مطالعات علوم زیستی و زیست فناوری
دوره ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳
صفحات ۱۸۴-۱۶۹

Online ISSN: ۴۴۹۳-۲۴۷۶
Print ISSN: ۲۰۲۰-۲۵۳۸
www.irijournals.com

تأثیر ترکیب گازی در ماندگاری خیار گلخانه‌ای(*Cucumis sativus* L.)

گیتا حسینی[۱]، عادل میرمجیدی هشتجین[۲]، پژمان مرادی[۳]، بهجت تاج الدین[۴]

[۱] کارشناس بخش تحقیقات مهندسی گلخانه موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
[۲]عضو هیات علمی بخش تحقیقات صنایع غذایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
[۳]دانشیار گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه
[۴]دانشیار بخش تحقیقات صنایع غذایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

چکیده

امروزه با توجه به تغییر شرایط اقلیمی و زیست‌محیطی، محصولات ارگانیک و طراحی بسته‌بندی مناسب برای افزایش ماندگاری و کاهش ضایعات آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این تحقیق، به‌منظور بررسی تأثیر ترکیب گازی در ماندگاری خیار گلخانه ای(Cucumis sativus L.) انجام شد. بدین‌منظور محصول خیار در ۳ نوع فیلم بسته‌بندی به روش اتمسفر فعال با دو نوع ترکیب گازی G_1 (۳ درصد اکسیژن، ۵٪ دی اکسید کربن، و ۹۲٪ نیتروژن) و G_2 (۳ درصد اکسیژن، ۱۵٪ دی اکسید کربن، و ۸۲٪ نیتروژن) و اتمسفر غیر فعال بسته‌بندی و طی مدت چهار هفته در دماهای ۶ و ۸ درجه سلسیوس نگهداری شد. شاخص‌هایی مانند pH، مواد جامد محلول (TSS)، افت وزن، درصد رطوبت، سفتی بافت، رنگ و آزمون‌های حسی هر یک از تیمارها در روز صفر (برداشت) و طی مدت نگهداری (هر هفت روز یکبار)، اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که از ۳۶ تیمار مورد بررسی ۷ تیمار تا هفته چهارم قابل نگهداری بودند. در دمای ۶ درجه سلسیوس پوشش پلی-پروپیلن با ترکیب گازی G_1 در حالت بدون جاذب و با ترکیب گازی G_2 در هر دو حالت (کاربرد جاذب و بدون جاذب) و دمای ۸ درجه سلسیوس در حالت اتمسفر تغییر یافته غیر فعال با دو پوشش پلی اتیلن و پلی پروپیلن و در هر دو حالت کاربرد جاذب و بدون جاذب رطوبت از کیفیت بهتری در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند ($p\leq ۰/۰۵$).

واژه‌های کلیدی: خیار، ماندگاری، ترکیب گازی، جاذب رطوبت، اتمسفر فعال، اتمسفرغیرفعال

مقدمه

میوه‌ها و سبزی‌های تازه معمولاً مورد پسند مشتری بوده و بازارپسندی خوبی دارند ولی به‌دلیل فسادپذیری ماندگاری پایینی دارند. با استفاده از فنّاوری مناسب در انبار می‌توان ضایعات محصولات باغی را به حداقل رساند. انبارداری در اتمسفر کنترل شده و استفاده از انبارهای کم‌فشار، با تأثیر بر فرآیندهای تنفس و تولید اتیلن، عمر نگهداری محصولات را افزایش و ضایعات محصولات باغی طی انبارداری را کاهش می‌دهد. انبارهای موجود در ایران غالباً بسیار قدیمی و ابتدایی هستند و کنترل مناسبی بر غلظت اکسیژن، دی اکسید کربن و اتیلن صورت نمی‌گیرد و تنها امکان کنترل عواملی چون رطوبت و دما وجود دارد. به منظور کاهش ضایعات ناشی از عدم وجود انبارهای مناسب، لازم است که سردخانه‌ها و انبارهایی با استاندارد جهانی مانند انبارهای با اتمسفر کنترل شده و انبارهای کم‌فشار احداث گردد یا انبارهای موجود از نظر تأسیسات کنترل کننده عوامل مهم مانند: اکسیژن، دی اکسید کربن و اتیلن تجهیز شوند تا بتوان سبزی‌ها، میوه‌های تابستانه و میوه‌های حساس را به‌خوبی انبار کرد (ابراهیمیان، ۱۳۹۱).

خیارهای بی‌دانه در بین سبزی‌های گلخانه‌ای در اولویت اول یا دوم از نظر اهمیت قرار دارند. خیارهای معمولی که در فضای باز (مزرعه) کشت می‌شوند از نوع دانه‌دار (آمریکایی) هستند. برتری کشت خیار گلخانه‌ای (خیار درختی یا خیار داربستی) نسبت به کشت خیار در فضای باز؛ از بین رفتن تلخی خیار در همه قسمت‌های میوه، عدم نیاز به گرده‌افشانی و در نتیجه رشد تمام گل‌ها و میوه‌های تولیدی، عملکرد بالا و صرفه‌جویی در فضا، پیش‌رسی محصول و باردهی طولانی مدت آن (بیش از ۴ ماه)، مقاومت بیشتر ارقام به برخی قارچ‌ها و بیماری‌ها، تولید میوه‌های صاف و خوش‌رنگ و یک اندازه از نظر قطر و در نتیجه افزایش بازارپسندی و قیمت فروش میوه می‌باشد.

در حقیقت اتمسفر تغییر یافته می‌تواند به دو شکل فعال و غیر فعال ایجاد شود. در اتمسفر تغییر یافته فعال[1]، اتمسفر تغییر یافته با تزریق ترکیبی از گازهای مطلوب به صورت آنی، در فضای خالی بالای بسته‌بندی شکل می‌گیرد. در اتمسفر تغییر یافته غیر فعال[2]، در اثر تنفس محصول داخل بسته‌بندی به آهستگی تعادل ایجاد می‌شود. در هر دو نوع، ابتدا یک اتمسفر اصلاح شده ایجاد می‌شود که شامل یک تعادل پویا بین تنفس و نفوذپذیری است (Yam and Lee, 1995). در حالت فعال، وقتی ترکیب گازها برای یک بسته‌بندی مشخص شد، آنگاه نسبت هر کدام از گازها تعیین می‌شود، به‌غیر از تعیین ترکیب اولیه گازها هیچ کنترل دیگری برآن اعمال نمی‌شود و ترکیب گازی به احتمال زیاد با گذشت زمان و انتشار گازها به داخل یا خارج از بسته‌بندی و با توجه به نوع محصول و میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا تغییر می‌کند (Mangaraj *et al*., 2009).

سؤالات تحقیق:

- آیا ترکیب گازی به کار برده شد می‌تواند بر ماندگاری خیار مؤثر باشد؟ کدام ترکیب گازی بهترین اثر را خواهد داشت؟
- بهترین زمان ماندگاری محصول خیار با کاربرد روش بسته‌بندی (فعال و غیرفعال) چگونه خواهد بود؟

فرضیه‌های تحقیق:

استفاده از روش بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته تحت کاربرد ترکیب‌های مختلف گازی و همچنین با کاربرد فیلم‌های مختلف بسته‌بندی، نتایج متفاوتی را بر مدت ماندگاری محصول خیار خواهد داشت.

مبانی نظری

گیاه خیار یک پایه است و گل‌های نر یا ماده روی یک پایه قرار دارند. تعداد گل‌های نر همیشه زیادتر از گل‌های ماده بوده و قبل از گل‌های ماده ظاهر می‌شوند. طول عمر بوته خیار کوتاه‌تر از طول عمر سایر گیاهان این خانواده بوده و احتیاج آن به گرما نیز کمتر می‌باشد. خیار هم یک محصول بهاره و هم پاییزه است ولی نسبت به سرما بسیار حساس می‌باشد و سرمای

[1] Active Modified Atmosphere Packaging
[2] Passive Modified Atmosphere Packaging

اویل پائیز برگ‌های آن را ضایع کرده، بوته آن را خشک می‌کند. بهترین دما برای جوانه زدن آن بین ۱۷ تا ۲۰ درجه سلسیوس می‌باشد. موقعی به کشت خیار باید اقدم کرد که دمای متوسط روزانه بین ۲۰ تا ۲۴ درجه سلسیوس باشد.

گلخانه مناسب برای تولید خیار

در مناطق جنوبی ایران مانند خوزستان، جیرفت و جنوب استان فارس این شرایط فراهم است و تعداد روزهای سرد و یخبندان، زیاد نیست. اگر چند روزی هم هوا سرد باشد رشد بوته خیار موقتاً کاهش یافته یا متوقف می‌شود و پس از گرم شدن هوا به حالت عادی بر می‌گردد. بدیهی است که در این مناطق اگر در هوای سرد، به خصوص شب‌ها وسیله‌ای برای گرم کردن گلخانه تعبیه شود بوته‌های خیار به مراتب بهتر رشد کرده و محصول زودرس‌تر، مرغوب‌تر و با فراوانی تولید می‌شود. عامل محدود کننده در جنوب ایران کوتاه بودن فصل سرد است و عملاً نمی‌توان بیش از حدود ۴ ماه پوشش پلاستیکی را روی گلخانه نگه داشت. در نقاط ساحلی گیلان و مازندران نیز هوا در زمستان نسبتاً ملایم است و با هزینه کم می‌توان خیار زمستانی را در گلخانه پرورش داد. عامل منفی در این نقاط و در بعضی از سال‌ها کمبود آفتاب است و تداوم هوای ابری و بارانی ممکن است باعث کاهش محصول و تأخیر برداشت شود.

غلظت‌های مناسب اکسیژن و دی اکسید کربن

اتمسفر مناسب سرعت تنفس محصول را به حداقل می‌رساند، بدون این‌که از نظر متابولیکی به آن آسیب برسد. مواد غذایی مختلف نسبت به اتمسفرهای گوناگون تحمل متفاوت دارند. به‌طور کلی تقلیل O_2 و افزایش CO_2 برای کاهش فرآیندهایی چون نرم شدن بافت‌ها، شدت تنفس، شدت تولید اتیلن و تأثیر بر رسیدن مفید است (Kader, 2003) . محدوده تحمل نسبت به O_2 و CO_2 بدون این‌که آسیبی به محصول برسد به چندین عامل از جمله دما، شرایط فیزیولوژیکی و فرآیندهای مقدماتی بستگی دارد. چنانچه مقدار اکسیژن از حد تحمل اکسیژن محصولی کمتر و یا افزایش دی اکسید کربن از حداکثر تحمل دی اکسید کربن برای آن محصول بیشتر شود، صدمات فیزیولوژی خاصی به بافت آن وارد شده، سبب تشدید فرآیند پیری و کاهش کیفیت محصول می‌شود (Thompson, 2010) .

بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته

بسته‌بندی در اتمسفر تغییر یافته (MAP) عبارت است از بسته‌بندی مواد غذایی در بسته‌هایی با نفوذپذیری مختلف نسبت به گازها، به‌طوری که اتمسفر موجود در داخل آن عاملی برای جلوگیری از فساد و موجب حفظ کیفیت یا افزایش عمر فرآورده باشد. در این روش، ترکیب گاز موجود در بسته‌های با نفوذپذیری معلوم، با هدف کاهش در میزان تنفس، رشد میکروبی، فساد آنزیمی و افزایش ماندگاری اصلاح می‌شود (Xiong, 2000). بسته‌بندی میوه‌ها و سبزی‌ها با اتمسفر تغییر یافته روشی است که در آن محصول در پوششی از جنس پلیمر محدود می‌شود تا مقادیر گازهای دی اکسید کربن و اکسیژن داخل بسته با نیل به اهداف ذکر شده تغییر یابد (Gross *et al.*, 2004) .بسته‌بندی نمودن مواد غذایی با روش MAP اهدافی را دنبال می‌کند که عبارت‌اند از:

- حفظ مواد غذایی در مقابل حمله حشرات و میکروب‌ها.
- سهولت توزیع مواد غذایی بسته‌بندی در سطوح خرده‌فروشی و مصرف‌کنندگان.
- تنظیم گاز و بخار آب در درون بسته.
- افزایش مقاومت بسته‌بندی در مقابل نیروهای وارده همچون شوک فیزیکی و فشار وارده بر بسته‌بندی.
- افزایش عمر پس از برداشت و حفظ کیفیت محصولات.
- سهولت سرد کردن مواد غذایی بسته‌بندی شده.

- جلوگیری و کاهش نابسامانی‌های فیزیولوژیک(Sharon and Martha, 2010; Kader, 2003) .

استفاده از روش بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته، مزایا و معایب خاص خود را دارد که باید مد نظر قرار گیرند که در جدول (۱) به اختصار به آن‌ها اشاره شده است. ترکیب گازی در بسته‌بندی به روش اتمسفر تغییر یافته، برای هر محصول باید طوری انتخاب شود که علاوه بر به حداکثر رساندن مدت زمان انبارمانی محصول، سلامت و کیفیت محصول نیز در حد قابل قبولی حفظ شود.

جدول ۱- مزایا و معایب استفاده از بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته (تاج‌الدین، ۱۳۸۰؛ Kader, 2003; Farber, 2003)

مزایا
- افزایش زمان ماندگاری محصولات با حفظ خواص کیفی و پاسخگویی به تقاضای بازارهای دوردست
- کاهش میزان فساد و ضایعات در مواد غذایی و حفظ کیفیت از طریق کاهش تنفس
- حفظ تازگی محصول بدون استفاده از افزودنی‌ها و پرتودهی
- حفظ مقادیر کلروفیل
- کاهش واکنش‌های تخریبی از نوع اکسیداسیون
- برداشت محصول تازه در سطوح رسیدگی قابل قبول مصرف‌کننده
- کاهش هزینه‌های حمل و نقل با افزایش طول عمر نگهداری و حمل و نقل آن‌ها به وسیله قطار و کشتی
- نیاز کمتر یا عدم نیاز به مواد شیمیایی نگهدارنده
- فراهم نمودن محصول آماده مصرف و برش یافته
معایب
- هزینه افزوده MAP در مقایسه با محصول منجمد
- محدود بودن طول عمر نگهداری محصول بسته‌بندی شده
- ضرورت کنترل دما
- نیاز به تجهیزات و آموزش ویژه
- ایجاد مشکلات زیست محیطی به وسیله برخی پوشش‌های مورد استفاده

- اتمسفر تغییر یافته غیر فعال

در این روش، بر اساس میزان نفوذپذیری پوشش به گازها و سرعت تنفس محصول بسته‌بندی شده، اتمسفر درون بسته اصلاح می‌شود. چنانچه در طول زمان، سرعت تنفس محصول و میزان نفوذپذیری بسته هماهنگ شوند، یک تعادل سودمند به صورت غیر فعال در داخل بسته برقرار می‌شود. در واقع اتمسفر مورد نظر در اثر مصرف اکسیژن و تولید دی اکسید کربن طی فرآیند تنفس حاصل شده و شیبی در دو سمت پوشش بسته‌بندی ایجاد می‌کند که موجب تولید یک نیروی رانش برای حرکت گاز به داخل و یا خارج بسته‌بندی می‌شود . (Kader, 2003) قابلیت نفوذپذیری بسته به گاز، اجازه ورود اکسیژن را به داخل بسته در جهت جبران اکسیژن مصرف شده به وسیله محصول فراهم می‌سازد. به‌طور مشابه دی اکسید کربن باید از بسته‌ها خارج شود که در جهت ایجاد تعادل با میزان دی اکسید کربن تولید شده توسط محصول است. اگر محصول در تعادل با محیط اطرافش باشد، سرعت تبادل گاز در دو طرف به یک اندازه خواهد بود. بنابراین اگر غلظت گازهای تنفسی فضای اطراف محصول تغییر کند می‌تواند غلظت گازهای درون بسته را نیز تغییر دهد. این تغییر از یک طرف به ویژگی‌هایی مانند نوع و ضخامت لایه پلاستیکی بسته‌بندی بستگی داشته و از طرف دیگر با خصوصیات خود محصول مانند وزن محصول داخل بسته، نوع محصول، دمای رسیدگی و فعالیت میکرواورگانیزم‌ها مرتبط است(Kader, 2003)

- اتمسفر تغییر یافته فعال

برای ایجاد اتمسفر تغییر یافته فعال، به جای هوای معمولی، غلظت مناسبی از گازهای اکسیژن، دی اکسید کربن و نیتروژن به داخل بسته تزریق می‌شود. در این روش، اتمسفر مورد نظر با خارج کردن هوای معمولی از بسته با استفاده از تجهیزات سریع گازدهی یا ایجاد خلأ و جایگزینی سریع مخلوط گازی به جای هوای معمولی به وجود می‌آید. این روش دارای مزایایی است از جمله کاهش واکنش‌های تخریبی از نوع اکسیداسیون، جلوگیری از رشد و توسعه عوامل میکروبی، کاهش سریع واکنش‌های تنفسی در محصولات با شدت تنفس بالا و در نهایت بسته بالش مانند که از آسیب فیزیکی به محصولات حساس می‌کاهد. گرچه اتمسفر تغییر یافته فعال هزینه‌بر است ولی به علت ایجاد سریع اتمسفر مورد نظر مطلوب است (Kader, 2003). برای ایجاد این اتمسفر در بسته‌بندی محصولات، از یکی از روش‌های گاز فلاشینگ[3] یا گاز جایگزین استفاده می‌شود. در روش فلاشینگ، هوای داخل بسته، قبل از دربندی، با جریان مداومی از مخلوط گازی مورد نظر جایگزین می‌شود. در روش گاز جایگزین، با تخلیه هوای درون بسته، خلأ ایجاد شده و سپس با مخلوط گازی مناسب، پر شده و سپس درزبندی می‌شود (تاج‌الدین،۱۳۸۰؛ Kader *et al*., 1989; Farber *et al*., 2003).

- گازهای مورد استفاده در بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده

ترکیبات گازی متعارف هوا شامل ۷۸ درصد نیتروژن، ۲۱ درصد اکسیژن، ۰/۰۳ درصد دی اکسید کربن به همراه مقدار جزئی از گازهای دیگر است. در انبارهای اتمسفر کنترل شده و بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته، مخلوطی از گازهای اتمسفری (اکسیژن، دی اکسید کربن و نیتروژن) با نسبت‌های متفاوت نسبت به هوای معمولی را جایگزین می‌کنند که این نسبت بستگی به نوع محصول دارد (Coles *et al*., 2003) .

دی‌اکسید کربن در آب به‌خوبی حل می‌شود از این‌رو اگر از آن در فضای بسته‌بندی که حاوی مقداری رطوبت است استفاده گردد، فضای بسته‌بندی تا حدودی اسیدی شده که منجر به کاهش pH شده و اثر ضد باکتری پیدا خواهد کرد (Mullan, 2003). در نهایت با توجه به نوع محصول، کاهش زیاد pH می‌تواند اثرات جانبی مانند اسیدیفیکاسیون و یا استخراج شیره از محصول را نیز در پی داشته باشد. استفاده از ۳۰-۲۰ درصد حجمی از دی‌اکسید کربن در اتمسفر، می‌تواند موجب کاهش رشد کپک شود اما اگر مقدار مصرف شده زیاد باشد، باعث ایجاد طعم ترش نامطلوب در محصول می‌گردد (Thompson, 2010).

اکسیژن گازی است بی‌رنگ، بی‌بو و بی‌مزه که با بسیاری از ترکیبات شیمیایی واکنش می‌دهد و آن‌ها را اکسید می‌کند در ضمن، اکسیژن برای حیات ضروری است. اکسیژن به چندین واکنش فاسد شدنی شامل اکسیداسیون، واکنش قهوه‌ای شدن و تغییر رنگ کمک می‌کند. همچنین اکسیژن برای بسیاری از باکتری‌ها و قارچ‌ها که سبب پوسیدگی می‌شوند، مورد نیاز است. برای جلوگیری از پوسیدگی باید غلظت اکسیژن در داخل بسته‌ها کاهش یابد. کاهش میزان غلظت اکسیژن به‌منظور کند کردن تنفس، به دمای انبار بستگی دارد به‌گونه‌ای که با کاهش دما، اکسیژن کمتری مورد نیاز خواهد بود (Wills *et al*., 1998) .

گاز نیتروژن (N_2) جز اصلی تشکیل دهنده اتمسفر است. این گاز غیر قابل اشتعال، بی‌بو، بی‌رنگ و به عنوان گاز بی‌اثر در مقابل تمام ترکیبات شیمیایی است. بر خلاف دی اکسید کربن، در آب و مواد غذایی جذب نمی‌شود. گاز نیتروژن به تنهایی اثر محدودکنندگی در میکروارگانیسم‌ها ندارد. نیتروژن متناوباً در مواردی که از (N_2) خالص برای بسته‌بندی استفاده نمی‌کنند به صورت مخلوط با دی اکسید کربن به کار می‌رود و در چنین مواردی به عنوان گاز حامل عمل می‌کند و مانع از ایجاد خلأ مطلق (که احیاناً توسط نفوذ یا انحلال دی‌اکسید کربن در محصول ایجاد می‌شود) در فضای بسته می‌گردد. نیتروژن به صورت خالص نیز ممکن است برای بسته‌بندی تحت خلأ استفاده شود (Farber *et al*., 2003).

[3] Flashing

پیشینه تحقیق

در سال‌های اخیر، اثر اتمسفر تغییریافته بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و کیفی میوه‌ها و سبزی‌های مختلف مطالعه شده است. یکی از اثرات فیزیولوژیکی اتمسفر تغییر یافته بر متابولیسم میوه، کاهش شدت تنفسی در دوره انبارداری است که شامل کاهش در شدت سوخت و ساز کربوهیدرات‌ها، تولید CO_2، مصرف O_2 و آزاد شدن گرما است. بنابراین استفاده از MAP می‌تواند طول دوره ماندگاری یا انبارداری میوه‌ها را افزایش دهد. غلظت زیاد CO_2 بر شدت مصرف O_2 مؤثر است. آن‌ها به عنوان بازدارنده فعالیت اتیلن عمل می‌کنند و از سنتز خود به خودی اتیلن در برخی از میوه‌ها مانند زردآلو، آووکادو، گلابی و انجیر و موز ممانعت می‌نمایند (Pretel *et al*., 2000)

اکسیژن کاهش یافته یا دی اکسید کربن افزایش یافته رسیدن میوه را به تعویق انداخته، تنفس و تولید اتیلن را کاهش داده و سرعت نرم شدن بافت را کم می‌کند. اثر اکسیژن کاهش یافته و یا دی اکسید کربن افزایش یافته افزایشی بوده و بیش از اثر هر کدام به تنهایی است. چنانچه محصول در معرض CO_2 بیش از میزان تحمل خود قرار گیرد ممکن است دچار اختلالات فیزیولوژیک گردد و میزان اکسیژن پایین‌تر از حد تحمل محصول نیز سبب افزایش تنفس بی‌هوازی و تولید طعم‌های نامطبوع به واسطه انباشتگی اتانول و استالدئید شود.

میزان پایین اکسیژن یا مقدار بالای دی اکسید کربن می‌تواند بروز اختلاف فیزیولوژیکی ایجاد شده توسط اتیلن نظیر لکه‌های سوختگی را در سیب و گلابی کاهش دهد. سرمازدگی بعضی از محصولات نظیر آووکادو، پرتقال و فلفل نیز با استفاده از اتمسفر تغییر یافته کاهش می‌یابد.

تأخیر در فرایند پیری میوه‌جات و سبزی‌ها با اتمسفر تغییر یافته یا سایر روش‌ها میزان حساسیت آن‌ها را به پاتوژن‌ها کاهش می‌دهد ولی استفاده از اتمسفر تغییریافته به صورت نامناسب از التیام زخم‌ها ممانعت نموده، پیری را تسریع کرده و میوه‌ها و سبزی‌ها را به پاتوژن‌ها حساس می‌نماید (El. Goorani and Sommen, 1981).

اثر اتمسفر تغییر یافته بر رشد Carda cautel در انجیرهای خشک در تیمارهایی شامل سه دمای ۳۵، ۳۰، ۲۵ درجه سلسیوس و به مدت ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت نشان داده است که لاروها به میزان ۱۰۰ درصد در دمای ۳۰ درجه سلسیوس و زمان ۴۸ ساعت کشته شده‌اند. از طرفی هیچ‌گونه اثر نامطلوب در محصول در اثر این فرآیندها دیده نشد (Damar *et al.*, 1998).

اثر اتمسفر تغییر یافته بر رنگ و فعالیت پلی فنل اکسیداز در سیب‌های زرد قطعه شده نشان داده است که ماندگاری قطعات سیب خصوصاً در اتمسفر ۲/۵٪ اکسیژن + ۷٪ دی اکسید کربن+ ۹۰/۵٪ نیتروژن به مدت چند هفته افزایش یافت (Soliva-Fortuny *et al*., 2001).

نتایج محققان در کاربرد اثر اتمسفر تغییر یافته بر کیفیت انگور رومیزی نشان داده است که در مقایسه با نمونه‌های کنترل، انگورهای نگهداری شده تحت اتمسفر تغییر یافته کمترین تغییر را در میزان درخشندگی و سبزی نشان داده و بافت بهتری داشته‌اند. به‌علاوه در این نمونه‌ها تغییرات کمتری در pH، آروما و اسیدیته قابل سنجش مشاهده شد (Artes, Hernandez *et al*,. 2004).

مکان تحقیق

کارهای عملی این تحقیق در سال ۱۳۹۵ در سوله و آزمایشگاه‌های شیمی و ابزار دقیق بخش تحقیقات صنایع غذایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها:

مواد

در جدول ۲ مشخصات مواد شیمیایی و مواد اولیه به‌کاررفته و در شکل انواع فیلم و جاذب رطوبت نشان داده شده است.

جدول۲- مشخصات مواد شیمیایی و مواد اولیه به‌کاررفته

مواد				
طبیعی	شیمیایی			
	پوشش یا فیلم		پد یا جاذب رطوبت	
میوه یا محصول خیار	پلی اتیلن	پلی پروپیلن	نانو	واجدرطوبت	فاقدرطوبت
خریداری از	فروشگاه برادران مجیدی	فروشگاه برادران مجیدی	شرکت بسپار شریف آقای دکتر رسول لسان خوش منفرد	شرکتی در ارومیه آقای مهندس حجتی	

شکل ۱- انواع فیلم و جاذب رطوبت

لوازم و تجهیزات

در جدول ۳ مشخصات دستگاه‌ها و لوازم آزمایشگاهی به‌کاررفته نشان داده شده است.

جدول۳- مشخصات دستگاه‌ها و لوازم آزمایشگاهی به‌کار رفته

نام دستگاه	شرکت سازنده / کشور	تنظیمات به کار رفته در این پروژه
سردخانه		دما ۶ و ۸ درجه سلسیوس رطوبت نسبی ۹۰٪ و ۸۰٪
MAP	HenkelMan Boxer 42 /هلند	-
بافت‌سنج[۴]	Housfiled-H5K-S/ انگلستان	لودسل ۵۰۰ و پروب۵ میلی متری ته گرد با سرعت ۳۰۰ میلی متر بر دقیقه (۵ میلی متر بر ثانیه)

[4] Texture Analayzer

رنگ‌سنج	KonicaMinolta-CR-400/ژاپن	-
رفراکتومتر	دیجیتالی مدل INDEX ، Ramsey England, PE261 / Cam	دمای محیط
pH متر	Metrohm-691 /سوئیس	روش ارائه شده در استاندارد شماره ۲۳۷ و ۱۱۶ ایران کالیبره کردن دستگاه با بافر ۴ و ۷ .
آب میوه گیری	Moulinex/ فرانسه	-
ترازو با دقت ۰/۰۱گرم	EK-2000i- A&D/ ژاپن	-
دوخت حرارتی	سپهر الکترونیک/ ایران	۲۲۰V ، ۳۰۰ W با درجه ۱۰
کاغذ صافی	واتمن	-

تهیه محصول:

نمونه‌های خیار با نام ایرانی سوپر سلطان از شرکت تولید کننده Seminis با نام تجاری Xtrem از گلخانه‌ای درمنطقه هشتگرد (ساوجبلاغ) از گلخانه آقای مهندس کرم زاده خریداری گردید. پس از برداشتی که توسط کارگران آن گلخانه انجام شد میوه‌ها در ابتدا به منظور عملیات پیش‌سرد کردن[5] جهت پایین آوردن شدت تنفس که معمولاً در ساعات اولیه برداشت بیشتر است در ظرف بزرگی از آب ۱۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ دقیقه قرار گرفتند. سپس با هوای محیط توسط پنکه‌ای که با فاصله قرار داشت خشک گردیده و به ستاد موسسه انتقال داده شد.

شکل ۲- بسته‌های تهیه شده و مکان بسته‌بندی پیش از تیماردهی

پس از انتقال میوه‌ها به پایلوت تحقیقاتی موسسه، بر اساس یکنواختی از نظر اندازه و رنگ، خرابی، لکه‌دار و یا ضربه‌خوردگی جداسازی شدند و به آزمایشگاه‌های بخش تحقیقات مهندسی صنایع غذایی و فناوری‌های پس از برداشت منتقل گردید و سپس وزن میوه‌ها در هر بسته اندازه‌گیری و یادداشت شد.

[5] Pre – Cooling

شکل ۳- خیارهای خریداری شده پیش از تیماردهی

آماده سازی و بسته‌بندی محصول

هر یک از بسته‌ها با وزن تقریبی حدود ۵۵۰ تا ۶۵۰ گرم در یکی از انواع فیلم‌ها یا پوشش‌های پلیمری؛ (پلی‌اتیلن، پلی-پروپیلن و نانو) بسته‌بندی گردیده و برای بسته‌بندی بصورت غیر فعال [6] از دستگاه دوخت حرارتی برای درب‌بندی آنها استفاده شد ولی بسته‌هایی که با ترکیب‌های گازی پر می‌شدند توسط همان دستگاه اتمسفرتغییر یافته، در حین پر کردن گازها، درب‌بندی می‌شدند (شکل ۴).

شکل ۴- آماده سازی برای تیماردهی با استفاده از دستگاه MAP

بر اساس متغیرهای ۳ نوع فیلم یا پوشش پلیمری (PE, PP, Nano) و کاربرد جاذب (WA,WOA) و استفاده از اتمسفر

[6] passive

فعال یا اتمسفر غیرفعال ($G1, G_2, G_3$) به شرح زیر کدبندی شدند:

PE = (WA، جاذب رطوبت؛ WOA ، بدون جاذب رطوبت)

PP= (WA ، جاذب رطوبت؛ WOA ، بدون جاذب رطوبت)

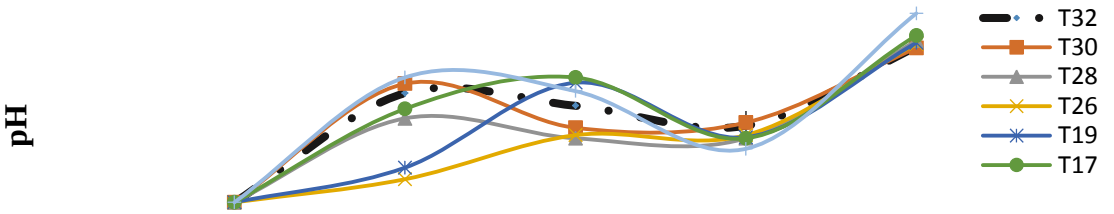
Nano = (WA ، جاذب رطوبت؛ WOA ، بدون جاذب رطوبت)

G_1 = ۳٪ اکسیژن ، ۵٪ دی اکسیدکربن و ۹۲٪ نیتروژن ؛ G_2 = ۳٪ اکسیژن ، ۱۵٪ دی اکسیدکربن و ۸۲٪ نیتروژن؛ = G_3 بدون استفاده از گاز یا حالت اتمسفر غیر فعال (Passvie)

روند تأثیر مدت زمان نگهداری بر شاخصهای کیفی تیمارهای باقی مانده تا هفته چهارم

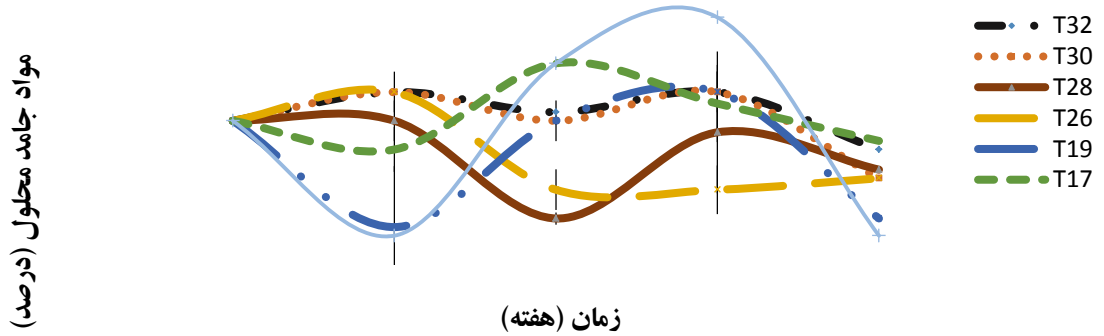
در بررسی تیمارهای باقیمانده در هفته چهارم مشاهده شد که در دمای ۶ درجه سانتی گراد تیمارهایی که در آن از MAP استفاده شده بود توانسته بودند شرایط دمایی سرد را پشت سر بگذارند همچنین وجود جاذب بر تیمارها تاثیر مثبت داشت البته با افزایش میزان CO2 در ترکیب گازی شرایط برای تیمارهای بدون جاذب هم فراهم شده بود.

در بین تیمارهای باقی‌مانده طی چهار هفته نگهداری pH به طور کلی روند افزایشی داشته است. گرچه در هفته‌های دوم و سوم بین تیمارها تفاوت وجود داشت، با گذشت زمان pH نمونه‌ها در تیمارهای مختلف به یکدیگر نزدیک شد (شکل ۵).



شکل ۵- روند اثر زمان ماندگاری بر میزان pH

علی‌رغم تفاوت‌های موجود بین میزان مواد جامد محلول در تیمارهای مختلف به ویژه در هفته‌های دوم و سوم، میزان مواد جامد در هفته چهارم کمابیش مشابه و کمتر از مقدار آن در شروع آزمون بود. روند تغییرات در برخی تیمارها نظیر T_5 در مقایسه با تیمارهایی نظیر T_{26} نوسانات بیشتری داشت. (شکل ۶)

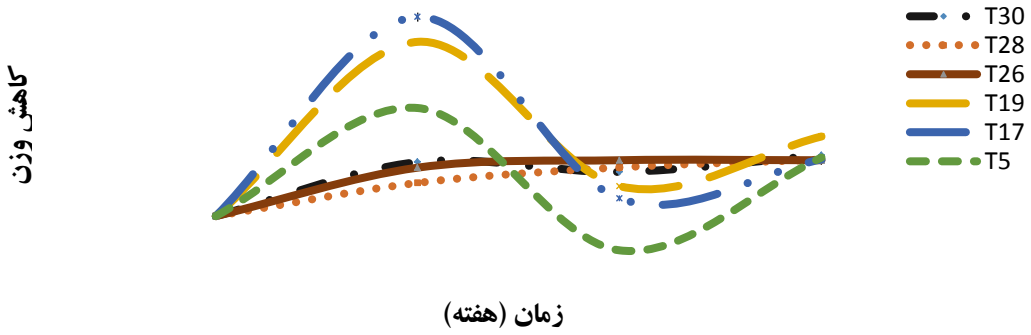


شکل ۶- روند اثر زمان ماندگاری بر میزان مواد جامد محلول

به دلیل فساد و آلودگی قارچی نمونه‌ها در هفته چهارم این ویژگی در این هفته قابل اندازه‌گیری نبود لذا در هفته سوم با مقایسه نمونه‌های باقیمانده در هفته چهارم می‌توان بیشترین امتیاز را به کد T۲۶ (بدون گاز=passive، پوشش پلی‌اتیلن، با

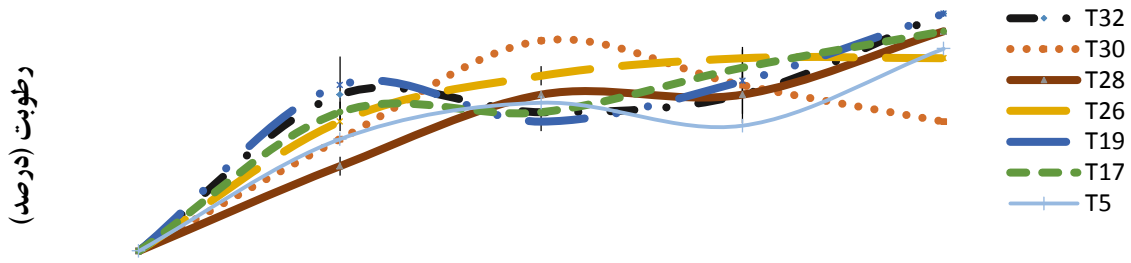
جاذب و دمای نگهداری ۸ درجه سلسیوس) داد. تحقیقات پیشین حاکی از آن بود که نوع ترکیب گازی با پوشش‌های مختلف بر میزان کاهش وزن تأثیر دارد و این پژوهش با تحقیقات سایر محققان تا هفته دوم مطابقت، ولی از هفته دوم به بعد مطابقت نداشت (Tomkins & Cumming., 1988; Manjunatha & Anurag.,2014).

بیشترین میزان افت وزن (شکل ۷) در هفته اول مشاهده شد و از این لحاظ بیشترین تفاوت میان تیمارهای مختلف نیز پس از یک هفته نگهداری اتفاق افتاد. در هفته دوم تیمار T۵ افت وزن منفی داشت که می‌تواند به دلیل کندانس شدن بخار آب موجود در هوای اطراف نمونه باشد. در نهایت همانند pH و میزان مواد جامد محلول، پس از سه هفته نگهداری افت وزن در تمامی تیمارها تقریباً مشابه بود و به حدود ۲-۳ درصد رسید. این تفاوت بین هفته اول و هفته‌های دوم و سوم می‌تواند بیانگر تفاوت شدت فعالیت‌های متابولیسمی ایجاد شده در اثر ترکیبات مختلف گازی باشد.



شکل ۷- روند اثر زمان ماندگاری بر میزان افت وزن

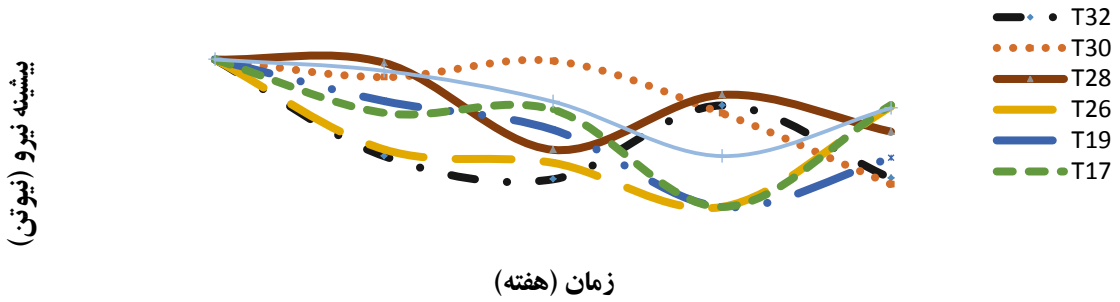
همان‌طور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود، طی چهار هفته نگهداری، نمونه‌های خیار به تدریج نرم‌تر شده‌اند. روند کاهش در قالب موارد خطی نیست. به نظر می‌رسد افزایش‌های مختصر ثبت شده در هفته‌های مختلف برای هر تیمار، بیانگر ایجاد حالت چرمی و سفت شدگی در اثر از دست دادن رطوبت بوده است و نرم‌تر شدن پس از آن بیانگر پیشرفت روند پیری و گسیختگی میکروسکوپی بافت پوست خیار است.



شکل ۸- روند اثر زمان ماندگاری بر میزان رطوبت

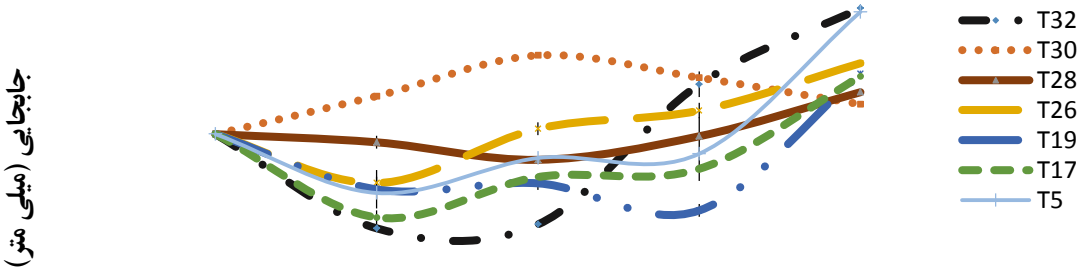
به طور کلی میزان جا به جایی به ازای بیشینه نیرو در پایان چهار هفته نگهداری افزایش یافته است (شکل ۹) که بیانگر

کاهش تردی بافت و ایجاد حالت چرمینگی در بافت نمونه‌ها است.



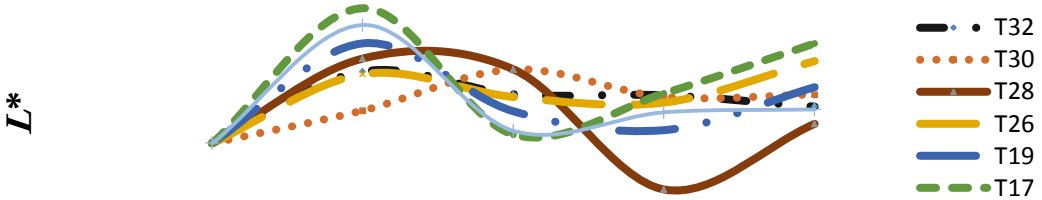
شکل ۹- روند اثر زمان ماندگاری بر میزان بیشینه نیرو (سفتی بافت)

از لحاظ میزان روشنایی بیشترین تأثیر تیمارها در هفته دوم مشاهده شد که نشان دهنده تمایل به رنگ روشن‌تر و سفیدتر در مقایسه با هفته اول است. در مورد خیار این تغییر چندان مطلوب نیست. کاهش مجدد روشنایی با توجه به تغییرات a* و b* می‌تواند نشانه کدر شدن تدریجی رنگ در اثر رشد کپک و مخمر و فرایند پیری بافت باشد. در مجموع تغییرات روشنایی در تمامی تیمارهای باقی مانده در حد مناسبی بود (شکل ۱۰).



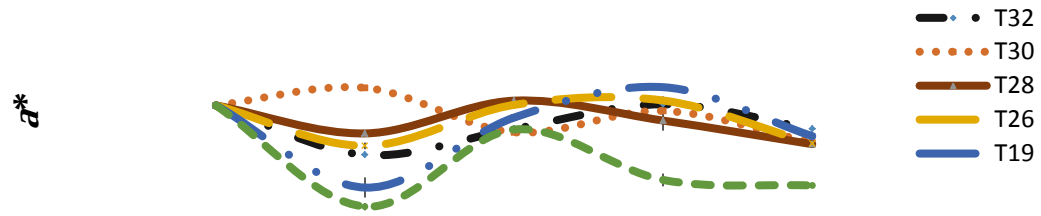
شکل ۱۰- روند اثر زمان ماندگاری بر میزان جا به جایی به ازای بیشینه نیرو

تغییرات a* در مجموع چهار هفته نگهداری قابل ملاحظه نیست. تیمارهایی نظیر T_5 و T_{17} که در سایر شاخص‌های پیشین نیز متناوباً در هفته‌های مختلف کم و زیاد شده بودند، در این شاخص نیز تغییراتی متناسب با سایر شاخص‌ها داشتند (شکل ۱۱).



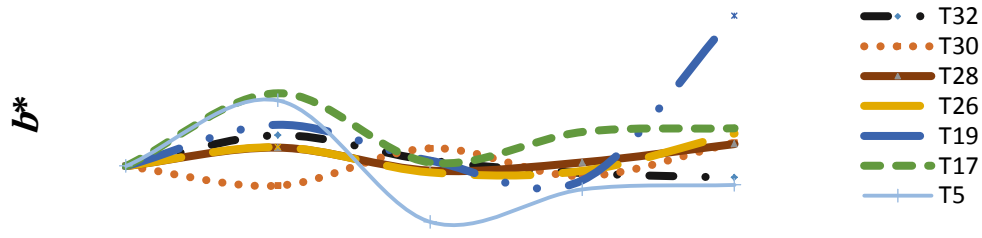
شکل ۱۱- روند اثر زمان ماندگاری بر میزان روشنایی (*L)

در بین تیمارهای باقی مانده تا هفته چهارم تغییرات b* در مجموع قابل ملاحظه نیست (شکل ۱۲) و میزان زردی نمونه‌ها افزایش مختصری داشته است، به جز تیمار T_{19} که نمونه‌ها زردتر از سایر تیمارها و لحظه شروع نگهداری بوده‌اند.



شکل ۱۲-روند اثر زمان ماندگاری بر میزان (*a)

بیشترین تغییرات رنگ در هفته اول مشاهده شد. در این هفته اثر تیمارها بر شاخص کلی رنگ قابل ملاحظه و قابل تشخیص با چشم انسان معمولی بود. به تدریج اثر تیمارها مشابه شده است به جز تیمار T_{19} که دو تا سه واحد بیشتر از سایر تیمارها بوده است، این تفاوت احتمالاً به دلیل زرد شدن پوست خیار در مقایسه با سایر تیمارها بوده است (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- روند اثر زمان ماندگاری بر میزان (*b)

این نتایج به طور کلی با یافته های پیشین در خصوص استفاده از روش بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده روی محصول فلفل

دلمه‌ای مطابقت دارد. در این تحقیقات نیز استفاده از اتمسفر اصلاح شده ضمن ممانعت از خطر آسیب سرمازدگی در محدوده دمای سرد ۴ تا ۱۰ درجه سلسیوس باعث افزایش زمان ماندگاری و کاهش تنفس و به دنبال آن افزایش خواص کمی و کیفی نظیر سفتی رنگ، کاهش افت وزن و کاهش درصد رطوبت، کاهش تغییرات مواد جامد محلول و pH، کاهش تنفس و میزان آلودگی ظاهری یا بصری از نظر قارچ، کپک و بیماری‌های فیزیولوژیک شده است . (Nyanjagem *et al*., 2005; Manolopoulou.,2010)

نتیجه‌گیری

- نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از روش بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده در دمای پائین می‌تواند موجب حفظ کیفیت محصول و افزایش طول دوره شود.
- بررسی نتایج بدست آمده از این پژوهش بیانگر آن است که ترکیب گازی (۳٪=O2، ۵٪= CO2، ۹۲٪ =N2) G1= و همچنین ترکیب گازی (۳٪=O2، ۱۵٪= CO2، ۸۲٪ =N2) = G2 هر دو در دمای ۶ درجه سلسیوس با پوشش پلی-پروپیلن سبب افزایش ماندگاری محصول خیار گردیده است. این پژوهش نشان داد که نرخ تنفس خیار در طول نگهداری در دمای ۶ درجه به طور قابل توجهی کاهش یافته که استفاده از اتمسفر اصلاح شده در کاهش صدمات سرمایشی و حفظ کیفیت خیار سودمند واقع شده است همچنین استفاده از جاذب رطوبت و یا بدون جاذب رطوبت در ترکیب گازی (۳٪=O2، ۱۵٪= CO2، ۸۲٪ =N2) = G2 و استفاده از جاذب رطوبت برای ترکیب گازی (۳٪=O2، ۵٪= CO2، ۹۲٪ =N2) G1= موجب حفظ بهتر خواص کمی و کیفی شده است.
- در اتمسفر غیرفعال (passive) با هر دو حالت؛ کاربرد جاذب رطوبت و بدون جاذب رطوبت در دمای ۸ درجه سلسیوس سبب افزایش ماندگاری محصول گردید.

پیشنهادات

- استفاده از اتمسفرتغییر یافته (MAP) با دو ترکیب گازی (O_2=۳٪، CO_2= ۵٪، N= ۹۲٪) G1 و (O_2=۳٪، CO_2= ۱۵٪، N= ۸۲٪)=G2 می‌تواند برای جلوگیری از خسارت -سرمازدگی این محصول طی مدت مورد استفاده قرارگیرد.
- پیشنهاد می‌گردد در تحقیقات بعدی از سایر ترکیبات گازی در دماهای مختلف استفاده نمود و تاثیر آن بر ماندگاری ارقام مختلف خیار مطالعه گردد.
- پیشنهاد می‌شود اثر استفاده از سایر ترکیبات گازی بررسی شود.
- اثر استفاده از تغییر اتمسفری بر سایر محصولات گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

۱. بی‌نام. (۱۳۸۳) مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران: فرآورده های میوه و سبزی- اندازه گیری مقدار مواد جامد محلول- روش رفرکتومتری. شماره استاندارد ۷۹۹۴، چاپ اول.

۲. جعفرنیا، س. و همائی، م. ۱۳۹۰. راهنمای جامع و مصور کشت گلخانه‌ای خیار، گوجه‌فرنگی، فلفل و توت‌فرنگی. انتشارات سخن گستر. ۴۸۰ صفحه.

۳. حسینی، ز.. "روش‌های متداول در تجزیه مواد غذایی". انتشارات دانشگاه شیراز، ۲۱۰ ص.

۴. دانشور، م. ح. ۱۳۷۳. "پرورش سبزی". چاپ چهارم.انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.

۵. راحمی، م.. "فیزیولوژی پس از برداشت مقدمه ای بر فیزیولوژی و جابجایی میوه و سبزی ها". ترجمه . چاپ

اول.انتشارات دانشگاه شیراز.

6. Abadias, M., Alegre, I., Oliveira, M. and Altisent, R. (2012). Growth potential of Escherichia coli O157:H7 on fresh-cut fruits (melon and pineapple) and vegetables (carrot and escarole) stored under different conditions. Food Control, 37:37–44.
7. Abdel-Bary, EM. (2003). Hand Book of Plastic Films". Rapra Technology Ltd., UK: Shawbury.
8. Adamicki, F. (1985). Effect of storage temperature and wrapping on the keeping quality of cucumber fruits. Acta Horticult 156:269–272.
9. Alavi,S., Thomas, S., Sandeep, K.P., Kalarikkal, N., Varghese, J. and Yaragalla, S. 2015. "Polymers for packaging applications: .Apple academic press.Inc. Canada.
10. Cagnon, T., Méry, A., Chalier, P. and Gontard, N. (2013). Fresh food packaging design: A requirement driven approach applied to strawberries and agro-based materials. Innovative Food Science and Emerging Technologies, In Press.
11. Dewey, D.H., Stout, B.A., Matthews, R.H., Bakker-Arkema, F.W. and Herrick, J.F. (1966). Development of A Hyhrohandling System for Sorting and Sizing Apples for Storage in Pallet Boxes. Agricultural Research Service United States Department of Agriculture in Cooperation with Michigan State University Agricultural Experiment Station, 2(3): 1-31.
12. Dhall R.K, Sharma S.R, Mahajan B.V.C. (2010). Effect of shrink wrap packaging for maintaining quality of cucumber during storage. J Food Sci Technol. doi:10.1007/s13197-011-0284-5.
13. El. Goorani, M. A. and Sommen, N. F. (1981). Effects of modified atmospheres on postharvest pathogens of fruits & vegetables. Horticultural Review, 3: 412.
14. Farber, J.N., Harris, L. J., Parish, M. E., Beuchat, L.R., Suslow, T.V., Gorney, J.R., Garrett, E.H., and Busta, F.F. (2003). Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce. Comprehensive Review in Food Science and Food Safety, 2, 142-160.
15. Femenia, A., E. S. Sanchez, S. Simal and C. Rossello. (1998). Developmental and ripening-related effects on the cell wall of apricot (Prunus armeniaca) fruit. J.Sci.Food Agric. 77:487-493.
16. Gawad. 2013. "Effect of Hot Water Dips and Modified Atmosphere Packaging on Extend the Shelf Life of Bell Pepper Fruits". WULFENLA. JOURNAL KLAGEN FURT AUSTRIA ISSN; 1561-882X Vol 20, No. 3;Mar 2
17. Gonza´lez, J., Ferrer, A., Oria, R. and Salvador, M. (2008). Determination of O_2 and CO_2 transmission rates through microperforated films for modified atmosphere packaging of fresh fruits and vegetables. Journal of Food Engineering, 86:194–201.
18. Gross, K.C., Wang, C.Y. and Saltveit, M. (2004). The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. USDA-ARS, Plant Sciences Institute.
19. Meidani, J. (2003). Introduction to the processing & storage of agricultural products. Shahid Chamran university Press Ahvaz- Iran. (in Farsi).
20. Mokryzycki, W. and tatol, M. (2011)Color difference Delta E- A survey. Machine Graphics and Vision. 20(4): 383-411.
21. Mount, E. and Wagner, J. (1997). Interaction between product and package. In: Brody AL, Marsh KS (Eds) The Wiley encyclopedia of packaging technology, New York.
22. Mullan, M. and McDowell, D. (2003). Modified Atmosphere Packaging. In Coles, R.,

McDowell, D. and Kirwan, M. (Eds) Food Packaging Technology, London: Blackwell Publishing.

23. Nur Dirim, S., Ozlem Ozden, H., Bayındırli, A. and Esin, A. (2004). Modification of water vapour transfer rate of low density polyethylene films for food packaging. Journal of Food Engineering, 63:9–13.
24. Nyanjagem, O., Nyalalas, P.O., Illaa, O., Mugob, W., Limbe, A.E., Vulimu, E.M .(2005). Extending Post- Harvest Life Of Sweet Pepper (Capsicum annum L. California Wonder) With Modified Atmosphere Packaging Storage Temperature. AGRICULTURA TROPICA ET SUBTROPICA. VOL. 38(2) 2005.
25. Ozdemir.M and Floros.J.D.., 2004. Active Food Packaging Technologies, critical Reviews in food science and nutrient, 44: 185-193.
26. Paine, Y. and Frank, A. (1992). Hand Book of Packaging. Chapman and hall. LTD.
27. Pretel, M. T., M. Souty and F. Romojaro. (2000). Use of passive and active modified atmosphere packaging to prolong the postharvest life of three varieties of apricot (Prunus armeniaca L.). Eur Food Res Technol. 211:191-198.
28. Rodov, V., Ben-Yehoshua, S., Albagli, R., Fang, D.Q. (1995). Reducing chilling injury and decay of stored citrus fruit by hot water dips. Postharvest Biology and Technology, 5: 119-127
29. Saltveit, M. E., Jr. (1997). A summary of CA and MA requiremen ons for harvested vegetables. In M.E. Saltveit (Ed), Proceedings of the 7th International Controlled Atmosphere Research Conference: Vol. 4 (pp. 98-117), Davis, CA, USA.
30. Vargas, M, Ablors A, Chriralt A, Gonzalez Martinez C.2006. Quality of cold – sored strawberries as affecte by chitosan –eleic acid edible coatings Postharvest Biol Technol 41: 64-71.
31. Wills, R., Meglasson, B., Graham, D. and Goyce, D. (1998). Postharvest and Introduction to the PHysiology & Handling of fruit vegetables & Ornamentals. New York: CAB International. 262P.
32. Xiong, L. (2000). Extend shelf life of mushroom by using micro-perforated film. Department of Food Science. A Research Proposal. 1-6.
33. Yam, K. L. and Lee, D. S. (1995). Active Food Packaging. Chapman and hall. LTD.
34. Zagory, D. (1999). Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. Postharvest Biology and Technology, 15:313-321.
35. Zagory, D. and Kader, A. A. (1988). Modified atmosphere packaging of fresh produce. Journal of Food Technology, 42(9):70-77.