



رساله دکتری رشته علوم و صنایع غذایی

مدلسازی - شبیه سازی فرآیند نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله
چغندر قند

مصطفی شهیدی نوقابی

استادان راهنما
دکتر سید محمد علی رضوی
دکتر سید محمود موسوی






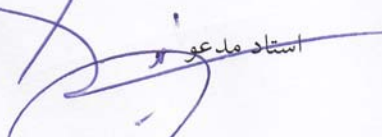
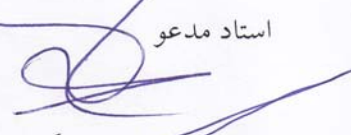
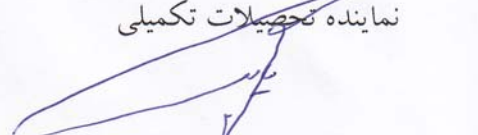
استادان مشاور
دکتر محمد الهی

اردیبهشت ۱۳۹۰

تصویب نامہ

این رسالہ با عنوان " مدلسازی - شبیه سازی فرآیند نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند " توسط " آقای مصطفی شہیدی نوقابی " در تاریخ ۱۳۹۰/۲/۲۴ با نمرة و درجہ ارزشیابی در حضور هیات داوران با موفقیت دفاع شد.

هیات داوران:

ردیف	نام و نام خانوادگی	مرتبہ علمی	سمت در هیات	امضاء
۱	دکتر سید محمد علی رضوی	دانشیار	استاد راهنما	
۲	دکتر سید محمود موسوی	دانشیار	استاد راهنما	
۳	دکتر محمد الہی	استادیار	استاد مشاور	
۴	دکتر محمد حسین حداد خداپرست	استاد	استاد مدعو	
۵	دکتر محبت محبی	استادیار	استاد مدعو	
۶	دکتر عبدالمجید مسکوکی	استادیار	استاد مدعو	
۷	دکتر حسین میرسعید قاضی	استادیار	استاد مدعو	
۸	دکتر مسعود یاور منش	استادیار	نماینده تحصیلات تکمیلی	

اظهار نامه

عنوان رساله: مدل‌سازی - شبیه سازی فرآیند نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند

اینجانب مصطفی شهیدی نوقابی دانشجوی دوره دکتری رشته مهندسی علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد نویسنده رساله تحت راهنمایی جناب آقای دکتر سید محمد علی رضوی و جناب آقای دکتر سید محمود موسوی متعهد می شوم:

- تحقیقات در این رساله توسط اینجانب انجام شده و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در این رساله تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی به جایی ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد است و مقالات مستخرج با نام "دانشگاه فردوسی مشهد" و یا "Ferdowsi University of Mashhad" به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی رساله تاثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از آن رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این رساله، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده، ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این رساله، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده، اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، برنامه های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد است. این مطالب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج این رساله بدون ذکر مرجع مجاز نیست.

چکیده

در این تحقیق، تصفیه آب پرس تفاله چغندر قند با استفاده از نانوفیلتراسیون مورد بررسی قرار گرفته و سپس این فرآیند مدل‌سازی شده است. برای این منظور دما در سه سطح (۲۵، ۴۰ و ۵۵°C)، اختلاف فشار عرضی در سه سطح (۱۰، ۱۵ و ۲۰ بار) و غلظت در سه سطح (بریکس ۱، ۲ و ۳) بر کارایی فرآیند نانوفیلتراسیون (شار تراوه، درصد گرفتگی و درصد دفع اجزاء) بررسی شد. از سه روش مدل‌سازی شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANNs)، مدل‌سازی فیزیکی DSPM و مدل‌سازی هیبریدی برای مدل کردن فرآیند نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند استفاده شد. هدف از مراحل مدل‌سازی، ارائه مدل‌هایی به منظور پیشگویی شار تراوه و درصد دفع اجزاء (ساکارز، قند انورت، COD، آلفا آمینو اسید، اسیدهای آلی، سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، کلر و سولفات) به عنوان تابعی از پارامترهای عملیاتی (دما، اختلاف فشار در عرض غشاء و زمان) و خصوصیت محلول خوراک (بریکس) بوده است. مدل‌سازی کارایی نانوفیلتراسیون محلول‌های واقعی برای طراحی یک فرآیند غشایی جدید از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

مدل‌سازی شبکه عصبی با استفاده از نرم افزار نروسولوشن نسخه ۶ در ۵ مرحله جهت تعیین تعداد نرون‌های لایه مخفی، نوع تابع انتقال، نوع قانون یادگیری، تعیین درصد داده‌های مورد استفاده برای مرحله تربیت، تعیین درصد داده‌های مورد استفاده برای مرحله ارزیابی و آزمون انجام پذیرفت. هدف کلی در این مرحله از مدل‌سازی، انتخاب شبکه‌ای با کمترین خطا و بیشترین ضریب همبستگی با داده‌های تجربی و در عین حال کمترین نرون و کمترین درصد داده‌های مورد استفاده برای مراحل تربیت و ارزیابی بوده است. زمان، اختلاف فشار عملیاتی، دما و بریکس به عنوان ورودی‌های شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی شار تراوه در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که شبکه‌ای با یک لایه پنهان، تعداد ۶ نرون در لایه پنهان، تابع انتقال سیگموئیدی، قانون یادگیری لیونبرگ و درصد داده‌های مورد استفاده برای تربیت/ارزیابی/آزمون برابر ۴۵/۴۰/۱۵ می‌تواند به خوبی ($R=0/998$) شار تراوه نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله را پیشگویی نماید. هم‌چنین برای مدل‌سازی درصد دفع اجزاء مختلف، اختلاف فشار عملیاتی، دما و بریکس به عنوان ورودی‌های شبکه انتخاب شد. نتایج در این مورد حاکی از آن بود که شبکه‌ای با یک لایه پنهان، تعداد ۱۶ نرون در لایه پنهان، تابع انتقال خطی تانژانت هائپربولیک، قانون یادگیری لیونبرگ و درصد داده‌های مورد استفاده برای تربیت/ارزیابی/آزمون برابر ۲۵/۲۵/۵۰ می‌تواند به خوبی ($R=0/974$) درصد دفع اجزاء مختلف موجود در آب پرس تفاله را توسط نانوفیلتراسیون پیشگویی نماید.

مدل‌سازی فیزیکی فرآیند نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله با استفاده از مدل فیزیکی DSPM انجام پذیرفت. برنامه کامپیوتری مربوط به این مدل توسط نرم افزار مطلب نسخه ۲۰۰۸ نوشته شد. در این مدل‌سازی درصد دفع یون‌ها بر اساس خصوصیات جزء باردار (از قبیل غلظت اولیه، بار، ضریب نفوذ و شعاع هیدرودینامیکی) و خصوصیات محلول (از قبیل ویسکوزیته، دما)، شرایط عملیاتی حاکم (اختلاف فشار) و خصوصیات غشاء (از قبیل بار سطحی، اندازه منافذ، ضخامت لایه موثر) پیش‌بینی می‌شود. نتایج مدل‌سازی DSPM نشان داد که این مدل قابلیت پیشگویی درصد دفع اکثر یون‌های مورد بررسی را تحت شرایط عملیاتی مختلف نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله دارا است ($R=0/970$).

به منظور مدل‌سازی هیبریدی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله از روش نیمه پارامتری کردن پشت سر هم استفاده شد. به این ترتیب که ابتدا درصد دفع یون‌ها با استفاده از مدل‌سازی DSPM سپس با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی مدل شد. نتایج این مرحله از مدل‌سازی نشان داد که شبکه‌ای با مشخصات یک لایه پنهان، تعداد ۱۲ نرون در لایه پنهان، تابع انتقال خطی تانژانت هائپربولیک، قانون یادگیری لیونبرگ و درصد داده‌های مورد استفاده برای تربیت/ارزیابی/آزمون برابر ۷۰/۱۰/۲۰ می‌تواند به خوبی ($R=0/962$) درصد دفع یون‌های مختلف موجود در آب پرس تفاله را توسط نانوفیلتراسیون پیشگویی نماید.

کلید واژه‌ها: آب پرس تفاله چغندر قند، شبکه عصبی مصنوعی، نانوفیلتراسیون، مدل DSPM، مدل هیبریدی.

تقدیر و تشکر

منت خدای را عز و جل که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت. هر نفسی که فرو می رود، ممد حیات است و چون برمی آید مفرح ذات. پس در هر نفسی، دو نعمت است و بر هر نعمتی شکری واجب.

سپاس خدای را که در تقدیرم مجالی برای فراگیری علم قرار داد. و اینک به انتهایی از پایان بی منتها رسانیده ام. این میسر نشد مگر به یاریش و نیز عنایات بزرگوارانی که به حق یارای عرضه واژگانی در خور کردارشان نیست:

این مجموعه را به پدر و مادر عزیزم تقدیم می کنم

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و محبت،
به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است،
به پاس قلب های بزرگشان که فریاد رس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید
و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند

از تمامی اساتید بزرگوارم خصوصا جناب آقایان **دکتر سید محمد علی رضوی** و **دکتر سید محمود موسوی** که زحمت راهنمایی این پایان نامه و جناب آقای **دکتر الهی** که مشاوره این پایان نامه را بر عهده داشته و با تجارب و راهنمایی های ارزنده خود همواره من را در پیشبرد این پایان نامه یاری رسانده اند سپاسگذارم.
از استاتید ارجمند جناب آقای دکتر حداد خداپرست، دکتر مسکوکی، دکتر میر سعید قاضی و سر کار خانم دکتر محبی که زحمت داوری این پایان نامه را به عهده گرفتند کمال تشکر را دارم.

از مدیران و مسئولین و پرسنل مرکز تحقیق و بررسی قند ایران، به ویژه ریاست محترم آن مرکز، جناب آقای دکتر بهزاد، مدیران و مسئولین و پرسنل کارخانه قند شیرین و آبکوه، پارک علم و فناوری خراسان رضوی، کارشناسان و تکنسین های دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، و تمامی عزیزانی که در به انجام رسیدن این پروژه صمیمانه اینجانب را حمایت نمودند کمال سپاسگذاری را دارم.

فهرست مطالب

مقدمه	۱
فصل اول: اصول فرآیند غشایی نانوفیلتراسیون	۷
۱-۱- مقدمه	۷
۱-۲- فرآیندهای غشایی مبتنی بر نیرو محرکه فشار	۸
۱-۳- نانوفیلتراسیون	۱۰
۱-۳-۱- کلیات فرآیند نانوفیلتراسیون	۱۲
۱-۳-۲- اصول فرآیند نانوفیلتراسیون	۱۴
۱-۳-۳-۱- غشاها و طراحی فرآیند	۱۴
۱-۳-۳-۲- کارایی	۱۵
۱-۳-۳-۳- مکانیزم های انتقال و جداسازی	۱۹
۱-۳-۳-۱-۱- مکانیزم انحلال نفوذ همراه با اثر دونان	۱۹
۱-۳-۳-۲-۳-۱- مکانیزم الکتروکینتیک	۲۰
۱-۳-۳-۴- گرفتگی	۲۱
فصل دوم: تئوری مدلسازی	۲۵
۱-۲- مقدمه	۲۵
۲-۲- تئوری شبکه های عصبی مصنوعی	۲۷
۱-۲-۲- مقدمه	۲۷
۲-۲-۲- ساختار شبکه عصبی مصنوعی	۲۸
۳-۲-۲- توابع تبدیل	۳۰
۴-۲-۲- فرآیند تربیت (آموزش یا یادگیری) شبکه	۳۱
۵-۲-۲- روش های توسعه مدل شبکه عصبی مصنوعی	۳۳
۱-۵-۲-۲- فرآیند تربیت- ارزیابی	۳۳
۲-۵-۲-۲- فرآیند تربیت- ارزیابی-آزمون	۳۴
۶-۲-۲- مراحل مدلسازی توسط شبکه عصبی مصنوعی	۳۴
۳-۲- تئوری مدلسازی تشریحی یا تئوریک فرآیند نانوفیلتراسیون	۳۵
۱-۳-۲- مدل براساس عدم تخلخل	۳۷
۲-۳-۲- مدل های براساس تخلخل	۳۷

۳۷	..... مدل‌ها براساس معادله نرنست - پانکک تعمیم یافته
۳۹	..... مدل‌های اصطکاکی
۴۳	..... DSPM مدل
۴۳	..... مدل حفره ای
۵۰	..... معرفی مدل های هیبریدی
۵۰	..... انواع مدل های هیبریدی
۵۰	..... تجزیه (مدولار)
۵۱	..... نیمه پارامتری کردن پشت سرهم
۵۱	..... نیمه پارامتری کردن موازی
۵۳	..... فصل سوم: بررسی منابع
۵۳	..... ۱- مقدمه
۵۴	..... ۲- پتانسیل به کارگیری نانوفیلتراسیون در تصفیه آب ها و پساب ها
۵۴	..... ۱- کاربرد نانوفیلتراسیون در تصفیه آب
۵۴	..... ۱-۱-۲-۳ آب های زیر زمینی
۵۵	..... ۲-۱-۲-۳ آبهای سطحی
۵۶	..... ۳-۱-۲-۳ فاضلاب ها (پساب ها)
۵۷	..... ۳-۳ اثر عوامل و پارامترهای مختلف در کارایی نانوفیلتراسیون
۶۱	..... ۴-۳ مدلسازی فرآیند نانوفیلتراسیون
۶۱	..... ۱-۴-۳ مدلسازی بر اساس مدل های فیزیکی (مدل DSPM)
	..... ۲-۴-۳ مدلسازی فرآیندهای فیلتراسیون غشایی با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی
۶۶	..... (ANNs)
۶۸	..... ۳-۴-۳ مدلسازی فرآیندهای غشایی با استفاده از مدل های هیبریدی
۶۹	..... فصل چهارم: مواد و روش ها
۶۹	..... ۱-۴ سیستم غشایی
۷۱	..... ۲-۴ انتخاب نوع غشاء
۷۴	..... ۳-۴ تهیه و آماده سازی نمونه
۷۵	..... ۴-۴ نحوه عملیات نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر
۷۶	..... ۵-۴ آزمایشات
۷۷	..... COD - ۱-۵-۴

۷۷	۴-۵-۲- پل (درصد ساکارز)، سدیم، پتاسیم و آلفا آمینو ازت
۷۷	۴-۵-۳- کلسیم، منیزیم، کلراید و سولفات
۷۷	۴-۵-۴- pH و هدایت الکتریکی
۷۷	۴-۵-۵- بریکس
۷۷	۴-۵-۶- انورت
۷۷	۴-۵-۷- اسیدیته
۷۸	۴-۵-۸- ویسکوزیته
۷۸	۴-۶- مدلسازی
۷۸	۴-۷- طرح آماری
۷۹	فصل پنجم: مدلسازی
۷۹	۵-۱- مدلسازی شبکه عصبی مصنوعی
۸۴	۵-۲- مدلسازی فیزیکی با استفاده از مدل DSPM
۸۴	۵-۲-۱- معرفی مدل DSPM
۸۶	۵-۲-۲- شبیه سازی
۸۶	۵-۲-۲-۱- حل عددی معادله نرنست پلانک
۸۷	۵-۲-۲-۲- روند نمای برنامه کامپیوتری
۸۸	۵-۲-۲-۳- پارامترهای اولیه لازم
۹۱	۵-۳- مدلسازی هیبریدی
۹۳	فصل ششم: نتایج و بحث
	۶-۱- نتایج تجربی
۹۳	۶-۱-۱- اثر شرایط عملیاتی بر شار تراوه نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند
۹۳	۶-۱-۱-۱- اثر زمان - دما
۹۸	۶-۱-۱-۲- اثر زمان - فشار
۱۰۳	۶-۱-۱-۳- اثر زمان - غلظت
۱۰۶	۶-۱-۲- اثر شرایط عملیاتی بر گرفتگی غشاء نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند
۱۱۰	۶-۱-۳- اثر پارامترهای عملیاتی بر درصد دفع اجزاء آب پرس تفاله چغندر قند
۱۱۰	۶-۱-۳-۱- اثر غلظت بر درصد دفع
۱۱۰	۶-۱-۳-۱-۱- اثر غلظت بر درصد دفع ساکارز و قندهای انورت
۱۱۲	۶-۱-۳-۱-۲- اثر غلظت بر درصد دفع COD

- ۱۱۳-۱-۳-۱-۶- اثر غلظت بر درصد دفع آلفا آمینو اسید.....
- ۱۱۷-۱-۳-۱-۶- اثر غلظت بر درصد دفع اسیدهای آلی.....
- ۱۱۸-۱-۳-۱-۶- اثر غلظت بر درصد دفع یون ها و هدایت الکتریکی
- ۱۲۳-۲-۳-۱-۶- اثر دما بر درصد دفع.....
- ۱۲۳-۱-۲-۳-۱-۶- اثر دما بر درصد دفع ساکارز و قندهای انورت.....
- ۱۲۴-۲-۲-۳-۱-۶- اثر دما بر درصد دفع COD.....
- ۱۲۴-۳-۲-۳-۱-۶- اثر دما بر درصد دفع آمینو اسید
- ۱۲۵-۴-۲-۳-۱-۶- اثر دما بر درصد دفع اسیدهای آلی
- ۱۲۵-۵-۲-۳-۱-۶- اثر دما بر درصد دفع یون ها و هدایت الکتریکی
- ۱۲۶-۳-۳-۱-۶- اثر فشار عملیاتی بر درصد دفع
- ۱۲۶-۱-۳-۳-۱-۶- اثر فشار عملیاتی بر درصد دفع ساکارز و قندهای انورت
- ۱۲۷-۲-۳-۳-۱-۶- اثر فشار عملیاتی بر درصد دفع COD.....
- ۱۲۹-۳-۳-۳-۱-۶- اثر فشار عملیاتی بر درصد دفع α - آمینو اسید
- ۱۲۹-۴-۳-۳-۱-۶- اثر فشار عملیاتی بر درصد دفع اسیدهای آلی.....
- ۱۳۰-۵-۳-۳-۱-۶- اثر فشار عملیاتی بر درصد دفع یون ها و هدایت الکتریکی
- ۱۳۳-۲-۶- مدلسازی شار تراوه و درصد دفع اجزاء آب پرس تفاله با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی.....
- ۱۳۳-۱-۲-۶- مدلسازی دینامیکی شار تراوه آب پرس تفاله چغندر قند
- ۱۴۱-۲-۲-۶- مدلسازی درصد دفع ترکیبات مختلف آب پرس تفاله چغندر قند.....
- ۱۵۰-۳-۶- نتایج مدلسازی فیزیکی (مدل DSPM)
- ۱۵۰-۱-۳-۶- نتایج مدلسازی فیزیکی تغییرات درصد دفع یون های مختلف با تغییرات بریکس.....
- ۱۵۲-۲-۳-۶- نتایج مدلسازی فیزیکی تغییرات درصد دفع یون های مختلف با تغییرات دما.....
- ۱۵۳-۳-۳-۶- نتایج مدلسازی فیزیکی تغییرات درصد دفع یون های مختلف با تغییرات فشار
- ۱۵۵-۴-۶- نتایج مدلسازی هیبریدی.....
- ۱۶۰- نتیجه گیری کلی.....
- ۱۶۱- پیشنهادات.....
- ۱۶۲- منابع
- ۱۷۳- پیوست ها
- ۱۸۳- چکیده انگلیسی

فهرست اشکال

- شکل ۱. نحوه تولید آب پرس تفاله چغندر قند و استفاده مجدد از آن در دستگاه اکستراکتور..... ۱
- شکل ۱-۱. شماتیک یک فرآیند غشایی با جریان عرضی..... ۷
- شکل ۱-۲. فرآیند غشایی مبتنی بر نیرو محرکه فشار و دفع اجزاء مختلف توسط هر یک از آنها..... ۹
- شکل ۱-۳. سطح غشاء RO مورد استفاده در صنایع لبنی جهان..... ۱۰
- شکل ۱-۴. تعداد انتشارات در مورد فرآیندهای غشایی طی سال های مختلف..... ۱۰
- شکل ۱-۵. انتقال جرم در نانوفیلتراسیون..... ۱۷
- شکل ۱-۶. انواع گرفتگی در غشاء..... ۲۳
- شکل ۱-۲. ساختمان سلول عصبی مغز..... ۲۸
- شکل ۲-۲. ساختار یک شبکه عصبی مصنوعی با نرون های S و یک لایه مخفی..... ۲۹
- شکل ۲-۳. مدل یک سلول عصبی با چند ورودی..... ۳۰
- شکل ۲-۴. یک مدل نیمه پارامتری سری..... ۵۱
- شکل ۲-۵. شماتیک یک مدل نیمه پارامتری موازی..... ۵۱
- شکل ۲-۶. شماتیک مدل هیبریدی به صورت ترکیبی از مدل های موازی و سری..... ۵۲
- شکل ۱-۴. شماتیک پابلوت نانوفیلتراسیون به کار گرفته شده برای آب پرس تفاله چغندر قند..... ۷۰
- شکل ۲-۴. غشاء (a) و مدول (b) مورد استفاده در نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر در این پایان نامه..... ۷۱
- شکل ۳-۴. مراحل تهیه نمونه از کارخانه قند آبکوه..... ۷۵
- شکل ۴-۴. تبخیرکننده مورد استفاده برای تغلیظ آب پرس تفاله چغندر قند..... ۷۵
- شکل ۵-۴. اندازه گیری COD..... ۷۷
- شکل ۶-۴. دستگاه بتالایزر..... ۷۷
- شکل ۷-۴. دستگاه pH متر و هدایت سنج..... ۷۷
- شکل ۱-۵. شماتیک شبکه عصبی مورد استفاده برای مدلسازی شار تراوه و درصد دفع اجزاء محلول آب پرس تفاله چغندر قند طی تصفیه آن توسط فرآیند نانوفیلتراسیون..... ۸۰
- شکل ۲-۵. مراحل ایجاد پیکربندی یک شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از نرم افزار نروسولوشن..... ۸۳
- شکل ۳-۵. عملکرد غشاء در دفع یون ها در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله..... ۸۴
- شکل ۴-۵. دیاگرام الگوریتم مدلسازی DSPM آب پرس تفاله چغندر قند..... ۸۸
- شکل ۵-۵. تصویر برش عرضی غشاء AFC80..... ۸۹
- شکل ۴-۵. مدل نیمه پارامتری سری مورد استفاده برای مدلسازی هیبریدی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر..... ۹۱
- شکل ۱-۶. اثر دمای فرآیند بر شار دینامیکی تراوه فرآیند نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در بریکس ۱ و فشارهای عملیاتی مختلف..... ۹۴

- شکل ۶-۲. اثر دمای فرآیند بر شار دینامیکی تراوه فرآیند نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در فشار ۱۰ بار و بریکس های مختلف. ۹۵
- شکل ۶-۳. اثر دما بر شار تراوه پسآب حاصل از شستشوی درجا ۹۷
- شکل ۶-۴. اثر دمای فرآیند بر میزان شار تراوه فرآیند نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند. ۹۸
- شکل ۶-۵. اثر فشار عملیاتی بر شار دینامیکی تراوه فرآیند نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در بریکس ۱ و در دماهای مختلف. ۱۰۰
- شکل ۶-۶. اثر فشار عملیاتی بر شار دینامیکی تراوه فرآیند نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در دمای $25^{\circ}C$ و بریکس های مختلف. ۱۰۱
- شکل ۶-۷. اثر فشار بر تغییرات شار تراوه پسآب حاصل از شستشوی درجا ۱۰۲
- شکل ۶-۸. اثر فشار عملیاتی بر میزان شار تراوه فرآیند نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند. ۱۰۳
- شکل ۶-۹. اثر غلظت بر شار دینامیکی تراوه فرآیند نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و فشارهای عملیاتی مختلف. ۱۰۴
- شکل ۶-۱۰. اثر غلظت بر شار دینامیکی تراوه فرآیند نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در فشار ۱۰ بار و در دماهای مختلف ۱۰۵
- شکل ۶-۱۱. اثر غلظت بر میزان شار تراوه فرآیند نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند ۱۰۶
- شکل ۶-۱۲. شار آب مقطر در مراحل مختلف عملیات ۱۰۹
- شکل ۶-۱۳. درصد دفع ساکارز و قندهای انورت در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در بریکس های مختلف ۱۱۰
- شکل ۶-۱۴. دفع ساکارز و گلوکز در فشارهای عملیاتی مختلف و در غلظت های مختلف NaCl توسط غشاء NF45 ۱۱۲
- شکل ۶-۱۵. درصد دفع COD در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در بریکس های مختلف. ۱۱۳
- شکل ۶-۱۶. حالت یونیزه شده اسیدهای آمینه را در pH های مختلف ۱۱۳
- شکل ۶-۱۷. دفع L-گلو تامیک اسید (a) و L-گلو تامین (b) به وسیله غشاء نانوفیلتراسیون به صورت تابعی از pH ۱۱۴
- شکل ۶-۱۸. درصد دفع آلfa آمینو اسید در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در بریکس های مختلف ۱۱۵
- شکل ۶-۱۹. درصد دفع اسیدهای آلی در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در بریکس های مختلف ۱۱۸
- شکل ۶-۲۰. درصد دفع یون ها و هدایت الکتریکی در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در بریکس های مختلف ۱۱۹
- شکل ۶-۲۱. تغییرات دفع به صورت تابعی از غلظت های مختلف NaCl در خوراک در فشار های عملیاتی مختلف توسط غشاء NF45 ۱۲۰
- شکل ۶-۲۲. دفع واقعی NaCl در فشارها و غلظت های مختلف (a) غشاء CK ، (b) غشاء DK ۱۲۱
- شکل ۶-۲۳. دفع واقعی NaCl در فشارها و غلظت های مختلف گلوکز (a) غشاء CK ، (b) غشاء DK ۱۲۱

- شکل ۶-۲۴. درصد دفع ساکارز و قندهای انورت در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در دماهای مختلف فرآیند..... ۱۲۳
- شکل ۶-۲۵. دفع ترکیبات مختلف با توجه به وزن مولکولی آنها توسط غشاء NF45..... ۱۲۴
- شکل ۶-۲۶. درصد دفع COD در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در دماهای مختلف فرآیند..... ۱۲۴
- شکل ۶-۲۷. درصد دفع α -آمینو ازت در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در دماهای مختلف فرآیند..... ۱۲۵
- شکل ۶-۲۸. درصد دفع اسیدهای آلی در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در دماهای مختلف فرآیند..... ۱۲۵
- شکل ۶-۲۹. درصد دفع یون ها و هدایت الکتریکی در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در دماهای مختلف فرآیند..... ۱۲۶
- شکل ۶-۳۰. درصد دفع ساکارز و قندهای انورت در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در اختلاف فشارهای عرضی مختلف..... ۱۲۷
- شکل ۶-۳۱. درصد دفع COD در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در اختلاف فشارهای عرضی مختلف..... ۱۲۸
- شکل ۶-۳۲. درصد دفع α -آمینو اسید در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در اختلاف فشارهای عرضی مختلف..... ۱۲۹
- شکل ۶-۳۳. درصد دفع اسیدهای آلی در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در اختلاف فشارهای عرضی مختلف..... ۱۳۰
- شکل ۶-۳۴. درصد دفع یون ها و هدایت الکتریکی در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در اختلاف فشارهای عرضی مختلف..... ۱۳۱
- شکل ۶-۳۵. اثر فشار عملیاتی مختلف بر دفع یون ایندیوم..... ۱۳۱
- شکل ۶-۳۶. دفع الکترولیت های مختلف به صورت تابعی از فشار عملیاتی..... ۱۳۲
- شکل ۶-۳۷. مقادیر میانگین مربعات خطای داده های مورد استفاده برای مرحله تربیت و ارزیابی در برابر سیکل های انجام گرفته طی فرآیند تربیت شبکه بهینه سازی شده..... ۱۳۶
- شکل ۶-۳۸. مقادیر واقعی و پیشگویی شده شار تراوه برای داده های مورد استفاده در مرحله آزمون شبکه عصبی بهینه سازی شده..... ۱۳۶
- شکل ۶-۳۹. نتایج پیش بینی شار دینامیکی تراوه فرآیند نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در بریکس ۱ و فشارهای عملیاتی..... ۱۳۷
- شکل ۶-۴۰. نتایج پیش بینی شار دینامیکی تراوه فرآیند نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در بریکس ۲ و فشارهای عملیاتی مختلف..... ۱۳۸
- شکل ۶-۴۱. نتایج پیش بینی شار دینامیکی تراوه فرآیند نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در بریکس ۳ و فشارهای عملیاتی مختلف..... ۱۳۹
- شکل ۶-۴۲. میزان حساسیت شبکه نسبت به هر یک از پارامترهای ورودی به شبکه بهینه سازی شده..... ۱۴۰
- شکل ۶-۴۳. روند تغییر خروجی های مدل بهینه شده شبکه عصبی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله، با تغییر پارامترهای مختلف

- و شدت تاثیرگذاری هریک از آنها بر شار تراوه (خروجی شبکه) ۱۴۱
- شکل ۶-۴۴. مقادیر میانگین مربعات خطای داده های مورد استفاده برای مرحله تربیت و ارزیابی در برابر سیکل های انجام گرفته طی فرآیند تربیت شبکه بهینه سازی شده برای پیش بینی درصد دفع اجزاء آب پرس تفاله چغندر ۱۴۶
- شکل ۶-۴۵. مقادیر واقعی در صد دفع یون ها در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر در مقابل مقادیر پیشگویی شده درصد دفع توسط شبکه عصبی مصنوعی بهینه سازی شده ۱۴۷
- شکل ۶-۴۶. مقادیر واقعی در صد دفع ترکیبات مختلف در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر در مقابل مقادیر پیشگویی شده درصد دفع توسط شبکه عصبی مصنوعی بهینه سازی شده ۱۴۸
- شکل ۶-۴۷. میزان حساسیت پیش بینی درصد دفع شبکه بهینه سازی شده نسبت به هر یک از پارامترهای ورودی ۱۴۹
- شکل ۶-۴۸. درصد دفع یون های تک ظرفیتی در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در غلظت های مختلف (داده های تجربی و مدلسازی فیزیکی) ۱۵۰
- شکل ۶-۴۹. درصد دفع یون های تک ظرفیتی در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در غلظت های مختلف (داده های تجربی و مدلسازی فیزیکی) ۱۵۱
- شکل ۶-۵۰. درصد دفع یون های تک ظرفیتی در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در دماهای مختلف (داده های تجربی و مدلسازی فیزیکی) ۱۵۲
- شکل ۶-۵۱. درصد دفع یون های دو ظرفیتی در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در دماهای مختلف (داده های تجربی و مدلسازی فیزیکی) ۱۵۲
- شکل ۶-۵۲. درصد دفع یون های تک ظرفیتی در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در اختلاف فشارهای عرضی مختلف (داده های تجربی و مدلسازی فیزیکی) ۱۵۳
- شکل ۶-۵۳. درصد دفع یون های دو ظرفیتی در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند در اختلاف فشارهای عرضی مختلف (داده های تجربی و مدلسازی فیزیکی) ۱۵۴
- شکل ۶-۵۴. مقادیر میانگین مربعات خطای داده های مورد استفاده برای مرحله تربیت و ارزیابی در برابر سیکل های انجام گرفته طی فرآیند تربیت شبکه بهینه سازی شده برای پیش بینی درصد دفع یون های آب پرس تفاله چغندر ۱۵۸
- شکل ۶-۵۵. مقادیر واقعی در صد دفع یون ها در طی نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر در مقابل مقادیر پیشگویی شده درصد دفع توسط شبکه عصبی مصنوعی بهینه سازی شده ۱۵۹

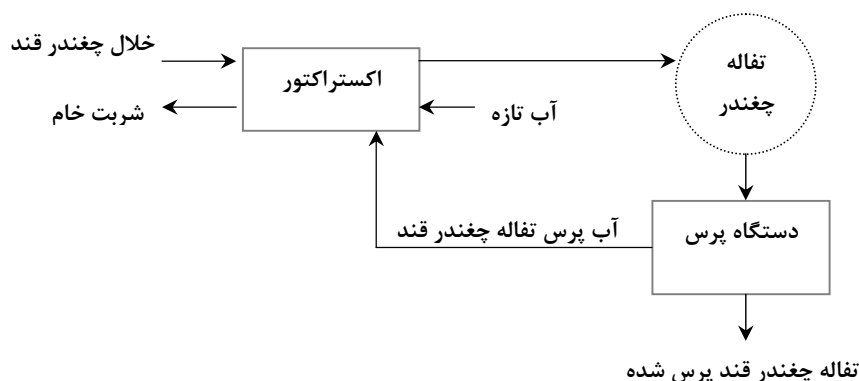
فهرست جداول

- جدول ۱. ضریب ملاس زاپی ترکیبات غیر قندی ۳
- جدول ۱-۱. نیروهای محرکه و فرآیندهای غشایی مرتبط ۸
- جدول ۱-۲. امکان به کارگیری نانوفیلتراسیون در صنایع مختلف ۱۴
- جدول ۱-۴. مشخصات فنی پالوت غشاء نانوفیلتراسیون و غشاء ۶۹
- جدول ۲-۴. غشاهای RO و NF تجاری قابل دسترس تولید شده توسط شرکت PCI ۷۳
- جدول ۱-۵. ضریب نفوذ و شعاع اجزاء محلول مختلف ۹۰
- جدول ۱-۶. ویسکوزیته سینماتیک آب و آب پرس تفاله چغندر (با بریکس های مختلف) در دماهای مختلف ۹۶
- جدول ۲-۶. کاهش شار تراوه پسآب حاصل از شستشوی درجا با تغییر دما ۹۸
- جدول ۳-۶. تغییرات شار تراوه پسآب حاصل از شستشوی درجا با تغییر ۹۹
- جدول ۴-۶. اثر بریکس، دما و فشار بر گرفتگی غشاء نانوفیلتراسیون آب پرس تفاله چغندر قند (غشاء : AFC80) ۱۰۷
- جدول ۵-۶. میانگین درصد گرفتگی در غلظت ها و شرایط عملیاتی مختلف ۱۰۸
- جدول ۶-۶. شعاع هیدرودینامیکی لاکتوز، ساکارز، گلوکز و فروکتوز در دماهای مختلف ۱۱۲
- جدول ۷-۶. مشخصات گلوتامین و اسید گلوتامیک ۱۱۵
- جدول ۸-۶. کارایی غشاء نانوفیلتراسیون FM NP010 در دفع اجزاء در فشار های مختلف ۱۲۸
- جدول ۹-۶. مقدار میانگین مربعات خطا، میانگین خطای نرمالیزه، میانگین خطای مطلق و ضریب همبستگی، برای پیشگویی شار تراوه توسط شبکه های عصبی دارای تعداد نرون های مختلف در لایه پنهان ۱۳۳
- جدول ۱۰-۶. مقایسه کارایی شبکه عصبی بر مبنای قانون یادگیری مورد استفاده در آن ۱۳۴
- جدول ۱۱-۶. مقایسه کارایی شبکه عصبی با ۶ نرون و با درصد داده های مختلف برای فرآیند تربیت در مدل سازی شار تراوه ۱۳۵
- جدول ۱۲-۶. مقایسه کارایی شبکه عصبی با ۶ نرون و با درصد داده های مختلف برای فرآیند ارزیابی و آزمون ۱۳۵
- جدول ۱۳-۶. مقدار میانگین مربعات خطا، میانگین خطای نرمالیزه، میانگین خطای مطلق و ضریب همبستگی، برای پیشگویی درصد دفع اجزاء مختلف آب پرس تفاله در طی نانوفیلتراسیون، توسط شبکه های عصبی دارای تعداد نرون های مختلف در لایه پنهان ۱۴۲
- جدول ۱۴-۶. اطلاعات بیشتر در مورد سه شبکه انتخاب شده از جدول شماره ۶-۱۳ ۱۴۳
- جدول ۱۵-۶. مقایسه نتایج استفاده از دو قانون یادگیری در مورد شبکه انتخاب شده برای مدل سازی درصد دفع اجزاء مختلف آب پرس تفاله چغندر در طی نانوفیلتراسیون ۱۴۴
- جدول ۱۶-۶. مقایسه کارایی شبکه عصبی با ۱۶ نرون و با درصد داده های مختلف برای فرآیند تربیت در مدل سازی درصد دفع اجزاء مختلف ۱۴۴
- جدول ۱۷-۶. مقایسه کارایی شبکه عصبی با ۱۶ نرون و با درصد داده های مختلف برای فرآیند ارزیابی و آزمون در مدل سازی درصد دفع اجزاء مختلف ۱۴۵

- جدول ۶-۱۸. ارزیابی مدل به کار گرفته شده در پیش بینی درصد دفع یون ها در بریکس های مختلف با استفاده از شاخص های آماری ۱۵۱
- جدول ۶-۱۹. ارزیابی مدل به کار گرفته شده در پیش بینی درصد دفع یون ها در بریکس های مختلف با استفاده از شاخص های آماری ۱۵۳
- جدول ۶-۲۰. ارزیابی مدل به کار گرفته شده در پیش بینی درصد دفع یون ها در فشارهای مختلف با استفاده از شاخص های آماری ۱۵۴
- جدول ۶-۲۱. مقدار میانگین مربعات خطا، میانگین خطای نرمالیزه، میانگین خطای مطلق و ضریب همبستگی، برای پیشگویی درصد دفع اجزاء مختلف آب پرس تفاله در طی نانوفیلتراسیون، توسط شبکه های عصبی دارای تعداد نرون های مختلف در لایه پنهان ۱۵۵
- جدول ۶-۲۲. مقایسه نتایج استفاده از دو قانون یادگیری در مورد شبکه انتخاب شده برای مدلسازی درصد دفع اجزاء مختلف آب پرس تفاله چغندر در طی نانوفیلتراسیون ۱۵۶
- جدول ۶-۲۳. مقایسه کارایی شبکه عصبی با ۱۲ نرون و با در صد داده های مختلف برای فرآیند تربیت در مدلسازی درصد دفع اجزاء مختلف ۱۵۷
- جدول ۶-۲۴. مقایسه کارایی شبکه عصبی با ۱۲ نرون و با در صد داده های مختلف برای فرآیند ارزیابی و آزمون در مدلسازی درصد دفع اجزاء مختلف ۱۵۷

مقدمه

چغندر قند* پس از ورود به کارخانه در سیلوهای کارخانه تخلیه و تا زمان مصرف آنها در آنجا نگهداری می شوند. چغندر قند پس از شستشو و طی مراحل مختلف جهت حذف آلودگی ها و سنگ و گل ولای و غیره، توسط تیغه هایی به صورت خلال در می آید. برای استخراج قند ساکارز از این خلال ها، از دستگاهی به نام اکستراکتور^۱ استفاده می شود. اکستراکتورها انواع مختلفی دارد، اما به طور کلی در مرحله استخراج^۲، معمولاً از یک طرف خلال وارد دستگاه اکستراکتور شده و از طرف مقابل آن، جریان آب گرم (آب تازه) با دمایی حدود ۷۵ درجه سانتیگراد به دستگاه وارد می شود. در اثر مجاورت خلال چغندر با آب، طبق پدیده اسمز، ساکاروز و دیگر ترکیبات محلول وارد آب شده و در انتهای دستگاه، آب تبدیل به شربتی می شود که به شربت خام^۳ موسوم است. از طرف دیگر دستگاه خلال هایی که قند خود را تا حد زیادی از دست داده اند خارج می شوند که به تفاله تر (خلال قندگیری شده) معروف هستند. از آنجایی که تفاله حاوی آب زیادی است، لذا قبل از خشک کردن آن جهت مصارفی هم چون خوراک دام، به دستگاه پرس منتقل شده و تحت عملیات پرس کردن، آب آن خارج می شود که این آب را آب پرس^۴ تفاله چغندر قند می نامند. امروزه در بسیاری از کارخانجات قند این آب مستقیماً و بدون هیچ تصفیه ای به اکستراکتور برگشت داده می شود (شکل ۱). تنها فرآیندی که بر روی این آب در برگشت آن به اکستراکتور انجام می گیرد، پاستوریزاسیون و یا استریلیزاسیون آن جهت کاهش فعالیت های میکروبی است زیرا این آب برای رشد میکروارگانیسم ها بسیار مناسب است.



شکل ۱. نحوه تولید آب پرس تفاله چغندر قند و استفاده مجدد از آن در دستگاه اکستراکتور (بوگلیولو، ۱۹۹۶)

آب پرس یک محلول رقیق حاوی ۱-۳ درصد ماده جامد بوده، که ۸۰-۶۰ درصد آن قند و بقیه آن ناخالصی هایی مثل نمک ها، کلوئیدها، و مواد جامد سوسپانسیونی است (بوگلیولو، ۱۹۹۶). از آنجایی که حجم آب پرس تفاله چغندر قند در

- 1 - Extractor
- 2 - Extraction (Difussion)
- 3 - Raw juice
- 4 - Press water

* در تمام متن این پایان نامه منظور از چغندر، چغندر قند است

کارخانجات قند بسیار بالاست (تقریباً حدود ۰/۴-۰/۶ 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 (بوگیولو، ۱۹۹۶). متأسفانه حضور ساکارز و ناخالصی ها در آب پرس تاثیر بسیار نامطلوبی بر کارایی استخراج ساکارز در مرحله استخراج می گذارد، به طوری که بخشی از ساکارز قابل استحصال در این مرحله از دست می رود و از طرف دیگر درصد خلوص شربت خام تولیدشده کاهش می یابد. از آنجایی که آب پرس محلول بسیار رقیقی است، لذا تغلیظ حرارتی و جدا سازی آب از آن به منظور استفاده در واحد استخراج به هیچ وجه توجیه اقتصادی ندارد. بنابراین امروزه در ایران و بسیاری از کشورها، آب پرس تفاله ابتدا توسط صافی هایی نرمه گیری شده و سپس از یک مبدل حرارتی یا روشو^۱ عبور داده می شود و به دستگاه اکستراکتور برگردانده می شود. برای کنترل بار میکروبی، آب پرس معمولاً تا دمای ۷۳ تا ۸۰ درجه سانتیگراد گرم می شود. محل ورود آب پرس به اکستراکتور را کمی پایین تر از محل ورود آب تازه در نظر می گیرند (جایی که درصد قند آب پرس تقریباً برابر درصد قند شربت داخل اکستراکتور باشد). علت این امر این است که در ابتدای اکستراکتور، اختلاف غلظت آب ورودی با مواد قندی داخل خلال زیاد باشد تا امکان استخراج قند به صورت بهتری فراهم گردد (ون در پل، ۱۹۹۸). مطالعات در این زمینه نشان می دهد که برگرداندن آب پرس به اکستراکتور تنها از دیدگاه استفاده مجدد از حجم بالای آب پرس تولید شده می باشد. زیرا این آب دارای ناخالصی های زیادی از جمله یون های ملاس زا (مثل سدیم، پتاسیم و غیره)، اسید های آمینه و دیگر ترکیباتی است که در طی مراحل مختلف تصفیه شربت خام حذف نمی شوند و در مرحله کریستالیزاسیون، حلالیت ساکارز را افزایش داده و باعث افزایش قند ملاس می شوند که این امر ضایعات قندی (ساکارز) کارخانه را افزایش می دهد (ون در پل، ۱۹۹۸). بنابراین بر خلاف این تصور که با برگشت آب پرس تفاله به اکستراکتور، راندمان کارخانه به دلیل برگرداندن درصدی از ساکارز موجود در چغندر به مرحله تصفیه، افزایش می یابد، به دلیل ورود ناخالصی های مختلف و تاثیر منفی برخی از آنها بر استحصال ساکارز هم در مرحله استخراج و هم در مرحله کریستالیزاسیون، عملاً ساکارز وارد شده به اکستراکتور توسط آب پرس برگشتی، تاثیری بر افزایش مقدار استحصال شکر از چغندر قند نخواهد داشت. لذا به نظر می رسد، با تصفیه این پساب هم می توان مقدار ساکارز استخراج شده از خلال در مرحله استخراج را افزایش داد و هم مقدار ناخالص های ملاس زا را در شربت کاهش داد. علاوه بر این مطالعات نشان داده است که تراوه غشاها خصوصاً NF عاری از هر گونه میکروارگانیزم است (نورمان و همکاران، ۲۰۰۸). لذا تصفیه این جریان با NF تا حد زیادی از بار میکروبی اکستراکتور خواهد کاست.

ترکیبات دقیق موجود در آب پرس انتشار نیافته است. اما به نظر می رسد ترکیبات موجود در آب پرس مشابه ترکیبات موجود در شربت خام باشد. بدیهی است درصد این ترکیبات در این دو محلول متفاوت خواهد بود زیرا شربت خام در نتیجه پدیده نفوذ تولید شده است اما در تولید آب پرس تفاله به علت اعمال فشار ممکن است دیواره سلولی سلول های

^۱ - Rechauffeur or heat exchanger

چغندر پاره شده و شیرابه سلول وارد آن شده باشد. با این تئوری شاید بتوان گفت که ناخالصی های آب پرس بیشتر از شربت خام است. مهمترین ترکیبات موجود در شربت خام عبارت است از (ون در پل، ۱۹۹۸):

- اسیدهای آلی شامل سیترات، اگزالات، لاکتات، پروپیونات، مالات و هم چنین اسیدهایی که در اثر واکنش های میکروبی در چغندر (اسید لاکتیک و اسید استیک) و یا در اثر تجزیه پکتین (اسید پکتیک) تشکیل می شوند.

- اسیدهای معدنی شامل فسفات، سولفات، کلرید، نیتрат-سیلیکات و آلومینات.

- یون های قلیایی و قلیایی خاکی شامل سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و آمونیوم

- قندها، شامل گلوکز، فروکتوز، ساکارز، رافینوز و کتوزها و هم چنین پلی ساکاریدهایی مثل پکتین و پلی ساکاریدهای حاصل از فعالیت های میکروبی (لوان و دکستران).

- ترکیبات ازت دار شامل پروتئین ها، مواد ازته محلول، مواد ازته فرار (آمید و آمونیوم)، مواد ازته غیر فرار یا مواد ازته مضره (آلفا-آمینو اسید، بتائین و سایر مواد ازته) و اسیدهای آمینه و آمیدهای اسیدی (گلوتامین، اسید آسپارژیک، گاما-آمینو بوتیریک اسید و غیره).

- کلونیدها شامل پکتین و پروتئین ها.

- سایر مواد شامل ترکیبات فنلی، ساپونین، چربی (فسفولیپید) و ویتامین ها.

در صنعت قند، تنها ساکارز به عنوان ماده قندی شناخته می شود و دیگر ترکیبات، حتی سایر قندها نیز به عنوان ترکیبات غیر قندی یا ناخالصی در نظر گرفته می شوند. ورود هر گونه ناخالصی به شربت خام، از دیدگاه تکنولوژیکی مطلوب نیست. اما حضور برخی از ترکیبات اثرات نامطلوب بیشتری را ایجاد می کنند. در بین یون های تک ظرفیتی و دو ظرفیتی، مهمترین یون هایی که از لحاظ تکنولوژی قند، حائز اهمیت هستند سدیم، پتاسیم و کلسیم می باشند. سدیم و پتاسیم در طی تصفیه مرسوم از شربت حذف نمی شوند و در نهایت در مرحله کریستالیزاسیون، با افزایش حلالیت ساکاروز از کریستاله شدن آن جلوگیری کرده و در نتیجه مقدار ساکاروز ورودی به ملاس را افزایش می دهند. ضریب ملاس زایی ترکیبات مختلف در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. ضریب ملاس زایی ترکیبات غیر قندی (اسدی، ۲۰۰۷)

Invert sugar	Mg	Ca	Na	K	Betaine	KCl	NaCl	Na ₂ CO ₃	NaOH	ترکیب
۰/۱۹	۰/۶۱	۰/۶۶	۰/۹۵	۱/۰۰	۱/۰۳	۲/۴۸	۲/۵۸	۲/۸۸	۴/۶۱	ضریب ملاس زایی

همان طور که مشاهده می شود در بین یون ها، سدیم و پتاسیم بیشترین ضریب ملاس زایی را به خود اختصاص می دهند. لذا حضور آنها در آب پرس و ورود آن به اکستراکتور باعث افزایش مقدار این یون ها در شربت خام می شود. اهمیت

کلسیم علاوه بر خاصیت ملاس زایی، در رسوب این یون در واکنش با دیگر ترکیبات در دیواره بدنه تبخیرکننده ها^۱ است که در نتیجه آن، میزان انتقال حرارت از طریق دیواره کاهش خواهد یافت و پیرو آن نیاز به رفع این رسوبات از دیواره تبخیرکننده ها ایجاد خواهد شد. ازت از جمله ناخالصی هایی است که به میزان زیادی باعث افزایش قند ملاس می شود. محققین نشان داده اند که هر مولکول ازت قادر است از کریستالیزاسیون ۲۵ مولکول ساکاروز جلوگیری کند (اسدی، ۲۰۰۷). ازت به شکل پروتئین، از طریق تصفیه شربت حذف می شود اما در صورتی که مولکول پروتئین شکسته شود، دیگر روش های تصفیه مرسوم قادر به حذف آن نخواهند بود. این امر علاوه بر ایجاد مشکلاتی در زمینه تشکیل ترکیبات رنگی، باعث افزایش قند ملاس نیز می گردد. لذا ورود ازت از طریق آب پرس به شربت خام، می تواند اثرات نامطلوب زیادی را به همراه داشته باشد.

هرچه ناخالصی آبی که وارد اکستراکتور می شود بیشتر باشد، راندمان تولید کارخانه کمتر خواهد بود. این مسئله به دو دلیل عمده اتفاق می افتد. اول این که هرچه ناخالصی آب ورودی به اکستراکتور بیشتر باشد، نفوذ یا انتشار ساکارز از خلال به داخل آب با سرعت کمتری اتفاق خواهد افتاد و این مسئله باعث خواهد شد (به دلیل این که زمان قرار گرفتن خلال ها در دستگاه اکستراکتور محدود است) درصد کمتری از قند موجود در خلال به آب نفوذ یافته و وارد شربت خام شود. دوم این که، در طی مراحل تصفیه شربت خام، بسیاری از ناخالصی ها حذف می شوند اما باید توجه داشت که هرچه میزان این ناخالصی ها بیشتر باشد، تصفیه شربت مشکل تر و با هزینه بیشتری انجام خواهد شد. از طرف دیگر در تصفیه شربت خام به روش آهک زنی، تنها ۳۵-۳۰ درصد ناخالصی ها حذف می شوند و بقیه ناخالصی ها در طی تصفیه حذف نشده و تمام مراحل تصفیه را طی کرده و نهایتاً در ملاس جمع می شوند. انورت، رافینوز، کستوز، دکستران، لوان، اسیدهای آمینه، بتائین، سدیم، پتاسیم، کلریدها و نیتراتها جزء مواد غیر ساکارزی موجود در شربت خام هستند که در طی تصفیه، قابل جداسازی نمی باشند. در طی فرآیند تصفیه، فسفات ها، سولفات ها، سترات ها، اگزالات ها، مالئات ها و ساپونین ها به صورت نمک های نامحلول کلسیم حذف می شوند. ملاس پساب آخرین پخت در تولید شکر است. ملاس با وجود این که تا حدود ۵۰ درصد قند دارد اما به علت زیاد بودن ناخالصی ها، به روش های معمولی و کریستالیزاسیون، قند آن قابل بازیافت نیست مگر آنکه روش های خاص برای قند گیری از آن استفاده شود. لذا وجود ناخالصی هایی که در طی روش های تصفیه متداول از شربت حذف نمی شوند باعث افزایش ضایعات ساکارز، از طریق جلوگیری از کریستاله شدن آن و راه یابی آن به ملاس می شود. با توجه به آنچه گفته شد، هر راهی که باعث ورود ناخالصی (خصوصاً انواعی از ناخالصی ها که طی تصفیه شربت حذف نمی شوند) به شربت گردد، نهایتاً ضایعات قندی را در تولید قند افزایش خواهد داد. یکی از راه های ورود ناخالصی به شربت خام، برگشت دادن آب پرس تفاله بدون هیچ گونه تصفیه ای به دستگاه اکستراکتور است. همان طور که گفته شد ترکیبات آب پرس تفاله شبیه شربت خام، اما با درصد ترکیب متفاوت است. لذا با برگشت دادن این جریان به مسیر تولید شربت، در واقع درصدی از ناخالصی را وارد شربت کرده ایم ضمن این که این آب به دلیل شرایط مناسب اکستراکتور برای رشد میکروبی، آلودگی بالایی نیز دارد.

^۱ - Evaporator