

# بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی کنسانتره تمشک تولید شده به وسیله تکنیک‌های خلا و مایکروویو

شیما یوسفی<sup>۱</sup>، قاسم یوسفی<sup>۲</sup>، عاطفه امیری ریگی<sup>\*۳</sup>، زهرا امام جمعه<sup>۴</sup>

- دانشجوی دکتری، گروه علوم، فناوری و مهندسی غذایی، دانشکده مهندسی و تکنولوژی کشاورزی، پردیس کشاورزی دانشگاه تهران
  - دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم، فناوری و مهندسی غذایی، دانشکده مهندسی و تکنولوژی کشاورزی، پردیس کشاورزی دانشگاه تهران
  - دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
  - استاد، گروه علوم، فناوری و مهندسی غذایی، دانشکده مهندسی و تکنولوژی کشاورزی، پردیس کشاورزی دانشگاه تهران
- (تاریخ دریافت: ۹۳/۴/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۱۵)

## چکیده

میوه تمشک منبع خوبی از ریز مغذی‌های گوناگون نظریه آنتوسبانین‌ها، پلی‌فنول‌ها، اسید آسکوربیک، فیبرها، پروتئین‌ها و مواد معدنی است. آب تمشک به دلیل محتوای بالای آب (٪۹۰-۷۵)، مستعد واکنش‌های آنزیمی و میکروبی است. تغليظ آب تمشک باعث افزایش عمر نگهداری، کاهش هزینه‌های ابزارداری و حمل و نقل می‌شود. در این تحقیق عصاره دو نوع تمشک سیاه سیاهکل و قرمز آمل با دو روش حرارت‌دهی تابشی (توسط مایکروویو) و جایجایی (توسط اوپرатор-روتاری) در سه فشار ۱۲، ۱۲/۵ و ۱۰۰ کیلوپاسکال تغليظ گردید. در طی فرایند تغليظ دو نوع عصاره با روش‌های ذکر شده، چگونگی تغییرات خصوصیات فیزیکوшیمیایی آنها از جمله بریکس، اسیدیته، pH، کدورت و رنگ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در عصاره‌های مورد بررسی اسیدیته و رنگ کاهش و بریکس و کدورت افزایش می‌یابد ولی شدت و مقدار تغییرات در روش‌ها و فشارهای مختلف با هم متفاوت است. نمونه‌هایی که با روش حرارت‌دهی تابشی با مایکروویو تغليظ شده بودند نسبت به روش جایجایی (اوپرатор-روتاری) از کیفیت بهتری برخوردار بودند. همچنین در هر کدام از این دو روش کاهش فشار منجر به تولید محصولی با کیفیت بهتر می‌شود.

**کلید واژگان:** تمشک، تغليظ، مایکروویو، خلاء

\* مسئول مکاتبات: atefeh.amiri@modares.ac.ir

## ۱- مقدمه

بتوان محصولات این صنعت را با کیفیت بالا عرضه نمود. این کیفیت باید با استمرار ارائه محصول در بازار توأم باشد که یکی از روش‌های مناسب برای امکان ارائه مستمر این محصولات، تولید آب میوه کنسانتره است [۹].

تغليظ آب میوه‌ها یکی از روش‌های نگهداری طولانی مدت آنها می‌باشد و بدیهی است که شرایط انجام تغليظ بر خصوصیات تغذیه‌ای محصول نهایی بسیار موثر است. با تغليظ آب میوه‌ها امکان تولید محصول با کیفیت یکنواخت در فصول مختلف، با توجه به فصلی بودن تولید آب میوه تازه، وجود دارد. همچنین ضمن افزایش ظرفیت تولید، میزان تولید در تمامی فصل‌ها یکنواخت می‌گردد که این یکنواختی تولید باعث کاهش نوسانات قیمت ناشی از فصلی بودن میوه می‌شود. با تغليظ آب میوه‌ها، هزینه‌های حمل و نقل بطور چشمگیری کاهش یافته و به دلیل کاهش فعالیت آبی و حجم محصول نهایی از هزینه‌های انبارداری، ذخیره‌سازی و نگهداری کاسته می‌شود. امروزه با توجه به هزینه بالای انرژی در صنایع تولید پودر آب میوه، تمايل به استفاده از کنسانتره به جای آب میوه تازه، به علت درصد بالای مواد جامد آن، بیشتر شده است [۱۰].

در تغليظ آب میوه‌ها هدف حذف قسمتی از محتوای آب بدون تغییر در ترکیباتی نظیر مواد معدنی، مواد آلی مانند قندها، ویتامین‌ها و اغلب ترکیبات محلول است. تغليظ آب میوه‌ها یک نقطه بحرانی در واحدهای عملیاتی صنایع نوشیدنی است که تعیین کننده کیفیت نهایی محصول از لحاظ طعم، رنگ، عطر، ظاهر، احساس دهانی وغیره می‌باشد [۱۱].

با کاهش فشار اتمسفری، نقطه جوش کاهش می‌یابد. این روش یکی از مهم‌ترین راه‌کارهایی است که امروزه در بسیاری از صنایع به خصوص در صنایع تولید محصولات با ارزش و حساس به حرارت، استفاده می‌گردد. در این روش با ایجاد خلا، فشار سطح مایع کاهش یافته و مایع با فشار بخار کمتر تبخیر می‌گردد. در نتیجه، ضمن جلوگیری از تخریب حرارتی محصول، مصرف انرژی در فرایند تولید کاهش می‌یابد. طی سال‌های اخیر، سامانه‌های حرارتی جدید مانند مایکروویو، به علت کمینه کردن زمان و مصرف انرژی در فرایند تولید، از مقبولیت زیادی برخوردار شده‌اند. مایکروویو حرارتی می‌تواند

تمشک<sup>۱</sup> درختچه‌ای از خانواده گل سرخیان<sup>۲</sup> و تیره آیداپاتوس<sup>۳</sup> است که به دو صورت وحشی و اصلاح شده در جنگلهای شمال کشور، دامنه‌های شمالی و جنوبی البرز و نواحی غرب کشور به فراوانی یافت می‌شود. این میوه بومی آمریکا می‌باشد ولی امروزه در اکثر نقاط معتدل، کشت و تولید می‌شود. تمشک علاوه بر طعم و مزه بسیار مطلوب و بی‌نظیر، حاوی مقادیر بالای ترکیبات ضد اکسایش نظیر آسکوربیک اسید، آنتوسيانین‌ها، فلاونوئیدها و ترکیبات فنولی می‌باشد که می‌توانند رادیکالهای آزاد را مهار کرده و نقش بسزایی در کاهش خطر ابتلا به انواع سرطان، بیماری‌های قلبی و بسیاری از بیماری‌های مزمن داشته باشند [۱، ۲].

تمشک محصولی است که به دلیل عطر و طعم منحصر به فرد، نیاز آب و هوایی خاص برای رشد و هزینه‌های بالای تولید ارزش زیادی دارد. زمان ماندگاری این میوه به علت بالا بودن سرعت تنفسی بعد از رسیدن بسیار کوتاه می‌باشد. دما، رطوبت، حساسیت به عفونت‌های قارچ‌هایی مانند *Botrytis* و *Rhizopus* و *Cinerea* زمان ماندگاری این محصول می‌باشند. تحقیقات زیادی برای افزایش زمان ماندگاری تمشک در زمینه‌های اصلاح ژنتیک و بسته‌بندی صورت گرفته، اما نتایج حاصل رضایت‌بخش نبوده است [۳، ۴، ۵، ۶]. با وجود ارزش و خواص درمانی بالای این محصول، در صنایع تبدیلی نیز اقدامات چندانی صورت نگرفته است و این محصول بیشتر به صورت تازه‌خوری مصرف می‌شود و مقدار بسیار کمی از آن به مصرف تولید لیکور و مارمالاد می‌رسد و بیش از ۴۰٪ آن قبل از رسیدن به دست مصرف کننده از بین می‌رود [۷]. با توجه به موارد ذکر شده و ویژگی‌های بی‌نظیر و ارزش تغذیه‌ای بالای تمشک، ارائه روشی که بتواند از تمشک محصولی تولید نماید که ضمن حفظ خواص با ارزش تغذیه‌ای، باعث سهولت دسترسی به آن در تمام فضول و در تمام مناطق شود، بسیار مفید می‌باشد [۸].

صنعت تولید آب میوه از جمله صنایعی است که سهم مهمی در بازار صنایع غذایی دارد و برای رسیدن به رقابت موثر، باید

1. Rosaceae

2. Idaeaobatus

و نقص بودند برای انجام کار انتخاب گردیدند. سپس نمونه‌ها آبگیری و با استفاده از یک غربال، دانه‌های تمشک جدا شدند. در مرحله بعد عصاره بدست آمده به آرامی با یک ماشین پرس تجاری (Zhengzhou Azeus AZS-SJ5 0/150 , Co., Ltd, Zhengzhou, China) صاف شد و سپس با یک پارچه کتان با اندازه منافذ ۶۰ میکرومتر (۰۰۲۳۶۰ اینچ) تا ۲۵۰ میکرومتر (۰۰۱۰ اینچ) صاف گردید. نمونه‌های آبمیوه حاصل استریل شد. برای استریل کردن ابتدا ظروف بسته‌بندی (از جنس شیشه) با آب جوش استریل شدند و آبمیوه‌ها به درون آن‌ها منتقل و درب‌بندی شدند. سپس نمونه‌ها درون یک ظرف بزرگ حاوی آب بر روی هیتر قرار گرفتند تا دمای آن‌ها به ۸۵ درجه سانتی‌گراد برسد و به مدت ۱۵ ثانیه در این دما نگه داشته شدند. نمونه‌های استریل شده به سرعت سرد شدند و جهت استفاده‌های بعدی در دمای  $^{\circ}\text{C}$  ۲۵-۵ نگهداری شدند.

## ۲-۲- روش‌های تغليظ

از آبمیوه صاف شده تمشک قرمز آمل و سیاه سیاهکل به ترتیب با بریکس ۷/۵ و ۶ برای تغليظ با دو روش مایکروویو و اوپراتور-روتاری استفاده گردید. تغليظ با هر کدام از این روش‌ها در سه فشار ۱۲، ۳۸/۵ و ۱۰۰ کیلوپاسکال انجام گردید که در این فشارها دمای نقطه جوش به ترتیب برابر ۴۴، ۷۴ و ۱۰۱ درجه سانتی‌گراد بود.

### ۲-۱-۲- روش حرارت‌دهی تابشی با مایکروویو<sup>۴</sup> (MW)

در روش حرارت‌دهی تابشی از یک آون مایکروویو خانگی برنامه‌دار Butane MR-1, Iran (قابل کنترل با توان خروجی ۹۰۰ وات برای تهیه سیستم اوپراتور-مایکروویو استفاده گردید. فشار ایجاد شده توسط پمپ، با استفاده از یک دستگاه کنترل خلا (Vacuum brand, CVC 2111, Little borough , UK) در داخل سیستم تنظیم شد. نمونه‌ها داخل یک بالن شیشه‌ای ریخته شده و در مرکز آون مایکروویو قرار داده شدند به صورتی که با پمپ خلا

با سایر روش‌های تغليظ مانند صافی‌های غشایی و انواع تبخیر‌کننده‌ها رقابت کند. اگرچه تغليظ با روش‌های غشایی نیز بدون اعمال حرارت انجام می‌شود؛ ولی نمی‌تواند به عنوان یک روش استاندارد برای تغليظ استفاده شود؛ زیرا هزینه عملیاتی بالایی داشته و امکان تغليظ تا مقادیر بریکس بالا وجود ندارد. به طور کلی فرایندهای تغليظ به دو صورت حرارتی و غیر حرارتی صورت می‌گيرد. در فرایند غیر حرارتی بيشتر از روش‌های غشایی استفاده می‌شود که محصول تولیدی از کیفیت بالایی برخوردار بوده و انرژی مصرفی آن نیز در مقایسه با روش‌های حرارتی کمتر می‌باشد ولی بریکس نهایی محصول نسبتاً پایین بوده و هزینه سرمایه‌گذاری بالاتری نیاز دارد. روش اسمز معکوس، به دلیل تأثیرگذاری و اتلاف مواد معطر و استفاده از فشار بالا و محدودیت میزان تغليظ، کاربرد وسیعی ندارد. تغليظ انجامدی نیز به علت ظرفیت پایین و هزینه عملیاتی سنگین تاکنون به جز برای مواد ارزشمند- نتوانسته در صنعت به جایگاه مناسبی برسد. استفاده ترکیبی از خلا و مایکروویو تا حد زیادی می‌تواند معایب روش حرارتی را از لحاظ کیفیت محصول و انرژی مصرفی برطرف نماید [۱۲]. با توجه به اينکه کنسانتره تمشک با خواص تغذیه‌ای بالا می‌تواند در سبد خانوار ایرانی جایگاه اساسی پیدا کند، توجه به خصوصیات فیزیکوشیمیابی آن طی فرایند، از مطالعاتی است که می‌تواند در بخش صنایع غذایی کمک شایان توجهی به تولیدکنندگان نماید. در این پژوهش هدف مقایسه تأثیر دو روش تغليظ مایکروویو و خلا و میزان فشار حين فرایند بر برخی خصوصیات فیزیکوشیمیابی عصاره تغليظ شده تمشک نظیر بریکس، اسیدیته، H<sub>p</sub>، کدورت و رنگ می‌باشد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- تهیه آبمیوه تمشک

دو رقم تمشک سیاه اصلاح شده و قرمز وحشی به ترتیب از دو منطقه سیاهکل گیلان و آمل مازندران تهیه شدند. در این تحقیق فقط از نمونه‌هایی که بطور کامل رسیده بودند استفاده گردید. نمونه‌ها به دقت بازرسی شدند و آنهایی که فاقد عیب

### ۲-۳-۲- روش های آزمایش

#### ۱-۱-۱- انداره دیری مواد جامد محلول

برای اندازه گیری مواد جامد محلول (TSS) از یک رفارکتومتر دیجیتالی (Atago Rx- 7000a, Tokyo, Japan) استفاده شد و ثابت تغییض (k) با استفاده از معادله (۱) تعیین گردید [۱۳]:

$$K = \ln(C_t/C_0)/t \quad (1)$$

که در آن  $C_0$  غلظت اولیه نمونه،  $C_t$  غلظت مواد محلول نمونه بعد از زمان  $t$  و زمان (دقیقه) می باشد.

#### ۲-۳-۲- تعیین اسیدیته و pH

pH نمونه ها توسط دستگاه pH متر (IKA ETS- D6, Germany) اندازه گیری شد. اسیدیته به کل اسیدهای آلی موجود در فرآورده اطلاق می شود که بر حسب اسید غالب محاسبه می گردد. ۰/۵ گرم از نمونه با آب مقطر به حجم mL ۲۵ رسانده شد و با سود ۰/۱ N Merck, Darmstadt, Germany تا رسیدن به pH=۸/۱ تیتر گردید. میزان اسیدیته از رابطه زیر بدست آمد:

$$A = M \times 0.0192 \times 100/W \quad (2)$$

که در آن A اسیدیته کل؛ M میلی لیتر سود ۰/۱ نرمال مصرفی و W وزن نمونه است. میزان اسیدیته بر حسب گرم اسید غالب (اسید سیتریک) در ۱۰۰ گرم از آن بیان گردید [۱۴].

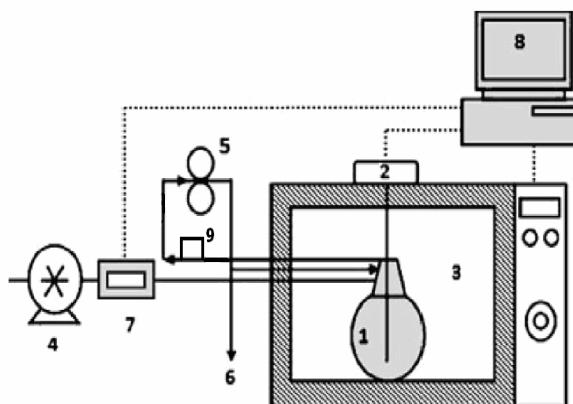
#### ۲-۳-۳- اندازه گیری کدورت

برای اندازه گیری کدورت از یک کدورتسنج دیجیتالی Hach (2100A N , Love land, CO, USA) استفاده گردید [۱۵].

#### ۲-۳-۴- تعیین تغییرات کلی رنگ

رنگ نمونه ها قبل و بعد از تغییض با فواصل زمانی معین به وسیله یک هانترب مایع (A-60-101 0-615 Model Colorimeter, HunterLab, Reston, VA) اندازه گیری شد. برای توصیف تغییرات رنگ در طول فرایند تغییض از

(Robin-air, USA) در ارتباط بودند و مایکروویو بر آنها اعمال می شد. از آنجایی که در توان های بالاتر از ۳۰۰ وات کف کردن و ایجاد حباب مشاهده می شد، برای انجام تغییض از توان ۳۰۰ وات استفاده گردید. پارامترهای عملیاتی مانند توان مایکروویو و فشار توسط کامپیوتر قابل کنترل و تنظیم بود و طی زمان انجام فرایند، دمای داخل سیستم توسط سنسور دمایی ثبت می گردید (شکل ۱).



شکل ۱ نمای شماتیک اوپراتور تحت مایکروویو، (۱) بالن شیشه ای، (۲) دما سنج، (۳) محفظه مایکروویو، (۴) پمپ خلا، (۵) پمپ سیرکولاژیون، (۶) نمونه برداری، (۷) کنترل کننده فشار، (۸) کامپیوتر، (۹) کندانسور

#### ۲-۲-۲- روش حرارت دهنده جابجایی با اوپراتور روتاری

در روش حرارت دهنده از نوع جابجایی از یک اوپراتور روتاری تحت خلا (Heidolph, Heizbad HB Contr, Schwabach, Germany) برای فشارهای ۱۲ و ۳۸/۵ کیلوپاسکال استفاده شد. از روغن سویا به عنوان سیال اوپراتور استفاده گردید. کنترل فشار و ثبت داده ها مانند روش قبلی بود. دمای روغن در تمام مراحل انجام فرایند تغییض با این روش ۲۰°C بیشتر از دمای هر لحظه جوش محصول در نظر گرفته شد تا برای همه نمونه های تولید شده با این روش یک اختلاف دمایی ثابت ۲۰°C وجود داشته باشد.

## ۲-۳- بررسی مواد جامد محلول

غلظت مواد جامد محلول اولیه تمشک قرمز آمل و سیاه سیاهکل به ترتیب  $7/5$  و  $6$  درصد می‌باشد. شکل ۳ نمودار تغییرات مواد جامد محلول حین تغليظ را در فشارهای متفاوت نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود تغییرات محتوای مواد جامد محلول عصاره تمشک قرمز آمل و سیاه سیاهکل در فشارهای  $12$ ،  $38/5$  و  $100$  کیلوپاسکال با گذشت زمان معنی‌دار می‌باشد ( $P < 0.05$ ) و با افزایش زمان فرایند، سرعت تغليظ و درجه بريکس نمونه‌ها در هر دو روش بطور معنی‌دار افزایش می‌يابد. به هر حال اين افزایش سرعت تغليظ با افزایش فشار کاهش می‌يابد ( $P < 0.05$ ). تغییرات بريکس در يك بازه زمانی ثابت در فشارهای كمتر سريع تر بوده و برای رسیدن به يك بريکس مشخص به زمان كمتری نسبت به فشارهای بالاتر و اتمسفری نياز می‌باشد [۸]. در روش اوپراتور-روتاري غلظت نهايی بعد از  $165$  دقيقه در فشار اتمسفری،  $38/5$  و  $12$  کیلوپاسکال به ترتیب  $15/2$ ،  $22/9$  و  $31$  درجه بريکس برای تمشک سیاه سیاهکل می‌باشد. در روش درجه بريکس برای تمشک سیاه سیاهکل می‌باشد. در روش مايكرويو غلظت نهايی بعد از  $165$  دقيقه در فشارهای اتمسفری،  $38/5$  و  $12$  کیلوپاسکال به ترتیب  $22/1$ ،  $22/3$  و  $23$  درجه بريکس برای تمشک قرمز آمل و  $14/6$  درجه بريکس برای تمشک سیاه سیاهکل می‌باشد. در روش  $38/4$  درجه بريکس برای تمشک قرمز آمل و  $21/8$  درجه بريکس برای تمشک سیاه سیاهکل به روش اوپراتور-روتاري می‌باشد. در يك كار مشابه که توسيط عالمي و همكاران (۱۳۹۱) بر روی آب هندوانه صورت گرفت مشخص گردید که زمان مورد نياز برای رسیدن به غلظت نهايی  $40$  درجه بريکس در فشارهای اتمسفری،  $38/5$  و  $7/3$  کيلو پاسکال به ترتيب  $205$ ،  $205$  و  $150$  دقيقه می‌باشد و افزایش غلظت در طی زمان از يك رابطه خطی پیروی می‌کند.

[۱۷]

شاخص  $\Delta E$  (اختلاف کلی رنگ نمونه‌ها از نمونه اول) استفاده شد که اين شاخص بصورت زير تعریف می‌شود [۱۶]:  
معادله (۳)

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2}$$

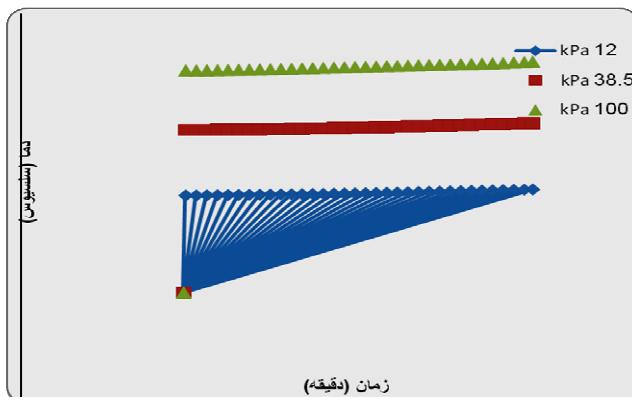
## ۴- آناليز آماري

هر تيمار حداقل ۳ بار تكرار شد و ميانگين داده‌ها با يك انحراف معيار ثبت شد. ارزیابی واریانس نتایج (ANOVA) به کمک نرم‌افزار SPSS17 Inc., Armonk (NY, USA) انجام گرفت. ميانگين‌های بدست آمده از هر سرى از آزمایش‌ها با استفاده از روش دانکن به صورت تصادفي (در سطح احتمال  $0.5\%$ ) مقایسه و گروه‌بندی شدند.

## ۳- نتایج و بحث

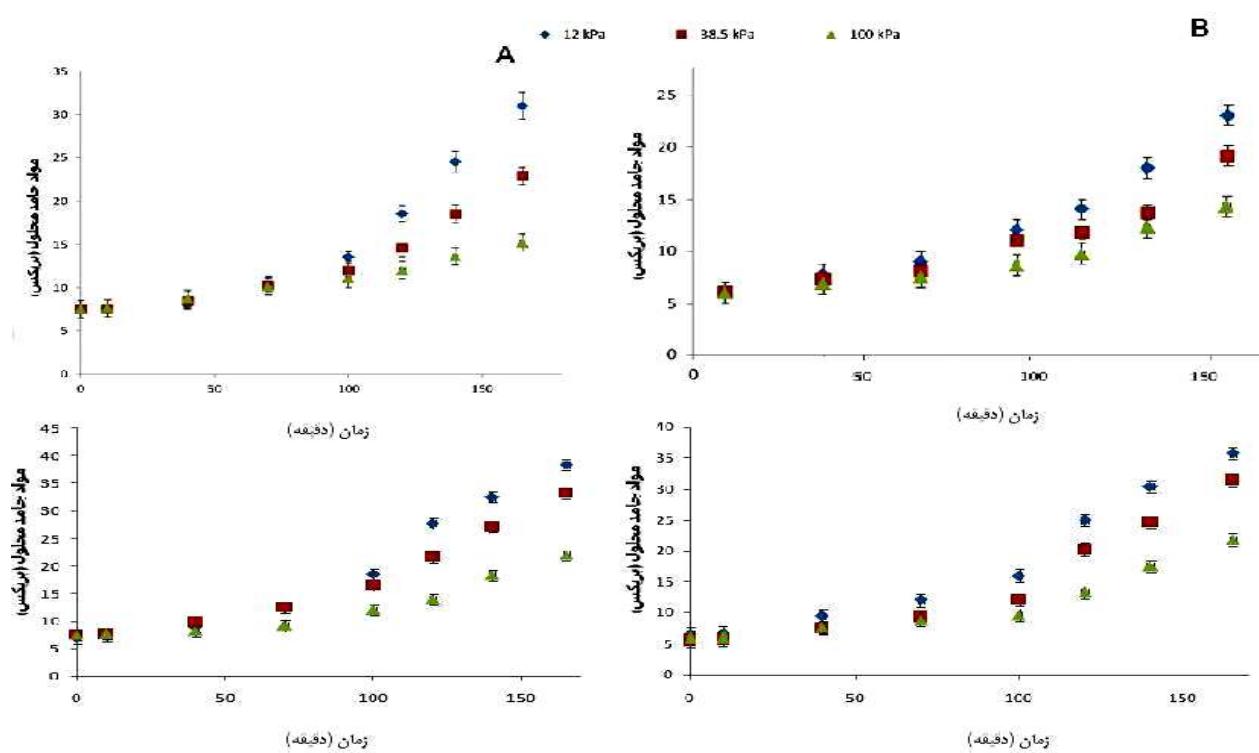
### ۱-۳- بررسی تغییرات دما

شکل ۲ تغییرات دما را در طی فرایند تغليظ در فشارهای مختلف نشان می‌دهد. طی فرایند تغليظ درصد مواد جامد محلول افزایش می‌يابد که باعث افزایش دمای نقطه جوش می‌گردد. همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود در انتهای فرایند به علت افزایش بريکس، نقطه جوش نسبت به حالت لحظه صفر افزایش یافته است. دمای نقطه جوش در آب میوه تازه برای فشارهای  $12$ ،  $38/5$  و  $100$  کیلوپاسکال در ابتدای فرایند تغليظ به ترتیب تقریباً برابر  $44$ ،  $74$  و  $101$  درجه سانتیگراد و در انتهای فرایند  $47$ ،  $77$  و  $105$  درجه سانتیگراد می‌باشد.

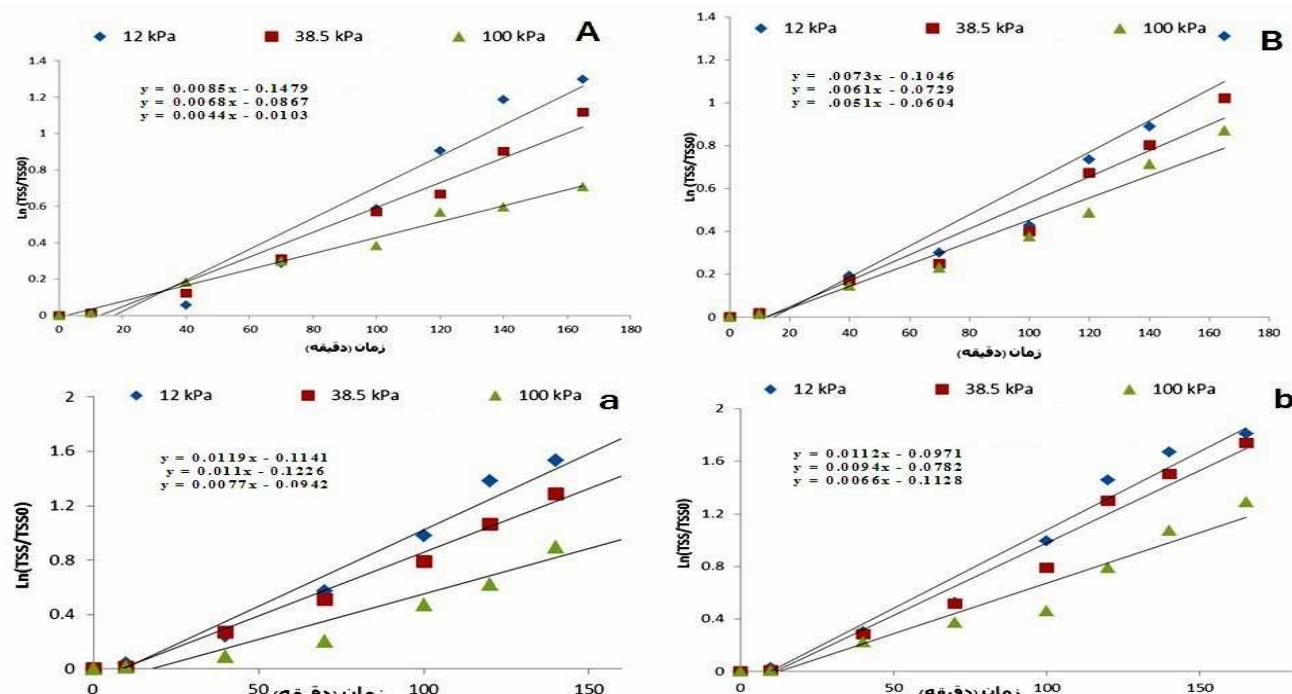


شکل ۲ نمودار تغییرات دمای نقطه جوش طی فرایند تغليظ در سه

فشار  $12$ ،  $38/5$  و  $100$  کیلوپاسکال



شکل ۳ نمودار تغییرات مواد جامد محلول دو نوع تمشک بر اساس زمان طی فرایند تخلیط. A (قزم و روش اوپراتور-روتاری)، B (سیاه و روش اوپراتور-روتاری)، a (قزم و روش مایکروویو) و b (سیاه و روش مایکروویو)



شکل ۴ نمودار سینتیک تغییرات مواد جامد محلول دو نوع تمشک بر اساس زمان طی فرایند تخلیط. A (قزم و روش اوپراتور-روتاری)، B (سیاه و روش اوپراتور-روتاری)، a (قزم و روش مایکروویو) و b (سیاه و روش مایکروویو)

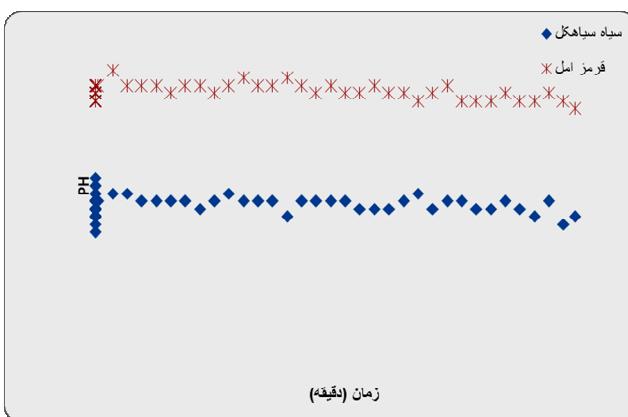
همه نمونه‌ها نشان می‌دهد. کدورت عصاره‌ها طی تغییز با هر دو روش افزایش می‌یابد. در واقع افزایش کدورت علاوه بر اینکه با افزایش غلاظت نمونه‌ها طی تغییز ارتباط دارد، به نوع روش تغییز نیز وابسته است؛ بطوری‌که در مقایسه‌ی دو روش مورد بررسی در این مطالعه شاهد این ارتباط هستیم. همان‌گونه که در شکل ۷ ملاحظه می‌شوی، افزایش کدورت در روش اوپراتور-روتاری بیشتر از فشارهای  $38/5$  و  $12$  کیلوپاسکال کدورت بیشتری ایجاد می‌شود. در واقع علت این پدیده این است که با افزایش بریکس دمای جوش بیشتر گردیده و نیازمند حرارت و زمان بیشتری برای کاهش محتوای آب نمونه هستیم. از طرفی کدورت به شدت تحت تاثیر زمان و دمای فرایند می‌یاشد و با افزایش زمان و دمای فرایند، افزایش می‌یابد. فضائلی و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه روی تغییز آب شاهوت نتایج مشابهی را گزارش کردند. آن‌ها بیان کردند که افزایش فشار طی فرایند تغییز منجر به افزایش کدورت عصاره شاهوت می‌گردد [۱۵].

بررسی تغییرات نیمه لگاریتمی کدورت طی زمان نشان می‌دهد تغییرات کدورت از سیستیک نوع یک تبعیت می‌کند و با افزایش فشار و دما ضریب ثابت کدورت کاهش می‌یابد بطوری‌که این ضرایب برای فشارهای  $12$ ،  $38/5$  و  $100$  کیلوپاسکال برای نمونه تمشک قرمز آمل در روش اوپراتور-روتاری به ترتیب برابر  $0/013$ ،  $0/011$  و  $0/008$  و در روش مایکروویو برابر  $0/015$ ،  $0/014$  و  $0/011$  می‌یاشد و در مورد تمشک سیاه سیاهکل آمل در روش اوپراتور-روتاری به ترتیب برابر  $0/013$ ،  $0/012$  و در روش مایکروویو برابر  $0/019$ ،  $0/020$  و  $0/017$  می‌یاشد. با وجود اینکه ضریب ثابت برای تغییرات کدورت در فشارها و دمای‌های بالاتر تغییز کم می‌یاشد؛ ولی بدین معنا نیست که کدورت آنها کمتر است بلکه با توجه به طولانی بودن زمان فرایند جهت تولید محصول نهایی با بریکس مشخص، میزان کدورت آنها بیشتر از نمونه‌هایی است که در فشار کمتر تولید شده‌اند. با توجه به شکل ۷ و ضرایب بدست آمده به این نتیجه می‌رسیم که هر چه زمان تغییز طولانی‌تر و دمای فرایند بالاتر باشد، تخریب ترکیبات بیشتر صورت می‌گیرد و تبدیل ترکیبات محلول به نامحلول و فلکوله شدن و کندانسه شدن این ترکیبات افزایش می‌یابد و این عوامل باعث ایجاد کدورت بیشتری می‌شوند اما سرعت تخریب کمتر است.

جهت تعیین ثابت تغییز (K)، نمودار سیستیک تغییرات مواد جامد محلول در تغییز دو نوع تمشک قرمز آمل و سیاهکل با دو روش مایکروویو و اوپراتور-روتاری رسم گردید (شکل ۴). ثابت تغییز بدست آمده در این دو روش نشان‌دهنده کارایی هر روش است. همان‌گونه که در شکل ۴ مشخص است نمونه‌هایی که در فشارهای کمتر تغییز گردیده‌اند دارای ضریب‌های ثابت تغییز بیشتری هستند. همچنین روش مایکروویو نسبت به روش اوپراتور-روتاری کارایی بالاتر دارد بطوری‌که ضریب ثابت تغییز را  $85-30$  درصد بسته به فشار اعمال شده افزایش می‌دهد.

### ۳-۳- بررسی اسیدیته و PH

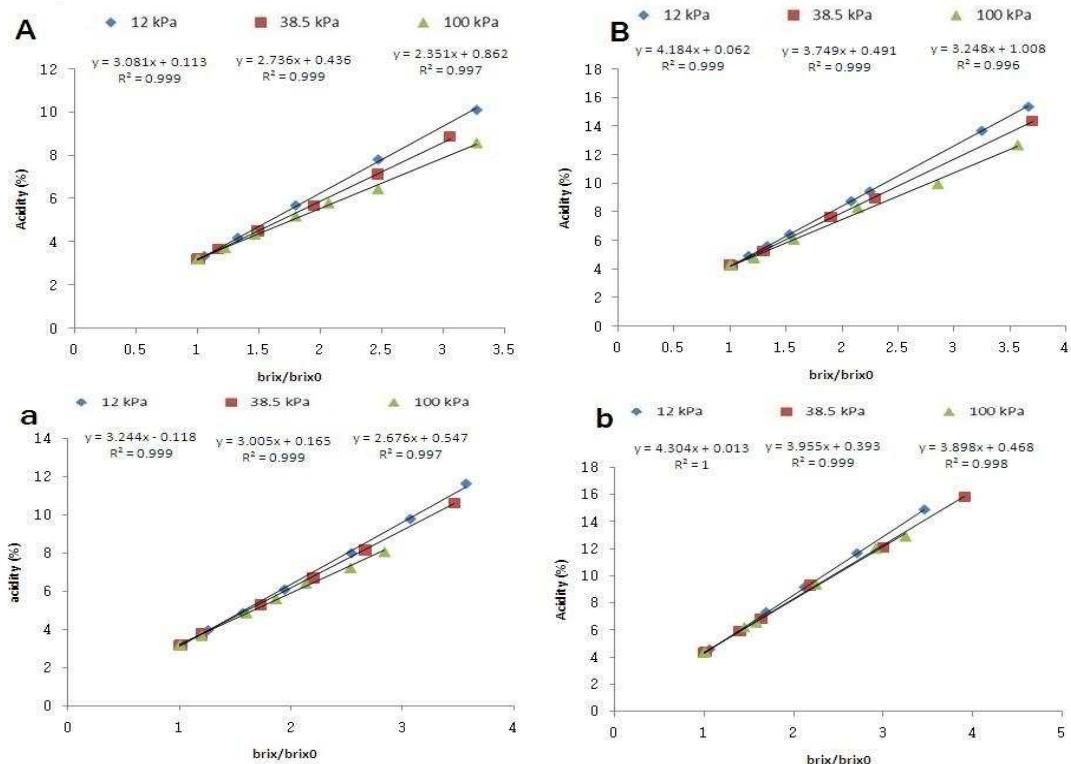
PH عصاره تمشک قرمز  $3/52 \pm 0/01$  و سیاه سیاهکل  $3/38 \pm 0/01$  می‌یاشد که طی تغییز با هر دو روش تغییر معنی‌داری در آن مشاهده نمی‌شود ( $P > 0.05$ ) (شکل ۵). نمودار شکل ۶ تغییرات اسیدیته را طی تغییز با افزایش درجه بریکس نشان می‌دهد. اسیدیته همراه با افزایش درجه بریکس عصاره طی فرایند تغییز افزایش می‌یابد. نکته قابل توجه در مورد تغییرات اسیدیته این است که در هر دو نوع عصاره در روش اوپراتور-روتاری با افزایش فشار، تخریب ترکیبات اسیدی به طور معنی‌دار مشخص است ولی در روش مایکروویو تأثیر فشار جزئی می‌یاشد و نسبت به روش اوپراتور-روتاری آسیب کمتری بر ترکیبات اسیدی وارد می‌شود.



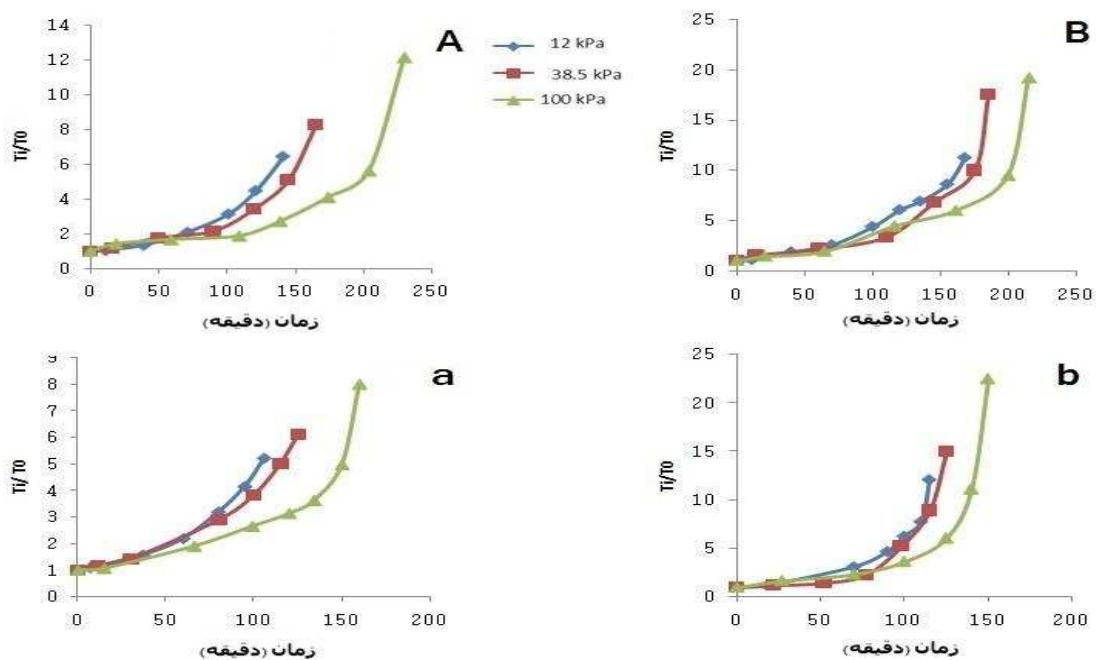
شکل ۵ نمودار تغییرات PH دو نوع تمشک

### ۴-۳- تغییرات کدورت

کدورت یکی از ویژگی‌های مهم آب‌میوه و کنسانترهای تولیدی می‌یاشد. کدورت اولیه عصاره‌های تمشک قرمز آمل و سیاه سیاهکل بعد از صاف کردن به ترتیب  $196 \pm 5$  و  $145 \pm 3$  بود. شکل ۷ تغییرات کدورت را تا بریکس برابر برای



شکل ۶- نمودار تغییرات اسیدیته با افزایش بریکس دو نوع تمشک طی فرایند تغليظ. A (قرمز و روش اوپراتور-روتاری)، B (سیاه و روش اوپراتور-روتاری)، a (قرمز و روش مایکروویو) و b (سیاه و روش مایکروویو)



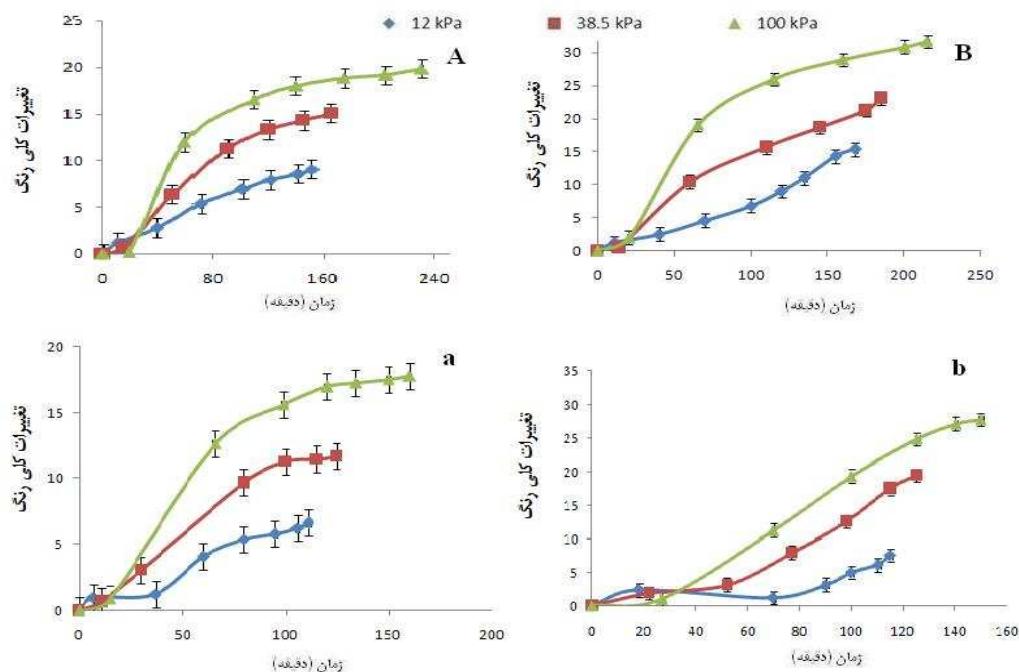
شکل ۷ نمودار تغییرات کدورت (Turbidity) دو نوع تمشک بر اساس زمان طی فرایند تغليظ. A (قرمز و روش اوپراتور-روتاری)، B (سیاه و روش اوپراتور-روتاری)، a (قرمز و روش مایکروویو) و b (سیاه و روش مایکروویو)

اولیه وجود داشته باشد. همان‌گونه که در شکل ۸ مشاهده می‌شود تغییرات کلی رنگ طی فرایند تغليظ و افزایش بريکس بیشتر می‌شود و هر چه فشار بیشتر باشد روند تغییرات آن شدیدتر است. با کاهش فشار از ۱۰۰ کيلوپاسکال به ۳۸/۵ و ۱۲ کيلوپاسکال به ترتیب حدود ۲۵ و ۶۰ درصد از تغییرات رنگ کاسته می‌شود که با اعمال مایکروویو می‌توان حدود ۲۰ درصد دیگر از آن را نیز کاهش داد. وجود آنزیم‌های طبیعی، اکسیداسیون اسید آسکوربیک، واکنش میلارد (که بستگی به محتوای قدهای کاهنده، پروتئین‌ها، و درجه حرارت دارد) و زمان از جمله عوامل اصلی تأثیرگذار بر روی رنگ عصاره تمشک می‌باشد [۱۸]. نتایج حاصل از مطالعه Khatla و همکاران (۲۰۱۱) بر روی آب میوه نوعی گلابی نیز نشان داد که تیمار حرارتی تأثیر زیادی بر کاهش فاكتورهای رنگ و Hue داشته است [۱۹].

### ۳-۵- تغییرات کلی رنگ

رنگ محصول یکی از مهم‌ترین پارامترهایی است که نظر مصرف کننده را نسبت به محصول به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد. بنابراین، یکی از اهداف این مطالعه بررسی تغییرات رنگ آب تمشک در طول فرایند تغليظ بود. نتایج حاصل از رنگ‌سنجی نمونه‌های تغليظ شده با دو روش اوپراتور-روتاری و مایکروویو نشان داد که فاكتورهای رنگ بطور معنی‌دار تغییر می‌کنند. روند تغییرات کلی رنگ  $\Delta E$  در شکل ۸ نشان داده شده است.

تفاوت کلی رنگ ( $\Delta E$ ) نشان‌دهنده تفاوت رنگ عصاره در هر مرحله از تغليظ با نمونه تازه اولیه قبل از فرایند تغليظ می‌باشد. تغییرات کلی رنگ متأثر از فاكتورهای رنگ (L\*, a\*, b\*) است و با توجه به تغییرات شدید در آنها انتظار می‌رود که تفاوت زیادی بین محتوای کلی رنگ نمونه‌های تغليظ شده و



شکل ۸ نمودار تغییرات کلی رنگ ( $\Delta E$ ) بر اساس زمان طی فرایند تغليظ دو نوع تمشک. A (قرمز و روش اوپراتور-روتاری)، B (سیاه و روش مایکروویو) و a (قرمز و روش اوپراتور-روتاری)، b (سیاه و روش مایکروویو)

جمله نحوه افزایش بريکس، تخریب ترکیبات اسیدی، کدورت و رنگ در طی فرایند تغليظ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این بررسی‌ها نشان داد که طی فرایند تغليظ اسیدیتۀ و رنگ کاهش و بريکس و کدورت افزایش می‌یابند و سرعت تغییرات آنها در فشارهای اتمسفری نسبت به فشارهای ۳۸/۵ و ۱۲ کيلوپاسکال

### ۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق عصاره دو نوع تمشک سیاه سیاهکل و قرمز آمل با دو روش حرارت‌دهی تابشی (مایکروویو) و جایجاپی (اوپراتور-روتاری) در سه فشار ۱۲، ۱۲ و ۳۸/۵ کيلوپاسکال تغليظ گردید و برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن از

- phenolic antioxidants in black raspberry. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56: 1880–1888.
- [2] Kim, H.S., Park, S.J. and Hyun, S.H. 2011. Biochemical monitoring of black raspberry (*Rubus coreanus* Miquel) fruits according to maturation stage by  $^1\text{H}$  NMR using multiple solvent systems. *Food Research International*, 44: 1977 –1987.
- [3] Perkins-Veazie, P., Collins, J.K. and Clark, J.R. 1999. Shelf-life and quality of Navaho and Shawnee blackberry fruit stored under retail storage conditions. *Journal of Food Quality*, 22: 535–544.
- [4] Woodford, J.A.T., Williamson, B. and Gordon, S.C. 2002. Raspberry beetle damage decreases shelf-life of raspberries also infected with *Botrytis cinerea*. *Acta Horticulture*, 585: 423–426.
- [5] Bower, C. 2007. Postharvest handling, storage, and treatment of fresh market berries. In Y. Zhao Edition, New York: CRC Press LLC. 261–289.
- [6] Joo, M., Lewandowski, N., Auras, R., Harte, J. and Almenar, E. 2011. Comparative shelf life study of blackberry fruit in bio-based and petroleum-based containers under retail storage conditions. *Food Chemistry*, 124: 1734-1740.
- [7] Lako, J., Trencerry, V.C., Wahlqvist, M., Wattanapenpaiboon, N., Sotheeswaran, S. and Premier, R. 2007. Phytochemical flavonols, carotenoids and the antioxidant properties of a wide selection of Fijian fruit, vegetables and other readily available foods. *Food Chemistry*, 101: 1727 –1741.
- [8] Fazaeli, M., Yousefi, S. and Emam-Djomeh, Z. 2013. Investigation on the effects of microwave and conventional heating methods on the phytochemicals of pomegranate (*Punica granatum L.*) and black mulberry juices. *Food Research International*, 50: 568-573.
- [9] Sizer, C.E., Waugh, P.L., Edstam, S. and Ackermann, P. 1988. Maintaining flavor and nutrient quality of aseptic orange juice. *Food Technology*, 39: 42-50.
- [10] Heldman K.D. 1981. Food process engineering, 2<sup>nd</sup> Ed., AVI Publishing Co., Connecticut, Chap. 5. 231-239.
- [11] Maskan, M. 2006. Production of pomegranate (*Punica granatum L.*) juice concentrate by various heating methods: ۱۲ کیلوپاسکال بیشتر است. در مورد تغییرات بریکس و سرعت تغلیظ، روش مایکروویو کارایی بالاتری دارد و ضریب ثابت تغلیظ را ۸۵-۳۰ درصد بسته به فشار اعمال شده افزایش می‌دهد. در هر دو نوع عصاره در روش اوپرатор-روتاری با افزایش فشار، تخریب ترکیبات اسیدی به طور معنی‌دار مشخص است ولی در روش مایکروویو تأثیر فشار جزئی می‌باشد و آسیب کمتری بر ترکیبات اسیدی وارد می‌شود. افزایش کدورت در روش اوپرатор-روتاری بیشتر از روش مایکروویو می‌باشد و در فشار اتمسفری نسبت به فشارهای ۲۸/۵ و ۱۲ کیلوپاسکال کدورت بیشتری ایجاد می‌شود. در مورد تغییرات رنگ با کاهش فشار از ۱۰۰ کیلوپاسکال به ۳۸/۵ و ۱۲ کیلوپاسکال به ترتیب حدود ۲۵ و ۶۰ درصد از تغییرات رنگ کاسته می‌شود که با اعمال مایکروویو می‌توان حدود ۲۰ درصد دیگر از آن را نیز کاهش داد. به طور کلی مقایسه دو روش نشان می‌دهد که از نظر حفظ ویژگی‌های کیفی و خصوصیات فیزیکوшیمیایی، روش حرارت‌دهی تابشی با مایکروویو مفیدتر می‌باشد. در روش حرارت‌دهی تابشی، امواج مایکروویو باعث گردش مولکول‌های قطبی از جمله آب می‌شود و گرمای حاصل از اصطکاک این جنبش مولکولی باعث افزایش دمای کل محصول می‌گردد. از آنجایی که درصد بالایی از نمونه را آب تشکیل می‌دهد، انتقال حرارت در کل نمونه سریع تر صورت می‌گیرد و زمان فرایند کاهش می‌یابد. کاهش زمان فرایند باعث می‌شود که تغییرات کیفی محصول کاهش پیدا کند. ولی در روش روتاری سرعت انتقال حرارت کمتر بوده و قسمت‌هایی از نمونه که مجاور سیال گرم کننده هستند، حرارت بیشتری را نسبت به مرکز نمونه دریافت نموده، به دیواره چسبیده و تخریب می‌شوند و در نتیجه کیفیت محصول کاهش می‌یابد. بطور کلی می‌توان گفت در روش روتاری نسبت به روش تابشی انتقال حرارت کنترلر بوده و گرadiان دمایی در نمونه‌ها نیز بیشتر می‌باشد؛ در صورتی که در روش تابشی به علت تلاطم زیاد در سرتاسر نمونه، گرadiان دمایی تقریباً نزدیک به صفر است.

## ۵- منابع

- [1] Tulio, JR., Reese, R.N., Wyzgoski, F.J., Rinaldi, P.L., Fu, R., Scheerens, J.C. and Miller, A.R. 2008. Cyanidin 3-rutinoside and cyanidin 3-xylosylrutinoside as primary

- quality attributes of black mulberry (*Morus nigra*) juice concentrate. Journal of Food Science and Technology, 50: 35-43.
- [16] Maskan. M. 2001. Kinetics of color change of kiwifruits during hot air and microwave drying. Journal of Food Engineering, 48: 169-175.
- [17] Alemi, A., Emam-Djomeh, Z. and Mirzaei, H. 2010. Effect of pressure and temperature of concentration on some of quality attributes of watermelon juice. Iranian Journal of Food Science and Technology, 34: 37-44.
- [18] Mackay, G., Brown, J. and Torrence, C. 1990. The processing potential of tubers of the cultivated potato, *Solanum tuberosum L.* after storage at low temperatures. American Journal of Potato Research, 33: 211–218.
- [19] Kgatla T.E, Howard S.S. and Hiss D.C. 2011. Colour stability of wild cactus pear juice. World Academy of Science, Engineering and Technology, 56: 249-254.
- colour degradation and kinetics. Journal of Food Engineering, 72: 218–224.
- [12]. Rao, M.A., Cooley, M.J. and Vitali, A.A. 1984. Flow properties of concentrated juices at low temperature. Food technology, 3: 113-119.
- [13] Yousefi, S., Emam-Djomeh, Z., Mousavi, S.M.A. and Askari, G.R. 2012. Comparing the effects of microwave and conventional heating methods on the evaporation rate and quality attributes of pomegranate (*Punica granatum L.*) juice concentrate. Food and Bioprocess Technology, 5: 1328-1339.
- [14] Sarah, M.M., Malowicki, R.M. and Michael, C. 2008. Comparison of sugar, acids, and volatile composition in raspberry bushy dwarf virus-resistant transgenic raspberries and the wild type ‘meeker’ (*rubus idaeus L.*). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56: 6648–6655.
- [15] Fazaeli, M., Hojjatpanah, G. and Emam-Djomeh, Z. 2011. Effects of heating method and conditions on the evaporation rate and

## Evaluation of physicochemical properties of raspberries concentrate prepared by vacuum and microwave techniques

Yousefi, Sh. <sup>1</sup>, Yousefi, Gh. <sup>2</sup>, Amiri-Rigi, A. <sup>3\*</sup>, Emam-Jomeh, Z. <sup>4</sup>

1. Department of Food Science, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Agricultural Campus of the University of Tehran, Karaj, Iran

2. Department of Food Science, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Agricultural Campus of the University of Tehran, Karaj, Iran

3. Department of Food Science and Technology, Faculty of agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

4. Department of Food Science, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Agricultural Campus of the University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: 93/4/18 Accepted: 93/7/15)

**Abstract:** Raspberry is a good source in terms of antocianines, polyphenols, vitamin C, fibers, proteins and minerals contents. Raspberry juice is susceptible to enzymatic and microbial reactions, because of its high moisture content (75-90%). Concentration of Raspberry juice increases its shelf life, while decreasing costs of storage and transport. In this study, extracts obtained from two raspberry cultivars of Amol (red) and Siyahkal (black) were concentrated by two methods, radiation (microwave) and convention (evaporator-rotary) applying three pressure levels: 12, 38.5 and 100 kPa. Changes in physicochemical properties including brix, acidity, pH, turbidity and color were assessed during the concentration process of two kinds of juice. Results showed decrease in acidity and color and increase in brix and turbidity of the juices, but rate and amount of changes were dissimilar in different methods and pressures. Samples concentrated by radiation using microwave in comparison with conventional method (evaporator-rotary) had superior quality. Furthermore, decrease in pressure led to better quality in product in both techniques.

**Keywords:** Concentration, Microwave, Raspberry, Vacuum

\* Corresponding author: atefeh.amiri@modares.ac.ir