تأثیر بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده (MAP) بر برخی خصوصیات خیار رقم رویال

گیسو ملکی [1*]، ناصر صداقت [2]، مهدی فرهودی [3] محبت محبی [4]

تاریخ دریافت مقاله: شهریور ماه ۱۳۹۶

تاریخ پذیرش مقاله: اسفند ماه ۱۳۹۶

چکیده

یکی از مشکلات نگهداری میوه‌هایی نظیر خیار، آسیب سرمایی آن است که در طول نگهداری منجر به تغییر ترکیبات و در نتیجه افت کیفیت آن می‌شود. هدف از اجرای این تحقیق، بررسی اثر بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده روی کیفیت خیار رقم رویال طی مدّت نگهداری می‌باشد. مقایسه کیفیت خیارهای نگهدای شده در دمای ۴ درجه سلسیوس در سه نوع بسته‌بندی: A: هوای معمولی و بسته منفذدار در تعادل با هوای محیط؛ B: هوای معمولی و بسته بدون منفذ؛ C: ۱۰٪ O_2 + ۵٪ CO_2 انجام شد. تنفس خیارها (برحسب میزان CO_2 تولیدی)، سرمازدگی، میزان تغییر گلوکز، فروکتوز و اسید مالیک طی زمان بررسی شدند. بسته‌بندی‌های اتمسفر اصلاح شده MAP کیفیت خیارها را بهتر از نگهداری سردخانه در دمای ۴ درجه حفظ کرده و افزایش میزان CO_2 (۵٪) و کاهش میزان O_2 (۱۰٪) نیز باعث افزایش مقاومت خیارها شد. محتوای قندها از جمله فروکتوز، گلوکز و اسیدهای ارگانیک به خصوص اسید مالیک در سطوح بالاتری در خیارهای نگهداری شده در بسته C نسبت به نمونه‌های نگهداری شده در دو بسته دیگر حفظ شد. نرخ تنفس (تابعی از تولید CO_2) میوه خیار در طول نگهداری در ۴ درجه سانتی‌گراد به طور قابل توجّهی تحت شرایط اتمسفر اصلاح شده MAP متوقّف شد که در این مورد بسته C مؤثرتر بود. در نهایت مشخص شد که استفاده از اتمسفر اصلاح شده با میزان اکسیژن کمتر (۱۰٪ O_2 + ۵٪ CO_2) در کاهش صدمات سرمایشی و حفظ کیفیت خیار سودمند بوده و می‌توان از این روش به عنوان روش مناسب پس از برداشت بهره‌مند شد.

واژه‌های کلیدی

اتمسفر اصلاح شده MAP[5]، بسته‌بندی، سرمازدگی، خیار[6]

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

(× نویسنده مسئول: May.maleki27@yahoo.com)

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران(Sedaghat@um.ac.ir).

۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران (Farhoodi@sbmu.ac.ir).

۴- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران (M-mohebbi@um.ac.ir).

5- Modified Atmosphere Packaging

6- Cucurnissativus

۱- مقدمه

نگهداری در دمای یخچال یکی از روش‌هایی است که به طور عمده در افزایش عمر پس از برداشت میوه‌ها و سبزیجات مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این وجود، دماهای پایین باعث ایجاد صدمات و تغییراتی در بافت گیاهی می‌گردد. علائم آسیب سرمایی به نوع محصول بستگی داشته و هنگامی قابل مشاهده است که محصول به دمای محیط بازگردانده شود. این علائم در محصولات مختلف متفاوت است به عنوان مثال: آسیب سرمایی در موز به صورت لکّه‌هایی بر روی پوست ولی در خیار، بادمجان و کدو به صورت تورفتگی‌هایی روی سطح نمایان می‌شود [۳].

روش‌های متعدّدی جهت حفظ کیفیت میوه‌ها و کاهش آسیب سرمایی آنها پیشنهاد شده است. نشان داده شده است که نگهداری در اتمسفر اصلاح شده بر تنفس، تولید و فعالیت اتیلن، ترکیب و فعالیت آنزیم، فرآیند رسیدن و پیری محصولات گوناگون باغبانی تأثیر می‌گذارد [۴]. اکثر میوه‌ها و سبزیجات تازه به اعمال MA[1] در حفظ کیفیت حسی و غذایی و افزایش عمر نگهداری پاسخ مثبت می‌دهند [۵]. با این وجود برخی مطالعات نشان داده‌اند که MA همیشه در کاهش صدمات سرمایی محصولات باغبانی حساس به سرما سودمند نیست [۶]. تأثیر کاهش آسیب سرمایی اغلب به نوع محصول، غلظت O_2 و CO_2، دما و مدّت نگهداری بستگی دارد [۵].

کاهش میزان O_2 و/یا افزایش غلظت CO_2 در اتمسفر بسته، آسیب سرمایی در آووکادو، گریپ فروت، زردآلو، شلیل، بامیه، هلو، گلابی، آناناس، سیب زمینی و افشره کدو سبز را کاهش می‌دهد [۳]. با این وجود، اتمسفر ۳ یا ۵ درصد CO_2 در ترکیب با ۲۰٪ O_2 منجر به افزایش نشانه‌های آسیب سرمایی در خیار شد [۷]. افزایش میزان CO_2، نشانه‌های آسیب سرمایی را در گوجه فرنگی بیشتر نمود [۸]. نتایج مطلوب در کاهش صدمات سرمایشی و حفظ کیفیت در بادمجان [۹]، آووکادو [۱۰]، خیار [۱، ۱۱]، لیمو [۱۲]، هویج [۱۳] و ذرّت شیرین [۱۴] با نگهداری در شرایط اتمسفر اصلاح شده گزارش شده است.

محققین دریافته‌اند که میوه خیار بسته‌بندی شده در کیسه‌های پلی‌اتیلن با دانسیته پایین منفذدار یا کاملاً بسته، به طور قابل توجّهی متحمل آسیب سرمایی کمتری نسبت به میوه بسته‌بندی نشده در مدّت نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس شدند [۱۵]. از آنجایی که اطّلاعات بسیار کمی در مورد تأثیر اتمسفر درون بسته بر کاهش آسیب سرمایی خیار در دسترس می‌باشد، بر آن شده است تا مطالعه‌ای برای ارزیابی اثر MAP بر کیفیت و حساسیت خیار به سرما در طول نگهداری در دمای یخچال انجام شود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده‌سازی نمونه‌ها

خیار (رقم رویال) مورد استفاده در این مطالعه از مزرعه نمونه دانشگاه فردوسی مشهد خریداری شد. میوه‌های یک اندازه و عاری از هر گونه لکه برای این تحقیق استفاده شدند. نمونه‌های شسته شده، سپس به صورت تصادفی به سه بخش تقسیم گردیدند و در سه نوع بسته قرار داده شدند. بسته A: هوای معمولی و بسته منفذدار در تعادل با هوای محیط؛ بسته B: هوای معمولی و بسته بدون منفذ؛ بسته C: ۱۰٪ O_2 + ۵٪ CO_2.

سه عدد خیار در کیسه‌های پلی‌اتیلن با دانسیته پایین[2] (LDPE) با ضخامت ۳۱/۷۵ µm قرار داده شده و پس از ورود ترکیب‌های گازی توسط دستگاه اتمسفر اصلاح شده (MAP) هنکلمن[3] دوخت حرارتی و بسته‌بندی شدند. بسته‌ها در دمای ۴ درجه سلسیوس در یخچال نگهداری شدند.

1- Modified Atmosphere

2- Low Density Polyethylene

3- Gustav Muller and Co., Bad Homburg, Germany

۲-۲- آزمون‌ها

میزان CO_2 تولید شده در بسته‌ها توسط دستگاه بررسی‌کننده گاز[1] هر ۵ ساعت یکبار تعیین شد.

برای ارزیابی آسیب سرمایی و تحلیل‌های شیمیایی، سه بسته در هر عملیات در دوره‌های ۳ روزه برداشته شد و شدّت آسیب سرمایی ۲۴ ساعت بعد از اینکه خیارها به دمای ۲۰ درجه انتقال یافتند (جهت تشخیص بهتر علائم سرمازدگی) تعیین شد [۱۱]. آسیب سرمایی خیارها بر اساس ارزیابی ظاهری و میزان فرورفتگی سطح میوه توسط امتیازدهی ۵-۱ بررسی شد که امتیازها بدین شرح می‌باشند: ۱- کاملاً سالم؛ ۲- آسیب بسیار کم؛ ۳- آسیب کم؛ ۴- آسیب متوسط؛ ۵- به شدّت آسیب دیده [۱۱].

ارزیابی قندها از برش بافت میانبر[2] با روش اصلاح شده یون و همکاران (۲۰۱۷) انجام شد [۱۶]؛ ۱۳۰ میلی‌گرم از میوه خیار پوره شده برداشته و ۲/۵ میلی‌لیتر اتانول ۸۴٪ به آن اضافه شد. سپس به مدّت ۲۰ دقیقه در حمام آب گرم ۸۰ درجه سلسیوس قرار گرفته و به مدّت ۵ دقیقه سانتریفوژ[3] گردید. ۱ میلی‌لیتر از سوپرناتانت[4] را درون ویال ریخته و بعد از خشک شدن کامل ۱ میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه شد. پس از سانتریفوژ و صاف نمودن ۱ میلی‌لیتر از محلول جهت جداسازی قندها در دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا[5] مورد استفاده قرار گرفت.

اسیدهای آلی پس از استخراج با بافر ایمیدازول[6] و خالص‌سازی با سامانه استخراج جامد بیکر-۱۰[7] مورد ارزیابی قرار گرفتند. سوپرناتانت حاصل از عصاره‌ها که ابتدا با هگزان[8] و متانول[9] آماده شده‌اند. از ستون آمینه چهارگانه عبور داده شدند. سپس نمونه‌ها با ۰/۱ N HCl از ستون‌ها شسته شده و تا خشک شدن درون لوله‌های مشتق‌سازی انباشته شدند. روند استخراج و کروماتوگرافی برای اسیدهای آلی نظیر قندها بود به استثناء اینکه دمای ستون‌ها از ۱۰۰ تا ۲۳۰ درجه در 4°C/min برنامه‌ریزی شدند. قندها و اسیدهای آلی جداسازی شده برای تعیین کیفی و کمی با استانداردهای مربوطه مقایسه شدند.

آزمون‌ها طی ۱۸ روز و هر سه روز یک بار انجام شدند. اطّلاعات حاصل با تجزیه واریانس بررسی شده و مؤلفه‌های واریانس جهت محاسبه خطای استاندارد میانگین‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

۳- نتایج و بحث

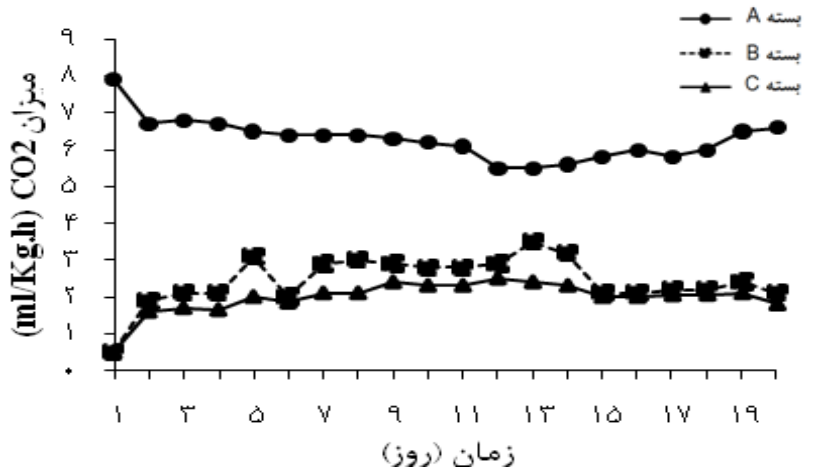
میزان تولید CO_2 که رابطه مستقیمی با نرخ تنفس خیارها دارد، به طور قابل توجّهی در بسته‌های MA نگهداری شده و در ۴ درجه سلسیوس کاهش یافت (بسته B و C - شکل ۱). کاهش تنفس میوه‌ها و سبزیجات در ازای میزان O_2 کم و/ یا غلظت‌های بیشتر CO_2 .گزارش شده است [۱۷]. کاهش مقدار O_2 یا بالابردن سطح CO_2 ، آغاز نقطه فرازگرا[10] را در برخی میوه‌ها به تأخیر انداخته و تولید CO_2 را در میوه‌های غیر فرازگرا(غیرکلایمکتریک) و سبزیجات کند می‌نماید [۱۸]. در تحقیق حاضر خیارهای نگهداری شده در اتمسفر اصلاح شده(MAP) (بسته B و C) نرخ تنفس کمتری نسبت به نمونه‌های شاهد (هوا) داشتند که بسته C (۱۰٪ O_2 + ۵٪ CO_2) باعث کاهش بیشتری در شدّت تنفس شد[۱۸].

بین بسته‌های B و C در روزهای اولیه تفاوت معنی‌داری در میزان آسیب سرمایی مشاهده نشده و هر دو تیمار MA آغاز فرورفتگی در خیارهای نگهداری شده در دمای سرد را به تأخیر انداخته و از شدّت آن کاستند. ولی با گذشت زمان این تفاوت معنی‌دار شد به طوری که بسته C در کاهش آسیب سرمایی مؤثرتر بود.

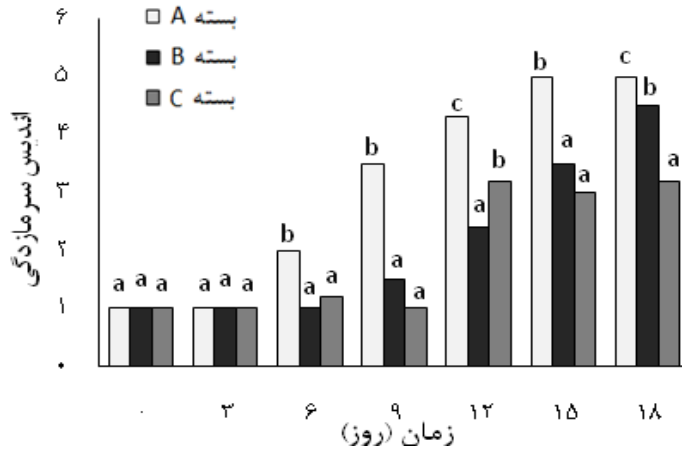
1- WITT, GmbH & Co KG D-38454, Germany
2- Mesocarp
3- Centrifuge
4- Supernatant
5- High Performance Liquid Chromatography (HPLC)
6- Imidazole
7- Baker-10
8- Hexan
9- Methanol
10- Climacteric

پیش‌تر گزارش شده بود خیارهایی که در اتمسفری با میزان CO_2 بیشتر (۳ یا ۵٪) در ترکیب با میزان O_2 محیط نگهداری شدند، فرورفتگی سطحی بسیاری در دمای پایین داشتند [۱۹]. تحقیق حاضر نشان می‌دهد میزان کمتر O_2 در رفع آسیب سرمایی در خیار بسیار مؤثر می‌باشد که با مطالعاتی که روی آووکادو انجام شده نیز هماهنگی دارد[۲۰].

روکتوز[1]، گلوکز و مقدار جزئی ساکاروز قندهای عمده در خیار هستند. فروکتوز در طول ۳ یا ۶ روز نگهداری در ۴ درجه سلسیوس افزایش و سپس به تدریج کاهش یافت (شکل ۲).



شکل ۱- تأثیر MAP بر میزان تولید CO_2 در خیارهای نگهداری شده در دمای ٤ درجه سلسیوس. A: هوای معمولی و بسته منفذدار در تعادل با هوای محیط؛ B: هوای معمولی و بسته بدون منفذ؛ C: ۱۰٪ O_2 + ۵٪ CO_2.

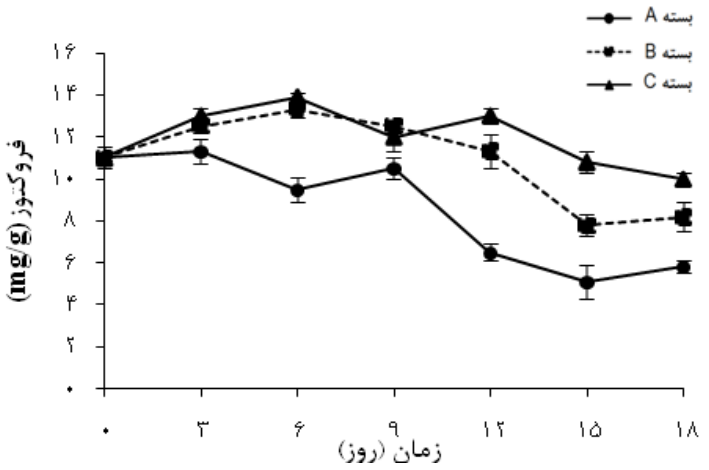


شکل ۲- تأثیر MAP بر آسیب سرمایی خیارهای نگهداری شده در ٤ °C. A: هوای معمولی و بسته منفذدار در تعادل با هوای محیط؛ B: هوای معمولی و بسته بدون منفذ؛ C: ۱۰٪ O_2 + ۵٪ CO_2.

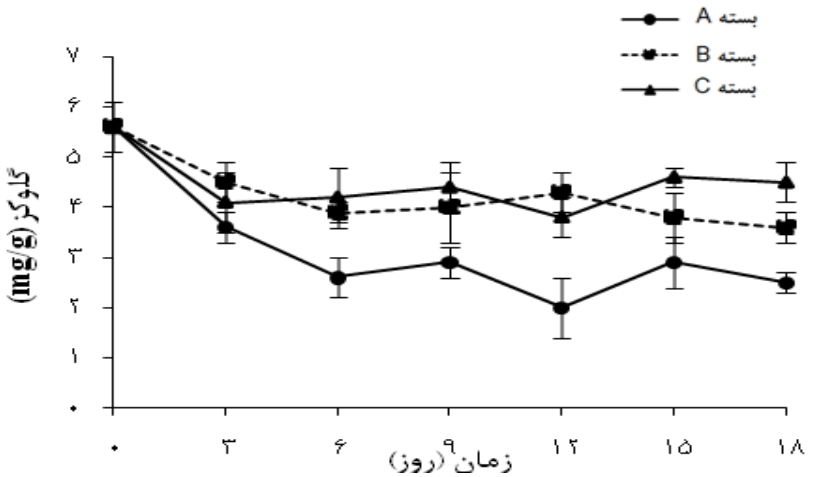
1- Ructose

خیارهایی که در شرایط اتمسفر اصلاح شده(MAP) نگهداری شدند(بسته C) مقدار بیشتری فروکتوز نسبت به نمونه‌های نگهداری شده در بسته A و B در خود حفظ نمودند. میزان گلوکز در طول ۳ یا ۶ روز اول نگهداری کاهش یافته و سپس ثابت ماند (شکل ۳).

اتمسفر دارای O_2 پایین و CO_2 بالا اتلاف گلوکز را در شروع نگهداری در ۴ درجه کاهش داد (شکل ۴).



شکل ۳- تأثیر MAP بر میزان فروکتوز در خیارهای نگهداری شده در ٤ °C. : هوای معمولی و بسته منفذدار در تعادل با هوای محیط؛ B: هوای معمولی و بسته بدون منفذ؛ C: ۱۰٪ O_2 + ۵٪ CO_2.



شکل ٤- تأثیر MAP بر میزان گلوکز در خیارهای نگهداری شده در ٤ A.°C : هوای معمولی و بسته منفذدار در تعادل با هوای محیط؛ B: هوای معمولی و بسته بدون منفذ؛ C: ۱۰٪ O_2 + ۵٪ CO_2.

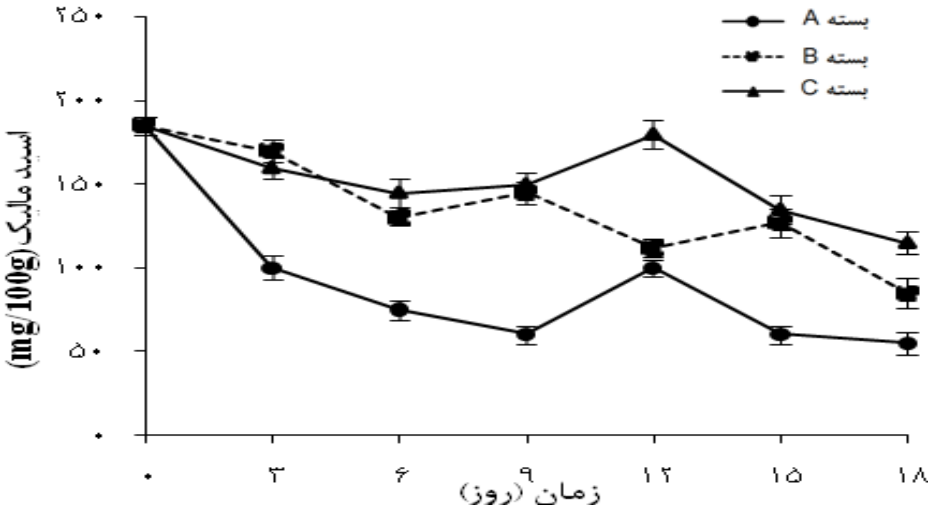
در فرایند تنفس، قندها تجزیه شده و با تغییر اتمسفر درون بسته (بسته C) سرعت تنفس خیارها کاهش یافته و بنابراین سرعت مصرف قندهای موجود در خیارها نیز کاهش می‌یابد. بنابراین میزان قند در بسته‌بندی هوای معمولی به میزان بیشتری کاهش یافته است. نتایج حاصل از این تحقیق، این گزارشات را تأیید کرد و نشان داد که با نتایج حاصل از تحقیق انجام شده بر روی آووکادو مطابقت دارد [۲۰].

بیشتر بودن مقدار قند در خیارهای درون بسته C ممکن است به دلیل وجود اتمسفر ایده‌آل اطراف میوه در مقایسه با دیگر بسته‌ها باشد[۲۱]. افزایش عملکرد چرخه زیست ساخت در گیاهان به هنگام مقاومت به سرما به چشم می‌خورد. در واقع برای افزایش مقاومت در برابر سرما قند به عنوان منبع انرژی برای تولید پروتئین‌ها و لیپیدهای مقاوم به سرما در گیاهان تولید می‌شود [۲۲].

اسید مالیک، اسید آلی غالب در میوه خیار می‌باشد که به طور قابل توجّهی در نگهداری بسته حاوی هوای معمولی و در ۵ درجه سلسیوس کاهش یافت (شکل ۵).

خیارهایی که در بسته‌های MA نگهداری شدند نیز اسید مالیک را در طی نگهداری از دست دادند؛ اما مقدار آن در حد کمتری از میوه‌های نگهداری شده در معرض هوا بود. تحقیقات قبلی نشان داده‌اند که با افزایش میزان CO_2 مقدار اسید مالیک کاهش می‌یابد که با نتایج حاصل از این تحقیق همخوانی دارد [۲۳].

از طرفی هنگامی که گیاهان در معرض دمای پایین قرار می‌گیرند، جذب آب کاهش یافته و جهت محافظت گیاه از دهیدراتاسیون[1]، تنظیم اسمزی[2] انجام شده و منجر به تولید محلولی می‌شود (جایگزین آب) که شامل قندها و مشتقات آنها می‌باشد [۲۴]. این امر محتوای بالاتر قند و اسید را در بسته C توجیه می‌نماید، زیرا بسته C عملکرد بهتری از دو بسته دیگر در برابر آسیب سرمایی داشته و منجر به تولید و یا حفظ بیشتر قند در خیارها می‌گردد. تأثیر MA بر قندها و اسیدهای آلی در میوه‌ها و سبزیجات مختلف نیز گزارش شده است [۴، ۱۷، ۲۵].



شکل ۵- تأثیر MAP بر میزان اسید مالیک در خیارهای نگهداری شده در ٤ °C. A: هوای معمولی و بسته منفذدار در تعادل با هوای محیط؛ B: هوای معمولی و بسته بدون منفذ؛ C: ۱۰٪ O_2 + ۵٪ CO_2

1- Dehydration
2- Osmotic

٤- نتیجه گیری

قندها و اسیدهای آلی به عنوان سوبسترا[1] و منابع انرژی برای سوخت‌وساز تنفسی استفاده می‌شوند. حفظ این مواد، کیفیت مطلوب میوه‌ها و سبزیجات را حفظ می‌کند. کیفیت نگهداری محصولات حساس به سرما به طور منفی متأثر از قرارگیری در معرض دمای زیر ۱۰ درجه می‌باشد. در تحقیق حاضر نیز مشخص شد که اتلاف فروکتوز، گلوکز و اسید مالیک در میوه خیار در طول نگهداری در دمای ۴ درجه روی می‌دهد. با این وجود، نگهداری در اتمسفر اصلاح شده این اتلاف‌ها را به حداقل رساند. حساسیت به صدمه سرمایشی و وقوع فساد نیز توسط سطوح بالای CO_2 و پایین O_2 کاهش داده شد. در نهایت مشخص شد که کیفیت کلی خیار در حالت نگهداری میوه در اتمسفر اصلاح شده(MAP) با میزان اکسیژن کمتر از (۱۰٪) بهتر حفظ گردید.

٥- منابع

۱. صبحی، س. و تسلیمی، ا.(فروردین، ۱۳۸۵). **«بررسی آسیب سرمایی در گوجه فرنگی، کدو، خیار، بادمجان و روش‌های جلوگیری از آن»**. شانزدهمین کنگره ملّی صنایع غذایی ایران- گرگان.

۲. شهدادی، ع.، صداقت، ن.، تقی زاده، م.، میلانی، ا. (آبان، ۱۳۹۳). **«بررسی اثر MAP و پوشش خوراکی کیتوزان بر ویژگی‌های رنگی و بافت‌سنجی خیار گلخانه‌ای طی دوره نگهداری»**. سوین کنگره ملّی علوم و صنایع غذایی. ایران- قوچان.

3. Janick, J. (1993**). "Horticultural reviews, volume 15."** John Wily & Sons, New York.

4. Blanpied, G.D., Bartsch, J.A., Hicks, J.R. (1993). **"Proceedings from the sixth international controlled atmosphere research conference.** "Northern Regional Agr. Eng. Ser. 71, pp. 887, Ithaca, New York.

5. Muriel-Galet, V., Cerisuelo, J.P., López-Carballo, G., Lara, M., Gavara, R., Hernández-Munoz, P. (2012). "**Development of antimicrobial films for microbiological control of packaged salad."** International Journal of Food Microbiology, 157, 195–201.

6. Forney, C.F., Lipton, W.J. (1990). **"Influence of controlled atmospheres and packaging on chilling sensitivity."** In Chilling Injury of Horticultural Crops. (C.Y. Wang, ed.) pp. 257-267, CRC Press, Boca Raton, FL.

7. Bartz, J.A., Brecht. J.K. (2003) "**Postharvest physiology and pathology of vegetables."** Marcel Dekker, Inc. New York.

8. Ding, C.K., Wang, C.Y. (2001) **"Reduction of chilling injury and Transcript accumulation of heat shock proteins in tomato by MEJA and MESA."** Journal of Plant science, 161, 153-1159.

9. Molinar, R., Trej, E., Contwell, M. (1996). **"Development of chilling Injury in 3 types of eggplant dept. v.c. "**University of California, 1-16

10. Sivankalyani, V., Feygenberg, O, Maorer, D., Zaaroor, M, Fallik, E, Alkan, N. (2015). journal.pone.0140522. doi: 10.1371/journal.pone.0140522.

11. Manjunatha, M. & Anurag. R. K. (2014). Journal of Food Science and Technology, 51(11), 3470–3475.

12. Spalding, D.H. & Reeder, W.F. (1983). **"Conditioning 'Tahiti' limes to reduce chilling injury."** Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 96, 231-232.

13. Lecetaa, I., Molinarob, S., Guerreroa, P., Kerryb, J.P., de la Caba. K. (2015). **"Quality attributes of map packaged ready-to-eat baby carrots by using chitosan-based coatings."** Postharvest Biology and Technology, 100, 142–150.

14. Rodov, V., Copel, A., Aharoni, N., Aharoni, Y., Wiseblum, A., Horev, B., Vinokur ,Y. (2000).

1- Substrate

"Nested modified-atmosphere packages maintain quality of trimmed sweet corn during cold storage and the shelf life period." Postharvest Biology and Technology, 18, 259-266.
15. Wang, C.Y. & Qi, L. (1997). **"Modified atmosphere packaging alleviates chilling injury in cucumbers."** Postharvest Biology and Technology, 10, 195-200.
16. Yoon, Y., Kuppusamy, S., Man Cho, K., Joo Kim, P., Kwack, Y.B., Bok Lee, Y. (2017). **"Influence of cold stress on contents of soluble sugars, vitamin C and free amino acids including gamma-aminobutyric acid (GABA) in spinach (Spinacia oleracea)."** Food Chemistry, 215, 185–192.
17. Wang, C.Y. (1990). **"Physiological and biochemical effects of controlled atmosphere on fruits and vegetables."** In Food Preservation by Modified Atmospheres. (M. Calderon and R. Barkai-Golan, eds.) pp. 197-223, CRC Press, Boca Raton, FL.
18. Nielsen, T., Leufvén, A. (2008). "**The effect of modified atmosphere packaging on the quality of Honeoye and Korona strawberries."** Food Chemistry, 107, 1053–1063.
19. Eaks, I.L. (1956). **"Effect of modified atmospheres on cucumbers at chilling and non chilling temperatures."** Proceedings of the Society for Horticultural Science, 67, 473-478.
20. Shanmugavelan, P., Kim, S.Y., Kim, J.B., Kim, H.W., Cho, S.M., Kim, S.N., Kim, S.Y., Cho, Y.S., Kim, H.R. (2013). **"Evaluation of sugar content and composition in commonly consumed Korean vegetables, fruits, cereals, seed plants, and leaves by HPLC-ELSD."** Carbohydrate Research, 380, 112–117.
21. Zhao, J., Li, H., Xi, W., An, W., Niu, L., Cao, Y., Wang, H. (2015). **"Changes in sugars and organic acids in wolfberry (Lycium barbarum L.) fruit during development and maturation."** Food Chemistry, 173, 718–724.
22. Hagen, S.F., Borge, G.I.A., Solhaug, K.A., Bengtsson, G.B. (2009). **"Effect of cold storage and harvest date on bioactive compounds in curly kale (Brassica oleracea L. var. acephala)."** Postharvest Biology and Technology, 51, 36–42.
23. Mc Feeters, R.F., Fleming H.P., Thompson R.L. (1982). **"Malic and Citric Acids in pickling Cucumbers."** Journal of food science, 47, 1859-1865.
24. Ito, A., Shimizu, H., Hiroki, R., Nakashima, H., Miyasaka, J., Ohdoi, K. (2014). **"Effect of different durations of root area chilling on the nutritional quality of spinach."** Environmental Control in Biology, 51, 187–191.
25. Kader, A.A. (1986). **"Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables."** Food Technology, 40(5), 99-104.

آدرس نویسنده

مشهد- فلکه پارک- دانشگاه فردوسی- دانشکده کشاورزی- گروه علوم و صنایع غذایی.