

بررسی اثر نوع بسته بندی و شرایط نگهداری بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی و حسی خیار گلخانه ای

علی شهدادی ساردو*^۱، ناصر صداقت^۲، مسعود تقی زاده^۳، الناز میلانی^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

نویسنده و مسئول مکاتبات: ashahdadi67@yahoo.com

^۲ دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۳ استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۴ استادیار پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی؛ جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ایران

چکیده

از مهم ترین نکات جهت کاهش ضایعات محصولات کشاورزی مانند خیار توجه به عوامل پس از برداشت، از جمله انبارداری می باشد. در این زمینه عوامل متعددی در نگهداری بهینه محصولات باغی موثر می باشند که از آن جمله می توان به دما، رطوبت، فشار، اتمسفر، نوع پوشش دهی و بسته بندی اشاره نمود. در این پژوهش به منظور جلوگیری از ضایعات پس از برداشت خیار گلخانه ای رویال نمونه ها را در کیسه های پلاستیکی سه لایه PE/PA/PE قرار داده و از پلی ساکارید کیتوزان بعنوان پوشش (۱-۰ درصد) و تحت شرایط بسته بندی MAP (۳ و ۱۲ درصد اکسیژن) و اتمسفر معمولی (۲۱٪) بسته بندی نموده و در دماهای (۵، ۱۵ و ۲۵ درجه سانتیگراد) به مدت ۲۱ روز نگهداری شدند. در آزمایشات انجام شده تأثیر این شرایط کنترل شده در مقایسه با نمونه های خیار بدون پوشش و نگهداری شده در شرایط اتمسفر معمولی بر روی خواص فیزیکی و کیفی خیار در طی دوره انبار مورد بررسی قرار گرفت. خواص مورد بررسی شامل کاهش وزن نمونه های خیار (٪)، تغییرات رنگ (ΔE^*)، تافنس (ژول) و خواص حسی (طعم و مزه) بود. نتایج نشان داد که با بکار بردن ۰/۵ درصد پوشش کیتوزان و نگهداری خیار گلخانه ای در دمای زیر ۱۰ درجه سانتیگراد تحت بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده (۹ درصد اکسیژن) می توان زمان ماندگاری این محصول را تا حدود ۱۵ روز افزایش داد. در این شرایط حداقل میزان کاهش وزن و تغییرات رنگ و همچنین حداکثر سفتی بافت و امتیاز طعم و مزه به ترتیب ۲/۷۵٪، ۳/۲۷، ۱/۸۵ ژول و ۴/۳۵ بدست آمد.

واژگان کلیدی: خیار گلخانه ای، بسته بندی MAP، پوشش کیتوزان، تافنس

مقدمه

میوه ها و سبزیجات از جمله خیار نقش مهمی در تغذیه سالم دارند و در لیست اولویت های مصرف کننده از اهمیت بالایی برخوردار هستند. با این حال مشکل عمده خیار و سایر میوه ها و سبزیجات تازه، مدت ماندگاری کوتاه آنهاست که منجر به فساد سریع و تجزیه محصول و در نهایت پذیرش نامطلوب و بازار پسنندی منفی می گردد (Ščetar et al, 2010). میوه ها و سبزیجات پس از برداشت موجودات زنده ای هستند و به طور پیوسته متابولیسم خود را انجام می دهند. ویژگی آنها از جمله از نظر تغذیه ای و ظاهر در طول فرآیند نگهداری و حمل و نقل به علت از دست دادن رطوبت، قهوه ای شدن، پوسیدگی و غیره افت می کند، بنابراین ارزش تجاری نیز کاهش می یابد و صدمات بسیاری را به تولید کننده وارد می نماید (Jianglian & Shaoying, 2013).

ایران با تولید سالانه بیش از ۲ میلیون تن خیار پس از چین و ترکیه در رتبه ی سوم تولید این محصول در جهان قرار دارد (جهاد کشاورزی). سالانه هزاران تن محصولات سبزی و صیفی در هر دوره از کشت برداشت می شود که خیار بالاترین میزان تولید محصولات گلخانه ای را به خود اختصاص داده است. ۳۴۲۰ هکتار از گلخانه های کشور تحت کشت خیار قرار دارد که عمدتاً در ماه های آذر تا خرداد ماه به تولید می رسد و می توان گفت که در تمامی سال این محصول از نقاط مختلف کشور برداشت می شود. خیار در مقابل سرما حساس و طالب گرماست، چنانچه دمای شب پائین تر از ۵°C باشد میوه ها بحد کافی تشکیل نمی شوند و یا اینکه اختلالات فیزیولوژیکی در آنها ظاهر می گردد. طبق آمار گمرک جمهوری اسلامی ایران در سال ۱۳۹۰ بیش از ۱۸۸ هزار تن خیار و خیارشور تازه یا سرد کرده به ارزش بیش از ۱۴۴ میلیون دلار به کشورهای عراق، روسیه، آذربایجان، افغانستان و امارات صادر شده است.

با این وجود معضل اصلی تولید خیار گلخانه ای در ایران مراحل پس از برداشت و مدت ماندگاری کوتاه آن است که ناشی از کاربرد روش های سنتی و غیر بهداشتی می باشد. برای مثال چروکیدگی و از دست دادن آب و متعاقب آن کاهش ویتامین ها در خیار از مواردی هستند که در بازه زمانی برداشت محصول تا عرضه به مصرف کننده موجب کاهش کیفیت ظاهری و ارزش غذایی آن می گردند. از راهکارهای حل این مشکل می توان به استفاده از روش های دمای پایین، بسته بندی در اتمسفر اصلاح شده، تابش و پوشش دهی و تیمار با مواد نگهدارنده اشاره نمود (گورا و همکاران، ۲۰۱۱). بسته بندی به تنهایی و یا در ترکیب با پوشش خوراکی در بین این اقدامات، به دلیل خصوصیات ویژه آنها از روش های امیدوار کننده است که توانسته از دست دادن رطوبت و رایحه را جلوگیری و از نفوذ اکسیژن به بافت گیاهی یا رشد میکروبی ممانعت نماید (اجاق و همکاران، ۲۰۰۵).

بسته بندی در اتمسفر اصلاح شده (MAP¹) یک تکنیک خاص نگهداری می باشد که باعث به حداقل رساندن فعالیت های فیزیولوژیکی و فساد محصولات می شود. در حال حاضر، از بسته بندی اتمسفر اصلاح شده برای افزایش ماندگاری بسیاری از میوه ها و سبزیجات استفاده می شود (Ahmadi et al, 2008). بسته بندی اتمسفر اصلاح شده عبارت است از به کارگیری مخلوط گازها با ترکیبی متفاوت از هوای معمولی که محصول را احاطه کرده و موجب افزایش عمر انباری محصولات می شود (Blakistone, 1999).

¹-Modified Atmosphere Packaging

مهمترین پارامترها در موفقیت بسته بندی MAP، استفاده از ترکیب گازی بهینه، فیلم بسته بندی و دمای مناسب می باشد. این روش نگهداری کیفیت تازه فرآورده های غذایی را بدون عملیات حرارتی و شیمیایی مانند کنسرو کردن و خشک کردن میسر می کند (Manolopoulou et al, 2010). در سال های اخیر مطالعات گسترده ای بر روی تاثیر بسته بندی اتمسفر اصلاح شده بر خصوصیات کیفی میوه ها صورت گرفته است. چیابرانلو و گیاکالون (۲۰۰۹) به بررسی تاثیر بسته بندی اتمسفر اصلاح شده بر کیفیت میوه ذغال اخته نگهداری شده در دمای صفر درجه سانتیگراد طی ۲۸ روز پرداختند. مواد جامد محلول، محتوای آنتوسیانین برای نمونه های کنترل نسبت به نمونه های بسته بندی شده بالاتر بدست آمد. همچنین نتایج نشان داد نگهداری در فیلم های پلاستیکی، افت وزنی را کاهش داد و خواص حسی را بهتر حفظ نمود. بایگانسکا-مارسیک و همکاران (۲۰۰۴) تاثیر بسته بندی اتمسفر اصلاح شده، بسته بندی وکیوم و هوای معمولی را بر کیفیت سیب های حداقل فرآوری شده مطالعه کردند.

همچنین جدیدترین روش ها در بهبود ماندگاری سبزیجات تازه کاربرد پوشش های خوراکی می باشد که دارای خاصیت ضدباکتریایی، ممانعت کننده مهاجرت، رطوبت و گاز می باشند که در این بین کیتوزان به دلیل دارا بودن خصوصاتی از قبیل غیر سمی بودن، زیست تخریب پذیر و زیست سازگار بودن کاربرد گسترده ای در ماندگاری خیار داشته است. بعلاوه افزودن اسانس های روغنی به پوشش خوراکی به عنوان یک نگهدارنده طبیعی می تواند خاصیت ضدباکتریایی پوشش را افزایش دهد. در تحقیقی قاسم نژاد و همکاران (۲۰۱۲) پوشش خوراکی کیتوزان را برای افزایش ماندگاری دانه های انار به مدت ۱۲ روز در ۴ درجه سانتیگراد مورد استفاده قرار دادند. نتایج نشان داد پوشش کیتوزان، رشد باکتری و قارچ را در سطح دانه های انار مهار کرد. همچنین محتوای آب دانه های پوشش داده شده با ۰/۵ و ۱٪ کیتوزان در طول ۱۲ روز ذخیره سازی حفظ شد. کیتوزان افزایش در مواد جامد محلول (TSS) و اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) دانه ها را طی مدت ماندگاری کاهش داد در مقابل، استفاده از کیتوزان کاهش در محتوای فنل کل، آنتوسیانین کل و ظرفیت آنتی اکسیدانی طی نگه داری را به تعویق انداخت.

بررسی های انجام شده نشان داد که کار تحقیقاتی در زمینه بهبود کیفیت و افزایش مدت ماندگاری خیار با استفاده از تکنیک های نوین بسته بندی و پوشش های خوراکی صورت نگرفته است، بنابراین در این پژوهش بررسی شرایط مختلف بسته بندی خیار گلخانه ای رویال و ارزیابی ویژگی های کاهش وزن، تغییرات رنگی، بافت سنجی و خواص حسی طی دوره نگهداری مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش ها

خیار رویال (رقم متداول کشت گلخانه ای ایران) از گلخانه تهیه گردید. پوشش کیتوزان نیز ساخت شرکت سیگما آلد ریچ بود. روش کار نیز به این صورت بود که نمونه برداری از خیارهای تازه در شکل و اندازه تقریباً یکسان انجام گردید. خیارها با روش نمونه برداری تصادفی انتخاب و سپس با آب معمولی ۵ درجه سانتیگراد شستشو داده شد. در بسته بندی از پوشش کیتوزان (فاقد پوشش، ۰/۵ و ۱ درصد) استفاده شد. سپس نسبت های مشخص گازها به وسیله دستگاه مخلوط کننده گاز تهیه و درون بسته ها به دو روش فعال (۳٪ اکسیژن + ۹۷٪ ازت، ۱۲٪ اکسیژن + ۸۸٪ ازت) و غیر فعال (ترکیب هوای معمولی به عنوان نمونه شاهد، ۲۱٪ اکسیژن + ۷۸٪ نیتروژن، ۳٪ دی اکسید کربن، ۰/۹٪ آرگون) تزریق شد. در این تحقیق از دماهای مختلف (۵، ۱۵ و ۲۵ درجه سانتیگراد) در مدت انبارداری (۳، ۱۲ و ۲۱ روز) استفاده گردید.

آزمون ها

کاهش وزن: برای بررسی این آزمون پس از آماده سازی نمونه ها قبل از بسته بندی وزن اولیه نمونه ها را توسط ترازوی کفه ای با دقت ۰/۰۰۱ اندازه گیری کرده و همچنین پس از پایان دوره ی نگهداری نمونه ها را توسط همان ترازو توزین و سپس افت وزن با استفاده از فرمول زیر محاسبه می گردد:

$$W_L = \frac{W_0 - W_F}{W_0} \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

W_L درصد کاهش وزن، W_0 وزن اولیه (گرم) نمونه ها خیار هر بسته در روز صفر و W_F وزن نهایی (گرم) نمونه های خیار بعد از باز شدن بسته در روز آزمون می باشد (Caleb et al, 2013).

آزمون سفتی بافت: سفتی بافت توسط دستگاه بافت سنج^۲ مدل TA-plus ساخت کشور انگلستان اندازه گیری شد. برای این منظور نمونه های خیار در درون ظرفی بر روی صفحه دستگاه قرار داده شد سپس پروب استوانه ای دستگاه به قطر ۲ میلی متر و سرعت ۱ m/m تا عمق ۱۰ میلی متر فرو رفت. بیشترین نیروی لازم جهت فرو رفتن پروب در داخل نمونه توسط دستگاه به صورت یک نمودار در مانیتور ترسیم شده و سطح زیر نمودار توسط دستگاه محاسبه که تحت عنوان چقرمگی (تافنس) گزارش شد و معیاری از سفتی بافت محصول می باشد و بر حسب ژول بر متر مکعب (J/m^3) می باشد.

اندازه گیری تغییرات رنگی (ΔE^*): در این پژوهش از روش پردازش تصویر کامپیوتری برای بررسی رنگ استفاده شد. اندازه گیری رنگ نمونه با استفاده از مدل $CIE L^*a^*b^*$ (CIE LAB) صورت گرفت. این مدل با سه فاکتور L^* (روشنی/تیرگی)، a^* (قرمز و سبز)، b^* (زرد/آبی) سنجش می شود. برای اندازه گیری رنگ نمونه ها ابتدا باید از نمونه ها زیر نور مناسب عکس برداری شود. برای این کار از دوربین دیجیتال^۳ استفاده شد. برای عکس برداری نیز از اتاقکی که دیواره های آن با پارچه ی مشکی پوشیده شده بود استفاده شد. برای ایجاد نور نیز از پنج لامپ فلوروسنت استفاده شد. دوربین در فاصله ۲۵ سانتیمتری نمونه ها و موازی با آنها روی پایه ثابت شد. تصاویرهای گرفته شده با فرمت JPEG ذخیره و توسط نرم افزار Photoshop CS6 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مناطقی که رنگ آن مد نظر بود انتخاب و فیلتر Blur/average روی آن اعمال شد و سپس مقدار L^* ، a^* و b^* تصویر از پنجره info قرائت شد (خشنودی نیا و همکاران، ۱۳۹۲). در نهایت میزان تغییرات رنگ با استفاده از پارامترهای رنگ سنجی بر حسب روشنایی (L)، قرمزی-سبزی (a) و زردی - آبی (b) و با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad \text{رابطه (۲)}$$

ارزیابی حسی: در ارزیابی حسی ۱۰ نفر از دانشجویان علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با حدود سنی ۲۳-۳۰ سال بعنوان پانلیست انتخاب شدند. از روش مقیاس هدونیک ۵ نقطه ای برای ارزیابی حسی نمونه های خیار بسته بندی شده تحت شرایط مختلف استفاده شد. خواص حسی شامل بافت، طعم و مزه، آروما، تازگی محصول بود که در این مقاله فقط پارامتر طعم و مزه آن ذکر شده است.

²Texture Analyzer, Model M350-10oct, Testometric, England

³Canon, model Powershot A 520

تجزیه و تحلیل آماری: در این تحقیق، طرح مرکب مرکزی صاف (FCCD) با متغیرهای مستقل غلظت پلی ساکارید کیتوزان بعنوان پوشش (۰-۱ درصد، x_1)، غلظت گاز اکسیژن در بسته بندی (۲۱-۳ درصد، x_2)، دمای نگهداری (۱۵-۵ درجه سانتیگراد، x_3) و زمان انبارداری (۲۱-۳ روز، x_4) به کار گرفته شد. توابع پاسخ (y)، شامل کاهش وزن نمونه های خیار، سفتی بافت خیار (تافنس)، تغییرات رنگی (ΔE^*) و خواص حسی (طعم و مزه) بود. بر داده های حاصل از آزمایش ها مدل چند جمله ای درجه دوم برازش داده شد. پس از برازش مدل، رابطه های به دست آمده در معرض الگوریتم Stepwise قرار گرفتند. با استفاده از الگوریتم مذکور، جملات مدل که از نظر آماری در سطح ۹۵٪ معنی دار نبودند حذف شده و در نتیجه تعداد جملات مدل کاهش شدند. با توجه به مقادیر R^2 و R^2 -Adj مربوط به مدل درجه دوم که در جدول ۱ نشان داده شده است، مشاهده می شود که مدل چند جمله ای درجه دوم کاسته دارای مقادیر بالا و قابل قبولی است. رابطه ۱، مدل تعریف شده برای هر پاسخ می باشد. در این فرمول Y پاسخ پیشبینی شده، b_0 ضریب ثابت، b_i اثرات خطی، b_{ii} اثر مربعات و b_{ij} اثرات متقابل و x_i ، x_j متغیرهای مستقل کد بندی شده هستند.

$$Y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ii} x_i^2 + \sum b_{ij} x_i x_j$$

کفایت مدل با استفاده از R^2 ، R^2 اصلاح شده و آزمون Lack of fit مورد بررسی قرار گرفت. در یک مدل مناسب R^2 ، R^2 اصلاح شده بایستی بالا (>0.80) و آزمون عدم برازش غیر معنی دار باشد.

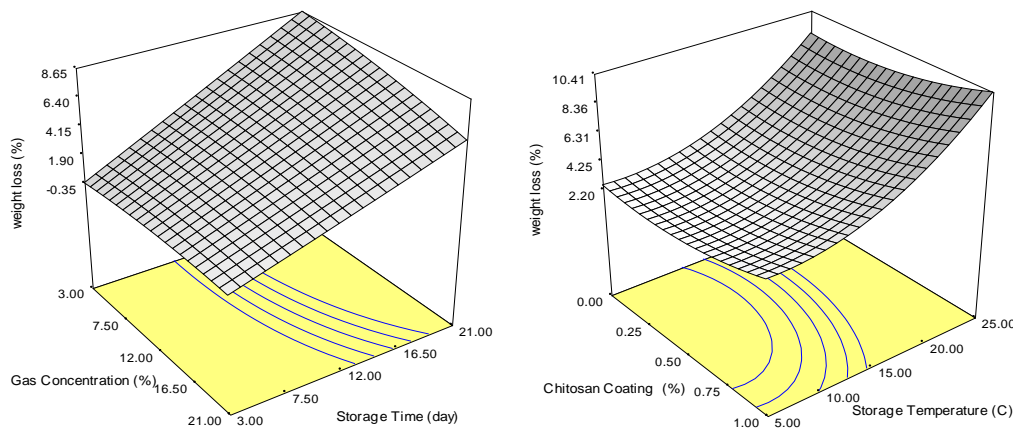
نتایج و بحث

کاهش وزن خیار بسته بندی شده

تأثیر متغیرهای مستقل بر درصد کاهش وزن خیار بسته بندی شده به صورت شکل های سه بعدی رویه پاسخ در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که دما و زمان نگهداری تأثیر عمده ای بر کاهش وزن محصول بسته بندی شده داشته است ($p < 0.001$) در حالیکه اثرات خطی پلی ساکارید کیتوزان و غلظت گاز اکسیژن بر این پارامتر خیار طی نگهداری تأثیر کمتری داشت هر چند که معنی دار بود (جدول ۲). نتایج آنالیز واریانس و شکل های رویه پاسخ نشان می دهد در شرایط ثابتی از نظر زمان نگهداری (۹ روز) و پلی ساکارید کیتوزان (۵٪) افزایش دمای نگهداری از ۵ تا حدود ۱۵ درجه سانتیگراد، تأثیر زیادی بر روی کاهش وزن محصول داشته، در حالیکه با افزایش دما تا ۲۵ درجه سانتیگراد، درصد کاهش وزن خیار تغییر قابل توجهی نشان نمی دهد (شکل ۱). همچنین نتایج نشان داد غلظت گاز اکسیژن نسبت به دما تأثیر کمتری بر درصد کاهش وزن خیار داشت بطوریکه تغییر درصد پوشش دهی با کیتوزان تأثیر قابل ملاحظه ای بر کاهش وزن نمونه های خیار نداشت. بررسی تأثیر زمان نگهداری بر درصد کاهش وزن محصول نهایی نیز روندی مشابه تأثیر دما نشان داد به طوریکه با گذشت زمان نگهداری از ۳ تا ۲۱ روز، درصد کاهش وزن محصول افزایش یافت تا اینکه در روز ۲۱ ام به بیشترین مقدار رسید (شکل ۱). دلیل این کاهش وزن در طول زمان بویژه در دماهای بالاتر از دمای یخچال احتمالاً بدلیل افزایش تنفس و تعریق محصول و در نتیجه از دست دادن رطوبت بیشتر می باشد.

کاهش وزن می تواند با از دست دادن کیفیت، از جمله کاهش سفتی و سایر تغییرات نامطلوب در رنگ، دلپذیری و از دست دادن کیفیت تغذیه ای همراه باشد که به صورت بخار آب از فضاهای هوای داخل میوه (فضاهای بین سلولی) به فضای اطراف آن از دست می رود (Ding & Diana, 2013). در تحقیقی مشابه خورشیدی و همکاران (۲۰۱۱) افت وزن گیلاس های بسته بندی شده طی مدت زمان نگهداری را به دلیل فرآیند تعرق دانستند. طبق نتایج آنالیز واریانس، مدل چند جمله ای درجه دوم برازش یافته برای درصد کاهش وزن معنی دار می باشد و آزمون ضعف برازش آن معنی دار نیست ($P > 0/05$) و همچنین مقادیر R^2 و R^2 اصلاح شده در این مدل برابر ۰/۹۴ و ۰/۹۲ بودند که بالاتر از ۰/۸۰ بوده و قدرت بالای مدل را تایید می کند (جدول ۱). بر اساس مقادیر و معنی داری ضرایب مدل کاسته ترتیب اثر گذاری متغیرهای مستقل بر این پارامتر به صورت: زمان نگهداری < دمای نگهداری < پلی ساکارید کیتوزان < نوع بسته بندی بود. تابع پاسخ (رابطه مدل) جهت تخمین درصد کاهش وزن نمونه های خیار با توجه به ضرایب رگرسیونی محاسبه شده، به صورت رابطه ۱ به دست آمد.

$$\text{weightloss} = 4.65 + 1.42x_1 + 0.052x_2 - 0.041x_3 - 0.80x_4 + 0.022x_4^2 - 0.0106x_2x_3 + 0.038x_3x_4$$



شکل ۱- نمودار رویه پاسخ (الف) تاثیر دمای نگهداری و پلی ساکارید کیتوزان ($t=12$ days, $GC=12\%$) و (ب) تاثیر زمان نگهداری و غلظت گاز اکسیژن ($Chitosan=0.5\%$, $T=15\text{ }^\circ\text{C}$) بر درصد کاهش وزن محصول نهایی

چقرمگی (تافنس)

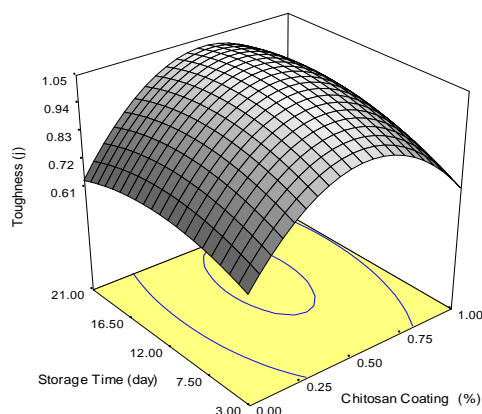
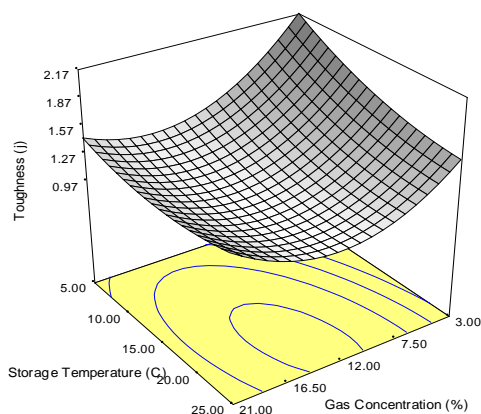
چقرمگی (تافنس) بعنوان مقدار انرژی یا کار انجام شده تا نقطه شکست^۴ ماده تعریف می شود و معیاری از سفتی بافت محصول می باشد و بر حسب ژول بر متر مکعب (J/m^3) یا میلی نیوتن بر متر مکعب (mN/m^3) می باشد. تاثیر متغیرهای مستقل بر پارامتر تافنس نمونه های خیار بسته بندی شده به صورت شکل های سه بعدی رویه پاسخ در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در غلظت ثابتی از گاز اکسیژن و دمای نگهداری، در نمونه هایی که با ۰/۵ درصد پلی ساکارید کیتوزان پوشش داده شدند نسبت به نمونه های بدون پوشش و پوشش داده شده با ۱٪ کیتوزان، میزان تافنس بیشتر بود. سفتی

⁴. Rupture point

بافت حداکثر نیروی لازم بر حسب نیوتن تا نقطه شکست ماده بیولوژیک می باشد، بنابراین با توجه به ارتباط آن با تافنس نتایج مشابهی بدست آمد بطوریکه نمونه های خیار پوشش داده شده با ۰/۵ درصد کیتوزان دارای بیشترین مقدار سفتی و در نتیجه تافنس بودند. نتایج همچنین نشان داد که زمان نگهداری تاثیر معنی داری بر این پارامتر نداشت (جدول ۲). همچنین مشخص شد که در غلظت ثابتی از پلی ساکارید کیتوزان (۰/۵٪) و زمان (۱۲ روز) با افزایش دمای نگهداری بدلیل نرمتر شدن بافت نمونه های خیار میزان تافنس بطور معنی داری کاهش یافت بطوریکه نمونه های نگهداری شده در دمای یخچال از استحکام بافتی و در نتیجه میزان تافنس بیشتری برخوردار بودند. غلظت گاز اکسیژن در بسته بندی نیز تاثیر معنی داری بر چقرمگی خیار داشت ($p < 0.05$). طبق نتایج افزایش غلظت گاز اکسیژن نیز منجر به کاهش سفتی بافت و در نتیجه کاهش تافنس محصول شد بطوریکه نمونه های نگهداری شده در شرایط MAP با اکسیژن کمتر دارای بیشترین استحکام بافت خیار بودند (شکل ۲). بر اساس نتایج آنالیز واریانس و معنی داری ضرایب مدل کاسته برای میزان سفتی بافت، ترتیب اثر گذاری متغیرها به صورت: غلظت گاز اکسیژن < دمای نگهداری < پلی ساکارید کیتوزان < زمان نگهداری، بود.

در تحقیقی مشابه دینگ و دیانا (۲۰۱۳) کاهش سفتی بافت میوه را طی هشت روز نگهداری میوه دابایی گزارش کردند، همچنین آنها سفتی بافت میوه دابایی را تحت تاثیر روش بسته بندی دانستند بطوریکه نرم شدن میوه بسته بندی شده در بسته بندی وکیوم نسبت به بسته بندی MAP و هوای معمولی بیشتر بوده است. نرم شدن و تغییر رنگ گوشت میوه بسته بندی شده تحت خلاء می تواند به سطوح پایین اکسیژن در بسته بندی مربوط می شود که منجر به متابولیسم تخمیری و تنفس بی هوازی می گردد. نرم شدن بافت میوه ها و سبزیجات به دلیل عوامل بسیاری از جمله از دست دادن فشار *turgor* سلول و تخریب ترکیبات دیواره سلولی و پلی ساکاریدها می باشد (Rungsinee, and Patratiip. 2008). تابع پاسخ (رابطه مدل) جهت تخمین میزان تافنس نمونه های خیار با توجه به ضرایب رگرسیونی محاسبه شده، به صورت رابطه ۲ به دست آمد.

$$Toughness = 2.42 + 1.17x_1 - 0.19x_2 - 0.037x_4 - 1.045x_1^2 + 0.0059x_2^2 + 0.0016x_2x_4$$



شکل ۲- نمودار رویه پاسخ (الف) تاثیر زمان و پلی ساکارید کیتوزان ($GC=12\%$, $T=15\text{ }^\circ\text{C}$) و (ب) تاثیر دمای نگهداری و غلظت گاز

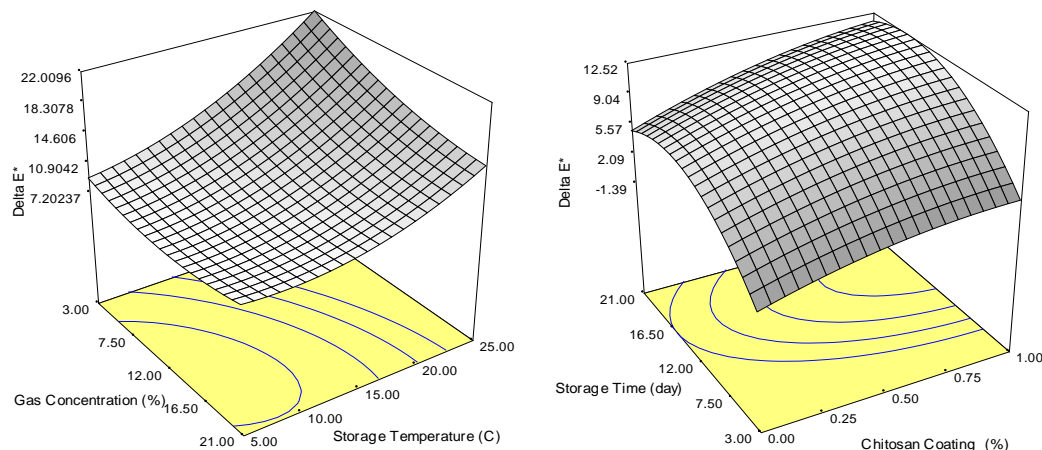
اکسیژن ($t=12\text{ days}$, $Chitosan=0.5\%$) بر میزان چقرمگی (تافنس) محصول نهایی

تغییرات رنگ (ΔE^*) خیار بسته بندی شده در طول نگهداری

تأثیر متغیرهای مستقل بر پارامتر تغییرات رنگ نمونه های خیار در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس ΔE^* نشان داد که بطور کلی اثرات خطی هر چهار متغیر بر میزان این پارامتر معنی دار بود (۲). بنابراین طبق نتایج در شرایط ثابتی از نظر دمای نگهداری (۱۵ درجه سانتیگراد) و نوع بسته بندی (MAP با ۱۲ درصد اکسیژن) با گذشت زمان انبارداری از ۳ تا ۱۲ روز میزان تغییرات افزایش معنی داری نشان داد در حالیکه با ادامه انبارداری، نمونه های خیار از نظر این پارامتر تغییر چندانی پیدا نکرد و روند نسبتاً ثابتی داشت (شکل ۳). همچنین نتایج نشان داد که با انجام عمل پوشش دهی و متعاقب آن افزایش غلظت پلی ساکارید کیتوزان تغییرات مولفه ΔE^* روند افزایشی نشان داد بطوریکه بیشترین میزان تغییرات رنگ مربوط به نمونه های پوشش داده شده با ۱٪ کیتوزان حاصل شد. همچنین نتایج نشان داد در غلظتی ثابتی از پلی ساکارید کیتوزان (۰/۵ درصد) و زمان (۱۲ روز) با افزایش دما ۵ تا ۲۵ درجه سانتیگراد تغییرات رنگ نمونه های خیار شدت یافته بطوریکه بیشترین میزان این مولفه در دمای اتاق حاصل شد.

در تحقیقی مشابه موحد نژاد و همکاران (۱۳۹۳) نیز تأثیر سه پوشش خوراکی و نانو زیست سازگار شامل نانوکامپوزیت زیستی، فیلم خوراکی کیتوزان و واکس گیاهی کارنوبا را بر خواص کیفی سیب گلدن دلشیز شرایط مختلف انبارداری (در طی ۶ ماه و در دو وضعیت دمایی ۲ و ۲۰ درجه سانتیگراد) بررسی کردند. نتایج خواص رنگی سیب نشان داد که شدت روشنایی L^* در شرایط محیطی روندی نزولی داشته و بیشترین افت مربوط به نمونه بدون پوشش می باشد. این محققان همچنین اعلام کردند که در شرایط سردخانه ای به دلیل شرایط کنترلی دما و رطوبت در هیچکدام از پوشش ها تغییرات محسوسی طی زمان مشاهده نشد. در مورد مولفه a^* به دلیل رسیدگی نمونه های سیب در طی انبارداری در هر دو روش نگهداری، رنگ سیب از سبزی به قرمزی متمایل گردید که این شدت تغییر در نمونه بدون پوشش در شرایط محیطی بیشتر مشاهده گردید. در مورد شدت زردی (مولفه b^*) در شرایط سردخانه ای بعد از یک افزایش از زمان برداشت تا ماه اول روند برای تمام پوشش ها ثابت ماند. در شرایط محیطی پوشش واکس تقریباً بعد از ماه دوم تغییرات زیادی نداشت. بیشترین تغییرات نیز مربوط به نمونه بدون پوشش بود که از زمان برداشت تا ماه سوم روندی صعودی داشته سپس کاهش یافته است. بر اساس نتایج آنالیز واریانس و معنی داری ضرایب مدل کاسته برای مولفه ΔE^* ، ترتیب اثر گذاری متغیرها به صورت: دمای نگهداری < زمان نگهداری < پلی ساکارید کیتوزان < غلظت گاز اکسیژن، بود. تابع پاسخ (رابطه مدل) جهت تخمین میزان مولفه ΔE^* نمونه های خیار با توجه به ضرایب رگرسیونی محاسبه شده، به صورت رابطه ۳ به دست آمد.

$$\Delta E = -0.89 - 2.926x_1 + 0.408x_2 + 1.42x_3 - 0.75x_4 - 0.05x_3^2 + 0.024x_4^2 + 0.55x_1x_4 - 0.029x_2x_3 - 0.019x_2x_4 + 0.037x_3x_4$$



شکل ۳- نمودار رویه پاسخ (الف) تاثیر زمان و پلی ساکارید کیتوزان ($GC=12\%$, $T=15\text{ }^{\circ}\text{C}$) و (ب) تاثیر دمای نگهداری و غلظت گاز اکسیژن ($t=12\text{ days}$, $\text{Chitosan}=0.5\%$) بر میزان تغییرات رنگ (ΔE) محصول نهایی

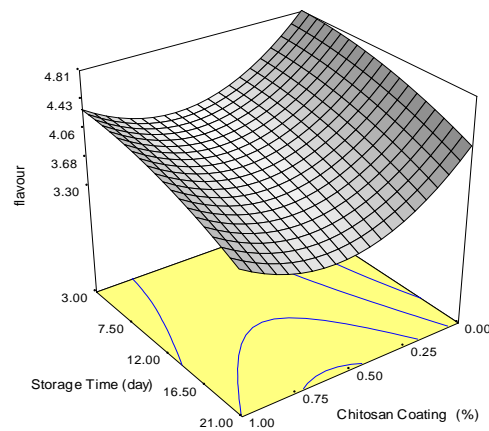
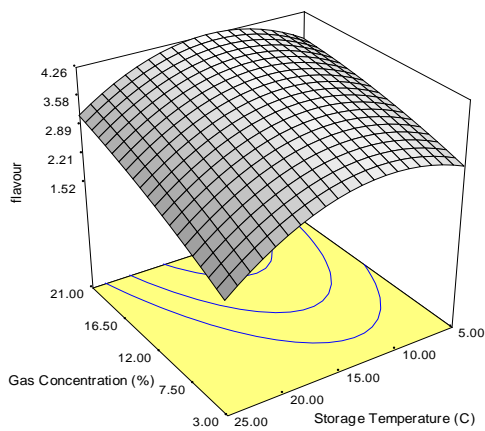
طعم و مزه خیار بسته بندی شده

نتایج نشان داد که اثرات خطی هر چهار متغیر غلظت کیتوزان (A)، غلظت گاز اکسیژن (B)، زمان نگهداری (C) و دمای نگهداری (D) در مدل کاسته برای پارامتر حسی طعم و مزه معنی دار بودند (جدول ۲). همان طور که از شکل های رویه پاسخ مشخص است در شرایط ثابت از نظر دمای نگهداری و گاز اکسیژن، با گذشت زمان نگهداری از ۳ تا ۱۲ روز، از امتیاز طعم و مزه محصول نهایی توسط ارزیابان کاهش چندانی نیافت ولی پس از آن با افزایش زمان انبار داری امتیاز حسی طعم و مزه نمونه های خیار کاهش یافت تا اینکه در روز ۲۱ ام نگهداری به کمترین مقدار خود رسید (شکل ۴). در همین شرایط افزایش غلظت پلی ساکارید کیتوزان بعنوان پوشش نمونه های خیار، منجر به کاهش معنی داری در امتیاز طعم و مزه محصول شد بدین معنی که بالاترین امتیاز طعم و مزه به نمونه های فاقد پوشش کیتوزان داده شد. از طرفی بدلیل معنی دار بودن اثر کوادراتیک دما و همچنین اثر برهمکنش آن با هر سه متغیر دیگر، کاهش امتیاز این صفت حسی با دما بصورت سهمی بود.

نتایج آنالیز واریانس و شکل های رویه پاسخ نشان داد که در شرایط زمان و غلظت ثابتی از پلی ساکارید کیتوزان، با افزایش دمای انبارداری از ۵ تا ۱۰ درجه سانتیگراد، امتیازدهی محصول از نظر طعم و مزه نمونه های خیار نگهداری شده تحت شرایط مختلف نگهداری توسط داوران آموزش دیده روند افزایشی نشان داد، بدین ترتیب که بیشترین امتیاز طعم محصول به نمونه های نگهداری شده در این شرایط تعلق گرفت ولی با ادامه افزایش دمای بسته بندی امتیاز حسی محصول کاهش معنی داری نشان داد تا اینکه در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد کمترین امتیاز طعم به محصول داده شد. از طرفی مشخص شد که افزایش غلظت گاز اکسیژن در بسته بندی تاثیر منفی بر امتیاز طعم از نظر مصرف کنندگان نداشت و امتیاز طعم نمونه ها بصورت خطی افزایش نشان داد (شکل ۵). بر اساس نتایج آنالیز واریانس و معنی داری ضرایب مدل کاسته برای صفت

طعم و مزه، ترتیب اثر گذاری متغیرها به صورت: غلظت گاز اکسیژن < دمای نگهداری < زمان نگهداری < پلی ساکارید کیتوزان، بود. تابع پاسخ (رابطه مدل) جهت تخمین میزان پارامتر حسی طعم و مزه نمونه های خیار با توجه به ضرایب رگرسیونی محاسبه شده، به صورت رابطه ۴ به دست آمد.

$$\begin{aligned} \text{Flavour} = & 1.8 - 2.11x_1 + 0.054x_2 + 0.037x_3 + 0.028x_4 + 2.025x_1^2 - 0.0099x_4^2 \\ & - 0.027x_1x_4 - 0.0015x_2x_3 + 0.0022x_2x_4 - 0.0035x_3x_4 \end{aligned}$$



شکل ۴- نمودار رویه پاسخ (الف) تاثیر زمان نگهداری و پلی ساکارید کیتوزان (GC=12%, T=15 °C) و (ب) تاثیر دمای نگهداری و غلظت گاز اکسیژن (Chitosan=0.5%, t=12 days) بر طعم و مزه محصول نهایی

جدول ۱- نتایج آنالیز آماری مدل برازش یافته درجه دوم کاسته بر داده های پاسخ

پاسخ	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	R ²	R ² اصلاح شده
کاهش وزن	۵/۱۵	۱/۳۸	۲۶/۷۷	۰/۹۴	۰/۹۲
سفتی بافت	۹/۳۵	۰/۲۹	۳/۱۱	۰/۹۲	۰/۸۸
چقرمگی (تافنس)	۱/۱۸	۰/۱۲	۱۰/۳۵	۰/۸۸	۰/۸۵
ΔE*	۸/۷۹	۲/۱۳	۲۴/۲۵	۰/۹۴	۰/۹۱
طعم و مزه	۳/۴۵	۰/۲۷	۷/۷۶	۰/۹۳	۰/۹۰

جدول ۲- نتایج جدول آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ درجه دوم کاسته برای داده های پاسخ

منبع تغییرات	افت وزن		تافتنس		ΔE^*		طعم و مزه
	مجموع مربعات	اندیس p	مجموع مربعات	اندیس p	مجموع مربعات	اندیس p	
Model	۶۸۰/۴۳	<۰/۰۰۰۱	۲/۶۹	<۰/۰۰۰۱	۱۳۶۹	<۰/۰۰۰۱	۱۹/۳۳
A (کیتوزان)	۹/۱۰	۰/۰۳۹۶	۰/۰۷۰	۰/۰۴۱۴	۱۳۳/۱۲	<۰/۰۰۰۱	۱/۱۰
B (گاز)	۸/۲۶	۰/۰۴۹	۰/۸۶	<۰/۰۰۰۱	۷۲/۸۰	۰/۰۰۰۸	۶/۷۸
C (دما)	۲۳۸/۴۹	<۰/۰۰۰۱	-	-	۲۴۸/۶۴	<۰/۰۰۰۱	۱/۷۱
D (زمان)	۱۸۷/۹۲	<۰/۰۰۰۱	۰/۵۶	<۰/۰۰۰۱	۴۱۴/۷۲	<۰/۰۰۰۱	۳/۲۵
A ²	-	-	۰/۲۴	۰/۰۰۰۶	-	-	۰/۸۸
B ²	-	-	۰/۸۱	<۰/۰۰۰۱	-	-	-
C ²	-	-	-	-	۵۸/۱۵	۰/۰۰۲	-
D ²	۳۵/۴۴	۰/۰۰۰۳	-	-	۲۰/۵۳	۰/۰۴۶۸	۳/۴
AB	-	-	-	-	-	-	-
AC	-	-	-	-	-	-	-
AD	-	-	-	-	۱۲۴/۳۲	<۰/۰۰۰۱	۰/۲۹
BC	۱۱/۸۲	۰/۰۲۰۷	-	-	۸۷/۴۲	۰/۰۰۰۳	۰/۲۴
BD	-	-	۰/۳۴	<۰/۰۰۰۱	۴۶/۹۲	۰/۰۰۴۶	۰/۵۸
CD	۱۸۹/۴۱	<۰/۰۰۰۱	-	-	۱۸۰/۹۰	<۰/۰۰۰۱	۱/۶۶
Lack of fit	۲۸/۶۹	۰/۷۷۵	۰/۳۰	۰/۲۱۳	۷۵/۵۱	۰/۱۵۸	۱/۲۰
Pure error	۱۳/۱۴	-	۰/۰۴	-	۱۰/۷۵	-	۰/۱۶

نتیجه گیری

مهمترین مساله در محصولات تازه پس از برداشت مانند خیار این است که این محصولات همچنان به تنفس خود ادامه می دهند و استفاده از بسته بندی اتمسفر اصلاح شده و پوشش دهی سطح محصول با کیتوزان می تواند سرعت تنفس را از طریق تنظیم نفوذپذیری اکسیژن و کربن دی اکسید کاهش دهد. به طور کلی با مقایسه صفات کیفی مورد بررسی در این پژوهش می توان گفت که استفاده از بسته بندی تحت اتمسفر اصلاح شده می تواند کیفیت میوه ها را حفظ کند و روند کاهش در خصوصیات کیفی را کند نماید. استفاده از این فناوری جهت افزایش دوره انباری میوه های فساد پذیر پیشنهاد می شود تا بتوان آنها را به بازارهای بین المللی صادر نمود.

منابع

- خشنودی نیا، س.، صداقت، ن. و رادمرد قدیری، غ. ۱۳۹۲. اثر پوشش خوراکی ژلاتین حاوی آنتی اکسیدان بر ویژگی های سختی و مؤلفه های رنگی پسته ی برشته شده، نشریه پژوهش ونو آوری در علوم و صنایع غذایی، ۲(۴):۳۱۰-۲۹۵.
- موحدنژاد، م.، محمدهادیخوشتقاسا، م.، ظهوریانمهر، م.، ج و مینایی، س. ۱۳۹۳. تأثیر پوشش های خوراکی و نانو زیست سازگار بر خواص کیفی سیب گلدن دلشیز در طی شرایط مختلف انبارداری. فصل نامه علوم و صنایع غذایی، ۴۵(۱۱): ۲۴-۱۳.
- Ahmadi, M., Davarynejad, G.H., Azizi, M., Sedaghat, N., and Tehranifar, A. 2008. Effect of Modified Atmosphere Packaging on Quality Properties and Storability Extending in Two Sour Cherry Cultivars. *Journal of Horticultural Science (Agricultural Sciences and Technology)*, 22(2): 156-166.
- Bieganska-Marecik, R., Czapski, J., and Czaczyk, K. 2004. The effect of modified atmosphere packaging on the quality of minimally processed apples. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 7: 16.
- Blakistone, B.A. 1999. *Principles and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Foods*. 2nd ed. Aspen Publishers. New York.
- Caleb, O.J., Opara, U.L., Mahajan, P.V., Manley, M., Mokwena, L., and Tredoux, A.G.J. 2013. Effect of modified atmosphere packaging and storage temperature on volatile composition and postharvest life of pomegranate arils (cv. 'Acco' and 'Herskawitz'). *Postharvest Biology and Technology*, 79: 54-61.
- Chiabrando, V., Giacalone, G. 2009. Quality changes of blueberry fruit under modified atmosphere packaging. *Industrie Alimentari*, 48 (497): 15-20.
- Ding, P., and Diana, J. 2013. Physico-chemical changes in dabai (*Canarium odontophyllum* Miq.) fruit during modified atmosphere storage. *International Food Research Journal*, 20(6): 3033-3040.
- Ghasemnezhad, M., Zareh, S., Rassa, M., Sajedi, R.H. 2012. "Effect of chitosan coating on maintenance of aril quality, microbial population and PPO activity of pomegranate (*Punicagranatum* L. cv. Tarom) at cold storage temperature". *J Sci Food Agric*.
- Jianglian, D., Shaoying, Z. 2013. "Application of Chitosan Based Coating in Fruit and Vegetable Preservation: A Review". *Food Processing & Technology*, 4 (5).
- Khorshidi, Sh. Davarynejad, Gh., Tehranifar, A., and Fallahi, E. 2011. Effect of modified atmosphere packaging on chemical composition, antioxidant activity, anthocyanin, and total phenolic content of cherry fruits. *Horticulture and Environment Biotechnology*, 52: 471-481.
- Manolopoulou H, Xanthopoulos G, Douros N, Lambrinos G. 2010. Modified atmosphere packaging storage of green bell peppers: Quality criteria. *Biosystems Engineering* 106: 535-543.
- Rungsinee, S., and Patratip, R. 2008. Effect of a mango film on quality of whole and minimally processed mangoes. *Postharvest Biology and Technology*, 47: 407-415.
- Ščetar, M., Kurek, M., Galić, K. 2010. "Trends in Fruit and Vegetable Packaging – a Review". *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition*, 5 (3-4), 69-86.