نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۲۶ شماره ۳/ سال ۱۳۹۵

# تاثیر نوع بسته‌بندی و شرایط نگهداری بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و بار میکروبی دانه‌های انار آماده مصرف

**مریم قربانی[۱]، ناصر صداقت[۲]*، الناز میلانی[۳] و آرش کوچکی[۲]**

تاریخ دریافت: ۹۳/۷/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹٤/٦/۱۰

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
[۲] دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
[۳] استادیار پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، جهاد دانشگاهی مشهد
* مسئول مکاتبه: E-mail: sedaghat@um.ac.ir

**چکیده**

دانه‌های انار آماده مصرف علاوه بر خواص حسی و تغذیه‌ای ویژه، امکان افزایش مصرف انار را فراهم می‌نماید. از آنجا که انار میوه بومی ایران می‌باشد، توجه به صنایع تبدیلی انار اهمیت دارد. هدف از این مطالعه بررسی تاثیر بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده (MAP) و وکیوم بر برخی ویژگیهای کیفی دانه‌های انار به روش سطح پاسخ می‌باشد. **روش کار:** بدین منظور دانه‌های انار جداسازی شده را تحت سه غلظت گاز اکسیژن شامل بسته‌بندی وکیوم (۰٪)، MAP (۱۰٪) و اتمسفر معمولی (۲۱٪) بسته‌بندی نموده و در دماهای (٤،۱۲،۲۰c°) به مدت ۱٦روز نگهداری شدند. اندازه‌گیری مواد جامد محلول،اسیدیته،آنتوسیانین کل،فعالیت آنتی‌اکسیدانی و بار میکروبی در فواصل ٤،۱۰و۱٦روز پس از بسته‌بندی بر روی نمونه‌ها انجام گردید. فعالیت آنتی‌اکسیدانی با افزایش دما و زمان نگهداری کاهش یافت که ارتباط مستقیمی با کاهش آنتوسیانین طی دوره نگهداری داشت. بالاترین سطح آنتوسیانین کل و مواد جامد محلول در بسته‌بندی MAP حاصل گردید. با افزایش اسیدیته در اتمسفر معمولی (شاهد) نیز فعالیت آنتی‌اکسیدانی افزایش معنی‌داری نشان داد. کیفیت میکروبی پارامتر مهمی در ماندگاری مواد غذایی می باشد، کمترین و بیشترین بار میکروبی به ترتیب در بسته‌بندی وکیوم و اتمسفر معمولی (شاهد) بدست آمد که با افزایش فعالیت میکروبی در اتمسفر معمولی میزان اسیدیته افزایش و مواد جامد محلول کاهش یافت. پس از بهینه‌یابی نهایی، بهترین غلظت گاز اکسیژن و دما و زمان جهت نگهداری دانه‌های انار به ترتیب۷٪، ٥°C و۱۱روز بدست آمد. در این نقطه بهینه مقدار اسیدیته، حداکثر مواد جامد محلول، حداکثر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای آنتوسیانین کل، حداقل شمارش کلی و کپک-مخمر به ترتیب (gr/100ml) ۱/۱۳، °Brix ۱۷/٦، ۵٦٪/۷، (mgL$^{-1}$) ۲۲٤، ۲/۹۸ Log cfu/g و۲/۹٥ Log cfu/g تعیین شد.

**واژگان کلیدی**: بارمیکروبی، بسته‌بندی MAP، بسته‌بندی وکیوم، دانه انار، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، متدولوژی سطح پاسخ

**مقدمه**

انار(*Punica granatum*,Punicaceae) میوه شاخص بسیاری از کشورهای نیمه‌گرمسیری و گرمسیری از جمله اکثر کشورهای مدیترانه‌ای و میوه محبوب بومی ایران و مناطق اطراف می‌باشد. امروزه تولید انار در جهان حدود ۲/۵ میلیون تن با تولید تحت سلطه هند و ایران تخمین زده می‌شود (قاسم نژاد و همکاران ۲۰۱۲ و لوپز-روبیرا و همکاران ۲۰۰۵). ایران با تولید بیش از ۶۰۰ هزار تن اولین تولیدکننده این میوه پاییزه محسوب می‌شود (اداره گمرک ایران ۱۳۹۱). این میوه عمدتا به علت خواص حسی و تغذیه‌ای استثنایی و منحصر به فرد خود، ارزش بسیار بالایی دارد (لوپز-روبیرا و همکاران ۲۰۰۵). بخش خوراکی میوه، دانه‌ها در داخل پوست بیرونی با نسبتی حدود ۷۰-۵۰٪ میوه است. دانه ها آبدار، غنی از آنتوسیانین و دیگر ترکیبات فنلی می‌باشند (قاسم نژاد و همکاران ۲۰۱۲).

مصرف انار عمدتا به دلیل خارج کردن سخت دانه‌ها متداول نیست، بنابراین انارهای تازه با حداقل فرآوری جهت به دست آوردن دانه‌های آماده مصرف با خواص حسی و تغذیه‌ای سالم، امکان واقعی برای افزایش تولید و مصرف انار را فراهم می‌کند. دانه‌های انار آماده برای خوردن (با حداقل فرآوری) به علت سهولت مصرف، ارزش بالا، ویژگی‌های حسی منحصر به فرد و خواص درمانی عامّه پسند شدند (آیهان و استورک ۲۰۰۹). با این حال، حفظ کیفیت تغذیه‌ای و میکروبی دانه‌های انار یک چالش عمده است، زیرا به راحتی از نظر بافت، رنگ و کیفیت تنزل می یابند (کالب و همکاران a ۲۰۱۲). بسته بندی در اتمسفر اصلاح شده (MAP[1]) به طور موفقیت‌آمیزی جهت گسترش ماندگاری میوه‌های تازه مورد استفاده قرار گرفته است (لوپز-روبیرا و همکاران ۲۰۰۵). مهمترین مزایای بسته‌بندیMAP شامل کاهش تنفس، کاهش تولید و حساسیت به اتیلن، کند شدن نرم شدن میوه و تغییر ترکیبات داخل میوه می‌باشد (آرتز و همکاران ۲۰۰۰). مکانیسم آن بر تعامل بین سرعت تنفس محصول و انتقال گازها توسط مواد بسته‌بندی متکی است (کالب و همکاران ۲۰۱۲b). هنگام طراحی یک سیستمMAP، هدف رسیدن به تعادل در داخل بسته-بندی است که در آن کالای خاص با اتمسفر مطلوب و رطوبت نسبی مخصوص خود احاطه خواهد شد. چنین تعادلی توسط سرعت تنفس محصول، دمای نگهداری و نوع فیلم با توجه به ضخامت و نفوذپذیری آن به$CO_2$،$O_2$ و بخار آب تعیین می‌شود (ا-بیرن ۱۹۹۱). سرعت تنفس محصول و خواص نفوذپذیری فیلم وابسته به عوامل بیرونی مانند دما هستند. بنابراین، هدف استفاده ازMAP حفظ اتمسفر مطلوب در یک محدوده دمایی خاص می‌باشد. اگر دما بیش از چند درجه تغییر کند، اتمسفر بسته نیز تغییر خواهد کرد و ممکن است نامناسب و یا حتی برای محصول مضر باشد (کالب و همکاران ۲۰۱۲b). در حال حاضر با توجه به تغییر نگرش مصرف‌کنندگان، بازار میوه آماده مصرف به سرعت رشد یافته است (کنت ۲۰۰۹). در سال‌های اخیر توجه زیادی به بسته‌بندی میوه‌های تازه شده است؛ بررسی تاثیرMAP بر نگهداری توت‌فرنگی (ژانگ و همکاران ۲۰۰۳)، تاثیر سیستم های مختلف بسته بندی بر گیلاس های آماده مصرف (کنت ۲۰۰۹)، بررسی اثر بسته‌بندی وکیوم وMAP بر ماندگاری و پایداری ترکیبات شیمیایی مواد غذایی آماده مصرف (مورسیا و همکاران ۲۰۰۳) و همچنین تاثیرMAP بر ویژگیهای شیمیایی، آنتوسیانین، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای فنلی کل در گیلاس (خورشیدی و همکاران ۲۰۱۱) از جمله‌ی این پژوهش‌ها است. به صورت محدود نیز تعدادی مطالعات به بررسی ماندگاری و کیفیت کلی دانه‌های انار بسته‌بندی شده تحتMAP به تنهایی (آیهان و استورک ۲۰۰۹) و ترکیب با تیمار-UV C(لوپز-روبیرا و همکاران ۲۰۰۵) و بررسی اثر دما و تیمارهای گازی مختلف بر رنگ دانه‌های انار (گیل و همکاران ۱۹۹۶) پرداخته شده است.

[1] Modified atmosphere packaging

انار رقم بجستانی یکی از ارقام تجاری ایران محسوب می‌گردد، در این پژوهش تاثیر شرایط نگهداری و بسته-بندی تحتMAP و وکیوم و مقایسه با اتمسفر معمولی (شاهد) بر برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و بار میکروبی دانه‌های انار آماده مصرف طی مدت زمان نگهداری بررسی شد.

## مواد و روش‌ها

**مواد اولیه:** انار رقم بجستانی، سود، پتاسیم کلرید، سدیم استات و متانول (از شرکت مرک آلمان)، ۲و۲-دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل[1](تهیه شده از شرکت سیگما آلدریچ، آمریکا)، محیط کشت PCA[2] و YGCA[3] (هر دو از شرکت مرک آلمان)، پلاستیک سه لایه[4] PE/PA/PE به ضخامت۸۰µ (تهیه شده از کلینیک بسته بندی مواد غذایی ایران).

**آماده‌سازی نمونه‌ها**

در این پژوهش میوه‌های انار رقم بجستانی در هفته سوم آبان ماه۱۳۹۲در مرحله برداشت از باغی واقع در شهرستان بجستان به صورت تصادفی جمع‌آوری گردید، سپس در حداقل زمان ممکن به آزمایشگاه منتقل و تا روز بعد در دمای ۵°C نگهداری شدند. انارهای سالم، عاری از هرگونه آلودگی و ترک‌خوردگی جهت اعمال تیمارهای مختلف انتخاب گردیدند. انارها را با آب شستشو داده و خشک نمودیم، سپس دانه‌های انار را به صورت دستی تحت شرایط استریل از پوسته جدا نموده و برای اطمینان از یکنواختی نمونه‌ها، دانه‌ها با یکدیگر مخلوط گردیدند.

**بسته‌بندی و شرایط نگهداری نمونه‌ها**

بعد از جداسازی دانه‌های انار، جهت بسته‌بندی از کیسه‌های پلاستیکی سه‌لایه PE/PA/PE به ضخامت ۸۰ میکرون استفاده شد.۲۰۰ گرم دانه انار داخل کیسه پلاستیکی قرار گرفته و تحت شرایط مختلف از نظر ترکیب گاز شامل اتمسفر معمولی(شاهد)، خلاء و MAP (٪۹۰$N_2$،٪۱۰$O_2$) بسته‌بندی شدند. جهت بسته‌بندی نمونه‌ها از دستگاه بسته‌بندی خلاء° مدل A۲۰۰ ساخت شرکت هنکلمن هلند استفاده گردید. نمونه‌ها بعد از کدزنی در دماهای ۴،۱۲،۲۰°C به مدت ۱۶روز نگهداری شدند و آزمون‌های مربوط در فواصل ۴، ۱۰ و ۱۶ روز پس از بسته بندی انجام گرفت.

**آزمایش‌ها**

**اندازه‌گیری مواد جامد محلول:** برای تعیین مواد جامد محلول کل (TSS[6]) از رفراکتومتر دیجیتالی (مدل PR-101) استفاده شد. ابتدا دستگاه با استفاده از آب مقطر کالیبره و سپس دو قطره از آب انار در عدسی دستگاه قرار داده شد، آنگاه میزان مواد جامد محلول به عنوان درجه بریکس بیان گردید (AOAC، ۲۰۰۲).

**اسیدیته قابل تیتر(TA):** به روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH برابر۸/۱ با استفاده از ۵ میلی لیتر نمونه آب انار رقیق شده با ۵۰ میلی لیتر آب مقطر تعیین شد. مقدار اسیدیته کل بر حسب درصد اسید سیتریک محاسبه گردید (AOAC، ۲۰۰۲).

**محتوای آنتوسیانین کل:** به روش اختلاف pH با استفاده از ۲ سیستم بافر پتاسیم کلرید (pH۱/۰،۰/۰۲۵M) و سدیم استات (pH۴/۰،۵/۴M) تعیین گردید. ۰/۱میلی لیتر آب انار با ۵میلی لیتر بافر مخلوط شده، جذب در دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج های ۵۲۰ و۷۰۰ نانومتر اندازه‌گیری و آنتوسیانین کل بصورت سیانیدین-۳-گلوکوزید به عنوان آنتوسیانین غالب انار با استفاده از رابطه ۱ و۲ محاسبه گردید (آیهان و استورک ۲۰۰۹).

$$T.A(mgL^{-1}) = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\varepsilon}$$ رابطه [۱]

$$A = (A_{520nm} - A_{700nm}(pH = 1)) - (A_{520nm} - A_{700nm}(pH = 4.5))(3)$$ رابطه [۲]

[1] DPPH
[2] Plate count agar
[3] Yeast glucose chloramphinical agar
[4] Polyethylene /Polyamide /Polyethylene

[5] Vacuum henkelman
[6] Total soluble solids

MW وزن مولکولی سیانیدین-۳-گلوکوزیدg $mol^{-1}$ ٤٤٩/٢، DF) فاکتور رقت و ε)٢٦٩٠٠ ضریب جذب مولی سیانیدین-۳-گلوکوزید می باشد.

**فعالیت آنتی‌اکسیدانی**: ۱۰۰میکرولیتر آب انار رقیق شده به نسبت۱:۱۰۰با متانول:آب (٦:٤) را با ۲میلی لیتر محلول ۰/۱میلی مولار DPPH در متانول مخلوط نمودیم. سپس این مخلوط به مدت ۳۰دقیقه در تاریکی قرار داده شد و در نهایت، جذب محلول در دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-160A) در طول موج ۵۱۷ نانومتر اندازه‌گیری و فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از رابطه ۳ محاسبه گردید (تهرانی فر و همکاران ۲۰۱۰).

$$I\% = \frac{A_{control} - A_{Sample}}{A_{control}} \times 100 \qquad \text{رابطه [۳]}$$

رابطه (٤)

**آزمون میکروبی**: شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها بر روی محیط کشت PCA و شمارش کپک و مخمر بر روی محیط کشت YGCA بود که هر یک به ترتیب مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ٥٤٨٤ و استاندارد شماره ۳-۱۰۸۹۹ انجام شد.

**تجزیه و تحلیل طرح آماری**

در این تحقیق طرح مرکب مرکزی متمرکزشده (FCCD) با سه متغیر مستقل و شش تکرار در نقطه مرکزی طرح، جهت یافتن اثر متغیرهای مستقل (زمان نگهداری $x_1$، دمای نگهداری $x_2$، غلظت گاز اکسیژن $x_3$) بر برخی خصوصیات کیفی دانه‌های انار بسته بندی شده مورد استفاده قرار گرفت. داده های به دست آمده در این طرح با استفاده از نرم افزار Design Expert مدل6.0.2 (میناپولیس آمریکا[1]) مدلسازی شده و شکل‌های سه بعدی (منحنی‌های سطح پاسخ) جهت بررسی رابطه میان پاسخ‌ها و متغیرهای مستقل رسم شد. بر داده‌های حاصل از آزمایش‌ها مدل چند جمله‌ای درجه دوم برازش داده شد. پس از برازش مدل، رابطه‌های 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 داده شدند. با توجه به مقادیر $R^2$ و $R^2$-Adj مربوط به مدل درجه دوم کاسته که در جدول۱ نشان داده شده است، مشاهده می‌شود که مدل چند جمله‌ای درجه دوم کاسته دارای مقادیر بالا و قابل قبولی است، بنابراین در برازش داده‌ها توان بیشتری را دارا می‌باشد. جدول۲ نیز نتایج حاصل از آنالیز واریانس مدل درجه دوم کاسته را نشان می‌دهد. رابطه ٤، مدل تعریف شده برای هر پاسخ می‌باشد. در این فرمولYپاسخ پیش بینی شده،$b_0$ ضریب ثابت، biاثرات خطی،bii اثر مربعات وbij اثرات متقابل و xj، xiمتغیرهای مستقل کدبندی شده هستند.

$$Y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ii} x_i^{\,2} + \sum b_{ij} x_i x_j \qquad \text{رابطه [٤]}$$

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 غیر معنی‌دار باشد.

## نتایج و بحث

### مواد جامد محلول

تاثیر متغیرهای مستقل بر میزان مواد جامد محلول (TSS) دانه‌های انار در شکل‌های رویه پاسخ نشان داده شده است (شکل۱). همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش زمان نگهداری از ٤ تا ١٦ روز و افزایش دمای نگهداری از ٤°C تا ٢٠°C، میزان مواد جامد محلول دانه‌های انار کاهش یافته است و شیب این کاهش در روزهای انتهای نگهداری بویژه در دماهای بالاتر بیشتر است. بر اساس جدول آنالیز واریانس اثرات خطی و همچنین اثر متقابل این دو متغیر مستقل در سطح بسیار بالایی معنی‌دار است (جدول۲). نتایج نشان داد که اثر خطی نوع بسته‌بندی بر پارامتر TSS معنی‌دار نبود (p>۰/۰۵) ولی اثر توان دوم و همچنین اثر متقابل آن با

[1] Stat-Ease Inc., Minneapolis, USA

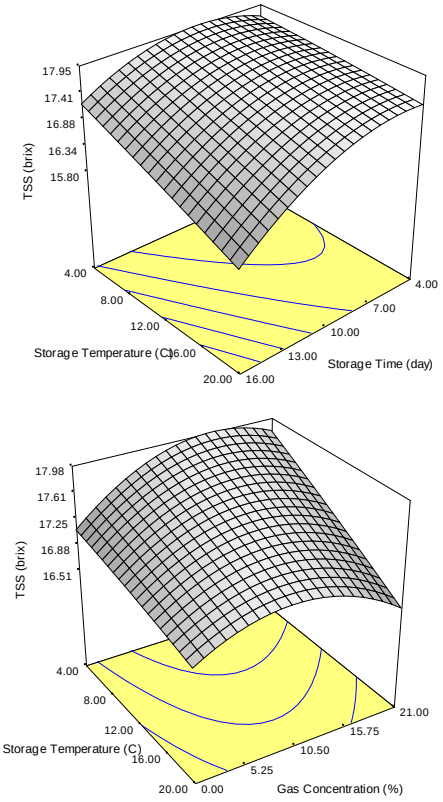
دمای نگهداری معنی‌دار می‌باشد، بنابراین نسبت به دما و زمان نگهداری تاثیر کمتری بر این پارامتر داشته است. بیشترین مقدار TSS در شرایط بسته‌بندی MAP حاصل گردید و با افزایش غلظت گاز اکسیژن تا حدود اتمسفر معمولی (شاهد) میزان TSS محصول با شیب بیشتری کاهش نشان داد (شکل۱).

**جدول۱- نتایج آنالیز آماری مدل برازش یافته درجه دوم کاسته بر داده‌های پاسخ**

| آزمون | مدل | میانگین | انحراف معیار | $R^2$ | $R^2$-adj |
|---|---|---|---|---|---|
| مواد جامد محلول (°Brix) | $y = 16.08 + 0.24x_1 + 0.027x_2 + 0.135x_3 - 0.013x_1^2 - 0.0043x_3^2 - 0.0054x_1x_2 - 0.0025x_2x_3$ | ۱۷/۰۲ | ۰/۲۲ | ۰/۹۵ | ۰/۹۱ |
| اسیدیته قابل تیتر(gr/100ml) | $y = 1.56 - 0.021x_1 - 0.027x_2 - 0.04x_3 + 0.0009x_3^2 + 0.0013x_1x_2 + 0.0009x_1x_3 + 0.001x_2x_3$ | ۱/۱٤ | ۰/۰٤٤ | ۰/۸۹ | ۰/۸۳ |
| فعالیت آنتی اکسیدانی(٪) | $y = 35.47 - 0.277x_1 - 0.7x_2 + 1.84x_3 + 0.115x_1x_2 - 0.083x_1x_3 - 0.061x_2x_3$ | ٤۰/٤۹ | ۳/٦ | ۰/۸۲ | ۰/۷۸ |
| آنتوسیانین کل (mg $L^{-1}$) | $y = 158.5 - 57.17x_1 + 0.99x_1^2 - 0.325x_3^2 - 0.163x_2x_3$ | ۱۵۸/۵ | ۱۹/۷۱ | ۰/۸۷ | ۰/۸۲ |
| شمارش کلی (Log cfu/g) | $y = 1.13 + 0.108x_1 + 0.55x_2 + 0.072x_3$ | ۳/٦۱ | ۰/۳ | ۰/۹۳ | ۰/۸۸ |
| کپک-مخمر (Log cfu/g) | $y = 0.674 - 0.083x_1 + 0.056x_2 + 0.198x_3 - 6.87x_3^2 + 0.0105x_1x_3$ | ۲/۵۷ | ۰/۵۲ | ۰/۹۳ | ۰/۸۷ |

در تحقیقی مشابه آیهان و استورک (۲۰۰۹) محتوای مواد جامد محلول دانه‌های انار بسته‌بندی شده تحتMAP را طی ۱۸ روز در دمای ۵°C بررسی نمودند و نتایج نشان داد که بریکس دانه‌های انار نگهداری شده به مدت ۹ روز بدون تغییر باقی‌مانده و در انتهای دوره کاهش یافت (۳). کاهش مقدارTSS در مطالعات کنت و همکاران (۲۰۰۹) بر روی گیلاس، ژانگ و همکاران (۲۰۰۷) بر روی توت فرنگی، فائول و همکاران (۲۰۱۳) نیز بر انار گزارش شده است. کاهش TSS مشاهده شده در دماهای بالا به احتمال زیاد به دلیل استفاده از قندها برای فعالیت میکروبی و تنفس می‌باشد. بن (۱۹۹۱) نشان داد که میزان تنفس میکروبی در دمای ۲۰°C بیش از ۳ برابر در دمای ۲°C در گیلاس‌های ترش طی دوره نگهداری بوده است. آیالا-زاوالا و همکاران (۲۰۰٤) نیز کاهش مقدار TSS در توت فرنگی‌های نگهداری شده در ۱۰°C را به دلیل افزایش فعالیت تنفسی میوه در دمای بالا دانستند. یک توضیح احتمالی برای کاهش مشاهده شده در محتوای TSS می‌تواند به عنوان نتیجه‌ای از تخریب قندها طی نگهداری طولانی مدت باشد (فائول و همکاران ۲۰۱۳). کاهش مواد جامد محلول در نمونه شاهد (اتمسفر معمولی) به دلیل افزایش رشد میکروبی طی زمان می‌باشد که قندها به میزان زیادی تخریب شده و اسیدهای آلی افزایش می‌یابند که قندها به عنوان منابع کربن مورد استفاده قرار می‌گیرند (پسیز و همکاران ۱۹۹۱). خورشیدی و همکاران (۲۰۱۱) بالابودن مقدار TSS در گیلاس‌های بسته‌بندی شده تحتMAP، گیاکالون و چیابراندو (۲۰۱۳) افزایش TSS در گیلاس‌های شیرین بسته‌بندی شده با فیلم‌های زیست تخریب‌پذیر تحتMAP را نسبت به میوه کنترلی مشاهده کردند؛ در واقع بسته-

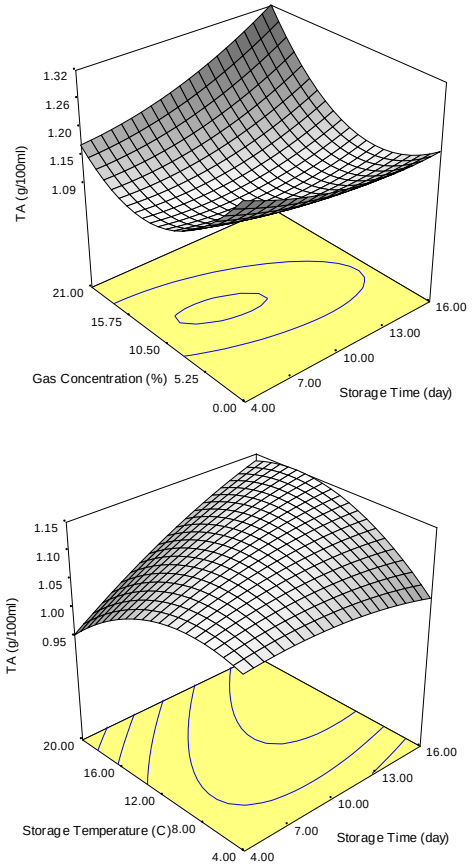
بندیMAP، متابولیسم میوه مانند میزان تنفس را کاهش می‌دهد که منجر به حفظ و نگهداری سوبستراهای تنفس شده و به نوبه خود فرآیند رسیدن پس از برداشت را به تاخیر می‌اندازد (دیاز- مولا و همکاران ۲۰۱۱).




**شکل۱- نمودار رویه پاسخ (الف) تاثیر زمان و دمای نگهداری (GC=10.5 %) و (ب) تاثیر دمای نگهداری و غلظت گاز اکسیژن (t=10 days) بر مواد جامد محلول دانه‌های انار**

### اسیدیته قابل تیتر

با افزایش زمان و دمای نگهداری در غلظت ثابتی از گاز اکسیژن (۱۰٪/۵) میزان اسیدیته دانه‌های انار افزایش یافت. با افزایش غلظت گاز اکسیژن در بسته بندی‌ها از صفر (بسته‌بندی وکیوم) تا ۱۰/۵ درصد (بسته‌بندی MAP) میزان TA کاهش یافته است ولی افزایش بیشتر گاز اکسیژن در بسته‌بندی‌ها تا حدود اتمسفر معمولی (شاهد) منجر به افزایش معنی‌داری در مقدار TA شد (شکل۲). با توجه به معنی‌دار بودن اثرات متقابل غلظت گاز و زمان نگهداری، در دمای ثابت (۱۲°C ) هر دو متغیر منجر به افزایش اسیدیته می‌شود بدین معنی که در دمای ثابت بیشترین مقدار اسیدیته در شرایط اتمسفر معمولی (نمونه شاهد) و زمان ۱۶ روز نگهداری می‌باشد.




**شکل۲- نمودار رویه پاسخ(الف) تاثیر زمان نگهداری و غلظت گاز اکسیژن(T=12°C) و (ب) تاثیر زمان و دمای نگهداری (T=12°C) بر اسیدیته دانه‌های انار**

بر اساس جدول آنالیز واریانس اثرات خطی هیچکدام از متغیرهای مستقل در مدل درجه دوم کاسته معنی‌دار نشد و عبارت‌های مدل که معنی دار بودند شامل عبارت درجه دوم غلظت گاز و همچنین اثرات متقابل هر سه تیمار بودند (جدول۲).

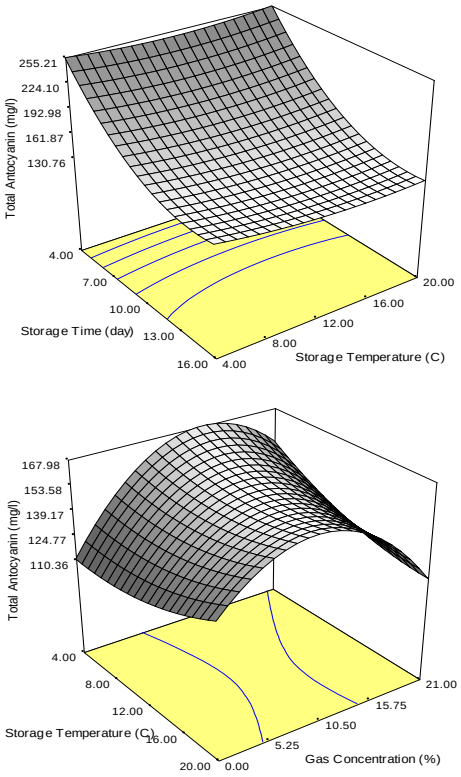
دینگ و دیانا (۲۰۱۳) نوع بسته‌بندی را بر میزان اسیدیته میوه دابایی[1] بی‌تاثیر گزارش کردند و افزایش اسیدیته

[1] Dabai

را طی نگهداری غیرمعمول دانستند. معمولا اسیدیته میوه‌ها به علت اکسیداسیون اسیدهای آلی کاهش می‌یابد، اما افزایش اسیدیته دابایی را تجمع اسیدهای آلی در میوه و عدم مصرف آنها در فرآیند متابولیسم بیان کردند. توسلی (۱۳۹۲) افزایش اسیدیته قابل تیتر را به ایجاد تنش در بافت میوه و ساخته شدن و تجمع برخی اسیدهای آلی، به دلیل کاهش تنفس و سرعت فرایندهای متابولیکی سلول، نسبت داد. پترسن و پل (۱۹۹۹) افزایش اسیدیته گیلاس‌های نگهداری شده به مدت ۷ روز در دماهای ۱۰°C، ۲۰ و ۳۰ نسبت به دمای ۲°C را به دلیل فعالیت میکروارگانیسم های تولید کننده اسید (باکتری‌های استیک/لاکتیک اسید و کپک ها) در اثر مصرف قندها و الکل‌ها عنوان کردند. در این پژوهش، افزایش اسیدیته در اتمسفر معمولی (شاهد) می تواند به افزایش بار میکروبی آن نسبت داده شود. کاهش اکسیژن در بسته‌بندی وکیوم نیز علاوه بر کاهش تنفس، مانع اکسایش اسیدهای آلی طی دوره نگهداری می شود و بنابراین اسیدیته بیشتری نسبت به بسته‌بندیMAP دارد (توسلی ۱۳۹۲).

**محتوای آنتوسیانین کل**

نتایج آنالیز واریانس و شکل‌های رویه پاسخ نشان می‌دهد که با افزایش زمان انبارداری از ٤ تا ١٦ روز در غلظت ثابتی از گاز اکسیژن (۵٪/۱۰)، مقدار آنتوسیانین نمونه‌ها از ۲٤۳ به ۷۵/۸ میلی گرم در لیتر کاهش نشان داد (شکل۳). طبق نتایج در زمان نگهداری ثابت (۱۰ روز) با تغییر دادن غلظت گاز موجود در بسته‌بندی و دمای نگهداری، بیشترین مقدار حفظ آنتوسیانین نمونه-ها مربوط به بسته‌بندی MAP بود و تحت بسته‌بندی وکیوم و اتمسفر معمولی (شاهد) بصورت سهمی کاهش نشان داد.

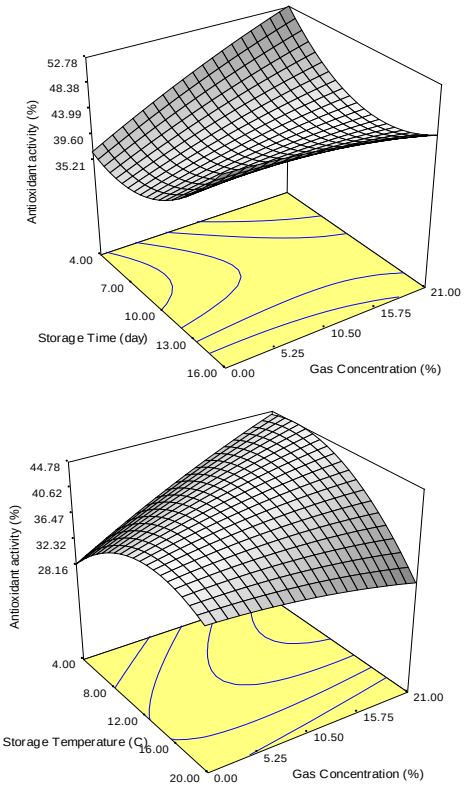



**شکل۳- نمودار رویه پاسخ (الف) تاثیر زمان و دمای نگهداری(GC=10.5 %) و (ب) تاثیر دمای نگهداری و غلظت گاز اکسیژن (t=10 days) بر محتوای آنتوسیانین کل**

نتایج کروپا و تومالا (۲۰۰۷) نشان داد که محتوای آنتوسیانین در زغال اخته نگهداری شده تحت اتمسفر کنترل شده، به ویژه در اتمسفر با غلظت پایین اکسیژن نسبت به نگهداری معمولی بیشتر بوده است، همچنین مقدار آنتوسیانین طی مدت نگهداری بعد از ۲ هفته ابتدا افزایش و به دنبال آن کاهش یافت که این کاهش در هوای معمولی سریعتر بود. ژانگ و همکاران (۲۰۰۳) نیز گزارش دادند محتوای آنتوسیانین توت فرنگی به طور مداوم طی نگهداری کاهش یافت و تیمار MAP توانست این کاهش را به تاخیر اندازد. دیاز- مولاز و همکاران (۲۰۱۱) نیز تاخیر کاهش آنتوسیانین در آلوهای بسته-بندی شده تحت MAP را نسبت به هوای معمولی گزارش کردند.

**ارتباط فعالیت آنتی‌اکسیدانی با محتوای آنتوسیانین و اسیدیته**

طبق نتایج جدول آنالیز واریانس، اثرات خطی هیچکدام از متغیرهای مستقل در مدل درجه دوم کاسته برای فعالیت آنتی‌اکسیدانی در شرایط مختلف معنی دار نبود اما اثرات متقابل هر سه متغیر مستقل در سطح بالایی معنی‌دار ($p<۰/۰۱$) شد (جدول۲). از طرفی دیگر اثرات توان دوم این متغیرها نیز به دلیل غیر معنی‌دار بودن در مرحله Stepwise از مدل حذف شدند و مدل کاسته ساده‌تری حاصل گردید. همان‌طور که از شکل‌های رویه پاسخ مشخص است در دمای ثابت نگهداری




**شکل۴- نمودار رویه پاسخ (الف) تاثیر زمان و غلظت گاز اکسیژن (T=12 °C) و (ب) تاثیر دمای نگهداری و غلظت گاز اکسیژن (t=10 days) بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی**

(۱۲°C) با کاهش غلظت گاز اکسیژن از ۲۱ درصد (بسته‌بندی معمولی) تا صفر (بسته‌بندی وکیوم) و افزایش زمان نگهداری از ٤ تا ١٦ روز، فعالیت آنتی-اکسیدانی دانه‌های انار کاهش یافت، بنابراین بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در روزهای اول نگهداری و بسته‌بندی معمولی (شاهد) حاصل گردید. نتایج آنالیز واریانس و شکل‌های رویه پاسخ نشان می‌دهد که در زمان ثابت نگهداری (۱۰ روز) با افزایش دمای انبارداری از ٤ °C تا ۲۰°C میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها از ٦۰/٦ به ۳۰/۲۸درصد کاهش نشان داد (شکل٤).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پارامتر مهمی در رابطه با کیفیت میوه‌ها و سبزیجات می باشد. عوامل مختلفی (زراعی، ژنوم، شرایط قبل و بعد از برداشت و فرآیند) ممکن است ترکیب شیمیایی غذاهای گیاهی را تحت تاثیر قرار دهد و نقش مهمی در تعیین ترکیبات فنولی و زیست فعالی داشته باشند (خورشیدی و همکاران ۲۰۱۱). کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی طی نگهداری به کاهش محتوای آنتوسیانین نسبت داده می شود. یوسنیک و همکاران (۲۰۰۸) ارتباط قوی بین فعالیت آنتی‌اکسیدانی با محتوای آنتوسیانین کل را گزارش کردند. این کاهش با گذشت زمان می تواند به اکسیداسیون آنتی‌اکسیدان-های اصلی مانند آنتوسیانین‌ها و دیگر ترکیبات فنلی مرتبط باشد (خورشیدی و همکاران ۲۰۱۱). ریمبرگ و همکاران (۲۰۰۳)، کنر و همکاران (۲۰۰۲) نیز کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی را در ارقام مختلف زغال اخته طی مدت زمان نگهداری گزارش نمودند. واکنش بافت گیاهی با نگهداری تحتMAP به ماهیت بافت گیاهی و ترکیب گازی که به عنوان تیمار استفاده شده است، بستگی دارد. هم چنین تغییرات فنل در طول نگهداری پس از برداشت در بین گونه‌ها حتی ارقام متفاوت است(خورشیدی و همکاران ۲۰۱۱)، بنابراین نتایج بدست‌آمده مانند محتوای آنتوسیانین، فعالیت آنتی-اکسیدانی و... بسته به رقم انار و شرایط نگهداری می‌تواند متفاوت باشد.

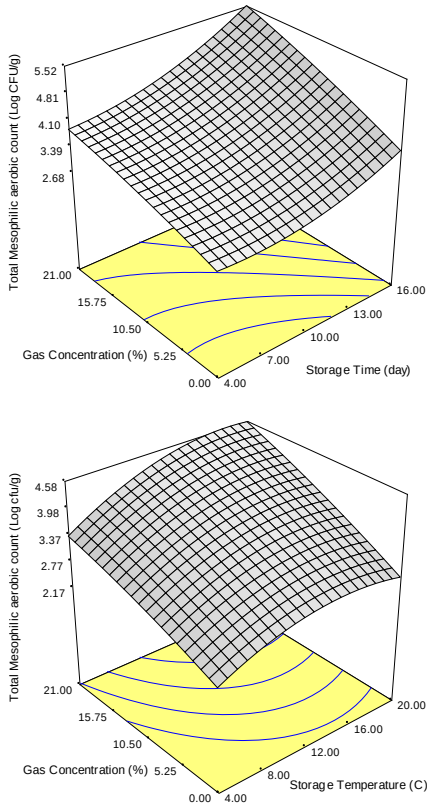
افزایش دمای نگهداری تاثیر منفی بر فعالیت آنتی-اکسیدانی داشته است، کائو و همکاران (۲۰۰۷) نیز تاثیر

دما را بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه loquat بررسی نموده و عنوان کردند که نگهداری loquat در دمای پایین، محتوای بالای فنل کل و سطوح بالاتری از فعالیت رادیکال جاذب DPPH را حفظ می نماید.

بالابودن فعالیت آنتی‌اکسیدانی در بسته‌بندیMAP نسبت به بسته‌بندی وکیوم به بالا بودن محتوای آنتوسیانین کل آن مربوط می‌شود. در این بررسی، دانه‌های انار بسته‌بندی شده تحت اتمسفر معمولی (شاهد) بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را داشته‌اند. همانطور که گفته‌شد این تغییرات می‌تواند در ارتباط با ترکیبات فنولی باشد، به گونه‌ای که نتایج مطالعات اخیر نشان داده‌است که افزایش ترکیبات فنلی کل می‌تواند در پاسخ به استرس اکسیداتیو ناشی از غلظت بالای اکسیژن باشد (خورشیدی و همکاران ۲۰۱۱)، همچنین افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در نمونه شاهد علیرغم پایین بودن محتوای آنتوسیانین ممکن است به دلیل افزایش اسیدیته ناشی از فعالیت میکروبی باشد (هانسواسدی و همکاران ۲۰۰۶).

**شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها**

با توجه به جدول آنالیز واریانس فقط اثرات خطی متغیرهای مستقل در مدل درجه دوم کاسته در شرایط مختلف معنی‌دار بود ($p<0/01$) در حالیکه اثرات توان دوم و اثرات برهمکنش این متغیرها به دلیل غیرمعنی‌دار بودن در مرحله Stepwise از مدل حذف شدند و مدل کاسته ساده‌تری حاصل گردید (جدول۲). در دمای ثابت نگهداری (۱۲ °C) با افزایش غلظت گاز اکسیژن از صفر درصد (بسته‌بندی وکیوم) تا ۲۱ درصد (بسته‌بندی معمولی یا نمونه شاهد) و افزایش زمان نگهداری از ٤ تا ١٦ روز، شمارش کلی در دانه‌های انار بسته‌بندی شده به صورت لگاریتمی افزایش یافت، بنابراین بیشترین بار میکروبی در نمونه شاهد و روزهای آخر نگهداری حاصل گردید و کمترین آن در شرایط بسته‌بندی وکیوم و روزهای اول نگهداری بود. نتایج آنالیز واریانس و شکل‌های رویه پاسخ نشان می‌دهد که در زمان ثابت نگهداری (۱۰ روز) با افزایش دمای انبارداری از ٤°C تا ۲۰°C بار میکروبی نمونه‌ها نسبت به نمونه روز نخست (۲/۸٦ لگاریتم) حدود ۲ سیکل لگاریتمی افزایش نشان داد (شکل۵).



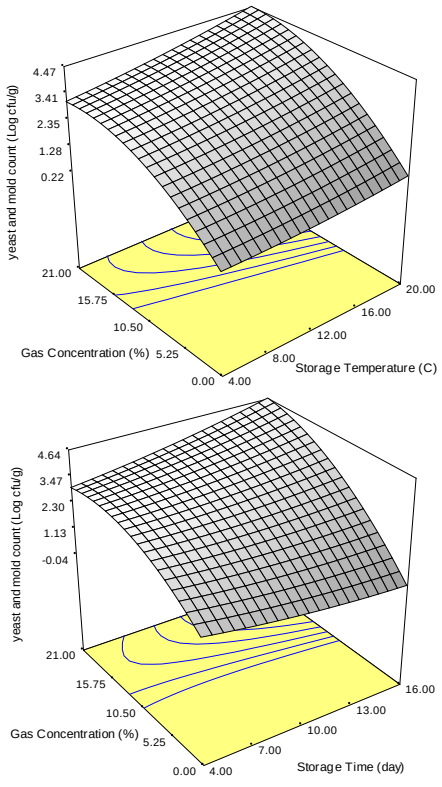

**شکل۵- نمودار رویه پاسخ (الف) تاثیر زمان و غلظت گاز اکسیژن ($T=12\ ^{\circ}C$) و (ب) تاثیر دمای نگهداری و غلظت گاز اکسیژن ($t=10\ days$) بر شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها**

دانه‌های انار بسته‌بندی شده تحت اتمسفر معمولی (شاهد) بالاترین شمارش کلی را نشان دادند. مورسیا و همکاران (۲۰۰۳) نیز گزارش کردند که مواد غذایی آماده مصرف بسته‌بندی شده در اتمسفر معمولی نسبت به بسته‌بندی وکیوم وMAP محتوای رطوبتی و بار میکروبی بالاتر و از این رو مدت ماندگاری کمتری را داشته‌اند. بسته‌بندی میوه تحتMAP موجب کاهش فعالیت تنفسی، تاخیر در رسیدن و نرم‌شدن می‌گردد و بروز اختلالات فیزیولوژیکی و پاتوژن‌هایی که منجر به

پوسیدگی می‌شود را به تاخیر می‌اندازد (آرتز و همکاران ۲۰۰۰). بایگانسکا و همکاران (۲۰۰٤) نیز بسته‌بندیMAP با ترکیب گازی ۹۸٪ نیتروژن و ۲٪ اکسیژن را در ممانعت از رشد میکروبی در برش‌های سیب نگهداری شده به مدت ۱۵ روز موثر دانستند. حذف اکسیژن از بسته‌بندی و وارد شدن غلظت‌های مختلف کربن دی اکسید و نیتروژن همراه با سردسازی مناسب مانع رشد میکروارگانیسم‌های هوازی، باکتری-های پروتئولیتیک، مخمرها و قارچ‌ها می‌گردد. در واقع حضور نیتروژن از رشد باکتری‌های هوازی جلوگیری می‌نماید. تاثیر کربن‌دی‌اکسید احتمالا با کاهش pH داخل سلولی و مهار مستقیم فرآیندهای آنزیمی مربوط می‌شود. این اثر به طور کلی در دمای کمتر افزایش یافته‌است به دلیل آنکه حلالیت کربن‌دی‌اکسید افزایش می‌یابد و فساد توسط باکتری‌های سرمادوست، هوازی و گرم منفی را به تاخیر می‌اندازد (مورسیا و همکاران ۲۰۰۳).

**شمارش کپک و مخمر**

طبق نتایج در زمان ثابت نگهداری (۱۰ روز) با افزایش دمای نگهداری از ٤°C تا ۲۰°C و افزایش غلظت گاز اکسیژن از صفر درصد (بسته‌بندی خلا) تا ۲۱ درصد (بسته‌بندی معمولی یا شاهد)، میزان کپک و مخمر در محصول بسته‌بندی شده نسبت به نمونه روز نخست (۲/۷۳ لگاریتم) به صورت لگاریتمی افزایش معنی‌داری نشان داد ($p<۰/۰۵$)، بنابراین بهترین شرایط نگهداری دانه‌های انار با کمترین شمارش کپک و مخمر در شرایط بسته‌بندی خلاء و دمای نگهداری در یخچال حاصل شد (شکل٦). نتایج آنالیز واریانس و شکل‌های رویه پاسخ نشان می‌دهد اگرچه اثر خطی زمان بر روی این پارامتر معنی‌دار نبود ولی در دمای ثابت نگهداری (۱۲°C) با افزایش زمان انبارداری از ٤ تا ١٦روز میزان کپک و مخمر نمونه‌ها روند افزایشی نشان داد (شکل٦). بسیاری از باکتری‌ها و قارچ‌های متداول عامل فساد برای رشد به اکسیژن نیاز دارند. بنابراین برای افزایش مدت ماندگاری مواد غذایی، اتمسفر داخل بسته باید




**شکل۶- نمودار رویه پاسخ (الف) تاثیر دمای نگهداری وغلظت گاز اکسیژن (t=10 days) و (ب) تاثیر زمان نگهداری و غلظت گاز اکسیژن (T=12 °C) بر میزان کپک و مخمر**

غلظت کمی از اکسیژن باقی‌مانده داشته باشد (سندهیا و همکاران ۲۰۱۰). نتایج آزمون کپک مخمر مشابه شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها در نمونه‌های بسته‌بندی شده بود، چرا که قارچ‌ها هوازی بوده و در شرایط اکسیژن و دمای بالا بیشتر رشد می‌کنند. افزایش بار میکروبی و شمار کپک-مخمر با افزایش زمان و دمای نگهداری، مشابه با مطالعه گیل و همکاران (۲۰۰۲) بر روی گوجه‌های برش‌زده می‌باشد. بعلاوه در این پژوهش دانه‌های انار بسته‌بندی شده در هوای معمولی (شاهد) بیشترین آب‌اندازی را در روزهای انتهایی و دماهای بالا داشته‌اند که می‌تواند محیط مناسبی را جهت رشد کپک‌ها فراهم نماید. بالاترین میزان کپک و مخمر در تمام انواع بسته‌بندی‌ها در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد

کمتر از ۵Log cfu/g بود که حداکثر حد مجاز برای مخمرها و کپک‌ها در میوه‌های خام و تازه برش‌زده می‌باشد که توسط قانون آفریقای جنوبی تعیین شده است (کالب و همکاران ۲۰۱۳).

**بهینه‌یابی**

شرایط عملیاتی بهینه برای بسته‌بندی دانه‌های انار با استفاده از متغیرهای مستقل غلظت گاز اکسیژن داخل بسته‌بندی، دمای نگهداری و زمان انبارداری بر ویژگی-های کیفی مورد مطالعه با استفاده از تکنیک بهینه سازی عددی[1] نرم افزار Design Expert جستجو شد. بدین منظور، در ابتدا اهداف بهینه‌سازی را مشخص کرده و سپس سطوح پاسخ‌ها و متغیرهای مستقل تنظیم شد. برای این منظور مواد جامد محلول، فعالیت آنتی-اکسیدانی، مقدار آنتوسیانین در حداکثر، بار میکروبی حداقل و مقدار اسیدیته و متغیرهای مستقل نیز در حالت in range انتخاب شدند. در حالت بهینه بسته‌بندی بیشترین مقدار برای مواد جامد محلول، فعالیت آنتی-اکسیدانی و مقدار آنتوسیانین به ترتیب ۱۷/۶درجه بریکس، ۵۶/۷٪ و $224 mgL^{-1}$ و کمترین مقدار برای شمارش کلی میکروارگانیسم ها و کپک-مخمر به ترتیب ۲/۹۸ Log cfu/g و۲/۹۵ Log cfu/g و همچنین مقدار اسیدیته ۱/۱۳ gr/100ml بدست آمد. مقادیر متغیرهای مستقل در شرایط بهینه بسته‌بندی دانه‌های انار برای دمای نگهداری، غلظت گاز اکسیژن داخل بسته و زمان نگهداری به ترتیب ۵°C، ۷ درصد و ۱۱روز حاصل شد (جدول ۳).

**جدول۳- نتایج به دست آمده از فرآیند بهینه سازی در شرایط مختلف بسته بندی**

| متغیر مستقل | حداقل | حداکثر | مقدار بهینه |
|---|---|---|---|
| زمان (روز) | ٤ | ١٦ | ١١ |
| دما(°C) | ٤ | ٢٠ | ٥ |
| غلظت گاز اکسیژن (٪) | ٠ | ٢١ | ٧ |

[1] Numerical optimization

**نتیجه‌گیری**

بالابودن مواد جامد محلول، اسیدیته، محتوای بالای آنتوسیانین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی مهم‌ترین فاکتورهای کیفی در پذیرش و مقبولیت دانه‌های انار توسط مصرف کننده می‌باشند. به منظور تعیین بهترین شرایط بسته-بندی جهت ماندگاری و حفظ خصوصیات کیفی دانه‌های انار از روش سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی استفاده گردید. نتایج نشان داد که پاسخ دانه‌های انار تازه طی مدت ماندگاری، بسته به روش بسته‌بندی و دماهای نگهداری متفاوت می‌باشد. کنترل دما نیز نقش مهمی در کارایی بسته‌بندیMAP داشته‌است، بطوریکه عملکرد بسته‌بندیMAP با افزایش دمای نگهداری کاهش یافت. با افزایش زمان و دمای نگهداری به ویژه در روز شانزدهم و دمای ۲۰°C افت شدیدی در ویژگی‌های کیفی مشاهده شد و بار میکروبی و میزان اسیدیته افزایش یافت. نتایج آزمون‌های میکروبی نشان داد که شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها و کپک و مخمر تحت تأثیر ترکیب گاز داخل بسته و دماهای نگهداری قرار گرفته است. نمونه‌های بسته‌بندی شده در اتمسفر معمولی (شاهد) علیرغم بالا بودن فعالیت آنتی‌اکسیدانی، به دلیل افزایش بار میکروبی بسته‌بندی مناسبی نمی‌باشد. از آنجا که بار میکروبی مهم‌ترین پارامتر در تعیین ماندگاری محصولات تازه می‌باشد؛ بسته‌بندی دانه‌های انار تحتMAP (۹۰٪ نیتروژن، ۱۰٪ اکسیژن) و وکیوم در دمای یخچال تا روز شانزدهم از نظر میکروبی کاملا قابل قبول بوده و مناسب جهت مصرف می‌باشند. به طور کلی بسته‌بندی MAP به دلیل محتوای بالای آنتوسیانین و مواد جامد محلول و همچنین کیفیت میکروبی مناسب بهترین نوع بسته‌بندی بود و بر اساس نتایج بهینه‌یابی تمامی آزمون‌های مورد مطالعه، این نتیجه حاصل شد که بسته‌بندی دانه‌های انار آماده مصرف با غلظت گاز ۷٪ اکسیژن در دمای ۵°C به مدت ۱۱ روز بالاترین سطح ویژگی‌های کیفی را حفظ نموده

و به عبارتی دیگر در این شرایط نگهداری، بهترین ماندگاری را خواهد داشت.

**جدول۲- نتایج جدول آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ درجه دوم کاسته برای داده‌های پاسخ**

| منبع تغییرات | مواد جامد محول | | اسیدیته قابل تیتر | | فعالیت آنتی-اکسیدانی | | آنتوسیانین | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | مجموع مربعات | اندیس p | مجموع مربعات | اندیس p | مجموع مربعات | اندیس p | مجموع مربعات | اندیس p |
| Model | ۹/۳۷ | <۰/۰۰۰۱ | ۰/۱۸ | <۰/۰۰۰۱ | ۷۸۸/٦٤ | <۰/۰۰۰۱ | ٤۰۳٥۹/٥ | ۰/۰۰۰۳ |
| A(زمان) | ۲/۷ | <۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۳٥ | ۰/۱۹ | ۱۲/۳٤ | ۰/۱۹ | ۳۲٦۸۰/۹ | <۰/۰۰۰۱ |
| B(دما) | ۱/۸٥ | <۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۷۱ | ۰/۰۷٦ | ۳٤/۳۲ | ۰/۰۷٦ | – | – |
| C (غلظت گاز) | ۰/۲ | ۰/۰٦٥ | ۰/۰۰۱٥ | ۰/۳۸ | ۷۹/۸٤ | ۰/۳۸ | – | – |
| $A^2$ | ۰/۷٤ | ۰/۰۰۱۹ | – | – | – | – | ۳٤۹٤/۳ | ۰/۰۱۳ |
| $B^2$ | – | – | – | – | – | – | – | – |
| $C^2$ | ۰/۷٤ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰٥٤ | ۰/۰۰۰۲ | – | – | ۳٥٤۲/٥ | ۰/۰۱۲ |
| AB | ۰/٥٥ | ۰/۰۰٥۲ | ۰/۰۳۱ | ۰/۰۰۱٦ | ۲۲۸/۷ | ۰/۰۰۱٦ | – | – |
| AC | – | – | ۰/۰۲٥ | ۰/۰۰۳٤ | ۲۲۰/۰٤ | ۰/۰۰۳٤ | – | – |
| BC | ۰/۳٦ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰٦ | ۰/۰۰۰۱ | ۲۱۳/٤ | ۰/۰۰۰۱ | ۱٥۰۲/۷ | ۰/۰۷۷ |
| Lack of fit | ۰/٤۳ | ۰/۲۰۱ | ۰/۰۱۸ | ۰/۱٤۹ | ۱٦۲/۲٥ | ۰/۰٦۷۳ | ۳٦۳/۱٥ | ۰/۰٦٥۸ |
| Pure error | ۰/۱٤ | – | ۰/۰۰٤۸ | – | ٦/۳۷ | – | ۷۲۰/۰۸ | – |

**ادامه جدول۲- نتایج جدول آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ درجه دوم کاسته برای داده‌های پاسخ**

| منبع تغییرات | شمارش کلی | | کپک-مخمر | |
|---|---|---|---|---|
| | مجموع مربعات | اندیس p | مجموع مربعات | اندیس p |
| Model | ۱۱/۸۱ | <۰/۰۰۰۱ | ۳٦/۷ | <۰/۰۰۰۱ |
| A (زمان) | ٤/۲٥ | <۰/۰۰۰۱ | ۰/۲۸ | ۰/۳۰۲ |
| B (دما) | ۱/۹٥ | ۰/۰۰۱۳ | ۲/۰۳ | ۰/۰۱۲ |
| C (غلظت گاز) | ٥/٦۱ | <۰/۰۰۰۱ | ۲۷/۹٦ | <۰/۰۰۰۱ |
| $A^2$ | – | – | – | – |
| $B^2$ | – | – | – | – |
| $C^2$ | – | – | ۲/۸۷ | ۰/۰۰٤۲ |
| AB | – | – | – | – |
| AC | – | – | ۳/٥٥ | ۰/۰۰۲۰ |
| BC | – | – | – | – |
| Lack of fit | ۱/٦۲ | ۰/۳۰۷ | ۱/٦۲ | ۰/۱٥٤ |
| Pure error | ۰/٤٥ | – | ۰/٤٥ | – |

**منابع مورد استفاده**


بی‌نام، ۱۳۸۱. استاندارد ملی ایران ٥٤٨٤، شیر و فرآورده‌های آن – روش شمارش کلی پرگنه‌های میکروارگانیسم‌ها در ۳۰ درجه سلسیوس ، تجدید نظر اول. مؤسسه استاندارد و تحقیقات ایران.

بی‌نام، ۱۳۹۲. استاندارد ملی ایران ۳-۱۰۸۹۹، میکروبیولوژی مواد غذایی و خوراک دام -روش جامع برای شمارش کپک‌ها و مخمرها-قسمت اول-روش شمارش کلنی در فرآورده‌های با فعالیت آبی ($a_w$) بیشتر از ۰/۹۵، تجدید نظر اول. مؤسسه استاندارد و تحقیقات ایران.

AOAC, 2002. Official methods of analysis, 17th ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemist.

Artés F, Villaescusa R and Tudela JA, 2000b. Modified atmosphere packaging of pomegranate, Journal of Food Science 65(7): 1112–1116.

Ayala-Zavala JF, Wang ShY, Wang ChY and González-Aguilar GA, 2004. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit, LWT - Food Science and Technology 37(7): 687–695.

Ayhan Z and Eştürk O, 2009. Overall quality and shelf life of minimally processed and modified atmosphere packaged "ready-to-eat" pomegranate arils, Journal of Food Science 74: 399-405.

Ben J, 1991. Studies on short-term storage of Lutówka sour cherry in a cold store. In: Abstracts of the 23rd International Horticultural Congress, Florence, 27 August–1 September, pp 669.

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.

Caleb OJ, Opara UL and Witthuhn C.R, 2012a. Modified atmosphere packaging of pomegranate fruit and arils: A Review, Food and Bioprocess Technology 5(1): 15-30.

Caleb OJ, Mahajan PV, Fahad AA and Opara UL, 2012b. Modified atmosphere packaging technology of fresh and fresh-cut produce and the microbial consequences – A Review, Food and Bioprocess Technology 6(2): 303-329.

Caleb OJ, Opara UL, Mahajan PV, Manley M, Mokwena L and Tredoux AGJ, 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.

Cao SF, Zheng YH, Yang ZF, Li N, Ma SJ, Tang SS and Zhang JH, 2007. Effects of storage temperature on antioxidant composition and antioxidant activity of loquat fruit, Acta Hort (ISHS) 750:471-476.

Connor AM, Luby JJ, Hancock JF, Berkheimer S and Hanson EJ, 2002. Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold-temperature storage, Journal Agric Food Chemistry 50:893-898.

Conte A, Scrocco C, Lecce L, Mastromatteo M and Del Nobile MA, 2009. Ready-to-eat sweet cherries: Study on different packaging systems, Innovative Food Science and Emerging Technologies 10(4):564–571.

Diaz-Mula HM, Martinez-Romero D, Castillo S, Serrano M and Valero D, 2011a. Modified atmosphere packaging of yellow and purple plum cultivars. 1. Effect on organoleptic quality, Postharvest Biology and Technology 61: 103-109.

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.

Elyatem SM and Kader AA, 1984. Post-harvest physiology and storage behaviour of pomegranate fruits, Scientia Horticulturae 24(3-4): 287–298.

Fawole O and Opara U, 2013. Effects of storage temperature and duration on physiological responses of pomegranate fruit, Industrial Crops and Products 47: 300– 309.

Ghasemnezhad M, Zareh S, Rassa M and Sajedi RH, 2012. Effect of chitosan coating on maintenance of aril quality,microbial population and PPO activity of pomegranate (Punica granatum L. cv. Tarom) at cold storage temperature, J Sci Food Agric 93(2):368-74.

Giacalone G and Chiabrando V, 2013. Modified atmosphere packaging of sweet cherries with biodegradable films, International Food Research Journal 20: 1263-1268.

Gil MI, Artés F and Toma-Barberan FA, 1996a. Minimal processing and modified atmosphere packaging effects on pigmentation of pomegranate seeds, Journal of Food Science 61: 161-164.

Gil M, Conesa M and Artés F, 2002. Quality changes in Fresh-cut tomato as affected by modified atmosphere packaging, Postharvest Biology and Technology 25 (2): 199-207.

Hansawasdi C, Rithiudom S and Chaiprasart P, 2006. Quality and antioxidant activity changes during low-temperature storage of strawberry fruits, Acta Hort 708:301-306.

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.

Krupa T and Tomala K, 2007. Antioxidant Capacity, Anthocyanin Content Profile in 'Bluecrop' Blueberry Fruit, Vegetable Crops Research Bulletin 66: 129-141.

López-Rubira V, Conesa A, Allende A and Artés F, 2005. Shelf life and overall quality of minimally processed pomegranate arils modified atmosphere packaged and treated with UV-C, Postharvest Biology and Technology 37: 174-185.

Murcia MA, Martinez-Tome M, Nicolas MC and Vera AM, 2003. Extending the shelf-life and proximate composition stability of ready to eat foods in vacuum or modified atmosphere packaging, Food Microbiology 20: 671-679.

O'Beirne D, 1991. Modified atmosphere packaging of fruit and vegetables. In: Gormley, T.R. (Ed.), Chilled Foods: The State of the Art. Elsevier Applied Science, Barking, UK, pp. 183–199.

Pesis E, Long P and Hewett E, 1991. Compositional changes in kiwifruit infected with Botrytis cinerea. 1. In vivo studies N.Z.J. Crop, Horticulture Science 19: 405–412.

Petersen MB and Poll L, 1999.The influence of storage on aroma, soluble solids, acid and colour of sour cherries (Prunus cerasus L.) cv. Stevnsbær, European Food Research and Technology 209 :251–256 .

Remberg S, Haffner K and Blornhoff R, 2003. Total antioxidant capacity and other quality criteria in blueberries cvs. 'Bluecrop', 'Hardyblue', 'Patriot', 'Putte', and 'Aron' after storage in cold storage and controlled atmosphere, Acta Hort 600:595.

Sandhya, 2010. Modified atmosphere packaging of fresh produce, LWT- Food Science and Technology 43:381–392.

Tavasoli S, 2014. Effect of modified atmosphere packaging on some physicochemical properties and shelf life of pomegranate arils, Msc Thesis, Tarbiat Modarres University.

Tehranifar A, Zarei M, Esfandiyari B and Nemati Z, 2010. Physicochemical Properties and Antioxidant Activities of Pomegranate Fruit (Punica granatum) of Different Cultivars Grown in Iran, Hort. Environ. Biotechnol 51(6):573-579.

Usenik V, Fabcic J and Stampar F, 2008. Sugars, organics acids, phenolic composition and antioxidant activity of sweet cherry (Prunus avium L.), Food Chemistry 107: 185–192.

Zhang M, Xiao G, Peng J and Salokhe VM, 2003. Effect of modified atmosphere package on preservation of strawberries. International Agrophysics, 17:143-148.

Zheng Y, Wang ShY, Wang ChY and Zheng W, 2007.Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments, LWT - Food Science and Technology 40 (2007) 49–57 .

# Effect of packaging type and storage conditions on physicochemical characteristics, antioxidant activity and microbial load of "ready to eat" pomegranate arils

**M Ghorbani[1], N Sedaghat[2*], E Milani[3] and A Koocheki[2]**

Received: October 12, 2014 Accepted: September 01, 2015

[1]MSc Student, Department of Food Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad, Iran
[2]Associate Professor, Department of Food Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad, Iran
[3]Assistant Professor, Department of Food Processing, Iranian Academic Center for Education Culture and
Research (ACECR) of Mashhad, Iran
[*]Corresponding author: E-mail: sedaghat@um.ac.ir

## Abstract

“Ready to eat” pomegranate arils in addition to unique sensory and nutritional properties, provides the possibility of increasing the pomegranate consumption. The pomegranate fruit is native to Iran, so it is important pay attention to the pomegranate processing industry. The present study investigated the effect of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on some quality properties of pomegranate arils with response surface methodology. The extracted pomegranate arils packed with three gas concentrations of oxygen includes vacuum packaging (%0), modified atmosphere (%10) and normal atmosphere packaging (%21) and kept them in storage temperatures (4, 12 and 20˚C) for 16 days. Measurement of total soluble solids, titratable acidity, total anthocyanin, antioxidant activity and microbial load was performed on samples in intervals of 4,10 and 16 days after packaging. Antioxidant activity decreased with storage temperature and time increasing that had direct relation with anthocyanin decreasing during storage period. The highest of total anthocyanin content and soluble solids was in modified atmosphere packaging. Also, antioxidant activity by acidity increasing in normal atmosphere packaging (control) showed a significant increase. Microbial quality is an important parameter in determining the shelf life of foods. The lowest and highest of microbial load was, respectively, in vaccum and normal atmosphere packaging (control) that titratable acidity increasing and soluble solids decreasing was due to microbial activity increasing in normal atmosphere packaging. After final optimization, the best of gas oxygen concentration, storage temperature and time for maintaining of pomegranate arils was, respectively, %7, 5°C and 11days. At the optimal point, acidity, maximum total soluble solids, maximum antioxidant activity and total anthocyanin content, minimum total count and yeast-mold was determined 1.13 (gr/100ml), 17.6 (°Brix), %56.7, 224 ($mgL^{-1}$), 2.98 Log cfu/g and 2.95 Log cfu/g respectively.

**Keywords:** Microbial load, Modified atmosphere Packaging, Vacuum packaging, Pomegranate arils**,** Antioxidant activity, Response Surface Methodology