نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی
جلد چهارم، شماره اول، ۹۱
۸۱-۹۷
http://ejfpp.gau.ac.ir

# بهینه‌سازی شرایط تولید سیب گلاسه با استفاده از کنسانتره میوه

*نیلوفر شریف[۱]، میر خلیل پیروزی فرد[۲]، محمدعلیزاده[۲] و محسن اسمعیلی[۲]
[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه ارومیه، [۲]استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه ارومیه
تاریخ دریافت : ۹۱/٦/٤ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۵/٤

## چکیده

با به کارگیری طرح ترکیبی (Combined design) تأثیر نسبت‌های مختلف محلول ساکارز به کنسانتره میوه (پرتقال و آلبالو)، میزان کلریدکلسیم (۰-۲درصد) و مدت زمان نگهداری (۰-۹۰ روز) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی سیب‌های گلاسه مورد مطالعه قرار گرفت. شاخص‌هایی از قبیل میزان قند کل، اسید آسکوربیک، رنگ و پذیرش کلی محصول بر مبنای فاکتورهای مورد مطالعه مدلسازی و سپس بهینه‌سازی چند منظوره (Multiobjective optimization) با به‌کارگیری روش‌های عددی (Numerical method) انجام پذیرفت. بهینه‌سازی بر پایه بیشترین مدت زمان نگهداری محصول (در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد)، میزان اسیدآسکوربیک، شاخص کروما و امتیاز حسی و کمترین میزان رطوبت سیب‌های گلاسه انجام گرفت. نقطه بهینه در نمونه‌های فرآوری شده با کنسانتره آب‌پرتقال در نسبت شربت ساکارز به کنسانتره ۱ به ۳، میزان کلریدکلسیم ۰/۹٦درصد و مدت زمان نگهداری ۸۲ روز به‌دست آمد. در این نقطه، میزان اسید آسکوربیک، رطوبت، شاخص کروما و امتیاز حسی محصول به‌ترتیب برابر با ۲۷/۸۹ میلی‌گرم در هر صد گرم، ۱۲/٤۳ درصد، ٥٦/۰٤ و ۵/۸۱ می‌باشد. هم‌چنین، نقطه بهینه برای نمونه‌های فرآوری شده با کنسانتره آب‌آلبالو در نسبت مساوی شربت ساکارز به کنسانتره (۲: ۲)، میزان کلریدکلسیم ۲ درصد و مدت زمان نگهداری ۹۰ روز به‌دست آمد. در این نقطه، میزان اسید آسکوربیک، رطوبت، شاخص کروما و امتیاز حسی محصول به‌ترتیب برابر با ۸/۷۵ میلی‌گرم در هر صد گرم، ۱۲/۸۰ درصد، ۳۹/۳۲ و ۸/۷۵ می‌باشد.

***واژه‌های کلیدی***: سیب گلاسه، آب‌گیری اسمزی، کنسانتره میوه، اسید آسکوربیک

---

*مسئول مکاتبه: sharif.nilou@yahoo.com

**مقدمه**

امروزه اهمیت میوه‌ها و سبزی‌ها در رژیم غذایی انسان بر هیچ‌کس پوشیده نیست. میوه‌ها و سبزی‌ها حاوی گستره وسیعی از ترکیبات ارزشمند تغذیه‌ای از قبیل ویتامین‌ها هستند، که انسان را دربرابر بیماری‌ها محافظت می‌کنند. با وجود داشتن فواید مذکور، میوه‌ها و سبزی‌ها محصولاتی فسادپذیر بوده و بیشتر مصرف تازه‌خوری دارند. بنابراین، روش‌های نگهداری متختلفی شامل خشک کردن به منظور افزایش عمر انبارمانی آن‌ها توسعه یافته‌اند. از این رو، فراوری مواد غذایی به‌منظور افزایش عمر انبارمانی آن‌ها با تضمین ایمنی و کیفیت، از جمله دغدغه‌های اصلی صنعت غذا به شمار می‌رود (یاداو و سینگ، ۲۰۱۲). از سوی دیگر، یک فرآیند خشک کردن به دلیل ایجاد تغییرات شیمیایی و تغذیه‌ای، می‌تواند سبب افزایش یا کاهش شاخص‌های کیفی محصول گردد (تیمومی و همکاران، ۲۰۰۷).

یکی از روش‌هایی که می‌تواند موجب بهبود ویژگی‌های حسی و ارزش تغذیه‌ای محصولات تازه شود، آب‌گیری اسمزی است (ل.مبارد و همکاران، ۲۰۰۸). آب‌گیری اسمزی فرایندی است که در آن ماده غذایی در محلولی با فشار اسمزی بالا و فعالیت آبی کم برای مدت مشخصی غوطه‌ور می‌شود. این روش نگهداری غذا، منجر به خروج آب از ماده غذایی و نفوذ ترکیب اسمزی به داخل ماده غذایی می‌شود. هم‌چنین، نمک‌های کلسیم یا برخی از اسیدها از قبیل اسیدسیتریک یا اسیدلاکتیک بسته به اهداف خاصی ممکن است به محلول اسمزی افزوده شوند (رودریگوئز و همکاران، ۲۰۰۳). آب‌گیری اسمزی و تأثیر متغیرهای فرایند در میوه‌ها و سبزی‌های مختلف، به‌عنوان یک فرایند مستقل یا همراه با سایر روش‌های خشک کردن، به‌طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است (چیرالت و تالنس، ۲۰۰۵؛ دنگ و ژائو، ۲۰۰۸؛ لومبارد و همکاران، ۲۰۰۸؛ رودریگوئز و همکاران، ۲۰۰۳؛ سوسا و همکاران، ۲۰۱۰).

از جمله فراورده‌هایی که به روش آب‌گیری اسمزی طولانی مدت تهیه می‌شود، می‌توان میوه‌های گلاسه را نام برد. این محصولات در نتیجه کاهش فعالیت آبی و میزان قند بالا از ماندگاری خوبی برخوردارند (نانس و همکاران، ۲۰۰۸؛ جیرالدو همکارانف ۲۰۰٦). شایان ذکر است که تاکنون مطالعات زیادی در رابطه به این فراورده‌ها صورت نگرفته است.

در حالی که ساکارز اصلی‌ترین ماده مورد استفاده در فرآیند آب‌گیری اسمزی است، مشخص شده است که ترکیبات دیگری از قبیل گلوکز، شربت گلوکز و کنسانتره میوه می‌توانند جانشین‌های خوبی

برای ساکارز باشند. اگر چه، تاکنون مطالعات اساسی در رابطه با کاربرد کنسانتره‌های میوه به عنوان محلول اسمزی صورت نگرفته است. آب‌میوه‌ها منابع مهمی از مواد مغذی و انرژی بوده که نقش اساسی در تغذیه انسان ایفا می‌کنند (استوری و همکاران، ۲۰۰٦). به همراه میوه‌ها و سبزی‌های تازه، آن‌ها مواد ضروری تغذیه‌ای انسان مانند قندها، ویتامین‌ها، ریزمغذی‌ها، پلی‌فنل‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها نیز فراهم می‌کنند (کرنز و همکاران، ۲۰۰٦). به‌طور جالب توجهی، به‌کار بردن کنسانتره میوه در فرآیند آب‌گیری اسمزی به دلیل دارا بودن ترکیبات مهم تغذیه‌ای، می‌تواند افزایش ارزش تغذیه‌ای میوه‌های خشک را به ارمغان آورد (کنوپاکا و همکاران، ۲۰۰۹).

هدف اصلی از این پژوهش بررسی امکان تولید سیب گلاسه با کاربرد کنسانتره پرتقال و آلبالو به‌عنوان بخشی از محلول اسمزی، تأثیر افزودن کلریدکلسیم در طول فرآیند آب‌گیری اسمزی و نیز مطالعه برخی از ویژگی‌های تغذیه‌ای و پذیرش کلی محصول در طی مدت زمان نگهداری می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

سیب درختی[1] (رطوبت ۸۵/۷٤ درصد، بریکس ۱۵/۱۷، pH ٤/۰۷، قند کل ۱۲/۸۳ درصد و اسید آسکوربیک ۵/۸٦ میلی‌گرم در هر صد گرم) در اندازه‌های یکسان از یکی از باغ‌های سیب شهر ارومیه تهیه شد. کنسانتره‌های آب‌پرتقال (بریکس ٦۵، pH ۲/۷۸، قند کل ٤٤/۲٦ درصد و اسیدآسکوربیک ۷۲/٤٦ میلی‌گرم در هرصد گرم) و آلبالو (بریکس ٦۵، pH ۳/۲٤، قند کل ۳۷/٦ درصد و اسیدآسکوربیک ٤/۱۷ میلی‌گرم در هرگرم) از کارخانه اروم نارین خریداری شدند.

**تولید سیب‌های گلاسه**: به‌منظور تولید سیب‌های گلاسه، از روش گلاسه کردن دو مرحله‌ای استفاده شد. در مرحله اول، محلول‌های اسمزی با بریکس ٤۵ که حاوی نسبت‌های مختلفی از شربت (ساکارز) و کنسانتره میوه (آلبالو یا پرتقال) و نیز درصدهای متفاوتی از کلریدکلسیم (۰ تا ۲ درصد وزن محلول) بودند، مطابق با طرح آماری به کار رفته در این مطالعه تهیه شدند. سیب‌ها پس از شست‌وشو با آب، به وسیله دستگاه، پوست‌گیری و هسته‌گیری شده و سپس به اسلایس‌هایی با ضخامت ٦ میلی‌متر برش داده شدند. بلافاصله پس از برش، سیب‌ها در داخل محلول اسمزی تهیه شده به‌مدت ۲٤ ساعت غوطه‌ور شدند. نسبت مقدار سیب‌های افزوده شده به محلول‌های اسمزی ۱ به ٤ بود. در مرحله دوم، با افزودن ساکارز به محیط میزان بریکس محلول‌های اسمزی به ٦۵ افزایش

1- Golden deliciou

یافت. سپس، پس از قرارگیری به‌مدت ٤٨ ساعت در این محلول‌ها، نمونه‌های سیب از آن خارج شدند و در خشک‌کن کابینتی در دمای ٥٥ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤٨ ساعت قرار گرفتند. پس از خروج از خشک‌کن و رسیدن به دمای محیط، در کیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی شدند. سیب‌های گلاسه در محیط یخچال (به‌منظور تثبیت دمای نگهداری) به‌مدت ٩٠ روز نگهداری شدند. آزمایش‌های شیمیایی و فیزیکی مورد نظر بر اساس طرح آماری، در فواصل زمانی ٠، ٤٥، ٦٧/٥ و ٩٠ روز بر روی محصول نهایی انجام گرفتند.

**اندازه‌گیری رطوبت**: میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی در دمای ١٠٠ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤٨ ساعت اندازه گیری شد (بایداسی و بدریه، ٢٠٠١). آزمایش‌ها دو بار تکرار و میانگین آن‌ها به عنوان درصد رطوبت (بر پایه وزن خشک) نمونه گزارش شد.

**اندازه‌گیری اسیدیته کل**: اسیدیته کل به طریق عیارسنجی با سود تعیین شد (AOAC، ٢٠٠٦). به طور خلاصه، ٢٥ گرم نمونه پس از همگن شدن توسط آسیاب خانگی، تا حجم ٢٥٠ میلی‌لیتر با آب رقیق و صاف شده و ٢٥ میلی‌لیتر از محلول صاف شده با سود ٠/١ نرمال عیارسنجی شده و در نهایت اسیدیته اندازه‌گیری شد.

**اندازه‌گیری قند کل**: قندهای کل نمونه‌ها به روش مرسوم لین و آینون تعیین شد (استاندار ملی ایران).

**اندازه‌گیری اسیدآسکوربیک**: میزان اسید آسکوربیک نمونه‌ها (میلی‌گرم در هر ١٠٠ گرم) توسط روش عیارسنجی با نمک سدیم ٢و٦- دی کلروفنل ایندوفنل اندازه‌گیری و میانگین سه تکرار گزارش شد (AOAC، ٢٠٠٥).

**تعیین شاخص‌های رنگ**: شاخص‌های رنگ L*، a* و b* به‌طور مستقیم از دستگاه رنگ‌سنج هانترلب به‌دست آمدند. قبل از اندازه‌گیری رنگ، دستگاه توسط یک صفحه سفید استاندارد کالیبره شد. پس از جمع‌آوری داده‌ها، وشاخص chroma با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه و گزارش شد (آتارس، ٢٠١١):

$$chroma = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

**ارزیابی حسی**: پذیرش کلی محصول از جانب مصرف‌کننده بر پایه آزمون هدونیک ٩ نقطه‌ای انجام گرفت. عدد ١ بیانگر علاقه فوق‌العاده زیاد و عدد ٩ بیانگر عدم علاقه فوق‌العاده زیاد مصرف‌کننده در

نظر گرفته شد. بر اساس طرح آماری، در فواصل زمانی مورد مطالعه از ۳۰ نفر از دانشجویان گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه ارومیه به منظور پذیرش کلی محصول استفاده گردید.

**طرح آماری**: طرح آماری استفاده شده برای تولید سیب‌های گلاسه و بررسی فاکتورهای مورد نظر در جدول ۱ نشان داده شده است.در این مطالعه، از طرح ترکیبی (combined design) برای بررسی تأثیر هم‌زمان فاکتورهای مخلوط (نسبت شربت به کنسانتره میوه) و فاکتورهای فراوری (میزان کلریدکلسیم، نوع کنسانتره میوه و مدّت زمان نگهداری محصول) استفاده گردید. ترتیب و اجرای تیمارها به صورت تصادفی بود. پس از جمع‌آوری داده‌ها، مدل‌های تجربی با روش حداقل مربعات ساخته شدند و مورد آنالیز رگراسیون قرار گرفتند. سطح خطای نوع اول (Type I Error) $\alpha$ =۰/۰۵ در نظر گرفته شد. آنالیز آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS (version 9) انجام گرفت (SAS institute Inc., Cary, NC, USA).

**جدول ۱- طرح آزمایش‌ها**

| نوع کنسانتره میوه | مدت زمان نگهداری (روز) | (محلول اسمزی ٪) $CaCl_2$ | کنسانتره میوه (کیلوگرم) | ساکارز (کیلوگرم) | تیمار |
|---|---|---|---|---|---|
| آلبالو | ۳۰ | ۰ | ۲ | ۲ | ۱ |
| پرتقال | ٤٥ | ۱ | ۲ | ۲ | ۲ |
| پرتقال | ۹۰ | ۰ | ۲ | ۲ | ۳ |
| پرتقال | ۰ | ۲ | ۲ | ۲ | ٤ |
| آلبالو | ۰ | ۲ | ۳ | ۱ | ٥ |
| پرتقال | ۰ | ۲ | ۳ | ۱ | ٦ |
| پرتقال | ٤٥ | ۱ | ۳ | ۱ | ۷ |
| پرتقال | ۰ | ۲ | ۱ | ۳ | ۸ |
| آلبالو | ۹۰ | ۰/٦۷ | ۳ | ۱ | ۹ |
| آلبالو | ٤٥ | ۱ | ۲/٥ | ۱/٥ | ۱۰ |
| پرتقال | ٤٥ | ۰ | ۱ | ۳ | ۱۱ |
| پرتقال | ۹۰ | ۲ | ۳ | ۱ | ۱۲ |
| پرتقال | ۹۰ | ۰ | ۳ | ۱ | ۱۳ |
| پرتقال | ۹۰ | ۲ | ۱ | ۳ | ۱٤ |
| آلبالو | ۹۰ | ۱/۳۳ | ۲ | ۲ | ۱٥ |

ادامه جدول ١-

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| آلبالو | ٦٧/٥ | ١/٥ | ١ | ٣ | ١٦ |
| آلبالو | ٠ | ٠ | ١ | ٣ | ١٧ |
| آلبالو | ٣٠ | ٢ | ٢ | ٢ | ١٨ |
| آلبالو | ٤٥ | ٠/٥ | ١ | 3 | ١٩ |
| پرتقال | ٤٥ | ٠ | ٢/٥ | ١/٥ | ٢٠ |
| پرتقال | ٩٠ | ٠/٦٧ | ١ | ٣ | ٢١ |
| آلبالو | ٩٠ | ٠ | ١ | ٣ | ٢٢ |
| پرتقال | ٠ | ١ | ١ | ٣ | ٢٣ |
| پرتقال | ٠ | ٠ | ٢ | ٢ | ٢٤ |
| آلبالو | ٠ | ٠ | ٣ | ١ | ٢٥ |
| آلبالو | ٤٥ | ٠ | ٣ | ١ | ٢٦ |
| آلبالو | ٠ | ٠ | ١ | ٣ | ٢٧ |
| آلبالو | ٩٠ | ٢ | ٣ | ١ | ٢٨ |
| آلبالو | ٩٠ | ٢ | ١ | ٣ | ٢٩ |
| آلبالو | ٠ | ٢ | ١ | ٣ | ٣٠ |
| پرتقال | ٤٥ | ٢ | ٢/٥ | ١/٥ | ٣١ |
| پرتقال | ٩٠ | ٢ | ٢ | ٢ | ٣٢ |
| پرتقال | ٩٠ | ١ | ٢/٥ | ١/٥ | ٣٣ |
| پرتقال | ٠ | ٢ | ٣ | ١ | ٣٤ |
| آلبالو | ٠ | ١ | ٢ | ٢ | ٣٥ |
| پرتقال | ٩٠ | ٠ | ٣ | ١ | ٣٦ |
| آلبالو | ٠ | ٢ | ٣ | ١ | ٣٧ |
| پرتقال | ٠ | ٠ | ٣ | ١ | ٣٨ |
| پرتقال | ٠ | ١ | ٢/٥ | ١/٥ | ٣٩ |
| آلبالو | ٦٧/٥ | ٠/٥ | ٢ | ٢ | ٤٠ |
| پرتقال | ٤٥ | ٠ | ١ | ٣ | ٤١ |
| آلبالو | ٣٠ | ٢ | ٢ | ٢ | ٤٢ |
| پرتقال | ٤٥ | ٢ | ١ | ٣ | ٤٣ |
| آلبالو | ٠ | ٢ | ١ | ٣ | ٤٤ |
| آلبالو | ٩٠ | ٠ | ١ | ٣ | ٤٥ |

## نتایج و بحث

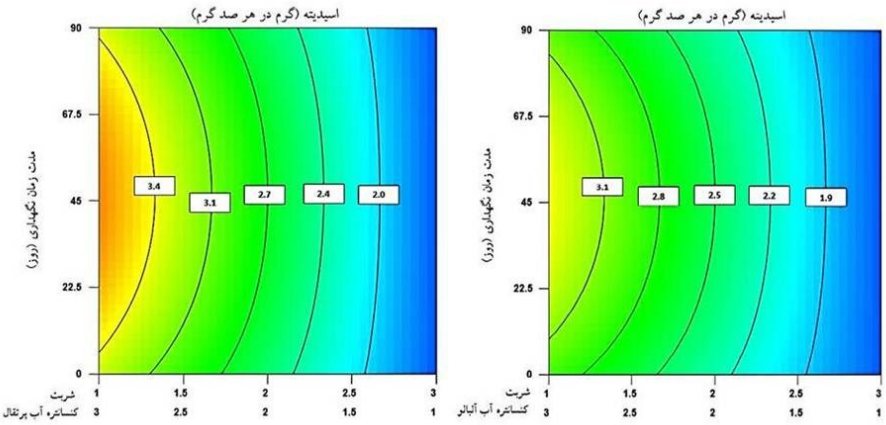
**مدل‌های پیشنهادی برای شاخص‌های اندازه‌گیری شده:** جدول ۲ ضرایب مدل‌های پیشنهادی برای ویژگی‌های اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد. برای مدل‌سازی شاخص‌های مختلف از مدل خطی چند جمله‌ای استفاده گردید. به منظور یافتن ضرایب مدل‌ها روش حداقل مربعات به کار گرفته شد. برای رسیدن به ساده‌ترین مدل ضرایب غیر معنی‌دار ($\alpha$=۰/۰۵) از مدل حذف گردید، البته هنگامی که حذف یک ضریب منجر به کاهش $Adj\text{-}R^2$ گردید، آن ضریب در مدل حفظ شد.

**جدول ۲- ضرایب مدل‌های پیشنهادی برای شاخص‌های اندازه‌گیری شده**

| ضریب | رطوبت (گرم در صد گرم) | | اسیدیته (گرم در صدگرم) | اسید آسکوربیک (میلی‌گرم در هر صدگرم) | کروما | امتیاز حسی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | پرتقال | آلبالو | | | | |
| A | ۲/۳۷ | ۲/۲۲ | ۱/٦۳ | ٦/٦۳ | ٤٤/٥۸ | ٥/٥٦ |
| B | ٤/٤۷ | ۳/٦٤ | ۳/٦۲ | ۱۹/۱٦ | ٤۱/۳۸ | ۷/۳٤ |
| AB | … | … | … | -۱/۳۷ | … | … |
| AC | ۱/۱۲ | ۱/۱۲ | … | ۰/۷۲ | ۳/۷۸ | ۰/٤۱ |
| AD | $۷/۹۳\times۱۰^{-۳}$ | $۷/۹۳\times۱۰^{-۳}$ | … | -۱/٤٦ | … | … |
| AE | … | … | … | ۲/۹۱ | ۲/۲۸ | … |
| BC | ۰/٤۱ | ۰/٤۱ | … | ۰/۱۸ | … | ۰/٤٥ |
| BD | … | … | ۰/۰۳ | -۲/۰۹ | ۳/۱۹ | ۰/۰٤ |
| BE | … | … | ۰/۱۸ | ۱۱/٤۱ | ۱۲/۰٤ | -۰/۸۹ |
| CD | -۰/۰۲ | -۰/۰۲ | … | … | … | … |
| CE | … | … | … | … | … | … |
| ABC | … | … | … | ۳/۳۷ | … | … |
| ABD | … | … | … | ٤/٦٤ | … | … |
| ACE | … | … | … | ۰/۹۱ | … | … |
| BCD | … | … | … | -۰/۷۳ | … | … |
| BDE | … | … | … | -۰/۱۸ | … | … |
| ACC | … | … | … | -۱/۱۳ | … | … |
| ADD | … | … | … | ۱/٥۸ | … | … |
| BCC | … | … | … | -۱/٥۲ | … | -۰/۸۹ |
| BDD | … | … | -۰/٤٤ | … | … | -۰/۹۷ |
| ABDD | … | … | … | ۱۳/۷۹ | … | … |
| $R^2$ | ۰/۸۸ | ۰/۸۸ | ۰/۹٤ | ۰/۹۹ | ۰/۸٥ | ۰/۷۲ |
| $Adj\text{-}R^2$ | ۰/۸٦ | ۰/۸٦ | ۰/۹٤ | ۰/۹۹ | ۰/۸۳ | ۰/٦٦ |

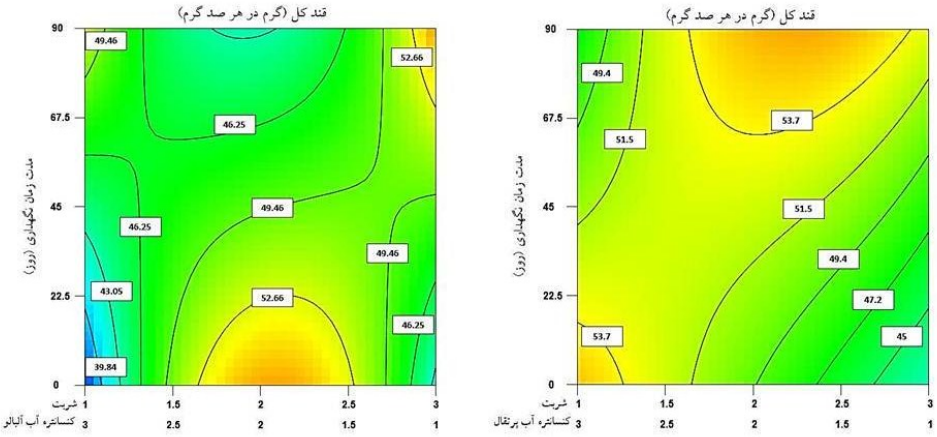
**رطوبت**: میزان رطوبت سیب‌های گلاسه طی فرآیند آب‌گیری اسمزی و خشک کردن نهایی توسط جریان هوا، کاهش یافت. بر پایه داده‌های به‌دست آمده، با افزایش میزان کلریدکلسیم، در تمام نسبت‌های شربت به کنسانتره میوه، درصد رطوبت محصول از ۱۰/۸۹ به ۱٦/۱۰ برای کنسانتره آب پرتقال و از ۹/۵۷ به ۱٤/۵۹ برای کنسانتره آب‌آلبالو افزایش می‌یابد. بررا و همکاران (۲۰۰٤) کاهش در ضریب نفوذ مؤثر رطوبت را به دلیل برهم‌کنش‌های کلسیم با بافت میوه گزارش کردند. در واقع، این پدیده نفوذپذیری ساختار سلولی را نسبت به آب کاهش می‌دهد. هم‌چنین، در تمام تیمارها، با افزایش مدت زمان نگهداری و در کلیه نسبت‌های شربت به کنسانتره میوه، میزان رطوبت اسلایس‌های سیب کاهش یافت. به‌طورکلی، میزان رطوبت در نمونه‌های تهیه شده با کنسانتره آب‌پرتقال بیشتر بود. این پدیده احتمالاً به‌دلیل تفاوت در قندهای موجود در کنسانتره‌های میوه می‌باشد. بنابراین فشار اسمزی که مسئول کاهش و حذف آب در فراورده می‌باشد، هنگامی که کنسانتره آب‌پرتقال به‌عنوان محلول اسمزی به کار می‌رود، کمتر است. هم‌چنین، احتمال می‌رود که ضخامت لایه گلاسه تشکیل یافته بر روی محصول در تیمارهای مختلف متفاوت بوده است. این لایه در طول خشک شدن و نگهداری محصول مانع خروج رطوبت می‌شود.

**اسیدیته**: شکل ۱ اثر متقابل مدت زمان نگهداری محصول و نسبت شربت به کنسانتره میوه‌ها را بر روی اسیدیته محصول نشان می‌دهد. می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش نسبت شربت به کنسانتره میوه، در تمامی روزهای نگهداری محصول، اسیدیته افزایش می‌یابد. هم‌چنین، میزان اسیدیته سیب‌های فرآوری شده با کنسانتره آب‌پرتقال نسبت به سیب‌های فراوری شده با کنسانتره آب‌آلبالو به‌طور جزیی بیشتر است ($\alpha$=۰/۰۵). این یافته مطابق نتایج کنوپاکا و همکاران (۲۰۰۹) می‌باشد. آنها طی پژوهشی که داشتند، دریافتند که اسیدیته کل قابل تیتر میوه‌های آلبالو و سیب که با استفاده از کنسانتره آب‌سیب آب‌گیری اسمزی شده‌اند، افزایش می‌یابد. آن‌ها دلیل این رویداد را به میزان بالای اسیدهای آلی طبیعی موجود در کنسانتره آب‌سیب نسبت دادند.




**شکل ۱- اثر متقابل مدت زمان نگهداری محصول و نسبت شربت ساکارز به کنسانتره میوه بر میزان اسیدیته.**

**قند کل**: یکی از مهم‌ترین دلایل افزایش انبارمانی محصولات گلاسه میزان قند بالای آنها است. نتایج حاصل از آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که کلریدکلسیم تنها فاکتور غیرمعنادار بر میزان قندکل بود (α=۰/۰۵). از سوی دیگر، نوع و مقدار کنسانتره‌های میوه اثر درجه دوم بر میزان قند کل نمونه‌ها داشتند. حداکثر مقدار قند کل در نمونه‌های تهیه شده با کنسانتره آب‌پرتقال به مقدار ۵۲/۷۱ درصد و کنسانتره آب‌آلبالو به مقدار ٤۹/۹۰ درصد به‌ترتیب در نسبت‌های ۱/۷ به ۲/۳ و ۱/۵ به ۲/۵ شربت به کنسانتره میوه به دست آمد. با توجه به این نتایج می‌توان گفت که نفوذ ترکیب اسمزی به داخل سیب هنگامی که کنسانتره آب‌پرتقال استفاده می‌شود، بیشتر است. بنابراین می‌توان مقادیر بیشتری از شربت را با کنسانتره آب‌پرتقال جایگزین کرد. هم‌چنین، حداکثر مقدار قند کل در روزهای ابتدایی و انتهایی مشاهده شده است (شکل ۲). دلیل این پدیده از دست دادن رطوبت و تغلیظ مواد موجود در محصول می‌باشد.

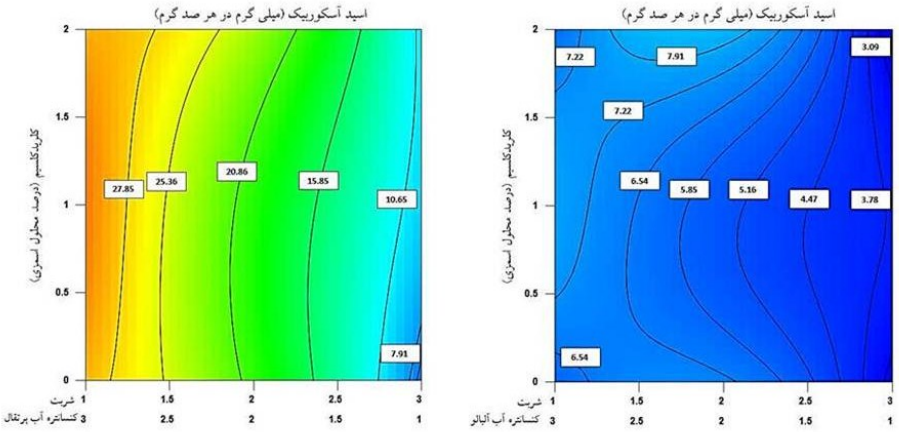



**شکل۲- اثر متقابل مدت زمان نگهداری محصول و نسبت شربت ساکارز به کنسانتره میوه بر میزان قندهای‌کل**

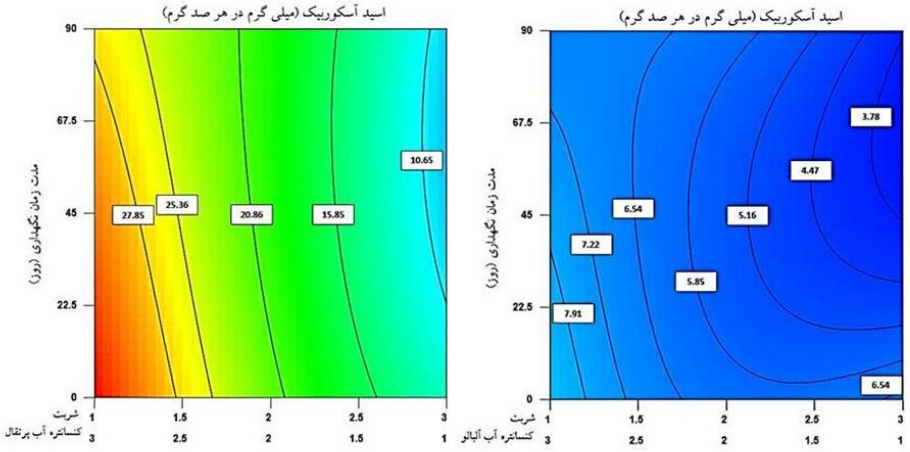
این نتایج بیانگر وجود اختلاف در سرعت و نحوه انتقال قندهای مختلف میوه در محلول‌های اسمزی می باشد (گیانگیاکومو و همکاران، ۱۹۸۷). به علاوه، در این پژوهش که بخشی از محلول اسمزی را کنسانتره میوه تشکیل می‌دهد، شرایط پیچیده‌تر خواهد بود. هر چند که اختلاف‌های مشاهده شده را می‌توان به تفاوت در ماهیت دو نوع کنسانتره میوه به‌کار رفته نیز ارتباط داد. با تمام این توضیحات، صرف‌نظر از نوع کنسانتره میوه، باید این نکته را در نظر داشت که کنسانتره‌های میوه حاوی ترکیباتی با وزن مولکولی بالایی هستند که گرانروی آن را افزایش می‌دهد (بارات و همکاران، ۲۰۰۲) و با توجه به این نکته که پدیده نفوذ در فرآیند آب‌گیری اسمزی تحت تأثیر گرانروی محلول قرار دارد (بارات و همکاران، ۲۰۰۱) بنابراین می‌توان صرفاً بخشی از محلول اسمزی را با کنسانتره میوه جایگزین کرد.

**اسید آسکوربیک**: برپایه این حقیقت که حفظ اسید آسکوربیک شاخصی بر حفظ سایر ترکیبات می‌باشد، می‌توان آن را به‌عنوان شاخص کیفیت تغذیه‌ای مواد غذایی در نظر گرفت (مارفیل و همکاران، ۲۰۰۸). در این پژوهش، اثر متقابل همه فاکتورهای مطالعه شده بر میزان اسیدآسکوربیک از لحاظ آماری معنادار بودند ($\alpha$=۰/۰۵). همان‌طور که قابل پیش‌بینی بود، میزان اسیدآسکوربیک در محصولات فراوری شده با کنسانتره آب‌پرتقال بیشتر است. با توجه به شکل ۳ که اثر متقابل میزان کلریدکلسیم و نسبت شربت به کنسانتره میوه‌ها را نشان می‌دهد، در اسلایس‌های سیب گلاسه تهیه

شده با کنسانتره آب‌پرتقال حداکثر میزان اسید آسکوربیک (۲۷/۸۵ میلی‌گرم در هر صد گرم محصول) در حداقل نسبت ساکارز به کنسانتره آب‌پرتقال به‌دست آمد. هم‌چنین، در نمونه‌های سیب گلاسه تهیه شده با کنسانتره آب‌آلبالو حداکثر میزان اسید آسکوربیک (۷/۹۱ میلی‌گرم در هر صد گرم محصول) در درصدهای بالای کلریدکلسیم (بیشتر از ۱/۵ درصد) و نسبت کنسانتره آب‌آلبالو ۱/۹ تا ۲/٦ به دست آمد. به طورکلی، در تمامی نمونه‌ها، صرف نظر از نوع کنسانتره میوه به کار رفته، با افزایش میزان کنسانتره میوه و در تمامی مقادیر کلریدکلسیم، میزان اسید آسکوربیک افزایش یافت. از سوی دیگر، با توجّه به اثر متقابل مدت زمان نگهداری و نسبت شربت به کنسانتره میوه، در تمامی روزهای نگهداری محصول با افزایش کنسانتره میوه، حداکثر مقدار اسید آسکوربیک قابل دستیابی است، هر چند که در حالت کنسانتره آب‌آلبالو مدت زمان نگهداری اندکی تأثیرگذار است ($\alpha$ =۰/۰۵). به‌عبارت دیگر، پایداری اسید آسکوربیک هنگامی‌که کنسانتره آب‌پرتقال به عنوان بخشی از محلول اسمزی به کار می‌رود، بیشتر است (شکل ٤). هم‌چنین، اثر متقابل مدت زمان نگهداری و میزان کلریدکلسیم آشکار ساخت که درصدهای بالاتر کلریدکلسیم اثر مثبتی بر حفظ اسید آسکوربیک محصول داشته است.




**شکل ۳- اثر متقابل میزان کلریدکلسیم و نسبت شربت ساکارز به کنسانتره میوه بر میزان اسید آسکوربیک**

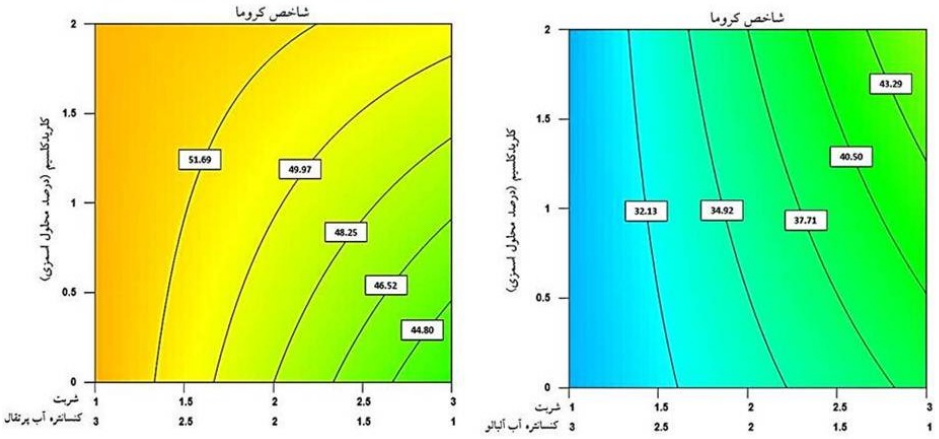



**شکل ٤- اثر متقابل مدت زمان نگهداری محصول و نسبت شربت ساکارز به کنسانتره میوه بر میزان اسید آسکوربیک**

تورجیانی و برتولو (۲۰۰۰) پایداری و حفظ اسید آسکوربیک در میوه‌ها در طول آب‌گیری اسمزی را به دلیل دریافت قند گزارش کردند. در حقیقت، در طول فرآیند آب‌گیری اسمزی با محلول ساکارز به‌دل‌ل خروج اس‌ی‌دآس‌ک‌ورب‌ی‌ک از م‌ی‌وه، م‌ق‌دار اس‌ی‌د آس‌ک‌ورب‌ی‌ک ک‌اه‌ش م‌ی‌یابد (مارفیل و همکاران، ۲۰۰۸)، اما در طول مدت نگهداری محصول، میزان قند بالای آن اثر مثبتی بر حفظ اسید آسکوربیک دارد (ریوا و همکاران، ۲۰۰۸). در پژوهش حاضر، به دلیل کاربرد کنسانتره میوه به عنوان بخشی از محلول اسمزی که دارای اسید آسکوربیک می‌باشد، به ویژه به هنگام استفاده از کنسانتره آب‌پرتقال، میزان اسید آسکوربیک فراورده در مقایسه با سیب خام افزایش چشمگیری داشته است ($\alpha$ = ۰/۰۵).

**رنگ**: رنگ ویژگی مهمی است که پذیرش محصول از جانب مصرف کننده را تحت تأثیر قرار می‌دهد (چیرالت و تالنس، ۲۰۰۵). نتایج مطالعه ریوا و همکاران (۲۰۰۵) نشان داد که آب‌گیری اسمزی می‌تواند شاخص‌های رنگ در میوه زردآلو را بهبود بخشد. شکل ۵ اثر متقابل میزان کلریدکلسیم و نسبت شربت به کنسانتره میوه را بر روی شاخص Chroma فراورده نشان می‌دهد. در نمونه‌های فراوری شده با کنسانتره آب‌پرتقال، با افزایش سهم کنسانتره آب‌پرتقال و درصد کلریدکلسیم، شاخص Chroma افزایش یافت. هرچند که با افزایش سهم کنسانتره آب‌پرتقال، تأثیر کلریدکلسیم کمرنگ‌تر شده است. در نمونه‌های فراوری شده با کنسانتره آب‌آلبالو، با افزایش سهم شربت و درصد

کلریدکلسیم، شاخص Chroma افزایش یافت. هر چند که همانند نمونه‌های فراوری شده با کنسانتره آب‌پرتقال، با افزایش سهم کنسانتره آب‌آلبالو، تأثیر کلریدکلسیم کمرنگ‌تر شده است. به نظر می‌رسد که افزایش نسبت کنسانتره آب‌آلبالو اثر مثبت کلریدکلسیم را پوشش می‌دهد.




**شکل ۵- اثر متقابل میزان کلریدکلسیم و نسبت شربت ساکارزبه کنسانتره آب‌میوه بر میزان شاخص کروما**

از بررسی داده های مربوط به رنگ نمونه‌های سیب گلاسه شده، می توان اظهار داشت که افزایش نسبت کنسانتره آب‌پرتقال باعث شفاف‌تر شدن محصول (افزایش شاخص Chroma) و افزایش نسبت کنسانتره آب‌آلبالو موجب مات‌تر شدن محصول (کاهش شاخص Chroma) شده است.

**ارزیابی حسی**: همان‌طور که در جدول ۲ مشخص شده است، کلیه فاکتورهای مطالعه شده بر میزان امتیاز حسی فراورده به طور معناداری مؤثر بودند ($\alpha$ =۰/۰۵). با افزایش نسبت شربت به کنسانتره میوه مطلوبیت محصول کاهش می‌یابد، که این کاهش برای نمونه‌های فراوری شده با کنسانتره آب‌آلبالو شدیدتر است. به طورکلی، نمونه‌های فراوری شده با کنسانتره آب‌آلبالو، امتیاز حسی بالاتری را کسب نمودند. در رابطه با تأثیر میزان کلریدکلسیم می‌توان به این نکته اشاره کرد که صرف‌نظر از نوع و نسبت کنسانتره میوه به کار رفته در مرحله آب‌گیری اسمزی، مقادیر بالای کلریدکلسیم به ویژه در نسبت‌های بالاتر کنسانتره میوه بر امتیازهای حسی محصول تأثیر مثبتی داشتند. بالاترین عدد مربوط به

ارزیابی حسی در روز ٤٥ و میزان کلریدکلسیم ١/٥ درصد در محدوده امتیاز بین ٦ و ٧ (کمی دوست دارم و در حد متعادل دوست دارم) برای هر دو نمونه به‌دست آمد.

**بهینه‌سازی**: بهینه‌سازی با هدف افزایش مدت زمان نگهداری اسلایس‌های سیب گلاسه، میزان اسید آسکوربیک، شاخص کروما و امتیاز حسی و کاهش میزان رطوبت محصول انجام گرفت. بهینه‌ترین شرایط در نمونه‌های فراوری شده با کنسانتره آب‌پرتقال در نسبت شربت به کنسانتره آب‌پرتقال ١ به ٣، میزان کلریدکلسیم ٠/٩٦ درصد و مدت زمان نگهداری حدود ٨٠ روز به دست آمد. مقدار مطلوبیت کل (desirability) برابر با ٠/٧٣ بود. در این نقطه، میزان اسید آسکوربیک، رطوبت، شاخص کروما و امتیاز حسی محصول به‌ترتیب ٢٧/٨٩ میلی‌چرم در هر صد گرم، ١٢/٤٣ درصد، ٥٦/٠٤ و ٥/٨١ (محدوه امتیاز بین برایم بی‌تفاوت بود و کمی دوست داشتم) می‌باشد. هم‌چنین، شرایط بهینه در نمونه‌های فراوری شده با کنسانتره آب‌آلبالو در نسبت شربت به کنسانتره آب‌آلبالو ٢ به ٢، میزان کلریدکلسیم ٢ درصد و مدّت زمان نگهداری ٩٠ روز به دست آمد. مقدار مطلوبیت کل (desirability) برابر با ٠/٥ بود. در این نقطه، میزان اسید آسکوربیک، رطوبت، شاخص کروما و امتیاز حسی محصول به‌ترتیب ٨/٧٥ میلی‌چرم در هر صد گرم، ١٢/٨٠ درصد، ٣٩/٣٢ و ٨/٧٥ (خیلی‌زیاد و فوق‌العاده زیاد دوست داشتم) می‌باشد.

## نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه از طرح ترکیبی به‌منظور بررسی فاکتورهای مورد مطالعه شامل نسبت شربت به کنسانتره میوه، درصد کلریدکلسیم، مدت زمان نگهداری محصول و نوع کنسانتره میوه (پرتقال و آلبالو) استفاده شد. پژوهش حاصل امکان کاربرد کنسانتره میوه را در فرآیند آب‌گیری اسمزی در راستای تولید سیب گلاسه نشان داد که صرفاً بخشی از محلول اسمزی را می‌توان با کنسانتره میوه جایگزین کرد، زیرا نفوذ در این فرآیند شدیداً توسط گرانروی محلول اسمزی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. هم‌چنین، کیفیت تغذیه‌ای محصول قابل قبول بود. نتایج بیانگر از آن بودند که میزان ویتامین C کلیه نمونه‌ها به‌ویژه سیب‌های تولید شده با کنسانتره آب‌پرتقال قابل توجه هستند. از سوی دیگر، ویتامین C محصول به خوبی در طی ٩٠ روز نگهداری حفظ می‌شود. پذیرش محصول از جانب مصرف‌کننده نیز به ویژه در نمونه‌های تهیه شده با کنسانتره آب‌آلبالو بالا می‌باشد (امتیاز تقریباً برابر ٩ است).

## منابع

AOAC. 2006. Official methods of analysis, 18 ed., Washington, DC: Association of Official Analytic Chemists.

AOAC. 2005. Official methods of analysis, 16 ed., Washington, DC: Association of Official Analytic Chemists.

Atares, L., Sousa Gallagher, M.J., and Oliveira, F.A.R. 2011. Process conditions effect on the quality of banana osmotically dehydrated. *Journal of Food Engineering*, 103, 401-408.

Barat, J.M., Chiralt, A., and Fito, P. 2001. Modelling of simultaneous mass transfer and structural changes in fruit tissue. *Journal of Food Engineering*, 49, 77-85.

Barat, J.M., Talens, P., Barrera, C., and Fito, P. 2002. Pineapple candying at mild temperature by applying vacuum impregnation. *Journal of Food Science*, 67, 3046-3052.

Barrera, C., Betoret, N., and Fito, P. 2004. $Ca^{2+}$ and $Fe^{2+}$ influence on the osmotic dehydration kinetics of apple slices (Var Granny Smith). *Journal of Food Engineering*, 65, 9-14.

Bidaisee, G., and Badrie, N. 2001. Osmotic dehydration of cashew apples (*Anacardium occidentale* L.). Quality evaluation of candied cashew apples. *International Journal of Food Science and Technology*, 36, 71-78.

Chiralt, A., and Talens, P. 2005. Physical and chemical changes induced by osmotic dehydration in plant tissue. *Journal of Food Engineering*, 67, 167-177.

Deng, Y., and Zhao, Y. 2008. Effect of pulsed vacuum and ultrasound osmo pretreatments on glasstransition temperature, texture, and microstructure and calcium penetration of dried apples (Fuji). *Food Science and Technology,* 41, 1575-1585.

Giangiacomo, R., Torreggiani, D., and Abbo, E. 1987. Osmotic dehydration of fruit: Part I Sugar exchange between frui syrupst and extracting. *Journal of Food Processing and Preservation*, 11, 183-195.

Giraldo, G., Vazquez, R., Martin-Esparza, M.E., and Chiralt, A. 2006. Rehydration kinetics and soluble solids lixiviation of candied mango fruit as affected by sucrose concentration. *Journal of Food Engineering*, 77, 825-834.

Konopacka, D., Jesionkowska, K., klewicki, R., and Bonazzi, C. 2009. The effect of different osmotic agents on the sensory perception of osmo-treated dried fruit. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 84, 80-84.

Kranz, S., Hartman, T., Siega-Riz, A.M., and Herring, A.H. 2006. A diet quality index for American preschoolers based on current dietary intake recommendations and an indicator of energy balance. *Journal of the American Dietetic Association*, 106, 1594-1604.

Lombard, G.E., Oliveira, J.C., Fito, P., and Andrés, A. 2008. Osmotic dehydration of pineapple as a pre-treatment for further drying. *Journal of Food Engineering*, 85, 277-284.

Marfil, P.H.M., Santos, E.M., and Telis, V.R.N. 2008. Ascorbic acid degradation kinetics in tomatoes at different drying conditions. *Food Science and Technology*, 41, 1642-1647.

Nunes, C., Santos, C., Pinto, G., Lopes-da-Silva, J.A., Saraiva, J.A., and Coimbra, M.A. 2008. Effect of candying on microstructure and texture of plums (*Prinus domestica* L.). *Food Chemistry*, 41, 1776-1783.

Riva, M., Campologno, S., Leva, A.A., Maestrelli, A. and Torreggiani, D. 2005. Structure-property relationship in osmo-air-dehydrated apricot cubes. *Food Research International*, 38, 533-542.

Rodrigues, A.C.C., Cunha, R.L., and Hubinger, M.D. 2003. Rheological properties and colour evaluation of papaya during osmotic dehydration processing. *Journal of Food Engineering*, 59, 129-135.

Sosa, N., Salvatori, D.M., and Schebor, C. 2010. Physico-chemical and mechanical properties of apple dicks subjected to osmotic dehydration and different drying methods. *Food Bioprocess and Technology,* 5, 1790-1802.

Storey, M.L., Forshee, R.A., and Anderson, P.A. 2006. Beverage consumption in the US population. *Journal of the American Dietetic Association*, 106, 1992-2000.

Timoumi, S., Mihoubi, D., and Zagrouba, F. 2007. Shrinkage, vitamin C degradation and aroma losses during infra-red drying of apple slices. *Food Science and Technology*, 40, 1648-1654.

Torreggiani, D., Bertolo, G. 2000. The role of an osmotic step: combined processes to improve quality and control functional properties in fruits and vegetables, paper presented at the eight international congress on engineering and food, 9-12 April, Puebla, Mexico.

Yadav, A.K., and Singh, S.V. 2012. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review.

EJFPP, Vol. 4 (1): 81-97
http://ejfpp.gau.ac.ir

# Optimization of production conditions of candied apple with fruit concentrate

***N. Sharif[1], M.kh. Pirouzifard[2], M. Alizadeh[2] and M. Esmaiili[2]**
[1]Dept. of Food Science and Technology, University Urmia,
[2]Dept. of Food Science and technology, University of Urmia

## Abstract

Effect of different ratios of sucrose to fruit concentrate (orange and sour cherry), level of $CaCl_2$ (0-2%) and storage time (0-90 days) on physicochemical properties of candied apples were investigated using of a combined design. Different quality indices such as total sugars content, ascorbic acid, color attribute (chroma) and overall acceptance were modeled and then multiobjective optimization were made using numerical method. Optimization was based on maximization of storage time (at 2°C), ascorbic acid content, chroma and overall acceptance and minimization of moisture content. The optimum condition of candying by orange concentrate was found to be the ratio of syrup to concentrate 1:3, $CaCl_2$ concentration of 0.96% and storage time of 82 days. At this optimum point, ascorbic acid content, moisture, chroma and overall acceptance were 27.89 mg/g, 12.43%, 56.04 and 5.8, respectively. In addition, the optimum conditions for candied apples processed by sour cherry concentrate, were found in equal portion of syrup to concentrate (2:2), $CaCl_2$ concentration of 2% and storage time of 90 days. At this point, ascorbic acid content, moisture, chroma and overall acceptance were 8.75 mg/g, 12.80%, 39.32 and 8.7, respectively.

***Keywords***: Candied apple; Osmotic dehydration; fruit concentrate; Ascorbic acid

*Corresponding author; sharif.nilou@yahoo.com