

# بررسی اثر بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل یافته بر ماندگاری و حفظ خصوصیات کیفی تمشک با روش سطح پاسخ

قاسم یوسفی<sup>a\*</sup>، سعید صادقی<sup>a</sup>، زهره کرمی<sup>b</sup>، زهرا امام جمعه<sup>c</sup>، محمد جوکی<sup>d</sup>

<sup>a</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، گروه علوم و صنایع غذایی، کرج، ایران  
<sup>b</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گروه علوم و صنایع غذایی، گرگان، ایران  
<sup>c</sup> استاد دانشگاه تهران، گروه علوم و صنایع غذایی، کرج، ایران  
<sup>d</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، سبزوار، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۶/۹

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۱۱/۲

۴۵

## چکیده

**مقدمه:** میوه تمشک می‌تواند به‌عنوان یک منبع خوب از ریزمغذی‌های گوناگون (آنتوسیانین، پلی‌فنول، اسید آسکوربیک، فیبر، پروتئین، مواد معدنی) مورد توجه قرار گیرد. تمشک به علت فعالیت متابولیکی بالا و حساسیت به پوسیدگی قارچی به ویژه کپک خاکستری، یکی از میوه‌های بسیار فساد پذیر بوده و طول عمر پایینی دارد. استفاده از بسته‌بندی با اتمسفر تعدیل یافته، قابلیت ماندگاری میوه‌های فسادپذیری مانند تمشک را افزایش داده و ارزش تجاری آنها را بالا می‌برد.

**مواد و روش‌ها:** در این تحقیق به منظور بررسی اثر سه متغیر شامل نسبت گاز دی‌اکسیدکربن به اکسیژن (در سه سطح صفر، یک و دو حجمی-حجمی)، زمان (صفر، پنج و ۱۰ روز) و مقدار ماده ضد عفونی کننده پرکلرین (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ ppm) بر میزان افت وزن، اسیدیته، بافت و باریکروبی میوه تمشک از طرح مرکب مرکزی استفاده شد. میوه تمشک در بسته‌بندی‌های پلیمری دو لایه اتیلن-پلی‌امید با ضخامت ۵۰ میکرون بسته‌بندی و در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند.

**یافته‌ها:** نتایج آنالیز واریانس نشان داد که تاثیرات خطی، درجه دوم و متقابل پارامترهای زمان، غلظت پرکلرین و نسبت CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> بر روی خواص کیفی میوه تمشک در دوره ماندگاری معنی‌دار بوده است. افزایش غلظت پرکلرین و افزایش نسبت CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> در حفظ خصوصیات کیفی میوه تمشک اثر مثبتی داشته و اثر منفی زمان را بر خصوصیات کیفی میوه تمشک کاهش داده است.

**نتیجه‌گیری:** استفاده از بسته‌بندی تحت اتمسفر تعدیل یافته می‌تواند روند کاهش در خصوصیات کیفی تمشک را کند نموده و از شدت افت کیفیت آن بکاهد.

**واژه‌های کلیدی:** اتمسفر تعدیل یافته، خصوصیات کیفی، میوه تمشک، ماندگاری

## مقدمه

تمشک (*Rubus idaeus*) درختچه‌ای متعلق به خانواده *Rosaceae* و تیره *Idaeobatus* است که به دو صورت وحشی یا اصلاح شده، در جنگل‌های شمالی کشور، دامنه‌های جنوبی البرز و غرب کشور وجود دارد (یوسفی، ۱۳۹۱). سطح کشت تمشک در ایران طبق آمار سال ۱۳۸۷ وزارت جهاد کشاورزی حدود ۳۰/۹ هکتار بوده که از این میزان، سطح بارور ۲۷ هکتار و عملکرد آن ۲۱۲۳/۱ کیلوگرم بر هکتار می‌باشد (یوسفی، ۱۳۹۱). تمشک به علت سرشار بودن از الازیک اسید، کرسیتین، گالیک اسید، آنتوسیانین‌ها، کاتچین‌ها، کمپفرول و سالیسیلیک اسید، از فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالایی برخوردار بوده و می‌تواند از آسیب‌های ناخواسته به غشاهای سلولی و دیگر ساختارها در بدن جلوگیری کند. با توجه به میزان بالای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی همچون ویتامین ث و پلی‌فنول‌ها، تمشک ظرفیت جذب رادیکال اکسیژن، در حدود ۱۰۰-۳۰ میلی مول در ۱۰۰ گرم، را دارا است (Zhang et al., 2010). تمشک سیاه (*Rubus occidentalis*) بالاترین محتوای آنتوسیانین (۱۷۷۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک) را در میان انواع خانواده توت‌ها داراست (Harris et al., 2001)، همچنین مقدار پلی‌فنول‌ها، اسید آسکوربیک، فیبر، پروتئین، ویتامین‌ها و مواد معدنی در آن نیز قابل توجه است (Bórquez et al., 2010). تمشک همچنین منبع بسیار خوبی از ریوفلاوین، فولات، نیاسین، منیزیم، پتاسیم و مس است. وجود این مواد مغذی و نقش هم‌افزایی آنها بر یکدیگر سبب شده است تا این میوه به عنوان یک منبع خوب برای تأمین نیاز روزانه به ریزمغذی‌های گوناگون (آنتوسیانین، پلی‌فنول‌ها، اسید آسکوربیک، فیبر، پروتئین، ویتامین‌ها و مواد معدنی) مورد توجه قرار گیرد (Sarah et al., 2008).

از آنجایی که میوه‌ها و سبزی‌های تازه دارای بافت زنده و متابولیسم فعال هستند، جهت فعالیت‌های خود به اکسیژن نیاز داشته و در اثر تنفس، دی‌اکسید کربن تولید می‌کنند. فعالیت‌های متابولیک در بافت زنده میوه، شامل فعالیت‌های آنزیمی مرتبط با پیری و سوخت و ساز است که هر چه سرعت بیشتری داشته باشند پیری و زوال میوه

سریع‌تر اتفاق می‌افتد (Jobling, 2001). از این رو بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده<sup>۱</sup> (MAP) می‌تواند روش مناسبی برای افزایش ماندگاری میوه‌جات و سبزیجات به خصوص برای آنهایی که نرخ تنفسی بالایی دارند، باشد. بسته بندی با 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 می‌شود. به عبارت دیگر، بسته‌بندی در اتمسفر اصلاح شده یک تکنیک خاص نگهداری است که باعث به حداقل رساندن فعالیت‌های فیزیولوژیکی و فساد محصولات می‌شود (تاج‌الدین، ۱۳۸۰). در حال حاضر، از بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده برای افزایش ماندگاری بسیاری از میوه‌ها و سبزی‌ها استفاده می‌شود.

با استفاده از پوشش‌های پلی‌پروپیلن با نفوذپذیری متوسط و به‌کارگیری ترکیب گازی صحیح، این امکان فراهم می‌شود تا شرایط بهتری را برای نگهداری رطوبت نسبی اطراف محصول و کنترل گازها ایجاد نماییم (Moretti et al., 2003). انتخاب صحیح شرایط گازی سبب افزایش عمر پس از برداشت محصول می‌گردد و شرایط نامناسب مانند غلظت اکسیژن کم یا دی‌اکسید کربن خیلی زیاد می‌تواند موجب بروز تنفس بی‌هوازی در محصول و کاهش ماندگاری آن گردد (Gorny, 1997). از سیستم MAP، اغلب برای حمل و نقل در مسافت‌های طولانی استفاده می‌شود.

کاهش محتوای اکسیژن بسته، موجب افزایش عمر مفید تمشک می‌شود، ولی به علت تجمع آلدئیدها و الکل‌ها در میوه تمشک باعث ایجاد مزه و طعم نامطلوب می‌شود. هنگامی که سطوح اکسیژن داخل بسته‌بندی برای یک دوره زمانی طولانی، کم و میزان دی‌اکسید کربن بالا باشد، علاوه بر تغییر طعم باعث ایجاد پدیده قهوه‌ای شدن<sup>۲</sup> می‌شود (Karder, 1997). که می‌توان با افزایش سطح اکسیژن درون بسته‌ها تجمع این ترکیبات را برطرف کرد. استفاده از بسته‌بندی با سطوح افزایش یافته اکسیژن برای اولین بار توسط Day (1996) برای غلبه بر معایب میزان کم اکسیژن در بسته‌بندی MAP، بویژه در جهت مهار آنزیم، کاهش تغییرات رنگ، جلوگیری از تخمیر بی‌هوازی،

<sup>1</sup> Modified Atmosphere Packaging<sup>2</sup> Browning

اسیدیته، pH، بافت و بار میکروبی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

### - آماده سازی و بسته‌بندی

تمشک مورد نیاز از منطقه‌ای در سیاهکل استان گیلان برداشت شد و بلافاصله پس از سرد کردن به آزمایشگاه بیوفیزیک گروه صنایع غذایی دانشگاه تهران منتقل گردید. نمونه‌ها بر اساس درجه رسیدگی، اندازه و رنگ دسته‌بندی شده و نمونه‌های نارس و آسیب دیده جدا گردیدند. قبل از بسته‌بندی میوه تمشک را در محلول پرکلرین (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ ppm) متناسب با طرح آزمایش به مدت پنج دقیقه قرار داده و سپس آبکشی کرده و بر روی کاغذ صافی قرار داده تا رطوبت از سطح آن جدا شود. پس از اطمینان از خشک کردن، نمونه‌ها در اوزان ۱۰۰ گرمی درون بسته‌های پلیمری دو لایه اتیلن- پلی آمید با ضخامت ۵۰ میکرون قرار داده شد. سپس آن‌ها بر اساس طرحی با نرم‌افزار Minitab.16 و در قالب طرح مرکب مرکزی تنها با دو گاز دی‌اکسید کربن و اکسیژن (به صورت خالص) با نسبت‌های مشخص پر شد و بلافاصله دوخت حرارتی گردید و در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد. در این طرح اثر سه متغیر نسبت گاز دی‌اکسید کربن به اکسیژن (در سه سطح صفر، یک و دو حجمی-حجمی)، زمان (صفر، پنج و ۱۰ روز) و مقدار ماده ضد عفونی کننده پرکلرین (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ ppm) بر میزان افت وزن، اسیدیته، بافت و بار میکروبی مورد بررسی قرار گرفت.

### - افت وزن

طی ذخیره سازی، مقدار کاهش وزن ناشی از تعرق و تنفس (عامل اصلی) نسبت به روز اول آزمایش از طریق فرمول زیر تعیین می‌گردد

$$100 \times \text{وزن اولیه} / (\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}) = \text{درصد کاهش وزن}$$

### - اسیدیته قابل تیتر

تعیین اسیدیته کل میوه به روش تیتر کردن با سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به  $\text{pH} = 8/1 \pm 0/1$  با استفاده از ۱۰ میلی لیتر آمیوه رقیق شده با آب مقطر تا حجم ۵۰ میلی لیتر تعیین و به صورت میلی گرم اسید سیتریک (اسید غالب) در ۱۰۰ میلی لیتر آمیوه بیان شد.

رفع رطوبت نامطلوب و کاهش ترکیبات بد بو پیشنهاد شد. از طرفی غلظت بالای اکسیژن در مهار رشد میکروبی و کاهش پوسیدگی بسیار موثر است (Day, 1996). در این رابطه Wszelaki & Mitcham در سال ۲۰۰۰ تاثیر درصد بالای اکسیژن را بر روی میوه توت‌فرنگی بررسی کردند. آنها دریافتند که مقدار ۸۰-۱۰۰٪ اکسیژن می‌تواند پوسیدگی ایجاد شده با B. Cinerea را کاهش دهد هرچند مواردی از تخمیر بی‌هوازی نیز مشاهده شد. با این حال افزودن ۱۵٪ دی اکسید کربن به ۴۰٪ اکسیژن در طول ۹ روز انبارداری در ۵ درجه سلسیوس، نتایج رضایت بخش‌تری را ارائه می‌کند (Wszelaki & Mitcham, 2000). مطالعه بر روی تاثیر غلظت بالای اکسیژن در MAP بر روی میوه‌جات و سبزیجات با حداقل پردازش اهمیت ویژه‌ای دارد. نتایج حاصل محققین نشان می‌دهد که غلظت بالای اکسیژن وقتی به تنهایی اعمال می‌شود اثر مهارکنندگی متفاوتی بر روی رشد میکروبی دارد. زمانی که همراه اکسیژن مقدار کمی دی اکسید کربن (۱۰-۲۰ کیلوپاسکال) بکار گرفته شده باشد، تاثیر آن محسوس‌تر است (Jacxsens, 2001).

تحقیقات انجام شده توسط بسیاری از محققین نشان می‌دهد که غلظت ۱-۵ کیلوپاسکال اکسیژن و غلظت ۵-۱۰ کیلو پاسکال دی اکسید کربن که با ازت به تعادل رسیده، برای اکثر میوه‌جات و سبزیجات جهت افزایش عمر انباری مناسب است (Church, 1994; Ahvenainen, 1996; Kader et al., 1989; Jacxsens et al., 1999).

تمشک میوه‌ای است که به علت سرعت تنفس بالا به خصوص پس از برداشت، سریع فاسد می‌شود و به دلیل از دست دادن استحکام خود قابلیت ماندگاری، ذخیره‌سازی و حمل‌ونقل را ندارد. زمان نگهداری آن کمتر از یک هفته می‌باشد. علیرغم این موضوع در ایران اقدام چندانی در صنایع تبدیلی و بسته‌بندی برای این محصول انجام نشده است. لذا بیش از ۴۰٪ این محصول پر ارزش قبل از رسیدن به دست مصرف‌کننده از بین می‌رود.

هدف از انجام این پژوهش بررسی تاثیر نسبت‌های دی اکسید کربن به اکسیژن در سه سطح ۰، ۱ و ۲ حجمی-حجمی و تیمار با محلول پرکلرین در سه سطح ۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ ppm بعد از گذشت ۵ و ۱۰ روز، بر میزان افت وزن،

### - بافت سنجی

بافت نمونه‌ها با استفاده از دستگاه بافت‌سنج اینستران مدل Hounsfield-H5KS ساخت انگلستان مورد سنجش قرار گرفت. بیشینه مقدار نیروی وارد شده نشانه سفتی بافت می‌باشد. پروب دستگاه استوانه ای با قطر دو میلی‌متر، سرعت حرکت آن ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه، حداکثر بار وارده ۵۰ نیوتون و نقطه پایان آزمون ۱۰ میلی‌متر نفوذ در نمونه بود.

### - تعیین بار میکروبی کل

بعد از باز کردن بسته، ۲۰ گرم از نمونه توسط استوماچر کاملاً همگن شده و به کمک محلول سرم فیزیولوژی (۰/۹٪ نمک کلرید سدیم با خلوص بالا) به رقت‌های لازم (۰/۱، ۰/۰۱، ۰/۰۰۱) رسید. کشت میکروبی به صورت پورپلیت<sup>۱</sup> و با محیط کشت نوترینت آگار در دمای ۳۷ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت انجام شد. کلیه مراحل این آزمون در شرایط استریل اتاق کشت میکروبی و با ۳ تکرار از هر رقت صورت گرفت. میزان بار میکروبی به صورت Cfu/gr بیان شد.

### - تجزیه و تحلیل آماری

روش سطح پاسخ مجموعه ای از تکنیک‌های آماری است که در بهینه‌سازی فرآیندهایی به کار می‌رود که پاسخ مورد نظر توسط تعدادی از متغیرها تحت تاثیر قرار می‌گیرد. شمای گرافیکی مدل ریاضی سبب تعریف واژه روش سطح پاسخ شده است. با کمک این طرح آماری، تعداد آزمایش‌ها کاهش یافته و کلیه ضرایب مدل رگرسیون درجه دوم و اثر متقابل فاکتورها، قابل برآورد هستند. مهمترین مسئله این تحقیق بررسی آثار اصلی و متقابل فاکتورها بود، از اینرو طرح آماری سطح پاسخ انتخاب شد. در این مطالعه اثر متغیرهای مستقل شامل: نسبت حجمی-حجمی دی‌اکسیدکربن به اکسیژن ( $X_1$ )، زمان ( $X_2$ ) و تیمار با ماده ضد عفونی کننده ( $X_3$ ) در سه سطح مورد ارزیابی قرار گرفت؛ در جدول ۱ متغیرهای مستقل فرایند و مقادیر آنها نشان داده شده است.

عموماً از رابطه درجه دوم در روش سطح پاسخ استفاده می‌شود. در روش سطح پاسخ برای هر متغیر وابسته مدلی

تعریف می‌شود که آثار اصلی و متقابل فاکتورها را بر روی هر متغیر جداگانه بیان می‌نماید، مدل چند متغیره به صورت معادله زیر می‌باشد. در معادله مذکور،  $Y$  پاسخ پیش بینی شده،  $\beta_0$  ضریب ثابت،  $\beta_1$ ،  $\beta_2$ ،  $\beta_3$  ضرایب خطی،  $\beta_{11}$ ،  $\beta_{22}$ ،  $\beta_{33}$  اثرات مربعی و  $\beta_{12}$ ،  $\beta_{13}$  و  $\beta_{23}$  اثرات متقابل می‌باشند.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3$$

در این تحقیق از طرح مرکب مرکزی با سه متغیر مستقل شامل؛ نسبت حجمی-حجمی دی‌اکسیدکربن به اکسیژن، زمان و تیمار با ماده ضد عفونی کننده، در سه سطح، یک بلوک و شش تکرار در نقطه مرکزی طرح (برای محاسبه تکرار پذیری فرآیند) جهت بررسی تاثیر شرایط بروی بافت، کاهش وزن، اسیدیته و بار میکروبی فرآیند مذکور (جدول ۱) استفاده شد.

جدول ۱- متغیرهای فرایند بسته‌بندی و سطوح آنها در طرح

متغیر	نماد	مرکب مرکزی	
		سطوح	متغیر
CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> (v/v)	X <sub>1</sub>	۰	۲
زمان (روز)	X <sub>2</sub>	۰	۱۰
غلظت پرکلرین (ppm)	X <sub>3</sub>	۰	۵۰۰

### یافته‌ها

#### - گزینش مدل مناسب و تجزیه مدل برازش یافته

به منظور حصول مدل‌های تجربی برای پیش‌بینی پاسخ، رابطه‌های خطی و چند جمله‌ای درجه دوم برای داده‌های بدست آمده از آزمایش‌ها برازش شدند. سپس این مدل‌ها مورد آنالیز آماری قرار گرفته تا مدل مناسب گزینش گردد (جدول ۲). نتایج آنالیز واریانس مدل رگرسیون در جدول ۳ نشان داده شده است. ضریب تبیین برای بافت، افت وزن، اسیدیته و بار میکروبی به ترتیب ۰/۹۲، ۰/۸۷، ۰/۹۵، ۰/۹۴ و ۰/۹۳ است که نشان می‌دهد که مدل به خوبی توانسته نتایج به دست آمده را پیش بینی کند.

<sup>1</sup> Pour Plate

جدول ۲- طرح کامپوزیت مرکزی و نتایج آزمون‌ها در نقاط مشخص شده

اسیدیتته	نیروی بیشینه	کاهش وزن	شمارش کلی میکروبی	غلظت پرکلرین	زمان	CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> (v/v)	تیمار
۴/۳۹	۸/۵۶	۰/۰۰	۵۰	۰	۰	۰	۱
۴/۳۷	۸/۶۸	۰/۰۰	۵۰	۰	۰	۲	۲
۵/۳۴	۲/۵۴	۶/۲۶	۱۰۰۰	۰	۱۰	۰	۳
۵/۹۸	۳/۰۷	۴/۸۸	۴۸۰	۰	۱۰	۲	۴
۴/۳۰	۸/۰۸	۰/۰۰	۱۰	۵۰۰	۰	۰	۵
۴/۲۴	۷/۶۷	۰/۰۰	۲۵	۵۰۰	۰	۲	۶
۴/۷۳	۶/۹۴	۱۵/۶۴	۳۰۰	۵۰۰	۱۰	۰	۷
۴/۲۹	۱/۹۴	۶/۱۹	۱۰	۵۰۰	۱۰	۲	۸
۵/۰۴	۲/۰۶	۵/۵۷	۳۰۰	۲۵۰	۵	۰	۹
۵/۱۲	۳/۰۰	۳/۳۱	۱۱۰	۲۵۰	۵	۲	۱۰
۴/۰۹	۹/۶۵	۰/۰۰	۱۰	۲۵۰	۰	۱	۱۱
۴/۷۴	۲/۰۹	۷/۳۲	۲۶۰	۲۵۰	۱۰	۱	۱۲
۵/۳۹	۳/۴۸	۰/۷۶	۳۲۰	۰	۵	۱	۱۳
۴/۶۷	۲/۳۲	۳/۲۹	۱۰۰	۵۰۰	۵	۱	۱۴
۴/۹۲	۲/۶۲	۳/۹۷	۲۷۰	۲۵۰	۵	۱	۱۵
۴/۹۸	۱/۵۲	۲/۶۷	۳۴۰	۲۵۰	۵	۱	۱۶
۴/۸۶	۳/۱۲	۲/۵۰	۲۵۵	۲۵۰	۵	۱	۱۷
۴/۶۳	۱/۳۴	۳/۶۱	۳۸۰	۲۵۰	۵	۱	۱۸
۴/۸۱	۱/۷۹	۲/۷۵	۲۹۰	۲۵۰	۵	۱	۱۹
۴/۶۶	۲/۰۸	۳/۵۷	۲۵۵	۲۵۰	۵	۱	۲۰

۴۹

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس و ضرایب رگرسیون مدل

نیروی بیشینه		کاهش وزن		شمارش کلی میکروبی		اسیدیتته		
عدد p	ضرایب رگرسیون	عدد p	ضرایب رگرسیون	عدد p	ضرایب رگرسیون	عدد p	ضرایب رگرسیون	
۰/۰۰۰	۸/۲۴۷	۰/۳۱۴	-۰/۹۶۵	۰/۰۰۰	۶۷/۸۳	۰/۰۰۰	۴/۲۰۷	مدل
۰/۵۷۴	-۰/۸۶۸	۰/۲۳۷	۰/۰۶۷	۰/۰۰۱	-۴۸/۲۷	۰/۳۰۲	-۰/۲۲۶	X <sub>1</sub>
۰/۰۰۰	-۱/۸۷	۰/۰۶۷	۰/۵۶۵	۰/۰۰۰	۱۰۹/۸۹	۰/۰۰۰	۰/۳۱۴	X <sub>2</sub>
۰/۷۲۵	-۰/۰۰۲	۰/۰۵۱	۰/۰۱۲	۰/۰۰۲	-۰/۲۸	۰/۴۲	-۰/۰۰۷	X <sub>3</sub>
۰/۹۸۳	-۰/۰۱۴	۰/۰۴۸	۱/۳۹۰	۰/۱۰۸	۱۱/۱۳	۰/۰۶۶	۰/۱۹۲	X <sub>1</sub> <sup>2</sup>
۰/۰۰۱	-۰/۱۳۴	۰/۳۴۷	۰/۰۲۴	۰/۴۲۳	-۲/۳۵	۰/۰۰۰	-۰/۰۱۸	X <sub>2</sub> <sup>2</sup>
۰/۵۸۱	۰/۰۰۰	۰/۱۲۷	۰/۰۰۰	۰/۲۲۷	۰/۰۰۰	۰/۱۵۸	۰/۰۰۰	X <sub>3</sub> <sup>2</sup>
۰/۲۱۴	-۰/۱۰۴	۰/۰۰۴	-۰/۲۷۰	۰/۱۳۲	-۲۰/۶۲	۰/۶۷۳	۰/۰۰۴	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>
۰/۰۸۳	-۰/۰۰۳	۰/۰۱۹	-۰/۰۰۴	۰/۶۲۵	۰/۱۲۳	۰/۰۰۲	-۰/۰۰۶	X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>
۰/۱۶۲	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۹۱۱	-۰/۱۱۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>
۰/۰۶۸		۰/۰۶		۰/۰۶۳		۰/۳۵۳		Lack of fitness
	۹۲/۰۹		۹۵/۸۷		۹۳/۱		۹۴/۱۴	R <sup>2</sup>

X<sub>1</sub> درجه اول، X<sub>1</sub><sup>2</sup> درجه دوم، X<sub>1</sub>X<sub>2</sub> واکنش بین متغیرها

### – آنالیز سطح پاسخ و بررسی اثر متقابل فاکتورهای موثر بر بافت، کاهش وزن، رنگ، اسیدیته و بار میکروبی

با استفاده از جدول آنالیز واریانس (ANOVA) معنی‌دار بودن اثرات خطی، درجه دوم و متقابل ضرایب مدل رگرسیون برای هر پاسخ بررسی گردید. آنالیز سطح پاسخ داده‌ها در جدول ۳، روابط بین بافت (نیروی بیشینه)، کاهش وزن، اسیدیته و بار میکروبی و پارامترهای نسبت حجمی- حجمی دی‌اکسیدکربن به اکسیژن، زمان و ماده ضد عفونی‌کننده پرکلرین را به صورت خطی، درجه دوم و متقابل نشان داد. معادلات زیر این روابط را نشان می‌دهد.

$$Y_1 (\text{نیروی بیشینه}) = 8.25 + 0.868x_1 - 1.876x_2 - 0.00216x_3^2 + 0.0149x_1^2 + 0.1343x_2^2 + 0.00001x_3^2 - 0.1045x_1x_2 - 0.00303x_1x_3 + 0.00047x_2x_3$$

$$Y_2 (\text{کاهش وزن}) = -0.9659 + 0.67x_1 + 0.565x_2 + 0.0122x_3 + 1.39x_1^2 + 0.0243x_2^2 - 0.00002x_3^2 - 0.2707x_1x_2 - 0.0043x_1x_3 + 0.00107x_2x_3$$

$$Y_2 (\text{اسیدیته}) = 4.20766 - 0.226x_1 + 0.3146x_2 - 0.0007x_3 + 0.1923x_1^2 - 0.0189x_2^2 + 0.0047x_1x_2 - 0.0006x_1x_3 - 0.00022x_2x_3$$

$$Y_2 (\text{بار میکروبی}) = 67.83 - 48.27x_1 + 109.89x_2 - 0.281x_3 + 11.136x_1^2 - 2.355x_2^2 - 20.625x_1x_2 + 0.123x_1x_3 - 0.111x_2x_3$$

همانطور که در جدول ۳ نشان داده شده است، عدم برازش برای پاسخ مورد نظر در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد. بنابراین بالا بودن ضریب تبیین و معنی‌دار نبودن عدم برازش برای آن، صحت مدل را برای برازش اطلاعات تأیید می‌کند. برای بررسی ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته از نمودار سه بعدی سطح پاسخ رسم شده توسط مدل استفاده شد. در هر نمودار اثر دو متغیر در حالتی که متغیر سوم در نقطه مرکزی قرار دارد بررسی شده است.

بر طبق جدول ۳ اثرات خطی و درجه دوم بر روی سفتی بافت معنادار بوده ولی اثرات متقابل معنادار نبوده است ( $p < 0.05$ ). اثرات خطی و درجه دوم زمان و اثرات متقابل  $O_2 / CO_2$  و پرکلرین، زمان و پرکلرین بر روی میزان

اسیدیته میوه تمشک در حین نگهداری معنادار بوده است ( $p < 0.05$ ). با افزایش زمان نگهداری بیشینه نیرو کمتر شده و بافت نرم‌تر می‌شود و شدت آن در روزهای ابتدایی بیشتر است. با افزایش زمان میزان اسیدیته در میوه تمشک افزایش یافته و با افزایش پرکلرین میزان اسیدیته کاهش پیدا کرده است.

بر طبق جدول ۳ در سطح احتمال ۹۵٪ اثرات خطی پارامترها بر روی کاهش وزن معنادار نبوده ولی اثرات درجه دوم نسبت دی‌اکسیدکربن به اکسیژن و تمام اثرات متقابل معنادار بوده است ( $p < 0.05$ ). همانطور افزایش میزان دی‌اکسیدکربن در سیستم بسته‌بندی به علت کاهش میزان نرخ تنفس و تعرق، سرعت کاهش وزن را کم می‌کند و با افزایش زمان ماندگاری افت وزن بیشتر می‌شود. استفاده از ماده ضد عفونی‌کننده تأثیر مثبتی روی کاهش افت وزن ندارد.

بر طبق جدول ۳ اثرات خطی پارامترها بر روی شمارش کلی میکروبها در زمان ماندگاری میوه تمشک معنادار بوده ولی هیچ کدام از اثرات متقابل معنادار نبوده است ( $p < 0.05$ ). با گذشت زمان، بار میکروبی نمونه‌ها افزایش یافته است و با افزایش پرکلرین و میزان  $CO_2$  شمارش کلی میکروبی نمونه‌ها کاهش یافته است.

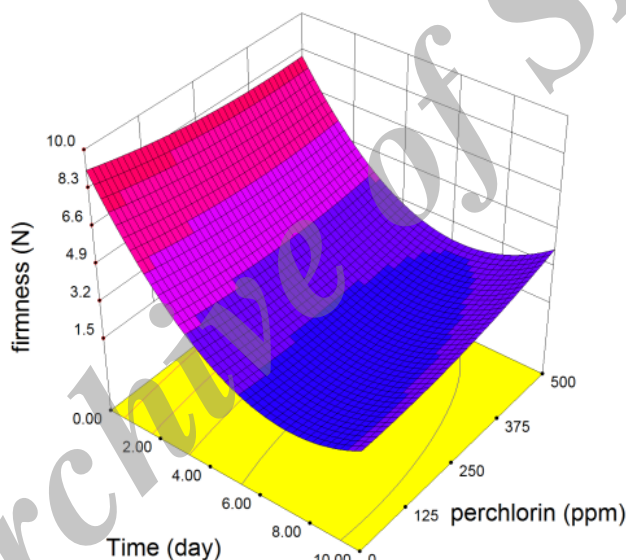
### بحث

#### – اثر پارامترهای $CO_2/O_2$ ، پرکلرین و زمان ماندگاری بر روی کیفیت بافت تمشک

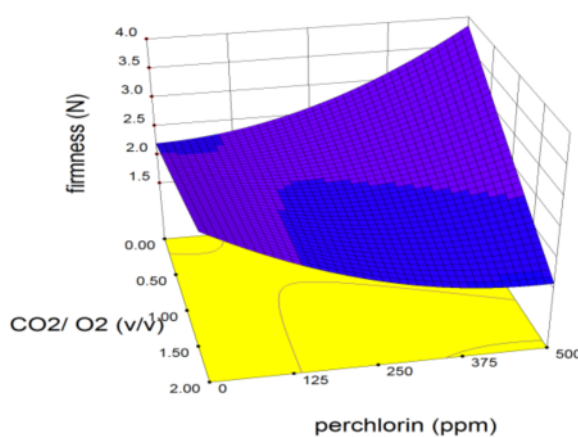
همان‌طور که از شکل ۱ مشاهده می‌شود زمان اثر منفی بر کیفیت بافت دارد و با گذشت زمان میزان نیروی بیشینه کمتر شده و بافت نرم‌تر می‌شود. با افزایش غلظت پرکلرین میزان نیروی بیشینه بیشتر شده و بافت سفت‌تر می‌شود و اثر مثبتی بر کیفیت بافت تمشک دارد بنابراین پرکلرین در غلظت‌های بالا اثر منفی زمان را در نرم شدن بافت کاهش داده است (شکل ۱). میوه تمشک به علت فعالیت متابولیکی بالا و حساسیت به پوسیدگی قارچی به ویژه کپک خاکستری، یکی از میوه‌های بسیار فساد پذیر بوده و طول عمر پایینی دارد. این کپک بر روی بافت تمشک اثر منفی می‌گذارد و با داشتن آنزیم‌های تجزیه کننده پکتین باعث نرم شدن بافت می‌شوند که به دلیل فعالیت ضد میکروبی پرکلرین و جلوگیری از رشد کپک‌ها با

میوه و کاهش تولید اتیلن، کند شدن روند نرم شدن میوه، تاخیر در رسیدگی و حفظ رنگ و ویتامینهای میوه می‌شود (Martinez *et al.*, 2003). مهمترین عوامل نرم شدن بافت میوه فعالیت آنزیمهای پلی گالاکتورناز،  $\beta$  گالاکتوسیداز و پکتین متیل استراز است. هر عاملی که سبب جلوگیری از فعالیت این آنزیمها گردد باعث حفظ بهتر سفتی بافت می‌شود. Alonso & Alique (2003) نیز در گزارش خود به تاثیر مثبت اتمسفر تعدیل شده بر حفظ سفتی بافت در گیلاس اشاره کردند و نتایج بدست آمده در این پژوهش با نتایج Jiang & Tian (2004) مطابقت دارد. Abeles و همکاران (1992) نشان دادند افزایش  $CO_2$  و کاهش  $O_2$  باعث کاهش تولید اتیلن و همچنین کاهش میزان رسیدگی و پیری می‌گردد.

افزایش غلظت آن، سبب افزایش نیروی بیشینه و سفتی بافت شده است (Martinez *et al.*, 2003). تغییر در پلی ساکاریدهای دیواره سلولی میوه‌ها که در طول فرایند رسیدگی میوه اتفاق می‌افتد، در تغییر بافت میوه نقش اساسی دارد. بروز تغییراتی در یکپارچگی و اتصال عرضی پلی ساکاریدهای پکتینی در دوره رسیدگی میوه به نرم شدن بافت میوه و کاهش سفتی میوه منجر می‌شود (Femenia *et al.*, 1998). همان‌طور که از شکل ۲ مشاهده می‌شود افزایش غلظت  $CO_2$  اثر مثبتی بر روی کیفیت بافت تمشک داشته است. افزایش غلظت دی اکسید کربن و کاهش غلظت اکسیژن، شدت تنفس و فعالیت‌های متابولیکی میوه را به حداقل می‌رساند. بسته بندی در اتمسفر تعدیل شده با کاهش یا جلوگیری از فعالیت‌های آنزیمهای تجزیه کننده پکتین موجب حفظ سفتی بافت



شکل ۱- نمودار سه بعدی میزان نیروی بیشینه (N) در برابر پرکلرین (ppm) و زمان (روز)



شکل ۲- نمودار سه بعدی میزان نیروی بیشینه (N) در برابر پرکلرین (ppm) و  $CO_2/O_2$  (%)

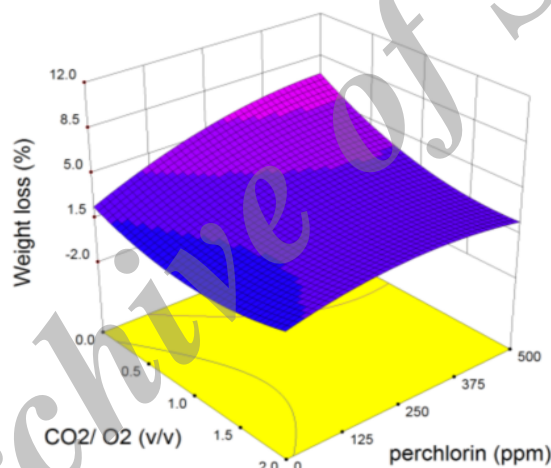
## بررسی اثر بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل یافته بر کیفیت تمشک

- اثر پارامترهای  $CO_2/O_2$ ، پرکلرین و زمان ماندگاری بر روی کاهش وزن میوه تمشک در طی ماندگاری

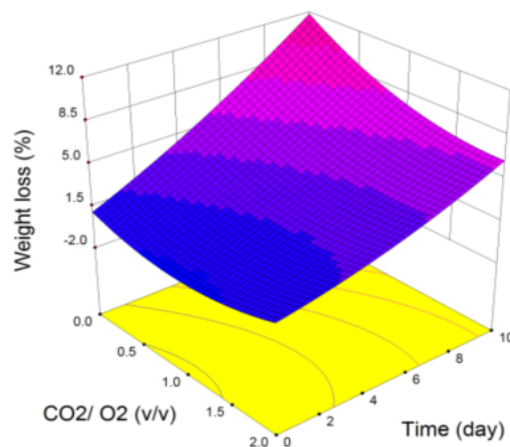
با توجه به شکل‌های ۳ و ۴ مشاهده می‌شود اثر افزایش  $CO_2/O_2$  بر روی کاهش وزن مثبت بوده و این مقدار را کاهش داده است. از دست دادن آب میوه به نیروی ناشی از اختلاف فشار بخار آب بین بافت میوه و هوای اطراف و مقاومت بافت در برابر این نیرو بستگی دارد. این اختلاف فشار در اثر افزایش دما و کاهش رطوبت بالا می‌رود. با استفاده از بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده می‌توان فشار بخار اطراف میوه‌هایی را که پوست نازکی داشته و به سرعت آب از دست می‌دهند، در حد بالایی حفظ کرده و به این ترتیب مانع از دست دادن آب و کاهش وزن میوه‌ها شد (احمدی و همکاران، ۱۳۸۷). Toivonen & Shick (۲۰۰۲) نیز با استفاده از بسته‌بندی تعدیل یافته توانست از

دست رفتن آب میوه گیلان را به طور چشمگیری نسبت به میوه‌های بدون بسته‌بندی کاهش دهند. نتایج کاهش وزن همچنین با نتایج سرانا Serrano & Valero (۲۰۰۵) نیز مطابقت داشت.

شکل ۳ نشان می‌دهد که افزایش غلظت پرکلرین تاثیر معناداری بر میزان کاهش وزن میوه تمشک در حین ماندگاری نداشته است. شکل ۴ نشان می‌دهد با افزایش زمان، میزان کاهش وزن افزایش پیدا کرده است که با افزایش  $CO_2$  در اتمسفر نگهداری این میوه اثر منفی زمان کاهش یافته است. Nakhasi و همکاران (۱۹۹۱) دریافتند که در گوجه فرنگی‌های بسته‌بندی شده در اتمسفر تعدیل یافته فعال، فعالیت پلی‌گالاکتوروناز به تأخیر افتاده و منجر به کاهش اساسی در از دست دادن وزن و فساد آن در مقایسه با میوه‌های بسته‌بندی نشده گردید.



شکل ۳- نمودار سه‌بعدی میزان کاهش وزن (%) در برابر غلظت پرکلرین (PPM) و  $CO_2/O_2$  (%)



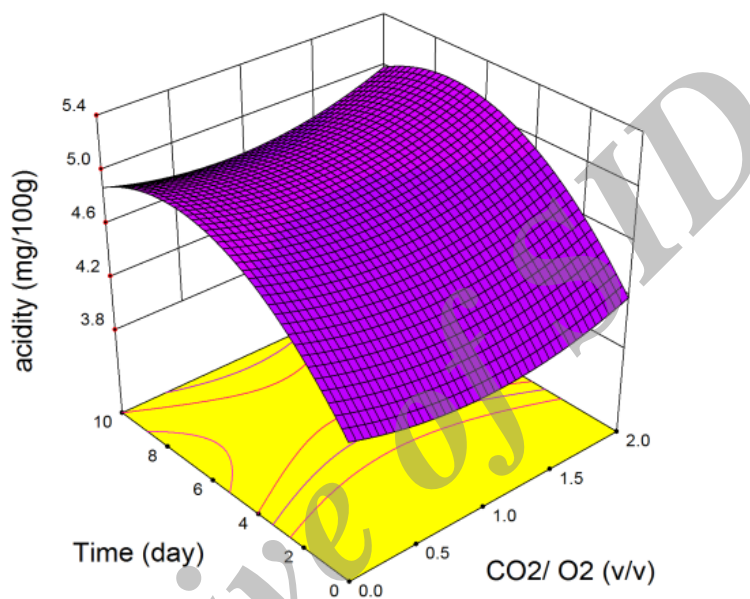
شکل ۴- نمودار سه‌بعدی میزان کاهش وزن (%) در برابر زمان (روز) و  $CO_2/O_2$  (%)



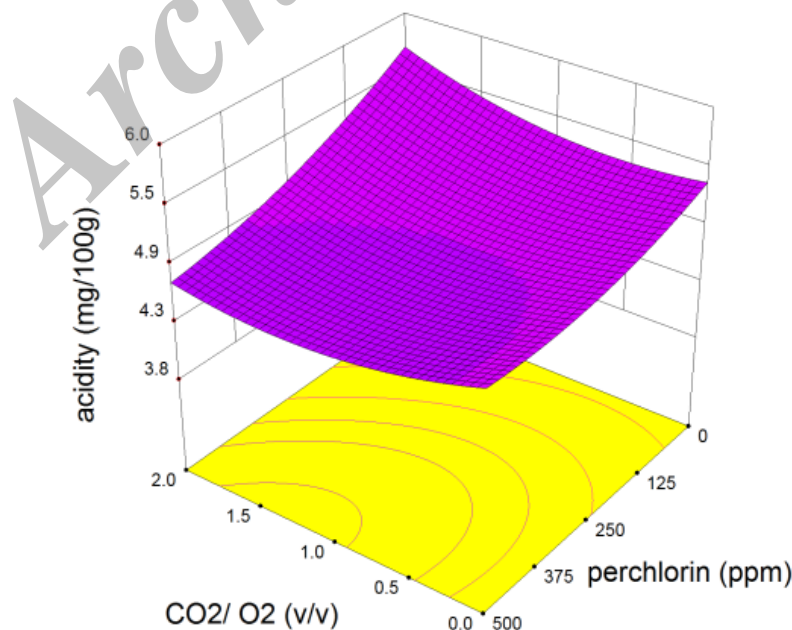
یافته است که این می‌تواند به دلیل متابولیت های ناشی از کپک‌هایی باشد که در غیاب پرکلرین بر روی میوه فعالیت کرده و اسیدیته میوه را افزایش داده است ولی با افزایش غلظت پرکلرین در زمان ماندگاری از فعالیت‌های میکروارگانیسم‌ها کاسته و میزان اسیدیته را تغییر نداده است. با افزایش  $CO_2$  میزان اسیدیته به میزان ناچیزی افزایش پیدا کرده است (Phillips, 1996).

### – اثر پارامترهای $CO_2/O_2$ ، پرکلرین و زمان ماندگاری بر روی اسیدیته میوه تمشک در طی ماندگاری

اسیدیته قابل تیتراژ شامل اسیدیته کل آب میوه است که بر اساس اسید آلی غالب میوه اندازه‌گیری می‌گردد. همان طور که در شکل های ۵ و ۶ نشان می‌دهد زمان بیشترین اثر را بر روی میزان اسیدیته میوه داشته است ولی اثر آن با افزایش غلظت پرکلرین بر روی میزان اسیدیته میوه کاهش



شکل ۵- نمودار سه بعدی میزان اسیدیته (mg/100g) در برابر زمان (روز) و  $CO_2/O_2$



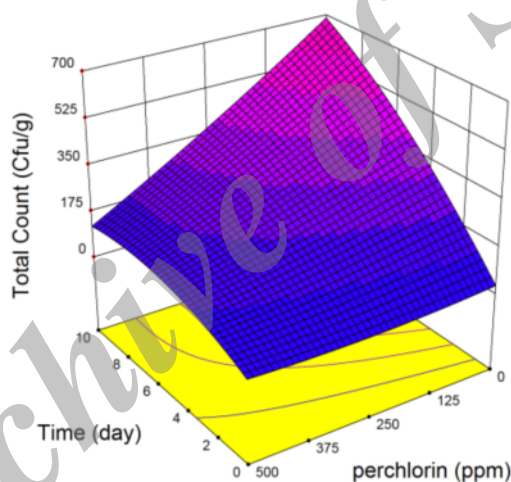
شکل ۶- نمودار سه بعدی میزان اسیدیته (mg/100g) در برابر غلظت پرکلرین (ppm) و  $CO_2/O_2$

## بررسی اثر بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل یافته بر کیفیت تمشک

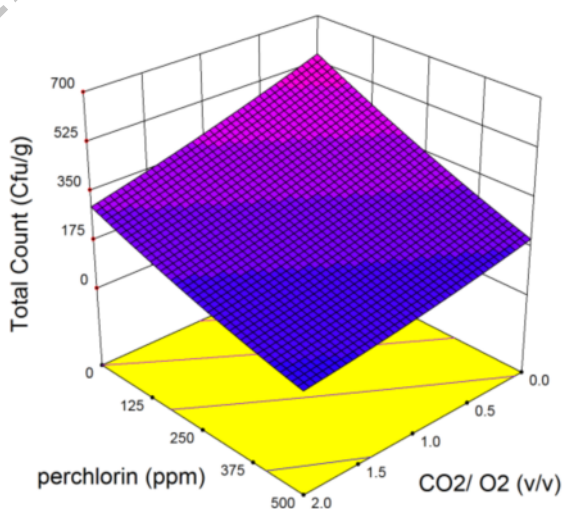
پایین یا با دی اکسید کربن بالا برای کنترل کردن پوسیدگی قارچی و حفظ کیفیت در دوره پس از برداشت میوه‌ها موثر است. Buick & Damaglou (1989) اثر اتمسفر تعدیل یافته (غلظت بالای  $\text{CO}_2$ ) بر روی رشد میکروبی و زمان ماندگاری سالاد سبزیجات را بررسی کردند، نتایج آنها نشان داد که اتمسفر تعدیل یافته در ۳ دمای انتخاب شده رشد میکروبی نمونه‌ها را کاهش داده و زمان ماندگاری آنها را در دمای  $4^\circ\text{C}$  از ۴۵ روز به ۵۴ روز، در دمای  $10^\circ\text{C}$  از ۱۲ روز به ۲۲ روز و در دمای  $15^\circ\text{C}$  از ۵ روز به ۱۲ روز به تاخیر انداخته است. Karder (2000) مشخص کرد که تیمار با اکسیژن پایین یا با دی اکسید کربن بالا برای کنترل پوسیدگی قارچی و حفظ کیفیت در دوره پس از برداشت میوه‌ها موثر است (Artes & Martinez, 1999; Hemphill, 2004).

- اثر پارامترهای  $\text{CO}_2/\text{O}_2$ ، پرکلرین و زمان ماندگاری بر روی فعالیت میکروبی میوه تمشک

میوه‌های نرمی هم چون توت فرنگی و تمشک، دارای مدت مصرف کوتاهی پس از چیدن می‌باشند که این وضعیت با آلودگی به وسیله کپک طوسی رنگ به وجود آمده توسط قارچ‌های بوتریتیس سینرا تشدید می‌شود. میوه تمشک به سرعت توسط میکروارگانیسم‌ها به ویژه کپک‌ها دچار فساد می‌شوند (Jarvis, 1962) همان‌طور که از شکل ۷ مشاهده می‌شود بار میکروبی نمونه با گذشت زمان افزایش یافته است و افزایش غلظت پرکلرین از گسترش کپک‌ها جلوگیری کرده است. همچنین در حضور پرکلرین اثر زمان بر گسترش کپک‌ها به شدت کاهش یافته است. با توجه به شکل ۸، افزایش  $\text{CO}_2$  و افزایش غلظت پرکلرین اثر قابل توجهی در کاهش بار میکروبی نمونه داشته است. قادر (۱۹۹۱) مشخص کرد که تیمار با اکسیژن



شکل ۷- نمودار سه‌بعدی شمارش میکروبی کل (cfu/g) در برابر زمان (روز) و غلظت پرکلرین (ppm)



شکل ۸- نمودار سه‌بعدی شمارش میکروبی کل (cfu/g) در برابر  $\text{CO}_2/\text{O}_2$  (V/V) و غلظت پرکلرین (ppm)

## نتیجه گیری

نتایج کاربرد اتمسفر تعدیل یافته با مقادیر پایین  $O_2$  و مقادیر بالای  $CO_2$  و استفاده از ترکیب ضد میکروبی پرکلرین نشان داد که این شرایط فرآیند رسیدگی میوه را کند کرده و ویژگی‌های مطلوب میوه و بازارپسندی آن را در مدت طولانی‌تری حفظ می‌کند. به طور کلی با مقایسه صفات کیفی مورد بررسی در این پژوهش می‌توان گفت که استفاده از بسته بندی تحت اتمسفر اصلاح شده می‌تواند افت کیفیت تمشک و روند کاهش در خصوصیات کیفی آن را کند نماید.

## سپاسگزاری

در خاتمه نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از آقای برخوردار صاحب باغ تمشک در منطقه سباهکل استان گیلان نهایت تشکر و سپاسگزاری را به عمل آورند.

## منابع

- احمدی، م.، داوری نژاد، غ. ل.، عزیزی، م.، صداقت، ن.، تهرانی فر، ع. (۱۳۸۷). تاثیر بسته بندی با اتمسفر تغییر یافته بر خصوصیات کیفی و افزایش عمر انباری دو رقم آلبالو. مجله علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۲، شماره ۲.
- تاج الدین، ب. (۱۳۸۰). بسته بندی مواد غذایی با اتمسفر تغییر یافته (ترجمه)، انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
- یوسفی، ق. (۱۳۹۱). پیش‌بینی خصوصیات فیزیکوشیمیایی تمشک خشک شده در فرآیند خشک کردن بستر سیال تحت میکروویو با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی. پایان‌نامه دانشکده صنایع غذایی دانشگاه تهران.
- Abeles, F. B., Morgan, P. W. & Saltveit, M. E. (1992). Ethylene in Plant Biology, 2nd Edition. Academic Press. 229 X 152. Pages 414.
- Alique, R. & Alonso, J. (2003). Influence of the modified atmosphere packaging on shelf life and quality of Naviland sweet cherry. Eur Food Technol., 217, 416-420.
- Ahvenainen, R. (1996). New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. Trends Food Sci. Technol., 7, 179–187.
- Borquez, R. M., Canales, E. R. & Redon, J. P. (2010). Osmotic dehydration of raspberries with vacuum pretreatment followed by microwave-vacuum drying. Journal of Food Engineering, 99, 121–127.
- Buick, R. K. & Damoglou, A. P. (1989). Effect of modified atmosphere packaging on the microbial development and visible shelf life of a mayonnaise-based vegetable salad. Journal of the Science of Food and Agriculture, 46, 339–347.
- Church, N. (1994). Developments in modified-atmosphere packaging and related technologies. Trends Food Sci. Technol., 5, 345 – 352.
- Day, B. P. F. (1996). High oxygen modified atmosphere packaging for fresh prepared produce. Postharvest News Info, 7, 31-34.
- Femenia, A., Sanchez, E. S., Simal, S. & Rossello, C. (1998). Developmental and ripening-related effects on the cell wall of apricot (*Prunus armeniaca*) fruit. J. Sci. Food Agric., 77:487-493.
- Gorny, J. R. (1997). Modified atmospheres packaging and the fresh-cut revolution. Perishables Handling Newsletter Issue 90, 4-5.
- Harris, G. K., Gupta, A., Nines, R. G., Kresty, L. A., Habib, S. G. & Frankel, W. L. (2001). Effects of lyophilized black raspberries on azoxymethane-induced colon cancer and 8-hydroxy-2-deoxyguanosine levels in the Fischer 344 rat. Nutrition and Cancer, 40, 125–133.
- Hemphill, D. (2004). Lettuce. Commercial Vegetable Production Guides. Oregon State University Publishing, 230P.
- Jacxsens, L., Devlieghere, F., Vander Steen, C. & Debevere, J. (2001). Effect of High Oxygen Atmosphere packaging on microbial growth and sensorial qualities of fresh-cut produce, Int. J. Food Microbiol., Int. J. Food Microbiol., 71, 197 – 210.

- Jacxsens, L., Devlieghere, F. & Debevere, J. (1999). Validation of a systematic approach to design Equilibrium Modified Atmosphere packages for fresh-cut produce. *Lebensm.-Wiss. u-Technol*, 32, 425–432.
- Jarvis, W. R. (1962). The dispersal of spores of *Botrytis cinerea* fr. in a raspberry plantation. *Transactions of the British Mycological Society*, 45, 549–559.
- Jobling, J. (2001). Modified atmosphere packaging, Not as it seems. *Good Fruit and Vegetables Magazine*, 11, 5-8.
- Kader, A. A. (1997). A summary of CA requirements and recommendations for fruits other than apples and pears. In: Kader AA (ed) *Proceedings of the Controlled Atmosphere Research Conference 3:1-34*. Davis, Calif.
- Kader, A. & Watkins, C. (2000). Modified atmosphere packaging Toward 2000 and Beyond. *Hort technology*, 10, 483-486.
- Martinez, D., Guillen, S., Castillo, S., Valero, D. & Serrano, M. (2003). Modified atmosphere packaging maintains quality of table grapes. *J Food Sci.*, 68, 1838-1843.
- Martinez, J. A. & Artes, F. (1999). Effect of packaging treatments and vacuum-cooling on quality of winter harvested Iceberg lettuce. *Food Res. Inter*, 32, 621-627.
- Moretti, C. L., Araújo, A. L. & Mattos, L. M. (2003). Evaluation of different oxygen, carbon dioxide and nitrogen combinations employed to extend the shelf life of fresh cut collard greens. *Hortic. Bras.* Vol.21, No.4.
- Nakhasi, S., Schlimme, D. & Solomos, T. (1991). Storage Potential of Tomatoes Harvested at the Breaker Stage using Modified Atmosphere Packaging. *Journal of Food Science*, 56, 55–59.
- Sarah, M., Malowicki. R. M. & Michael, C. (2008). Volatile Composition in Raspberry Cultivars Grown in the Pacific Northwest Determined by Stir Bar Sorptive Extraction-Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *J. Agric. Food Chem.*, 56, 4128–4133.
- Serrano, M. & Valero, D. (2005). The use of natural antifungal compounds improves the beneficial effect of MAP in sweet cherry storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6, 115-123.
- Shick, J. L. & Toivonen, P. M. A. (2002). Reflective traps at harvest reduce stem browning and improve fruit quality of cherries during subsequent storage. *Postharvest Biology and Technology*, 25, 117-121.
- Tian, S. & Jiang, A. (2004). Response of physiology and quality of sweet cherry fruit to different atmospheres in storage. *Food chemistry*, 87, 43-49.
- Wszelaki, A. & Mitcham, E. (2000). Effects of super atmospheric oxygen on strawberry fruit quality and decay. *Postharvest Biology and Technology*, 20, 125-133.
- Zhang, L., Jianrong, L. I., Hogan, S., Chung, H., Gregory, E. & Zhou, W. K. (2010). Inhibitory effect of raspberries on starch digestive enzyme and their antioxidant properties and phenolic composition. *Food Chemistry*, 119, 592–599.