی اندازه‌گیری شد و تغییرات مزبور به‌صورت درصد کاهش وزن‌تر با استفاده از رابطهٔ زیر بیان شد.

۱۰۰×وزن اولیه/(وزن ثانویه – وزن اولیه) = درصد کاهش وزن

برای اندازه‌گیری سفتی بافت میوه از دستگاه سفتی سنج‌دستی(Penetrometer) (مدل FT 011) و برای اندازه‌گیری مقدار مواد جامد محلول از دستگاه رفرکتومتر دستی (مدل PAL-1) استفاده شد. اندازه‌گیری درصد اسیدیته قابل تیتراسیون میوه با روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال، و محتوی اسید آسکوربیک میوه‌ها، با روش ۲و۶- دی کلروفنل ایندوفنل(Dichloro-phenol Indophenol) انجام شد (۱۹). برای اندازه‌گیری کلسیم گوشت و پوست میوه، از ورقه‌های ۲۰ میلی‌متری گوشت همراه با پوست میوه استفاده شد و در آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت گذاشته شدند. سپس از طریق هضم نمونه با اسید نیتریک، با استفاده از نمونه‌های خشک شده در آون (گوشت همراه با پوست) و استفاده از دستگاه جذب اتمی(Atomic absorption) مدل A A- 6300 میزان کلسیم جذب شده اندازه‌گیری گردید (۲۰). کلسیم پوست و گوشت با هم اندازه‌گیری شد. مقادیر مربوط به هفته اول اندازه‌گیری می‌باشد. اگر کلسیم گوشت و پوست میوه به‌طور جداگانه بررسی می‌شد باید تغییرات در طول دوره انبارمانی بررسی می‌گردید. ولی به خاطر این‌که، تغییری در جذب کلسیم در طی دوره نگهداری در گوشت و پوست با هم، رخ نمی‌دهد، کلسیم پوست و گوشت با هم اندازه‌گیری شد. ولی به‌طور جداگانه، کلسیم پوست در طی دوره انبارمانی کاهش و در گوشت افزایش پیدا می‌کند (۱۳).

طرح آزمایشی

آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل ۵ تیمار دمایی (۴، ۸، ۱۶،۳۲، ۶۴ درجه سانتی‌گراد)، ۲ سطح کلرید کلسیم: صفر میلی‌مولار به‌عنوان شاهد و ۶۰ میلی‌مولار و چهار زمان بررسی بود. داده‌ها پس از نرمال شدن با استفاده از نرم‌افزار SAS (ver 9.2) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

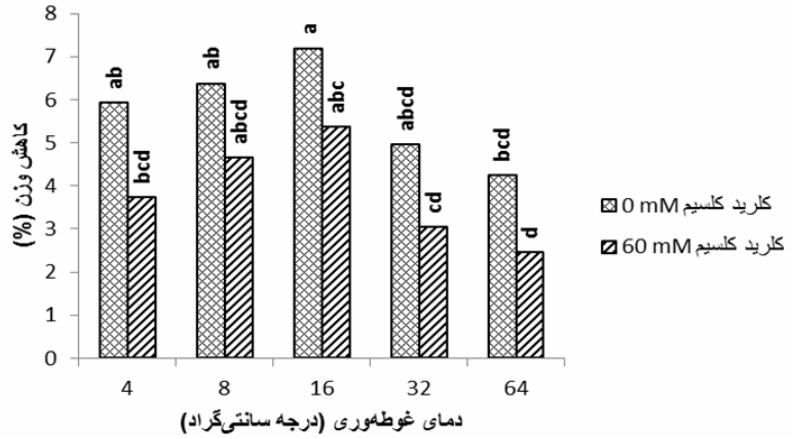
درصد کاهش وزن

در طول دوره نگهداری تیمار دمایی همراه با کلریدکلسیم و تیمار دمایی به تنهایی، اثر معنی‌داری (P<۰/۰۱) بر درصد کاهش وزن داشتند (جدول ۱). با این‌که در بین بیشتر تیمارهای کلرید کلسیم تفاوت معنی‌داری دیده نشد ولی، تیمار کلریدکلسیم در دمای ۶۴ درجه سانتی‌گراد نسبت به دیگر تیمارها درصد کاهش وزن کمتری را نشان داده است (شکل ۱). میوه‌های تیمار شده با کلریدکلسیم نسبت به تیمار دمایی به تنهایی، درصد کاهش وزن کمتری را در طی دورهٔ انبارمانی نشان دادند، که تیمار دمایی ۶۴ درجه سانتی‌گراد نیز نسبت به دیگر تیمارهای دمایی بدون کلریدکلسیم، کاهش وزن کمتری را در طول دورهٔ انبارمانی نشان داده است هرچند که با دیگر تیمارهای دمایی اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲). کاهش وزن ناشی از فعالیت‌های متابولیکی، تنفس و تعرق می‌باشد (۲۵). تیمارهای دمایی با کاهش تولید اتیلن از طریق تأثیر بر

جدول۱. جدول تجزیه واریانس آزمایش تأثیر تیمار کلرید کلسیم در دماهای مختلف بر برخی خصوصیات کیفی و کمی هلو، رقم انجیری مالکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	کاهش وزن	سفتی بافت میوه	اسیدیته قابل تیتراسیون	مواد جامد محلول	ویتامین C
دما	۴	۳۲/۵۷ **	۳۱۴/۸۴**	۰/۰۰۴**	۶/۸۴ **	۴/۸۹**
کلریدکلسیم	۱	۱۰۷/۰۸ **	۸۱۲/۴۴ **	۰/۰۰۵**	۳۲/۱۳ **	۱۵/۴**
زمان	۳	۳۱۵/۳۸**	۳۲۷/۶۴**	۰/۰۷**	۳/۸**	۲۳۰/۲۶**
دما × کلریدکلسیم	۴	۰/۲۱**	۴۲/۹۷**	۰/۰۰۱**	۱۳/۹۵**	۶/۷۳**
دما × زمان	۱۲	۳/۷۳**	۱۸/۴۶**	۰/۰۰۱**	۴/۳۸**	۱/۸۲**
کلریدکلسیم × زمان	۳	۱۵/۶**	۴۵/۴۶**	۰/۰۰۱**	۲/۹۲**	۰/۰۴**
دما ×کلریدکلسیم × زمان	۱۲	۰/۱۷**	۶/۶۴**	۰/۰۰۸**	۱/۸۲**	۱/۰۹**
اشتباه آزمایشی	۸۰	۰/۰۴	۰/۸۳	۰/۰۰۰۰۶	۰/۳۴	۰/۲۷
ضریب تغییرات		٪۴/۲۷	٪۶/۶۴	٪۶/۷	٪۳/۸۵	٪۶/۷

*: در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. **: در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد. ns: معنی‌دار نمی‌باشد.



شکل ۱. اثر برهمکنش بین تیمار کلرید کلسیم و دماهای مختلف بر درصد کاهش وزن، هلوی رقم انجیری مالکی. هر یک از میانگین‌ها، میانگین ۴ زمان بررسی می‌باشد. میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند در سطح احتمال ۱٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

رونوشت‌برداری آنزیم‌های درگیر در سنتز آن و با ممانعت از عمل اتیلن از طریق غیر فعال نمودن پذیرنده‌های اتیلن رسیدن را به تأخیر انداخته و با حفظ سفتی از دست دادن آب را کنترل می‌نماید (۱۲). مکانیسم‌های ممانعت از کاهش وزن میوه توسط محلول کلریدکلسیم به‌دلیل تأثیر کلسیم بر کاهش تنفس و افزایش استحکام دیواره سلولی میوه‌ها می‌باشد (۱۷). در این پژوهش تیمار کلسیم در دمای بالا به‌دلیل اثر تلفیقی تیمار دمایی و هم‌چنین جذب بهتر کلسیم توسط میوه تأثیر بهتری در حفظ وزن میوه داشته است.

سفتی بافت میوه

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، آثار اصلی تیمار دمایی، کلریدکلسیم و زمان انبارمانی و هم‌چنین اثرات برهمکنش دوگانه و سه‌گانه بین این فاکتورها بر سفتی میوه معنی‌دار ($P < ۰/۰۱$) بودند.

جدول ۲. مقایسه میانگین صفات کیفی اثر کلرید کلسیم و دماهای مختلف غوطه‌وری بر خصوصیات کیفی هلو رقم انجیری مالکی در طول انبارمانی

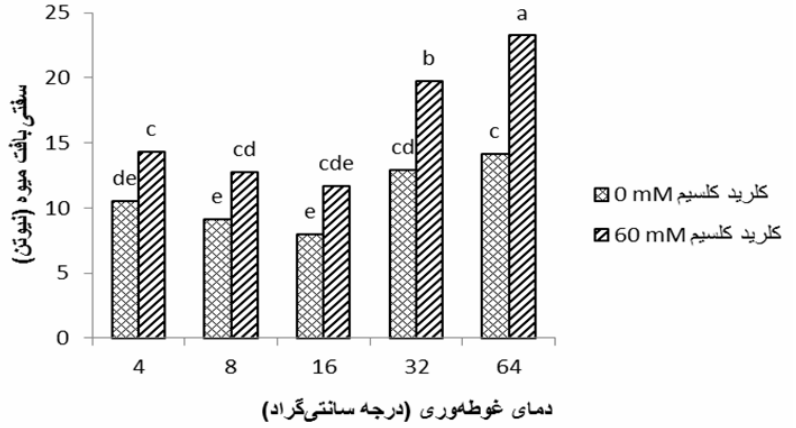
زمان (هفته)	غلظت کلسیم (mM)	دما °C	کاهش وزن (%)	سفتی بافت میوه (N)	اسیدیته قابل تیتراسیون (%)	مواد جامد محلول (%)	ویتامین C ($mg.100g^{-1}$)
۱	۰	۴	۱/۹۲^{qr}	۱۳/۴۷^{jklm}	۰/۱۳^{ijklmn}	۱۶/۵۲^{bcd}	۱۰^{e}
	۰	۸	۱/۹۶^{qr}	۱۲/۹۹۲^{klm}	۰/۱۲^{klmn}	۱۵/۷۶^{cdefghij}	۹^{f}
	۰	۱۶	۲/۰۵^{q}	۱۲/۲۷^{m}	۰/۱۷^{defgh}	۱۵/۶۳^{efghijk}	۱۲/۳۳^{bc}
	۰	۳۲	۱/۸۲^{qrs}	۱۴/۹۲^{ghij}	۰/۱۳^{hijklmn}	۱۶/۰۳^{bcdefg}	۱۲/۵^{abc}
	۰	۶۴	۱/۳۱ ^{tu}	۱۶/۰۹۶^{fgh}	۰/۱۶^{defghij}	۱۶/۸۳^{bc}	۱۲/۶۶^{ab}
	۶۰	۴	۱/۴۴ ^{t}	۱۴/۸۷^{ghij}	۰/۱۷^{cdef}	۱۶/۵۲^{bcd}	۱۲/۸۳^{ab}
	۶۰	۸	۱/۵۹ ^{rst}	۱۵/۵۷^{fghi}	۰/۱۳^{ghijkl}	۱۱/۲۳^{r}	۱۱/۶۷^{cd}
	۶۰	۱۶	۱/۶۷ ^{rst}	۱۲/۹۱ ^{klm}	۰/۱۴^{efghijkl}	۱۶/۴۳^{bcde}	۱۱^{d}
	۶۰	۳۲	۱/۲۹ ^{tu}	۱۶/۱۷^{fgh}	۰/۱۵^{defghijk}	۱۳/۴۶^{q}	۱۲/۵^{abc}
	۶۰	۶۴	۱/۰۶ ^{u}	۱۷/۹۵^{e}	۰/۲۵^{a}	۱۳/۵۷^{pq}	۱۳/۳۳^{a}
۲	۰	۴	۳/۴۷ ^{kl}	۱۲/۳۱^{m}	۰/۱۴^{fghijklm}	۱۵/۷۶^{cdefghij}	۶/۵^{kl}
	۰	۸	۳/۴۵^{kl}	۹/۹۷^{opq}	۰/۱۲^{jklmn}	۱۴/۶۷^{klmnop}	۶/۱۷^{klmn}
	۰	۱۶	۴/۷۲ ^{hi}	۱۰/۶۸^{no}	۰/۱۷۳^{defg}	۱۵/۰۷^{ghijklm}	۸^{gh}
	۰	۳۲	۲/۸۹^{mn}	۱۵/۴۳^{fghi}	۰/۱۷^{defgh}	۱۴/۸^{hijklmno}	۷/۵^{hij}
	۰	۶۴	۲/۴۳^{op}	۱۸/۰۲^{e}	۰/۱۳^{ijklmn}	۱۵/۶^{defghijk}	۸^{gh}
	۶۰	۴	۲/۱۳^{pq}	۱۷/۰۶^{ef}	۰/۲۱^{bc}	۱۵/۲۷^{efghijklm}	۸/۸۳^{fg}
	۶۰	۸	۳/۱۴^{lm}	۱۴/۴۶^{hijk}	۰/۱۸^{bcde}	۱۴/۵۷^{klmnop}	۸^{gh}
	۶۰	۱۶	۳/۱۸^{klm}	۱۴/۰۲^{ijkl}	۰/۱۳^{ijklmn}	۱۵/۹۷^{bcdefgh}	۶/۸۳^{ghi}
	۶۰	۳۲	۱/۵۴st	۲۴/۹۹^{b}	۰/۱۶^{defghij}	۱۳/۷۷^{opq}	۷/۶۷^{hi}
	۶۰	۶۴	۱/۴۵^{t}	۳۰/۴۱^{a}	۰/۱۷^{defgh}	۱۴/۰۷^{nopq}	۸/۱۷^{fgh}
۳	۰	۴	۷/۰۷^{f}	۱۰/۲۵^{op}	۰/۱۳۶^{ghijklm}	۱۵/۸۶^{cdefgh}	۶^{klmno}
	۰	۸	۸/۱۸^{e}	۸/۳۱^{r}	۰/۱۳۶^{ghijklm}	۱۵/۳۷^{defghijkl}	۵/۵^{lmno}
	۰	۱۶	۹/۰۹^{d}	۸/۰۵۶^{rs}	۰/۰۹۶^{no}	۱۴/۶^{jklmnop}	۶/۳۳^{klm}
	۰	۳۲	۵/۹۸^{d}	۱۴/۷۴^{ghij}	۰/۱۴^{efghijkl}	۱۵/۴۳^{defghijkl}	۵/۵^{lmno}
	۰	۶۴	۵^{h}	۱۵/۸۳^{fgh}	۰/۰۹۶^{no}	۱۷/۰۶^{b}	۵/۱۷^{no}
	۶۰	۴	۴/۲۹^{j}	۱۶/۲۴^{fg}	۰/۱۹^{bcd}	۱۵/۵۳^{defghijk}	۸/۱۷^{fgh}
	۶۰	۸	۵/۶۵^{g}	۱۲/۴۶^{lm}	۰/۱۳^{ghijklm}	۱۵/۰۳^{ghijklmn}	۵/۸۳ ^{klmno}

ادامه جدول ۲

۶/۱۷^{klmn}	۱۵/۲۷^{efghijklm}	۰/۲۱^{b}	۱۲/۰۲^{mn}	۷/۲۷^{f}	۱۶	۶۰	
۶/۳۳^{klm}	۱۴/۳^{lmnopq}	۰/۱۶^{defghi}	۲۲/۱۵^{c}	۳/۵^{k}	۳۲	۶۰	
۶/۱۷^{klmn}	۱۴/۲^{mnopq}	۰/۱۱^{lmno}	۲۴/۹۱^{b}	۲/۷۵^{no}	۶۴	۶۰	
۵/۳۳^{mno}	۱۶^{bcdefg}	۰/۱۰۶^{lmno}	۶/۱۶^{tu}	۱۱/۲۵^{c}	۴	۰	۴
۵^{o}	۱۵/۹۷^{bcdefgh}	۰/۱۰۳^{mno}	۵/۲۴^{u}	۱۱/۹۱^{b}	۸	۰	
۵/۳۳^{mno}	۱۳/۳^{q}	۰/۰۷^{o}	۴/۹۱^{u}	۱۲/۸۷^{a}	۱۶	۰	
۵/۵^{lmno}	۱۶/۲۷^{bcdef}	۰/۰۷^{o}	۶/۶st	۹/۱۵^{d}	۳۲	۰	
۵/۸۳^{klmno}	۱۹/۹^{a}	۰/۰۸^{o}	۶/۶۱st	۸/۲۲^{e}	۶۴	۰	
۶/۵^{kl}	۱۵/۸۳^{cdefghi}	۰/۱۶^{defghi}	۹/۰۵^{pqr}	۷/۰۷^{f}	۴	۶۰	
۵/۵^{lmno}	۱۵/۲^{fghijklmn}	۰/۱۳^{ghijklm}	۸/۴۳^{qr}	۸/۲۲^{e}	۸	۶۰	
۵/۳۳^{mno}	۱۵^{ghijklmn}	۰/۱۳^{ghijklm}	۷/۸۳^{rs}	۹/۳۶^{d}	۱۶	۶۰	
۶/۳۳^{klm}	۱۵/۲۷^{efghijklm}	۰/۱۲^{jklmn}	۱۵/۷۳^{fghi}	۵/۸۳^{g}	۳۲	۶۰	
۶/۶۷^{jk}	۱۵/۲۷^{efghijklm}	۰/۱۲^{klmn}	۱۹/۶۸^{d}	۴/۵۶^{gi}	۶۴	۶۰	

حروف غیر مشابه در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ توسط آزمون دانکن می‌باشد.

به‌طوری‌که با افزایش دمای غوطه‌وری کاهش در سفتی میوه‌ها در تمام زمان‌های نمونه‌برداری کندتر شده و میوه‌های تیمار شده با کلریدکلسیم در دمای ۶۴ درجه سانتی‌گراد به‌طور معنی‌داری دارای بیشترین میزان سفتی در مقایسه با سایر تیمارها بودند (شکل ۲). تصور می‌شود که در نتیجه فعالیت پکتین متیل استراز محل‌های بیشتری برای اتصال کلسیم ایجاد شود. عامل مهم در بالا بردن فعالیت پکتین متیل استراز، شوک گرمایی می‌باشد. گرما باعث فعال شدن آنزیم‌های پکتین متیل استراز می‌شود که این آنزیم باعث جدا شدن متیل از زنجیره پکتین و تشکیل آنیون‌های کربوکسیل (COO^-) می‌گردد که با یون‌های کلسیم درونی یا کلسیم اضافه شده، می‌توانند پل‌های کاتیونی به‌صورت خطی ایجاد کنند، و باعث استحکام بافت گیاهی شود (۱۲). هم‌چنین در طول دوره گرمادهی، مقدار آرابینوز و گالاکتوز دیواره سلولی، بدون کاهش مقدار اسید ارونیک، کاهش می‌یابد. این امکان وجود دارد که از دست دادن زنجیره‌های جانبی قند خنثی در طول تیمار گرمایی منجر به نزدیک‌تر شدن رشته‌های پکتین شود، که به نوبه‌خود مانع از عمل آنزیم در طول انبارمانی می‌شود، که به‌دلیل مهار آنزیم‌های هیدرولیتیک سنتزکننده دیواره سلولی مانند پلی‌گالاکتورونااز(Polygalacturonase) و α و β-گالاکتوزیداز(α- and β-galactosidase) می‌باشد و در نتیجه بافت میوه سفت می‌ماند (۱۲). وآلرو و همکاران (۲۲) گزارش نمودند که غوطه‌ور کردن میوه‌های آلو در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد به تنهایی و یا همراه با کلرید کلسیم ۱ میلی‌مولار به‌مدت ۱۰ دقیقه، سفتی را افزایش، و کاهش در دفرمه شدن گوشت را بهبود می‌دهند. تیمار گرمایی آلوها، با افزایش مقدار اسپرمیدین در دیواره سلولی پایداری آن را افزایش و حتی سفتی را بهبود بخشیده است. بیشترین میزان سفتی بافت در هفته دوم انبارمانی در میوه‌های تیمار شده در دمای ۶۴ درجه سانتی‌گراد همراه با کلرید کلسیم، و کمترین میزان سفتی بافت در هفته چهارم انبارمانی در دمای ۱۶ درجه سانتی‌گراد دیده شد (جدول۲). بیشترین میزان سفتی بافت در هفته دوم را می‌توان به افزایش تشکیل باندهای کلسیم در بافت گوشت نسبت داد. به عبارت دیگر کلسیم از قسمت پوست به سمت گوشت میوه حرکت می‌کند (۱۳). مانگناریس و همکاران (۱۳) به‌دنبال غوطه‌ور کردن



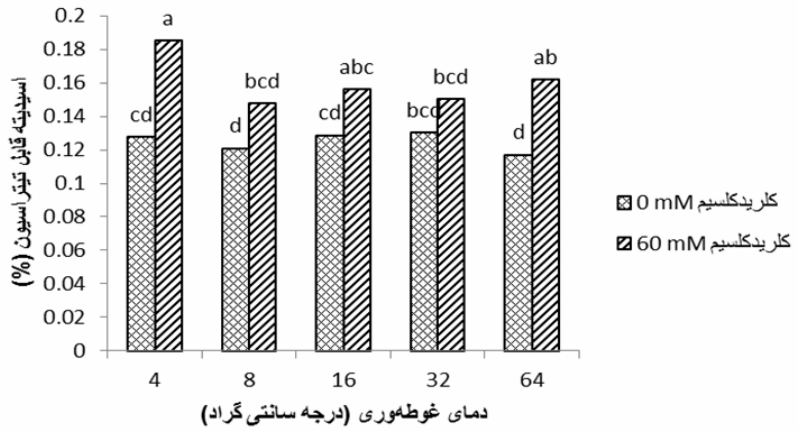
شکل ۲. اثر برهمکنش بین تیمار کلرید کلسیم و دماهای مختلف بر سفتی بافت میوه (نیوتن) هلوی رقم انجیری مالکی. هر یک از میانگین‌ها، میانگین ۴ زمان بررسی می‌باشد. میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند در سطح احتمال ۱٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

میوه‌های هلو در منابع مختلف کلسیم (کلسیم کلراید، کلسیم لاکتات و کلسیم پروپینات) با دو غلظت ۶۲/۵ میلی‌مولار و ۱۸۷/۵ میلی‌مولار، گزارش نمودند که مقدار کلسیم در یک روز بعد از غوطه‌ور کردن در پوست تا ۲/۷ درصد و در گوشت تا ۷۴ درصد افزایش یافته است. حفظ سفتی در میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم ممکن است به‌دلیل تجمع کلسیم در دیواره‌های سلولی برای کمک به پیوند در پلیمرهای پکتیک باشد که استحکام دیواره سلولی و چسبندگی سلولی را افزایش می‌دهند (۱۳). اختر و همکاران (۱) بیان نمودند که غوطه‌ور کردن میوه‌های ازگیل ژاپنی در محلول ۲ درصد و ۳ درصد از کلرید کلسیم نسبت به ۱ درصد به‌مدت ۲ دقیقه باعث بیشترین سفتی تا ۵-۴ هفته شد.

درصد اسیدیته قابل تیتراسیون(TA) و مواد جامد محلول کل (TSS)

اسیدیته قابل تیتراسیون در همهٔ میوه‌های تیمارشده با کلریدکلسیم و شاهد در طول انبارمانی کاهش یافت (جدول ۲). کاربرد کلریدکلسیم تأثیر مثبتی بر میزان اسیدهای آلی در طی دو هفته اول دوره نگهداری داشت. به‌طوری که باعث کندتر شدن روند کاهشی اسیدهای آلی شد (جدول ۲). با توجه به شکل ۳ می‌توان گفت که، در بین تیمارهای کلرید کلسیم تفاوت معنی‌داری وجود ندارد، ولی تیمار کلرید کلسیم در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد میزان اسیدیته قابل تیتراسیون بیشتری دارد. معمولاً اسیدهای آلی هنگام رسیدن میوه به‌دلیل مصرف شدن در تنفس و تبدیل به قندها کاهش می‌یابند و کاهش آنها رابطه مستقیم با فعالیت‌های متابولیکی دارد (۱۵). به نظر می‌رسد به‌دلیل تأثیر تیمار کلسیم در کاهش میزان تنفس و تولید اتیلن باشد که منجر به کاهش مصرف اسیدهای آلی به‌عنوان سوبسترای تنفسی می‌شود (۱۷). در نتیجه تیمار کلرید کلسیم در دماهای ۴ و ۶۴ درجه سانتی‌گراد باعث حفظ اسیدهای آلی در سطح بالاتری نسبت به شاهد شد. با این حال گزارش شده است که تیمارهای پس از برداشت نمی‌تواند اسیدهای آلی را تغییر دهد (۱۸). نتایج ناهمگون ممکن است با توجه به رقم و یا تفاوت در نوع تیمار باشد. نتایج به‌دست آمده ناشی از تأثیر کلریدکلسیم در حفظ اسیدیته کل در این تحقیق با نتایج به‌دست آمده توسط مانگناریس و همکاران (۱۳) روی میوه هلو مطابقت دارد.

درصد مواد جامد محلول در طول دوره انبارمانی افزایش معنی‌داری نداشت. ولی روند افزایش جزئی مواد جامد محلول در میوه‌های تیمار شده با کلریدکلسیم نسبت به شاهد در طول مدت نگهداری به مراتب کمتر بود (جدول ۲). افزایش مقدار مواد جامد محلول در طول مدت انبارمانی، شاید به‌دلیل هیدرولیز پلی‌ساکاریدها و تغلیظ شدن عصاره میوه باشد (۱).



شکل ۳. اثر برهمکنش بین تیمار کلرید کلسیم و دماهای مختلف بر درصداسیدیته قابل تیتراسیون، هلوی رقم انجیری مالکی. هر یک از میانگین‌ها، میانگین ۴ زمان بررسی می‌باشد. میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند در سطح احتمال ۱٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

تحقیقات نشان داده که تیمار گرمایی باعث حفظ مواد جامد محلول و اسیدهای ارگانیک در سیب می‌شود (۷).گزارش شده که، غوطه‌وری میوه‌های توت‌فرنگی در محلول کلریدکلسیم یک درصد با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد در حفظ مقدار مواد جامد محلول مؤثر است (۶).

ویتامین‌ث (اسیدآسکوربیک)

اسیدآسکوربیک در طول دوره نگهداری هم در میوه‌های شاهد و هم در میوه‌های تحت تیمار کلریدکلسیم کاهش یافت (جدول ۲). تیمار دمایی به تنهایی و یا همراه با کلریدکلسیم در طی دوره نگهداری به‌طور معنی‌داری مؤثر در حفظ اسیدآسکوربیک بودند ($P<0/01$) (جدول ۱). روند کاهشی میزان اسیدآسکوربیک در میوه‌های تیمار شده با کلریدکلسیم نسبت به شاهد در تمام زمان‌های نمونه‌برداری در طول دوره انبارمانی کندتر شده، و تفاوت چشمگیری بین دماهای مختلف دیده نشد (جدول ۲). بیشترین میزان اسیدآسکوربیک در هفته اول در نمونه‌های تیمار شده با کلریدکلسیم مشاهده گردید (جدول ۲). کاهش مقدار اسیدآسکوربیک در گیاهان می‌تواند همراه با افزایش تولید رادیکال‌های آزاد باشد که رادیکال‌های آزاد با پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی واکنش داده و باعث نرم شدن یا از هم پاشیدگی سلول می‌شوند (۵). غوطه‌وری کلسیم روی مقدار اسیدآسکوربیک مؤثر است (۵). کلسیم با اتصال به غشاء باعث پایداری آن می‌شود و با این کار از اتصال رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژنی به غشا جلوگیری کرده و به حفظ سلامتی غشاهای زیستی کمک می‌کنند و در حقیقت نقش آنتی‌اکسیدان‌ها (آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی نظیر اسیدآسکوربیک) را به عهده می‌گیرند و از تجزیه اسیدآسکوربیک جلوگیری می‌کنند (۵). گزارش شده که میوه‌های توت‌فرنگی رقم سلوا که تیمار گرمایی شده بودند اسیدآسکوربیک بالاتری بعد از ۱۴ روز انبار سرد نسبت به شاهد داشتند (۲۳). در مطالعهٔ روی هلو با کاربرد ۰/۵ درصد کلریدکلسیم طی ۵ روز انبارمانی گزارش کردند که، کلریدکلسیم محتوی اسیدآسکوربیک را حفظ کرده است(۱۶).

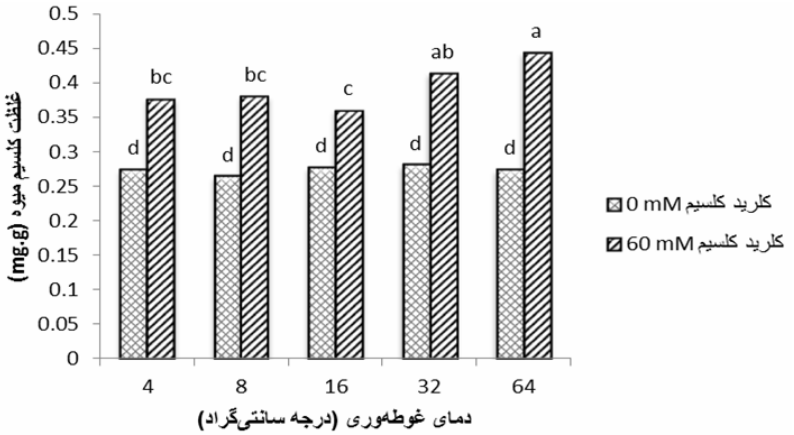
کلسیم گوشت و پوست میوه

نتایج تجزیه واریانس میزان جذب کلسیم (جدول ۳)، نشان داد که، اثرات اصلی دما و کلریدکلسیم و نیز اثر برهمکنش بین آنها معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که تیمار با کلرید کلسیم در تمامی دماها در مقایسه با تیمار دمایی به تنهایی موجب افزایش معنی‌دار در مقدار کلسیم میوه شده است. در این بین مقدار کلسیم در دمای ۶۴ درجه سانتی‌گراد به‌طور معنی‌داری بیشتر از مقدار آن در دماهای ۴، ۸ و ۱۶ درجه سانتی‌گراد بود ولی

جدول ۳. جدول تجزیه واریانس میزان جذب کلسیم در آزمایش تأثیر کلریدکلسیم و دماهای مختلف غوطه‌وری بر خصوصیات کیفی هلو رقم انجیری مالکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
دما	۴	*۰/۰۰۲
کلریدکلسیم	۱	**۰/۰۱۱
دما × کلریدکلسیم	۴	*۰/۰۰۲
اشتباه آزمایشی	۲۰	۰/۰۰۰۴
ضریب تغییرات		٪۶/۵۸

*: در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. **: معنی‌داری در سطح ۱ درصد می‌باشد.



شکل ۴- اثر برهمکنش بین تیمار کلرید کلسیم و دماهای مختلف بر غلظت کلسیم، هلوی رقم انجیری مالکی. میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند در سطح احتمال ۱٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

اختلاف معنی‌داری با دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد نشان نداد (شکل ۴). بنابراین دمای بالاتر موجب افزایش نفوذ کلسیم به داخل میوه‌ها شده است. اثر مثبت دمای بالا به‌دلیل فعال شدن آنزیم‌های پکتین متیل استراز است که این آنزیم باعث جدا شدن متیل از زنجیره پکتین و تشکیل آنیون‌های کربوکسیل (COO^-) می‌شود که با یون کلسیم می‌توانند پل‌های کاتیونی به‌صورت خطی ایجاد کنند (۱۱). به‌طور کلی روشن شده که آثار مفید تیمار گرمایی به‌دست آمده در دورهٔ فعالیت پکتین استراز می‌باشد، که در رنج دمایی ۷۰-۵۵ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد (۲). نتایج مشابهی روی توت فرنگی در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمده است (۶). هم‌چنین در مطالعهٔ روی طالبی‌های بریده شده بالاترین میزان جذب کلسیم در بین دماهای ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد، در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. تفاوت در پاسخ دمایی ممکن است به‌دلیل تغییرپذیری بیولوژی بافت میوه و یا شاید فعالیت فیزیولوژیکی باشد (۱۱). در دمای پایین نیز جذب کلسیم و پیوند بین مولکول‌های درونی در مقایسه با شاهد افزایش می‌یابد و در نتیجه باعث کاهش تحرک مولکول‌های مجاور می‌شود. حضور یون کلسیم در دمای ۴ درجه سانتی-گراد باعث تسهیل بهتر پیوند بین مولکول‌های درونی می‌شود. افزایش پیوند مولکول‌های درونی در دمای پایین در طول مدت غوطه‌وری می‌تواند باعث تشکیل لایه‌ای محافظ شود و در نتیجه میوه در طول مدت انبارمانی سالم می‌ماند. به هر حال، افزایش غلظت کلسیم و به دنبال آن سفتی، می‌تواند

به‌دلیل بالا بودن انتشار یون‌های کلسیم به داخل بافت در دماهای بالای غوطه‌وری باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده در این پژوهش نشان داد که تیمار با کلرید کلسیم به‌خصوص در دمای بالای ۶۴ درجه سانتی‌گراد با تحریک نفوذ کلسیم در بافت میوه موجب حفظ بهتر سفتی، حفظ محتوای اسیدیته قابل تیتراسیون، تعدیل کاهش وزن تر میوه و حفظ بهتر مقدار اسید آسکوربیک میوه هلوی رقم انجیری مالکی شده است و بنابراین می‌تواند تیماری مؤثر در افزایش عمر پس از برداشت این رقم باشد.

منابع مورد استفاده

1. Akhtar, A., A.N. Akhtar and A. Hussain 2010. Effect of calcium chloride treatment on quality characterictics of loquat fruit during storage. *Pakistan Journal Botany* 42: 181-188.
2. Bartolome, L. G. and J. E. Hoff. 1972. Firming of potatoes: biochemical effect of preheating. *Agriculture and Food Chemistry* 20:266-270.
3. Cao, S., Hu, Zh and Lu. B. Zhang. 2010. Synergistic effect of heat treatment and salicylic acid on alleviating internal broning in cold-stored peach fruit. *Postharvest Biology and Technology* 58:93-97. اسامي رو درست بنويسيد لطفا
4. Demarty, M., C. Morvan and M. Thellier. 1984. Ca and the wall. *Plant Cell Environment* 7:441-448.
5. Fry, S. C. 1988. Oxidative scission of plant cell wall polysaccharides by ascorbateinduced hydroxyl radicals. *Biochemistry* 332:507- 515.
6. Garcia, J. M., S. Herrera and A. Morilla. 1996. Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. *Agriculture Food Chemistry* 44:30-33.
7. Klein, J. D. and S. Lurie, 1991. Postharvest heat treatment and fruit quality. *Postharvest News and Information* 2: 15–19.
8. Lamikanra, O. and M. A. Watson. 2004. Effect of Calcium treatment temperature on fresh-cut Cantaloupe melon during storage. *Food Chemistry Technology* 69:468-472.
9. Lester, G. E. and M. A Grusak. 1999. Postharvest application of calcium and magnesium to honeydew and netted muskmelons: effects on tissue ion concentration, quality, and senescense. *Journal of the American Society Horticultural Science* 124: 545–552.
10. Luna-Guzman, I., D. M. Barrett. 2000. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. *Postharvest Biology and Technology* 19: 61-72.
11. Luna-Guzman, I., M. Cantwell and D. M. Barrett. 1999. Fresh-cut cantaloupe: effect of $CaCl_2$ dips and heat treatment on firmness and metabolic activity. *Postharvest Biology and Technology* 17: 201-213.
12. Lurie, S. 1998. Postharvest heat treatments. A review. *Postharvest Biology and Technology* 14:257-269. (In Farsi)
13. Manganaris, G. A., M. Vasilakakis, G. Diamantidis and I. Mignani. 2007. The effect of postharvest calcium application on tissue calcium concentration, quality attributes, incidence of flesh browning and cell wall physicochemical aspects of peach fruits. *Food Chemistry Technology* 100:1385-1392.
14. Poovaiah, B. W. 1986. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Technology* 40: 86-89.
15. Rahemi, M. 2006. Postharvest Physiology. Shiraz University Press. Shiraz (In Farsi)
16. Ruoyi, K., Y. Zhifang and L. Z. Zhaoxin. 2005. Effect of coating and intermittent warming on enzymes, soluble pectin substances and ascorbic acid of *Prunus persica* (cv. Zhonghuashoutao) during refrigerated storage. *Food Research International* 38: 331-336.
17. Saftner, R. A., J., Bai, J. A. Abbott and S. Y. Lee. 2003. Sanitary dips with calcium propionate, calcium chloride, or a calcium amino acid chelate maintain quality and shelf stability of fresh-cut honeydew chunks. *Postharvest Biology and Technology* 29:259–267.
18. Shafiee, M., T. S. Taghavi and M. Babalar. 2010. Addition of salicylic acid to nutrient solution combined with postharvest Treatments (hotwater, salicylicacid, andcalcium dipping) improved postharvest fruit quality of strawberry. *Scientia Horticulturae* 124:40–45.
19. Sharma, K. D., O. P. Dhankhar, R. A. Kaushik and R. S. Saini. 2001. Laboratory manual of analytical techniques in horticulture (1th Ed.) Agrobios.
20. Tabatabaei, S. J. 2010. Principles of Mineral Nutrtion of Plants. Publishing Author. Tabriz (In Farsi)
21. Valero, D., D. Martinez-Romero, M. Serranoand F. Riquelme. 1998. Pstharvest gibberlin and heat treatment effects on polyamines, abscisic acid and firmness in limons. *Journal of Food Science* 63: 611-615.

22. Valero, D., A. Perez-Vicente, D. Martinez-Romero, S. Castillo, F. Guillen and M. Serrano. 2002. Plum storability improved after calcium and heat postharvest treatments: role of polyamnis. *Journal of Food Science* 67: 2571-2575.
23. Vicente, A. R., P. M. Civello, G. A. Martinez and A.R. Chavez. 2002. Quality of heat-treated strawberry fruit during refrigerated storage. *Postharvest Biology and Technology* 25: 59–71.
24. Wang, L., S. Chen, W. Kong, S. Li and D. D. Archbold. 2006. Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affects the antioxidant system and heat shock proteins of peaches during cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 41: 244–251.
25. Zhou,T., S. Xu, D. W. Sun and Z. Wang. 2002. Effecte of heat treatment on postharvest quality of peaches. *Journal of Food Engineering* 54: 17-22.