Archive of SID

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۳، شماره ۲، خرداد-تیر ۱۳۹۶ ص.۳۷۸-۳۶۳

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 2, June. July. 2017, p. 363- 378

تاثیر بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده و پوشش خوراکی کیتوزان بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی خیار گلخانه‌ای رویال طی دوره نگهداری

علی شهدادی ساردو[۱]- ناصر صداقت*[۲]- مسعود تقی زاده[۳]- الناز میلانی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۳۰

چکیده

در این پژوهش به‌منظورجلوگیری از ضایعات پس از برداشت خیار گلخانه‌ای رویال، نمونه‌ها را در کیسه‌های پلاستیکی سه‌لایهPE/PA/PE قرار داده و از پلی‌ساکارید کیتوزان بعنوان پوشش (۱-۰ درصد) و تحت شرایط بسته‌بندی MAP (۳ و ۱۲ درصد اکسیژن) و اتمسفر معمولی (۲۱٪) بسته‌بندی نموده و در دماهای (۵، ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۲۱ روز نگهداری شدند. درآزمایشات انجام شده تأثیر این شرایط کنترل شده در مقایسه با نمونه‌های خیار بدون پوشش و نگهداری شده در شرایط اتمسفر معمولی بر روی خواص فیزیکی و کیفی خیار در طی دوره انبار مورد بررسی قرارگرفت. ویژگی‌های مورد بررسی شامل کاهش وزن نمونه‌های خیار (٪)، خواص رنگی (مولفه‌های *L، *a و *b)، سفتی بافت (نیوتن)، چروکیدگی و خواص حسی (طعم و تازگی) بود. براساس نتایج، سفتی بافت و خواص ارگانولپتیکی با افزایش دما و زمان نگهداری کاهش در حالیکه افت وزن و چروکیدگی افزایش یافت که منجر به افت کیفیت نمونه‌های خیار طی دوره نگهداری شد. همچنین افزایش پوشش کیتوزان تا ۰/۵ درصد منجر به حفظ ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی نمونه‌ها طی مدت زمان انبارداری شد ولی با افزایش بیشتر آن تا ۱٪ کیفیت محصول نهایی کاهش نشان داد. طبق نتایج نگهداری خیار در بسته‌بندی MAP منجر به حفظ رنگ سبز و خواص کیفی آن نسبت به نمونه‌های فاقد بسته بندی گردید. مقادیر متغیرهای مستقل در شرایط بهینه بسته‌بندی خیار شامل غلظت پوشش کیتوزان، میزان گاز اکسیژن، زمان و دما انبارداری به ترتیب ۰/۵٪، ۸/۵ ٪، ۱۴ روز و ۹°C بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: خیار گلخانه‌ای، بسته‌بندی MAP، کیتوزان، چروکیدگی، خواص حسی

مقدمه

خیارگیاهی با نام علمی *Cucumis sativus* از خانواده Cucurbitacae می‌باشد. به احتمال قوی این محصول بومی آسیا و افریقاست و در حدود هزاران سال است که کشت می‌شود. خیار در مقابل سرما حساس و طالب گرماست. چنانچه دمایش پائین‌تر از $5\ ^{\circ}C$ باشد میوه‌ها به حد کافی تشکیل نمی‌شوند و یا اینکه اختلالات فیزیولوژیکی در آنها ظاهر می‌گردد. حداقل دما برای جوانه‌زدن بذر خیار $12^{\circ}C$ و برای رشد و نمو بالای $10^{\circ}C$ می‌باشد. زمان متوسط جوانه زنی بذر درشرایط ایده ال ۳ تا ۴ روز و طول دوره رشد تا میوه‌دهی پس از نشاء در حدود ۳۵ تا۵۰ روز است. از ۸ هزار هکتار سطح گلخانه کشورمان در حدود ۴/۵ هزار هکتار به کشت این محصول اختصاص دارد. مناطق عمده درکشت خیار گلخانه‌ای شامل جیرفت، یزد، اصفهان می‌باشد. 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.

اگر چه عملکرد میوه عاملی مهم وکلیدی در تولید تجاری محصولات گلخانه‌ای است، ولی امروزه شاخص‌های کیفی نظیر طعم و مزه، اسیدیته، غلظت قندها، ویتامینC و عناصر معدنی مورد نیاز انسان به‌صورت روز افزونی مورد توجه مصرف‌کنندگان قرار گرفته و در واقع کیفیت نقش کلیدی در سیستم‌های گلخانه‌ای دارد. به‌طورکلی می‌توان بیان کرد که کیفیت از دو جنبه کیفیت خارجی و کیفیت داخلی قابل بررسی است. کیفیت خارجی در بازار پسندی محصولات کشاورزی نقش بسیار زیادی داشته، شامل ویژگی‌های ظاهری (مانند شکل، رنگ، اندازه، شادابی و طراوت میوه و نداشتن خسارت فیزیولوژیکی) و ویژگی‌های حسی (مانند طعم و مزه، مقدار ترکیبات معطره و خصوصیات بافت میوه) می‌باشد (سناییاستوار و

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۴- استادیار، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، جهاد دانشگاهی مشهد، خراسان رضوی.
(* - نویسنده مسئول: Email: sedaghat@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/ifstrj.v1395i0.41901

www.SID.ir

Archive of SID

همکاران، ۱۳۸۹).

Ruiz & Romero (۱۹۹۸) عملکرد و کیفیت بازارپسندی خیارگلخانه‌ای را در پاسخ به کود نیتروژن بررسی کرده و گزارش کردند که رابطه معنی‌داری بین مقدار نیتروژن مصرفی، عملکرد اقتصادی و کیفیت میوه وجود داشت. همچنین با بالا رفتن نیتروژن مصرفی مقدار اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها و مواد آلی افزایش یافته، در نتیجه درصد ماده خشک گیاه نیز افزایش می‌یابد. همچنین میزان قندهای محلول وکل ترکیبات جامد نیز که از ویژگی‌های مهم کیفی هستند ارتقا می‌یابد.

باید توجه داشت که بعد از برداشت میوه خیار در شرایط مناسب فقط کیفیت موجود آن حفظ می‌شود و امکان افزایش کیفیت خیار بعد از برداشت وجود ندارد (Huang *et al*,. 2009). مشکل اصلی تولید خیار گلخانه‌ای در ایران مراحل پس از برداشت و مدت ماندگاری کوتاه آن است که ناشی از کاربرد روش‌های سنتی و غیربهداشتی می‌باشد. برای مثال چروکیدگی و از دست دادن آب و متعاقب آن کاهش ویتامین‌ها در خیار از مواردی هستند که در بازه زمانی برداشت محصول تا عرضه به مصرف کننده موجب کاهش کیفیت ظاهری و ارزش غذایی آن می‌گردند. از راهکارهای حل این مشکل می‌توان به استفاده از روش‌های بسته‌بندی ارتقاء یافته، شرایط نگهداری بهینه و تیمار با مواد نگهدارنده اشاره نمود (Guerra *et al*,. 2011). بسته‌بندی از روش‌های ساده و موثر برای محافظت از سبزیجات و میوه‌ها می‌باشد که موجب محافظت در مقابل نفوذ عوامل خارجی و همچنین حفظ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی می‌شود (اجاق و همکاران، ۲۰۰۵).

بسته‌بندی به روش MAP[1] به معنی وارد کردن اتمسفر در یک پاکت یا بسته ماده غذایی با ترکیب خاص CO_2، N_2 و O_2 می‌باشد. در این روش رسیدن به یک تعادل گازی از اهمیت زیادی برخوردار است که این تعادل زمانی ایجاد می‌شود که در نتیجه ی تنفس محصول مقدار اکسیژن مصرف شده و دی‌اکسیدکربن تولید شده برابر با مقدار خارج شده از بسته‌بندی باشد. امروزه از بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده به‌طور گسترده‌ای جهت افزایش ماندگاری میوه‌ها و سبزیجات تازه مورد استفاده قرار گرفته است که مهمترین پارامترها در موفقیت این نوع بسته‌بندی، استفاده از ترکیب گازی بهینه، فیلم بسته‌بندی و دمای مناسب می‌باشد. این روش نگهداری کیفیت تازه فرآورده‌های غذایی را بدون عملیات حرارتی و شیمیایی مانند کنسرو کردن و خشک کردن میسر می‌کند (Manolopoulou *et al*,. 2010).

بسته‌بندی کاهو در پوشش‌های پلیمری و استفاده از اتمسفر تعدیل یافته علاوه بر ایجاد اتمسفر مناسب و حفظ رطوبت در اطراف محصول، باعث کاهش پلاسیدگی و اختلالات فیزیولوژیکی شده و اجازه نگهداری در سردخانه معمولی و حمل ونقل کم هزینه‌تر را به ما می‌دهد (Martinez & Artes, 1999). Barth و همکاران (۱۹۹۳) بیان کردکه استفاده از سیستم بسته‌بندی با اتمسفر تعدیل یافته، باعث حفظ بهتر اسید اسکوربیک، کلروفیل و رطوبت در کلم بروکلی می‌گردد. Nakhasi و همکاران (۱۹۹۱) دریافتند که در گوجه‌فرنگی‌های بسته‌بندی شده در اتمسفر تعدیل یافته فعال، تغییر در میزان اسیدیته، مواد جامد محلول، بافت، رنگ و فعالیت پلی‌گالاکتوروناز، درمقایسه با میوه‌های بسته‌بندی نشده به تاخیر افتاده است.

پوشش‌های خوراکی یکی از نوآورانه‌ترین روش‌ها برای حفظ کیفیت و افزایش مدت ماندگاری میوه‌ها و سبزیجات تازه می‌باشد. پوشش خوراکی موفق باید ممانعت‌کنندگی خوبی در برابر گازها به‌ویژه اکسیژن و بخار آب داشته باشد و از خصوصیات سطحی خوبی برخوردار باشد. شیوه‌ی مناسب پوشش‌دهی نیز باید با توجه به هدف مورد نظر انتخاب گردد که پوشش‌دهی به روش غوطه‌وری برای میوه‌ها و سبزیجات رایج‌تر می‌باشد. امروزه پوشش کیتوزان به دلیل دارا بودن خصوصیاتی از قبیل غیرسمی، زیست‌تخریب پذیر و زیست سازگار بودن کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده است (Dutta *et al*,. 2009). پوشش‌دهی سطح میوه و سبزی با کیتوزان به علت کاهش افت وزن و کاهش سرعت تنفس (با تنظیم نفوذپذیری گازهای اکسیژن و کربن‌دی‌اکسید) مدت ماندگاری را افزایش داده، همچنین به دلیل دارا بودن اثر ضدمیکروبی و ضدقارچی موجب کاهش پوسیدگی می‌گردد. استفاده از ترکیب کیتوزان با سایر روش‌های نگهداری میوه و سبزی تازه از جمله بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده کارایی بیشتری در مقایسه با استفاده از پوشش کیتوزان به تنهایی خواهد داشت، به گونه‌ای که کیتوزان به دلیل دارا بودن خواص نیمه تراوایی در پوشش‌های بسته‌بندی مواد غذایی که در آن‌ها به اتمسفر درونی نیاز است نیز کاربرد دارد (Jianglian & Shaoying, 2013).

Minzhang و همکاران (۲۰۰۴) خیار حداقل پروسس شده (تکه شده) را با ۳ نوع پوشش ترکیبی و آب ازونه تیمار کرده و درون بسته‌هایی از جنس پلی‌ونیل‌کلراید در ابعاد ۲۰ در ۳۰ سانتی‌متر قرار داده و درب‌بندی نموده و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری کردند. خیاری که با محلول C که حاوی کیتوزان ۱٪ تیمار شده بود ۴ تا ۶ روز زمان نگهداری آن افزایش یافت و این پوشش مانعی برای به تاخیر افتادن تنفس و کاهش وزن می‌باشد و همچنین بیان نمودند که پوشش‌های خوراکی هزینه‌ی کم و تاثیر بسزایی بر روی خیار پروسس شده دارند.

بررسی‌های انجام شده نشان داد که کار تحقیقاتی مناسبی در زمینه بهبود کیفیت و افزایش مدت ماندگاری خیار با استفاده از تکنیک‌های نوین بسته‌بندی و پوشش‌های خوراکی صورت نگرفته

1 Modified Atmosphere Packaging

www.SID.ir

Archive of SID

است، بنابراین هدف از انجام این پژوهش بکار گیری پوشش خوراکی کیتوزان و بسته بندی اتمسفر اصلاح شده، به‌منظور افزایش مدت ماندگاری خیار گلخانه‌ای با حفظ کیفیت آن تا حد ممکن بود.

مواد و روش‌ها

مواد

خیار رویال (رقم متداول کشت گلخانه‌ای ایران) از گلخانه تهیه گردید. کیتوزان نیز ساخت شرکت سیگما آلدریچ بود.

روش کار

نمونه‌برداری از خیارهای تازه با روش نمونه‌برداری تصادفی انجام و سپس خیارها در شکل و اندازه یکسان انتخاب و نمونه‌ها با آب معمولی ۵ درجه سانتی‌گراد شستشو داده شد. در بسته‌بندی از پوشش کیتوزان (فاقد پوشش، ۰/۵ و ۱ درصد) استفاده شد. سپس نسبت‌های مشخص گازها به وسیله دستگاه مخلوط‌کننده گاز تهیه و درون بسته‌ها به دو روش فعال (۳٪ اکسیژن + ۹۷٪ ازت، ۱۲٪اکسیژن + ۸۸٪ ازت) و غیرفعال (ترکیب هوای معمولی به‌عنوان نمونه شاهد،۲۱٪ اکسیژن + ۷۸٪ نیتروژن، ۰/۳٪ دی‌اکسیدکربن، ۰/۹٪ ارگون) تزریق شد. در این تحقیق از دماهای مختلف (۵، ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد) در مدت انبارداری (۳، ۱۲ و ۲۱ روز) استفاده گردید.

کاهش وزن

برای بررسی این آزمون پس از آماده‌سازی نمونه‌ها قبل از بسته‌بندی وزن اولیه نمونه‌ها را توسط ترازوی کفه‌ای با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری کرده و همچنین پس از پایان دوره‌ی نگهداری نمونه‌ها را توسط همان ترازو توزین و سپس افت وزن با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می‌گردد:

$$W_L = \frac{W_0 - W_F}{W_0} \times 100 \qquad (۱)$$

W_L درصد کاهش وزن، W_0 وزن اولیه (گرم) نمونه‌های خیار هر بسته در روز صفر و W_f وزن نهایی(گرم) نمونه‌های خیار بعد از باز شدن بسته در روز آزمون می‌باشد (Caleb *et al*,. 2013).

اندازه‌گیری پارامترهای رنگی

در این پژوهش از روش پردازش تصویر کامپیوتری برای بررسی رنگ استفاده شد. اندازه‌گیری رنگ نمونه با استفاده از مدل (CIE LAB) CIE L*a*b* صورت گرفت. این مدل، کامل‌ترین مدل رنگی است که رسماً برای توصیف همه رنگ‌های قابل مشاهده توسط چشم انسان بکاربرده می‌شود و با سه فاکتور*L (روشنی/ تیرگی)، *a (قرمز و سبز)، *b (زرد/ آبی) سنجش می‌شود. برای اندازه‌گیری رنگ نمونه‌ها ابتدا باید از نمونه‌ها زیر نور مناسب عکس‌برداری شود. برای این کار از دوربین دیجیتال (Canon, model Powershot A 520) استفاده شد.برای تصویرگیری نیز از اتاقکی که دیواره‌های آن با پارچه‌ی مشکی پوشیده شده بود (این کار از بازتاب نور جلوگیری می‌کند) استفاده شد. برای ایجاد نور نیز از پنج لامپ فلوئورسنت استفاده شد. دوربین در فاصله ۲۵ سانتی‌متری نمونه‌ها و موازی با آنها روی پایه ثابت شد. دوربین با پورت USB به رایانه متصل شد و تصویرگیری با نرم‌افزار ZoomBrowser EX 5.0 انجام شد.تصویرهای گرفته شده بافرمت JPEG ذخیره و توسط نرم‌افزار 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 *b و *a ،*L تصویر از پنجره info قرائت شد (خشنودی‌نیا و همکاران،۱۳۹۲).

آزمون سفتی بافت

سفتی بافت توسط دستگاه بافت‌سنج[1] مدل TA-plus ساخت کشور انگلستان اندازه‌گیری شد. برای این منظور نمونه‌های خیار در درون ظرفی بر روی صفحه دستگاه قرار داده شد سپس پروب استوانه‌ای دستگاه به قطر ۲ میلی‌متر و سرعت ۱ m/m تا عمق ۱۰ میلی‌متر فرو رفت. بیشترین نیروی لازم جهت فرو رفتن پروب در داخل نمونه توسط دستگاه به صورت یک نمودار در مانیتور ترسیم شده که سطح زیر نمودار توسط دستگاه محاسبه و تحت عنوان سفتی بافت (Fmax) گزارش شد.

چروکیدگی

سنجش میزان چروکیدگی نمونه‌های خیار به روش جابجایی سیال و با استفاده از تولوئن انجام گردید. در این روش چروکیدگی بر مبنای ریختن نمونه در حجم معینی از تولوئن درون استوانه مدرج و اندازه‌گیری میزان تغییر حجم انجام گردید (Pangavhane *et al*, 1999). برای این منظور قبل از بسته‌بندی، حجم نمونه اولیه با قرار گرفتن نمونه در داخل استوانه مدرج حاوی تولوئن سنجیده شد و همچنین بعد از باز شدن بسته در روز آزمون مجددا حجم نمونه‌های خیار اندازه‌گیری گردید. میزان چروکیدگی (SH) بر اساس رابطه ۲ محاسبه شد. V_1 حجم نمونه اولیه و V_2 حجم نمونه بعد از پایان بسته‌بندی است.

$$SH = \frac{v_1 - v_2}{v_1} \times 100 \qquad (۲)$$

1. Texture Analyzer, Model M350-10ct, Testometric, England

www.SID.ir

Archive of SID

ارزیابی حسی

در ارزیابی حسی ۱۰ نفر از دانشجویان علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با حدود سنی ۳۰-۲۳ سال بعنوان پانلیست انتخاب شدند. از روش مقیاس هدونیک ۵ نقطه ای برای برررسی خواص حسی شامل طعم و مزه و تازگی محصول استفاده شد (خشنودی‌نیا و همکاران،۱۳۹۲).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این تحقیق، طرح مرکب مرکزی صاف (FCCD) با متغیرهای مستقل غلظت پلی‌ساکارید کیتوزان بعنوان پوشش (۱-۰ درصد، x_1)، غلظت گاز اکسیژن در بسته‌بندی (۲۱-۳ درصد، x_2)، دمای نگهداری (۲۵-۵ درجه سانتی‌گراد، x_3) و زمان انبارداری (۲۱-۳ روز، x_4) به کار گرفته شد. داده‌های به دست آمده در این طرح با استفاده از نرم‌افزار Design Expert مدل 6.0.2 (میناپولیس آمریکا) مدلسازی شده و شکل‌های سه‌بعدی (منحنی‌های سطح پاسخ) جهت بررسی رابطه میان پاسخ‌ها و متغیرهای مستقل رسم شد. توابع پاسخ (y)، شامل کاهش وزن، چروکیدگی، سفتی بافت، خواص رنگی (مولفه‌های *L، *a و *b) و خواص حسی (طعم و مزه و تازگی محصول) بود. سطوح متغیرهای مستقل به صورت حقیقی و کد شده در جدول ۱ ارایه شده است. برای داده‌های حاصل از آزمایش‌ها مدل چندجمله‌ای درجه دوم برازش داده شد. پس از برازش مدل، رابطه‌های بدست آمده در معرض الگوریتم Stepwise قرار گرفتند. با استفاده از الگوریتم مذکور، جملات مدل که از نظر آماری در سطح ۹۵٪ معنی‌دار نبودند حذف شده و در نتیجه تعداد جملات مدل کاهش داده شدند.

جدول۱-نمایش متغیرهای مستقل فرآیند و مقادیرآنها

متغیر مستقل	نماد ریاضی	-۱	۰	+۱
پلی‌ساکارید کیتوزان (٪)	X_1	۰	۰/۵	۱
غلظت گاز اکسیژن(٪)	X_2	۳	۱۲	۲۱
دما (°C)	X_3	۵	۱۵	۲۵
زمان (روز)	X_4	۳	۱۲	۲۱

با توجه به مقادیر R^2 و R^2-Adj مربوط به مدل درجه دوم که در جدول ۲ نشان داده شده است، مشاهده می‌شود که مدل چندجمله‌ای درجه دوم کاسته دارای مقادیر بالا و قابل قبولی است، بنابراین در برازش داده‌ها توان بیشتری را دارا می‌باشد. رابطه ۳، مدل تعریف شده برای هر پاسخ می‌باشد.

ضرایب مدل چندجمله‌ای به‌صورت b_0 (عبارت ثابت)، b_4، b_3، b_2، b_1 (اثرات خطی)، b_{11}، b_{22}، b_{33} وb_{44} (اثرات درجه دوم) و b_{12}، b_{13}، b_{14}، b_{23}، b_{24} و b_{34} (اثرات متقابل) بیان شده‌اند. معنی‌داری ضرایب مدل با استفاده از آنالیز واریانس برای هر پاسخ تعیین شد. 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 (>۰/۸۰) و آزمون عدم برازش غیرمعنی‌دار باشد.

نتایج و بحث

کاهش وزن خیار بسته‌بندی شده

تاثیر متغیرهای مستقل بر درصد کاهش وزن خیار بسته‌بندی شده به‌صورت شکل‌های سه‌بعدی رویه پاسخ در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که دما و زمان نگهداری تاثیر عمده‌ای بر کاهش وزن محصول بسته‌بندی شده داشته است (p<۰/۰۰۱) در حالیکه اثرات خطی پلی‌ساکارید کیتوزان و غلظت گاز اکسیژن بر این پارامتر خیار طی نگهداری تاثیر کمتری داشت هر چندکه معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج آنالیز واریانس و شکل‌های رویه پاسخ نشان می‌دهد در شرایط ثابتی از نظر زمان نگهداری (۱۲ روز) و پلی‌ساکارید کیتوزان (۰/۵٪) افزایش دمای نگهداری از ۵ تا حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد، تاثیر زیادی بر روی کاهش وزن محصول داشته، در حالیکه با افزایش دما تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد، درصد کاهش وزن خیار تغییر قابل توجهی نشان نمی‌دهد (شکل ۱). کاهش افت وزن در دماهای پایین به دلیل آهسته بودن فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند تنفس و تعرق می‌باشد.درجه حرارت بالا، سرعت تنفس و سایر فرآیندهای متابولیکی را افزایش می‌دهد که باعث کاهش سوبستراهایی مانند قندها و پروتئین‌ها شده و منجر به افت وزن بیشتر می‌گرد (Nyanjage *et al*,. 2005). همچنین نتایج نشان داد غلظت گاز اکسیژن نسبت به دما تاثیر کمتری بر درصد کاهش وزن خیار داشت، از سوی دیگر تغییر درصد پوشش‌دهی با کیتوزان تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر کاهش وزن نمونه‌های خیار نداشت. بررسی تاثیر زمان نگهداری بر درصد کاهش وزن محصول نهایی نیز روندی مشابه تاثیر دما نشان داد به‌طوریکه با گذشت زمان نگهداری از ۳ تا ۲۱ روز، درصد کاهش وزن محصول افزایش یافت تا اینکه در روز ۲۱ام به بیشترین مقدار رسید (شکل۱).

دلیل این کاهش وزن در طول زمان بویژه در دماهای بالاتر از دمای یخچال احتمالا بدلیل افزایش تنفس و تعریق محصول و در نتیجه از دست دادن رطوبت بیشتر می‌باشد. کاهش وزن می‌تواند با از دست دادن کیفیت، از جمله کاهش سفتی و سایر تغییرات نامطلوب در رنگ، دلپذیری و از دست دادن کیفیت تغذیه‌ای همراه باشد که به‌صورت بخار آب از فضاهای هوای داخل میوه (فضاهای بین‌سلولی) به فضای اطراف آن از دست می‌رود (Ding & Diana, 2013).

www.SID.ir

Archive of SID

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4 + b_{11} {x_1}^2 + b_{22} {x_2}^2 + b_{33} {x_3}^2 + b_{44} {x_4}^2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{14} x_1 x_4 + b_{23} x_2 x_3 + b_{24} x_2 x_4 + b_{34} x_3 x_4 + \varepsilon \quad (۳)$$

جدول۲- نتایج آنالیز آماری مدل برازش یافته درجه دوم کاسته بر داده های پاسخ

متغیر	مدل پیشگو	میانگین	انحراف معیار	R^2	R^2-adj
افت وزن	$weightloss = 4.65 + 1.42 x_1 + 0.052 x_2 - 0.041 x_3 - 0.80 x_4 + 0.022 x_4^2 - 0.0106 x_2 x_3 + 0.038 x_3 x_4$	۵/۱۵	۱/۳۸	۰/۹۴	۰/۹۲
سفتی	$Hardness = 11.09 + 6.5 x_1 - 18 x_2 - 0.24 x_3 + 0.0041 x_4 - 5.03 x_1^2 + 0.0053 x_2^2 + 8 x_3^2 - 0.076 x_1 x_4 + 0.0022 x_2 x_4 - 0.0019 x_3 x_4$	۹/۳۵	۰/۲۹	۰/۹۲	۰/۸۸
چروکیدگی	$Shrinkage = 11.47 + 14.36 x_1 + 2.57 x_2 - 0.016 x_3 - 3.47 x_4 - 19.23 x_1^2 - 0.041 x_2^2 + 0.116 x_4^2 - 1.16 x_1 x_2 + 0.79 x_1 x_3 + 1.06 x_1 x_4 - 0.05 x_2 x_3 - 0.06 x_2 x_4 + 0.066 x_3 x_4$	۱۴/۳۴	۱/۶۵	۰/۹۹	۰/۹۸
L*	$L^* = 58.87 - 9.25 x_1 - 0.38 x_2 - 1.65 x_3 - 1.37 x_4 + 0.045 x_3^2 + 0.022 x_4^2 + 0.48 x_1 x_3 + 0.28 x_1 x_4 + 0.014 x_2 x_3 + 0.032 x_2 x_4 + 0.02 x_3 x_4$	۴۰/۷۳	۱/۸۶	۰/۹۲	۰/۸۷
a*	$a^* = -44.62 - 3.16 x_1 + 0.53 x_2 + 0.147 x_3 + 0.124 x_4 - 0.03 x_4^2 + 0.26 x_1 x_4 - 0.03 x_2 x_3 - 0.04 x_2 x_4 + 0.018 x_3 x_4$	-۳۴/۴	۲/۰۲	۰/۹۱	۰/۸۷
b*	$b^* = 38.71 + 7.15 x_1 - 0.27 x_2 - 2.056 x_3 - 0.55 x_4 - 10.32 x_1^2 - 0.066 x_3^2 + 0.4 x_1 x_3 + 0.016 x_2 x_3 + 0.032 x_2 x_4 + 0.016 x_3 x_4$	۲۸/۳	۲/۴۵	۰/۸۵	۰/۷۸
طعم و مزه	$Flavour = 1.8 - 2.11 x_1 + 0.054 x_2 + 0.037 x_3 + 0.028 x_4 + 2.025 x_1^2 - 0.0099 x_4^2 - 0.027 x_1 x_4 - 0.0015 x_2 x_3 + 0.0022 x_2 x_4 - 0.0035 x_3 x_4$	۳/۴۵	۰/۲۷	۰/۹۳	۰/۹۰
تردی و تازگی	$Crispiness = 2.33 + 0.43 x_1 + 0.066 x_2 + 0.083 x_3 + 0.18 x_4 - 0.0035 x_3^2 - 0.0053 x_4^2 - 0.039 x_1 x_3 - 0.04 x_1 x_4 - 0.0018 x_3 x_4$	۳/۹۶	۰/۲۸	۰/۹۲	۰/۸۸

در تحقیقی مشابه خورشیدی و همکاران (۲۰۱۱) افت وزن گیلاس‌های بسته‌بندی شده طی مدت زمان نگهداری را به دلیل فرآیند تعرق دانستند. احمدی و همکاران (۱۳۸۸) تاثیر بسته‌بندی MAP را بر روی دو رقم آلبالو بررسی کردند. افت وزن در نمونه‌های بسته‌بندی شده تحت MAP نسبت به نمونه شاهد کمتر بوده و بیان کردند که از دست دادن آبمیوه به نیروی ناشی از اختلاف فشار بخار آب بین بافت میوه و هوای اطراف و مقاومت بافت در برابر این نیرو بستگی دارد. این اختلاف فشار در اثر افزایش دما و کاهش رطوبت بالا می‌رود. بسته‌بندی آلو با اتمسفر اصلاح‌شده می‌تواند فشار بخار اطراف میوه‌ها را در حد بالایی حفظ نماید که مانع از دست دادن آب و کاهش وزن میوه‌ها خواهد شد. در واقع بسته‌بندی MAP به حفظ سطح بالایی از رطوبت نسبی در بسته کمک کرده و منجر به کاهش از دست دادن وزن می‌گردد (Suparlan, 2003). بر اساس مقادیر و معنی‌داری ضرایب مدل کاسته ترتیب اثرگذاری متغیرهای مستقل بر این پارامتر به‌صورت: زمان نگهداری> دمای نگهداری> پلیساکارید کیتوزان> نوع بسته‌بندی بود (جدول ۲و ۳).

تغییرات سفتی بافت خیار

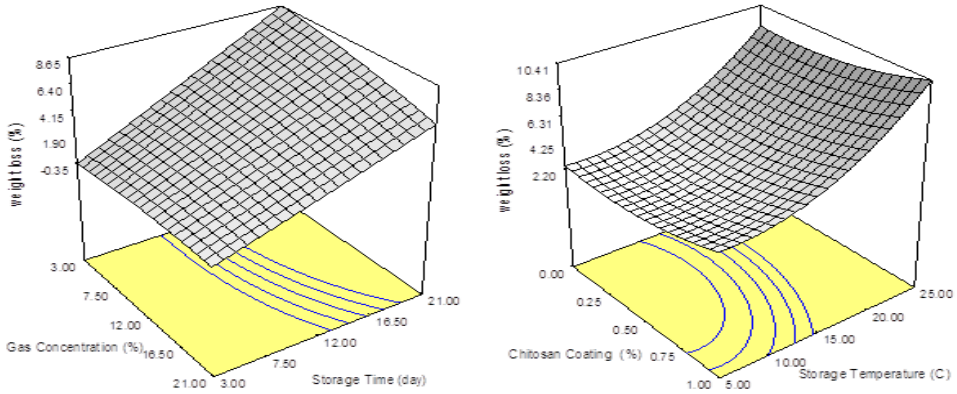
نتایج آنالیز واریانس نشان داد که در غلظت ثابتی از پوشش کیتوزان و دمای نگهداری، با گذشت زمان انبارداری بافت خیار نرم‌تر شده و نیروی لازم برای نفوذ پروب دستگاه در محصول کاهش یافت بطویکه نمونه‌های نگهداری شده در روزهای اول دارای بیشترین سفتی بافت بودند. همچنین مشخص شد که غلظت گاز اکسیژن تاثیر معنی‌داری بر سفتی بافت خیار داشت ($p<۰/۰۵$). طبق نتایج در دمای ثابت انبارداری، افزایش غلظت گاز اکسیژن نیز منجر به کاهش سفتی بافت محصول شد به‌طوریکه نمونه‌های نگهداری شده در شرایط MAP دارای بیشترین استحکام بافت بودند (شکل ۲).

دما نیز تاثیر عمده‌ای بر انسجام بافت خیار بسته‌بندی شده داشت ($P<۰/۰۱$) بدین معنی که نمونه‌های نگهداری شده تحت شرایط دمای یخچال نسبت به بسته‌بندی در دمای اتاق از استحکام بافتی مطلوب‌تری برخوردار بودند، بنابراین افزایش دمای نگهداری محصول تاثیر منفی بر سفتی بافت محصول نهایی داشت. طبق نتایج همچنین مشخص شد که نمونه‌های پوشش داده شده با ۰/۵ درصد پلی‌ساکارید کیتوزان نسبت به نمونه‌های بدون پوشش و غلظت ۱٪

www.SID.ir

Archive of SID

دارای بیشترین استحکام بافت بودند (شکل ۲). بدین ترتیب بیشترین سفتی نمونه‌های خیار در روزهای اول نگهداری و در دمای یخچال تحت شرایط بسته‌بندی MAP و پوشش داده شده با ۰/۵ درصد کیتوزان بود. بر اساس نتایج آنالیز واریانس و معنی‌داری ضرایب مدل کاسته برای میزان سفتی بافت، ترتیب اثرگذاری متغیرها به‌صورت: زمان نگهداری >> دمای نگهداری > غلظت گاز اکسیژن > پلی‌ساکارید کیتوزان، بود (جدول ۲و۳).



شکل ۱- نمودار رویه پاسخ (الف) تاثیر دمای نگهداری و پلی‌ساکارید کیتوزان (t=12 days, GC=12 %) و (ب) تاثیر زمان نگهداری و غلظت گاز اکسیژن (Chitosan=0.5%, T=15 ˚C) بر درصد کاهش وزن خیارگلخانه‌ای

یکی از فاکتورهای اصلی مورد استفاده در تعیین کیفیت و عمرماندگاری میوه‌ها و سبزیجاتی مانند خیار سرعت یا مقدار کاهش سفتی بافت آن در طول انبارداری می‌باشد (Patricia *et al*,. 2005). مهمترین منافع بسته‌بندی تحت شرایط اتمسفر تغییر یافته، شامل کاهش تنفس، کاهش تولید و حساسیت به اتیلن، کند شدن روند نرم شدن میوه و تغییر ترکیبات داخل میوه می‌باشد. نرم شدن بافت میوه‌ها و سبزیجات به دلیل عوامل بسیاری از جمله تخریب ترکیبات دیواره سلولی و پلی‌ساکاریدها می‌باشد (Rungsinee and Patratip, 2008). رمز موفقیت روش بسته‌بندی تحت شرایط اتمسفر تغییر یافته دانستن ترکیب گازی صحیح درون بسته‌بندی و استفاده از مواد پوششی مناسب است. انتخاب صحیح شرایط گازی سبب افزایش عمر پس از برداشت محصول می‌گردد و شرایط نامناسب مانند غلظت اکسیژن پایین یا دی‌اکسیدکربن خیلی زیاد سبب بروز تنفس بی‌هوازی در محصول و کاهش ماندگاری آن خواهد گردید (Manolopoulou *et al*,. 2010).Manning (۱۹۹۳) عنوان کرد که نرم شدن بافت میوه‌ها بدلیل تجزیه ترکیبات دیواره سلولی بویژه پکتین‌ها در اثر فعالیت اختصاصی آنزیم‌های پلی‌گالاکتوروناز و پکتین استراز می‌باشد. Martinez و همکاران (۲۰۰۳) نیز بیان کردندکه افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و کاهش غلظت اکسیژن، شدت تنفس و فعالیتهای متابولیکی میوه‌ها را به حداقل می‌رساند و بسته‌بندی در اتمسفر اصلاح شده با کاهش یا جلوگیری از فعالیت‌های آنزیمهای تجزیه‌کننده پکتین موجب حفظ سفتی بافت میوه،کاهش تولید اتیلن و حساسیت به آن، کند شدن روند نرم شدن میوه شده و رسیدگی را به تاخیر می‌اندازد، همچنین باعث حفظ رنگ و ویتامین‌های میوه می‌شود.

Gorny و همکاران (۱۹۹۸) گزارش دادند که کاهش سفتی بافت در برش‌های تازه گلابی توسط دمای انبارداری و میزان رسیدگی اولیه آن تحت تاثیر قرار گرفت. همچنین Gorny و همکاران در تحقیقی دیگر (۱۹۹۹) به این نتیجه رسیدند که کاهش سفتی بافت خلال‌های هلو و شلیل نگهداری شده در ۱۰ درجه سانتی‌گراد به میزان بیشتر و سریعتر از نمونه‌های نگهداری شده در دمای صفر و ۵ درجه سانتی‌گراد بود که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد.

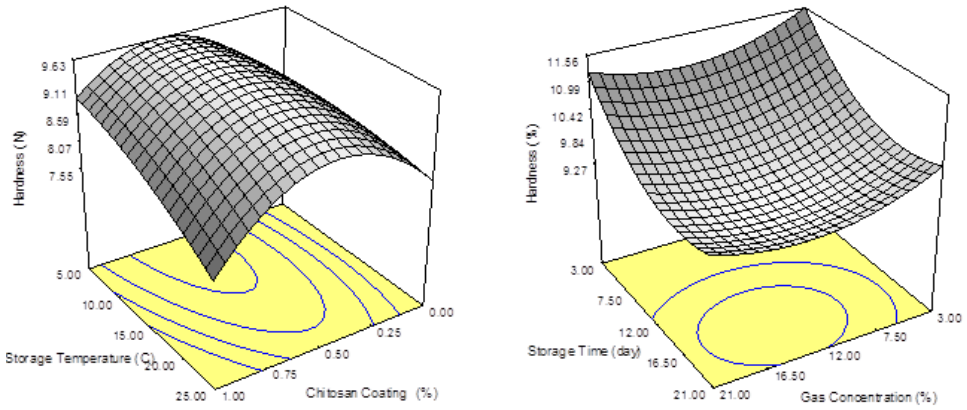
بررسی تاثیر متغیرهای مستقل بر خواص رنگی محصول نهایی

نتایج آنالیز واریانس مولفه L* نشان داد که در بین متغیرهای مستقل فقط اثر خطی غلظت گاز اکسیژن و زمان نگهداری معنی‌دار بود ($p<۰/۰۱$) در حالیکه اثرات خطی دمای انبارداری و غلظت پلی‌ساکارید کیتوزان در مدل درجه دوم کاسته معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$). ولی اثر کوادراتیک دما و همچنین اثر متقابل آن با هر سه متغیر دیگر در سطح بالایی از نظر آماری معنی‌دار بودند (جدول ۳). بنابراین رابطه بین پلی‌ساکارید کیتوزان و غلظت گاز اکسیژن با روشنی ظاهری محصول نهایی در شرایط ثابتی از زمان (۱۲ روز) و دمای انبارداری (۱۵درجه سانتی‌گراد)، بصورت خطی بود به‌طوری که با افزایش غلظت گاز اکسیژن در بسته‌بندی میزان مولفه L* نمونه‌های خیار افزایش نشان داد بدین ترتیب نمونه‌های بسته‌بندی

www.SID.ir

Archive of SID

شده در شرایط معمولی دارای بیشترین روشنی ظاهری بودند (شکل ۳). همانطور که ذکر شد اگرچه پلی‌ساکارید کیتوزان تاثیر معنی‌داری بر این مولفه نداشت ولی نمونه‌های پوشش داده شده با ۰/۵ درصد کیتوزان روشنی ظاهری بیشتری نشان دادند. این در حالی بود که طبق نتایج آنالیز واریانس با گذشت زمان انبارداری در شرایط ثابتی از نظر گاز اکسیژن (۱۲٪) میزان مولفه L* نمونه‌های خیار افزایش معنی‌داری نشان داد. بدین ترتیب نمونه‌های پوشش داده شده با ۰/۵ درصد پلی‌ساکارید کیتوزان و نگهداری شده تحت زمان انبار داری بالا، بیشترین میزان مولفه L* را دارا بودند. بر اساس نتایج آنالیز واریانس و معنی‌داری ضرایب مدل کاسته برای مولفه L*، ترتیب اثرگذاری متغیرها به‌صورت: غلظت گاز اکسیژن> زمان نگهداری> دمای نگهداری> پلی‌ساکارید کیتوزان، بود (جدول ۲ و۳).



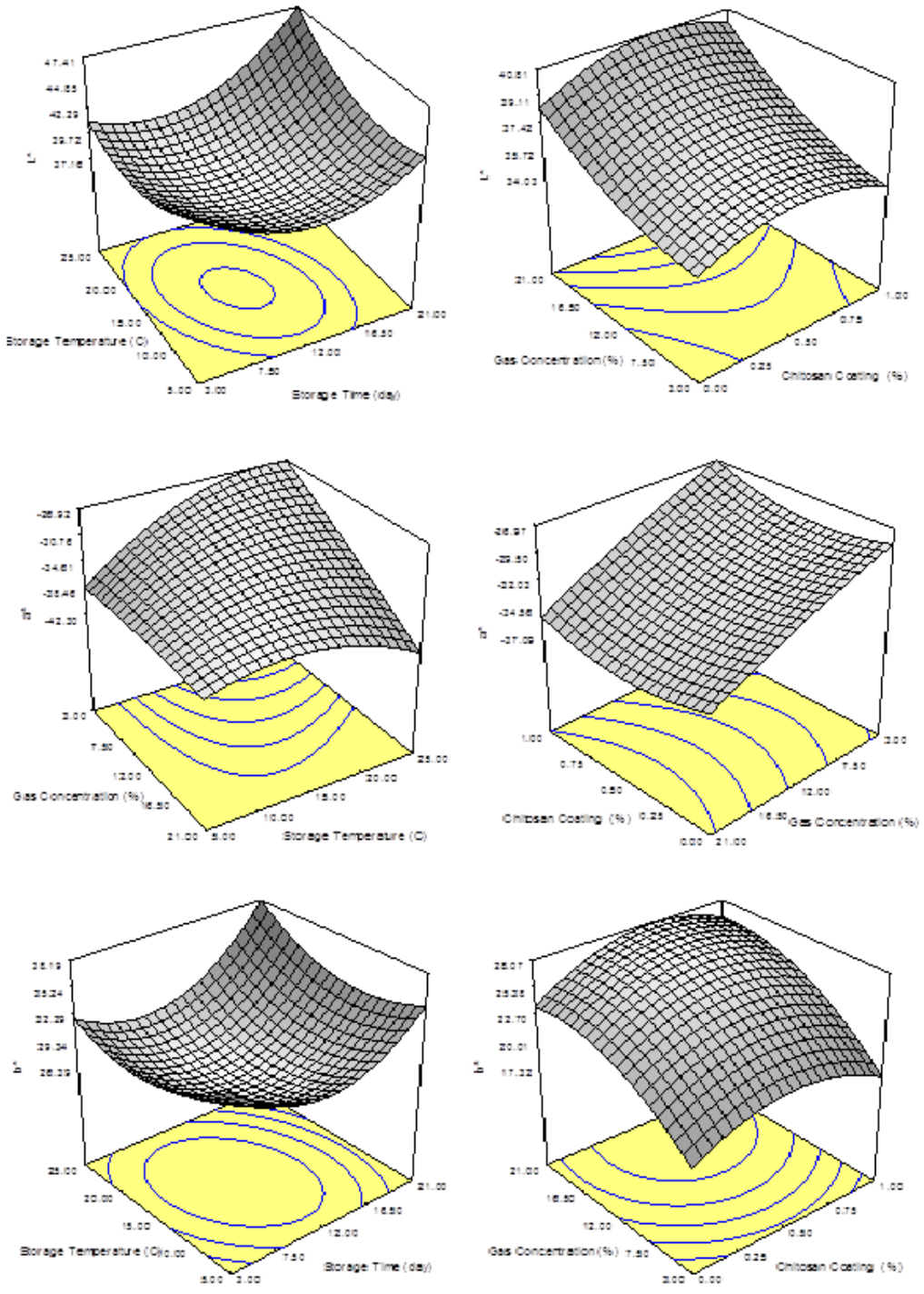
شکل ۲- نمودار رویه پاسخ (الف) تاثیر زمان و غلظت گاز اکسیژن (T=15 °C, Chitosan=0.5%) و (ب) تاثیر پلی‌ساکارید کیتوزان و دمای نگهداری (t=12 days, Chitosan=0.5%) بر میزان سفتی بافت خیارگلخانه‌ای

نتایج همچنین نشان داد اثرات خطی متغیرهای غلظت گاز اکسیژن، دمای نگهداری و عبارت درجه دوم دما در سطح بسیار بالایی در مدل درجه دوم کاسته برازش شده بر داده‌های مولفه a* معنی‌دار بود (p<۰/۰۵) ولی اثر پلی‌ساکارید کیتوزان و زمان نگهداری معنی‌دار نبود (p>۰/۰۵) (جدول ۳). بر اساس آنالیز واریانس این نتیجه حاصل شد که در شرایط ثابتی از نظر زمان انبارداری (۱۲ روز) و پلی‌ساکارید کیتوزان (۰/۵٪) با افزایش دمای نگهداری میزان مولفه قرمزی (a*) نمونه‌های خیار بصورت سهمی افزایش یافت در حالیکه با افزایش غلظت گاز اکسیژن در بسته‌بندی میزان این مولفه بصورت خطی کاهش یافت (شکل ۳) و به عبارت دیگر رنگ سبز نمونه‌های خیار افزایش نشان داد. پلی‌ساکارید کیتوزان نیز اگرچه تاثیر معنی‌داری نداشت ولی با افزایش درصد پوشش‌دهی کیتوزان رنگ سبز نمونه‌های خیار بیشتر حفظ شد بدین معنی که میزان مولفه a* (مولفه قرمزی) کاهش نشان داد. بر اساس نتایج آنالیز واریانس و معنی‌داری ضرایب مدل کاسته برای مولفه a*، ترتیب اثرگذاری متغیرها به‌صورت: غلظت گاز اکسیژن> دمای نگهداری> زمان نگهداری> پلی‌ساکارید کیتوزان، بود.

تاثیر متغیرهای مستقل بر مولفه b* محصول نهایی به‌صورت شکل‌های سه‌بعدی رویه پاسخ در شکل ۳ نشان داده شده است. طبق نتایج اثرات خطی غلظت گاز اکسیژن، زمان نگهداری و عبارت درجه دوم پلی‌ساکارید کیتوزان و زمان نگهداری معنی‌دار بودند (جدول۳). بر اساس نتایج آنالیز واریانس مشخص شد که غلظت گاز اکسیژن بیشترین تاثیر را بر این مولفه رنگی داشت به‌طوری که در شرایط ثابتی از دما و زمان نگهداری با افزایش غلظت گاز اکسیژن در بسته‌بندی از ۳ تا ۲۱ درصد میزان مولفه b* افزایش معنی‌دار نشان داد (p<۰/۰۵). گذشت زمان نگهداری نیز بصورت سهمی منجر به افزایش مولفه b* شد بطوریکه بیشترین میزان این مولفه زردی در اواخر دوره نگهداری حاصل شد (شکل ۳). از طرفی گرچه اثر خطی دما تاثیر معنی داری بر میزان مولفه زردی معنی‌دار نبود ولی اثر متقابل آن با گاز اکسیژن و زمان معنی‌دار بود. بر اساس نتایج آنالیز واریانس و معنی‌داری ضرایب مدل کاسته برای مولفه b*، ترتیب اثرگذاری متغیرها به‌صورت: غلظت گاز اکسیژن> زمان نگهداری> پلی‌ساکارید کیتوزان> دمای نگهداری، بود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳-نمودار رویه پاسخ تاثیر متغیرهای مستقل بر خواص رنگی شامل (الف) مولفه *L(ب) مولفه *a (ج) مولفه *b در خیارگلخانه‌ای

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳- نتایج جدول آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ درجه دوم کاسته برای داده‌های پاسخ

منبع تغییرات	افت وزن		سفتی بافت		L*		a*		b*	
	مجموع مربعات	اندیس p	مجموع مربعات	اندیس p	مجموع مربعات	اندیس p	مجموع مربعات	اندیس p	مجموع مربعات	اندیس p
Model	۶۸۰/۴۳	<۰/۰۰۰۱	۲۰/۲۳	<۰/۰۰۰۱	۶۹۳/۹۳	<۰/۰۰۰۱	۸۰۹/۳۱	<۰/۰۰۰۱	۶۷۴/۴۹	<۰/۰۰۰۱
A(کیتوزان)	۹/۱۰	۰/۰۳۹۶	۰/۵۲	۰/۰۲۲۶	۳/۵۶	۰/۳۲۳	۲/۷۲	۰/۴۲۴	۱۲/۵۰	۰/۱۶۵
B(گاز)	۸/۲۶	۰/۰۴۹	۰/۶۳	۰/۰۱۳۲	۱۱۲/۵	<۰/۰۰۰۱	۲۸۰/۰۶	<۰/۰۰۰۱	۲۴۲	<۰/۰۰۰۱
C (دما)	۲۳۸/۴۹	<۰/۰۰۰۱	۹/۳۷	<۰/۰۰۰۱	۳۴/۷۲	۰/۰۰۵۲	۶/۷۲	۰/۲۱۴	۵۳/۳۹	۰/۰۰۷۶
D(زمان)	۱۸۷/۹۲	<۰/۰۰۰۱	۱/۶۹	۰/۰۰۰۳	۵/۵۶	۰/۲۲	۶۸/۰۸	۰/۰۰۰۶	۱/۳۹	۰/۶۳۵
A^2	–	–	۴/۴۸	<۰/۰۰۰۱	–	–	–	–	۲۲/۹۴	۰/۰۶۵
B^2	–	–	۰/۵۲	۰/۰۲۲	–	–	–	–	–	–
C^2	–	–	۱/۱۹	۰/۰۰۱۳	۴۶/۵۸	۰/۰۰۱۷	–	–	۱۰۱/۱۶	۰/۰۰۰۶
D^2	۳۵/۴۴	۰/۰۰۰۳	–	–	۱۶/۳۳	۰/۰۴۳	۶۶/۰۱	۰/۰۰۰۷	–	
AB	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
AC	–	–	–	–	۷۶/۵۶	۰/۰۰۰۲	–	–	۵۲/۵۶	۰/۰۰۸
AD	–	–	۲/۳۲	<۰/۰۰۰۱	۳۳/۰۶	۰/۰۰۶۲	۲۷/۵۶	۰/۰۱۷۳	–	–
BC	۱۱/۸۲	۰/۰۲۰۷	–	–	۰/۲۲/۵۶	۰/۰۱۹۷	۹۵/۰۶	۰/۰۰۰۱	۲۷/۵۶	۰/۰۴۵۱
BD	–	–	۰/۶۶	۰/۰۱۱۵	۱۳۸/۰۶	<۰/۰۰۰۱	۲۱۷/۵۶	<۰/۰۰۰۱	۱۳۸/۰۶	۰/۰۰۰۱
CD	۱۸۹/۴۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۵۱	۰/۰۲۴	۵۲/۵۶	۰/۰۰۱	۴۵/۵۶	۰/۰۰۳۳	۳۳/۰۶	۰/۰۲۹۸
Lack of fit	۲۸/۶۹	۰/۷۷۵	۱/۴۱	۰/۱۴۹	۵۲/۴۴	۰/۲۰۸	۶۷/۰۶	۰/۳۴۳	۱۰۴/۹۸	۰/۰۶۰۸
Pure error	۱۳/۱۴	–	۰/۱۹	–	۹/۵	–	۱۴/۸۳	–	۸/۸۳	–

رنگ از جمله عوامل مهم و تاثیرگذار در کیفیت ظاهری و بازارپسندی محصولات بسته‌بندی شده است که تا حد زیادی متاثر از نوع ماده بسته‌بندی می‌باشد. در تحقیقی مشابه Xing و همکاران (۲۰۱۱) اثر پوشش کیتوزان غنی شده با روغن دارچین را بر ویژگی‌های کیفی فلفل شیرین نگهداری شده در دمای ۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۵ روز بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد تغییرات رنگ برای تمام فلفل‌های سبز پوشش داده شده در مقایسه با نمونه‌های ذخیره نشده (اولیه) ناچیز بود و نمونه‌های تیمار شده در پایان دوره نگهداری بعد از ۳۵ روز هنوز سبز بودند. آنالیز تغییرات مقدار کلروفیل نیز بعنوان یک روش عملی برای اندازه‌گیری تاثیر تیمار پوشش‌دهی در فلفل شیرین محسوب می‌شود. مقدار کلروفیل اولیه برای نمونه‌های فلفل ۱۶۳ µg/g بود. این مقدار کلروفیل در طول زمان انبارداری کاهش یافت، بطوریکه در نمونه‌های تحت تیمار به مقدار ۱۲۹ µg/g–۱۱۹ رسید که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند در حالیکه در نمونه شاهد به مقدار ۸۸/۷µg/g در پایان دوره انبارداری رسید. در تحقیقی دیگر احمدی و همکاران (۱۳۸۷) تاثیر بسته‌بندی MAP را بر روی نگهداری دو رقم آلبالو بررسی کردند، نتایج خواص رنگی نشان داد که تغییر در ترکیب گاز اتمسفر موجود در فضای درون بسته‌بندی (افزایش غلظت گاز O_2 و CO_2 و کاهش گاز نیتروژن) تاثیر معنی‌داری بر مولفه‌های L*، a* و b* نمونه های آلبالو نداشت (p>۰/۰۵) در حالیکه اثر دمای نگهداری بر روی مولفه L* معنی‌دار بود به‌طوری که میزان تیره شدن در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر از دمای صفر درجه بود، یعنی با افزایش دما میزان مولفه L* کاهش یافت.

موحدنژاد و همکاران (۱۳۹۳) نیز تأثیر شرایط مختلف بسته‌بندی را بر خواص کیفی سیب گلدن دلیشز تحت شرایط مختلف انبارداری (درطی 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 می‌باشد. این محققان همچنین اعلام کردند که در شرایط سردخانه‌ای به دلیل شرایط کنترلی دما و رطوبت در هیچ کدام از پوشش‌ها تغییرات محسوسی طی زمان مشاهده نشد. در مورد مولفه a* به دلیل رسیدگی نمونه‌های 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 سردخانه‌ای بعد از یک افزایش از زمان برداشت تا ماه اول روند برای تمام پوشش‌ها ثابت ماند. در شرایط محیطی پوشش واکس تقریباً

www.SID.ir

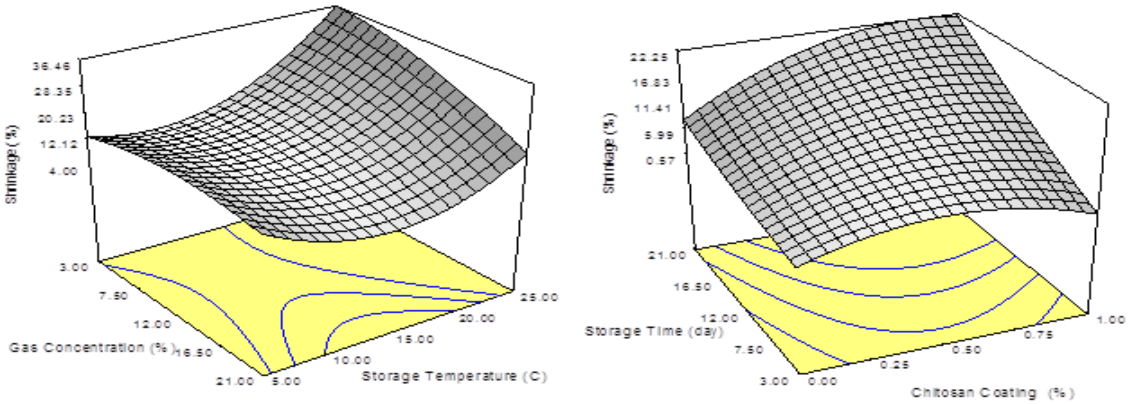
Archive of SID

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 کاهشی شده است

تغییرات چروکیدگی (کاهش حجم) خیار

در شکل (۴-الف) تاثیر زمان نگهداری و پوشش کیتوزان (در حالی که غلظت گاز اکسیژن و دمای انبارداری ثابت و به ترتیب برابر ۱۲ درصد و ۱۲/۵ درجه سانتی‌گراد) و در شکل (۴-ب) تاثیر دمای نگهداری و غلظت گاز (در حالی که زمان انبارداری و غلظت پلی‌ساکارید کیتوزان ثابت و به ترتیب برابر ۱۲ روز و ۰/۵ درصد) بر تغییرات چروکیدگی نمونه‌های خیار بسته‌بندی شده آورده شده است. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثرات خطی پلی‌ساکارید کیتوزان، غلظت گاز اکسیژن، زمان نگهداری و دمای نگهداری در سطح بالایی معنی‌دار بود (جدول ۳). همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش زمان نگهداری از ۳ تا ۲۱ روز و افزایش دمای نگهداری از ۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد، میزان چروکیدگی و یا به‌عبارت دیگر میزان افت حجم در نمونه‌های خیار نگهداری شده افزایش یافته است و شیب این کاهش در روزهای انتهای نگهداری بویژه در دماهای بالاتر بیشتر است.

اثر پوشش‌دهی بر پارامتر چروکیدگی نمونه‌های خیار نیز به این صورت بود که افزایش میزان پوشش‌دهی منجر به افزایش چروکیدگی نمونه‌ها شد بطوریکه کمترین میزان افت حجم مربوط به نمونه‌های بدون پوشش بود (شکل ۴). همانطور که مشاهده می‌شود بیشترین مقدار چروکیدگی در شرایط بسته‌بندی MAP با ۳ درصد اکسیژن حاصل گردید و با افزایش غلظت گاز اکسیژن تا حدود اتمسفر میزان چروکیدگی محصول با شیب بیشتری کاهش نشان داد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد مدل چندجمله‌ای درجه دوم برازش یافته برای چروکیدگی معنی‌دار می باشد و آزمون ضعف برازش آن معنی‌دار نیست و همچنین مقادیر R^2 وR^2 اصلاح شده در این مدل برابر ۰/۹۹ و ۰/۹۸ بودند که قدرت بالای مدل را تایید می‌کند (جدول ۲). بر اساس مقادیر و معنی‌داری ضرایب مدل کاسته برای چروکیدگی، ترتیب اثرگذاری متغیرهای مستقل به این صورت بود: زمان نگهداری> دمای نگهداری > نوع بسته‌بندی (غلظت گاز اکسیژن)> پوشش کیتوزان.



شکل ٤- نمودار رویه پاسخ (الف) تاثیر زمان نگهداری و پلی‌ساکارید کیتوزان (T=15 °C, GC=12 %) و (ب) تاثیر دمای نگهداری و غلظت گاز اکسیژن (t=12 days, Chitosan=0.5%) بر درصد چروکیدگی خیارگلخانه‌ای

مرتضوی و همکاران (۱۳۸۵) در تحقیق خود با بررسی تاثیر بسته‌بندی تحت خلاء و شرایط اتمسفر تغییر یافته بر ماندگاری و کیفیت میوه خرمای رقم برحی، گزارش دادند که در میوه‌های بسته‌بندی شده تحت MAP و خلا، مقدار کاهش وزن و چروکیدگی نسبت به میوه‌های شاهد (بدون بسته‌بندی) بسیار کمتر است، بطوریکه در این تیمارها وجود پوشش پلی‌اتیلنی بر روی میوه‌ها شدت تعرق، کاهش وزن و چروکیدگی میوه‌ها را به حداقل رسانده بود. همچنین وجود اختلاف قابل توجه از نظر درصد چروکیدگی و کاهش وزن بین دو دمای نگهداری ۴ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد که فروشندگان خرمای برحی در مرحله خلال با کاهش دمای نگهداری میوه‌ها به طرق مختلف می‌توانند چروکیدگی، تلف شدن و کاهش قیمت میوه را ۱۰-۷ روز عقب بیاندازند. در نهایت آن‌ها با مقایسه و بررسی صفات کیفی به این نتیجه رسیدند که با استفاده از پوشش بسته‌بندی مناسب و نگهداری در دمای پایین تعرق و از دست‌دهی آب به حداقل رسیده و مانع از چروکیدگی سریع میوه‌ها می‌شود.

www.SID.ir

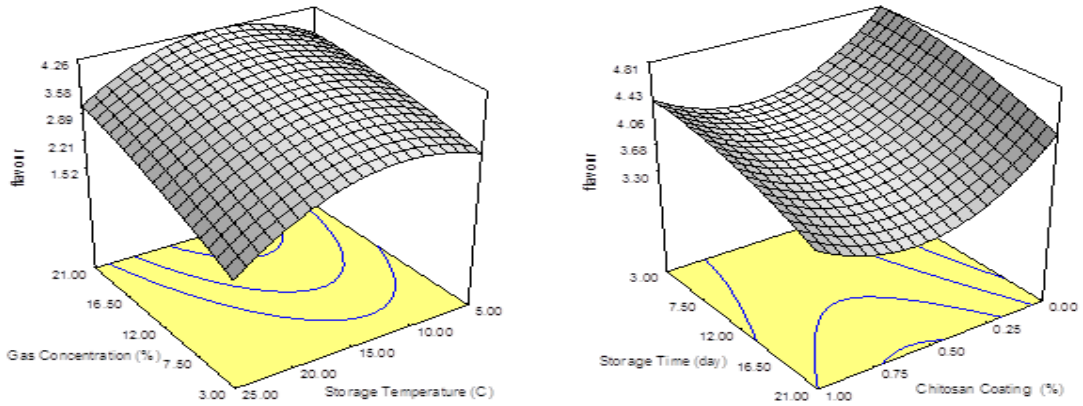
Archive of SID

طعم و مزه خیار بسته‌بندی شده

نتایج نشان داد که اثرات خطی هر چهار متغیر غلظت کیتوزان، غلظت گاز اکسیژن، زمان نگهداری و دمای نگهداری در مدل کاسته برای پارامتر حسی طعم و مزه معنی‌دار بودند (جدول ۳). همان‌طور که از شکل‌های 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 انبارداری امتیاز حسی طعم و مزه نمونه‌های خیار کاهش یافت تا اینکه در روز ۲۱ ام نگهداری به کمترین مقدار خود رسید (شکل ۴). در همین شرایط افزایش غلظت پلی‌ساکارید کیتوزان بعنوان پوشش نمونه‌های خیار، منجر به کاهش معنی‌داری در امتیاز طعم و مزه محصول شد بدین معنی که بالاترین امتیاز طعم و مزه به نمونه‌های فاقد پوشش کیتوزان داده شد. از طرفی بدلیل معنی‌دار 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 شکل‌های رویه پاسخ نشان داد که در شرایط زمان و غلظت ثابتی از پلی‌ساکارید کیتوزان، با افزایش دمای انبارداری از ۵ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد، امتیازدهی محصول از نظر طعم و مزه نمونه‌های خیار نگهداری شده تحت شرایط مختلف نگهداری توسط داوران آموزش دیده روند افزایشی نشان داد، بدین ترتیب که بیشترین امتیاز طعم محصول به نمونه‌های نگهداری شده در این شرایط تعلق گرفت ولی با ادامه افزایش دمای بسته‌بندی امتیاز حسی محصول کاهش معنی‌داری 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 نمونه‌ها بصورت خطی افزایش نشان داد (شکل ۵). بر اساس نتایج آنالیز واریانس و معنی‌داری ضرایب مدل کاسته برای صفت طعم و مزه، ترتیب اثرگذاری متغیرها به‌صورت: غلظت گاز اکسیژن> دمای نگهداری> زمان نگهداری> پلی‌ساکارید کیتوزان، بود.

Patrıcia و همکاران (۲۰۰۵) در پژوهشی اثر فیلم خوراکی با پایه گلوتن گندم و انواع پوشش‌دهی را بر روی خواص حسی توت‌فرنگی در طول نگهداری در دمای یخچال بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که میوه‌های پوشش داده شده با فیلم خوراکی گلوتن و پوشش ترکیبی (مخلوط)، ویژگی‌های ظاهری و قابل مشاهده توت‌فرنگی را در طول انبارداری بهتر حفظ نموده و مصرف‌کنندگان طعم و مزه میوه‌های پوشش داده شده با گلوتن را تایید کردند. در تحقیقی دیگر Gorny (۲۰۰۱) گزارش داد که با استفاده از حداقل فراوری و بسته‌بندی MAP می‌توان فلفل سبز را در دماهای پایین بدون آسیب سرمایی نگهداری کرد. نتایج همچنین نشان داد با کاهش O_2 در بسته‌بندی در هر دو دمای صفر و ۵°C افت طعم در نمونه‌های فلفل از نظر پانلیست‌ها ایجاد نشد که این نتیجه موافق با کار González و همکاران (۲۰۰۴) بود که گزارش دادند مقدار ناچیزی اتانول و استالدئید در طول نگهداری برش‌های فلفل سبز در دمای ۸°C تولید شد که تاثیر منفی بر خواص حسی از جمله آروما و رایحه محصول نهایی نداشت.



شکل ۵- نمودار رویه پاسخ (الف) تاثیر زمان نگهداری و پلی‌ساکارید 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 خیارگلخانه‌ای

تردی و تازگی محصول بسته‌بندی شده

تاثیر متغیرهای مستقل بر امتیازدهی پارامتر تردی و تازگی نمونه‌های خیار بسته‌بندی شده در شرایط مختلف توسط داوران آموزش دیده، به‌صورت شکل‌های سه‌بعدی رویه پاسخ در شکل ۵ نشان داده شده است. طبق نتایج، در مدل کاسته برای پارامتر تازگی محصول اثرات خطی پلی‌ساکارید کیتوزان، غلظت گاز اکسیژن، زمان

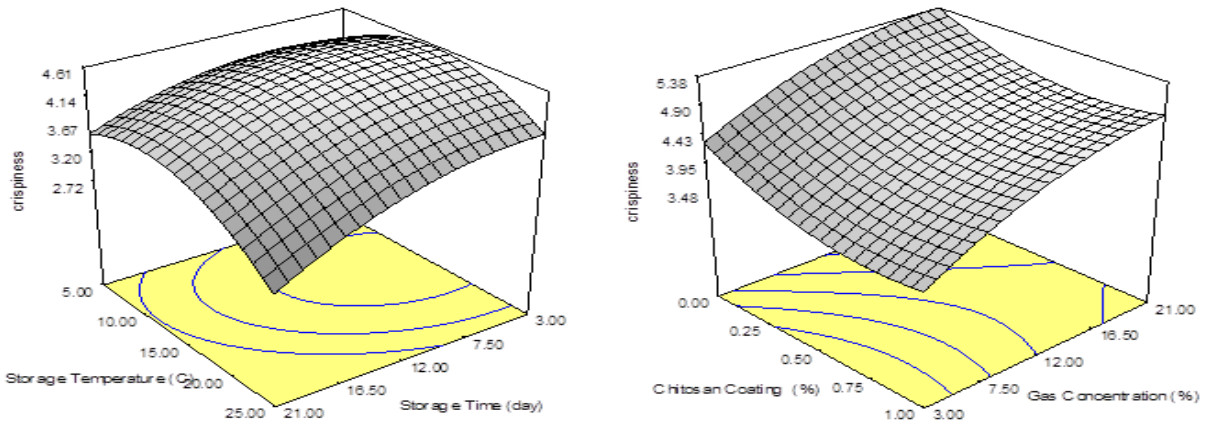
www.SID.ir

Archive of SID

نگهداری، دمای نگهداری و اثر کوادراتیک دمای نگهداری معنی‌دار بودند. همچنین عبارت‌های مربوط به برهمکنش پلی‌ساکارید کیتوزان با زمان و دمای نگهداری، دمای نگهداری و زمان معنی‌دار بودند ($p<0/01$)، در حالیکه اثر کوادراتیک پلی‌ساکارید کیتوزان، غلظت گاز اکسیژن و زمان نگهداری و اثرات برهمکنش سایر متغیرها به دلیل غیر معنی‌دار بودن در مرحله Stepwise از مدل حذف شدند و مدل کاسته ساده‌تری حاصل گردید (جدول ۳).

طبق نتایج در شرایط ثابت از نظر غلظت گاز اکسیژن (بسته‌بندی MAP با ۱۲ ٪ اکسیژن) و پوشش کیتوزان (۰/۵٪)، افزایش دما تا حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد تاثیر قابل توجهی بر امتیاز تردی و تازگی محصول توسط ارزیابان نداشت در حالیکه با ادامه افزایش دمای نگهداری پذیرش محصول از نظر این پارامتر حسی کاهش یافت. گذشت زمان انبارداری نیز تاثیری مشابه دمای نگهداری داشت بدین معنی که گذشت زمان تا حدود ۱۲ روز تاثیر منفی قابل محسوسی بر تازگی نمونه‌های خیار بسته‌بندی شده نداشت ولی پس از آن با افزایش زمان انبارمانی امتیاز حسی تردی و تازگی محصول از نظر مصرف‌کنندگان کاهش معنی‌داری نشان داد تا اینکه در اواخر دوره نگهداری محصول امتیاز تازگی نمونه‌ها به کمترین مقدار رسید (شکل ۵). نتایج همچنین نشان داد که در شرایط ثابتی از نظر دما و زمان نگهداری، افزایش درصد پوشش‌دهی با پلی‌ساکارید کیتوزان تاثیر منفی بر امتیاز تردی و تازگی محصول داشت بدین ترتیب بیشترین امتیاز حسی تردی و تازگی خیار به نمونه‌های فاقد پوشش کیتوزان تعلق گرفت. غلظت گاز اکسیژن نیز در بسته‌بندی تا حدود ۱۲ درصد (بسته‌بندی MAP) تاثیر مثبتی بر امتیاز تردی محصول داشت ولی با ادامه افزایش گاز اکسیژن در بسته‌بندی، این پارامتر حسی تغییر قابل توجهی پیدا نکرد (شکل ۵). مقادیر R^2 وR^2 اصلاح شده در مدل کاسته برای تردی و تازگی محصول نهایی به ترتیب برابر ۰/۹۲ و ۰/۸۸ بودند و آزمون ضعف برازش آن معنی‌دار نبود ($p>0/05$) که قدرت بالای مدل را تایید می‌کند (جدول ۳). بر اساس نتایج آنالیز واریانس و معنی‌داری ضرایب مدل کاسته برای صفت تردی و تازگی محصول، ترتیب اثرگذاری متغیرها به‌صورت: غلظت گاز اکسیژن> زمان نگهداری> پلی‌ساکارید کیتوزان> دمای نگهداری، بود.

فعالیت‌های متابولیک در بافت زنده میوه شامل فعالیت‌های آنزیمی مرتبط با پیری و سوخت وساز است که هرچه سرعت بیشتری داشته باشند پیری و زوال میوه سریع‌تر اتفاق می افتد (Senesi et al,. 2000). رمز موفقیت روش بسته‌بندی تحت شرایط اتمسفر تغییر یافته دانستن ترکیب گازی صحیح درون بسته بندی و استفاده از مواد پوششی مناسب است. انتخاب صحیح شرایط گازی سبب افزایش عمر پس از برداشت محصول می گردد و شرایط نامناسب مانند غلظت اکسیژن پایین یا دی‌اکسیدکربن خیلی زیاد سبب بروز تنفس بی‌هوازی در محصول و کاهش ماندگاری آن خواهد گردید (Manolopoulou et al,. 2010). معمولا اتمسفر اصلاح شده بصورت ترکیبی از مقادیر پایین اکسیژن و مقادیر متوسط به بالای دی‌اکسیدکربن در دماهای پایین برای گسترش عمر ماندگاری میوه‌ها و سبزیجات تازه برش خورده استفاده می‌شود و شرایط بهینه انبارداری به ویژگی‌های متابولیکی محصول مورد نظر بستگی دارد (Hertog et al,. 1998; Artes et al,. 1998). در تحقیقی Skog & Smith (2003)) تاثیر بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده را بر سه رقم گیلاس مورد بررسی قرار دادند. این آزمایش نشان داد بسته بندی در اتمسفر اصلاح شده تا۵۰ ٪ پوسیدگی را کاهش و سفتی بافت را افزایش داد، خشکیدگی میوه نیز کاهش یافت و در نهایت باعث حفظ کیفیت و تازگی سه رقم گیلاس شد



شکل ٦-نمودار رویه پاسخ (الف) تاثیر غلظت گاز اکسیژن و پلی‌ساکارید کیتوزان (T=15 °C, t=12 days) و (ب) تاثیر دمای نگهداری و زمان نگهداری (Chitosan=0.5%, GC=12%) بر تردی و تازگی خیارگلخانه‌ای

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول۳- نتایج جدول آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ درجه دوم کاسته برای داده‌های پاسخ

	چروکیدگی		طعم و مزه		تردی و تازگی	
منبع تغییرات	مجموع مربعات	اندیس p	مجموع مربعات	اندیس p	مجموع مربعات	اندیس p
Model	۴۹۹۳/۴۷	<۰/۰۰۰۱	۱۹/۳۳	<۰/۰۰۰۱	۸۰۹/۳۱	<۰/۰۰۰۱
A(کیتوزان)	۱۹۷/۸۷	<۰/۰۰۰۱	۱/۱۰	<۰/۰۰۰۹	۲/۷۲	۰/۴۲۴
B(گاز)	۳۹۰/۰۴	<۰/۰۰۰۱	۶/۷۸	<۰/۰۰۰۱	۲۸۰/۰۶	<۰/۰۰۰۱
C(دما)	۸۹۰/۱۴	<۰/۰۰۰۱	۱/۷۱	۰/۰۰۰۱	۶/۷۲	۰/۲۱۴
D(زمان)	۶۷۹/۲۱	<۰/۰۰۰۱	۳/۲۵	<۰/۰۰۰۱	۶۸/۰۸	۰/۰۰۰۶
A^2	۶۵/۶۵	۰/۰۰۰۲	۰/۸۸	۰/۰۰۲۳	–	–
B^2	۳۱/۳۶	۰/۰۰۳۷	–	–	–	–
C^2	–	–	–	–	–	–
D^2	۳۸۵/۰۲	<۰/۰۰۰۱	۳/۴	<۰/۰۰۰۱	۶۶/۰۱	۰/۰۰۰۷
AB	۴۳۸/۶۹	<۰/۰۰۰۱	–	–	–	–
AC	۲۰۳/۲۱	<۰/۰۰۰۱	–	–	–	–
AD	۴۵۳/۰۵	<۰/۰۰۰۱	۰/۲۹	۰/۰۵۹	۲۷/۵۶	۰/۰۱۷۳
BC	۲۶۳/۹۰	<۰/۰۰۰۱	۰/۲۴	۰/۰۸۴	۹۵/۰۶	۰/۰۰۰۱
BD	۴۹۳/۹۵	<۰/۰۰۰۱	۰/۵۸	۰/۰۱۰۲	۲۱۷/۵۶	<۰/۰۰۰۱
CD	۵۷۹/۶۱	<۰/۰۰۰۱	۱/۶۶	۰/۰۰۰۱	۴۵/۵۶	۰/۰۰۳۳
Lack of fit	۳۸/۹۴	۰/۰۷۰۶	۱/۲۰	۰/۱۴۱	۶۷/۰۶	۰/۳۴۳
Pure error	۴/۴۸	–	۰/۱۶	–	۱۴/۸۳	–

بهینه‌سازی

شرایط عملیاتی بهینه برای بسته‌بندی خیار با استفاده از متغیرهای مستقل غلظت پلی‌ساکارید کیتوزان بعنوان پوشش (٪)، غلظت گاز اکسیژن در بسته‌بندی (٪)، دمای نگهداری (درجه سانتی‌گراد) و زمان انبارداری (روز) بر روی پارامترهای کاهش وزن (٪)، چروکیدگی (٪)، سفتی بافت (نیوتن)، مولفه‌های رنگ (L*، a* و b*) و خواص حسی شامل (تردی و تازگی محصول و طعم و مزه) با استفاده از تکنیک بهینه‌سازی عددی نرم‌افزار Design Expert جستجو شد. برای این منظور سفتی بافت، مولفه L* و خواص حسی در حداکثر و میزان کاهش وزن محصول، چروکیدگی و مولفه a* در حداقل مقدار خود در نظر گرفته شدند. مقادیر متغیرهای مستقل در شرایط بهینه بسته‌بندی خیار شامل غلظت پوشش کیتوزان، میزان گاز اکسیژن، دما و زمان انبارداری در جدول ۴ فهرست شده است. در حالت بهینه بیشترین مقدار برای سفتی بافت، مولفه L*، امتیاز طعم و تازگی محصول به ترتیب ۱۰/۴ نیوتن، ۴۸/۹، ۴/۳۵ و ۴/۵ و کمترین مقدار برای کاهش وزن، چروکیدگی و مولفه a* به ترتیب ۲/۷۵ ٪، ۶/۲۵ ٪ و ۳۷/۲۸- بدست آمد. مقدار مولفه b* نیز در رنج قرار داشت که برابر ۳۶/۲۹ بود.

جدول ٤- مقادیر بهینه پیشگویی شده متغیرهای مستقل فرآیند بسته‌بندی خیارگلخانه‌ای

متغیر مستقل	حداقل	حداکثر	مقدار بهینه
پوشش کیتوزان (٪)	۰	۱	۰/۵
غلظت گاز اکسیژن (٪)	۳	۲۱	۸/۵
زمان نگهداری (روز)	۳	۲۱	۱۴
دمای نگهداری (°C)	۵	۲۵	۹

نتیجه‌گیری

چروکیدگی و از دست دادن آب و متعاقب آن کاهش ویتامین‌ها و سایر مواد مغذی در خیار از مواردی هستند که در بازه زمانی برداشت محصول تا عرضه به مصرف‌کننده موجب کاهش کیفیت ظاهری و ارزش غذایی آن می‌گردند. نتایج این تحقیق نشان داد با استفاده از بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده و نگهداری در دمای پایین می‌توان

www.SID.ir

Archive of SID

علاوه بر کاهش سرعت تنفس خیار تازه از نرم شدن بافت و افت رطوبت جلوگیری نمود. بعلاوه پوشش‌دهی خیار با کیتوزان نیز به شکل معنی‌داری از افت وزن، مواد مغذی و توسعه میکروبی جلوگیری می‌نماید. نتایج این تحقیق نشان داد که با بکار بردن ۰/۵ درصد پوشش کیتوزان و نگهداری خیار گلخانه‌ای در دمای زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد تحت بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده (۱۰-۷ درصد اکسیژن) می‌توان زمان ماندگاری این محصول را با توجه به صفات سفتی بافت، حداقل افت وزن و چروکیدگی، رنگ سبز ظاهری و طعم و مزه قابل قبول و همچنین عدم فساد میکروبی تا ۱۵ روز افزایش داد و نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند برای دستاندرکاران صادرات این محصول مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

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 Science and Technology*), 22(2): 156-166.

Mortazavi, M. H., Arzani, K., Barzgar, M. 2005. The effect of modified atmosphere and vacuum packaging on shelf life and quality of the palm fruit (*Phoenix dactylifera* L.). *Iranian Journal of Agricultural Science*, 29 (3): 125-137.

Movahednejad, M. H., Khoshtaghaza, M. H., ZohouriyanMehr, M. J. Minaee, S. 2014. Effect of edible and nano biocompatibility coating on quality property of golden delicious apple during different storage conditions. Iranian *Journal of Food Science and Technology*, 45 (11): 13-24.

Artes, F., Marın, J.G., Mart´ınez, J.A. 1998. Permeability rates of films for modified atmosphere packaging of respiring foods. In: Nicola¨ı, B.M., Baerdemaeker, J.D. (Eds.), Food Quality Modelling. *European Commission*,pp. 153–158.

Barth, M.M., Karbel, E.L., Perry, A.K.and Schmidt, S.J. 1993. Modified atmosphere packaging affects ascorbic acid, enzymeactivity and market quality of broccoli. *Journal of Food Science*. 58, 140-143.

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.

Dutta P, Tripathi S, Mehrotra G, Dutta J. 2009. Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. *Food Chemistry*, 114(4):1173-82.

González-Aguilar, GA., Ayala-Zavala, JF. Ruiz-Cruz, S., Acedo-Félix, E., Dí az-Cinco, ME. 2004. Effect of temperature and modified atmosphere packaging on overall quality of fresh-cut bell peppers. *LWT - Food Science and Technology*, 37: 817-826.

Gorny, J. R., Gil, M. I., & Kader, A. A. 1998. Postharvestphysiology and quality maintenance of fresh-cut pears. *Acta Horticultorae*, 464, 231–236.

Gorny, J. R., Hess-Pierce, B., & Kader, A. A. 1999. Effects of fruitsripeness and storage temperature on the deterioration rate of freshcutpeaches and nectarine slices. *Postharvest Biology and Technology*, 33, 110–113.

Gorny, R. J. 2001. A summary of C.A and M.A requirements and recommendations for fresh-cut (minimallyprocessed) fruits and vegetables. In: Optimal controlled atmospheres for Horticultural perishables,(University of Davis, ed.) *Postharvest Horticultural series*, No 22ª, pp. 95-103.

Guerra M, Magdaleno R, Casquero PA. 2011. Effect of site and storage conditions on quality of industrial fresh pepper. *ScientiaHorticultu*rae 130: 141-145.

Hertog, M.L.A.T., Peppelenbos, H.W., Evelo, R.G., Tijskens, L.M.M. 1998. Adynamic and generic model of gas exchange of respiring produce: the effectsof oxygen, carbon dioxide and temperature. *Postharvest Biology and Technology*. 14,335–349.

Huang, S.; Li, R.; Zhang, Z.; Li, L.; GU, X.; Fan, W.; Lucas, W.; Wang, X. 2009. The genome of the cucumber, Cucumis sativus L. *Nature genetics*41 (12): 1275–1281.

Jianglian, D., Shaoying, Z.2013. Application of Chitosan Based Coating in Fruit and Vegetable Preservation: A Review. *Food Processing & Technology*, 4 (5) .

Manning, K. 1993. Soft fruits. In: Seymour, G.B., Taylor, J.E., Tucker, G.A. (Eds.), Biochemistry of Fruit Ripening. Chapman& Hall, *London*, UK, pp. 347–373.

Manolopoulou H, Xanthopoulos G, Douros N, Lambrinos G. 2010. Modified atmosphere packaging storage of green bell peppers: *Quality criteria. Biosystems Engineering* 106: 535-543.

Martinez, D. Guillen, S. Castillo, S. Valero, D. and Serrano, M. 2003. Modified atmosphere packagingmaintains quality of table grapes, *Journal of Food Science*, 68: 1838-1843.

Martinez, J.A., and Artes, F. 1999. Effectof packaging treatments and vacuum-coolingon quality of winter harvested Iceberglettuce. *Food Research International*. 32:621-627.

Minzhang, Xiao, G., Luo,G. X., Peng,J. and Salokhe, V. M. 2004. effect of coating treatments on the extension of the shelf-life of minimally processed cucumber. *International Agrophysic*,97-102.

Nakhasi, S., Schlimme, D. and Solomos, T. 1991. Storage potential of tomatoesharvested at the breaker stage using

www.SID.ir

Archive of SID

modified atmosphere packaging. *Journal of Food Science*. 56(1),172-176.

Nyanjage, M.O., Nyalala S.P.O., Illa A.O., Mugo B.W., Limbe A.E., and Vulimu E.M. 2005. Extending postharvest life of sweet pepper (CapsicumannumL. 'CaliforniaWonder') with modified atmosphere packaging and storage temperature. *Agriculture Tropica ET Subtropica*, 38(2): 28–34.

Pangavhane,D.R., Sawhney , R.L. & Saravardia , P.N. 1999. Effect of various dipping pretreatmenton drying kinetics of Thompson seedless grapes. *Journal of Food Engineering*.,39,2,211-216.

Patr´ıcia S. Tanada-Palmu ., Carlos R.F. Grosso. 2005. Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. Postharvest Biology and Technology 36 , 199–208.

Ruiz, J. M. and L. Romero. 1998. Commerical yield and quality of fruits of cucumber plants cultivated ander greenhouse conditions: Response to increases in nitrogen fertilization. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 46: 4171-417.

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.

Senesi, E., Prinzivalli, C., Sala, M., & Gennari, M. 2000. Physicochemical and microbiological changes in fresh-cut green bell peppers as affected by packaging and storage. Ital. *Journal of Food Science*., 12(1), 55-64.

Skog, S and Smith, P. 2003. On-farm Modified atmosphere packaging of sweet cherries. Acta improve fruit quality of cherries during subsequent storage. *Postharvest Biology and Technology*, 25:117-121.

Suparlan, Itoh, K., 2003. Combined effects of Hot water treatment (HWT) and modified atmosphere packaging (MAP) on quality of tomatoes. *Packaging Technology and Science*.16 (4):171–178.

Xing Y, Li X, Xu Q, Yun J, Lu Y,Tang Y. 2011. Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Food Chemistry* 124, 1443–1450.

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 2, June. July. 2017, p. 363- 378

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۳، شماره ۲، خرداد-تیر ۱۳۹۶ ص.۳۷۸-۳۶۳

Effect of packaging type and chitosan edible coating on the physico-chemical and sensory characteristics of Royal Greenhouse cucumber during storage conditions

A. Shahdadi sardo1, N. Sedaght[*2], M. Taghizadeh[3], E. Milani[4]

Received: 2014.12.01
Accepted: 2015.06.20

Introduction: In Iran, the main problem in greenhouse cucumber production and post-harvest shelf life is short due to the application of traditional packaging and storage methods. This research was carried out in order to investigate on the effects of packaging type and chitosan edible coating on the physicochemical and sensory characteristics of Royal Greenhouse cucumber during storage conditions, in order to prevent of Royal greenhouse cucumber postharvest losses.

Materials and methods: Royal greenhouse cucumbers placed inside the three-layer plastic bags of PE/PA/PE and the effect of different chitosan coating (0, 0.5 & 1 %), concentration of oxygen (3,12 & 21%), storage temperatures (5, 15 & 25 ˚C) and storage time (3, 12 & 21 days) on cucumber quality and shelf life was studied. The quality of cucumber samples was evaluated by weight loss, firmness retention, surface color development (L*, a*, b*), shrinkage and sensory evaluation (taste and freshness).

Results and discussion: The obtained results showed that firmness and organoleptic properties decreased with increasing temperature and time storage, while weight loss and shrinkage was increased, that Leading to loss of cucumber samples quality during storage. Increasing of chitosan coating to 0.5% also showed a beneficial effect on physicochemical and sensory characteristics of the samples during the storage time compared to the control fruit, but by increasing it to 1%, decreased the quality of the final product. The results showed that using modified atmosphere packaging and storage at low temperatures can be in addition to the slow breathing fresh cucumbers from softening and prevent moisture loss the maintenance of cucumber. MAP packaging leads to keeping cucumber green and quality properties compared to the control samples. The optimum condition was obtained at chitosan coating 0.5 %, O_2concentration 8.5 %, storage temperatures 9˚C and storage time of 14 days. At this optimum point maximum of firmness, L*, taste, freshness and minimum of shrinkage, weight loss and a* were found to be 10.4 (N), 48.9, 4.35, 4.5, 6.25 %, 2.75 % and -37.28 respectively.

Keywords: Greenhouse cucumber, MAP, Chitosan, Shrinkage, Sensory properties.

1, 2 and 3. Former MSc Student, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Food Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
4. Assistant Professor, Food Additives, ACECR, Mashhad, Khorasan 91775-1376, Iran.
(*Corresponding author: E-mail: sedaghat@um.ac.ir)

www.SID.ir