در
زراعت و باغبانی شماره ۸۱، زمستان ۱۳۸۷
پژوهش و سازندگی

اثر تابش مایکروویو بر خصوصیات کیفی و پوسیدگی میوه هلو در سردخانه

• **الهام آذرپژوه**
عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان - بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
• **شهره نیکخواه**
عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان - بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
تاریخ دریافت: خرداد ماه ۱۳۸۶ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ماه ۱۳۸۷
Email:nikkhahsh@yahoo.com

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی تاثیر امواج مایکروویو بر زمان نگهداری و کنترل پوسیدگی میوه هلو در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان اجرا گردید. بدین منظور ارقام مختلف هلو (آلبرتا، سرخ و سفید و سبز مشهد) در دهه های اول تا دوم تیر، مرداد و شهریور ماه برداشت و پس از جداسازی میوه های نامرغوب و صدمه دیده، به مدت۱۲ ساعت در۴ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. سپس به وسیله مایکروویو مدل سامسونگ با فرکانس MHZ ۲۴۵۰ و با دو قدرت پایین (Low) ۲۰۰ وات و بالا(High)۸۰۰ وات به مدت۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ ثانیه تیمارشدند. نمونه های تیمار شده همراه با نمونه شاهد(بدون تیمار شدن) در شانه های پلاستیکی ۱۲ عددی چیده شدند و با استفاده از پلاستیک پلی اتیلن با دانسیته بالا و سوراخ دار بسته بندی و در سردخانه با دمای صفر درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰ در صد به مدت دو ماه نگهداری شدند. هر ۱۵ روز یک بار، میزان پوسیدگی میوه، در صد مواد جامد محلول، اسید قابل تیتر، در صد کاهش وزن، میزان سفتی، رنگ ظاهری و آزمون حسی بر روی نمونه ها انجام شد. داده ها با استفاده از طرح فاکتوریل۴ فاکتوری در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه و تحلیل آماری و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند. نتایج نشان داد که استفاده از تیمار مایکروویو باعث کاهش پوسیدگی میوه هلو در طی نگهداری در سردخانه می شود. همچنین تیمار مایکروویو باعث افزایش pH، سفتی بافت و میزان مواد جامد محلول می شود. مناسب‌ترین تیمار استفاده از توان ۲۰۰ وات با مدت زمان اشعه دهی ۶۰ ثانیه بود. نتایج آنالیز ارزیابی حسی تیمارها نیز نتایج فوق را تایید نمود.

کلمات کلیدی: مایکروویو، ارقام هلو، خصوصیات کیفی، پوسیدگی میوه، سردخانه

Pajouhesh & Sazandegi No:81 pp: 160-169

Influence of microwave radiation on the post harvest decay and quality of peach fruits in cold storage

By: E. Azarpajoun and Nikkhah SH. Members of Scientific Board of Agricultural and Natural Resources Research Center of Khorasan Province.

This research has been carried out in Khorasan Agricultural and Natural Resources research center to study the effect of microwave radiation on storage time and control of peach fruit rot. Peach cultivars (Alberta, Red , White and Green of Mashad) were harvested in the first and second decades of June, July and September, sorted and stored at 4^{oc} for 12 hours. Then fruits were treated with a Microwave with the Frequency at 2450 MHZ and two intensities, low (200 w) and high (800 w) for 30, 60 and 120 seconds, the treated and control fruits were laid on in plastic trays , packed in perforated polyethylene bags and stored in cold storage (0^{oc} and 90-95% relative humidity) for 2 months. The qualitative tests including fruit rot, total soluble solids, titrable acidity, weight loss, firmness and color were assayed after 15, 30, 45 and 60 days. Sensory attributes were measured after 60 days storage. The experimental design was factorial in frame of completely randomized design. Multiple range test (Duncan) were used to compare the means. The results showed that treating the fruit with microwave decreased the fruit rot and increased pH, flesh firmness and total soluble solids of treated peach. Microwave radiation with the 800w for 60 seconds maintained the qualitative characteristics of fruits. Panel test confirmed these results.

Key words: Microwave, Peach cultivars, Quality characteristics, Fruit rot, Cold storage

پیشگفتار

میوه هلو با نام علمی *Prunus persica* در لاتین به معنی سیب ایرانی است. طبق آمار منتشره از سوی وزارت کشاورزی، در کل کشور سطح زیر کشت آن (با احتساب درختان پراکنده) ۱۵۰۰ هکتار، میزان تولید ۸۳۱۴/۲۷۷ تن و میزان عملکرد ۵۰۹۵/۳۸ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. شرایط اقلیمی مناسب خراسان، زمینه را برای توسعه باغات هلو فراهم ساخته است(۱).

پوسیدگی پس از برداشت یکی از مهمترین عوامل در کاهش عمر نگهداری میوه هلو می باشد. کپک‌های خاکستری و آبی که به وسیله بوتریتیس سینرا و پنیسیلیوم اکسپنسوم در میوه هلو در طی زمان نگهداری تولید می‌شوند، مهمترین عوامل بیماری‌های پس از برداشت آن هستند (۲۱،۱۸). انواع تازه این محصولات پس از برداشت به سرعت فاسد می‌شوند و باعث ضرر و زیان به صادرکنندگان و کشاورزان می‌گردند، لذا جهت کنترل این بیماری‌های مهم پس از برداشت در هلو از تیمارهای حرارتی، انبارهای سرد و قارچ‌کش استفاده می‌شود (۲۶). درصورت استفاده از قارچ کش‌ها، خسارت پس از برداشت در این میوه‌ها حدود ۱۰-۵ در صد می باشد در حالی که بدون استفاده از این قارچ‌کش‌ها خسارت به حدود ۵۰ درصد و یا حتی بیشتر هم می رسد. بر اساس تحقیقات انجام شده مشخص شده است که باقیمانده قارچ‌کش ها در مواد خوراکی سلامت مصرف کنندگان را تهدید می کند که در نتیجه، استفاده از آن را محدود نموده است.

اخیراً استفاده از امواج مایکروویو در کاهش خسارات پس از برداشت میوه های هسته دار و دانه دار به عنوان یک روش غیر شیمیایی جهت کنترل بیماریهای پس از برداشت رایج گردیده است(۱۰، ۱۳، ۱۴، ۲۵).

میوه هلو به طور نسبتاً رسیده برداشت می شود و به این علت در مقابل صدمات فیزیولوژیکی پس از برداشت مقاوم نمی‌باشد. این میوه به آسانی فاسد می‌شود و به این علت باید به سرعت سرد شود و همچنین به منظور نگهداری می‌بایست از پیش تیمارهای گرمایی و شرایط اتمسفر اصلاح شده استفاده نمود. محدودیت روش‌های مناسب و مؤثر پس از برداشت باعث توسعه روش‌های جدید کنترل بیماری‌های پس از برداشت میوه های دانه دار و هسته دار گردیده است (۱۳، ۱۴، ۱۶).

Karabulut در سال ۲۰۰۲ از انرژی مایکروویو جهت کنترل آلودگی قارچی در هلو استفاده گزارش نمودن که این روش در جلوگیری از بیماری‌های پس از برداشت هلو، به عنوان یک روش غیر شیمیایی موثر می‌باشد (۱۳).

Malakou و همکاران در سال ۲۰۰۵ میوه هلو را در دمای ۴۶ درجه سانتی گراد به مدت ۲۵ دقیقه تیمار نمود. نتایج این تحقیق نشان داد که تیمار حرارتی با آب گرم باعث کاهش آلودگی به کپک ها در میوه هلو در طی نگهداری شد. همچنین میزان فنل افزایش و سفتی بافت میوه کاهش یافت (۲۰). میزان pH در طی نگهداری بخصوص پس از دو هفته از زمان نگهداری افزایش یافت. تیمار گرمادهی بتدریج باعث کاهش میزان اسیدیته هلو در زمان نگهداری شد ولی با شاهد اختلاف معنی داری نداشت (۲۱،۲۰).

انرژی مایکروویو به عنوان یک روش سریع گرمادهی در صنایع غذایی استفاده می‌شود. تیمارهای گرمادهی میوه‌ها و سبزی‌ها جهت کنترل خسارات ناشی از حشرات سال‌های زیادی استفاده گردیده است (۹، ۲۰، ۲۳). این روش حرارتی هیچ گونه باقیمانده شیمیایی در میوه ندارد و حداقل تاثیر بر روی محیط زیست را نیز دارد (۲۷). از آن جائی که در مراحل اولیه رشد لارو سیب در هسته میوه مستقر می باشد، استفاده از روش‌های رایج حرارت دهی نیاز به مدت زمان طولانی برای

رسیدن حرارت به مرکز میوه را دارد و در حالی که هنگام استفاده از انرژی مایکروویو مرکز میوه به سرعت به درجه حرارت مورد نیاز می‌رسد و این درجه حرارت کمتر از درجه حرارت بحرانی است که باعث آسیب رساندن به بافت میوه می‌شود. استفاده از حرارت دهی بالا و زمان کوتاه در روش‌های پاستوریزاسیون و استریلیزاسیون به منظور کشتن و یا کاهش میکروارگانیسم‌های بیماری زا در مواد غذایی باعث افزایش ماندگاری آنها می شود (۲۴،۱۷). بسیاری از محققین از انرژی مایکروویو جهت کاهش جمعیت میکروبی در مواد غذایی مختلف استفاده نموده اند و در این امر موفق بوده اند (۳،۲).

کاربرد عملی استفاده از مایکروویو به منظور نابودی حشرات توسط Andreuccetti و همکاران در سال ۱۹۹۴ برای کنترل موریانه و توسط Halverson و همکاران در سال ۱۹۹۶ برای نابودی شته آرد گندم و ذرت کشف گردید(۱۱،۴). از انرژی مایکروویو به منظور کنترل آفت پروانه سیب که از آفات قرنطینه ای میوه های هسته دار نیز می باشد، استفاده می شود(۷،۶،۵).

Amannus روش حرارت دادن با مایکروویو و روش‌های مرسوم حرارت دهی را مقایسه نمود. نتایج تحقیقات وی نیز نشان داد که اثر نابودی میکروارگانیسم‌ها با استفاده از روش مایکروویو موثرتر است(۳).

Ikediala در سال ۱۹۹۹ گزارش نمود که انرژی مایکروویو به عنوان یک روش جایگزین بر علیه آفات گیلاس قابل استفاده است. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از انرژی مایکروویو به منظور کنترل آفات پس از برداشت در میوه گیلاس، باعث ایجاد تغییرات معنی داری در سفتی بافت، میزان مواد جامد محلول، اسید قابل تیتر و نیز کاهش وزن میوه شد، هر چند این تغییرات بسیار ناچیز بود. سفتی بافت پس از استفاده از تیمار مایکروویو به طور قابل وضوح تا حد کمی بیش از تیمار شاهد و یا مشابه آن در طی روزهای مختلف نگهداری بود . همچنین میزان مواد جامد محلول نسبت به تیمار شاهد کمتر بود و میزان اسید قابل تیتر بیشتر از نمونه شاهد بود . میزان مواد جامد محلول و میزان اسیدیته به عنوان شاخص های شیرینی و ترشی و وزن کمتر میوه نشان دهنده احتمال صدمات بافتی در میوه می باشد. استفاده از انرژی مایکروویو باعث نابودی آفات گیلاس شد و عمر ماندگاری میوه گیلاس پس از برداشت را اضافه نمود (۱۲).

هنگام اعمال تیمار مایکروویو ،میزان کسر رسیدگی(مواد جامد محلول به اسید قابل تیتر) تا حدی بیش تراز تیمار شاهد بود. این نسبت به عنوان شاخصی از طعم مناسب میوه می باشد و معرف نسبت شیرینی به ترشی میوه است (۸).

نتایج تحقیقات Olson در سال ۱۹۹۸نشان داد که تیمار حرارتی مایکروویو از سایر روش‌های حرارتی در طول موج‌های مرئی برای نابودی *Aspergillud niger*، گونه *Penicillium nigricans* و رایزوپوس در دماهای پایین تر موثرتر می باشد. مایکروویو قادر به ایجاد دماهای پایین تر است که در نتیجه کیفیت مواد غذایی حفظ می شود(۲۴).

Karabulut و همکاران در سال ۲۰۰۲ از تیمار آب داغ و آنتاگونیست مخمر به منظور کنترل کپک آبی در میوه هلو و شلیل استفاده نمودند (۱۴).

هدف از این تحقیق بررسی تاثیر امواج مایکروویو بر زمان نگهداری و کنترل پوسیدگی پس از برداشت میوه هلو بود.

مواد و روش‌ها

میزان ۱۰۰ کیلوگرم از واریته های هلو شامل آلبرتا، سرخ و سفید و سبز مشهد در دهه های اول تا دوم تیر، مرداد و شهریور ماه برداشت گردید . سپس میوه ها به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان منتقل و در دمای ۴ درجه سانتی گراد به مدت ۱۲ ساعت نگهداری شد. میوه های هلو به تعداد ۱۲ عدد در شانه های پلاستیکی مخصوص میوه چیده شدند و با استفاده از دستگاه مایکروویو خانگی مدل سامسونگ (موجود در پارک علمی و فناوری خراسان) با امواج با فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز و با دو قدرت پایین (۲۰۰ وات) و بالا (۸۰۰ وات) به مدت ۳۰،۶۰ و ۱۲۰ ثانیه تیمار شدند. سپس نمونه‌های چیده شده در شانه پلاستیکی همراه با نمونه شاهد (بدون تیمار) با استفاده ازکیسه های پلاستیکی از جنس پلی اتیلن با دانسیته بالا بسته بندی گردیدند و در سردخانه صفر درجه سانتی گراد و با رطوبت نسبی ۹۰-۹۵٪ به مدت ۶۰ روز نگهداری شدند. هر ۱۵ روز یکبار درصد رطوبت، pH ، در صد مواد جامد محلول، اسید قابل تیتر، درصدکاهش وزن، میزان سفتی، قند، ویتامین C و درصد پوسیدگی با روش‌های ذیل مورد بررسی قرار گرفت. خصو صیات حسی شامل وضعیت ظاهری، بافت، طعم و رنگ میوه ها نیز در پایان دوره ۶۰ روزه نگهداری در سردخانه مورد ارزیابی قرار گرفت.

۱- اندازه گیری درصد رطوبت

نمونه‌ها در اتو با دمای (۲±۱۰۳) درجه سانتی گراد به مدت ۱۶ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت قرار گرفتند.

۲- اندازه گیری pH

برای تعیین pH از دستگاه pH متر مدل Metrohm استفاده گردید.

۳- اسید قابل تیتراسیون

توسط تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال و در مجاورت فنل فتالئین، میزان اسید قابل تیتر برحسب اسید مالیک اندازه‌گیری شد.

۴- درصد مواد جامد محلول

توسط دستگاه رفراکتومتر و برحسب درصد مواد جامد محلول اندازه‌گیری شد.

۵- کسر رسیدگی

نسبت درصد مواد جامد محلول به اسید قابل تیتر محاسبه شد.

۶- آزمایش سفتی بافت

برای تعیین سفتی گوشت میوه از دستگاه پنترومتر دستی مدل Effegi FT_{327} استفاده شد، برای این منظور با چاقو پوست میوه در سه نقطه به اندازه یک سانتیمتر برداشته شد و فشار گوشت میوه با کلاهک مخصوص اندازه گیری ونیروی وارده بر حسب نیوتن(پوند بر اینچ مربع) گزارش شد.

۷- اندازه گیری میزان قند ساکارز در نمونه ها

جهت اندازه گیری این ویژگی در نمونه ها از روش حجمی لین- آنیون استفاده شد (۹).

۸- اندازه گیری ویتامین C

به ۵ میلی لیتر آب میوه ، ۲۰ میلی لیتر آب مقطر و ۲ میلی لیتر معرف (آمیدن ۱ درصد) اضافه گردید و با محلول ید یک صدم نرمال که محتوی

۱۶ گرم ید ور پتاسیم در لیتر است تیتر شد سپس میزان ویتامین C موجود در آب میوه از رابطه -۱ محاسبه گردید(۹):

رابطه-۱

۵ / (۱۰۰ × ۰/۸۸ × مقدار مصرفی محلول ید) = میلی گرم ویتامین در ۱۰۰ گرم نمونه

۹- میزان پوسیدگی

در هر تکرار میزان پوسیدگی (بدون پوسیدگی ، پوسیدگی کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) با اعداد (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵و ۱۰۰ درصد) گزارش شد.

۱۰- اندازه گیری ویژگی های ارگانولپتیک محصول نهایی

جهت ارزیابی نمونه‌ها از تست چشایی به روش هدونیک پنج نقطه‌ای استفاده شد. بدین منظور به هر کدام از۷ نفر داور مجرب دو نمونه از تیمارها داده شد تا آنها را به صورت مقایسه ای و درجه امتیاز از خیلی بد تا خیلی خوب از لحاظ مشخصه های شکل ظاهری، رنگ، شفافیت، طعم و مزه و قابلیت جویدن (شامل سختی وحس وجود طعم خاص غیر عادی) و پذیرش عمومی مشخص نمایند.

آنالیز آماری

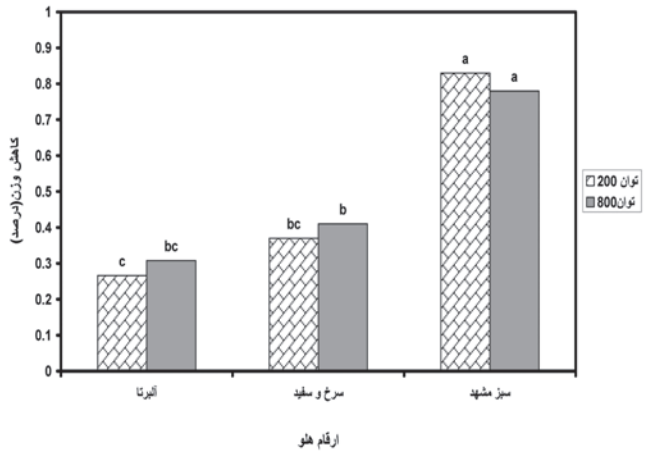
طرح آماری، آزمایش فاکتوریل ۴ عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار بود. فاکتور A (رقم (با ۳ سطح (آلبرتا، سرخ وسفید و سبز مشهدی)، فاکتور B (توان مایکروویو) با ۲ سطح (۲۰۰ و۸۰۰ وات)، فاکتور C (زمان اشعه دهی) با ۴ سطح (صفر۳۰ ، ۶۰ و ۱۲۰ ثانیه) و فاکتور D مدت نگهداری میوه در سردخانه با ۵ سطح (صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵، و ۶۰ روز) بود. برای تمام تجزیه و تحلیل های آماری از نرم افزار آماری V SPSS 11 استفاده شد. مقایسه میانگین ها نیز از طریق آزمون دانکن انجام گرفت.

یافته ها

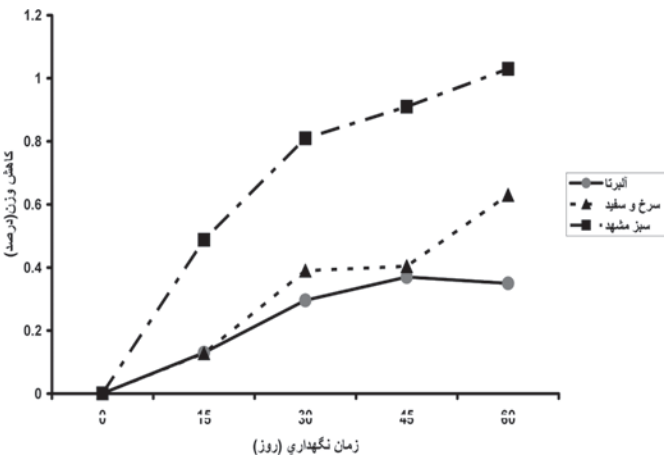
کاهش وزن

کاهش وزن میوه تحت تأثیر اثرات مستقل و متقابل واریته، توان، مدت زمان اشعه دهی و مدت نگهداری در سردخانه قرار گرفت. نتایج نشان داد،که واریته سبز مشهد حداکثرکاهش وزن و رقم آلبرتا حداقل کاهش وزن را داشت (جدول۱). توان مایکروویو تاثیر معنی داری بر کاهش وزن میوه نداشت (جدول ۱). نمونه شاهدکه تیمار مایکروویو برآن اعمال نشده بود، حداکثر کاهش وزن را داشت. میزان کاهش وزن در میوه هایی که به مدت ۳۰ و۶۰ ثانیه در معرض اشعه مایکروویو قرار گرفته بودند اختلاف معنی داری نداشتند، اما درصد کاهش وزن آنها از تیمار شاهد و تیماری که به مدت ۱۲۰ ثانیه اشعه داده بود کمتر بود (جدول ۱). با افزایش مدت نگهداری در سردخانه میزان کاهش وزن میوه، افزایش یافت (جدول ۱).

در بررسی اثرات متقابل واریته و توان اشعه دهی بالاترین درصد کاهش وزن مربوط به واریته سبز مشهد و هر دو توان ۲۰۰ و ۸۰۰ وات بود که از نظر آماری نیز اختلاف معنی داری بین دو توان مشاهده نشد. کمترین میزان کاهش وزن در واریته آلبرتا با هر دو توان ۲۰۰ و ۸۰۰ وات مشاهده گردید (نمودار۱).



بررسی اثرات متقابل واریته و مدت زمان نگهداری در سردخانه نشان داد که پس از تیمار با اشعه و با افزایش زمان نگهداری درصد کاهش وزن نمونه ها افزایش یافت و یک روند صعودی در میزان کاهش وزن نمونه ها مشاهده گردید.رقم سبز مشهد دارای حداکثر کاهش وزن و رقم آلبرتا کمترین درصد کاهش وزن را داشت(نمودار ۲).

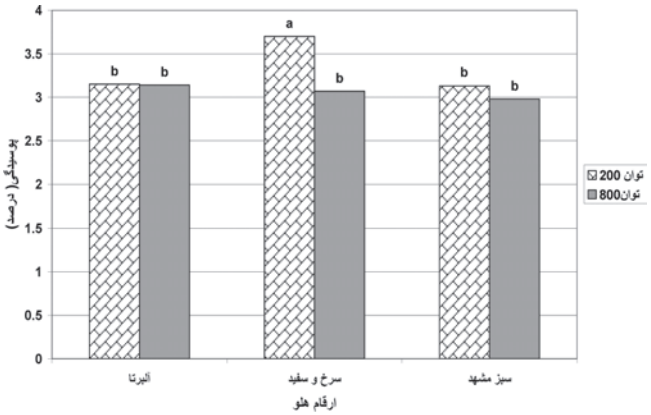


نمودار۲- اثر متقابل ارقام هلو و زمان نگهداری در سردخانه بر درصد کاهش وزن میوه هلو

درصد پوسیدگی

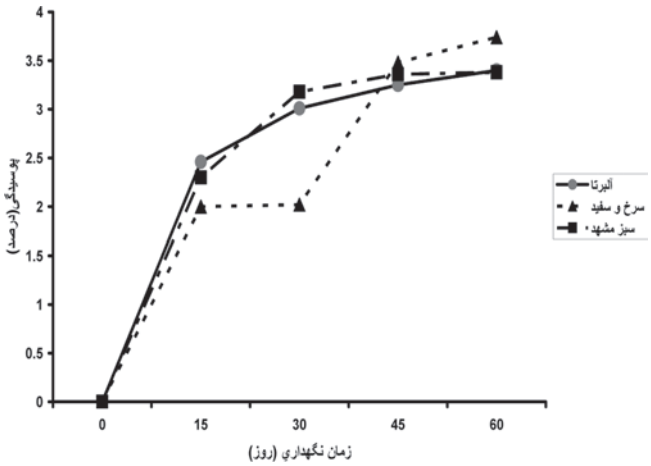
درصد پوسیدگی میوه تحت تأثیراثرات مستقل و متقابل واریته، توان، مدت زمان اشعه دهی و مدت نگهداری در سردخانه قرار گرفت. نتایج نشان دادکه واریته ی سرخ و سفید حداکثر پوسیدگی را داشت و حداقل پوسیدگی مربوط به رقم سبز مشهد بود (جدول۱). افزایش توان مایکروویو منجر به کاهش پوسیدگی میوه گردید. (جدول۱). مدت زمان اشعه دهی ۶۰ ثانیه حداقل درصد پوسیدگی را داشت و نسبت به شاهد اختلاف معنی داری را نشان داد تیماری که به مدت ۱۲۰ ثانیه اشعه دهی شده بود نیز درصد پوسیدگی مشابه با تیمار شاهد داشت (جدول۱). با افزایش

مدت نگهداری در سردخانه درصد پوسیدگی افزایش یافت(جدول ۱).
واریته سرخ و سفید و توان ۲۰۰ وات بالاترین درصد پوسیدگی را داشت. در سایر ارقام توان های ۲۰۰ و ۸۰۰ وات از نظر آماری تفاوت معنی داری نداشت (نمودار ۳).
بررسی اثرهای متقابل واریته و مدت زمان نگهداری در سردخانه



نمودار ۳- اثر متقابل ارقام هلو و توان بر درصد پوسیدگی میوه هلو

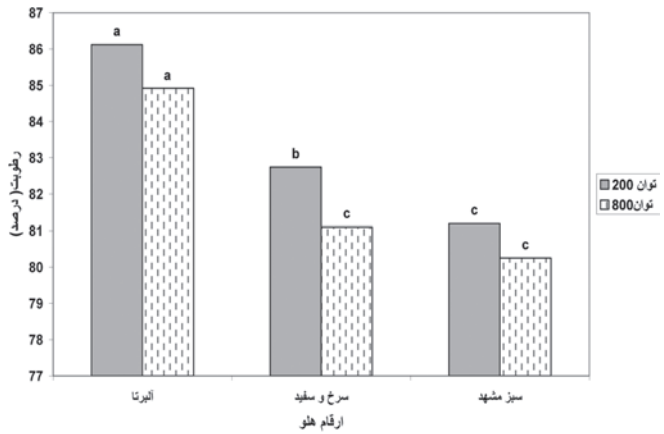
نشان داد که پس از تیمار با مایکروویو و با افزایش زمان نگهداری، در واریته های سبز مشهد و آلبرتا درصد آلودگی به کپک روند صعودی داشت و در واریته‌ی سرخ و سفید نیز آلودگی در مدت نگهداری افزایش یافت ولی پس از ۱۵ تا ۳۰ روز نگهداری تغییری مشاهده نشده است که دلیل آن مشخص نشده است (نمودار ۴).



نمودار۴- اثر متقابل ارقام هلو و زمان نگهداری در سردخانه بر درصد پوسیدگی میوه هلو

درصد رطوبت

درصد رطوبت میوه تحت تأثیراثرات مستقل و متقابل واریته، توان، مدت زمان اشعه دهی و مدت نگهداری در سردخانه قرار گرفت. نتایج نشان داد که واریته‌ی آلبرتا بالاترین درصد رطوبت را داشت (جدول ۱). افزایش توان مایکروویو منجر به کاهش درصد رطوبت میوه گردید (جدول ۱). با افزایش مدت زمان اشعه دهی درصد رطوبت نمونه ها کاهش یافت و نسبت به شاهداختلاف معنی داری را نشان داد(جدول ۱). همچنین با افزایش مدت نگهداری در سردخانه درصد رطوبت در نمونه ها کاهش یافت(جدول ۱).
در بررسی اثرات متقابل واریته و توان اشعه دهی بالاترین درصد رطوبت مربوط به واریته آلبرتا بود و توان های ۲۰۰ و ۸۰۰ وات از نظر آماری تفاوت معنی داری نداشتند. هلو رقم سبز مشهد در هر دو توان ۲۰۰ و ۸۰۰ وات حداقل درصد رطوبت را نشان داد(نمودار ۵).



نمودار ۵- اثر متقابل ارقام هلو و توان بر درصد رطوبت میوه هلو

سفتی بافت

میزان سفتی بافت میوه ها تحت تأثیراثرات مستقل و متقابل واریته، توان، مدت زمان اشعه دهی و مدت نگهداری در سردخانه قرار گرفت. مقایسه میانگین اثر ارقام مختلف بر میزان سفتی بافت هلو نشان می دهد که بین ارقام از لحاظ سفتی بافت تفاوت معنی داری مشاهده شد(جدول ۱). رقم آلبرتا دارای حداکثر سفتی بافت بود و رقم سرخ و سفید حداقل سفتی بافت را داشت (جدول ۱). توان ۸۰۰ وات باعث نرم شدن بافت و کاهش سفتی بافت شده است (جدول ۱). با افزایش مدت زمان اشعه دهی وزمان نگهداری در سردخانه میزان سفتی بافت هلو کاهش یافت ولی اشعه دهی به مدت ۱۲۰ ثانیه نسبت به سایر تیمارها باعث افزایش سفتی بافت کردید (جدول ۱).

pH

مقایسه میانگین میزان pH ارقام مختلف میوه ها نشان دادکه رقم آلبرتا دارای pH بیشتر و رقم سرخ سفید و سبز مشهد دارای pH تقریبا مشابه بودند (جدول ۱).توان متفاوت مایکروویو تاثیر معنی داری بر روی pH نداشت (جدول ۱) و مدت زمان اشعه دهی و زمان نگهداری در سردخانه باعث افزایش pH گردید هرچند اختلاف آماری معنی دار نبود (جدول ۱).

اسید قابل تیتر

مقایسه میانگین میزان اسید قابل تیتر در ارقام مختلف شان دادکه رقم آلبرتا کمترین میزان اسیدیته را داشت (جدول ۱). مدت زمان اشعه دهی و زمان نگهداری در سردخانه باعث تغییر در اسیدیته گردید ولی روند خاصی مشاهده نشد (جدول ۱).

درصد مواد جامد محلول

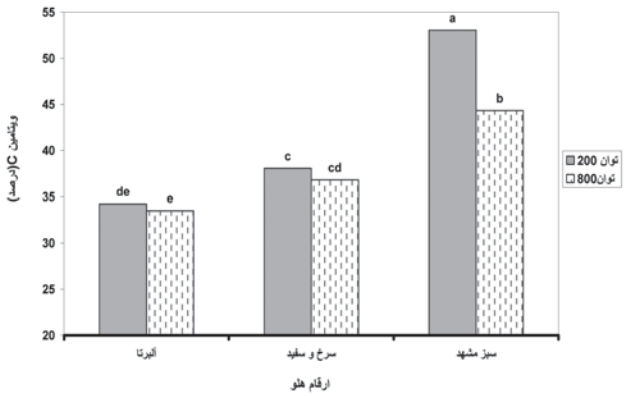
درصد مواد جامد محلول در آب میوه تحت تاثیر اثرات مستقل و متقابل واریته ، توان ، مدت زمان اشعه دهی و مدت نگهداری در سردخانه قرار گرفت. مقایسه میانگین درصد مواد جامد محلول ارقام مختلف نشان دادکه رقم سبز مشهد بالاترین میزان درصد مواد جامد محلول را داشت (جدول ۱). میوه ای که در معرض توان ۸۰۰ وات قرار گرفته بود دارای مواد جامد محلول بیشتر بود (جدول ۱).

درتیماراشعه دهی به مدت ۶۰ ثانیه میران مواد جامد محلول بالاتر بود(جدول ۱). با افزایش مدت زمان نگهداری هلو در سردحانه، در صد مواد جامد محلول افزایش یافته است (جدول ۱).

میزان ویتامین C

مقایسه میانگین اثر ارقام مختلف بر میزان ویتامین C نشان دادکه رقم سبز مشهد بیشترین میزان ویتامین C را داشت (جدول ۱).توان مایکروویو بر ویتامین C اثرمعنی داری داشت ودر توان ۲۰۰ وات میزان ویتامین C میوه بیشتر بود (جدول ۱). مدت زمان اشعه دهی و زمان نگهداری در سردخانه باعث تغییر در میزان ویتامین C شد و میزان ویتامین C در شاهد و تیمار اشعه دهی به مدت ۶۰ ثانیه دارای بیشترین میزان خود بود (جدول ۱). در طول مدت نگهداری در سردخانه نیزمیزان ویتامین C کاهش یافت(جدول ۱).

اثر متقابل ارقام هلو و توان مایکروویو نشان داد که هلو رقم سبز مشهد که در معرض توان ۲۰۰ وات قرار گرفته بود دارای بیشترین میزان ویتامین C بود(نمودار۶)



نمودار۶- اثر متقابل ارقام هلو و توان بر میزان ویتامین C میوه هلو

میزان قند

مقایسه میانگین میزان قند ارقام مختلف نشان دادکه رقم سبز مشهد دارای بیشترین و رقم آلبرتا دارای کمترین میزان قند بود (جدول۱). مدت زمان اشعه دهی سبب افزایش میزان قند در تیمارها شد(جدول ۱).

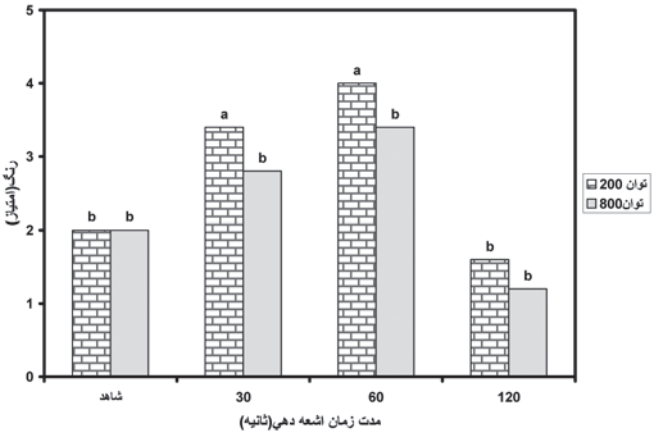
جدول ۱ - مقایسه میانگین تاثیر رقم، توان اشعه، زمان اشعه دهی و مدت نگهداری برخواص کمی و کیفی میوه هلو در طی نگهداری در سردخانه

تیمار	صفت	رطوبت (٪)		کاهش وزن (٪)		پپوسیدگی میوه (٪)		سفتی بافت (پوندبراینچ مربع)		pH		اسید قابل تیتر (گرم اسیدمالیک درصد گرم)		مواد جامد محلول (٪)		کسر رسیدگی (Tss/TA)		ویتامین C (میلی گرم درصد گرم)		میزان قند (٪)	
رقم هلو	آلبرتا	۸۵/۵۲	a	۰/۲۸	c	۳/۱۵	b	۱/۳۲	a	۴/۳۷	a	۰/۲۷	c	۱۲/۴۸	b	۴۶/۰۴	a	۳۳/۸۸	c	۱/۷۷	c
	سرخ وسفید	۸۱/۹۲	b	۰/۳۹	b	۳/۳۹	a	۰/۹۵	c	۴/۱	b	۰/۳۶	a	۹/۷	c	۲۶/۶۱	b	۳۷/۴۴	b	۲/۷۹	b
	سبزمشهد	۸۰/۷۲	c	۰/۸۱	a	۳/۰۶	c	۱/۲	b	۴/۲۱	b	۰/۲۹	b	۱۲/۷۳	a	۴۶/۹۳	a	۴۸/۶۹	a	۴/۰۲	a
توان اشعه(وات)	۲۰۰	۸۳/۳۵	a	۰/۴۹	a	۳/۳۳	a	۱/۱۸	a	۱۹/۴	a	۰/۳۱۷	a	۱۱/۳۲	b	۳۷/۲	b	۴۱/۷۸	a	۲/۸۵	a
	۸۰۰	۸۲/۰۹	b	۰/۵۰۳	a	۳/۰۷	b	۱/۱۲	b	۲۱/۴	a	۰/۳۰۴	b	۱۱/۹۵	a	۴۲/۵۲	a	۳۸/۲۲	b	۲/۸۶	a
زمان اشعه دهی (ثانیه)	بدون اشعه دهی(شاهد)	۸۳/۶۱	a	۰/۵۹	a	۳/۶۶	a	۱/۲۵	a	۴/۲	a	۰/۳۱۲	ab	۱۰/۹۵	c	۳۶/۴۱	c	۴۱/۵۵	a	۲/۷۲	b
	۳۰	۸۳/۲۳	b	۰/۴۷	b	۱۵/۳	b	۱/۱	b	۴/۲	a	۰/۳۰۹	b	۱۱/۷۵	b	۴۰/۴۳	b	۳۶/۵۷	c	۲/۸۸	a
	۶۰	۸۱/۸۲	c	۰/۴۷	b	۲/۳۱	c	۱/۰۳	c	۴/۱۹	a	۰/۳۱۶	a	۱۲/۰۱	a	۴۰/۹۳	ab	۴۱/۲۵	a	۲/۹۴	a
	۱۲۰	۸۰/۰۹	d	۰/۴۹	ab	۳/۶۸	a	۱/۲۴	a	۴/۲۱	a	۰/۳۴	a	۱۱/۸۳	b	۴۱/۶۸	a	۴۰/۶۳	b	۲/۸۹	a
مدت نگهداری (روز)	۱۵	۸۵/۷۳	a	۰/۲۴	d	۲/۷۴	d	۱/۳۶	a	۴/۱۸	ab	۰/۳۱	b	۱۱/۴۴	c	۳۷/۳۵	c	۴۱/۵۲	b	۳/۶۶	a
	۳۰	۸۳/۲۳	b	۰/۵	c	۳/۰۳	c	۱/۱۶	b	۴/۱۹	ab	۰/۲۹۷	d	۱۱/۵۹	bc	۴۵/۸	a	۴۴/۳۲	a	۲/۵۲	c
	۴۵	۸۱/۸۲	c	۰/۵۶	b	۳/۳۷	b	۱/۱	c	۴/۲	a	۰/۳۰۵	c	۱۱/۶۸	ab	۳۸/۷	b	۳۸/۲۵	c	۲/۷۴	b
	۶۰	۸۰/۰۹	d	۰/۶۷	a	۳/۶۶	a	۱	d	۴/۲۴	a	۰/۳۲	a	۱۱/۸۲	a	۳۷/۵۹	c	۳۵/۹۱	d	۲/۵۲	c

میانگین ستون هایی که دارای حروف مشابه‌می باشنددارای اختلاف معنی دار ی نمی باشند(دانکن۱ ٪).

ارزیابی حسی

به منظوربررسی ویژگی های حسی، هلورقم آلبرتا که از سایر ارقام در سردخانه بهتر نگهداری شده بود مورد ارزیابی حسی قرار گرفت. نمونه های تیمار شده با مایکروویو با نمونه شاهد مقایسه گردیدند. با توجه به نتایج بدست آمده، در بین تمام نمونه های تیمار شده با مایکروویو ، نمونه های مورد قبول و برتر از لحاظ رنگ، طعم و پذیرش کلی مصرف کننده انتخاب گردیدند. با استفاده از مقایسه میانگین داده ها با آزمون دانکن مشخص شد که تیمارهای توان و مدت زمان اشعه دهی به طور معنی داری سبب تغییر در ویژگی‌های حسی میوه شده اند.



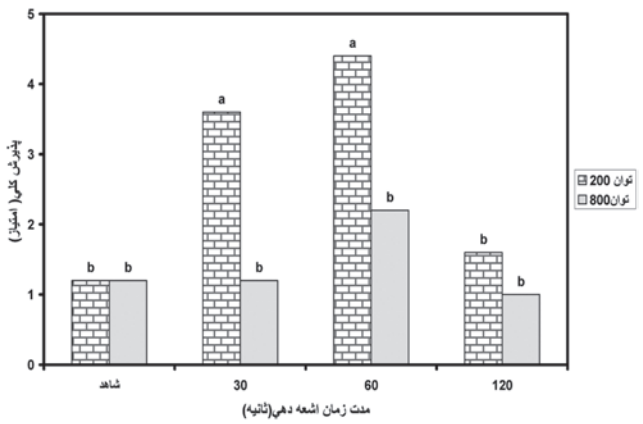
نمودار ۷- اثر متقابل مدت اشعه دهی و توان مایکروویو بر رنگ میوه هلو

اثر تیمار توان و زمان اشعه دهی با مایکروویو بر رنگ هلو

نتایج اثرهای متقابل مدت زمان اشعه دهی و توان مایکروویو نشان داد که رنگ نمونه های اشعه دهی شده به مدت ۳۰ و ۶۰ ثانیه هر دو با توان ۲۰۰ وات از نظر رنگ بالاترین امتیاز را کسب نمودند(نمودار۷).

اثر تیمار توان و زمان اشعه دهی با مایکروویو برطعم و مزه هلو

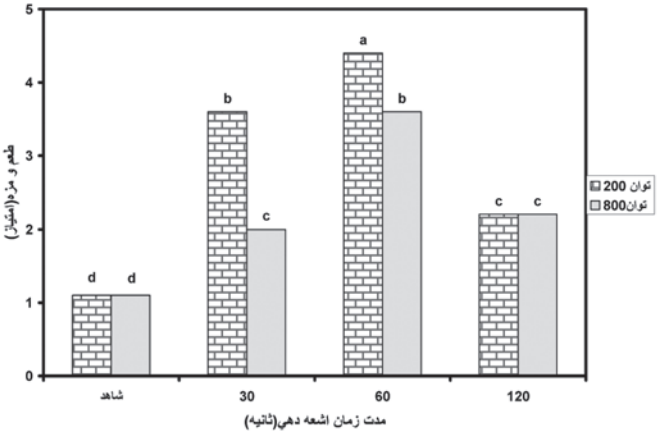
بررسی نتایج اثر متقابل مدت زمان اشعه دهی و توان اشعه نشان داد که نمونه های اشعه دهی شده به مدت ۶۰ ثانیه و توان ۲۰۰ وات از نظرطعم و مزه بالاترین امتیاز را کسب نمودند(نمودار۸).



نمودار۸- اثر متقابل مدت اشعه دهی و توان مایکروویو بر طعم ومزه میوه هلو

اثر تیمار توان و زمان اشعه دهی با مایکروویو برپذیرش عمومی

نتایج تاثیرتیمار توان مایکروویو و زمان اشعه دهی نشان داد که تیمارهای های اشعه دهی شده به مدت ۳۰ و ۶۰ ثانیه و توان ۲۰۰ وات از نظر پذیرش عمومی امتیاز بالاتری کسب نمودند (نمودار۹).



نمودار۹ - اثر متقابل مدت اشعه دهی و توان مایکروویو بر پذیرش مصرف کننده

بحث

بررسی فاکتورهای کیفی ارقام هلو نشان داد که پس از تیمار دهی با مایکروویو رقم آلبرتا دارای حداقل کاهش وزن و درصد آلودگی به کپک و حداکثر میزان مواد جامد محلول و pH بود. همچنین از نظر مصرف کننده دارای مناسب ترین خصوصیات رنگ، عطر و طعم و پذیرش عمومی بود.لذا به عنوان رقم مناسب جهت نگهداری در سردخانه معرفی می گردد.

بررسی اثرات توان مایکروویو بر خواص کیفی میوه هلو نشان داد که توان۲۰۰ وات و ۸۰۰ وات تاثیر معنی داری بر درصد کاهش وزن میوه نداشته است. نتایج همچنین نشان داد که با اشعه دهی به مدت ۶۰ ثانیه حداقل کاهش وزن در میوه مشاهده گردید ولی در۱۲۰ ثانیه درصد کاهش وزن افزایش یافت که احتمالا نشان دهنده صدمات بافتی در میوه هلو می‌باشد. که این نتایج با یافته‌های Ikediula هم‌خوانی دارد.

افزایش توان مایکروویو منجر به کاهش درصد آلودگی به کپک‌ها گردید که نشان می‌دهد تیمار حرارت‌دهی با مایکروویو در کنترل بیماری‌های پس از برداشت میوه هلو موثر بوده است. همچنین در مدت زمان اشعه‌دهی ۶۰ ثانیه حداقل درصد آلودگی به کپک ها مشاهده گردید ولی در مدت زمان اشعه دهی ۱۲۰ ثانیه امکان فعالیت کپک‌ها افزایش یافت و به این علت همان طور که قبلاً ذکر گردید درصد کاهش وزن در میوه هلو در ۱۲۰ ثانیه اشعه‌دهی افزایش یافت. این نتایج با

یافته‌های Malakou و همکاران (۲۰) که گزارش نمودند، استفاده از تیمار حرارتی باعث کاهش آلودگی به کپک ها در میوه هلو در طی نگهداری گردید و با نتایج Ikediala (۱۲) که از انرژی مایکروویو به عنوان یک روش کاهش آفات گیلاس و Cohen و Karabulut (۱۴) که از انرژی مایکروویو جهت کنترل آلودگی قارچی در هلو استفاده نموده بودند، مطابقت داشت.

نتایج نشان داد که مدت نگهداری میوه در سردخانه بر درصد مواد جامد محلول، میزان اسید قابل تیتر، کسر رسیدگی و pH آب میوه اثرات معنی داری دارد، به طوریکه افزایش مدت زمان انبارمانی منجر به افزایش مواد جامد محلول، افزایش pH و کاهش اسید قابل تیتراسیون گردید. افزایش درصد مواد جامد محلول و کاهش اسید قابل تیتراسیون در طی دوره رسیدن میوه یکی از شاخص های رسیدن فیزیولوژیک میوه می باشد. میزان مواد جامد محلول در اثر رسیدن بیشتر میوه، افزایش می یابد که احتمالاً تیمار اشعه دهی با مایکروویو باعث تسریع در سرعت رسیدن میوه می‌شود.این نتایج با یافته‌های Ikediala که گزارش نمود که استفاده از انرژی مایکروویوبه منظور کنترل آفات پس از برداشت درمیوه گیلاس باعث ایجاد تغییرات معنی داری در سفتی بافت، میزان مواد جامد محلول و اسید قابل تیتر و کاهش وزن میوه گردید(هر چند این تغییرات بسیار ناچیز بود) همخوانی داشت.

روند نرم شدن بافت درمیوه های تیمار شده با مایکروویو در مقایسه با شاهد کندتر می باشد. نتایج تحقیقات Lurie (۱۷) نشان دادند که سفتی بیشتر بافت در میوه‌های تیمار شده با محلول‌های گرم به علت ممانعت از سنتز یا فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک مانند گالاکتوروناز و آلفا و بتا گالاکتوزیداز دیواره سلولی می‌باشد (۱۹،۱۵). Klein و همکاران (۱۵) اعلام کردند در میوه‌های تیمار شده با گرما در مقایسه با شاهد میزان کلسیم و پکتین محلول کمتر است و کلسیم به میزان بیشتری به دیواره سلولی باند می‌گردد و این امر باعث افزایش سفتی بافت میوه می‌گردد. این نتایج نیز با یافته‌های این پژوهش هم‌خوانی دارد.

در بررسی اثرات متقابل توان و مدت زمان اشعه‌دهی و زمان نگهداری در سردخانه بر میزان اسید قابل تیتراسیون تفاوت معنی داری مشاهده شد. مدت نگهداری در سردخانه بر میزان اسید قابل تیتر میوه تاثیر معنی داری داشت به گونه‌ای که در طی مدت نگهداری میزان اسید قابل تیتر افزایش یافت که با نتایج Ikediala هم‌خوانی داشت. بررسی نتایج آزمون حسی نشان داد که تیمار اشعه‌دهی با توان ۲۰۰ وات و مدت ۳۰ و ۶۰ ثانیه سبب حفظ بهتر رنگ، شکل ظاهری و شفافیت میوه نسبت به شاهد شد این یافته‌ها با گزارشات Klein (۱۵) هم‌خوانی داشت که نشان داد میوه سیب رقم گلدن دلیشس که تحت تیمار گرما قرار گرفته بود در مقایسه با شاهد طی مدت نگهداری تردتر، شیرین‌تر و به طور کلی قابل قبول‌تر بود.

نتیجه گیری کلی

استفاده از تیمار مایکروویو به منظور کنترل بیماری‌های پس از برداشت میوه هلو روش غیرشیمیایی موثری می‌باشد. استفاده از تیمار حرارت‌دهی با مایکروویو باعث بروز تغییرات مثبت از جمله افزایش قند و کاهش اسیدیته و افزایش میزان فاکتور رسیدگی، افزایش در سفتی بافت میوه، کاهش درصد کاهش وزن میوه طی مدت نگهداری در سردخانه می‌شود. با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق رقم آلبرتا مناسب‌ترین رقم برای نگهداری در سردخانه می‌باشد. همچنین استفاده از توان ۲۰۰ وات مایکروویو به مدت ۶۰ ثانیه به عنوان روش مناسب تیماردهی میوه هلو معرفی می‌گردد. نتایج نشان داد که استفاده از این تیمار سبب حفظ خصوصیات کیفی و حسی میوه طی مدت نگهداری در سردخانه شد.

منابع مورد استفاده

۱- بی‌نام. آمارنامه کشاورزی. (۱۳۸۴)؛ وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی. دفتر آمار و فن‌آوری اطلاعات.

2- Abbott, J. A. (1999); Quality measurements of fruits and vegetables. Post harvest Biol. Technol. 15: 207 – 225.

3- Amannus, I. (1986); The effect of microwave and conventional cooking upon food born bacteria inculcated in food.M.A.thesies,Mankato State University, Mnkato,MN.

4- Andreuccetti, D., Bini, M., Ignesti, A., Gambetta, A., and R., Olmi. (1994); Microwave destruction of woodworms. J. Microw. Power Electromagn. Energy 29: 153–160.

5- Anon. (1950); Plant protection law enforcement regulations. Ministerial Ordinance No. 73, annexed I. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Tokyo, Japan.

6- Anon. (1982); Plant protection law enforcement regulations. Ministerial Ordinance No. 848, Article 3, annexed table. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Seoul, Korea.

7- Anon. (1983); International plant quarantine treatment manual. Plant production and protection paper50.Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO, Rome, Italy.

8- Boylston, T.D., Kupferman, E.U., Foss, J.D., and C., Buering. (1994); Sensory quality of gala apples as influenced by controlled and regular atmosphere storage. J. Food Qual.17, 477–494.

9- Crisosto, C. H. (1994); Stone fruit maturity indices:a descriptive review. Post harvest News and Information .5(6):65-68.

10- Cunningham,F.E. (1980); Influence of microwave radiation on psychotropic bacteria. J. Food Protection 43: 651 – 655.

11- Halverson, S.L., Burkholder, W.E., Bigelow, T.S., Nordheim,E.V., and M.E.,Misenheimer. (1996); High-power microwave radiation as an alternative Insect control method for stored products. J. Econ. Entomol. 89: 1638–1648.

12- Ikediala, J. N., Tang, J., Neven, L. G., and S.R.,Drake. (1999); Quarantine treatment of cherries using 915 MHz microwaves: temperature mapping, codling moth mortality and fruit quality. Post harvest Biol. Technol. 16:127 – 137.

13- Karabulut, O.A., (2002); Evaluation of the use of microwave

power for the control of postharvest diseases of peaches. Post harvest biology and Technol. 26: 237-240.

14- Karabulut, O.A., Cohen, L., Wiess, B., Daus, A., Lurie, and S., Droby. (2002); Control of brown rot and blue mold of peach and nectarine by short hot water brushing and yeast antagonists. Post harvest Biol. Technol., 24: 103 – 111.

15- Klein, J.D. (1989); Ethylene biosynthesis in heat treated apples. pp: 184-190.In: H. clijsters, Mde Prof, R. Marcelle and M.van Pounche (eds.) Biochemical and physiological aspects of ethylene production in lower and higher plants .Kluwer, Dordrecht, The Netherlands.

16- Klein, J.D. S.Lurie and R.Ben-Aric. (1990); Quality and cell wall composition of Anna and Granny Smith apples treated with heat, calcium and ethylene. J. Am. Soc. Hort.Sci.115 (6): 948-954.

17- Lurie, S. (1993); Modified atmosphere storage of peaches and nectarines to reduce storage disorders. J. Food Qual. 16: 57 – 65.

18- Lurie, S., Chalipowicz, L., and E., Chalutz. (1995); Efficacy of Candida oleophila strain 182 in preventing *Penicillium expansum* infections of nectarine fruits. Phytoparasitica 23, 231 – 234.

19- Lurie, S. (1998); Post harvest heat treatments of horticultural crops. Horticultural reviews volume 22: 91-111.

20- Malakou, A. (2005); A combination of hot water treatment and modified atmosphere packaging maintains quality of advanced maturity“Caldesi 2000” nectarines and “Royal Glory” peaches. Post harvest biology and technology.38 (2) 106-114.

21- Margossan, D.A., Smilanick, J.L., and D.J., Henson. (1997); Combination of hot water and ethanol to control post harvest decay of peach and nectarines. Plant Dis. 81: 1405 – 1409.

22- Nelson, S.O. (1996); Review and assessment of radio – frequency and microwave energy for tored – grain insect control. Trans. ASAE 39: 1475 – 1484.

23- Neven, L.G., Rehfield, L.M., and K.C., Shellie. (1996); Moist and vapor forced air treatment of apples and pears: Effects on the mortality of fifth instar codling moth (Lepidoptera:Tortricidae). J. Econ. Entomol. 89:700–704.

24- Oleson, C. M. (1999); Microwave properties and heating characteristics of foods. Food Eng. 37: 51-53.

25- Schirra, M., D hallewin, G., Ben – Yehoshua, S., and E., Fallik. (2000); Host – Pathogen interactions modulated by heat treatment. Post harvest Biol . Technol. 21:71 – 85.

26- Spotts, R. A., Cervantes, L. A., and T., Chang – Goyal. (1998); Control of brown rot and blue mold of sweet cherry with preharvest iprodione, post harvest Cryptococcus infirmo – minatus,and modified atmosphere packaging. Plant Dis. 82: 1158 – 1160.

27- Wang, S., Ikediala, J. N., Tang, J., Hansen, J. D., Mitcham, E., Mao, and R., Swanson. (2001); Radio frequency treatments to control codling moth in- shelf walnuts. Post harvest Biol. Technol. 29-38.