تاثیر فرایند اولترافیلتراسیون بر شاخصهای تصفیه و رنگبری شربت رقیق چغندر قند

مصطفی شهیدی نوقابی[1]، سید محمد علی رضوی[2*]، خلیل بهزاد[3]، وحید حکیم زاده[4]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد
۲-استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد
۳-مربی، گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد
٤-دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته علوم و صنایع غذایی دانشگاه ارومیه

چکیده

یکی از بزرگترین دغدغه‌های تولیدکنندگان شکر در طی مراحل تصفیه و رنگبری عصاره خام چغندر قند، حذف هر چه بیشتر ناخالصیهای غیرقندی از شربت و به‌دست آوردن شربت رقیق با درجه خلوص و کیفیت بالاتر است. هدف از این پژوهش بررسی پتانسیل فرآیند اولترافیلتراسیون (UF) و تاثیر شرایط عملیاتی آن (زمان عملیات، اختلاف فشار و دما) بر بهبود عملکرد تصفیه و رنگبری شربت رقیق بوده است. نتایج بر مبنای داده‌های آزمایشی در شرایط غیر مداوم نیمه صنعتی و با استفاده از غشاء اولترافیلتراسیون با MWCO معادل ۲۰kDa و از جنس پلی‌سولفون آمید به‌دست آمده است. در این تحقیق تاثیر اختلاف فشار در عرض غشاء در سه سطح (۱، ۲ و ۳ بار)، دمای فرآیند در سه سطح (۳۰، ٤۰ و ۵۰ درجه سانتیگراد) و زمان عملیات در سه سطح (۱۵، ۳۰ و ٤۵ دقیقه) بر شاخصهای تصفیه در صنعت قند (درصد مواد جامد محلول، درصد ساکارز، درصد خلوص، سختی، کدورت و رنگ) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که با گذشت زمان فرآیند، درصد حذف کدورت و سختی (CaO) در فاز تراوه کاهش می‌یابد، درحالی که درجه خلوص و درصد حذف رنگ با افزایش زمان عملیاتی افزایش می‌یابد. همچنین افزایش دمای فرآیند، درصد حذف کدورت، سختی و رنگ را کاهش داده، ولی درجه خلوص را افزایش می‌دهد. افزایش اختلاف فشار در عرض غشاء نیز باعث بهبود کارایی جداسازی ترکیبات غیر قندی شد .در این تحقیق با در نظر گرفتن جمیع شاخصها به‌طور متوسط؛ کاهش رنگ ۱۲/٦۲٪، کاهش کدورت ۷۲/۵ ٪، حذف سختی ۷/۲ ٪ و افزایش خلوص ۰/۷۲ واحد به‌دست آمد.

کلید واژگان: اولترافیلتراسیون، شربت رقیق چغندر، رنگ، کدورت، سختی، درجه خلوص.

۱- مقدمه

شربت رقیق[1] (شربت حاصل از کربناسیون دوم و قبل از ورود به اوپراتور) علیرغم اینکه مراحل تصفیه مرسوم را طی نموده است، محتوی مقادیری ترکیبات غیرقندی نامطلوب محلول در شربت است که این ترکیبات بر راندمان کریستالیزاسیون و کیفیت شکر نهایی تاثیر نامطلوب می‌گذارند. ترکیبات غیرقندی شربت رقیق شامل تعداد زیادی مواد آلی و ترکیبات غیرآلی همچون ترکیبات ازته (بتائین، آمینواسیدها، آمیدها، پروتئین و ...)، ویتامینها، میکروالمنتها و مواد معدنی (کربناتها، کلریدها، سولفاتها و ...) می‌باشد، که در این میان نمک کاتیونهای فلزی یک ظرفیتی از ملاس‌زایی بیشتری برخوردار میباشند [١٤]. از طرفی شربت رقیق در کنار قند ساکارز، حاوی ترکیبات قندی دیگر نیز هست که از نامطلوبترین آنها می‌توان قندهای انورت را نام برد که در نتیجه هیدرولیز ساکارز حاصل می‌شوند. همچنین تعدادی از

*مسئول مکاتبات:s.razavi@um.ac.ir

1.Thin juice

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-06-23]

ترکیبات آلی در طی فرآیند تولید شکر از پلی‌مریزاسیون، پلی‌کندانسیون و تجزیه و یا کاراميلزاسیون بوجود می‌آیند که در بین این ترکیبات بویژه ملانوئیدینها سبب افزایش رنگ می‌شوند. به هر حال حضور ترکیبات غیر قندی در شربت رقیق وابسته به کیفیت چغندر مصرفی و چگونگی انجام مراحل تصفیه می‌باشد. حذف ناخالصیهای شربت یکی از مشکلات جدی در تکنولوژی تولید شکر است [۳]. در روش کلاسیک، جداسازی ترکیبات غیرقندی از طریق افزودن کلسیم هیدروکسید (درآهک خور I و II) و دی اکسیدکربن (در کربناتاسیون I و II) به محلول شربت خام انجام می‌گیرد. اگر چه در این روش بین ۳۰ تا ۳۵٪ ترکیبات غیرقندی حذف می‌شود، اما پساب آنها باعث آلودگی محیط زیست شده و تعدادی از ناخالصیها نیز در شربت رقیق باقی میماند. بنابراین امکان بکارگیری تکنیکهای نوین از جمله فرآیندهای جداسازی غشایی توسط محقیق مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است [٤-۱۰].

مطالعات جداسازی غشایی عمدتاً برای اینست که اولاً خصوصیات غشاء و سیستم غشایی، چه از لحاظ اندازه منافذ غشاء و چه از نظر نوع و جنس غشاء، متناسب با محلولی باشد که قرار است تحت فرآیند جداسازی قرار گیرد [٤ و۸]؛ ثانیاً تعیین شرایط بهینه متغیرهای فرآیند که می‌توانند ما را در نیل به هدف مورد نظر (یعنی حذف هر چه بیشتر ناخالصیها و شار بیشتر تراوه) کمک کنند [۱۲و ۱۳].

یکی از مهمترین خصوصیات هر غشاء اندازه منافذ آن می‌باشد، زیرا تعیین کننده اندازه مولکولهایی است که قادر به عبور از منافذ آن هستند و یا در پشت غشاء باقی می‌مانند. در بررسیهای به‌عمل آمده اندازه منافذ (MWCO)[1] مطلوب برای غشاء جهت حذف رنگ، کدورت و دیگر ناخالصیهای شربت چغندر قند بین ۳۰kDa[2]-۱۰ عنوان شده است [۱، ۲،٤، ۵، ۱۳، ۱٤]. Decluxe و همکاران در سال ۲۰۰۰ نشان دادند در صورت استفاده از چنین غشایی حدود ۵۸-۳۰ درصد کاهش در رنگ، ۸۰-۳۰ درصد کاهش در کدورت، ۲۵-۵ درصد کاهش در CaO و ۲-۰/۵ واحد افزایش در خلوص به‌دست می‌آید [۱۳].

شربت قند یک سیستم پیچیده‌ای از مولکولهای کوچک و بزرگ است، لذا انتخاب یک غشاء مناسب مشکل به نظر می‌رسد، اما شاید مهمترین فاکتور در انتخاب غشاء مناسب برای شربت چغندر قند عبور آسان مولکولهای ساکارز و بازداری[3] مولکولهای عامل کدورت و رنگ (که خوشبختانه بزرگتر از ساکارز هستند) توسط غشاء است. نکته قابل توجه اینکه مولکولهای کوچکتر از ساکارز هم از غشاء عبور کرده و در فاز تراوه[4] جمع خواهند شد، که از نامطلوبترین آنها فلزات قلیایی همچون سدیم و پتاسیم می‌باشند. شرایط کار در اغلب تحقیقات انتشار یافته شامل سرعت جریان، دمای فرآیند (که به‌طور محسوسی بر ویسکوزیته و دیگر خواص فیزیکوشیمیایی موثر است)، pH محلول، اختلاف فشار در عرض غشاء (که در واقع نیروی محرکه شار جریان تراوه از درون غشاء می‌باشد) و زمان عملیات بوده است [٤ و۱۳]. نتایج نشان داده است که تاثیر سرعت جریان در حذف ناخالصیها از اهمیت کمتری برخوردار است [۱٤] و لذا در این پژوهش اثر تغییرات زمان، دما و اختلاف فشار در عرض غشاء فرآیند اولترافیلتراسیون شربت رقیق چغندر قند بر تغییرات میزان خلوص، رنگ، کدورت و سختی (محتوای CaO) در فاز تراوه با هدف تعیین شرایط بهینه فرآیند (که حذف ترکیبات غیر قندی در بیشترین مقدار باشد) مورد آزمون و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

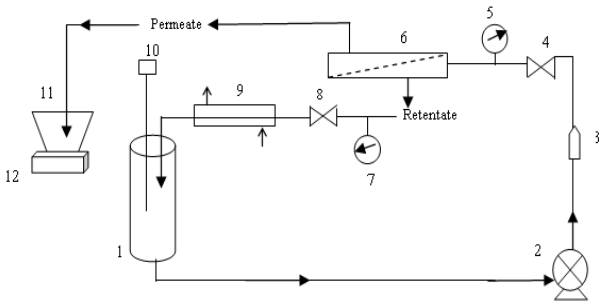
۲- مواد و روشها

در این تحقیق از یک سیستم پایلوتی غشایی UF ساخت مشترک شرکت بیوکن روسیه[5] و شرکت مهندسی میلاد خراسان برای فرآیند اولترافیلتراسیون شربت رقیق استفاده شد. همانطوری که در شکل (۱) ملاحظه می‌شود این سیستم غشایی مجهز به یک تانک تغذیه ، پمپ سانتریفوژی ، دبی‌سنج ، مدول غشاء UF[6] ، دو فشار سنج عقربه ای ، مبدل

1. Molecular Weight Cut-Off
2. Kilo Dalton (kDa)
3. Retention
4. Permeate
1. Biocon company, Russia
2. UF module

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-06-23]

حرارتی لوله‌ای ، دماسنج دیجیتال، دو شیر کنترل جریان ، ظرف جمع‌آوری تراوه و یک ترازوی الکترونیکی قابل اتصال به کامپیوتر می‌باشد. مشخصات فنی این سیستم غشایی در جدول۱ به‌صورت خلاصه آورده شده است.



شکل ۱ سیستم غشایی بکار رفته در این تحقیق جهت اولترافیلتراسیون شربت رقیق چغندر قند

تانک تغذیه (۱)، پمپ سانتریفوژی (۲)، دبی‌سنج (۳)، مدول غشاء UF[1] (٦)، دو فشار سنج عقربه ای (۵ و ۷)، مبدل حرارتی لوله‌ای (۹)، دماسنج دیجیتال (۱۰)، دو شیر کنترل جریان (٤ و۸)، ظرف جمع‌آوری تراوه (۱۱) و یک ترازوی الکترونیکی قابل اتصال به کامپیوتر (۱۲)

جدول۱ مشخصات فنی سیستم پایلوتی غشاء اولترافیلتراسیون مورد استفاده در این تحقیق

جنس غشاء	پلی‌سولفون آمید[2]
نوع آرایش غشاء	مارپیچ حلزونی[3]
اندازه منافذ غشاء (MWCO)	۲۰ کیلو دالتون
سطح موثر غشاء	۰/۳۳ متر مربع
دامنه تحمل pH	۱۱– ۲
دامنه تحمل دما	۵۵– ۵ درجه سانتیگراد
حداکثر فشار قابل تحمل	۵ بار

در این پروژه، شربت رقیق چغند قند به عنوان خوراک سیستم پایلوت UF از کارخانه قند شیرین و از جریان مربوط به شربت رقیق و قبل از ورود آن به اوپراتور تهیه شد. به علت کوتاه بودن زمان بهره‌برداری کارخانجات قند، شربت رقیق به مقدار مورد نیاز برای کل پروژه خریداری و در ظروف ۱۵ لیتری و درون سردخانه زیرصفردر دمای ^{o}C ۳۰–

1. UF module
2. Polysulfone amide.
3.Spiral wound

تا زمان انجام آزمایشها نگهداری گردید. برای انجام هر بار عملیات اولترافیلتراسیون شربت رقیق، ابتدا حدود ۱۵ لیتر شربت یخ زدایی[4] شده و دمای آن به دمای مورد نظر برای آن آن عملیات می‌رسید. در مرحله بعد شربت توسط پارچه صافی جهت حذف ذرات درشت احتمالی موجود در آن صاف می‌شد. سپس عملیات اولترافیلتراسیون شربت رقیق چغندر در ۵ مرحله زیر انجام می‌پذیرفت:

۱ـ فیلتراسیون آب مقطر از درون غشاء تمیز برای مدت ۱۰ دقیقه

۲ـ فیلتراسیون نمونه شربت از درون غشاء تمیز برای مدت ٤۵ دقیقه

۳ـ فیلتراسیون آب مقطر از درون غشاء مسدود شده برای مدت ۱۰ دقیقه

٤ـ سیکل CIP[5] مطابق دستورالعمل سازنده سیستم غشایی.

۵ـ فیلتراسیون آب مقطر از درون غشاء شسته شده .

جهت بررسی تاثیر فرآیند اولترافیلتراسیون بر خصوصیاتی که در تکنولوژی قند حائز اهمیت است و بررسی تاثیر پارامترهای عملیاتی فرآیند روی این صفات، نمونه‌برداری در فواصل زمانی هر ۱۵ دقیقه از تراوه و ناتراوه (فاز باقی مانده در پشت غشاء)[6] انجام می‌گرفت و میزان بریکس[7] (درصد مواد جامد محلول)، پلاریزاسیون[8] (در صد ساکارز)، درجه خلوص، رنگ، کدورت و سختی آنها اندازه‌گیری می‌شد. بریکس نمونه‌ها با استفاده از رفراکتومتر دستی و پلاریزاسیون نیز به روش پلاریمتری تعیین می‌گردید. درجه خلوص بر اساس داده‌های بریکس و پلاریزاسیون و با استفاده از فرمول زیر محاسبه شده است [۱ و ۲]:

$$\text{Purity} = (\text{Pol} \div \text{Brix}) \times 100 \quad (۳)$$

رنگ و کدورت تراوه حاصل از اولترافیلتراسیون شربت رقیق به ترتیب با اندازه‌گیری جذب در طول موجهای ۵٦۰ و ۷۲۰ نانومتر و مطابق روش استاندارد ایکومزا[9] اندازه‌گیری

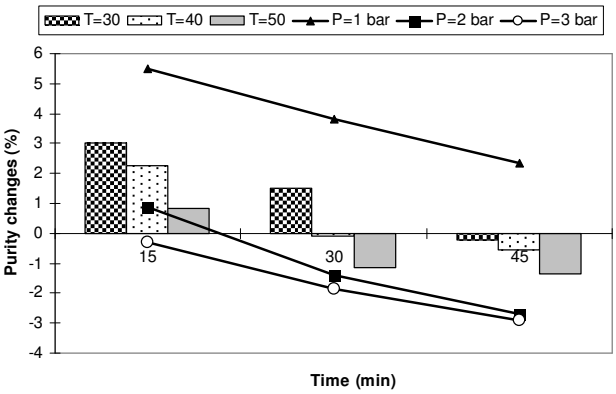
4.Defrosting & thawing
4. Cleaning-In-Place (CIP)
6. Retentate
7. Brix
8. Polarization
9. ICUMSA

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-06-23]

شد[١٤]. سختی نیز با روش تیتراسیون بوسیله EDTA و طبق دستورالعمل ایکومزا تعیین گردید [١ و ٢]. تمامی آزمایشها حداقل در سه تکرار انجام گردیده و میانگین آنها به عنوان نتیجه اندازه‌گیری صفت مربوطه گزارش شده است.

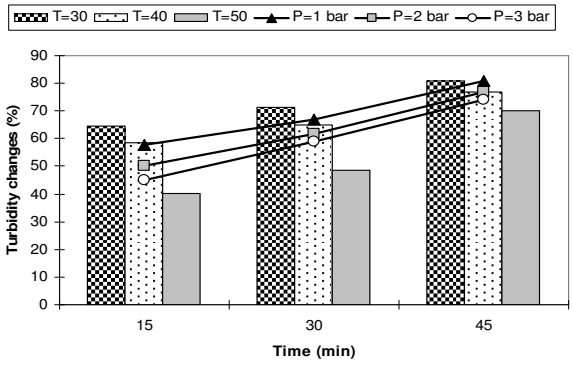
٣- نتایج و بحث

به منظور ارزیابی کارایی فرآیند اولترافیلتراسیون در بهبود کیفیت شربت رقیق می‌بایست شاخصهای تصفیه در صنعت قند قبل و پس از فرآیند اولترافیلتراسیون مورد مقایسه قرارگیرد. یکی از مهمترین صفات برای توصیف کیفی شربت در کارخانجات قند درجه خلوص شربت است. شکل (٢) تغییرات درجه خلوص شربت را در طی عملیات اولترافیلتراسیون نشان می‌دهد.



شکل ٢ تغییرات دینامیکی درجه خلوص تراوه در دماها و فشارهای مختلف فرآیند اولترافیلتراسیون شربت رقیق چغندر

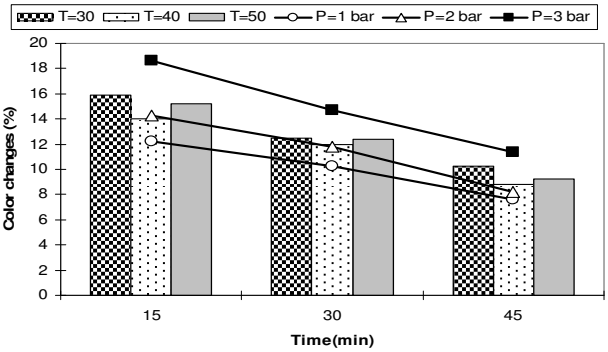
با ملاحظه روند تغییرات خلوص در جریان تراوه فرآیند اولترافیلتراسیون شربت رقیق در شکل (٢) می‌توان دریافت که با گذشت زمان عملیات، میزان ساکارز باقی مانده در فاز ناتراوه کاهش یافته و مقدار آن مرتباً در فاز تراوه افزایش می‌یابد. در حقیقت غشاء اولترافیلتراسیون با حذف مواد کلوئیدی و ماکرومولکولهای نامحلول از قبیل پروتئینها، پلی‌ساکاریدها، صمغها (چه آنهایی که به‌طور طبیعی در شربت وجود دارند و چه آنهایی که در اثر فعالیت برخی میکروارگانیسمها بوجود آمده اند) و عبور ساکارز از خود سبب افزایش درجه خلوص شده است. نتایج همچنین نشان داد با افزایش دما و یا فشار، میزان افزایش درجه خلوص روندی افزایشی دارد. در این تحقیق به‌طور میانگین، خلوص شربت رقیق در نتیجه استفاده از فرآیند اولترافیلتراسیون، ٧٢ /٠ واحد افزایش یافته است. این نتایج با یافته‌های سایر محققین مطابقت دارد که میزان افزایش درجه خلوص را از ٠/٧ تا ٠/٧٤ گزارش کرده اند [١، ١٣ و ١٤]. همچنین اثر افزایش دما و یا فشار در میزان درجه خلوص موید نتایج Ďuricدر سال ٢٠٠٤ است که نشان داد با افزایش دما و یا فشار، میزان افزایش درجه خلوص روند افزایشی خواهد داشت [١٤]. لازم به توضیح است که شکل (٢) به صورت درصد اختلاف درجه خلوص با خوراک رسم شده و لذا روند کاهشی تغییرات درجه خلوص برای تراوه، نشاندهنده افزایش میزان درجه خلوص در فاز تراوه نسبت به خوراک بوده و هنگامی که مقدار آن منفی می‌شود، یعنی در واقع میزان درجه خلوص تراوه از خوراک بیشتر شده است. از دیگر عوامل مهم در کیفیت شکر نهایی، میزان کاهش رنگ و کدورت شربت رقیق در طی فرآیند تصفیه می‌باشد. نتایج به‌دست آمده در این تحقیق نشان داد که با گذشت زمان فرآیند، کدورت شربت رقیق نسبت به خوراک کاهش چشمگیری پیدا می‌کند (شکل ٣). اکثر محققان نیز در نتایج خود کاهش چشمگیر در کدورت را گزارش کرده اند [١، ٢، ٤، ٥، ١٣ و ١٤]. با افزایش فشار، درصد حذف کدورت افزایش، ولی با افزایش دما درصد حذف کدورت کاهش یافت (شکل ٣). احتمالاً این نتایج به تغییر در خصوصیات لایه پلاریزاسیون غلظت مربوط است. زیرا این لایه در فشار بالاتر ضخیمتر و در دمای بالاتر نازکتر تشکیل میشود.



شکل ٣ تغییرات دینامیکی کدورت در دماها و فشارهای مختلف مختلف فرآیند اولترافیلتراسیون شربت رقیق چغندر

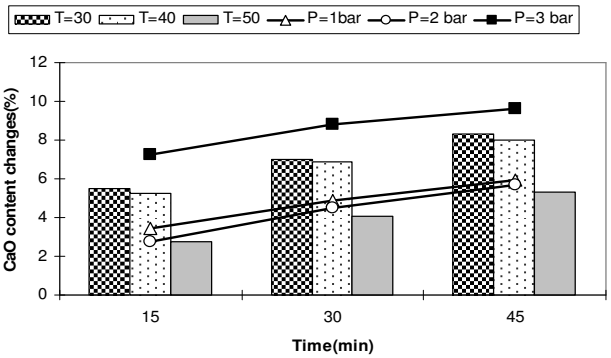
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-06-23]

احتمالاً با افزایش قطر لایه پلاریزاسیون غلظت، مقاومت آن در برابر عبور ذرات از میان آن افزایش و بالعکس با کاهش قطر آن این مقاومت کمتر می‌شود، لذا ترکیبات عامل ایجاد کدورت با کاهش فشار و یا افزایش دما، راحتتر از درون لایه پلاریزاسیون غلظت عبور می‌کنند. این نتایج منطبق با یافته‌های به‌دست آمده توسط Durić در سال ۲۰۰٤ می‌باشد. وی نیز در گزارشات خود به افزایش حذف کدورت با افزایش فشار و زمان کاهش حذف کدورت با افزایش دما اشاره کرده است [١٤]. اما در مورد تاثیر کاربرد فرآیند UF بر حذف رنگ شربت رقیق، نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که رنگ تراوه با افزایش زمان فرآیند افزایش نشان می‌دهد، با اینکه در نهایت به رنگ خوراک اولیه نمی‌رسد، لکن درصد حذف رنگ توسط این فرآیند چندان قابل ملاحظه نیست (شکل ٤). این نتیجه مغایر نتیجه‌ای است که Durić عنوان کرده است، زیرا وی کاهش رنگ در تراوه را با افزایش زمان گزارش کرده است ، لکن به نظر می‌رسد علت این اختلاف در نتایج احتمالاً متفاوت بودن خصوصیات محلول بکار گرفته شده در دو تحقیق است .



شکل ٤ تغییرات دینامیکی رنگ در دماها و فشارهای مختلف مختلف فرآیند اولترافیلتراسیون شربت رقیق چغندر

این محقق پسآب ضعیف[1] حاصل از مرحله B کریستالیزاسیون (را که مراحل اواپراسیون و کریستالیزاسیون طی نموده) به نسبت ۱:۱ رقیق کرده و از آن به عنوان خوراک فرآیند UF خود استفاده نمود. در حقیقت اواپراسیون از مراحلی است که تشکیل ترکیبات رنگی (به خصوص ملانوئیدینها که وزن مولکولی بالایی نیز دارند) را تشدید می‌نماید. همچنین با ملاحظه شکل (٤) می‌توان دریافت که در این تحقیق افزایش اختلاف فشار در غشاء سبب رنگبری بهتر و افزایش دما سبب رنگبری کمتر شده است (شکل ٤). Durić نیز چنین نتیجه‌ای را گزارش کرد. اگرچه اثرات افزایش فشار و دما در افزایش و کاهش رنگبری چندان قابل ملاحظه نبود، لیکن از مبان دو پارامتر دما و فشار، افزایش فشار اثر بیشتری بر کاهش رنگ گذاشت و اثر دما ناچیز بوده است. Hamachi در سال ۲۰۰۳ نیز به این نتیجه رسید که دما اثری بر رنگبری ندارد و اختلافات جزئی مشاهده شده را ناشی از خطا در اندازه‌گیری جذب گزارش کرد و این در حالی است که Gyura در سال ۲۰۰۲ بر اساس نتایج تحقیق خود انجام رنگبری بهتر در ۳۰ درجه سانتیگراد را نسبت به ٦۰ درجه سانتیگراد مدعی شده است.



شکل ٥ تغییرات دینامیکی سختی در دما و فشارهای مختلف مختلف فرآیند اولترافیلتراسیون شربت رقیق چغندر

در شکل (٥) درصد تغییرات سختی تراوه اولترافیلتراسیون شربت رقیق به عنوان تابعی از پارامترهای عملیاتی فرآیند اولترافیلتراسیون آورده شده است. همانطوری که در این شکل ملاحظه می‌شود، تراوه به‌دست آمده ازلحاظ سختی (محتوای CaO) در حد پایین تری نسبت به خوراک (شربت رقیق اولیه) قرار دارد و با افزایش زمان فرآیند نیز میزان CaO در فاز ترآوه مرتباً کاسته شده است. این موضوع می‌تواند اثر رضایت بخشی بر کاهش رسوبات در اواپراتورها داشته باشد. در مورد محتوای CaO نیز با افزایش فشار درصد حذف این مواد افزایش و با افزایش دما در صد حذف آنها کاهش یافته، که احتمالاً به‌دلیل تغییراتی است که در لایه پلاریزاسیون غلظت در شرایط مختلف بوجود آمده و قبلاً مورد بحث

1. Green syrup

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-06-23]

قرار گرفت (شکل ۵). Durić در سال ۲۰۰٤ نیز کاهش میزان حذف CaO با افزایش دما و افزایش آن را با افزایش فشار گزارش کرد. بسیاری دیگر از محققین نیز بر معتقدند که با استفاده از فناوریهای غشایی محتوای CaO در شربت چغندر قند به‌طور قابل ملاحظه ای کاهش می‌یابد [۱].

برای درک بهتر نتایج به‌دست آمده در این تحقیق، میانگین کلیه داده‌های مربوط به شاخصهای شربت رقیق، قبل و بعد از فرآیند اولترافیلتراسیون در جدول (۲) آورده شده است . با مقایسه این نتایج به خوبی می‌توان دریافت که فرآیند اولترافیلتراسیون توانایی بسیار زیادی در جهت بهبود کیفیت شربت رقیق و در نتیجه کیفیت شکر حاصله دارد، به‌طوری که به‌طور میانگین، ۱۲/٦۲٪ کاهش در رنگ، ۷۲/۵ ٪ کاهش در کدورت، ۷/۲ ٪ حذف سختی و ۰/۷۲ واحد افزایش در درجه خلوص به‌دست آمد.

٤- نتیجه‌گیری

در این تحقیق تاثیر پارامترهای عملیاتی فرآیند اولترافیلتراسیون شربت رقیق چغندر قند (اختلاف فشار، دما و زمان فرآیند) بر شاخصهای تصفیه در صنعت قند مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاصل از این کار تحقیقاتی به‌طورخلاصه نشان داده اند که:

۱- اولترافیلتراسیون پتانسیل ارزشمندی جهت بهبود خواص شربت رقیق دارد. این تکنیک با کاهش چشمگیر کدورت می‌تواند هم برراندمان کریستالیزاسیون و هم روی کیفیت محصول نهایی تاثیر مثبت بگذارد.همچنین با کاهش مقدار CaO میزان رسوبات در اواپراترها کاهش یافته و لذا در هزینه‌های مربوط به تمیز کردن اواپراتورها (مثل آب، مواد شیمیایی وزمان) صرفه جویی خواهد شد. اولترافیلتراسیون تا حدودی نیز باعث کاهش رنگ شربت رقیق و در نتیجه بهبود کیفیت محصول نهایی می‌گردد. در نهایت با حذف این ناخالصیهای غیر قندی از شربت رقیق، درجه خلوص آن (که یکی از مهمترین فاکتورهای ارزشیابی کیفیت و راندمان تولید در صنعت قند است) افزایش می‌یابد.

۲- در طی اولترافیلتراسیون بخشی از شربت رقیق تحت عنوان فاز ناتراوه جدا می‌شود، که مجدداً قابل برگشت به شربت بعد از آهک خور ۱ یا ۲ و یا کربناتاسیون ۱ می‌باشد.

۳- افزایش دما باعث کاهش درصد حذف ترکیبات غیر قندی می‌شود، لذا افزایش دما باید در حدی در نظر گرفته شود که جداسازی مطلوب انجام پذیرد .افزایش اختلاف فشار در عرض غشاء باعث افزایش درصد حذف ترکیبات غیر قندی می‌شود. بنابراین به نظرمیرسد استفاده از فشار بالاتر (۳ بار) مطلوبتر باشد.

۵- نتایج این تحقیق نشان می‌دهد بکار بردن فشار بالاتر، فرآیند اولترافیلتراسیون شربت رقیق؛ ۱۲/٦۲ درصد رنگ، ۷۲/۵ درصد کدورت، ۷/۲ درصد محتوای CaO کاهش یافته و به طور متوسط درجه خلوص شربت ۰/۷۲ واحد افزایش می‌یابد.

جدول۲ مقایسه خصوصیات شربت تصفیه شده حاصل از فرآیند اولترافیلتراسیون با شربت رقیق حاصل از تصفیه مرسوم

خصوصیت*	شربت رقیق قبل از فرآیند UF (شربت حاصل از تصفیه مرسوم)	شربت رقیق بعد از فرآیند UF (شربت حاصل از تصفیه با فرآیند UF)	درصد بهبود کیفیت شربت رقیق به روش UF
رنگ	زرد مات	**زرد شفاف**	-
درجه خلوص	۸۹/۸۲	**۹۰/٥٤**	۰/۸
سختی(میلی گرم بر لیتر)	۸۰۷/۱۱	**۷٤۹/۱۱**	۷/۱۹
رنگ در ٥٦۰ نانومتر (IU)**	۲۳٥	**۲۰٥/۳**	۱۲/٦۲
جذب در ۷۲۰ نانومتر	۰/۰۰۹۱	**۰/۰۰۲٥**	۷۲/٥

* داده‌ها میانگین حداقل ۵ تکرار می‌باشند.

** بر اساس استاندارد ایکومزا

به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که روش اولترافیلتراسیون در بهبود کیفیت شربت رقیق چغندر قند شامل؛ کاهش مصرف انرژی مورد نیاز برای تغلیظ عصاره در مراحل اواپراسیون، افزایش درجه خلوص شربت رقیق (و در

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-06-23]

نتیجه افزایش راندمان کریستالیزاسیون از طریق حذف ناخالصیهایی که در کریستالیزاسیون ساکارز ایجاد اشکال می‌کنند) و ایجاد رسوب کمتر در اواپراتورها (در نتیجه کاهش هزینه‌های مربوط به تمیز کردن اواپراتورها) از تواناییهای ارزشمندی برخوردار بوده و به عنوان فناوری مدرن در صنعت چغندر قند قابل استفاده است.

۵- منابع

[1] A.M. Ghosh, M. Balakrishnan, M. Duaa, J.J. Bhagat;(2000)Ultrafiltration of sugarcane juice with spiral wound modules:on-site pilot trials.Journal of Membrane Science 174 205–216.

[2] A.M. Ghosh, M. Balakrishnan ; (2003)Pilot demonstration of sugarcane juice ultrafiltration in an Indian sugar factory. Journal of Food Engineering 58 143–150.

[3] B.L. Wedzicha and M.T. Kaputo, Melanoidins from glucose and glicine-composition, Food Chem., 43 (1992) 359-367.

[4] J. Gyura, Z. Sereg, Gy. Vatai and E. B6kfissy Molnfir, (2002) Separation of non-sucrose compounds from syrup of sugar beet processing by ultra- and nanofiltration using polymer membranes, Desalination, 148 49.

[5] J. Gyura, Z. Šereš, M. Eszterle; (2005) Influence of operating parameters on separation of green syrup colored matter from sugar beet by ultra- and nanofiltration. Journal of Food Engineering 66, 89–96.

[6] R. Rautenbach and R. Albrecht, Membrane Processes, Wiley, New York, (1989).

[7] C.C. Willett, (1997) The ABC process for the production of refined sugar from beets, Int. Sugar J., 99 48-51.

[8] Z. Bubnik, A. Hinkova and P. Kadlec, (1998) Crossflow micro- and ultrafiltration applied on ceramic membranes in impure sugar solutions, Czech. J. Food Sci., 16(1) 29-34.

[9] J.R. Vercelloti, M.A. Clarke, M.A. Godshall, .S. Blanco, W.S. Patout and R.A. Florence, (1998)Chemistry of membrane separation process in sugar industry applications, Zuckerind., 123 736-745.

[10] C. Vern, The beet sugar factory in the future, Int. Sugar J., 97 (1995) 310-314.

[11] J.P. Monclin and S.C. Willett, (1996), The ABC process for the direct production of refined sugar from sugar cane mixed juice, Proc. Workshop on Separation Processes in the Sugar Industry, pp. 16-21.

[12] M. Balakrishnan, M. Dua and J. J., (2000) Operating parameters on sugar filtration: results of a field, expez Teclmol., 19 209.

[13] M. Decloux, L. Tatoud and A. Mersad; (2000),Removal of colorants and polysaccharides from raw cane sugar remelts by ultrafiltration, Zuckerindustry 125 Nr.2.106.112.

[14] M. Djurić, J. Gyura, Z.Zavargo; (2004) The analysis of process variables influencing some characteristics of permeate from ultra- and nanofiltration in sugar beet processing. Desalination 169 167-183

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-06-23]

The Effect of Ultrafiltration Process on Purity and De-colorization Indexes of Thin Sugar Beet Juice

Shahidi Noghabi,M.[1], Razavi,S.M.A.[2*],Behzad,K.[3] , Hakimzadeh,V.[4]

1-Msc Graduate, Food Science & Technology, Ferdosi Vniversity, Mashhad
2-Assistant Professor, Food Science & Technoloy Department, Ferdosi University, Mashhad
3-Instructor, Food Science & Technology Department artment, Ferdosi University, Mashhad
4-Msc Graduate, Food Science & Technology, Urmia University, Urmia

The main objective in sugar industry is to remove the colorants and other non-sucrose compounds in order to obtain thin sugar juice with high purity and quality. The aim of this research was to study the potential of ultrafiltration process and its operational conditions (process time, transmembrane pressure & temperature) on improving the purification and de-colorization performance of thin sugar beet juice. Experimental data was obtained using the pilot plant UF membrane system equipped to a spiral wound module and a polysulfone amide membrane with MWCO 20kD. In this work, the effect of transmembrane pressure (at levels of 1, 2 & 3 bar), process temperature (at levels of 30, 40 & 50^{o}C) and operation time (at levels of 15, 30 and 45 minutes) on the purification indexes in sugar industry (Brix, polarization, purity, hardness & color) has been investigated. The results showed that the increase of duration of UF process decrease the separation degree of CaO content and turbidity, whereas the purity ratio and color removal increased for the same condition. It was found that increasing process temperature led to decrease the separation degree of CaO content, turbidity and color removal, however the purity ratio increased in this case. Increasing transmembrane pressure also improved the separation performance of non-sucrose compounds for all the UF conditions studied. The trials displayed satisfactory separation with an average purity rise of 0.72 unit, 7.2% lower CaO content, 72.5 % lower turbidity and 12.62 % lower color in the permeate.

Keywords: Ultrafiltration, Thin sugar beet juice, Color, Turbidity, Hardness, Purity

*Corresponding author E-mail address: s.razavi@um.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-06-23]