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

شیما یوسفی[۱]، قاسم یوسفی[۲]، عاطفه امیری ریگی[۳*]، زهرا امام جمعه[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم، فناوری و مهندسی غذایی، دانشکده مهندسی و تکنولوژی کشاورزی، پردیس کشاورزی دانشگاه تهران
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم، فناوری و مهندسی غذایی، دانشکده مهندسی و تکنولوژی کشاورزی، پردیس کشاورزی دانشگاه تهران
۳- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
٤- استاد، گروه علوم، فناوری و مهندسی غذایی، دانشکده مهندسی و تکنولوژی کشاورزی، پردیس کشاورزی دانشگاه تهران
(تاریخ دریافت: ۹۳/٤/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۱۵)

چکیده

میوه تمشک منبع خوبی از ریز مغذی‌های گوناگون نظیر آنتوسیانین‌ها، پلی‌فنول‌ها، اسید آسکوربیک، فیبرها، پروتئین‌ها و مواد معدنی است. آب تمشک به دلیل محتوای بالای آب (۷۵-۹۰٪)، مستعد واکنش‌های آنزیمی و میکروبی است. تغلیظ آب تمشک باعث افزایش عمر نگهداری، کاهش هزینه‌های انبارداری 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 جابجایی (توسط اواپراتور-روتاری) در سه فشار ۱۲، ۳۸/۵ و ۱۰۰ کیلوپاسکال تغلیظ گردید. در طی فرایند تغلیظ دو نوع عصاره با روش‌های ذکر شده، چگونگی تغییرات خصوصیات فیزیکوشیمیایی 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 تغلیظ شده بودند نسبت به روش جابجایی (اواپراتور-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، تغلیظ، مایکروویو، خلاء

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

۱- مقدمه

تمشک[1] درختچه‌ای از خانواده گل‌سرخیان[1] و تیره آیداباتوس[2] 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، آنتوسیانین‌ها، 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 Cinerea* و *Rhizopus*، از مهم‌ترین عوامل موثر بر کاهش 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، ٤، ٥، ٦]. 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 ٤٠٪ 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 فصول 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 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 آب‌میوه کنسانتره است [۹].

تغلیظ آب میوه‌ها یکی از روش‌های نگهداری طولانی مدت آنها می‌باشد و بدیهی است که شرایط انجام تغلیظ بر خصوصیات تغذیه‌ای محصول نهایی بسیار موثر است. با تغلیظ آب‌میوه‌ها امکان تولید محصول با کیفیت یکنواخت در فصول مختلف، با توجه به فصلی بودن تولید آب‌میوه 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 تغلیظ آب‌میوه‌ها، هزینه‌های حمل‌ونقل 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 آب‌میوه، تمایل به استفاده از کنسانتره به جای آب‌میوه تازه، به علت درصد بالای مواد جامد آن، بیشتر شده است [۱۰].

در تغلیظ آب‌میوه‌ها هدف حذف قسمتی از محتوای آب بدون تغییر در ترکیباتی نظیر مواد معدنی، مواد آلی مانند قندها، ویتامین‌ها و اغلب ترکیبات محلول است. تغلیظ آب‌میوه‌ها 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 به‌خصوص در صنایع تولید محصولات با ارزش و حساس به حرارت، استفاده می‌گردد. در این روش با ایجاد خلأ، 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

1. Rosaceae
2. Idaeobatus

با سایر روش‌های تغلیظ مانند صافی‌های غشایی و انواع تبخیرکننده‌ها رقابت کند. اگرچه تغلیظ با روش‌های غشایی نیز بدون اعمال حرارت انجام می‌شود؛ ولی نمی‌تواند به عنوان یک روش استاندارد برای تغلیظ استفاده شود؛ زیرا هزینه عملیاتی بالایی داشته و امکان تغلیظ تا مقادیر بریکس بالا وجود ندارد.

به طور کلی فرایندهای تغلیظ به دو صورت حرارتی و غیر حرارتی صورت می‌گیرد. در فرایند غیر حرارتی بیشتر 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 تغلیظ، کاربرد وسیعی ندارد. تغلیظ انجمادی 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 خلأ و مایکروویو تا حد زیادی می‌تواند معایب روش حرارتی را از لحاظ کیفیت محصول و انرژی مصرفی برطرف نماید [۱۲].

با توجه به اینکه کنسانتره تمشک با خواص تغذیه‌ای بالا می‌تواند در سبد خانوار ایرانی جایگاه اساسی پیدا کند، توجه به خصوصیات فیزیکوشیمیایی 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 تغلیظ مایکروویو و خلأ و میزان فشار حین فرایند بر برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی عصاره تغلیظ شده تمشک نظیر بریکس، اسیدیته، pH، 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 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 (۰/۰۰۲۳۶ اینچ) تا ۲۵۰ میکرومتر (۰/۰۱ 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 ^{o}C ۲۵- نگهداری شدند.

۲-۲- روش‌های تغلیظ

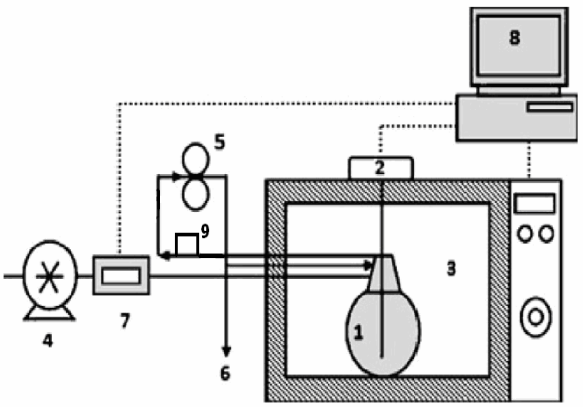
از آب‌میوه صاف شده تمشک قرمز آمل و سیاه سیاهکل به ترتیب با بریکس ۷/۵ و ۶ برای تغلیظ با دو روش مایکروویو و اواپراتور-روتاری استفاده گردید. تغلیظ با هر کدام از این روش‌ها در سه فشار ۱۲، ۳۸/۵ و ۱۰۰ کیلوپاسکال انجام گردید که در این فشارها دمای نقطه جوش به ترتیب برابر ۴۴، ۷۴ و ۱۰۱ درجه سانتیگراد بود.

۲-۲-۱- روش حرارت‌دهی تابشی با مایکروویو[4] (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 اواپراتور-مایکروویو استفاده گردید. فشار ایجاد شده توسط پمپ، با استفاده از یک دستگاه کنترل خلأ (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 خلأ

4. Microwave

(Robin- air, USA) در ارتباط بودند و مایکروویو بر آن‌ها اعمال می‌شد. از آنجایی که در توان‌های بالاتر از ۳۰۰ وات کف کردن و ایجاد حباب مشاهده می‌شد، برای انجام تغلیظ 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 می‌گردید (شکل ۱).



شکل ۱ نمای شماتیک اواپراتور تحت مایکروویو، (۱) بالن شیشه‌ای، (۲) دماسنج، (۳) محفظه مایکروویو، (٤) پمپ خلأ، (٥) پمپ سیرکولاسیون، (٦) نمونه‌برداری، (۷) کنترل کننده فشار، (۸) کامپیوتر، (۹) کندانسور

۲-۲-۲- روش حرارت‌دهی جابجایی با اواپراتور–روتاری

در روش حرارت‌دهی از نوع جابجایی[5] از یک اواپراتور–روتاری تحت خلأ (Heidolph, Heizbad HB Contr, Schwabach, Germany) برای فشارهای ۱۲، ۳۸/۵ و ۱۰۰ کیلوپاسکال استفاده شد. از روغن سویا به عنوان سیال اواپراتور استفاده گردید. کنترل فشار و ثبت داده‌ها مانند روش قبلی بود. دمای روغن در تمام مراحل انجام فرایند تغلیظ با این روش $۲۰^{o}C$ بیشتر از دمای هر لحظه جوش محصول در نظر گرفته شد تا برای همه نمونه‌های تولید شده با این روش یک اختلاف دمایی ثابت $۲۰^{o}C$ وجود داشته باشد.

۲-۳- روش‌های آزمایش

۱-۱-۱- اندازه‌گیری مواد جامد محلول

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول (TSS)[6] از یک رفراکتومتر دیجیتالی (Atago Rx- 7000a, Tokyo, Japan) استفاده شد و ثابت تغلیظ (k) با استفاده از معادله (۱) تعیین گردید [۱۳]:

$$K= Ln (C_t/C_0)/t$$ معادله (۱)

که در آن: C_0 غلظت اولیه نمونه؛ C_t غلظت مواد محلول نمونه بعد از زمان t و t زمان (دقیقه) می‌باشد.

۲-۳-۲- تعیین اسیدیته و pH

pH نمونه‌ها توسط دستگاه pH متر (IKA ETS- D6, Germany) اندازه‌گیری شد. اسیدیته به کل اسیدهای آلی موجود در فرآورده اطلاق می‌شود که بر حسب اسید غالب محاسبه می‌گردد. ۲/۵ گرم از نمونه با آب مقطر به حجم mL ۲۵ رسانده شد و با سود N ۰/۱ (Merck, Darmstadt, Germany) تا رسیدن به pH=۸/۱ تیتر گردید. میزان اسیدیته از رابطه زیر بدست آمد:

$$A=M\times0.0192\times100/W$$ معادله (۲)

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 [۱٤].

۲-۳-۳- اندازه‌گیری کدورت

برای اندازه‌گیری کدورت از یک کدورت‌سنج دیجیتالی Hach (2100A N , Love land, CO, USA) استفاده گردید [۱٥].

۲-۳-٤- تعیین تغییرات کلی رنگ

رنگ نمونه‌ها قبل و بعد از تغلیظ با فواصل زمانی معین به وسیله یک هانترلب مایع (A-60-101 0-615 Model Colorimeter, HunterLab, Reston, VA) اندازه‌گیری شد. برای توصیف تغییرات رنگ در طول فرایند تغلیظ از

5. Conventional

6. Total soluble solid

شاخص ΔE (اختلاف کلی رنگ نمونه‌ها از نمونه اول) استفاده شد که این شاخص بصورت زیر تعریف می‌شود [۱۶]:

معادله (۳)

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

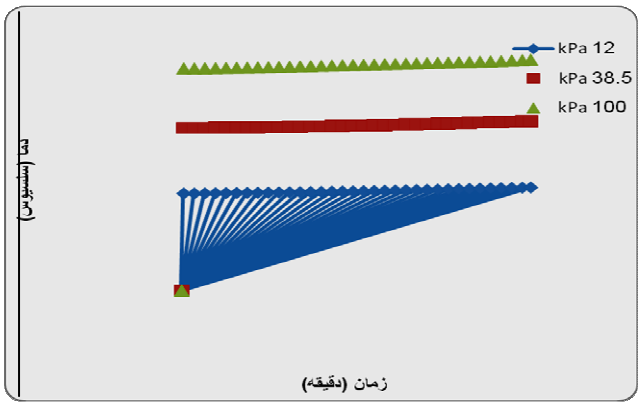
۲-٤- آنالیز آماری

هر تیمار حداقل ۳ بار تکرار شد و میانگین داده‌ها با یک انحراف معیار ثبت شد. ارزیابی واریانس نتایج (ANOVA) به کمک نرم‌افزار SPSS (SPSS17 Inc., Armonk , NY, USA) انجام گرفت. میانگین‌های بدست آمده از هر سری از آزمایش‌ها با استفاده از روش دانکن به صورت تصادفی (در سطح احتمال ۵٪) مقایسه و گروه‌بندی شدند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی تغییرات دما

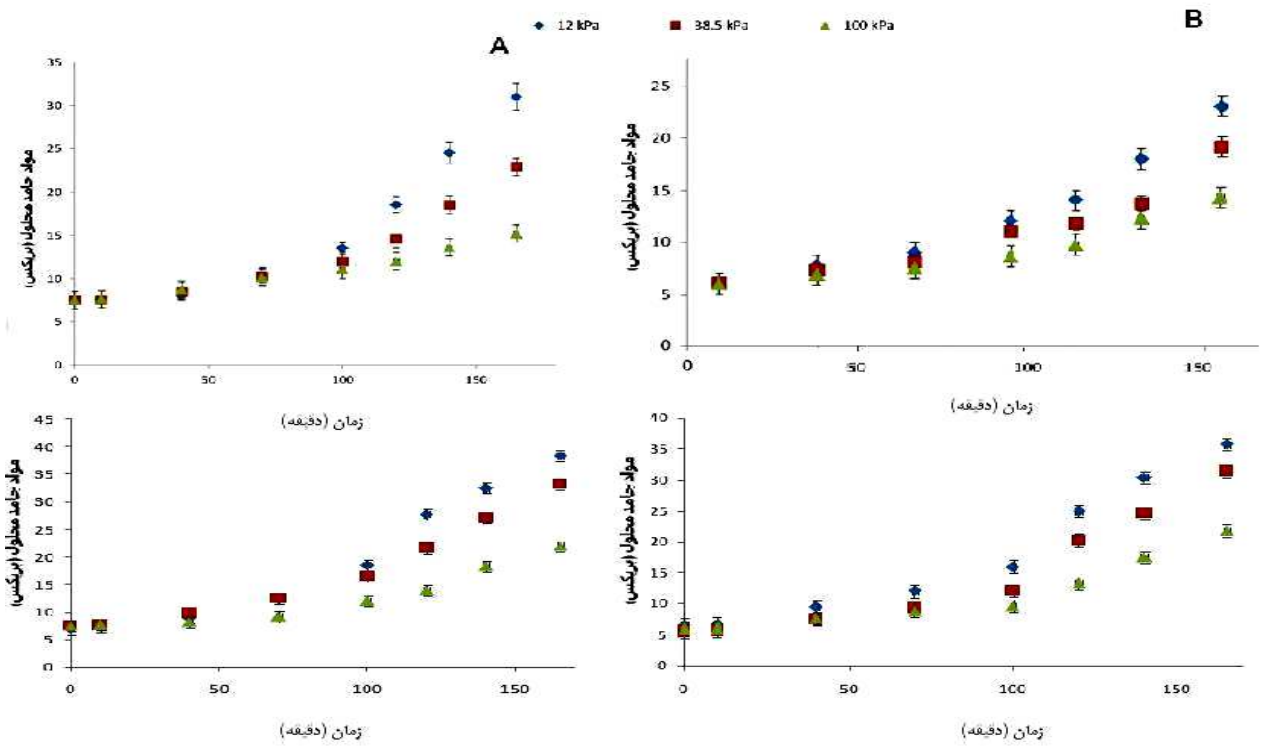
شکل ۲ تغییرات دما را در طی فرایند تغلیظ در فشارهای مختلف نشان می‌دهد. طی فرایند تغلیظ درصد مواد جامد محلول افزایش می‌یابد که باعث افزایش دمای نقطه جوش می‌گردد. همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود در انتهای فرایند به علت افزایش بریکس، نقطه جوش نسبت به حالت لحظه صفر افزایش یافته است. دمای نقطه جوش در آب‌میوه تازه برای فشارهای ۱۲، ۳۸/۵ و ۱۰۰ کیلوپاسکال در ابتدای فرایند تغلیظ به ترتیب تقریباً برابر ٤٤، ٧٤ و ۱۰۱ درجه سانتیگراد و در انتهای فرایند ٤٧، ٧٧ و ۱۰۵ درجه سانتیگراد می‌باشد.



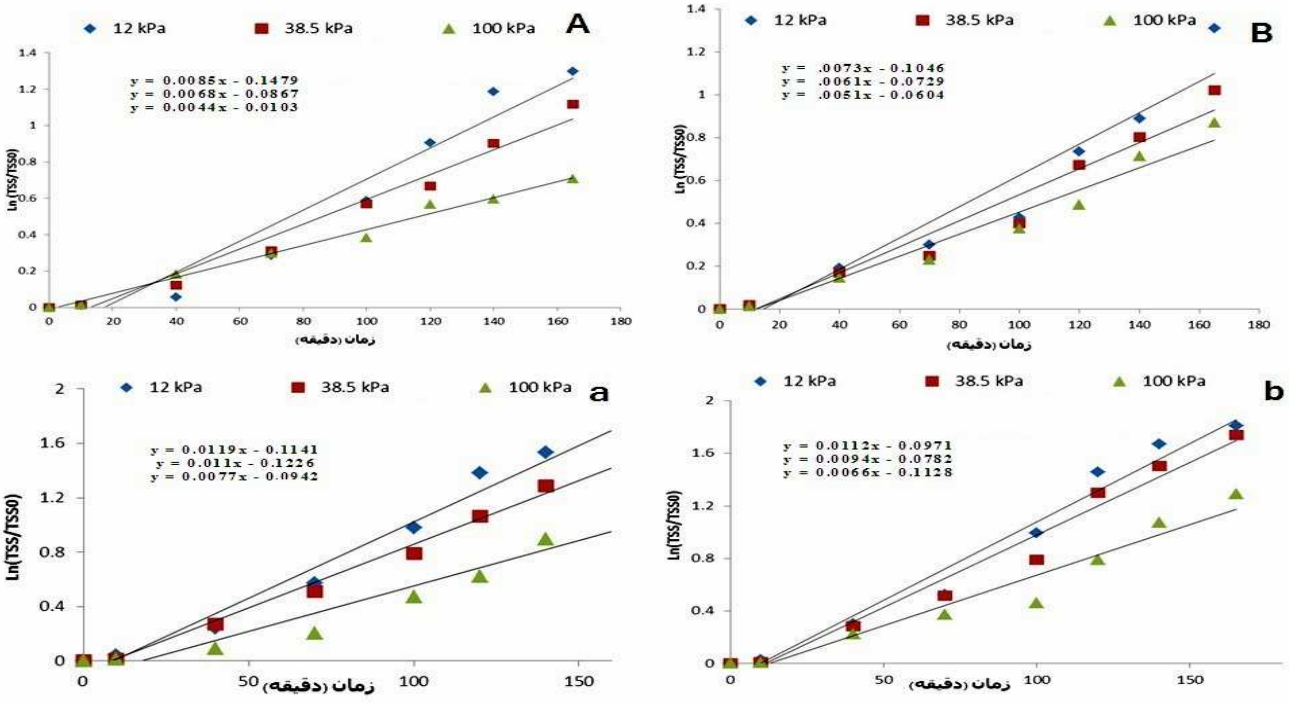
شکل ۲ نمودار تغییرات دمای نقطه جوش طی فرایند تغلیظ در سه فشار ۱۲، ۳۸/۵ و ۱۰۰ کیلوپاسکال

۳-۲- بررسی مواد جامد محلول

غلظت مواد جامد محلول اولیه تمشک قرمز آمل و سیاه سیاهکل به ترتیب ۷/۵ و ٦ درصد می‌باشد. شکل ۳ نمودار تغییرات مواد جامد محلول حین تغلیظ را در فشارهای متفاوت نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود تغییرات محتوای مواد جامد محلول عصاره تمشک قرمز آمل و سیاه سیاهکل در فشارهای ۱۲، ۳۸/۵ و ۱۰۰ کیلوپاسکال با گذشت زمان معنی-دار می‌باشد ($P < 0.05$) و با افزایش زمان فرایند، سرعت تغلیظ و درجه بریکس نمونه‌ها در هر دو روش بطور معنی‌دار افزایش می‌یابد. به هر حال این افزایش سرعت تغلیظ با افزایش فشار کاهش می‌یابد ($P < 0.05$). تغییرات بریکس در یک بازه زمانی ثابت در فشارهای کمتر سریع‌تر بوده و برای رسیدن به یک بریکس مشخص به زمان کمتری نسبت به فشارهای بالاتر و اتمسفری نیاز می‌باشد [۸]. در روش اواپراتور-روتاری غلظت نهایی بعد از ١٦٥ دقیقه در فشار اتمسفری، ۳۸/۵ و ۱۲ کیلوپاسکال به ترتیب ۱۵/۲، ۲۲/۹ و ۳۱ درجه بریکس برای تمشک قرمز آمل و ١٤/٦، ۱۹/۲ و ۲۳ درجه بریکس برای تمشک سیاه سیاهکل می‌باشد. در روش مایکروویو غلظت نهایی بعد از ١٦٥ دقیقه در فشارهای اتمسفری، ۳۸/۵ و ۱۲ کیلوپاسکال به ترتیب ۲۲/۱، ۳۳/۳ و ۳۸/٤ درجه بریکس برای تمشک قرمز آمل و ۲۱/۸، ۳۱/٤ و ۳۵ درجه بریکس برای تمشک سیاه سیاهکل به روش اواپراتور-روتاری می‌باشد. در یک کار مشابه که توسط عالمی و همکاران (۱۳۹۱) بر روی آب هندوانه صورت گرفت مشخص گردید که زمان مورد نیاز برای رسیدن به غلظت نهایی ٤٠ درجه بریکس در فشارهای اتمسفری، ۳۸/۵ و ۷/۳ کیلو پاسکال به ترتیب ۲۰۵، ۱۹۸ و ۱۵۰ دقیقه می‌باشد و افزایش غلظت در طی زمان از یک رابطه خطی پیروی می‌کند [۱۷].



شکل ۳ نمودار تغییرات مواد جامد محلول دو نوع تمشک بر اساس زمان طی فرایند تغلیظ. A (قرمز و روش اواپراتور–روتاری)، B (سیاه و روش اواپراتور–روتاری)، a (قرمز و روش مایکروویو) و b (سیاه و روش مایکروویو)

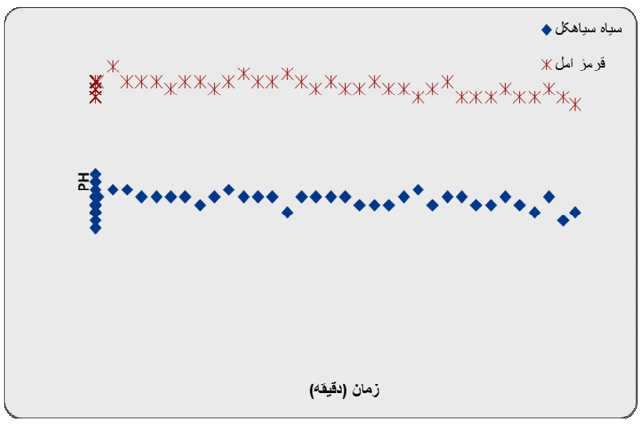


شکل ٤ نمودار سینتیک تغییرات مواد جامد محلول دو نوع تمشک بر اساس زمان طی فرایند تغلیظ. A (قرمز و روش اواپراتور–روتاری)، B (سیاه و روش اواپراتور–روتاری)، a (قرمز و روش مایکروویو) و b (سیاه و روش مایکروویو)

جهت تعیین ثابت تغلیظ (K)، نمودار سینتیک تغییرات مواد جامد محلول در تغلیظ دو نوع تمشک قرمز آمل و سیاهکل با دو روش مایکروویو و اواپراتور–روتاری رسم گردید (شکل ٤). ثابت تغلیظ بدست آمده در این دو روش نشان‌دهنده کارایی هر روش است. همان‌گونه که در شکل ٤ مشخص است نمونه‌هایی که در فشارهای کمتر تغلیظ گردیده‌اند دارای ضریب‌های ثابت تغلیظ بیشتری هستند. همچنین روش مایکروویو نسبت به روش اواپراتور–روتاری کارایی بالاتری دارد بطوری‌که ضریب ثابت تغلیظ را ۳۰–۸۵ درصد بسته به فشار اعمال شده افزایش می‌دهد.

۳–۳– بررسی اسیدیته و PH

PH عصاره تمشک قرمز ۰/۰۱±۳/۵۳ و سیاه سیاهکل ۰/۰۱±۳/۳۸ می‌باشد که طی تغلیظ با هر دو روش تغییر معنی‌داری در آن مشاهده نمی‌شود ($P>0.05$) (شکل ۵). نمودار شکل ٦ تغییرات اسیدیته را طی تغلیظ با افزایش درجه بریکس نشان می‌دهد. اسیدیته همراه با افزایش درجه بریکس عصاره طی فرایند تغلیظ افزایش می‌یابد. نکته قابل توجه در مورد تغییرات اسیدیته این است که در هر دو نوع عصاره در روش اواپراتور–روتاری با افزایش فشار، تخریب ترکیبات اسیدی به طور معنی‌دار مشخص است ولی در روش مایکروویو تأثیر فشار جزئی می‌باشد و نسبت به روش اواپراتور–روتاری آسیب کمتری بر ترکیبات اسیدی وارد می‌شود.

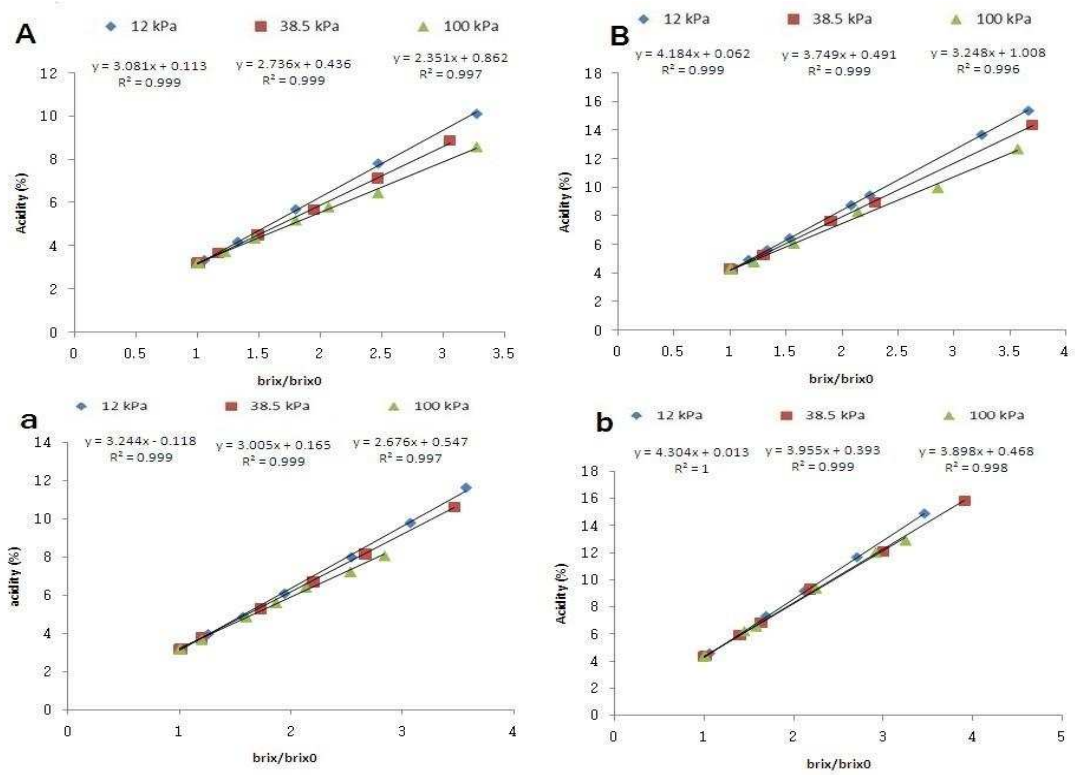


شکل ۵ نمودار تغییرات PH دو نوع تمشک

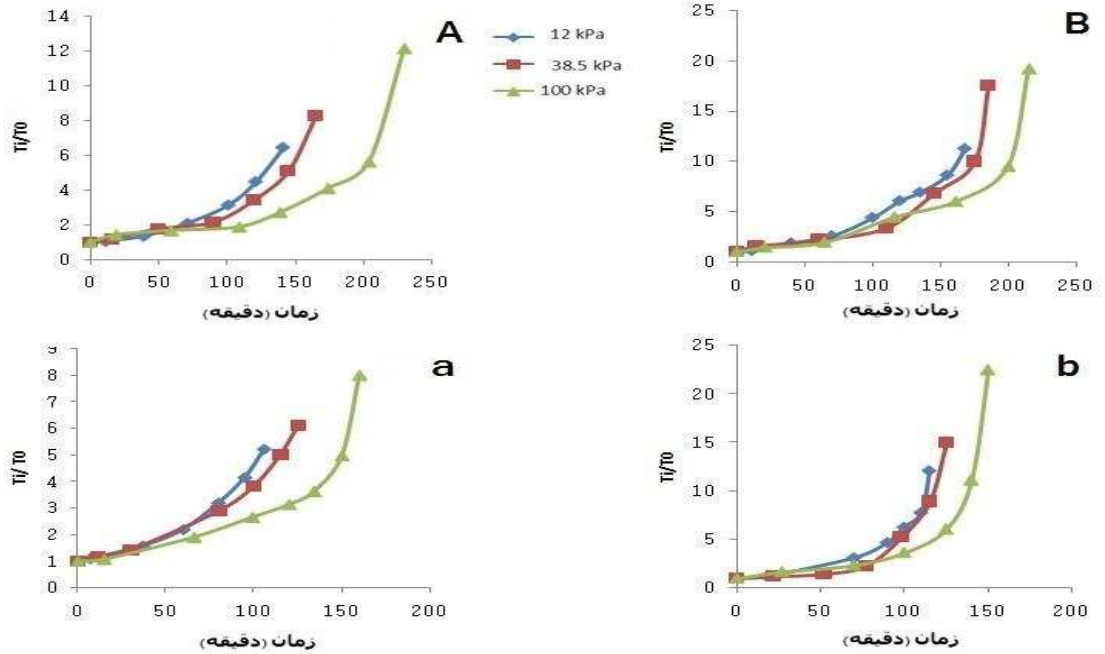
۳–٤– تغییرات کدورت

کدورت یکی از ویژگی‌های مهم آب‌میوه و کنسانتره‌های تولیدی می‌باشد. کدورت اولیه عصاره‌های تمشک قرمز آمل و سیاه سیاهکل بعد از صاف کردن به ترتیب ۵±۱۹٦ و MTU ۳±۱٤۵ بود. شکل ۷ تغییرات کدورت را تا بریکس برابر برای همه نمونه‌ها نشان می‌دهد. کدورت عصاره‌ها طی تغلیظ با هر دو روش افزایش می‌یابد. در واقع افزایش کدورت علاوه بر اینکه با افزایش غلظت نمونه‌ها طی تغلیظ ارتباط دارد، به نوع روش تغلیظ نیز وابسته است؛ بطوری‌که در مقایسه‌ی دو روش مورد بررسی در این مطالعه شاهد این ارتباط هستیم. همان‌گونه که در شکل ۷ ملاحظه می‌شود، افزایش کدورت در روش اواپراتور–روتاری بیشتر از روش مایکروویو می‌باشد و در فشار اتمسفری نسبت به فشارهای ۳۸/۵ و ۱۲ 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 می‌باشد و با افزایش زمان و دمای فرایند، افزایش می‌یابد. فضائلی و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه روی تغلیظ آب شاه‌توت نتایج مشابهی را گزارش کردند. آن‌ها بیان کردند که افزایش فشار طی فرایند تغلیظ منجر به افزایش کدورت عصاره شاه‌توت می‌گردد [۱۵].

بررسی تغییرات نیمه لگاریتمی کدورت طی زمان نشان می‌دهد تغییرات کدورت از سینتیک نوع یک تبعیت می‌کند و با افزایش فشار و دما ضریب ثابت کدورت کاهش می‌یابد بطوری‌که این ضرایب برای فشارهای ۱۲، ۳۸/۵ و ۱۰۰ کیلوپاسکال برای نمونه تمشک قرمز آمل در روش اواپراتور–روتاری به ترتیب برابر ۰/۰۱۳، ۰/۰۱۱ و ۰/۰۰۸ و در روش مایکروویو برابر ۰/۰۱۵، ۰/۰۱٤ و ۰/۰۱۱ می‌باشد و در مورد تمشک سیاه سیاهکل آمل در روش اواپراتور–روتاری به ترتیب برابر ۰/۰۱٤، ۰/۰۱۳ و ۰/۰۱۲ و در روش مایکروویو برابر ۰/۰۲۰، ۰/۰۱۹ و ۰/۰۱۷ می‌باشد. با وجود اینکه ضریب ثابت برای تغییرات کدورت در فشارها و دماهای بالاتر تغلیظ کم می‌باشد؛ 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 تغلیظ 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.



شکل ٦- نمودار تغییرات اسیدیته با افزایش بریکس دو نوع تمشک طی فرایند تغلیظ. A (قرمز و روش اواپراتور-روتاری)،B (سیاه و روش اواپراتور-روتاری)، a (قرمز و روش مایکروویو) و b (سیاه و روش مایکروویو)

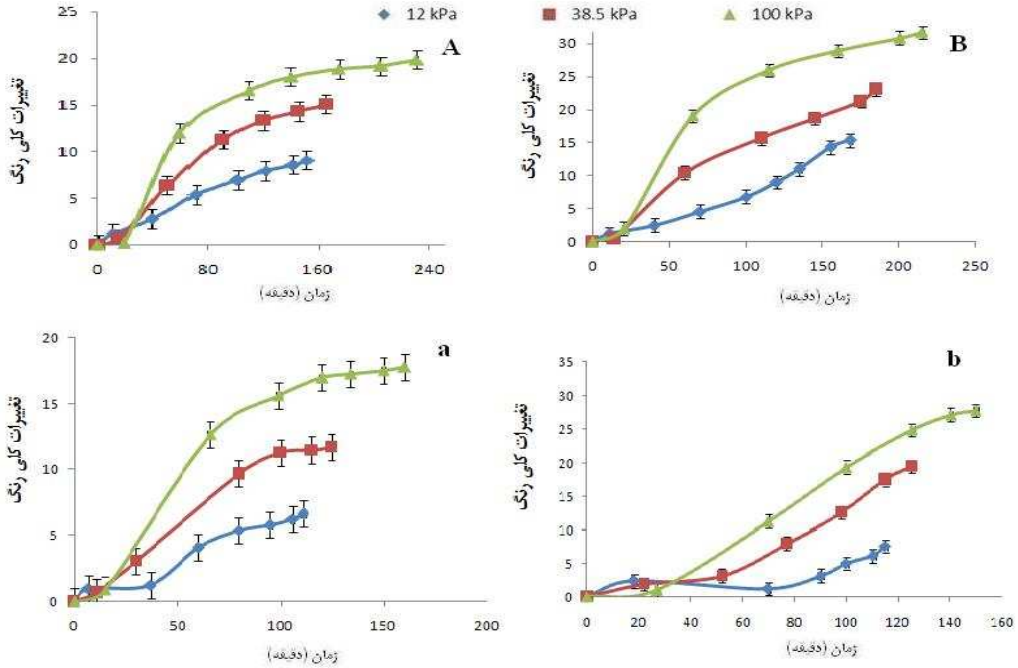


شکل ۷ نمودار تغییرات کدورت (Turbidity) دو نوع تمشک بر اساس زمان طی فرایند تغلیظ. A (قرمز و روش اواپراتور-روتاری)، B (سیاه و روش اواپراتور-روتاری)، a (قرمز و روش مایکروویو) و b (سیاه و روش مایکروویو)

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 تغلیظ بود. نتایج حاصل از رنگ‌سنجی نمونه‌های تغلیظ شده با دو روش اواپراتور-روتاری و مایکروویو نشان داد که فاکتورهای رنگ بطور معنی‌دار تغییر می‌کنند. روند تغییرات کلی رنگ ΔE در شکل ۸ نشان داده شده است.

تفاوت کلی رنگ (ΔE) نشان‌دهنده تفاوت رنگ عصاره در هر مرحله از تغلیظ با نمونه تازه اولیه قبل از فرایند تغلیظ می‌باشد. تغییرات کلی رنگ متأثر از فاکتورهای رنگ (L*، a* و b*) است و با توجه به تغییرات شدید در آنها انتظار می‌رود که تفاوت زیادی بین محتوای کلی رنگ نمونه‌های تغلیظ شده و اولیه وجود داشته باشد. همانگونه که در شکل ۸ مشاهده می‌شود تغییرات کلی رنگ طی فرایند تغلیظ و افزایش بریکس بیشتر می‌شود و هر چه فشار بیشتر باشد روند تغییرات آن شدیدتر است. 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. وجود آنزیم‌های طبیعی، اکسیداسیون اسید آسکوربیک، واکنش میلارد (که بستگی به محتوای قندهای کاهنده، پروتئین‌ها، و درجه حرارت دارد) و زمان از جمله عوامل اصلی تأثیرگذار بر روی رنگ عصاره تمشک می‌باشد [۱۸]. نتایج حاصل از مطالعه Kgatla و همکاران (۲۰۱۱) بر روی آب‌میوه نوعی گلابی نیز نشان داد که تیمار حرارتی تأثیر زیادی بر کاهش فاکتورهای رنگ و Hue داشته است [۱۹].



شکل ۸ نمودار تغییرات کلی رنگ (ΔE) بر اساس زمان طی فرایند تغلیظ دو نوع تمشک. A (قرمز و روش اواپراتور-روتاری)، B (سیاه و روش اواپراتور-روتاری)، a (قرمز و روش مایکروویو) و b (سیاه و روش مایکروویو)

٤- نتیجه‌گیری

در این تحقیق عصاره دو نوع تمشک سیاه سیاهکل و قرمز آمل با دو روش حرارت‌دهی تابشی (مایکروویو) و جابجایی (اواپراتور-روتاری) در سه فشار ۱۲، ۳۸/۵ و ۱۰۰ کیلوپاسکال تغلیظ گردید و برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن از جمله نحوه افزایش بریکس، تخریب ترکیبات اسیدی، کدورت و رنگ در طی فرایند تغلیظ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این بررسی‌ها نشان داد که طی فرایند تغلیظ اسیدیته و رنگ کاهش و بریکس و کدورت افزایش می‌یابند و سرعت تغییرات آنها در فشارهای اتمسفری نسبت به فشارهای ۳۸/۵ و

۱۲ کیلوپاسکال بیشتر است. در مورد تغییرات بریکس و سرعت تغلیظ، روش مایکروویو کارایی بالاتری دارد و ضریب ثابت تغلیظ را ۳۰-۸۵ درصد بسته به فشار اعمال شده افزایش می‌دهد. در هر دو نوع عصاره در روش اواپراتور-روتاری با افزایش فشار، تخریب ترکیبات اسیدی به‌طور معنی‌دار مشخص است ولی در روش مایکروویو تأثیر فشار جزئی می‌باشد و آسیب کمتری بر ترکیبات اسیدی وارد می‌شود. افزایش کدورت در روش اواپراتور-روتاری بیشتر از روش مایکروویو می‌باشد و در فشار اتمسفری نسبت به فشارهای ۳۸/۵ 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. به‌طور کلی مقایسه دو روش نشان می‌دهد که از نظر حفظ ویژگی‌های کیفی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی، روش حرارت‌دهی تابشی با مایکروویو مفیدتر می‌باشد. در روش حرارت دهی 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 سریع‌تر 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 کندتر بوده و گرادیان دمایی در نمونه‌ها نیز بیشتر می‌باشد؛ در صورتی که در روش تابشی به علت تلاطم زیاد در سرتاسر نمونه، گرادیان 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 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 1H 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., Trenerry, 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 (*Punicagranatum 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, 2nd Ed., AVI Publishing Co., Connecticut, Chap. 5. 231-239.

[11] Maskan, M. 2006. Production of pomegranate (*Punicagranatum L.*) juice concentrate by various heating methods:

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 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.

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

Yousefi, Sh. [1], Yousefi, Gh. [2], Amiri-Rigi, A. [3*], Emam-Jomeh, Z. [4]

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