تاثیر پارامترهای عملیاتی بر کارایی فرآیند نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندرقند

مصطفی شهیدی نوقابی[۱،۲*]، سید محمد علی رضوی[۳]، سید محمود موسوی[۴]، محمد الهی[۵]

۱- استادیار گروه شیمی مواد غذایی، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی.
۲- دانش آموخته دکتری گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۴- استاد گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۵- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

(تاریخ دریافت: ۸۹/۹/۲۳ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۱/۸)

چکیده

آب پرس تفاله چغندر قند یکی از پسآب های کارخانجات تولید قند است که امروزه در بسیاری از کارخانه ها بدون هیچ فرآیند تصفیه ای، به دیفوزیون برگشت داده می شود . اما به نظر می رسد تصفیه آن قبل از ورود به دیفوزیون توسط سیستم های غشایی تاثیر مطلوبی بر راندمان کارخانه های قند داشته باشد.

در این پژوهش، از غشاء نانوفیلتراسیون *AFC80* ، جهت بررسی شار تراوه، درصد گرفتگی و میزان درصد دفع ساکارز و مهمترین یون های ملاس زا در صنعت قند (سدیم و پتاسیم) در شرایط عملیاتی مختلف استفاده شد. آب پرس تفاله چغندر قند از کارخانه قند آبکوی مشهد تهیه شد و اثر پارامترهای عملیاتی فرآیند نظیر دما (در سه سطح ۲۵، ۴۰ و ۵۵ درجه سانتی گراد)، اختلاف فشار (در سه سطح ۱۰، ۱۵ و ۲۰ بار) بر کارایی فرآیند نانوفیلتراسیون (شار جریان تراوه، گرفتگی غشاء و در صد دفع) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد بیشترین شار تراوه در دمای ۵۵ درجه سلسیوس و فشار *bar* ۲۰ حاصل می شود و مقدار میانگین آن در حالت پایا ۴۹/۲۷ kg/m^2h است. کمترین مقدار شار در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و فشار *bar* ۱۰ حاصل شد و مقدار آن ۱۴/۶۳ kg/m^2h بود. همچنین بیشترین درصد گرفتگی در دمای ۵۵ درجه سلسیوس و فشار *bar* ۲۰ ، و کمترین در صد گرفتگی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و فشار *bar* ۱۵ ایجاد گردید. به علاوه بیشترین درصد دفع یون های سدیم و پتاسیم (به ترتیب ۸۳/۳٪ و ۷۲/۵٪) در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و فشار *bar* ۲۰، و کمترین درصد دفع آنها (به ترتیب ۷۴/۳٪ و ۶۹/۰۵٪) در در دمای ۵۵ درجه سلسیوس و فشار *bar* ۱۰ بدست آمد. درصد دفع ساکارز در تمام شرایط عملیاتی به کار گرفته شده در این تحقیق، بالای ۹۵٪ بود و تغییر شرایط عملیاتی تاثیر قابل توجهی بر میزان آن نداشت.

کلید واژه گان: آب پرس تفاله چغندر قند، نانوفیلتراسیون، شار، گرفتگی، درصد دفع

* مسئول مکاتبات: m.shahidi@rifst.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-17]

۱- مقدمه

آب پرس یک محلول رقیق حاوی ۳-۱ درصد ماده جامد بوده، که ۸۰-۶۰ درصد آن قند و بقیه آن ناخالصی هایی مثل نمک ها، کلوئیدها، و مواد جامد سوسپانسیونی است[۱]. از آنجایی که حجم آب پرس تفاله چغندر قند در کارخانه های قند بسیار بالاست (تقریبا حدود ۰/۶-۰/۴ کیلوگرم به ازای هر کیلوگرم چغندر ورودی)، بنابراین برای مثال در یک کارخانه طی فرآیند ۵۰۰۰ تن چغندر قند در روز، حداکثر ۳۰۰۰ تن آب پرس به دست می آید. عموماً در کارخانجات قند، آب پرس مجدداً به واحد استخراج (دیفوزیون) برگردانده شده و در کنار آب تازه، به عنوان آب مورد استفاده برای استخراج ساکارز از خلال چغندر به کار می رود. متاسفانه حضور ساکارز (حداکثر ۹۰ تن در روز به ازای ۳۰۰۰ تن آب پرس) و ناخالصیها (حداکثر ۳۰ تن در روز به ازای ۳۰۰۰ تن آب پرس) در آب پرس تاثیر بسیار نامطلوبی بر کشش دیفوزیون و کارایی استخراج ساکارز در دیفوزیون می گذارد، به طوری که ساکارز قابل استحصال، غلظت عصاره و درصد خلوص آن کاهش می یابد. از طرف دیگر برخی از این ناخالص ها طی مراحل تصفیه مرسوم حذف نمی شوند و در مرحله کریستالیزاسیون با افزایش حلالیت ساکارز از کریستالیزاسیون آن جلوگیری کرده و باعث افزایش مقدار ملاس می شوند. قدرت ملاس زایی ناخالصی های مختلف متفاوت است اما می توان گفت کوچکترین و ملاس زا ترین آنها، سدیم و پتاسیم هستند [۲]. چون آب پرس محلول بسیار رقیقی است، لذا تغلیظ حرارتی و جدا سازی آب تمیز از آن به منظور استفاده در واحد استخراج به هیچ وجه توجیه اقتصادی ندارد.

بی تردید یکی از پرجاذبه ترین فناوری‌های جدید در سالهای اخیر، به کارگیری فرآیندهای غشایی در صنایع مختلف از جمله صنایع غذایی بوده است که منجر به ارتقاء در کیفیت محصولات، افزایش راندمان استحصال مواد مغذی، کاهش مصرف انرژی و تولید فرآورده‌های جدید شده است [۳]. به طور کلی فرآیندهای غشایی نظیر میکروفیلتراسیون[1] ، اولترافیلتراسیون[2]، نانوفیلتراسیون[3] ، اسمزمعکوس[4] عملیات واحدی هستندکه طی آن آب و برخی مواد محلول به صورت انتخابی از یک غشاء نیمه‌تراوا به صورت عرضی عبور کرده و سبب تغلیظ، جدا سازی و تفکیک اجزاء محلول می‌شوند. این فرآیند ها تحت شرایط محیطی و بدون استفاده از مواد شیمیایی خاص انجام می گیرد، بنابراین خصوصیات فیزیکو-شیمیایی مواد جامد محلول ها دست نخورده باقی می مانند. به همین دلیل به فرآیند های غشایی، فناوری پاک[5] گفته می شود[۳]. در فرآیندهای مختلف غشایی اندازه منافذ غشاها و در نتیجه نوع فراکسیون قابل جداسازی فرق می‌کند، دراین فرآیندها، فازی که از درون حفرات غشاء عبور می‌کند به عنوان تراوه[6] و فازی که نمی‌تواند از درون منافذ غشاء عبور کند، ناتراوه[7] نامیده می‌شود [۴].

غشاء ها بر اساس قطر منافذ و در نتیجه ذراتی که قادر به جداسازی آن هستند به گروههای مختلفی تقسیم می‌شوند. به عنوان مثال ذرات با وزن مولکولی خیلی کم نظیر: اتم‌ها، یونهای فلزی، نمک‌ها، قندها، اسیدهای‌آمینه از منافذ غشاهای اسمزمعکوس نمی‌توانند عبور کنند و در نتیجه پشت غشاء باقی می مانند. غشاء نانوفیلتراسیون دارای خصوصیاتی بین غشاهای *RO* و *UF* می‌باشد (لو و همکاران ۲۰۰۲). *MWCO*[8]* برای غشاء های نانوفیلتراسیون در دامنه ۱۰۰۰-۱۰۰ دالتون است. *NF* دارای چندین مزیت است که باعث شده است کاربرد آن در جهان افزایش روز افزون یابد. از مهمترین این مزایا، می توان به فشار عملیاتی پایین، شار بالا، دفع نمک های چند ظرفیتی و مولکول های آلی با وزن مولکولی بالای ۳۰۰ دالتن ، سرمایه گذاری نسبتا پایین و هزینه های نگهداری و عملیات پایین اشاره نمود [۵]. این غشاء قادر به جداسازی یونهای دوظرفیتی و تا حدودی تک ظرفیتی است. بنابراین به نظر می رسد جایگزین مناسبی برای غشاء *RO* در زمینه تصفیه آب و فاضلاب باشد.

تنها تیماری که روی آب پرس تفاله قبل از برگرداندن آن به دیفیوزر صورت می گیرد، افزایش دمای آن به منظور کنترل بار میکروبی آن و احتمالا گذراندن آن از صافی است [۶]. اما بسیاری از ناخالصی های موجود درآب پرس تفاله، توسط این صافی ها قادر به جداسازی نیستند. با برگرداندن این آب به دیفیوزر، عملا مقداری ناخالصی وارد جریان تولید شکر خواهد شد که برخی از این ناخالصی ها در طی عملیات تصفیه حذف نشده و در نهایت باعث افزایش ملاس و کاهش راندمان تولید خواهند شد. لذا توجه

1. Micrifiltration (MF)
2. Ultrafiltration (UF)
3. Nanofiltration (NF)
4. Revers Osmosis (RO)

5. Clean Technology
6. Permeate
7. Retentate
8. Molecular weight cut-off

*: وزن مولکولی پلی مری است که ۹۰ درصد آن توسط غشاء دفع می شود (۱).

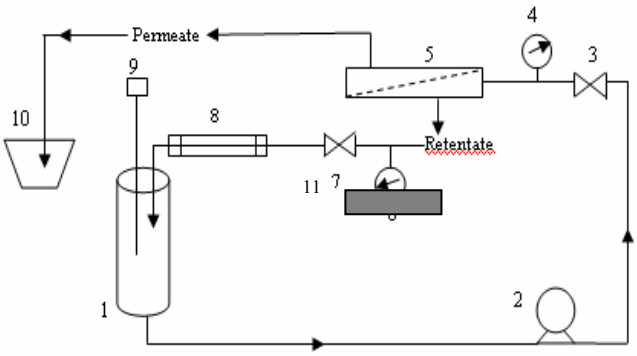
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-17]

محققین به بررسی پتانسیل به کارگیری فرآیند های غشایی برای تصفیه این آب، و استفاده مجدد از آن در دیفیوزر جلب شد. اولین انتخابی که در زمینه به کارگیری فرآیند های غشایی مطرح شد، استفاده ازغشاء اسمز معکوس بود، زیرا تراوه حاصل از فرآیند غشایی هرچه خالص تر باشد، برگشت دادن آن به دیفوزیون باعث افزایش بیشتر استحصال ساکارز از خلال چغندر شده و شربت خام حاصل از آن خلوص بالاتری خواهد داشت و ناخالصی کمتری وارد مرحله تصفیه می شد [۱]. بوگلیولو و همکارانش (۱۹۹۶) به بررسی تصفیه آب پرس تفاله چغندر قند با استفاده از *RO* پرداختند. آنها ابتدا آب پرس تفاله چغندر را به صورت شیمیایی و با روشی مشابه روش تصفیه شربت خام چغندر، تصفیه کردند و سپس آن را از غشار *RO* عبور دادند و اثر شرایط عملیاتی مختلف را بر شار، گرفتگی و درصد دفع ناخالصی های آن مورد بررسی قرار دادند [۱]. از آنجایی که فرآیند غشایی اسمز معکوس به فشار های بالایی نیاز دارد و معمولا شار فاز تراوه این فرآیند کم و گرفتگی آن بالا است، لذا امروزه با شناخته شدن گروه جدیدی از غشاء ها تحت عنوان نانوفیلتراسیون، و با توجه به این که *NF* نسبت به *RO* در فشار پایین تری کار می کند و شار بالاتر و گرفتگی کمتری دارند لذا در بسیاری از موارد *NF* جایگزین *RO* شده است[۵]. از آن جایی که مطالعه درباره استفاده از غشاء در تصفیه آب پرس محدود به تحقیق بوگلیولو (۱۹۹۶) می شود، لذا کمبود مطالعاتی در زمینه بکارگیری *NF* (که به نظر می رسد خواسته های ما را در زمینه تیمار آب پرس بدین روش تامین می کند) احساس می شود.

گرچه مطالعات در زمینه آب پرس بسیار محدود است، اما محققین بسیاری از *NF* در تصفیه آب یا فاضلاب ها استفاده کرده اند و مسائل مختلف مربوط به این فرآیند را بررسی کرده اند. بسیاری از محققین از *NF* برای سختی زدائی از آب های زیرزمینی [۷-۱۱]، آب های سطحی [۱۲- ۱۶] و تصفیه فاضلاب های مختلف [۱۷-۲۲] استفاده نموده اند و بدین ترتیب پتانسیل این فرآیند، و تاثیر شرایط عملیاتی را بر کارایی آن بررسی نموده اند. بررسی منابع نشان می دهد از مهمترین شرایط عملیاتی مورد بررسی توسط محققین ذکر شده، بررسی دما، اختلاف فشار، سرعت جریان بر کارایی فرآیند نانوفیلتراسیون است. هدف از این مقاله، بررسی پتانسیل به کارگیری فرآیند نانوفیلتراسیون بر تصفیه آب پرس تفاله چغندر قند و اثر شرایط عملیاتی مختلف (فشار و دما) بر تغییرات شار تراوه، گرفتگی غشاء و درصد دفع بوده است.

۲- مواد و روشها

در این تحقیق از یک سیستم پایلوت غشایی جریان عرضی *NF* برای فرآیند نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند استفاده شد. همانطوری که در شکل (۱) ملاحظه می شود این سیستم غشایی شامل یک تانک تغذیه (۱)، پمپ پیستونی (۲)، مدول غشاء *NF*[1] (۵)، دو فشار سنج عقربه ای (۴ و ۶)، مبدل حرارتی لوله‌ای (۸)، دماسنج دیجیتال(۹)، دو شیر کنترل جریان (۳ و۷)، ظرف جمع آوری فاز تراوه (۱۰) یک ترازوی الکترونیکی قابل اتصال به کامپیوتر(۱۱) می باشد. مشخصات فنی سیستم غشایی در جدول (۱) به صورت خلاصه آورده شده است.



شکل ۱ سیستم *NF* بکارگرفته شده جهت نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند

در این مطالعه، آب پرس تفاله چغندر قند به عنوان خوراک سیستم پایلوت *NF* از کارخانه قند آبکوه تهیه شد. به علت کوتاه بودن زمان بهره‌برداری کارخانجات قند، آب پرس تفاله چغندر قند به مقدار مورد نیاز برای کل پروژه خریداری و در ظروف ۲۰ لیتری و درون سردخانه زیر صفر در دمای ^{o}C ۲۰- تا زمان انجام آزمایشات نگهداری گردید. برای انجام هر بار عملیات نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند، ابتدا حدود ۲۰-۱۵ لیتر آب پرس تفاله چغندر قند یخ زدایی[2] شده و دمای آن به دمای مورد نظر برای آن عملیات می‌رسید. در مرحله بعد شربت توسط صافی پارچه ای چهار لایه جهت حذف ذرات موجود در آن صاف می‌شد.

1. Nanofiltration module
2. Defrosting & thawing

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-17]

جدول ۱ مشخصات فنی سیستم پایلوتی غشاء نانوافیلتراسیون

نوع غشاء	*AFC80*
جنس غشاء	فیلم پلی آمید[1]
سطح موثر غشاء	۲۴۰ cm^2
دامنه تحمل *pH*	۱/۵–۱۰/۵
دامنه تحمل دما	تا ۷۰ درجه سانتی گراد
حداکثر فشار قابل تحمل	۶۰ بار
خصوصیت دفع ظاهری[2]	٪۸۰ *(NaCl)*
نوع مدول	لوله ای[3]، مدل *MIC-RO 240*

سپس عملیات نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند چغندر در ۵ مرحله زیر انجام می‌شد:

۱ـ فیلتراسیون آب مقطر از درون غشاء تمیز برای مدت ۱۵–۱۰ دقیقه

۲ـ فیلتراسیون نمونه آب پرس تفاله، از درون غشاء تمیز برای مدت ۶۰ دقیقه

۳ـ فیلتراسیون آب مقطر از درون غشاء مسدود شده برای مدت ۱۵–۱۰ دقیقه

۴ـ سیکل *CIP*[4] مطابق دستورالعمل شرکت تولید کننده غشاء.

۵ـ فیلتراسیون آب مقطر از درون غشاء شسته شده برای مدت ۱۵–۱۰ دقیقه.

شار آب مقطر و جریان فاز تراوه آب پرس تفاله چغندر قند بر حسب $kgm^{-2}s^{-1}$ در فواصل زمانی ۱ دقیقه ای و از طریق ثبت وزن آب مقطر / فاز تراوه توسط یک ترازوی دیجیتالی و سپس جاگذاری مقادیر حاصل در فرمول زیر بدست می آمد [۲۳].

$$J = (W_2 - W_1) \div (t \times A) \qquad (1)$$

W_1: وزن خوانده شده در زمان t_1 (kg)

W_2 : وزن خوانده شده در زمان t_2 (kg)

t : فاصله زمانی بین خواندن دو وزن W_2, W_1 (s)

A : سطح غشاء (m^2)

هدف از مرحله اول و پنجم تعیین شار آب مقطر (J_w) و کنترل شار روزانه غشاء دستگاه بوده است. با توجه به داده‌های مرحله دوم، شار تراوه آب پرس تفاله چغندر قند (J_p) بدست می‌آید. هدف از مرحله سوم تعیین شار آب مقطر در غشاء مسدود شده (J_{WF}) و محاسبه درصد گرفتگی غشاء بر اساس فرمول (۲) بوده است[۳].

$$Fouling(\%)=(1 - J_{WF} \div J_w)\times 100 \qquad (2)$$

جهت بررسی درصد دفع یون های ملاس زای موجود در آب پرس تفاله چغندر قند، مقادیر یون های سدیم ، پتاسیم و مقدار ساکارز قبل و بعد از فرآیند نانوفیلتراسیون با استفاده از دستگاه بتلایزر (مدل *Dr.Wolfgang* ، ساخت شرکت *Germany ،Kernchen*) مرکز بررسی و تحقیقات چغندر قند خراسان رضوی اندازه گیری و با توجه به فرمول زیر، درصد دفع یون های مذکور محاسبه گردید [۲۴]:

$$R\ (\%) = [1 - C_P/C_F] \times 100 \qquad (3)$$

C_P: غلظت جزء مورد نظر در فاز تراوه

C_F : غلظت جزء مورد نظر درخوراک ورودی به سیستم غشایی

بطور خلاصه در این پروژه اثر عوامل مختلف فرآیند نانوفیلتراسیون نظیر اختلاف فشار در عرض غشاء (*TMP*)[5] در ۳ سطح (۱۰، ۱۵ و ۲۰ بار)، دمای فرآیند در ۳ سطح (۲۵، ۴۰ و ۵۵ درجه سانتی گراد) بر کارایی فرآیند نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند (شار تراوه، گرفتگی غشاءو در صد دفع های ساکارز، یون های سدیم و پتاسیم) مورد بررسی قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

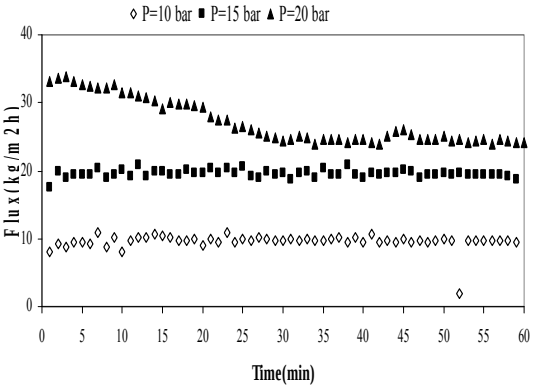
نتایج این پژوهش نشان داده است که شار تراوه فرآیند نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قنددر فشار های پایین مورد بررسی در این پروژه (۱۵ و۱۰ بار) از همان دقایق اولیه فرآیند به حالت پایا [6] می رسد و کاهش اولیه ای که در نمودار دینامیکی شار در اکثر فرآیندها مشاهده می شود ، در اینجا به چشم نمی خورد. اما در فشارهای بالاتر (۲۰ بار) با گذشت زمان به تدریج شار تراوه کاهش یافته تا اینکه بعد از مدتی

1. Polyamide film
2. Apparent Retention Character
3. Tubular
4. Cleaning-In-Place

5. Transmembrane pressure (TMP)
6. Steady state

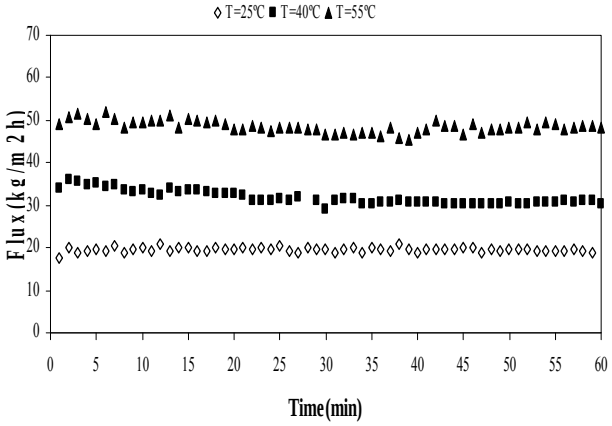
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-17]

(حدود ۲۵-۲۰ دقیقه) به یک شار ثابت نسبتاً پایدار می رسد (شکل ۲). محققان عنوان کرده ا ند که کاهش اولیه در شار احتمالاً به خاطر تشکیل لایه پلاریزاسیون غلظت در نزدیکی سطح غشاء است که به عنوان مقاومت ثانویه باعث کاهش شار فاز تراوه می گردد. بدیهی است سرعت و ضخامت تشکیل این لایه تحت تاثیر عواملی نظیر اختلاف فشار، سرعت جریان و دما می باشد. در آزمایش های انجام شده مشاهده گردید که با افزایش اختلاف فشار در عرض غشاء، زمان رسیدن به حالت پایدار اندکی طولانی تر شده و در فشارهای پایین (۱۰ بار)، شار از همان ابتدای فرآیند پایا بوده است (شکل ۲). این موضوع نشان دهنده سرعت بالای تشکیل این لایه و یا کم اهمیت بودن آن در شار آب پرس تفاله چغندر به ویژه در فشار های پایین است. اما در مورد اثر دما همان طور که از شکل ۳ می توان دریافت، در تمام دماهای مورد بررسی شار از همان ابتدا به حالت پایا رسیده است.



شکل ۲ اثر تغییرات اختلاف فشار در عرض غشاء بر شار تراوه در طی عملیات نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند (دمای فرآیند ۲۵ درجه سانتیگراد)

نتایج تغییرات فشار نشان داده است که با افزایش اختلاف فشار عملیاتی در یک دمای ثابت، شار تراوه نسبتاً پایا (یعنی شار در انتهای فرآیند) افزایش می یابد (شکل۲). افزایش شار تراوه، به ازاء افزایش فشار از ۱۰ بار به ۱۵ بار ۳۳/۹۰ درصد و به ازاء افزایش فشار از ۱۵ بار به ۲۰ بار ۳۸/۲۸ درصد بدست آمد. از آنجایی که نانوفیلتراسیون جزء فرآیندهای غشایی مبتنی بر نیرو محرکه فشار است، لذا انتظار می رود که با افزایش نیرو محرکه فشار، شار تراوه نیز افزایش یابد. اما باید توجه داشت که افزایش شار با افزایش فشار تا یک فشار خاصی انجام می پذیرد و پس از آن با افزاش فشار، شار تراوه ثابت می ماند. به این شار شار حدی گفته می شود و در این حالت، شار تراوه مستقل از فشار می شود. افزایش شار با افزایش فشار نشان دهنده این است که شار تراوه در شرایط عملیاتی به کار گرفته شده در این پروژه در محدوده وابسته به فشار است و لذا احتمالاً در این شرایط غلظت لایه پلاریزاسیون غلظت به حدی نرسیده است که به لایه ژلی تبدیل گردد و شار را مستقل از فشار نماید. همچنین با ملاحظه شکل ۳ نیز می توان دریافت که در یک اختلاف فشار ثابت، افزایش دمای فرآیند، شار تراوه نسبتاً پایا را افزایش داده است. افزایش شار ترآوه در اثر افزایش دما احتمالاً در نتیجه کاهش ویسکوزیته آب پرس و افزایش ضریب نفوذ مولکولی است [۲۵]. مسلما با کاهش ویسکوزیته و افزایش ضریب نفوذ، میزان انتقال جرم در واحد زمان از واحد سطح غشاء بیشتر شده و این امر باعث افزایش شار تراوه می گردد. افزایش شار به ازاء افزایش دما از ۲۵ به ۴۰ درجه سانتیگراد ۷۲/۵۳ درصد و به ازاء افزایش دما از ۴۰ به ۵۵ درجه سانتیگراد ۴۵/۷۶ درصد حاصل شد.



شکل ۳ اثر تغییرات دمای فرآیند بر شار تراوه در طی عملیات نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند (اختلاف فشار در عرض غشاء ۱۵ بار)

از دیدگاه کارایی فرآایندهای غشایی مسلماً داشتن شار بالاتر مطلوب تر است، اما تنها شار بالا مد نظر نیست و چگونگی رفتار گرفتگی غشاء تحت شرایط عملیاتی مختلف بسیار حائز اهمیت است. نتایج گرفتگی فرآیند نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند به عنوان تابعی از دما و اختلاف فشار به ترتیب در جدول ۲ آورده شده است. با ملاحظه این جدول می

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-17]

توان دریافت که میانگین درصد گرفتگی با افزایش دما و فشار فرآیند افزایش می یابد. لذا از یافته های این پژوهش می توان نتیجه گرفت که به کارگیری دما و فشار بالاتر (۵۵ درجه سانتی گراد و ۲۰ بار) علیرغم شار بالاتر، در عین حال گرفتگی بالاتری نیز ایجاد می کند.

از دیگر عوامل موثر بر کارایی فرآیند نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند، درصد دفع اجزای خوراک می باشد. نتایج درصد دفع مهمترین یون های ملاس زا (سدیم و پتاسیم) به عنوان تابعی از شرایط عملیاتی در جداول ۳ و ۴ آورده شده است. یافته های این پژوهش نشان می دهد که درصد دفع در دمای محیط بیشتر از دیگر دماهای مورد بررسی است. با افزایش دما هم درصد دفع سدیم و پتاسیم و هم درصد دفع ساکارز کاهش می یابد (جدول ۳). با توجه به اینکه در صنعت علاوه بر درصد دفع، شار و گرفتگی هم حائز اهمیت است لذا می توان گفت در این مقوله بایستی هرسه مورد درصد دفع، شار تراوه و درصد گرفتگی آن را در نظر گرفت.

جدول ۲ اثر تغییرات دما و اختلاف فشار بر میزان گرفتگی غشاء در طی فرآیند نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر

دما (سانتیگراد)	میانگین گرفتگی (٪)	فشار (بار)	میانگین گرفتگی (٪)
۲۵	۷/۰۳	۱۰	۷
۴۰	۷/۵۶	۱۵	۷/۴
۵۵	۸/۲۱	۲۰	۸/۳۶

جدول۳ اثر دما بر میزان دفع سدیم و پتاسیم در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر

دما (سانتیگراد)	میانگین درصد دفع پتاسیم	میانگین درصد دفع سدیم	میانگین درصد دفع ساکارز
۲۵	۷۲/۹۸	۷۸/۶۱	۹۹/۷۱
۴۰	۶۸/۸۴	۷۶/۰۷	۹۷/۹۶
۵۵	۶۵/۸۳	۷۳/۷۹	۹۶/۸۸

با ملاحظه جدول ۴ می توان دریافت که با افزایش اختلاف فشار عملیاتی در عرض غشاء از ۱۰ به ۲۰ بار، درصد دفع یون های مذکور افزایش یافته است. به نظر می رسد دلیل این موضوع احتمالاً افزایش ضخامت لایه پلاریزاسیون غلظت در فشارهای بالا تر باشد، که در نتیجه آن مقاومت در برابر عبور جریان و مواد محلول از درون غشاء افزایش یافته و درصد دفع اجزای محلول (حتی برای یون های سدیم و پتاسیم که قابلیت عبور از این غشاء را دارند) افزایش می یابد. نتایج بررسی های الزوبی و همکارانش نیز موید این مطلب است که با افزایش فشار درصد دفع پتاسیم افزایش می یابد. این محقق از سه نوع غشاء *NF* برای بررسی میزان دفع نمک های سولفات و پتاسیم استفاده کرد. وی دامنه فشار بین ۲ تا ۹ بار انتخاب کرد و در این دامنه درصد دفع پتاسیم با افزایش فشار افزایش یافت [۲۶]. همانطور در جداول ۳ و ۴ مشاهده می شود، در تمام شرایط عملیاتی به کارگرفته شده در این تحقیق، درصد دفع ساکارز بالای ۹۵ درصد است و با توجه به این که *MWCO* اسمی یک غشاء نشان دهنده وزن مولکولی استاندارد مولکولهایی است که ۹۰ درصد آن توسط غشاء حذف می شوند، لذا می توان گفت، غشاء مورد استفاده در این تحقیق قادر به حذف کامل مولکولهای ساکارز بوده است. سایر محققین نیز از جمله ولنگا و تراگارد میزان در صد دفع ساکارز را توسط غشاء نانوفیلتراسیون *(Thin-film DS5)* را بالای ۹۹ درصد گزارش کردند[۲۷]. به نظر می رسد علت درصد دفع بالای این جزء خنثی، اندازه مولکولی بزرگتر آن نسبت به اندازه منافذ غشاء نانوفیلتراسیون به کار گرفته شده در این مطالعه باشد.

جدول۴ اثر فشار بر میزان دفع سدیم و پتاسیم در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر

فشار (بار)	میانگین درصد دفع سدیم	میانگین درصد دفع پتاسیم	میانگین درصد دفع ساکارز
۱۰	۶۶/۸۶	۷۴/۴۴	۹۵/۱۸
۱۵	۶۸/۴۰	۷۶/۳۷	۹۵/۵
۲۰	۷۲/۳۷	۷۷/۶۵	۹۵/۵۹

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-17]

۴- نتیجه گیری

به طور خلاصه یافته های این پژوهش نشان داده اند که:

۱. برای دستیابی به شار بالا باید از بیشترین دما و بیشترین اختلاف فشار (در محدوده به کار گرفته شده در این تحقیق یعنی دمای ۵۵ درجه سانتی گراد و فشار ۲۰ بار) استفاده کرد.

۲. افزایش دما سبب افزایش کاهش میزان دفع خواهد شد.

۳. افزایش فشار سبب افزایش درصد می شود.

به طورکلی بر اساس موارد مذکور می توان نتیجه گیری کرد که با توجه به این که آب پرس تفاله چغندر پس از خروج از دستگاه پرس دمایی حدودد ۵۵ درجه سلسیوس دارد و با توجه به اینکه در این دما شار بالا است و فعالیت میکروبی نیز کمتر خواهد بو و از طرفی به طور کلی گرفتگی غشاء در نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله کم ناچیز است لذا این دما در کاربرد صنعتی آن توصیه می شود. هم چنین به نظر می رسد فشار ۲۰ بار هم به لحاظ شار تراوه بالاتر و هم به لحاظ درصد دفع بیشتر، بهترین فشار برای تصفیه آب پرس تفاله چغندر قند با توجه به نتایج این پروژه است.

۵- منابع

[1] Bogliolo, M. Bottino, A. Capannelli, G. Depetro, M. Servida, A. Pezzi, G. and Vallini, G. 1996. Clean water recycle in sugar extraction process:performance analysis of revers osmosis in the treatment of sugar beet press water. Desalination 108: 261-271

[2] Van der Poel, P. W. Scheweck, H. Schwartz, T.1998. Sugar technology; Verlag Dr. Albert Bartens Kg- Berlin.

[3] Shahidi. M., Decolorization and improving quality of thin sugar beet juice by ultrafiltration, MS thesis, Agriculture college, Ferdowsi University of Mashhad.

[4] Cheryan, M. 1998. Ultrafiltration and microfiltration handbook (2nd ed.). Technomic publishing Ltd., Lnacaster.

[5] Lu, X. Bian, X. and Shi, L. 2002. Preparation and characterization of NF composite membrane. Journal of Membrane Science. 210: 3-11.

[6] Mesbahi, GH, 1382. Principles of sugar industry, Agriculture sciences.

[7] Schaep, J. Van der Bruggen, B. Uytterhoeven, S. Croux, R. Vandecasteele, C. Wilms, D. Van Houtte, E. and Vanlerberghe, F. 1998. Removal of hardness from groundwater by nanofiltration, Desalination, 119: 295-302.

[8] Sombekke, H.D.M, Voorhoeve, D.K. and Hiemstra, P. 1997. Environmental impact assessment of groundwater treatment with nanofiltration, Desalination, 113: 293-296.

[9] Bergrnan, R.A. 1995. Membrane softening versus lime softening in Florida cost comparison update, Desalination, 102 : 11-24.

[10] Bergrnan, R.A. 1996. Cost of membrane softening in Florida, J. AWWA, 88: 32-43.

[11] Watson, B.M. and Homburg, C.D. 1989. Low-energy membrane nanofiltration for removal of color, organics and hardness from drinking-water supplies, Desalination, 72: 11-22.

[12] Levine, B. Madireddi, K. Lazarova, V. Stentrom, M. and Suffet, M. 1999. Treatment of trace organic compounds by membrane processes: at the Lake Arrowhead water reuse pilot plant, Water Sci. Teehnol., 40(4-5): 293-301.

[13] Visvanathan, C. Marsono, B. and Basu, B. 1998. Removal of THMP by nanofiltration: effects of interference parameters, Water Res., 32(12): 3527-3538.

[14] Agbekodo, K.M. Legube, B. and Cote, P.1996. Organics in NF permeate, J. AWWA, 88(5): 67-74.

[15] Cho, J.W. Amy, G. and Pellegfino, J. 1999. Membrane filtration of natural organic matter: initial comparison of rejection and flux decline characteristics with ultrafiltration and nanofiltration membranes, Water Res. 33(11): 2517-2526.

[16] Ericsson, B. Hallberg, M. and Wachenfeldt, J. 1996. Nanofiltration of highly colored raw water for drinking water production, Desalination, 108: 129-141.

[17] Hafiarle, A. Lemordant, D. and Dhahbi, M. 2000. Removal of hexavalent chromium by nanofiltration, esalination. 13: 305-312.

[18] Koyuncu, I. 2003. An advanced treatment of high-strength opium alkaloid processing industry wastewaters with membrane technology: pretreatment, fouling and retention characteristics of membranes. Desalination, 155: 265-275.

[19] Tang, A. and Chen, V. 2002. Nanofiltration of textile wastewater for water reuse, Desalination, 143: 11-20.

[20] Bes-Pia, A. Mendoza-Roca, J. Roig-Alcover, L. Iborra-Clar, A. Iborra-Clar, M. and Aleaina- Miranda, M. 2003. Comparsion between nanofiltration and ozonation of

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-17]

biologically treated textile waste water for it reuse in the industry, Desalination, 157: 81-86.

[21] Voigt, I. Stahn, M. Wohner, St. Junghans, A. Rost, J. and Voigt, W. 2001. Integrated cleaning of coloured wastewater by ceramic NF membranes. Sep. Purifi. Teehnol. 25: 509-512.

[22] Webar, R. Chmiel, H. and Mavrov, V. 2003. Characteristics and application of new ceramic nanofiltration membrane. Desalination, 157: 113-125.

[23] Decloux, M. Tatoud, L. Mersad, A. 2000. Removal of colorants an polysaccharides from raw cane sugar remelts by ultrafiltration. Zuckerindustrie, 125:106-112

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

[25] Rautenbach R and Albrecht R, 1989. Membrane Processes, Wiley, New York.

[26] Al-Zoubi, H. Hial, N. Darwish, N. A. Mohammad, A. W. 2007. Rejection and modeling of sulphate and potassium salts by nanofiltration membranes: neural network and spiegler-kedem model. Desalination, 206: 42-60.

[27] Vellenga, E. Trägardh, G. 1998. Nanofiltration of combined salt and sugar solutions: coupling between rejections. Desalination, 120: 211-220.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-17]

Effect of operating parameters on performance of nanofiltration of sugar beet press water

M. Shahidi Noghabi [1,2*], S. M. A. Razavi [3], S. M. Mousavi [4], M. Elahi [5]

1. Assistant professor, Department of Food Chemistry, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST)
2. Former PhD student, Department of Food Science and Technology, Agriculture College, Ferdowsi University of Mashhad
3. Professor, Department of Food Science and Technology, Agriculture College, Ferdowsi University of Mashhad
4. Professor, Department of Chemical Engineering, Engineering College, Ferdowsi University of Mashhad
5. Assistant professor, Department of Food Science and Technology, Agriculture College, Ferdowsi University of Mashhad

(Received: 89/9/23 Accepted: 89/11/8)

Sugar beet press water is one of the main wastewater in the sugar industry, which presently returned to the diffuser with no further treatment. Some form of treatment, such as pretreatment with membrane may however, improved the output efficiency of sugar plants. In this study, nanofiltration membrane (AFC80) were used to investigate the permeate flux, fouling percent and rejection percent of most important molassogenic ions (sodium and potassium) and sucrose. Sugar beet press water was provided by Abkoh sugar beet factory. The effect of operating parameters such as temperature (at levels of 25,40and 55ºC), trans membrane pressure (at levels of 10,15and 20 bar) on nanofiltration performance (permeate flux, fouling and rejection) were investigated. The results show that maximum permeate flux is obtained at 55 ºC and 20 bar, while the average value is 49.27 kgm-2h-1. The minimum permeate flux is obtained at 25 ºC and 10 bar, and the average value in this conditions is 14.63 kgm-2h-1. Maximum and minimum fouling are reached at 55 ºC and 20 bar and 25 ºC and 15 bar, respectively. Furthermore maximum rejection of sodium and potassium (84.3% and 72.5% respectively) is obtained at 25 ºC and 20 bar, and minimum of rejection of sodium and potassium (74.3% and 69.05% respectively) is obtained on 55 ºC and 10 bar. For all operating conditions, sucrose rejection was exceeded 95%. Variation in operating conditions had no significant effect on sucrose rejection.

Key words: Sugar beet press water, Nanofiltration, Flux, Fouling, Rejection percent

* Corresponding author E-mail address: m.shahidi@rifst.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-17]