



## تاثیر فرآیند تغلیظ بر ترکیبات زیست فعال شربت رقیق چغندر قند: بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی آن

حبیب نویدی فر<sup>۱\*</sup>، بیوک آقا فرمانی<sup>۲</sup>، شایسته درخشان<sup>۳</sup>، بهروز کاظم زاده<sup>۴</sup>، امین کهوریان<sup>۵</sup>

- ۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران.
- ۲- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، ایران.
- ۳- دانش آموخته کارشناسی زبان انگلیسی، گروه زبان انگلیسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
- ۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد شیمی کاربردی، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.
- ۵- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ممقان، دانشگاه آزاد اسلامی، ممقان، ایران.

### چکیده

### اطلاعات مقاله

در این تحقیق اثر فرآیند تغلیظ (اوپراسیون) بر ترکیبات زیست فعال و ویژگی های کیفی شربت رقیق و شربت غلیظ طی زمان برداشت چغندر بررسی شد. ترکیبات فنولی و آنتوسیانینی شربت رقیق و ویژگی های کیفی مانند بریکس، درجه ی خلوص و رنگ محلول مورد توجه بودند. برای این منظور از اوایل مهرماه تا اواخر دی ماه سال ۹۴ برای شربت رقیق از مرحله ی آخر فرآیند تصفیه و برای شربت غلیظ از مرحله ی آخر فرآیند تغلیظ نمونه برداری شد و کلیه ی آزمایشات شیمیایی کیفی بر اساس کتاب مرجع ایکومزا انجام شد. در شربت رقیق مقدار آنتوسیانین طی زمان برداشت چغندر ثابت بود، اما مقدار فنول کل در ماه های اول و چهارم تفاوت معنی داری داشت. مقدار پروتئین در ماه های اول، سوم و چهارم تفاوت معنی داری نداشت. بیشترین بریکس شربت رقیق در ماه های اول و دوم ۱۳/۱۴٪ بود و درجه ی خلوص آن از ابتدا تا انتهای فصل برداشت روند افزایشی داشت. بیشترین رنگ محلول شربت رقیق در ماه های سوم و چهارم برداشت مشاهده شد. شربت غلیظ در ماه های اول و دوم از بیشترین بریکس (به طور متوسط ۵۳٪) برخوردار بود و این شربت در زمان برداشت به جزء ماه دوم، رنگ محلول بالایی داشت. نتایج حاصل از این تحقیق صحت عملکرد فرآیندهای تصفیه و اوپراسیون برای حذف هر چه بیشتر ناخالصی های موجود در شربت خام استخراج شده از خلال های چغندر قند را نشان داد.

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۲

کلمات کلیدی:

اوپراتور،

ترکیبات زیست فعال،

شربت رقیق و غلیظ،

چغندر قند.

DOI: 10.22034/FSCT.19.132.397

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.132.32.5

\* مسئول مکاتبات:

artanbay@yahoo.com

## ۱- مقدمه

چغندر قند با نام علمی *Beta vulgaris* گیاهی است که از نظر ارزش غذایی و صنعتی از اهمیت بالایی برخوردار بوده و مقرون به صرفه می باشد. وجود ماده‌های شیرین ساکاروز که در قسمت ریشه‌ی گیاه چغندر ذخیره می شود باعث شد که برای اولین بار در سال ۱۷۸۶ توسط شاگرد مارگراف به نام آچارد، شکر را از چغندر قند استخراج گردد [۱]. در جامعه‌ی امروزه شکر به ماده‌ای اطلاق می شود که مزه‌ی شیرین داشته و به صورت کریستال‌های سفید عرضه می گردد [۲]. شکر از چغندر قند و یا نیشکر و در بعضی کشورها از شیرهای نخل خرما بدست می آید. شکر به عنوان ماده‌ی اولیه در تهیه‌ی بسیاری از مواد غذایی کاربرد فراوان دارد. علیرغم تولید شیرین کننده‌های طبیعی و غیرطبیعی، مصرف شکر همچنان از جایگاه ویژه‌ای در صنایع غذایی برخوردار است [۳]. برای تولید شکر سفید از چغندر قند مراحل زیر باید طی شود: ۱- شست و شوی چغندر، ۲- آسیاب خلال، ۳- دیفوزیون (عصاره گیری)، ۴- تصفیه، ۵- اوپراسیون (تغلیظ)، ۶- کریستالیزاسیون، ۷- جداسازی، ۸- خشک کردن و ۹- بسته بندی. در مرحله‌ی دیفوزیون در صورت تماس آب تازه (آب کندانس + بخار خارج شده از سوختن گوگرد) با دمای °C ۷۰ با خلال‌های چغندر قند، عمل عصاره گیری انجام شده و شربت اولیه بدست می آید که رنگ سیاه تا خاکستری داشته و به آن شربت خام گفته می شود [۴]. شربت خام حاوی ذرات ریز تفاله و مواد غیرقندی گوناگون (مانند ترکیبات رنگی، آمینو اسیدها، پکتین، مواد معدنی و غیره) می باشد، پس باید عمل تصفیه را طی کند. تصفیه‌ی شربت خام در قسمت تصفیه صورت می گیرد. شربت تمیزی که بعد از مرحله‌ی تصفیه بدست می آید شربت رقیق نامیده می شود. مقدار ماده خشک شربت رقیق بین ۱۵-۱۲٪ می باشد که این مقدار باید به حدی برسد تا کریستال‌های شکر ایجاد گردد. بنابراین باید عمل تغلیظ در قسمت اوپراسیون انجام می گیرد. مهم ترین عملکرد اوپراسیون جدا کردن آب از شربت است که در نتیجه‌ی غلیظ شدن شربت رقیق و تبدیل آن به شربت غلیظ می باشد. در نهایت مقدار ماده خشک شربت غلیظ به ۷۰-۶۰٪ رسیده تا به قسمت کریستالیزاسیون فرستاده شود. محققین دریافته اند که ترکیبات فنولی

و رنگی که دارای وزن مولکولی بالا می باشند، علاوه بر جذب در سطح کریستال به داخل آن هم وارد می شوند. شکر با گذشت زمان تحت شرایط خاص تغییر رنگ می دهد که این تغییر رنگ به دلیل وجود ترکیبات باقی مانده در سطح و داخل کریستال می باشد. این ترکیبات عمدتاً شامل: ترکیبات فنولی، ملانوییدی، ملانینی، کارامل و ترکیبات آلکالوئیدی حاصل از تغییرات pH می باشد. در بین ترکیبات فوق آنهایی که دارای ساختار فنولی هستند از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. این ترکیبات در گیاه چغندر قند وجود داشته و در مرحله‌ی دیفوزیون در حین عصاره گیری وارد شربت خام شده و تمامی مراحل تولید را طی کرده و نهایتاً در سطح و داخل کریستال‌های شکر قرار می گیرند [۵]. در صنعت قند هدف اصلی و اساسی استخراج حداکثری قند ساکاروز است. هر کدام از ترکیبات زیست فعال (فنول‌ها، پروتئین‌ها، آنتوسیانین‌ها) به صورت ناخالصی راندمان تولید را کاهش می دهند. مطابق اصل ثابت شده به ازاء هر واحد ناخالصی، ۱/۵ واحد قند ساکاروز هدر می رود [۶].

چغندر قند طی دوره‌ی رشد رویشی فاقد ساقه بوده و به صورت مجموعه‌هایی از برگ‌های بزرگ افقی تا عمودی مشاهده می شود. طول دوره‌ی رشد برای تولید قند ۶ تا ۹ ماه می باشد. معمولاً در آب و هوای کوهستانی از رشد و کیفیت خوبی برخوردار است و در ایران مناطقی چون شهرستان اقلید و شهرکرد و تربت حیدریه بالاترین سطح کشت را دارند [۷]. چغندر قند سازگاری وسیعی با شرایط محیط متنوع داشته و به سرما و گرما نسبتاً مقاوم است. به خشکی و شوری خاک هم مقاوم است. عوامل محیطی مانند حرارت، نور، طول روز و رطوبت خاک تا حد زیادی تعیین کننده‌ی نحوه‌ی رشد و ذخیره‌ی قند در ریشه می باشد. خاک‌های بارور، دارای زهکشی خوب، بافت متوسط و اسیدیته‌ی خنثی تا کمی قلیایی برای چغندر قند ایده آل است [۸]. آماده سازی چغندر در کارخانه‌های قند در دو بخش انجام می شود. اول تخلیه‌ی چغندر و نگهداری در سیلوها، دوم شستشوی چغندر و تبدیل به خلال. در قسمت آسیاب خلال، چغندرها توسط دستگاه رنده شده و به صورت خلال‌های نازک روی نوار نقاله ریخته شده تا وارد برج دیفوزیون (عصاره گیری) شوند. در برج دیفوزیون در صورت تماس آب تازه با دمای °C ۷۰ با خلال‌ها، شربت خام بدست می آید. معمولاً آب تازه

می‌شوند [۱۶، ۱۷]. انواع پلی‌فنول شامل فنولیک اسیدها (هیدروکسی‌بنزوئیک اسیدها و هیدروکسی‌سینامیک اسیدها)، فلاونوئیدها (فلاونول، فلاون‌ها، فلاونون‌ها، فلاوانول‌ها، ایزو فلاون‌ها، پروآنتوسیانین‌ها)، آنتوسیانین‌ها و لیگنان‌ها تقسیم می‌شوند [۱۸، ۱۹]. ترکیبات فنولی به صورت مؤثری به عنوان دهنده‌ی هیدروژن عمل نموده لذا آنتی‌اکسیدان مؤثر عمل می‌کنند [۲۰]. خاصیت آنتی‌اکسیدانی گیاهان به میزان هر یک از ترکیبات پلی‌فنولی بستگی دارد [۲۱]. ترکیبات فنولی دارای خواص بیولوژیکی متعددی مانند خاصیت آنتی‌اکسیدانی، رویش رادیکال‌های آزاد و خاصیت ضد التهاب می‌باشند [۲۲-۲۷]. این ترکیبات باعث جلوگیری یا به تأخیر انداختن آسیب‌های اکسیداتیو در چربی‌ها و دیگر مولکول‌های مهم شده و از به‌وجود آمدن سرطان و بیماری‌های قلبی، آلزایمر، پارکینسون و دیابت جلوگیری می‌کنند [۲۸-۳۱]. شواهد و مطالعات فراوان نشان می‌دهد که پلی‌فنول‌ها علاوه بر جلوگیری از اکسیداسیون LDL، از لخته شدن پلاکت‌ها در عروق و تخریب گلبول‌های قرمز هم جلوگیری می‌کنند [۲۰].

آنتوسیانین‌ها زیر گروهی از فلاونوئیدها بوده و مسئول ایجاد رنگ‌های قرمز، بنفش و آبی در بسیاری از گل‌ها، میوه‌ها و سبزیجات می‌باشند [۱۶، ۳۲، ۳۳]. آنتوسیانین‌ها دارای یک اسکلت C6C3C6 فلاونوئیدی بوده و مشتقات گلیکوزیده پلی‌هیدروکسی و پلی‌متوکسی از کاتیون ۲- فنیل بنزوپیریلیوم یعنی کاتیون فلاویلیوم می‌باشند [۳۴]. آنتوسیانین‌ها، آنتوسیانیدین‌های گلیکوزیدی و آسیل گلیکوزیدی قابل حل در آب هستند [۱۶].

هدف از این مطالعه اندازه‌گیری ترکیبات زیست فعال فنولی و آنتوسیانینی و ویژگی‌های کیفی مانند بریکس، رنگ محلول و درجه‌ی خلوص در شربت رقیق و غلیظ حاصل از فرآیند تغلیظ کارخانه‌ی قند میاندوآب طی فصل برداشت چغندر قند بود.

## ۲- مواد و روش‌ها

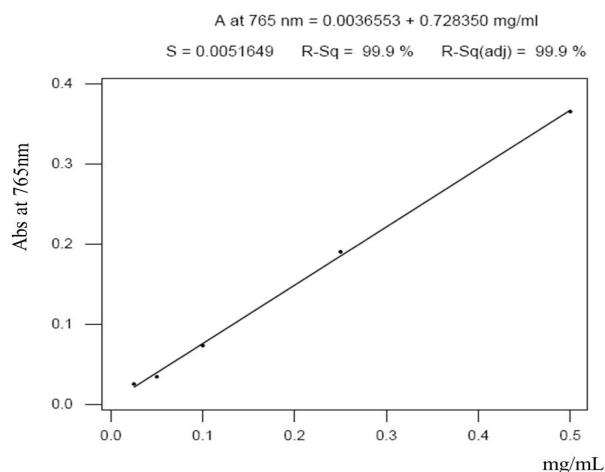
همه آزمون‌ها و نمونه‌برداری‌ها در کارخانه قند میاندوآب انجام شد. تمام ترکیبات شیمیایی مورد استفاده در آنالیز از شرکت مرک بودند.

مخلوطی از آب کندانس با بخار خارج شده از سوختن گوگرد است تا pH آن در محدوده ۵/۵-۵/۸ تنظیم گردد. رنگ شربت خام بدست آمده سیاه تا خاکستری است که در نتیجه‌ی تولید ملانین در اثر ورود اکسیژن هوا و آنزیم تیروزیناز است که به‌صورت کلوتید در شربت باقی می‌ماند. اگر رنگ شربت خام شیری باشد دلالت بر وجود آلودگی میکروبی شربت می‌باشد، دمای این نوع شربت‌ها معمولاً پائین است [۹]. شربت خام شربتی است که ناخالصی‌ها در آن به‌صورت ذرات ریز تفاله و به حالت شناور همراه با بسیاری از مواد غیرقندی گوناگون است که این ترکیبات در اثر استفاده از آب با دمای بالا در دیفوزیون از خلال‌های چغندر قند استخراج می‌شوند. پس برای این‌که بتوان از این شربت ساکاروز را به کریستال تبدیل کرد باید آن را تصفیه کرد [۱۰، ۱۱].

در فرآیند تولید شکر مهم‌ترین و اصلی‌ترین مرحله، تصفیه‌ی شربت خام است. در این مرحله هر چقدر ترکیبات غیرقندی بیشتر حذف گردد، طبق فرمول تعیین درجه‌ی خلوص نسبت ساکاروز به مواد خشک موجود در شربت به بالاترین حد ممکن رسیده و شربتی حاصل خواهد شد که تولید شکر سفید با کیفیت عالی را ممکن خواهد ساخت [۱۲]. در فرآیند تصفیه به شربت خام در دو مرحله آهک اضافه می‌شود که هدف از آن رسوب دادن کلوتیدها و نمک‌های نامحلول کلسیم می‌باشد. مرحله‌ی بعدی اضافه کردن گاز CO<sub>2</sub> که اصطلاحاً کربناسیون گویند، مازاد آهک بیش از pH ۱۱-۱۰/۸ با CO<sub>2</sub> ترکیب و تولید کربنات کلسیم می‌کند. بعد از کربناسیون اول و دوم شربت صاف شده و از صافی‌هایی مکانیکی، صنعتی و صافی پرس عبور کرده و در نهایت شربت رقیق بدست می‌آید که ماده‌ی خشک و یا بریکس آن بین ۱۳ تا ۱۵٪ است. این شربت باید به حدی برسد که در مرحله‌ی بعدی (کریستالیزاسیون) به‌راحتی از آن کریستال‌های شکر حاصل گردد. عمل تغلیظ شربت در اوپراتور صورت می‌گیرد تا شربت غلیظ به بریکس ۷۰-۶۰٪ برسد [۱۲، ۱۳]. پلی‌فنول‌ها به عنوان ترکیبات عملگرا، جزء اصلی ترکیبات زیست‌فعال بوده و جایگاه منحصر بفردی در میان محصولات زیست‌فعال طبیعی دارند [۱۴، ۱۵]. پلی‌فنول‌ها شامل فلاونوئیدها، تانن‌ها، آنتوسیانین‌ها و... می‌باشند که به وفور در گیاهان غده‌ای مانند چغندر قند و در ریشه‌ی سایر گیاهان دیده

ریخته شد مقدار جذب محلول در مقابل بلانک (نمونه‌ی شاهد) قرائت شد. در نهایت مقدار فنول کل بر حسب معادل اسید گالیک توسط فرمول زیر محاسبه شد:

مقدار فنول کل از میزان جذب نمونه و مقایسه‌ی آن با منحنی کالیبراسیون بر حسب معادل میلی‌گرم اسید گالیک در هر g ۱۰۰ نمونه بیان گردید [۳۶].



**Fig 1** The standard curve of phenol using gallic acid

## ۲-۵- اندازه‌گیری پروتئین به روش برادفورد

برای پروتئین کل، ۱ mL شربت رقیق و غلیظ صاف شده توسط با ۱۰ mL محلول برادفورد مخلوط کرده و ۲۰ min خوب همزده شد. مقدار جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در nm ۵۹۵ قرائت شد. از مخلوط ۱۰ mL محلول برادفورد با ۱ mL آب مقطر برای کالیبراسیون دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده شد [۳۸].

در نهایت مقدار پروتئین از رابطه‌ی زیر بر حسب mg/ml به- دست آمد:

$$y = -0.0082X^2 + 0.3458X - 0.0148$$

## ۲-۶- اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین کل

برای اندازه‌گیری آنتوسیانین در تیمارهای مختلف، از روش اختلاف pH استفاده شد. ابتدا ۵ g از شربت رقیق و غلیظ صاف شده با ۲۵ mL حلال متانول-آب (۵۰ به ۵۰) در داخل فالتکون ۵۰ mL درب‌دار خوب همزده شد. سپس دو رقت (۱ mL) نمونه‌ی آماده شده (از نمونه با استفاده از محلول‌های بافر کلرید پتاسیم با pH ۱ و استات سدیم با pH ۴/۵ تهیه شد و به-

## ۲-۱- اندازه‌گیری مواد جامد محلول (بریکس)

قبل از این که ترکیبات زیست‌فعال شربت‌های رقیق و غلیظ آزمایش گردد، نمونه‌ها توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف شد و بریکس توسط دستگاه رفاکتومتر بعد از رساندن دمای نمونه به ۲۰°C قرائت شد [۳۵].

## ۲-۲- اندازه‌گیری رنگ محلول

برای رنگ محلول، ابتدا شربت‌ها توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف تا نمونه‌های صاف شده‌ی در داخل سل‌های شیشه‌ای ریخته شد. عدد قرائت شده از دستگاه اسپکتروفتومتر در عدد ۱۰۰۰۰۰ ضرب شد. برای کالیبراسیون دستگاه از آب مقطر استفاده شد [۳۵].

$$\text{ICU (رنگ محلول)} = \frac{\text{عدد قرائت شده} \times 100000}{\text{دایره بریکس نمونه}}$$

لازم به ذکر است که عدد دانسیته از کتاب مرجع ICUMSA مشخص شد.

## ۲-۳- تعیین درجه‌ی خلوص

برای درجه‌ی خلوص شربت رقیق و غلیظ، ابتدا ۲۶ g از شربت وزن شده و مقداری استات سرب به آن‌ها اضافه و با آب مقطر به حجم ۱۰۰ mL رسانده شد. برای صاف کردن محلول از کاغذ صافی معمولی استفاده شد. محلول زیر صافی در لوله‌ی پلاریمتر ریخته و در جای مخصوص دستگاه ساکارومات قرار داده شد و میزان درصد قند شربت‌ها را بر اساس درجه‌ی Z نشان داد [۳۵].

$$\text{درجه‌ی خلوص شربت} = \frac{\text{پلاریمتر شربت رقیق و غلیظ}}{\text{بریکس شربت رقیق و غلیظ}} \times 100$$

## ۲-۴- اندازه‌گیری فنول کل

فنول کل بها روش فولین-سیوکالتو با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر ۷۶۵ nm اندازه‌گیری شد. ابتدا ۱ g شربت رقیق و غلیظ صاف شده در بالن ۱۰۰ mL وزن و به آن ۷۰ mL آب مقطر سپس ۵ mL معرف فولین اضافه گردید و به مدت ۸ min در دمای آزمایشگاه همزده شد. سپس ۱۵ mL محلول کربنات سدیم اضافه و با آب مقطر به حجم رسانده شد. به مدت ۲ h در دمای آزمایشگاه نگهداری شد. محلول مورد نظر در سل شیشه‌ای

آزمایشات در سه تکرار انجام شد و آنالیز واریانس و مقایسه‌ی میانگین‌ها با روش حداقل میانگین مربعات در سطح احتمال ۹۵٪ انجام شد. برای تجزیه آماری از نرم‌افزار SAS نسخه‌ی ۹/۱ و رسم منحنی‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- تغییرات مواد جامد محلول در شربت رقیق و غلیظ طی فصل برداشت چغندر

در شربت رقیق مواد جامد محلول طی فصل برداشت چغندر تا حدودی مقدار ثابتی را نشان داده بود (شکل 2a). همان‌طور که در شکل (2b) مشخص است مواد جامد محلول در شربت رقیق طی ۴ ماه فصل برداشت چغندر از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار بین ماه‌های اول، دوم، سوم و چهارم نشان داد. از لحاظ آماری مقدار ماه اول با ماه سوم و همچنین ماه دوم با ماه‌های سوم و چهارم تفاوت معنی‌دار بود، اما بین بقیه‌ی ماه‌ها اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد ( $P \leq 0.05$ ).

مدت ۱۵ min در دمای آزمایشگاه برای رسیدن به تعادل در تاریکی قرار گرفت. دستگاه اسپکتروفتومتر با آب مقطر به‌عنوان نمونه‌ی شاهد در طول موج‌های ۵۱۰ و ۷۰۰nm تنظیم گردید. سپس میزان جذب هر دو رقت تهیه شده در این طول موج‌ها اندازه‌گیری شد.

مقادیر جذب نمونه‌ها (A) به‌صورت زیر محاسبه شد:

$$A = (A_{\lambda 520} - A_{\lambda 700})_{pH1.0} - (A_{\lambda 520} - A_{\lambda 700})_{pH4.5}$$

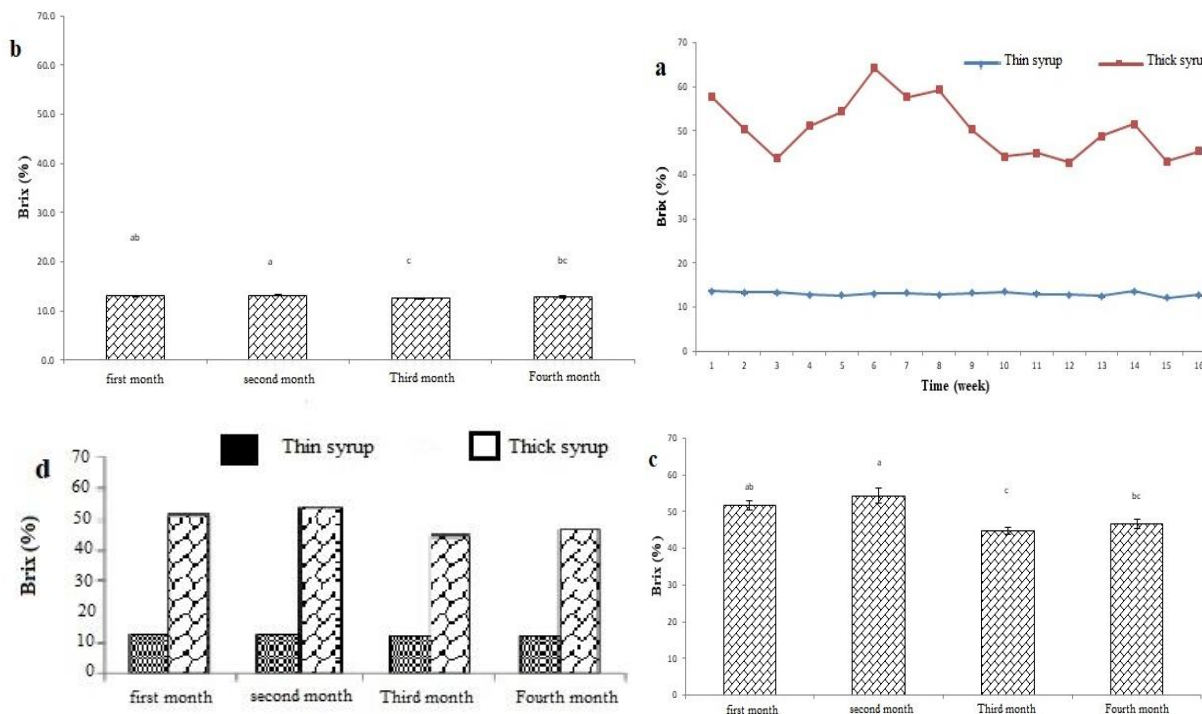
در نهایت غلظت آنتوسیانین کل (TA) (mg/L) با فرمول زیر محاسبه شد:

$$TA = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon \times l}$$

MW=۴۴۹ و  $\epsilon = 26900$  به ترتیب برابر با جذب مولکولی و جذب مولی آنتوسیانین شاخص آب انار، سیانیدین ۳-گلیکوزید (Gill et al, 200)، DF فاکتور رقیق سازی، l طول سل اسپکتروفتومتر (cm) می باشند.

#### ۲-۷- تجزیه آماری داده‌ها

بررسی اثر فرآیند تغلیظ (اوپراسیون) بر شربت رقیق طی فصل برداشت چغندر قند در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد.



**Fig 2** Effect of time on dissolved solids in the thin juice and thick syrup before (a), after (b) and before and after (c) evaporation during the beet harvest season. Lowercase Latin letters indicate significant differences ( $P \leq 0.05$ ) in each month.

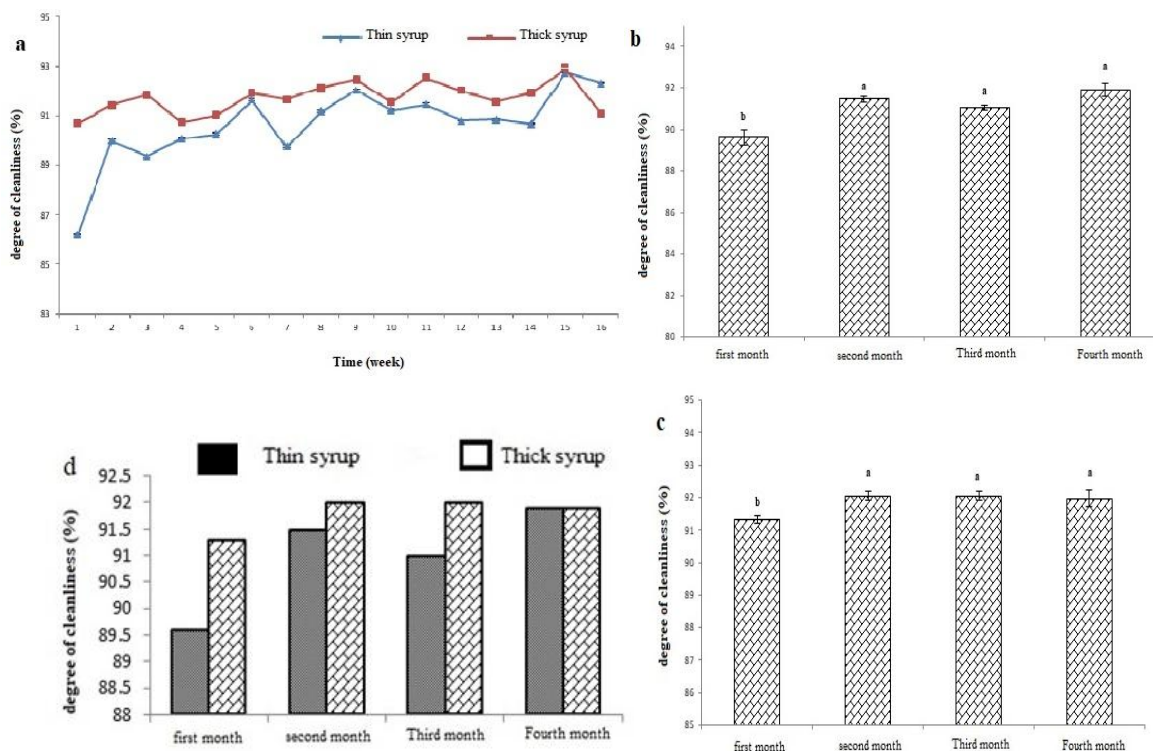
و بالاترین مقدار آن به هفته‌ی پانزدهم تعلق داشت. با توجه به شکل (3b)، مقدار درجه خلوص شربت رقیق از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار بین ماه اول با ماه‌های دوم، سوم و چهارم نشان داد، اما در بقیه‌ی ماه‌ها اختلاف معنی‌دار وجود نداشت ( $P \leq 0/05$ ).

مقدار درجه خلوص شربت غلیظ طی فصل برداشت چغندر حالت نوسانی داشت، همان‌طور که در شکل (3c) مشخص است، پایین‌ترین و بالاترین مقدار درجه خلوص شربت غلیظ به ترتیب مربوط به هفته‌ی اول و پانزدهم بود. مطابق شکل (3d)، مقدار درجه خلوص شربت غلیظ از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار بین ماه اول با ماه‌های دوم، سوم و چهارم نشان داد، اما بین بقیه‌ی ماه‌ها تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد ( $P \leq 0/05$ ).

مواد جامد محلول شربت غلیظ، طی فصل برداشت چغندر حالت نوسانی داشت. همان‌طور که در شکل (2c) مشخص است مواد جامد محلول شربت غلیظ در هفته‌ی ششم تا ۶۹٪ افزایش و بعد از آن در هفته‌ی دوازدهم تا مقدار ۴۲٪ کاهش یافت. با توجه به شکل (2d)، مواد جامد محلول در شربت غلیظ از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار بین ماه‌های اول، دوم، سوم و چهارم نشان داده بود. از لحاظ آماری ماه اول با ماه سوم و همچنین ماه دوم با ماه‌های سوم و چهارم تفاوت معنی‌دار بود، اما بین بقیه‌ی ماه‌ها اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد ( $P \leq 0/05$ ).

### ۲-۳- تغییرات مقدار درجه‌ی خلوص شربت رقیق و غلیظ طی فصل برداشت چغندر

در شربت رقیق مقدار درجه خلوص طی فصل برداشت چغندر حالت یکسانی نداشت. همان‌طور که در شکل (3a) مشخص است، پایین‌ترین مقدار درجه خلوص شربت رقیق به هفته‌ی اول

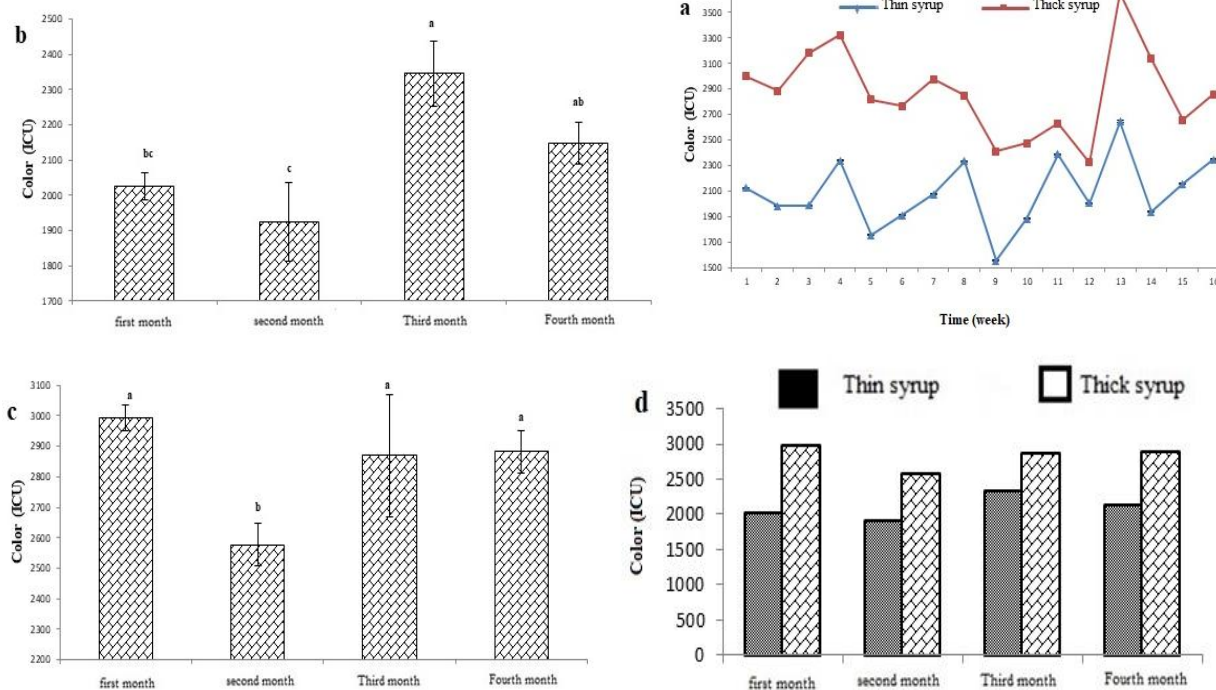


**Fig 3** Trend of changes in degree of purity thin juice and thick syrup during different weeks (a), the effect of time on the amount of Purity degree in the thin juice before (b), after (c) and before and after (d) evaporation during the beet harvest season. Non-identical lowercase Latin letters indicate significant differences ( $P \leq 0.05$ ) in each month.



معنی‌دار وجود نداشت ( $P \leq 0.05$ ).

مقدار رنگ محلول شربت غلیظ طی فصل برداشت چغندر میزان ثابتی نداشت. همان‌طور که در شکل (4c) مشاهده می‌شود، پایین‌ترین مقدار رنگ محلول شربت غلیظ در هفته‌ی دوازدهم مشاهده شد و در هفته‌ی سیزدهم افزایش شدیدی داشت که به بالاترین مقدار رسید. با توجه به شکل (4d)، مقدار رنگ محلول شربت غلیظ از لحاظ آماری در سطح احتمال ۰.۵٪ تفاوت معنی‌داری بین ماه دوم با ماه‌های اول، سوم و چهارم نشان داد، اما بین بقیه‌ی ماه‌ها اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد ( $P \leq 0.05$ ).



**Fig 4** Trend of changes in soluble color of thin juice and thick syrup during different weeks (a), the effect of time on color in the thin juice before (b), after (c) and before and after (d) evaporation during the beet harvest season. Lowercase Latin letters indicate significant differences ( $P \leq 0.05$ ) in each month.

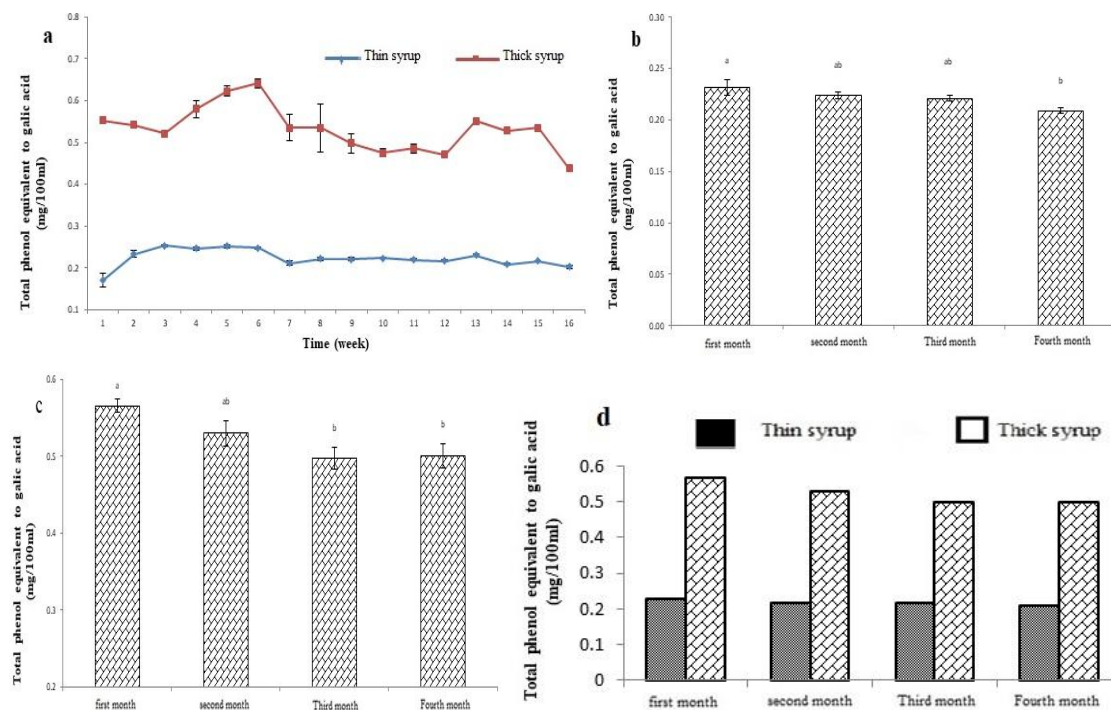
مقدار فنول کل شربت غلیظ طی فصل برداشت چغندر حالت ثابتی نداشت. همان‌طور که در شکل (5c) ملاحظه می‌شود، بالاترین افزایش فنول در شربت غلیظ متعلق به هفته‌ی ششم بود که مقدار آن  $0.6 \text{ mg GAE}/100\text{g}$  است و پایین‌ترین کاهش آن به هفته‌ی شانزدهم تعلق داشت که مقدار آن  $0.4 \text{ mg GAE}/100\text{g}$  بود. در شکل (5d) بررسی نتایج آنالیز آماری در سطح احتمال ۰.۵٪ نشان می‌دهد که در مقدار فنول کل شربت غلیظ تفاوت معنی‌دار بین ماه اول با ماه‌های سوم و چهارم وجود داشت، اما بین بقیه‌ی ماه‌ها تفاوت معنی‌دار نشان نداد ( $P \leq 0.05$ ).

### ۳-۳- تغییرات مقدار رنگ محلول شربت رقیق و غلیظ طی فصل برداشت چغندر

در شربت رقیق مقدار رنگ محلول طی فصل برداشت چغندر حالت نوسانی داشت. همان‌طور که در شکل (4a) مشخص است، پایین‌ترین و بالاترین مقدار رنگ محلول شربت رقیق به ترتیب مربوط به هفته‌ی نهم و سیزدهم بود. با توجه به شکل (4b)، مقدار رنگ محلول شربت رقیق، از لحاظ آماری در سطح احتمال ۰.۵٪ تفاوت معنی‌دار بین ماه اول با ماه سوم و بین ماه دوم با ماه‌های سوم و چهارم نشان داد، اما بین بقیه‌ی ماه‌ها تفاوت

### ۳-۴- تغییرات فنول کل شربت رقیق و غلیظ طی فصل برداشت چغندر

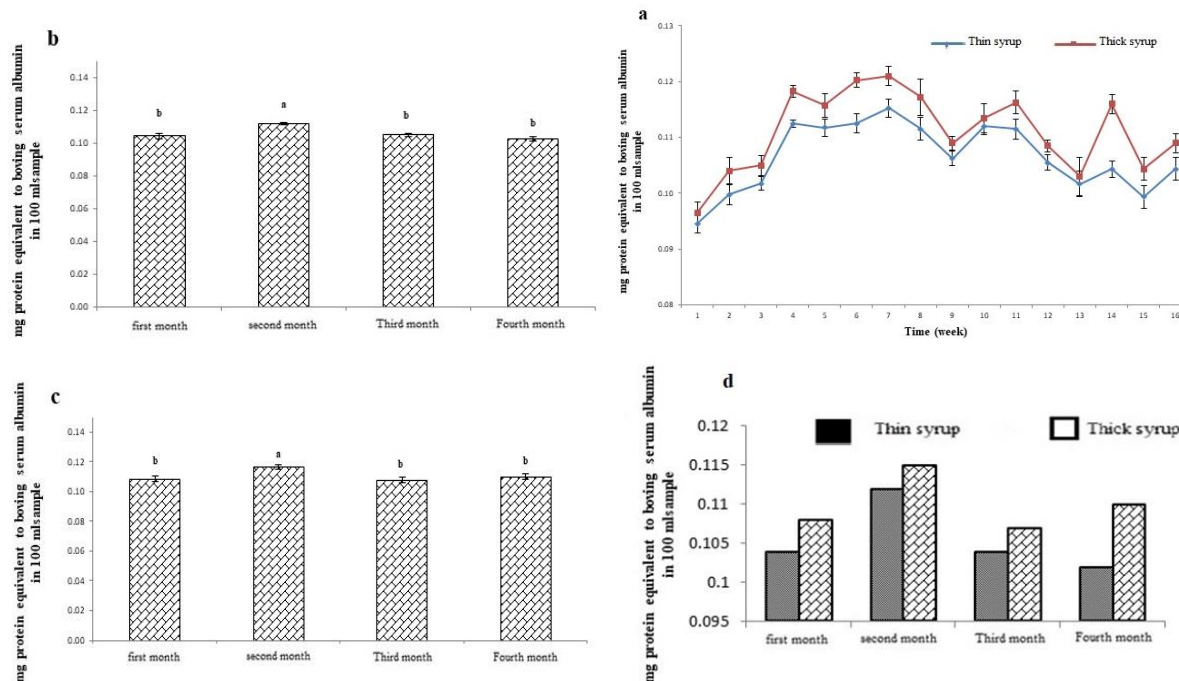
مقدار فنول کل در شربت رقیق طی فصل برداشت چغندر تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای داشت. همان‌طور که در شکل (5a) مشخص است، در شربت رقیق پایین‌ترین مقدار فنول کل  $0.1 \text{ mg GAE}/100\text{g}$  بوده که مربوط به هفته‌ی اول و بالاترین مقدار آن  $0.2 \text{ mg GAE}/100\text{g}$  به هفته‌ی سوم تعلق داشت. با توجه به شکل (5b)، مقدار فنول کل شربت رقیق از لحاظ آماری در سطح احتمال ۰.۵٪ تفاوت معنی‌دار بین ماه اول با ماه چهارم نشان داد، اما بین بقیه‌ی ماه‌ها اختلاف معنی‌دار وجود نداشت



**Fig 5** Trend of changes in total phenol of thin juice and thick syrup during different weeks (a), the effect of time on total phenol in the thin juice before (b), after (c) and before and after (d) evaporation during the beet harvest season. Lowercase Latin letters indicate significant differences ( $P \leq 0.05$ ) in each month.

مقدار پروتئین کل شربت رقیق طی فصل برداشت چغندر ثابت نبود. همان طور که در شکل (6a) نشان داده شده است.

۳-۵- تغییرات پروتئین کل شربت رقیق و غلیظ طی فصل برداشت چغندر



**Fig 6** Trend of changes in protein of thin juice and thick syrup during different weeks (a), the effect of time on protein in the thin juice before (b), after (c) and before and after (d) evaporation during the beet harvest season. Lowercase Latin letters indicate significant differences ( $P \leq 0.05$ ) in each month.



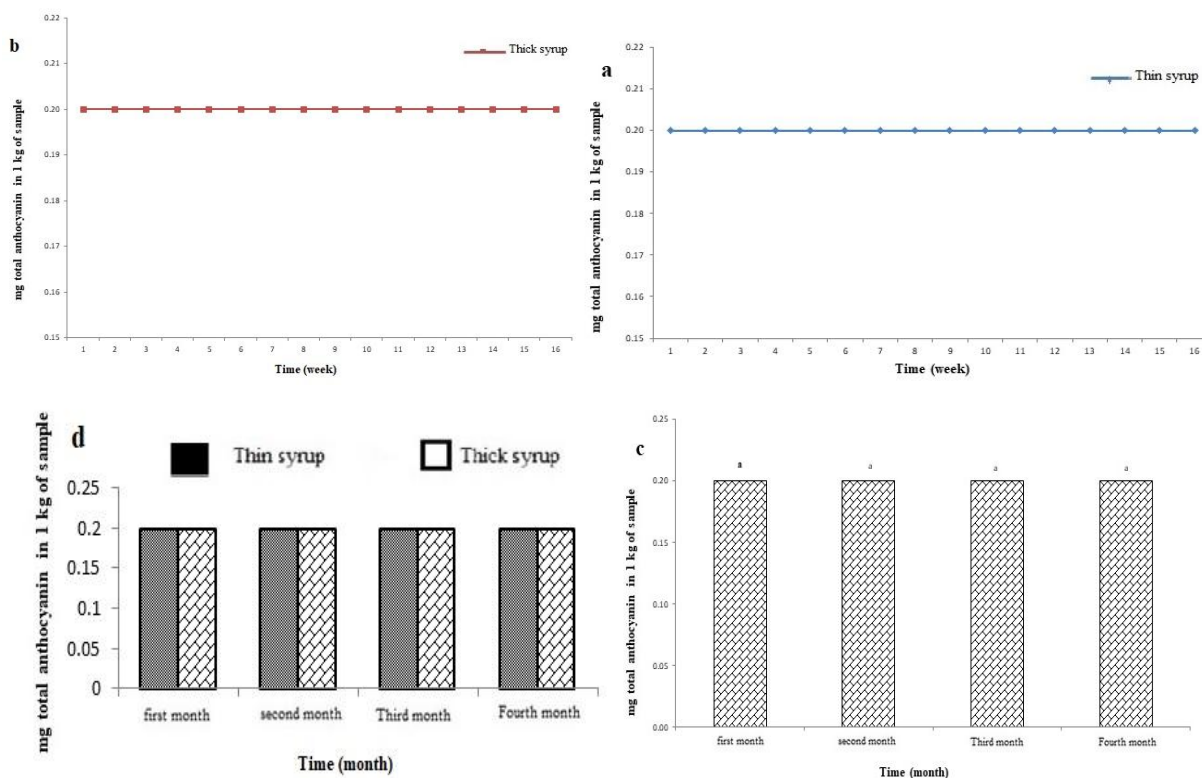
### ۳-۶- تغییرات آنتوسیانین کل شربت رقیق و غلیظ طی فصل برداشت چغندر

مقدار آنتوسیانین کل شربت رقیق طی فصل برداشت چغندر میزان ثابتی را نشان داد و از لحاظ آماری هیچ تفاوتی مشاهده نشد (شکل 7a). همان‌طور که در شکل (7b) مشخص است، مقدار آنتوسیانین کل شربت رقیق طی فصل برداشت ۴ ماهه میزان ثابتی بود و از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار بین ماه اول، دوم، سوم و چهارم وجود نداشت ( $P \leq 0/05$ ).

در شربت غلیظ مقدار آنتوسیانین کل طی فصل برداشت میزان ثابتی داشت و از لحاظ آماری هیچ تفاوتی مشاهده نشد (شکل 7c). مطابق شکل (7d) مقدار آنتوسیانین کل شربت غلیظ طی فصل برداشت ۴ ماهه میزان ثابتی نشان داد و از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار بین ماه اول، دوم، سوم و چهارم وجود نداشت ( $P \leq 0/05$ ).

پایین‌ترین مقدار پروتئین کل در شربت رقیق  $0/091 \text{ mg/ml}$  بوده که مربوط به به هفته‌ی اول و بالاترین مقدار آن  $0/117 \text{ mg/ml}$  به هفته‌ی هفتم تعلق داشت. مطابق شکل (6b) مقدار پروتئین کل شربت رقیق از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار بین ماه دوم با ماه‌های اول، سوم و چهارم نشان داد، اما بین بقیه‌ی ماه‌ها اختلاف معنی‌دار وجود نداشت ( $P \leq 0/05$ ).

در شربت غلیظ مقدار پروتئین کل طی فصل برداشت چغندر میزان ثابتی نداشت. همان‌طور که در شکل (6c) مشاهده می‌شود، پروتئین کل شربت غلیظ در هفته‌ی اول در پایین‌ترین مقدار یعنی  $0/095 \text{ mg/ml}$  و بعد از آن تا  $0/126 \text{ mg/ml}$  افزایش یافت (هفته‌ی هفتم). با توجه به شکل (6d)، آنالیز آماری نتایج میزان پروتئین کل شربت غلیظ در سطح احتمال ۵٪ نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌دار بین ماه دوم با ماه‌های اول، سوم و چهارم وجود دارد، اما بین بقیه‌ی ماه‌ها اختلاف معنی‌دار وجود نداشت ( $P \leq 0/05$ ).



**Fig 7** Trend of changes of anthocyanin in thin juice (a), in thick syrup (b), effect of time on total anthocyanin of thin juice and thick syrup (before and after evaporation) (c) and the effect of time on total anthocyanin of thin and thick syrup (before and after evaporation) (d) during the beet harvest season. Lowercase Latin letters indicate significant differences ( $P \leq 0.05$ ) in each month.

## ۴- نتیجه گیری

به‌طور کلی از ویژگی‌های کیفی شربت رقیق که در این مطالعه بررسی شد، بریکس شربت رقیق طی ۴ ماه فصل برداشت چغندر تقریباً ثابت بود ولی سایر پارامترهای کیفی مانند رنگ محلول و درجه‌ی خلوص شربت رقیق طی ۴ ماه برداشت متغیر بودند. همچنین در شربت رقیق ترکیبات زیست‌فعال فنول کل، آنتوسیانین و پروتئین بررسی شد که فقط آنتوسیانین طی ۴ ماه فصل برداشت چغندر ثابت بود. در شربت غلیظ همه ویژگی‌های کیفی مانند بریکس، رنگ محلول و درجه‌ی خلوص بررسی شد که طی ۴ ماه فصل برداشت چغندر متغیر بودند. همچنین ترکیبات زیست‌فعال شربت غلیظ فنول کل، آنتوسیانین و پروتئین هم بررسی شدند. طی ۴ ماه فصل برداشت چغندر ثابت بود. نتایج حاصل تأییدی بر صحت عملکرد فرآیندهای تصفیه و اواپراسیون در جهت حذف هر چه بیشتر ناخالصی‌های موجود در شربت خام تولید شکر از چغندر قند در کارخانه‌ی می‌باشد. در صنعت قند هدف اصلی و اساسی استخراج حداکثری قند ساکاروز است.

## ۵- منابع

- [5] Chou, C.C. (2000). Handbook of sugar refining: a manual for the design and operation of sugar refining facilities. Vol. 467: John Wiley & Sons.
- [6] Colonna, W.J., U. Samaraweera, M.A. Clarke, M. Cleary, M.A. Godshall, J. White, and U.b. Staff (2000). Sugar. KirkOthmer encyclopedia of chemical technology.
- [7] Rajaeifar, M.A., S.S. Hemayati, M. Tabatabaei, M. Aghbashlo, and S.B. Mahmoudi (2019). A review on beet sugar industry with a focus on implementation of waste-to-energy strategy for power supply. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 103: p. 423-442.
- [8] Alotaibi, F., A.A. Bamagoos, F.M. Ismaeil, W. Zhang, and S.F. Abou-Elwafa (2021). Application of beet sugar byproducts improves sugar beet biofortification in saline soils and reduces sugar losses in beet sugar processing. Environmental Science and Pollution Research. 28(23): p. 30303-30311.
- [9] Morishita, D.W. (2018). Impact of glyphosate resistant sugar beet. Pest management science. 74 (5) p. 1050-1053.
- [10] Asadi, M., Beet-sugar handbook. (2006): John Wiley and Sons.
- [11] Van der Poel, P. (1998). Sugar technology. Beet and cane sugar manufacture/PW van der Poel, H. Schiweck, T. Schwartz. Berlin: Verlag Dr. Albert Vartens KG.
- [12] Xiao, Y., H.Q. Lu, C.R. Shi, F.H. Lei, D. Rackemann, K. Li, W. Li, and W.O. Doherty (2022). High-performance quaternary ammonium-functionalized chitosan/graphene oxide composite aerogel for remelt syrup decolorization in sugar refining. Chemical Engineering Journal. 428: p. 132575.
- [13] Tekin, T. and M. Bayramoğlu (1998). Exergy analysis of the sugar production process from sugar beets. International Journal of Energy Research. 22(7): p. 591-601.
- [14] Karimi Sani, I., Alizadeh, M., Pirsa, S., & Moghaddas Kia, E. (2019). Impact of operating parameters and wall material components on the characteristics of microencapsulated Melissa officinalis essential oil. Flavour and Fragrance Journal, 34(2), 104-112.
- [15] Sani, I. K., and Alizadeh, M. (2022). Isolated mung bean protein-pectin
- [1] Arjeh, E., Khodaei, S. M., Barzegar, M., Pirsa, S., Karimi Sani, I., Rahati, S., & Mohammadi, F. (2022). Phenolic compounds of sugar beet (*Beta vulgaris* L.): Separation method, chemical characterization, and biological properties. Food Science and Nutrition.
- [2] Pandita, D., A. Pandita, R.R. Pamuru, and G.A. Nayik (2020). Beetroot, in Antioxidants in Vegetables and Nuts-Properties and Health Benefits. Springer. p. 45-74.
- [3] Prasad, R. and Y.S. Shivay (2020). Ecosystems and history of evolution and spread of sugar producing plants in the world-an overview. International Journal of Bio-resource and Stress Management. 11(4): p. 1-4.
- [4] Abbas, M.S., M. Dewdar, E. Gaber, and H. El-Aleem (2014). Impact of boron foliar application on quantity and quality traits of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Egypt. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 5(5): p. 143-151.

- Pharmaceutical Biology. 46(5): p. 333-340.
- [25] Del Bano, M.J., J. Lorente, J. Castillo, O. Benavente-García, J.A. Del Rio, A. Ortuño, K.-W. Quirin, and D. Gerard (2003). Phenolic diterpenes, flavones, and rosmarinic acid distribution during the development of leaves, flowers, stems, and roots of *Rosmarinus officinalis*. Antioxidant activity. Journal of agricultural and food chemistry. 51(15): p. 4247-4253.
- [26] Kamkar, A., N. Shariatifar, A.H. Jamshidi, and M. Mohammadian (2010). Study of antioxidant functional of the water, methanol, and ethanol extracts of endemic *cuminum cyminum* L. and *cardaria draba* L. in the In-vitro systems. The Horizon of Medical Sciences. 16(2): p. 37-44.
- [27] Naik, G., K. Priyadarsini, J. Satav, M. Banavalikar, D. Sohoni, M. Biyani, and H. Mohan (2003). Comparative antioxidant activity of individual herbal components used in Ayurvedic medicine. Phytochemistry. 63(1): p. 97-104.
- [28] Ames, B.N., M.K. Shigenaga, and T.M. Hagen (1993). Oxidants, antioxidants, and the degenerative diseases of aging. Proceedings of the National Academy of Sciences. 90(17): p. 7915-7922.
- [29] Kris-Etherton, P.M., K.D. Hecker, A. Bonanome, S.M. Coval, A.E. Binkoski, K.F. Hilpert, A.E. Griel, and T.D. Etherton (2002). Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. The American journal of medicine. 113(9): p. 71-88.
- [30] Kumpulainen, J.T. and J.T. Salonen (1999). Natural antioxidants and anticarcinogens in nutrition, health and disease. Elsevier.
- [31] Stadtman, E.R. (1992). Protein oxidation and aging. Science. 257(5074): p. 1220-1224.
- [32] Buchert, J., J.M. Koponen, M. Suutarinen, A. Mustranta, M. Lille, R. Törrönen, and K. Poutanen, (2005). Effect of enzyme aided pressing on anthocyanin yield and profiles in bilberry and blackcurrant juices. Journal of the Science of Food and Agriculture. 85(15): p. 2548-2556.
- [33] Lee, J., R.W. Durst, R.E. Wrolstad, C.D. Kupina, and S.W. J.D. (2005). Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural nanocomposite film containing true cardamom extract microencapsulation/CeO<sub>2</sub> nanoparticles/graphite carbon quantum dots: Investigating fluorescence, photocatalytic and antimicrobial properties. Food Packaging and Shelf Life, 33, 100912.
- [16] Pirsā, S., Sani, I. K., and Mirtalebi, S. S. (2022). Nano-biocomposite based color sensors: investigation of structure, function, and applications in intelligent food packaging. Food Packaging and Shelf Life, 31, 100789.
- [17] Lakshmanashetty, R.H., V.B. Nagaraj, M.G. Hiremath, and V. Kumar (2010). In vitro antioxidant activity of *Vitex negundo* L. leaf extracts. Chiang Mai J. Sci. 37(3): p. 489-497.
- [18] Manach, C., G. Williamson, C. Morand, A. Scalbert, and C. Rémésy (2005). Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. The American journal of clinical nutrition. 81(1): p. 230S-242S.
- [19] Ferrazzano, G.F., I. Amato, A. Ingenito, A. Zarrelli, G. Pinto, and A. Pollio (2011). Plant polyphenols and their anti-cariogenic properties: a review. Molecules. 16(2): p. 1486-1507.
- [20] Gulluce, M., F. Sahin, M. Sokmen, H. Ozer, D. Daferera, A. Sokmen, M. Polissiou, A. Adiguzel, and H. Ozkan (2007). Antimicrobial and antioxidant properties of the essential oils and methanol extract from *Mentha longifolia* L. ssp. *longifolia*. Food chemistry. 103(4): p. 1449-1456.
- [21] Wiseman, H. and B. Halliwell (1996). Damage to DNA by reactive oxygen and nitrogen species: role in inflammatory disease and progression to cancer. Biochemical Journal. 313(Pt 1): p. 17.
- [22] El Gharras, H. (2009). Polyphenols: food sources, properties and applications—a review. International journal of food science & technology. 44(12): p. 2512-2518.
- [23] Fathiazad, F., H. Ahmadi-Ashtiani, S. Rezazadeh, M. Jamshidi, M. Mazandarani, and A. Khaki (2010). Study on phenolics and antioxidant activity of some selected plant of Mazandaran Province. Journal of Medicinal Plants. 9 (34).
- [24] Jimoh, F., A. Adedapo, A. Aliero, and A. Afolayan (2008). Polyphenolic Contents and Biological Activities of *Rumex ecklonianus*.

- reagents. American journal of Enology and Viticulture. 16(3): p. 144-158.
- [37] Singleton, V.L., R. Orthofer, and R.M. Lamuela-Raventós (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent, in *Methods in enzymology*. Elsevier. p. 152-178.
- [38] Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*. 72(1-2): p. 248-254.
- colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. *Journal of AOAC international*. 88(5): p. 1269-1278.
- [34] Brouillard, R. (1982). Chemical structure of anthocyanins. *Anthocyanins as food colors*, 1-40.
- [35] De Whalley, H.C.S. (2013) *ICUMSA methods of sugar analysis: official and tentative methods recommended by the International Commission for Uniform Methods of sugar analysis (ICUMSA)*. : Elsevier.
- [36] Singleton, V.L. and J.A. Rossi (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid



## Effect of concentration process on bioactive compounds of sugar beet thin juice: investigation of its physicochemical characteristics

Navidi Far, H. <sup>1\*</sup>, Farmani, B. <sup>2</sup>, Derakhshan, Sh. <sup>3</sup>, Kazemzadeh, B. <sup>4</sup>, Kahorian, A. <sup>5</sup>

1. Master's Degree in Food Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, Tabriz University, Iran.
3. Bachelor's degree in English, Department of English, Faculty of Literature and Humanities, Urmia University, Urmia, Iran.
4. Master's degree in Applied Chemistry, Department of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
5. Master's Degree in Food Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Mamaghan Branch, Islamic Azad University, Mamaghan, Iran.

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 2022/ 06/ 01  
Accepted 2023/ 03/ 13

#### Keywords:

Evaporator,  
Bioactive compounds,  
Thin juice and thick syrup,  
Sugar beet .

**DOI:** 10.22034/FSCT.19.132.397  
**DOR:** 20.1001.1.20088787.1401.19.132.32.5

\*Corresponding Author E-Mail:  
artanbay@yahoo.com

### ABSTRACT

In this research, the effect of concentration process (evaporation) on bioactive compounds and qualitative characteristics of thin juice and thick syrup during beet harvest was investigated. Phenolic and anthocyanin compounds of thin juice and quality attributes such as brix, degree of purity and soluble color were interest. For this purpose, from the beginning of October to the end of January 2016, samples were taken for thin juice from the last stage of the purification process and for thick syrup from the last stage of the concentration process, and all the qualitative chemical tests were carried out according to the ICUMSA reference book. In thin juice, anthocyanin amount was not constant during the time of beet harvest, but the total phenol amount was significantly different in the first and fourth months. There was no significant difference in the amount of protein in the first, third and fourth months. The highest brix of thin juice was 13.14% in the first and second months, and its degree of purity increased from the beginning to the end of the harvest season. The highest soluble color of thin juice was observed in the third and fourth months of harvesting. Thick syrup had the highest brix (53% on average) in the first and second months, and this syrup had a high soluble color at the time of harvesting, except for the second month. The results of investigation indicated the accuracy of the purification and evaporation processes to remove as much impurities as possible in the raw juice extracted from sugar beet cosses.