

بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی عصاره توت خشک طی تغلیظ

حجت کاراژیان^{۱*}، وحید کیهانی^۲

۱ گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تربت حیدریه، دانشگاه آزاد اسلامی، تربت حیدریه، ایران.

۲ گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تربت حیدریه، دانشگاه آزاد اسلامی، تربت حیدریه، ایران.

(تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۰۶ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۷/۲۳)

چکیده

توت سفید در نواحی مختلف ایران گسترده شده است که بدلیل کوتاه بودن فصل برداشت و حساسیت به انبار کردن، غالباً از خشک کردن به عنوان روش نگهداری آن استفاده می شود. با توجه به ضایعات بالای این میوه در کشور و اهمیت صنایع تبدیلی و از طرفی مضرات مصرف قند و شکر، هدف این تحقیق بر دستیابی به نوعی کنسانتره از توت خشک با خصوصیات فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی مناسب به منظور استفاده های بعدی از آن به عنوان جایگزین شکر یا شربت اینورت در مواد غذایی مختلف، متمرکز گردید. پس از تمیز کردن و خیسانیدن توت خشک، عصاره حاصله توسط یک تغلیظ کننده چرخان در دما و زمان ۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه در یک دما و دور ثابت تغلیظ شد. در طی فرایند تغلیظ تغییرات pH، دانسیته، بریکس، رنگ و شاخص های رئولوژیکی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزایش زمان تغلیظ منجر به کاهش pH، شاخص های رنگی L^* ، b^* و شاخص رفتار جریان و از طرفی افزایش بریکس، دانسیته، شاخص رنگی a^* و ضریب قوام شد. با افزایش زمان تغلیظ و بدنبال آن افزایش بریکس، رفتار جریان رقیق شونده با برش تشدید شد.

کلید واژگان: توت سفید خشک، کنسانتره، ویژگی های فیزیکوشیمیایی، ویژگی های رئولوژیکی.

*مسئول مکاتبات: Hojjat_Karazhiyan@yahoo.com

۱- مقدمه

توت از خانواده *Moraceae* و جنس *Morus* است که شامل ۲۴ گونه، یک زیر گونه و حداقل ۱۰۰ واریته شناخته شده می باشد. توت سفید بومی شرق آسیاست و در مناطق وسیعی از شمال هند، پاکستان و ایران گسترده شده است [۱]. با توجه به توزیع جغرافیایی گسترده درخت توت شرایط فیزیکی شامل آب و هوا و کیفیت خاک اراضی تحت کشت به طور قابل ملاحظه ای فرق می کند لذا این عوامل باعث به وجود آمدن واریته های محلی مخصوص هر منطقه شده است [۲].

توت سفید جزو میوه های نرم طبقه بندی می شود که فصل برداشت کوتاهی دارد ضمن اینکه بدلیل رطوبت بالا عمر نگهداری کمی دارد بطوریکه کمتر از یک سوم تولید سالانه آن به مصرف تازه خوری می رسد [۳]. از این رو غالباً از خشک کردن به عنوان روش نگهداری آن استفاده می شود. علاوه بر این از توت در تولید آب میوه، کنسانتره، مارمالاد، شراب و فرآورده ای به نام شیره استفاده می شود. در ایران میوه توت سفید بصورت خام و تازه و یا بصورت خشک شده به عنوان آجیل و یا همراه با چای استفاده می شود. همچنین تولید سرکه و شیره نیز در برخی مناطق رواج دارد [۱]. بر اساس آمار سال ۱۳۹۲ سطح زیرکشت توت درختی در ایران ۵۷۷۹/۱۹ هکتار درخت بارور و غیربارور و میزان تولید توت ۱۵۷۷۳/۸۳ تن و میزان عملکرد آن در واحد سطح ۵۷۳۳/۷۷ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. بر اساس همین آمار سطح زیر کشت توت درختی در استان خراسان رضوی، ۱۶۱۶/۸۲ هکتار درخت بارور و غیر بارور بود و میزان تولید توت ۲۷۲۹/۷ تن و میزان عملکرد آن در واحد سطح ۱۷۶۰/۹۸ کیلوگرم در هکتار برآورد گردید [۴]. بنا بر گزارش سالنامه آمار کشاورزی ایران نیز تولید توت سفید در ایران سالانه حدود ۲۶۲۷۰ تن می باشد که البته در مقایسه با کشورهای نظیر ترکیه در سطح بسیار پایین تری قرار دارد. تولید توت در ترکیه در سال ۲۰۰۰، ۶۸۰۰۰ تن و در سال ۲۰۰۵، ۷۸۰۰۰ تن گزارش شده است [۱].

از نظر ترکیبات شیمیایی بر پایه وزن خشک در ۱۰۰ گرم توت سفید ۱۴/۲۱ گرم کربوهیدرات، ۱/۵۵ گرم پروتئین، ۰/۴۸ گرم چربی و ۱/۴۷ گرم فیبر وجود دارد. ضمن اینکه این میوه حاوی ویتامین ها و املاحی مانند ریوفلاوین، نیاسین، اسکوربیک اسید، فسفر، پتاسیم، کلسیم، سدیم، منیزیم، آهن، مس، روی، منگنز و نیکل می باشد [۵]. در بررسی ترکیبات شیمیایی سه گونه توت سفید، قرمز و سیاه موجود در کشور ترکیه بیشترین محتوا چربی به توت سفید اختصاص داشت و اسید های چرب عمده نیز به ترتیب اسید لینولئیک، اسید پالمیتیک و اسید اولئیک بودند. در این تحقیق بیشترین مقدار ترکیبات فنلیک و فلاونوئیدی در مورد توت سیاه مشاهده شد [۶].

از دیدگاه تغذیه ای ترکیبات فنلی موجود در توت سفید دارای طیف وسیعی از فعالیتهای بیوشیمیایی نظیر آنتی اکسیدانی، آنتی موتازنی و خواص ضد سرطانی و قابلیت اصلاح بیان ژن می باشند. میوه رسیده توت حاوی مقادیر زیادی رسوراترول می باشد. این ترکیب نوعی فیتوالکسین با ساختار پلی فنلی است که در گیاهان دارای خاصیت ضد قارچی است و اثرات ضد سرطانی، ضد ویروسی، ضد التهابی، ضد پیری، حفاظت سیستم عصبی و افزایش دهنده طول عمر آن در گونه های جانوری نظیر موش به اثبات رسیده است [۱، ۵]. در همین راستا Sengul (۲۰۰۸) با اندازه گیری املاح و ترکیبات فنلی سه گونه توت رشد یافته در کشور ترکیه به این نتیجه رسیدند که این میوه منبع خوبی از ریزمغذی ها و ترکیبات با قابلیت آنتی اکسیدانی می باشد [۷]. Da Villa و همکاران (۲۰۱۴) نیز در تحقیق خود نشان دادند که عصاره توت سفید ژاپنی می تواند از طریق اثرگذاری بر سیستم عصبی- هورمونی بدن بویژه هورمون های انسولین و گلوکاگون در کاهش وزن و دور کمر مبتلایان به اضافه وزن و چاقی موثر باشد [۸]. Khan و همکاران (۲۰۱۴) در توجیه توانایی توت سفید در پایین آوردن فشار خون به نقش ترکیبات موثر این میوه در بلوکه کردن کانال کلسیم اشاره کردند [۹]. Lee و همکاران (۲۰۱۱) اثربخشی عصاره توت سفید در حفاظت از عروق و کاهش فشار و چربی خون موش های تغذیه

غیرنیوتنی ظاهر می سازند. لذا در فرایند تغلیظ عصاره میوه های بسیار ویسکوز ممکن است انجام اقداماتی برای کاهش ویسکوزیته ضرورت پیدا کند [۱۱].

با توجه به ضایعات بالای میوه توت سفید در کشور و اهمیت صنایع تبدیلی و از طرفی وجود شواهد فراوان در ارتباط با تأثیرات مطلوب این میوه بر سلامتی انسان، هدف این تحقیق بر دستیابی به نوعی کنسانتره از توت سفید خشک با خصوصیات فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی مناسب به منظور استفاده های بعدی از آن به عنوان جایگزین شکر یا شربت اینورت در مواد غذایی مختلف، متمرکز گردید.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد مصرفی

میوه توت سفید خشک شده وارسته بخارایی از یک فروشگاه عرضه کننده خشکبار تهیه شد.

۲-۲- تهیه عصاره توت خشک

در ابتدا دم و دیگر ضایعات جداسازی و توت ها پس از شسته شدن، در آب با دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴ ساعت خیسانده شدند که در نهایت عصاره ای به رنگ قهوه ای روشن حاصل شد [۱۲].

۲-۳- تغلیظ عصاره توت خشک

تغلیظ ۶۰۰ گرم از عصاره توت در درجه حرارت ثابت ۸۰ درجه سانتی گراد، دور ثابت ۲۷۰ rpm و در بازه های زمانی ۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه ای توسط یک دستگاه تبخیر کننده چرخان^۱ تحت خلاء (Heidolph مدل G1B، آلمان) انجام شد. پس از اتمام هر کدام از زمان های تغلیظ، نمونه ها از دستگاه خارج و پس از سرد شدن در دمای آزمایشگاه تحت آزمون های زیر قرار گرفتند.

۲-۴- pH

اندازه گیری pH توسط یک دستگاه pH متر (Metrohm مدل 691، سوئیس) انجام شد [۱۳].

شده با یک رژیم آتروژنیک را گزارش کردند [۱۰].

این نقش های دارویی و درمانی برگ و میوه توت سفید که در پژوهش های مختلف به اثبات رسیده است سبب شده است که از آنها به اشکال مختلف در صنعت مواد غذایی عملگرا و در تولید محصولاتی مانند شکلات، کیک، ماست و ... استفاده گردد [۵]. برای مثال بصیری و شهیدی (۱۳۹۶) به تولید نوعی پاستیل با ارزش تغذیه ای بالا بر پایه توت سفید پرداختند [۳].

تغلیظ یا کنسانتره کردن مایعات برای مقاصد مختلفی ممکن است به کار گرفته شود که یکی از آن ها می تواند حفاظت و افزایش زمان نگهداری ماده غذایی باشد. کاهش حجم و کاستن از هزینه ظروف، مکان و حمل و نقل نیز از جمله دلایل دیگر استفاده از این فرایند در صنایع غذایی است. تغلیظ همچنین به انجام عمل خشک کردن به نحو مطلوب و در مواردی کاهش هزینه آن کمک می کند. البته در بعضی موارد هدف از انجام تغلیظ تولید یک محصول خاص غذایی است و ماده غلیظ شده به همان صورت مصرف می گردد که مثال آن مرباها و ژله ها هستند [۱۱]. در فرایند تغلیظ به روش تبخیر، عمل تغلیظ مایعات از طریق بکارگیری حرارت انجام می شود اما به دلیل اثر نامطلوبی که حرارت می تواند در ماده مورد نظر به وجود آورد معمولاً عمل حرارت دادن در سیستم های تحت خلاء انجام می شود که در چنین حالتی بر حسب میزان خلاء موجود در سیستم، نقطه جوش محلولی که تبخیر می گردد تا حد زیادی کاهش می یابد. در اثر تبخیر مقداری از اجزاء ایجاد کننده عطر و طعم که دارای نقطه جوش پایین هستند از دست می روند و این باعث کاهش کیفیت ماده غذایی غلیظ شده می شود. از نظر طعم ممکن است در مورد مواد حاوی قند عمل کارامل شدن نیز صورت بگیرد که با ایجاد طعم خاصی همراه می باشد. تشکیل کارامل طبیعتاً می تواند بر ویژگی های رنگی محصول نیز اثر بگذارد. از جهت رنگ بدیهی است که تمرکز اجزا رنگی به دلیل کاهش آب، سیب تیره تر شدن رنگ محصول می شود ضمن اینکه به دلیل کاهش فعالیت آب، زمینه برای انجام واکنش قهوه ای شدن غیر آنزیمی یا میلارد نیز فراهم می گردد. به لحاظ ویسکوزیته بسیاری از فرآورده های غذایی در جریان تغلیظ از طریق تبخیر، هنگامی که غلیظ شدند کاملاً ویسکوز می گردند و در بعضی موارد رفتاری

1. Rotary evaporator

۲-۵- درصد مواد جامد محلول (BX°)

اندازه گیری مقدار مواد جامد محلول توسط یک رفراکتومتر دستی (Atago مدل Rx-7000a، ژاپن) در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد انجام و تحت عنوان درجه بریکس ثبت گردید [۱۴].

۲-۶- دانسیته

اندازه گیری دانسیته توسط یک پیکنومتر ۲۵ میلی لیتری در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد انجام شد [۱۵].

۲-۷- رنگ

اندازه گیری رنگ از طریق تعیین سه شاخص L^* (شدت روشنایی)، a^* (شدت قرمزی) و b^* (شدت زردی) صورت پذیرفت. در عمل برای اندازه گیری این شاخص ها ابتدا میزان مشخصی از نمونه به درون یک پلیت تمیز و شفاف ریخته شد. تصویربرداری بوسیله اسکنر (HP Scanjet مدل G3010، چین) در رزولوشن 300 dpi و با انتخاب یک زمینه 40×40 میلی متری از قسمت مرکزی نمونه انجام گرفت. تصاویر تهیه شده با فرمت و ابعاد معین ذخیره و سپس در اختیار نرم افزار Image J (نسخه 1.40g) قرار گرفتند. با تبدیل فضای رنگی RGB به LAB، شاخص های فوق محاسبه شدند [۱۶، ۲۶].

۲-۸- پارامترهای رئولوژیکی

اندازه گیری ویسکوزیته و پارامترهای رئولوژیکی شاخص رفتار جریان n° و ضریب قوام k با استفاده از ویسکومتر چرخشی (Bohlin مدل 88 Visco، انگلستان) به همراه اسپیندل مناسب در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و در دامنه سرعت برش ۰ تا ۳۰۰ معکوس ثانیه انجام شد. در عمل پارامترهای فوق از طریق برازش مدل قانون توان (رابطه ۱) بر داده های آزمون تنش برش - سرعت برش تعیین گردیدند [۱۷].

$$\tau = k\dot{\gamma}^n \quad \text{رابطه (۱)}$$

1. Whiteness/Darkness
2. Redness/Greenness
3. Yellowness/Blueness
4. Resolution
5. Flow behavior index
6. Consistency coefficient
7. Rotational viscometer
8. Spindle

که در این مدل τ تنش برشی (پاسکال)، $\dot{\gamma}$ سرعت برشی (معکوس ثانیه)، k ضریب قوام (پاسکال.ثانیهⁿ) و n شاخص رفتار جریان (بدون بعد) می باشد.

۲-۹- طرح آماری و تجزیه و تحلیل داده ها

بدین منظور از طرح پایه کاملاً تصادفی تک متغیره در ۳ تکرار استفاده گردید. در عمل نتایج حاصل توسط نرم افزار Mstat-C (نسخه ۱/۴۲، دانشگاه میشیگان) در معرض تجزیه واریانس قرار گرفتند و سپس آزمون دانکن جهت مقایسه میانگین ها در سطح احتمال $p = 0.05$ انجام شد. نمودارها بوسیله نرم افزار Excel 2010 رسم شدند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی تاثیر فرایند تغلیظ بر ویژگی های

فیزیکوشیمیایی عصاره توت خشک

۳-۱-۱- pH

تاثیر فرایند تغلیظ بر pH عصاره توت معنی دار بود ($p < 0.01$). در عمل با گذشت ۳۰ دقیقه از زمان تغلیظ کاهش معنی داری در pH نمونه ایجاد شد و با افزایش زمان تغلیظ نیز این روند کاهشی ادامه یافت ($p < 0.01$). در واقع نتایج حاکی از وجود رابطه عکس میان زمان تغلیظ و pH عصاره توت بود (شکل ۱). توجه این یافته می توان گفت که بطور کلی در حرارت دهی مواد غذایی طی فرایندهایی مانند تغلیظ و یا خشک کردن، خروج آب از ماده غذایی و افزایش غلظت مواد جامد محلول را شاهد هستیم که این پدیده باعث بالا رفتن غلظت ترکیباتی نظیر اسیدهای آلی و و گروه های آزاد کننده یون H^+ می شود [۱۸]. از طرفی در برخی شرایط نظیر حرارت دادن یا نگهداری طولانی مدت مواد غذایی، قندهای احیاء کننده موجود، باعث تشکیل رنگ قهوه ای در ماده غذایی می شوند. متداول ترین نوع قهوه ای شدن در طول حرارت دادن مواد غذایی ناشی از واکنش مایلارد است. ترکیبات شیمیایی حاصل از قهوه ای شدن مایلارد شامل پلیمرهای محلول

pH و افزایش اسیدیته کنسانتره انار ترش را طی دو شرایط حرارت دهی مختلف گزارش نمودند [۱۹]. در همین ارتباط Madhlopa و همکاران (۲۰۰۲) طی خشک کردن خورشیدی (نوعی فرایند حرارت دهی) انبه پی بردند که در طول فرایند خشک کردن، pH فراورده بطور پیوسته کاهش می یابد [۲۰]. افشاری جویباری و همکاران (۱۳۹۱) نیز طی بهینه یابی دمای خشک کن جهت خشک کردن خرما می مضافتی مشاهده نمودند که به جز دمای ۵۰ درجه سانتی گراد در سایر دماها با پیشرفت زمان خشک کردن افت pH به وقوع می پیوندد [۱۸]. در ارتباط با نقش واکنش قهوه ای شدن مایلارد در کاهش pH در طی حرارت دهی مواد غذایی، Baloch و همکاران (۲۰۰۶) بیان نمودند که همان عاملی که موجب تیره شدن رنگ می شود، باعث افت pH نیز می گردد [۲۱].

و نامحلول است که در موقعیت هایی که یک قند احیاء کننده با یک آمینواسید پروتئین و یا سایر ترکیبات نیتروژن دار با هم ترکیب می شوند بوجود می آید. طی این واکنش به دلیل از بین رفتن گروه های آمینی و همچنین تولید اسیدهای آلی، pH ماده غذایی کاهش و اسیدیته آن افزایش می یابد. بنابراین این کاهش pH را می توان به افزایش بیشتر غلظت مواد جامد محلول و بروز شدیدتر واکنش مایلارد طی پروسه حرارت دادن ماده غذایی نسبت داد [۱۸]. وقوع واکنش قهوه ای شدن و افت pH طی پروسه های حرارت دهی مواد غذایی، توسط محققین مختلفی گزارش شده است. از جمله در تحقیق عالمی و همکاران (۱۳۹۱) طی تغلیظ حرارتی آب هندوانه در فشارهای مختلف، افزایش زمان تغلیظ در تمام فشارهای مورد استفاده، کاهش pH فراورده را به دنبال داشت که البته این کاهش معنی دار نبود [۱۵]. معتمدزادگان و همکاران (۱۳۹۶) محققین دیگری بودند که کاهش

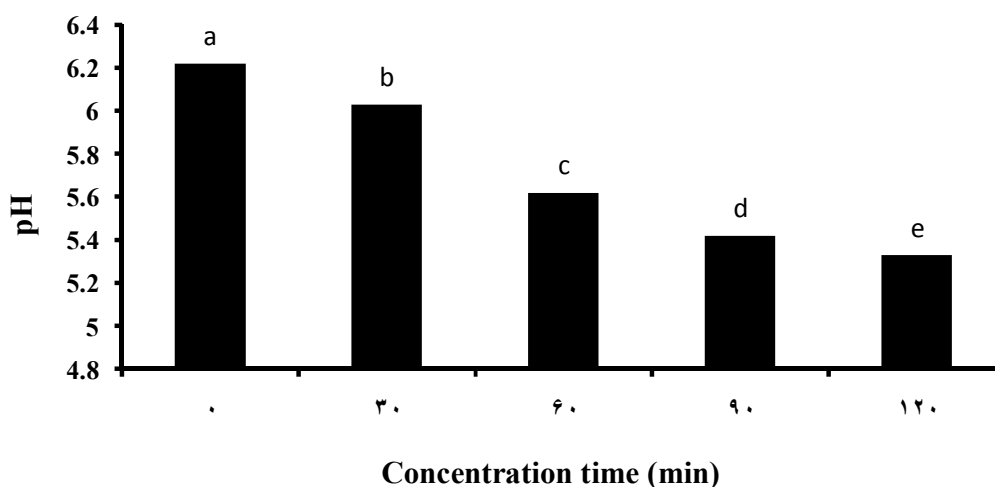


Fig 1 pH changes of dried concentrated berry during evaporation (Different letters in each column show significant differences at 5% statistical level)

وجود رابطه مستقیم میان زمان تغلیظ و BX° عصاره توت بود (شکل ۲). در توجیه این یافته می توان گفت که بطور کلی تغلیظ بعنوان یکی از نمونه های بارز انتقال جرم، شامل تبخیر مواد فرار نظیر آب از مواد غیر فرار در یک محلول می باشد. طی این فرآیند بخار آب از یک محلول در حال جوش خارج شده و محلولی با

۳-۱-۲- درصد مواد جامد محلول (BX°)

تاثیر فرایند تغلیظ بر BX° عصاره توت معنی دار بود ($p < 0.01$). در عمل با گذشت ۳۰ دقیقه از زمان تغلیظ افزایش معنی داری در BX° نمونه ایجاد شد و با افزایش زمان تغلیظ نیز این روند افزایشی ادامه یافت ($p < 0.01$). در واقع نتایج حاکی از

هندوانه در فشارهای مختلف بیان کردند که در هر سه فشار بکار گرفته شده، روند افزایش غلظت در رابطه با زمان تغلیظ از یک رابطه خطی پیروی می کند [۱۵]. نصیری و همکاران (۱۳۹۳) محققین دیگری بودند که آب نارنج را در دماهای مختلف تغلیظ نمودند. در هر چهار دمای مورد استفاده، افزایش زمان تغلیظ بطور پیوسته منجر به افزایش BX° گردید [۱۴]. طی خشک کردن (نوعی فرایند حرارت دهی) خرماي مضافتی در پنج دمای مختلف نیز، افزایش زمان خشک کردن با افزایش مداوم BX° همراه بود [۱۸].

غلظت بالاتر باقی می ماند [۱۴]. به بیان دیگر در حرارت دهی مواد غذایی طی فرایندهایی مانند تغلیظ و یا خشک کردن، خروج آب از ماده غذایی و افزایش غلظت مواد جامد محلول را شاهد هستیم که این پدیده باعث بالا رفتن غلظت ترکیبات مختلف می شود [۱۸]. در همین راستا فروزنده و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیق خود از سه روش تغلیظ مختلف جهت غلیظ نمودن عصاره حاصل از خیسانیدن انجیر خشک استفاده نمودند. در هر سه روش مورد استفاده افزایش زمان تغلیظ، افزایش BX° را در پی داشت [۱۲]. عالمی و همکاران (۱۳۹۱) نیز طی تغلیظ آب

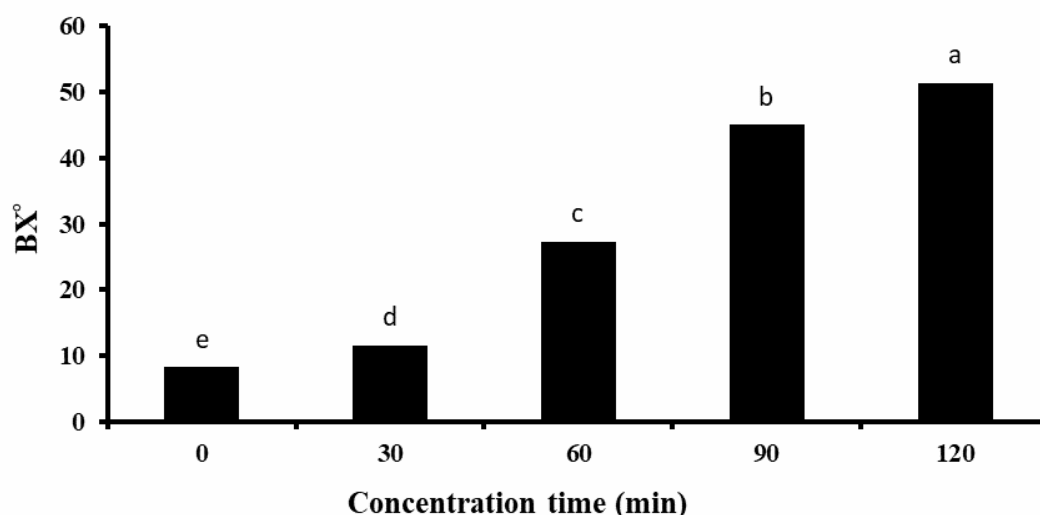


Fig 2 BX changes of dried concentrated berry during evaporation (Different letters in each column show significant differences at 5% statistical level)

مداوم BX° دانست (شکل ۴). وجود رابطه مستقیم بین این دو پارامتر توسط محققان زیادی گزارش شده است. از جمله عالمی و همکاران (۱۳۹۱) طی تغلیظ آب هندوانه در فشارهای مختلف وجود رابطه خطی بین درجه غلظت و دانسیته را مورد انتظار بیان نمودند [۱۵]. در همین راستا در دامنه های دمایی مختلف، افزایش BX° آب پرتقال، آب نوعی میوه برزیلی بنام کاشو، آب انگور زلال، آب هلو پکتین زدایی و صاف شده و پوره انبه به ثبت مقادیر بیشتری برای دانسیته این آب میوه ها منجر گردید [۲۲، ۲۳، ۲۴ و ۲۵].

۳-۱-۳- دانسیته

تاثیر فرایند تغلیظ بر دانسیته عصاره توت معنی دار بود ($p < 0.01$). در عمل با گذشت ۳۰ دقیقه از زمان تغلیظ افزایش معنی داری در دانسیته نمونه ایجاد شد و با افزایش زمان تغلیظ نیز این روند افزایشی ادامه یافت ($p < 0.01$). در واقع نتایج حاکی از وجود رابطه مستقیم میان زمان تغلیظ و دانسیته عصاره توت بود (شکل ۳). در توجیه این یافته می توان به تاثیر پذیری این پارامتر از BX° اشاره کرد. همانطور که در قسمت قبل عنوان شد با افزایش زمان تغلیظ بر مقدار BX° افزوده شد. از این رو افزایش مداوم دانسیته نمونه در طول این فرایند را بایستی پیامد افزایش

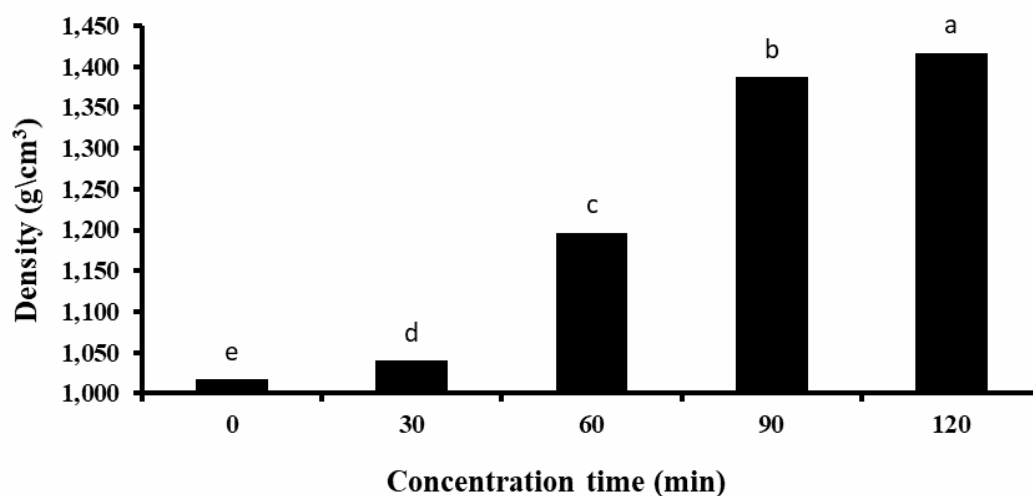


Fig 3 Density changes of dried concentrated berry during evaporation (Different letters in each column show significant differences at 5% statistical level)

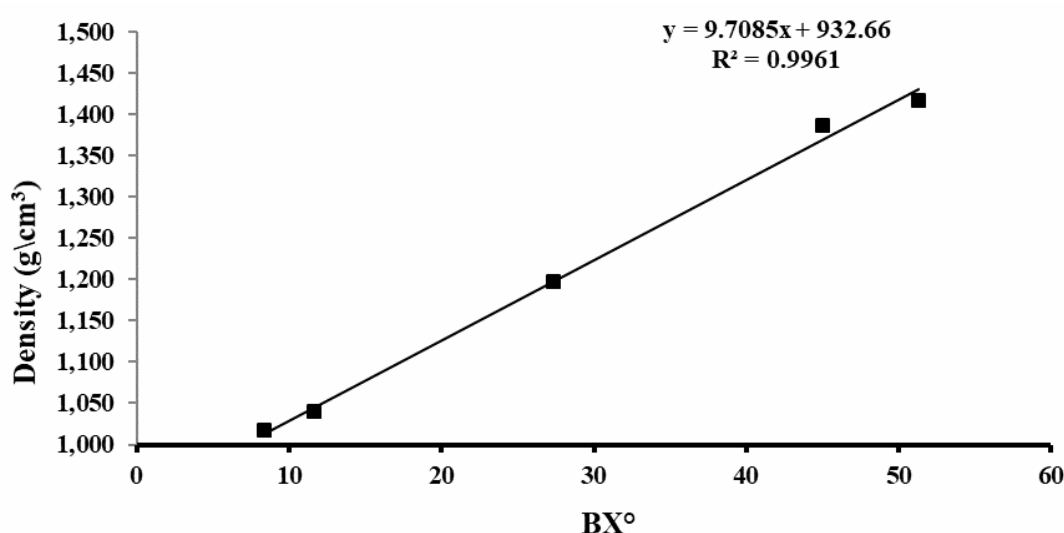


Fig 4 Correlation between BX and density of dried concentrated berry during evaporation

۳-۱-۴- شاخص رنگی L^*

تاثیر فرایند تغلیظ بر شاخص رنگی L^* عصاره توت معنی دار بود ($p < 0/01$). در عمل با گذشت ۳۰ دقیقه از زمان تغلیظ کاهش معنی داری در این شاخص ایجاد شد و با افزایش زمان تغلیظ تا ۹۰ دقیقه نیز این روند کاهشی ادامه یافت ($p < 0/01$) اما با افزایش زمان به ۱۲۰ دقیقه کاهش بوجود آمده معنی دار نبود ($p > 0/01$). در واقع نتایج حاکی از وجود رابطه عکس میان

زمان تغلیظ و شاخص رنگی L^* عصاره توت بود (جدول ۱).

۳-۱-۵- شاخص رنگی a^*

تاثیر فرایند تغلیظ بر شاخص رنگی a^* عصاره توت معنی دار بود ($p < 0/01$). در عمل با گذشت ۳۰ دقیقه از زمان تغلیظ افزایش معنی داری در این شاخص ایجاد شد و با افزایش زمان تغلیظ تا ۹۰ دقیقه نیز این روند افزایشی ادامه یافت ($p < 0/01$) اما با افزایش زمان به ۱۲۰ دقیقه افزایش بوجود آمده معنی دار نبود

($p > 0.01$). در واقع نتایج حاکی از وجود رابطه مستقیم میان زمان تغلیظ و شاخص رنگی a^* عصاره توت بود (جدول ۱).

۳-۱-۶- شاخص رنگی b^*

تأثیر فرایند تغلیظ بر شاخص رنگی b^* عصاره توت معنی دار بود ($p < 0.01$). در عمل با گذشت ۳۰ دقیقه از زمان تغلیظ کاهش معنی داری در این شاخص ایجاد شد و با افزایش زمان تغلیظ تا ۹۰ دقیقه نیز این روند کاهشی ادامه یافت ($p < 0.01$) اما با افزایش زمان به ۱۲۰ دقیقه کاهش بوجود آمده معنی دار نبود ($p > 0.01$). در واقع نتایج حاکی از وجود رابطه عکس میان زمان تغلیظ و شاخص رنگی b^* عصاره توت بود (جدول ۱).

در ارتباط با یافته های بدست آمده در این بخش تحقیق لازم به ذکر است که اساسا شاخص های رنگی L^* ، a^* و b^* در ارتباط با یکدیگر هستند بصورتی که تغییر بوجود آمده در یکی از این شاخص ها ناشی از انجام یک فرایند، می تواند تغییر در شاخص های دیگر را به همراه داشته باشد [۲۶]. بر این اساس توجیه تغییرات بوجود آمده در شاخص های رنگی L^* ، a^* و b^* تیمارها در طی بازه های زمانی مختلف اعمال فرایند تغلیظ و همزدن بایستی با توجه به همین اصل تأثیر پذیری شاخص های رنگی L^* ، a^* و b^* از یکدیگر انجام شود.

در توجیه کاهش L^* و b^* و افزایش a^* نمونه شاهد بدنبال افزایش زمان تغلیظ و همزدن، بایستی بر روی مکانیسم و نقش واکنش های شیمیایی که امکان دارد در طول عملیات حرارتی یک مواد غذایی اتفاق افتد و باعث تغییر رنگ محصول گردد، تمرکز نمود. از مهمترین این واکنش ها می توان به قهوه ای شدن مایلارد، قهوه ای شدن آنزیمی و اکسیداسیون اسید اسکوربیک اشاره کرد [۱۲]. در همین ارتباط عنوان شده است که در برخی شرایط نظیر حرارت دادن یا نگهداری طولانی مدت مواد غذایی، قندهای احیاء کننده موجود باعث تشکیل رنگ قهوه ای در ماده غذایی می شوند. متداول ترین نوع قهوه ای شدن در طول حرارت دادن مواد غذایی ناشی از واکنش مایلارد است که در موقعیت هایی که یک

قند احیاء کننده با یک آمینواسید پروتئین و یا سایر ترکیبات نیتروژن دار با هم ترکیب می شوند به وجود می آید و ترکیبات شیمیایی حاصل از این واکنش شامل پلیمرهای محلول و نامحلول است [۱۸]. رنگ قهوه ای تا سیاه ایجاد شده بر اثر واکنش مایلارد ناشی از تشکیل ملانوئیدین ها^۱ است که ترکیباتی پیچیده با وزن مولکولی بالا هستند. نصیری و همکاران (۱۳۹۳) نیز تجزیه اسید آسکوربیک و واکنش های قهوه ای شدن غیرآنزیمی که در اثر تشکیل فورفورال^۲ ایجاد می شوند را مهمترین واکنشهای تخریبی دانستند که احتمال وقوع آنها طی فرایندهای مانند حرارت دهی، بسته بندی و همچنین نگهداری آب مرکبات وجود دارد [۱۴]. Ibarz و همکاران (۱۹۹۹) واکنش های شیمیایی نظیر مایلارد، کاراملیزه شدن، پلیمریزه شدن و تجزیه شدن ترکیباتی مانند قندها و پروتئین ها در طی فرایند خشک کردن (نوعی اعمال حرارت) را عوامل اصلی تأثیرگذار بر رنگ محصول خشک شده بیان کردند [۲۷]. با توجه به توضیحات فوق طبیعی است که در عملیات های حرارت دهی مواد غذایی همچون تغلیظ یا خشک کردن بروز چنین فعل و انفعالاتی سبب تغییر در رنگ و شاخص های L^* ، a^* و b^* گردد. در تحقیقات فراوانی این واقعیت را به روشنی می توان ملاحظه کرد. برای مثال فروزنده و همکاران (۱۳۹۳) جهت تولید کنسانتره، عصاره حاصل از خیسانیدن انجیر خشک را به سه روش مختلف حرارت دهی تغلیظ نمودند. در هر سه روش رنگ فراورده از زرد کم رنگ به قهوه ای مایل به قرمز تغییر کرد و محققین شاهد کاهش L^* و b^* و افزایش a^* بودند [۱۲]. آنها این تغییرات را به پلیمریزه شدن پیگمانها و ترکیبات فنلی دیگر نسبت دادند. نتایج حاصل از بررسی تغییرات رنگ طی حرارت دهی آب انگور، آب آناناس، آب انار، پوره آناناس و کنسانتره آناناس نیز مؤید این مطلب بود که حرارت سبب کاهش روشنائی نمونه ها می شود [۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲]. نتایج مشابهی از تأثیر اعمال حرارت بر رنگ پوره هلو، عصاره توت و پوره آلو

1. Melanoidins
2. Furfural

تغلیظ حرارتی عنوان کردند که این رخداد به علت محو شدن رنگ زرد مایل به قهوه ای در حین عملیات حرارتی می باشد که پیگمان های ناپایدار آبمیوه را تحت تاثیر قرار می دهد و یا ممکن است بدلیل پلیمریزه شدن پیگمان ها و سایر ترکیبات فنلی باشد [۱۹]. Skrede (۱۹۸۵) محقق دیگری بود که کاهش b^* شیره انگور سیاه را در طول نگهداری آن گزارش نمود [۳۶]. مشابه این تغییرات در سایر فرایندهای حرارت دادن مواد غذایی مانند خشک کردن نیز قابل مشاهده است. از جمله خشک کردن خمیر خرما در دماهای مختلف با کاهش L^* و b^* و افزایش a^* همراه بود [۱۸].

بدست آمد و گزارش شد که کاهش L^* به میزان زیادی در ارتباط با افزایش قهوه ای شدن و تخریب ساختار پیگمانهای مواد غذایی است [۲۷، ۳۳، ۳۴]. نتایج حاصل از تحقیقات Jesus و همکاران (۲۰۰۷) در مورد تغلیظ آب پرتقال با استفاده از روش اسمز معکوس نیز بیانگر این مطلب بود که به دلیل خروج آب از آبمیوه، روشنایی آن کاهش می یابد [۳۵]. در مطالعه نصیری و همکاران (۱۳۹۳) نیز طی تغلیظ آب نارنج و تولید کنسانتره از آن در تمام دامنه های دمایی مورد استفاده با افزایش زمان تغلیظ و در نتیجه افزایش غلظت بر تیرگی کنسانتره تولیدی افزوده و کاهش L^* را شاهد بودیم [۱۴]. معتمدزادگان و همکاران (۱۳۹۶) در توجیه کاهش L^* و افزایش a^* کنسانتره انار ترش در طی

Table 1 Colour indices changes of dried concentrated berry during evaporation*

Colour indices	Concentration time (min)				
	0	30	60	90	120
L^*	30.606 ^a	25.809 ^b	17.873 ^c	7.750 ^d	5.961 ^d
a^*	2.164 ^d	3.877 ^c	7.478 ^b	13.457 ^a	14.101 ^a
b^*	17.542 ^a	16.253 ^b	13.706 ^c	7.700 ^d	7.003 ^d

*Different letters in the same column mean significantly different ($p < 0.05$)

افزایش زمان تغلیظ تا ۶۰ دقیقه افزایش بوجود آمده در این شاخص معنی دار گردید ($p < 0.01$). در واقع نتایج حاکی از وجود رابطه مستقیم میان زمان تغلیظ و k عصاره توت بود (جدول ۲).

توجه به مقادیر حاصل شده برای n و k تیمارها در این بخش از تحقیق و تغییرات بوجود آمده در آنها در طول اعمال فرایند تغلیظ، یافته های رئولوژیکی ارزشمندی را آشکار می سازد. در ابتدا اشاره به این نکته مهم ضروری است که بطور کلی رفتار رئولوژیکی محصولات تولید شده از آب میوه ها تحت تاثیر مقدار و ویژگی ترکیبات تشکیل دهنده آنها می باشد و به نوع میوه و تیمارهای انجام شده روی آنها در طی فراوری نیز بستگی دارد [۱۴]. اولین یافته مهمی که با دقت در جدول (۲) می توان به آن پی برد این است که مقدار n برای عصاره توت خشک پس از اعمال بازه های زمانی مختلف تغلیظ، همواره در محدوده بین

۳-۲- بررسی تاثیر فرایند تغلیظ بر ویژگی های

رئولوژیکی عصاره توت خشک

۳-۲-۱- شاخص رفتار جریان (n)

تاثیر فرایند تغلیظ بر n عصاره توت معنی دار بود ($p < 0.01$). در عمل با گذشت ۳۰ دقیقه از زمان تغلیظ کاهش در این شاخص ایجاد شد که البته معنی دار نبود ($p > 0.01$) اما با افزایش زمان تغلیظ تا ۶۰ دقیقه کاهش بوجود آمده در این شاخص معنی دار گردید ($p < 0.01$). در واقع نتایج حاکی از وجود رابطه عکس میان زمان تغلیظ و n عصاره توت بود (جدول ۲).

۳-۲-۲- ضریب قوام (k)

تاثیر فرایند تغلیظ بر k عصاره توت معنی دار بود ($p < 0.01$). در عمل با گذشت ۳۰ دقیقه از زمان تغلیظ افزایش در این شاخص ایجاد شد که البته معنی دار نبود ($p > 0.01$) اما با

صفر و یک قرار دارد که بر این اساس می توان بیان کرد که شاهد رفتار رئولوژیکی سیالات غیرنیوتنی از نوع رقیق شونده با برش^۱ یا سودوپلاستیک^۲ بوده ایم. برازش مدل ها نشان داد که از بین مدل های موجود تنها مدل قانون توان بخوبی بیانگر رفتار جریان نمونه ها می باشد. از طرفی رسم منحنی تنش برشی در برابر سرعت برشی در مورد نمونه شاهد (عصاره توت خشک تغلیظ نشده) و همچنین نمونه تغلیظ شده به مدت ۳۰ دقیقه (ابتدای فرایند تغلیظ) نشان داد که تنش برشی بصورت مستقیم با سرعت برشی متناسب است به عبارتی تنش برشی تابع خطی سرعت برشی است و شیب منحنی یا ویسکوزیته ثابت بوده و نمودار از مبدأ آغاز می شود که بر این اساس می توان نتیجه گرفت که این دو نمونه رفتار جریان نیوتنی از خود نشان داده اند و در این محدوده غلظتی جزء سیالات متحرک یا روان محسوب می شوند. اما با افزایش زمان تغلیظ رفتار جریانی نمونه ها تغییر و بصورت رقیق شونده با برش درآمد (شکل ۵) ضمن اینکه منجر به کاهش n و افزایش k گردید (جدول ۲). بروز رفتار نیوتنی قبل تغلیظ و در ابتدای فرایند تغلیظ با نتایج سایر محققین منطبق است. برای مثال بررسی رفتار رئولوژیکی عصاره زغال اخته و تمشک تا غلظت ۶۵ درصد مواد جامد محلول، عصاره گیلاس در محدوده غلظتی ۲۲ الی ۷۴ درصد مواد جامد محلول، عصاره آناناس در محدوده غلظتی ۴ الی ۱۴ درصد مواد جامد محلول و عصاره انار در محدوده غلظتی ۱۵ الی ۷۵ درصد مواد جامد محلول موید رفتار نیوتنی این سیالات بود [۳۷، ۳۸، ۳۹ و ۴۰].

در توجیه تغییر رفتار نیوتنی عصاره توت به رفتار سودوپلاستیک طی فرایند تغلیظ همانطور که پیش تر عنوان گردید اساسا رفتار رئولوژیکی محصولات تولید شده از آب میوه ها تحت تأثیر مقدار و ویژگی ترکیبات تشکیل دهنده آنها می باشد و به نوع میوه و تیمارهای انجام شده روی آنها در طی فرآوری نیز بستگی دارد

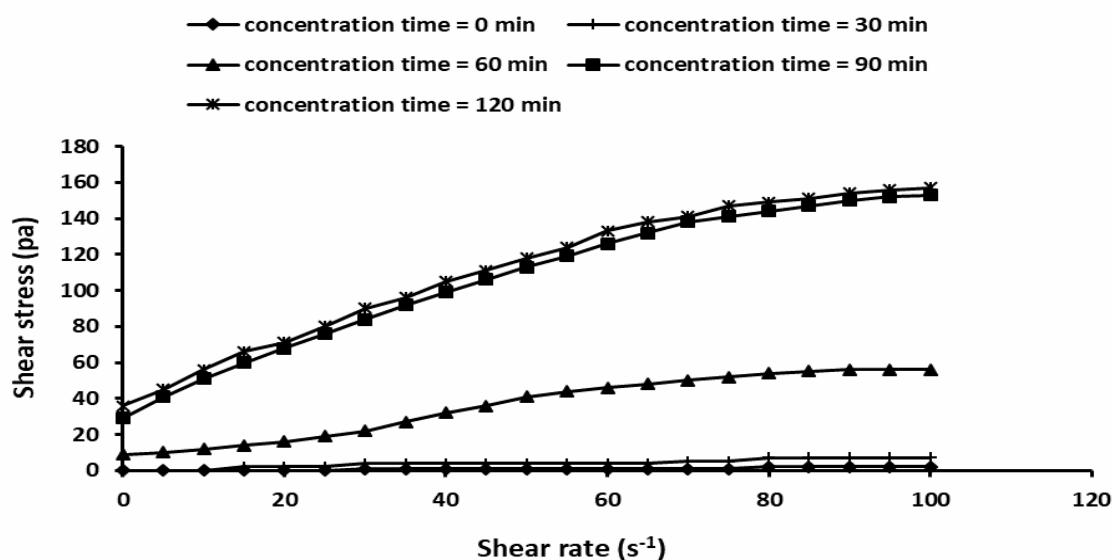
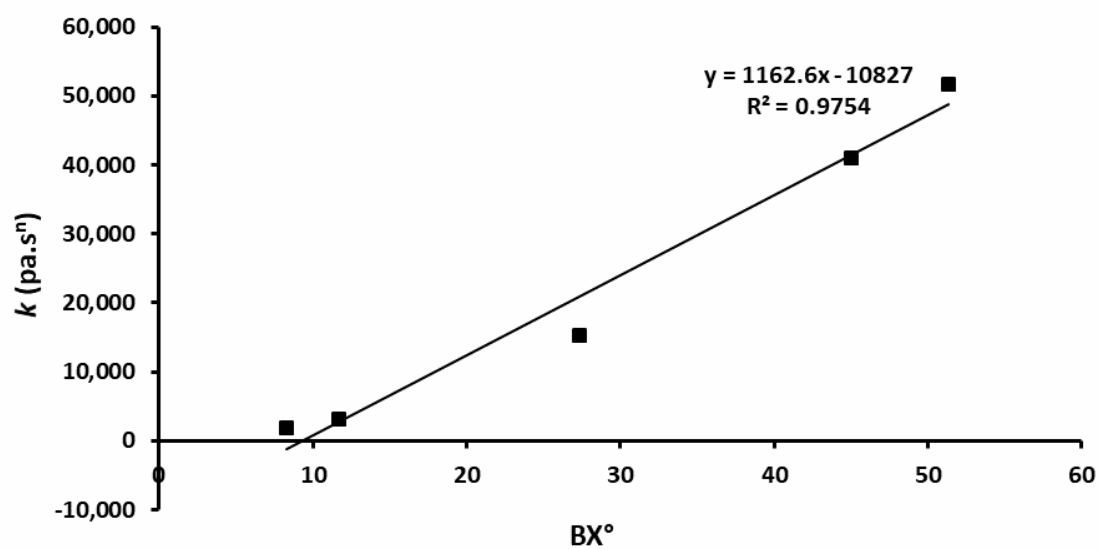
و در این میان رفتار رئولوژیکی این محصولات بطور معنی داری تحت تأثیر عامل غلظت قرار می گیرد [۲۴، ۲۵ و ۴۱]. بر این اساس و با توجه به اینکه در این تحقیق افزایش زمان تغلیظ، افزایش BX° را در پی داشت بنابراین می توان تغییر رفتار جریان از نیوتنی به رقیق شونده با برش و همچنین کاهش n و افزایش k و به عبارتی تشدید رفتار رقیق شوندگی با برش را پیامد همین افزایش زمان تغلیظ و نتیجه آن یعنی افزایش BX° قلمداد کرد (شکل ۶). گزارشات متعددی در رابطه با تغییر رفتار جریان فوق حین فرایند تغلیظ مرتبط با تغییرات BX° وجود دارد. از جمله نصیری و همکاران (۱۳۹۳) طی تغلیظ آب نارنج در دماهای مختلف و تولید کنسانتره از آن اظهار داشتند که در هر دمایی افزایش غلظت سبب کاهش n و افزایش k و به عبارتی تشدید رفتار رقیق شوندگی با برش می گردد. این محققین به افزایش ویسکوزیته همزمان با افزایش محتوی ماده جامد محلول تاکید داشتند [۱۴]. عالمی و همکاران (۱۳۹۱) نیز طی تغلیظ آب هندوانه به این نتیجه رسیدند که با افزایش غلظت، رفتار جریان از نیوتنی به رقیق شونده با برش تغییر می کند [۱۵]. یوسفی و همکاران (۱۳۹۴) طی بررسی رفتار جریانی آبمیوه حاصل از پوره هلو ایرانی، مدل قانون توان را بهترین مدل تشخیص دادند و رفتار سودوپلاستیک را برای تمامی نمونه ها گزارش کردند [۴۲]. Augusto و همکاران (۲۰۱۱) نیز که اثر افزودن فیبر هلو به بر خواص رئولوژیکی فیبر هلو را هدف تحقیق خود قرار داده بودند، شاهد رفتار جریان نیوتنی تا سودوپلاستیک توسط محلول حاصل بودند [۴۳]. مشابه این نتایج در مطالعات انجام شده بر روی آب پرتقال، کنسانتره آب خرما، آب انگور زلال، عصاره میوه کاجا^۳ برزیلی، کنسانتره آب توت سیاه، کنسانتره آب انبه، کنسانتره آب میوه پوملو^۴، پوره انبه و کنسانتره آب آناناس نیز قابل مشاهده می باشد [۴۴، ۴۵، ۴۶، ۴۷، ۴۸، ۴۹، ۵۰ و ۳۱].

3. Caja
4. Pummelo

1. Shear Thinning
2. Pseudoplastic

Table 2 Changes in rheological properties of dried concentrated berry during evaporation*

Rheological indices	Concentration time (min)				
	0	30	60	90	120
n	0.195 ^a	0.187 ^{ab}	0.174 ^b	0.146 ^c	0.136 ^c
k (pa.s ⁿ)	1.831 ^d	3.064 ^d	15.209 ^c	41.015 ^b	51.763 ^a

*Different letters in the same column mean significantly different ($p < 0.05$)**Fig 5** Rheogram of dried concentrated berry during evaporation (at temperature 25 °C)**Fig 6** Correlation between BX and consistency coefficient of dried concentrated berry during evaporation.

۴- نتیجه گیری

با توجه به وجود توصیه های تغذیه ای فراوان به کاهش مصرف شکر در رژیم غذایی تمام گروه های سنی به علت نقش بارز آن در بروز چاقی و بیماری های غیرواگیر مانند دیابت، کبد چرب، سرطان لوزالمعده، سرطان پستان و ... جایگزینی آن در محصولات غذایی مختلف با کنسانتره حاصل از میوه های تازه و خشک شده می تواند گامی در جهت پیشگیری و کنترل بیماری های فوق باشد. از این رو طی فرایند تغلیظ و کنسانتره سازی آبمیوه های گوناگون ضرورت دارد که درک دقیقی از تغییرات بوجود آمده در خصوصیات فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و میکروبی محصول حین این فرایند حاصل آید تا زمینه مناسبی برای مقدار و چگونگی استفاده از آن به عنوان یک جایگزین یا افزودنی در محصول غذایی نهایی مهیا گردد. برای مثال مطالعه رفتار رئولوژیکی محصولات مختلف تولید شده از آب میوه ها علاوه بر اینکه از جهت ارزیابی کیفی این فرآورده ها مهم است بلکه به منظور طراحی مراحل فرآوری شامل پمپ کردن، همزدن، انتقال به وسیله خطوط لوله و ... نیز حائز اهمیت می باشد. در همین راستا و با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق می توان استفاده از کنسانتره توت سفید خشک را به عنوان جایگزین شکر یا شربت اینورت در محصولاتی مانند کیک، بستنی، مربا و ... را هدف مطالعات بعدی قرار داد.

۵- تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله از حمایت های مادی و معنوی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تربت حیدریه که هزینه های این پروژه را تقبل نموده اند تشکر می نمایند.

۶- منابع

- [3] Basiri, SH., Shahidi, F. 2017. Investigation on the effects of different amounts of gellatin and guar on texture, organoleptic and color properties of white mulberry pastille. *Iraninan Food Science and Technology Research Journal*, 13(1), 1-13.
- [4] Basiri, SH. 2017. Determination of some of physico-chemical the properties and suitable storage time of concentrated mulberry in Khorasan region. *Journal Food Science Technology*, 66(14), 175-186.
- [5] Malgorzata, L. 2015. Energy and nutritional properties of the white mulberry (*Morus alba* L.). *Journal of Agricultural Science and Technology*, A5, 709-716.
- [6] Ercisli, S., Orhan, E. 2007. Chemical composition of white (*Morus alba*), red (*Morus rubra*) and black (*Morus nigra*) mulberry fruits. *Food Chemistry*, 103(4), 1380-1384.
- [7] Gungor, N., Sengul, M. 2008. Antioxidant activity, total phenolic content and selected physicochemical properties of white mulberry (*Morus alba* L.) fruits. *International Journal of Food Properties*, 11, 44-52.
- [8] Da Villa, G., Lanaro, G., Mangiola, F., Del Toma, E., Vitale, A., Gasbarrini, A., Gasbarrini, G. 2014. White mulberry supplementation as adjuvant treatment of obesity. *Journal of Biological Regulators and Homeostatic agents*, 28(1), 141-145.
- [9] Khan, M., Khan, A., Rehman, N., Gilani, A. 2014. Blood pressure lowering effect of *Morus alba* is mediated through Ca^{++} antagonist pathway. *International Journal of Pharmacology*, 10(4), 225-230.
- [10] Lee, Y.J., Choi, D.H., Kim, E.J., Kim, H.Y., Kwon, T.O., Kang, D.G., Lee, H.S. 2011. Hypotensive, hypolipidemic, and vascular protective effects of *Morus alba* L. in rats fed an atherogenic diet. *The American Journal of Chinese Medicine*, 39(1), 39-52.
- [11] Rezvani, A., Shahidi, A. 2015. The use of thermal membrane processes for the concentration of liquid foods. *Fourth National Food Security Conference*, Iran, Savadkoh, 22April, 1-9.
- [12] Forozandeh, F., Maftonazad, N., Farahnaki, A., Hosseini, E. 2013. Production of fig juice concentrate from dried fig fruits (Sabz cultivar) and evaluation of color changes. *Iranian Journal of Food Science and Technology*,
- [1] Elhamirad, A.H. 2013. Optimization of juice clarification of two native white mulberry (*Morus alba*) varieties. *Iranian Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 5(1), 91-103.
- [2] Hasanabadi, A. 2003. Guide to breeding silkworm and planting Mulberry tree. *Ferdowsi University of Mashhad Press*, 1-160.

- T.S.A., Veleso, C.M., Reis, M.F.T., Castro, S.S. 2009. Thermo physical properties of cashew juice at different concentration and temperature. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, 11(1), 35-42.
- [24] Puentes, E.M., Rubio, L.A., Carullo, C.A., Chernikoff, R.E., Zuritz, C.A., Cabeza, M.S. 2004. Density, viscosity and coefficient of thermal expansion of clear grape juice at different soluble solid concentrations and temperatures. *Journal of Food Engineering*, 11(1), 35-42.
- [25] Gundurao, A., Ramaswamy, H.S., Ahmed, J. 2011. Effect of soluble solids concentration and temperature on thermo-physical and rheological properties of mango puree. *International Journal of Food Properties*, 14 (5), 1018-1036.
- [26] Fathi, M., Mohebbi, M., Razavi, S.M.A. 2009. Application of image analysis and artificial neuralnetwork to predict mass transfer kinetics and color changes of osmotically dehydrated kiwifruit. *Food and Bioprocess Technology*, DOI 10.1007/s11947-009-0222-y.
- [27] Ibarz, S.G., Pagan, A.J., Giner, J. 1999. Non-enzymatic browning in peach puree during heating. *Food Research International*, 32, 335-343.
- [28] Rhim, J. W., Nunes, R.V., Jones, V.A., Swartzel, K.R. 1989. Kinetics of color change of grape juice generated using linearly increasing temperature. *Journal of Food Science*, 54,776-777.
- [29] Rattanathanalerk, M., Chiewchan, N., Srichumpoung, W. 2005. Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice. *Journal of Food Engineering*, 66, 259-265.
- [30] Maskan, M. 2006. Production of pomegranate (*Punica granatum* L.) juice concentrate by various heating methods: color degradation and kinetics. *Journal of Food Engineering*, 72, 218-224.
- [31] Chutintrasri, B., Noomhorm, A. 2007. Color degradation kinetics of pineapple puree during thermal processing. *LWT*, 40, 300-306.
- [32] Assawarachan, R., Noomhorm, N. 2011. Changes in color and rheological behavior of pineapple concentrate through various evaporation methods. *Int. J. Agric. Boil. Eng.*, 41(10), 141-148.
- [13] AOAC. 2000. Official Methods of Analysis, 17th Edition. Association of Official Analytical chemists Inc. Arlington, VA.
- [14] Nasiri, M., Farahnaki, A., Niakosari, M., Majzobi, M., Mesbahi, GH. 2014. Evaluation of processing condition on physicochemical properties and flow behavior of sour orange juice concentrate. *Iranian Journal of Food Research*, 24(2), 155-166.
- [15] Alemi, A., Emamjomeh, Z., Mirzaei, H. 2012. Effect of pressure and temperature of concentration on some of quality attributes of watermelon juice. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 34(9), 37-44.
- [16] Sun, D.W., Zheng, C., Zheng, L. 2006. Recent developments and applications of image features for food quality evaluation and inspection – a review. *Trends in Food Science & Technology*, 17, 642-655.
- [17] Kaya, A., Sanghoon, K., Sundaram, G. 2011. Viscosity and color change during in situ solidification of grape pekmez. *Food Bioprocess Technology*, 4, 241-246.
- [18] Afsharijoibari, H., Farahnaki, A., Majzobi, M., Mesbahi, GH., Niakosari, M. 2012. Study of color changes of Mazafati date during drying for selecting optimum air temperature of drier. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 9(36), 1-10.
- [19] Motamedzadegan, A., Hassan-zade, A., Khosravi, T. 2017. Effect of pressure and soluble solids concentration on rheological behavior of sour pomegranate juice concentrates (*Punica granatum* L.). *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 14(62), 291-302.
- [20] Madhlopa, A., Jones, S.A., Kalenga Saka, J.D. 2002. A solar air heater with composite-absorber systems for food dehydration. *Renewable Energy*, (27), 27-37.
- [21] Baloch, M., Saleem, S.A., Baloch, A., Baloch, W.A. 2006. Impact of controlled atmosphere on the stability of Dhakki dates. *Swiss Society of Food Science and Technology*, (39), 671-676.
- [22] Ramos, A.M., Ibarz, A. 1998. Density of juice and fruit puree as a function of soluble solids content and temperature. *Journal of Food Engineering*, 35, 57-63.
- [23] Bonomo, R.C.F., Fontan, R.C.I., Souza,

- studies*, 36 (1), 68-77.
- [41] Chin, N.L., Chan, S.M., Yusof, Y.A., Chuah, T.G., Talib R.A. 2009. Modeling of rheological behavior of pummelo juice concentrates using master-curve. *Food Engineering*, 93,134- 140.
- [42] Yousefi, A., Shahi, F., Sheikhlouei, H. 2016. Investigation of the steady shear flow behavior of Iranian peach concentrate: influence of concentration and temperature. *Iranian Journal of Innovative Food Technologies*, 3(2), 11-22.
- [43] Augusto, P.E.D., Falguera, V., Cristianini, M., Ibarz, A. 2011. Influence of fiber addition on the rheological properties of peach juice. *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 1086-1092.
- [44] Ibarz, A., Gonzalez, C., Esplugas, S. 1994. Rheology of clarified fruit juices. *Journal of Food Engineering*, 17,320-323.
- [45] Hobani, A.I. 1998. Rheological behaviour of date-water concentrates. *Journal of Food Engineering*, 36, 349-357.
- [46] Assis, M.M.M., Tadini, C.C., Lannes, S.C. 2005. Influence of temperature and concentration on rheological properties of caja juice (*Spondia mombin*, L). *Eurotherm Seminar 77 – Heat and Mass Transfer in Food Processing*, June 20-22, Parma, Italy.
- [47] Cabral, R.A.F., Orrego-Alzate, C.E., Gabas, A.L., Telis-Romero, J. 2007. Rheological and thermophysical properties of blackberry juice. *Food Technology*, 27:589-595.
- [48] Dak, M., Verma, R.C., Jaaffray, S.N.A. 2007. Effect of temperature and concentration on the rheological properties of "Kesar" mango juice. *Journal of Food Engineering*, 80, 1011-1015.
- 3(1), 45-60.
- [33] Suh, H.J., Noh, D.O., Kang, C.S., Kim, J.M., Lee, S.W. 2003. Thermal kinetics of color degradation of mulberry fruit extract. *Nahrung*, 47, 132-135.
- [34] Ahmed, J., Shivhare, U. S., Raghavan, G. S. V. 2004. Thermal degradation kinetics of anthocyanin and visual colour of plum puree. *European Food Research Technology*, 218, 525-528.
- [35] Jesus, D.F., Leite, M.F., Silva, L.F.M., Modesta, R.D., Matta, V.M., Cabral, L.M.C. 2007. Orange (*Citrus sinensis*) juice concentration by reverse osmosis. *Journal of Food Engineering*, 81, 287-291.
- [36] Skrede, G. 1985. Color quality of blackcurrant syrups during storage evaluated by Hunter L, a, b values. *Journal of Food Science*, 50, 514-517, 525.
- [37] Nindo, C.I., Tang, J., Powers, J.R., Singh, P. 2005. Viscosity of blueberry and raspberry juices for processing applications. *Journal of Food Engineering*, 69, 343-350.
- [38] Giner, J., Ibarz, A., Garza, S., Xhian-Quan, S. 1996. Rheology of clarified cherry juices. *Journal of Food Engineering*, 30: 147-154.
- [39] Shamsudin, R., Wan Daud, W.R., Takrif, M.S., Hassan, O., Mustapha Kamal, S.M., Abdullah, A.G.L. 2007. Influence of temperature and soluble solid content on rheological properties of the Josapine variety of pineapple fruit (*Ananas Comosus* L.). *International Journal of Engineering and Technology*, 4(2), 213-220.
- [40] Altan, A., Maskan, M. 2005. Rheological behavior of pomegranate (*Punica Granatum* L.) juice and concentrate. *Journal of Texture*

Investigation of physicochemical and rheological properties of dried white mulberry (*Morus alba* L.) extract during concentration

Karazhiyan, H. ^{1*}, Keyhani, V. ²

1 Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Torbat-e Heydarieh Branch, Torbat-e Heydarieh, Iran

2 Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Torbat-e Heydarieh Branch, Torbat-e Heydarieh, Iran

(Received: 2019/01/26 Accepted:2019/10/15)

Berry is expanded in different regions of Iran. Due to short time of harvesting season and sensitiveness to storage drying is a method for its preservation. Due to high wastages of this fruit in the country, importance of processing industry and evidences about high disadvantages of using sugar in foods, the aim of current research is based on achievement to a kind of concentrate from dried berry with profit properties for further usages in food formulations as a sugar or invert syrup substitute in different foods. After cleaning and maceration of dried berry, the obtained extract was evaporated using a rotary evaporator at a constant rate and temperature and 0, 30, 60, 90 and 120 minutes. Rheological properties, pH, density, brix and colour indices were evaluated. Results demonstrated that pH, b*, L* indices and flow index behavior decreased and brix, density, a* index and consistency coefficient increased during evaporation time. Flow behavior showed an intensified in pseudoplastic behavior.

Keywords: Dried white mulberry, Concentrate, Physicochemical properties, Rheological properties.

* Corresponding Author E-Mail Address: Hojjat_Karazhiyan@yahoo.com