



ارزیابی فرایند جداسازی فاز جامد از سیال به کمک جداساز نیمه پیوسته - مطالعه موردی جداسازی پالپ از سیال حاوی پکتین

شفیع رحمتی^۱، علیرضا مهدویان^{۲*}

۱- گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه تربیت مدرس، ایران، تهران (shafie.rahmati@modares.ac.ir)

۲- گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه تربیت مدرس، ایران، تهران (a.mahdavian@modares.ac.ir)

چکیده:

امروزه روش های مختلف جداسازی دورانی در علوم مختلف و طیف وسیعی از صنایع کاربرد دارند که خود به سه دسته پیوسته، نیمه پیوسته و ناپیوسته تقسیم می شوند. فرایند جداسازی در صنایع و به ویژه مقیاس کوچک، عموماً بصورت ناپیوسته انجام می شود. پکتین^۱ یکی از مواد ارزشمندی است که در صنایع غذایی و دارویی کاربرد وسیعی دارد. این ماده طبیعی در واقع یک فیبر قدرتمند است، و به طور طبیعی در بسیاری از مرکبات و سبزیجات یافت می شود. پکتین بعنوان عامل پیوند بین سلول های گیاهی عمل می کند و یک پلیمر اشتقاقی قندی- اسیدی است. مراحل اصلی استخراج پکتین از پوست مرکبات عبارتند از آگیری، آبشویی، خشک کردن، پودر کردن، فیلتر کردن، اسید زنی، جداسازی، رسوب دهی و استخراج نهایی است. در حالت معمول بخش جداسازی پالپ با استفاده از چندین مرحله پیاپی از سانترفیوژهای ناپیوسته انجام می شود تا برای حالت اسید زنی و استخراج پکتین آماده گردد. در پژوهش حاضر به ارزیابی جداسازی به وسیله جداساز نیمه پیوسته و سرعت دورانی و دبی ورودی جداساز بر کیفیت جداسازی و راندمان در دبی های (۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی لیتر بر دقیقه) و پنج سطح سرعت دورانی ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ هزار، پرداخته شده است. محلول آماده شده طبق شرایط مشخص، به کمک آزمایشات در سطوح بیان شده و استفاده از یک جداساز نیمه پیوسته انجام شد. برای هر آزمایش پنج نمونه جداسازی شده با ترتیب زمانی جدایش، نمونه برداری شد که هدف از این کار تاثیر روند زمانی بر کیفیت جداسازی و تعیین بیشینه

¹ Pectin

² Revolutions Per Minute



بهره‌وری است. در این پژوهش برای بهینه‌سازی و مشخص کردن نقطه بهینه از نرم افزار Design-Expert¹ استفاده گردید و مشخص شد که جداساز زمانی دارای بیشینه بهره‌وری است که با دور ۶۰۰۰rpm ، دبی ۱۲۰ میلی‌لیتر بر دقیقه و ۵۰ ثانیه اول در آزمایش است که کیفیت جداسازی آن ۹۸/۸ درصد می‌باشد. آهنگ کارایی در نمونه‌های گرفته شده برای هر آزمایش نیز از نمونه یک تا پنج بصورت کاهشی است و کیفیت جداسازی با گذشت زمان کاهش می‌یابد.

کلمات کلیدی: جداساز، نیمه پیوسته، پالپ پرتقال، پکتین

*نویسنده مسئول: a.mahdavian@modares.ac.ir

¹ Design-Expert 7.0



ارزیابی فرایند جداسازی فاز جامد از سیال به کمک جداساز نیمه پیوسته - مطالعه

موردی جداسازی پالپ از سیال حاوی پکتین

مقدمه :

جداساز دورانی وسیله ای است که از آن برای به دوران در آوردن مواد با سرعت بالا برای جداسازی مواد دو یا چند فازی استفاده می‌شود. پژوهشگران معمولاً دستگاه جداساز دورانی را برای جدا کردن ذرات جامد از یک مایع یا تقسیم مخلوط مایعات به اجزای مختلف آن به کار می‌گیرند. مخلوط را درون ظرفی قرار می‌دهند بصورتی که با چرخش دستگاه، به سمت خارج از مرکز حرکت می‌کند و به حالت افقی قرار می‌گیرند. وقتی جداساز دورانی از حرکت بازمی‌ایستد، مواد به حالت غیر مخلوط می‌مانند. پالپ میوه، شیر و سایر نمونه‌های بیولوژیکی را در مواردی به وسیله دستگاه جداساز دورانی جدا می‌کنند. پکتین به عنوان یک ماده ارزشمند موجود در پوست مرکبات، در صنایع غذایی و دارویی بصورت گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. مراحل اصلی استخراج پکتین از پوست مرکبات عبارت‌اند از آگیری، آبشویی، خشک کردن، پودر کردن، فیلتر کردن، اسید زنی، رسوب دهی و استخراج نهایی است [۱]. یکی از مراحل جداسازی ماده خشک (پالپ) به وسیله جداساز دورانی ناپیوسته و فیلتر پارچه ای است. دیواره‌ی سلولی بسیاری از گیاهان و میوه‌جات حاوی پکتین است که به دلیل خاصیت تشکیل ژل و پایداری در صنایع مختلف غذایی، دارویی و آرایشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. پکتین یک پلی‌ساکارید است. مهمترین منبع تولید پکتین، پوست مرکبات می‌باشد که این منبع ارزشمند به‌طور گسترده به‌صورت ضایعات درآمده و از دسترس خارج و مشکلات زیست محیطی ایجاد می‌نماید.

در جداسازهای ناپیوسته مرسوم، محقق کنترلی بر کیفیت جداسازی ندارد و مخصوصاً زمان زیادی صرف جداسازی می‌شود و عملاً برای کاربردهای صنعتی و نیمه صنعتی، نمی‌توان از آن استفاده کرد. در این تحقیق به جای استفاده از جداساز بیان شده از نوع دیگری از جداسازهای دورانی، به نام جداساز نیمه پیوسته استفاده می‌شود که دارای کنترل بیشتری بر جداسازی به وسیله‌ی تنظیم دور و دبی و البته جداسازی بیشتر در زمان کمتری است.

یکی از محصولات پرمصرف کشاورزی در جهان و ایران، مرکبات است که شامل انواع محصولات مانند پرتقال، لیموشیرین، نارنگی، لیموترش، گریپفروت و محصولات از این دست است. بر اساس آخرین آمارنامه سازمان خواروبار جهانی فائو^۱ در سال ۲۰۱۶ میزان تولید محصول پرتقال در سطح جهانی برابر با ۷۳۱۸۷۵۷۰ تن و در ایران ۲۸۸۷۴۴۲ تن گزارش شده است. طبق این آمارنامه، کشور جمهوری اسلامی ایران از لحاظ میزان تولید مرکبات بعد از کشورهای چین، برزیل، هند، امریکا، مکزیک و اسپانیا دارای رتبه هفتم بوده و از لحاظ سطح زیر کشت رتبه هشتم را به خود اختصاص داده است [۲] [۳]. دیواره‌ی سلولی بسیاری از گیاهان و میوه‌جات حاوی پکتین است که به دلیل خاصیت تشکیل ژل و پایداری در صنایع مختلف غذایی، دارویی و آرایشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. پکتین یک پلی‌ساکارید است. مهمترین منبع تولید پکتین، پوست مرکبات می‌باشد که این منبع ارزشمند به‌طور گسترده به‌صورت ضایعات درآمده و از دسترس خارج و مشکلات زیست محیطی ایجاد می‌نماید. مراحل اصلی

^۱ Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)



استخراج پکتین از پوست مرکبات عبارت‌اند از آبگیری، آبشویی، خشک کردن، پودر کردن، فیلتر کردن، اسید زنی، رسوب دهی و استخراج نهایی است.

بر اساس برخی بررسی‌ها در کشور ما قریب به ۷۰٪ از محصولات تولیدشده به صورت ضایعات دورریز می‌شوند، بنابراین بسیار مهم است که بتوان با ارائه راهکارهایی میزان ضایعات را کاهش داده و دوباره به چرخه مصرف بازگردانده شود. یکی از این راهکارها تولید پکتین از ضایعات محصولات کشاورزی به ویژه ضایعات مرکبات است. در میان پلی ساکاریدهای استخراج شده از مواد گیاهی، پکتین، یک پلی ساکارید بسیار پیچیده است که در دیواره های سلولی و لایه های میانی گیاهان یافت می‌شود، به دلیل خاصیت ژل کنندگی و پایدار کنندگی، به عنوان یک ماده مؤثر در تولید فرآوری‌های خوراکی و کاربردهای دارویی به کار می‌رود. میزان مصرف سالانه پکتین در سراسر جهان تقریباً ۴۵۰۰۰ تن است که ارزش بازار جهانی حداقل نیم میلیارد یورو را در برمی‌گیرد [۴]. سطح معمولی پکتین در گیاهان (وزن تازه) برحسب درصد، سیب ۱-۱.۵ و تقریباً پوست مرکبات، ۳۰ درصد است [۵].

در حال حاضر، پکتین تجاری تقریباً به طور انحصاری از پوست مرکبات یا تفاله سیب حاصل می‌شود که هر دو محصول جانبی واحدهای تولید آبمیوه هستند. تفاله سیب حاوی ۱۱٪ پکتین برحسب ماده خشک است. پوست مرکبات حاوی مقدار نسبتاً بالاتری یعنی ۶۱٪ پکتین نسبت به سیب است. از نظر کاربرد، کیفیت پکتین مرکبات و سیب تا حد زیادی معادل هستند [۶].

از ویژگی‌های فیزیکی، رنگ پکتین‌های مرکبات کرمی روشن یا برنزه روشن هستند، درحالیکه پکتین حاصل از سیب غالباً تیره تر است. منابع جایگزین برای استخراج پکتین شامل ضایعات چغندر قند، طبق گل آفتابگردان و ضایعات انبه است [۷]. در تحقیقی که در مورد ریشه و نشاسته کاساوا است که اغلب این مواد برای مصرف مواد غذایی انسان، خوراک دام و مواد اولیه صنایع مختلف از جمله صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر استفاده می‌شوند. در یک دستگاه استخراج نشاسته، گرانولهای نشاسته کاساوا از طریق مکانیزم سانتریفیوژ از تفاله جدا می‌شوند. این تحقیق با هدف بررسی اثرات اندازه ذرات و تنوع ریشه کاساوا، مکانیزم سانتریفیوژ و فیلتراسیون بر راندمان جداسازی گرانول نشاسته آزاد انجام شده است. راندمان جداسازی نشاسته با کاهش اندازه ذرات تمام ارقام ریشه گیاه کاساوا افزایش یافته است. خرد کردن ریشه کاساوا به قطعات کوچک باعث شکستگی دیواره سلول شده است. با افزایش RCF، برخی گرانول‌های نشاسته‌ای پیوند یافته به دلیل نیرویی که بر روی خمیر کاساوا وارد می‌شود، آزاد شده‌اند [۸].

در پژوهشی که در مورد یک روش جداسازی گریز از مرکز دورانی، در دماهای مختلف جداسازی و نرخ خوراک (زمان ماند)، برای تقسیم شیر و خامه بر اساس اندازه گلبول چربی استفاده شده است. در مرحله اول، دو جریان شیر یکی غنی از گویچه‌های چربی بزرگتر و دیگری غنی از گلبول‌های چربی کوچکتر، با تقسیم در جدا کننده کرم اصلاح شده بدست آمد. در مرحله دوم، هر دو جریان از مرحله اول بیشتر در یک جدا کننده کرم معمولی تقسیم شدند. بسته میزان تغذیه مرحله اول، این روش جداسازی مضاعف قادر بود جریاناتی با اندازه گلبول چربی متوسط به اندازه ۱/۳۵ میکرومتر را ایجاد کند بدون اینکه قطعیت قطره را تحت تأثیر قرار دهد [۹].



مواد و روش‌ها:

جداساز دورانی نیمه پیوسته با استفاده از مجموعه ظرف دورانی با قابلیت تنظیم دور، پمپ پراستالتیک^۱ با قابلیت تنظیم دبی و لوله‌های ورودی و خروجی انتقال سیال کار می‌کند. زمانی که سیال وارد جداساز می‌شود با استفاده از نیروی گریز از مرکز حاصل از دوران ظرف در حال چرخش و تفاوت چگالی قسمت مایع و تیکه‌های جامد معلق در سیال باعث جداسازی می‌شود. در نهایت بعد از جداسازی داخل ظرف جداساز پالپ به دیوار ظرف در حال دوران می‌چسبد، در نهایت سیال رقیق از آن خارج می‌شود. ابتدا ۱۰ کیلوگرم پرتقال تازه تهیه گردید سپس پوست آن گرفته و در آون خشک شد، خشک کردن با دمای ۷۲ درجه و در ۲۴ ساعت انجام شد. در این مرحله پوست خشک شده آسیاب شده و با الک دارای مش ۴۰، الک گردید. در نهایت به ازای هر لیتر آب مقطر ۴۰ گرم ماده خشک به آن اضافه شد و پی‌اچ محلول روی ۱.۷ به وسیله هیدروکلریک اسید^۲ تنظیم و محلول مخلوط شد. در آخر بر روی هیتر مگنتی با زمان ۹۰ دقیقه و در دمای ۸۵ درجه سلسیوس قرار داده شد [۱]. برای انجام آزمایش ها ۱۰ لیتر محلول آماده شد. محلول آماده شده پالپ دار در ظرفی قرار داده شده است و به دلیل اختلاف چگالی قسمت های این سیال دوفازی و جلوگیری از ته نشین شدن قسمت های چگالتر و عدم یکنواختی در روند آزمایش ها یک همزن برقی برای اختلاط هر چه بهتر سیال در آن قرار داده شد.

در ابتدا برای انجام آزمایش دور پمپ روی عدد مورد نظر (یکی از سه دبی ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ cm³/min) تنظیم شد و دور گرداننده ظرف جداساز نیز در دور مورد نظر (یکی از پنج دور ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ هزار RPM) تنظیم گردید. بعد از آن لوله ورودی در داخل ظرف سیال (محلول) قرار داده شد و سیال به وسیله پمپ پراستالتیک به داخل ظرف گرداننده جداساز، پمپ شد. در هر آزمایش بسته به دور و دبی ورودی پنج تا هفت دقیقه طول کشید که سیال جدا شده از لوله جداساز دورانی بیرون بیاید. قبل از بیرون آمدن سیال جدا شده از قسمت خروجی، برای هر آزمایش (دور و دبی مشخص) پنج عدد فالكون به ظرفیت اسمی ۵۰ cc آماده شده بود که به محض خروج سیال از قسمت خروجی جداساز، به ترتیب نمونه برداری شوند و حجم خروجی ۲۵۰ cc از هر یک از پانزده آزمایش گرفته شد.

در این پژوهش سیال در پنج دور و سه دبی مختلف که مجموعاً ۱۵ آزمایش و هر کدام با ۵ نمونه برای مشاهده تاثیر روند گذشت زمان بر کیفیت جداسازی در هر آزمایش، به انجام رسید که در نهایت ۷۵ نمونه آزمایش در اختیار ما قرار گرفت. برای تهیه نمونه شاهد نیز برای اطمینان از اختلاط همگن در طی انجام آزمایش‌ها، ابتدا از

¹ Peristaltic pump

² HCL



ظرف حاوی محلول قبل از جداسازی یک نمونه، و در اواسط آزمایش‌ها (بعد از آزمایش ۱۷م) یک نمونه دیگر و در آخر نیز نمونه سوم در لوله سانترفیوژ ۵۰ cc تهیه گردید که در نهایت ۳ نمونه شاهد در اختیار ما قرار داد.

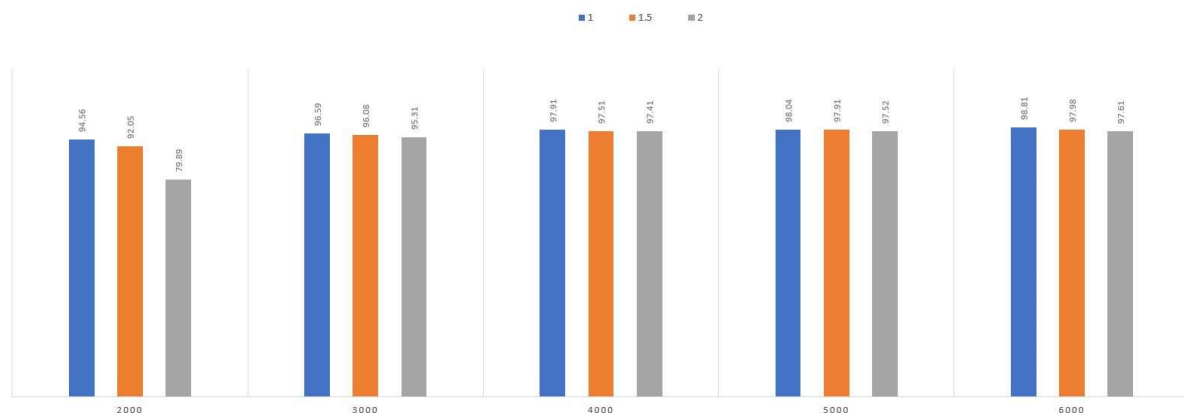
برای بدست آوردن میزان ماده جامد جداشده در هر سطح و نمونه آزمایش‌ها، اطمینان برای دقت هر چه بیشتر و جلوگیری از خطای اندازه‌گیری، همگی لوله‌های سانترفیوژ (فالكون) شماره‌گذاری شده قبل از انجام آزمایش‌ها با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند همچنين بعد از نمونه‌گیری مجدداً با ترازوی دارای دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند. بعد از نمونه‌گیری، نمونه‌ها در دور ۱۱۰۰۰ rpm و مدت زمان ۱۰ دقیقه در سانترفیوژ آزمایشگاهی، سانترفیوژ شدند. نمونه‌ها بعد از خالی شدن ظرف، برای خشک کردن از مایع در آون با دمای ۵۰ درجه سلسیوس و به مدت زمان ۱۲ ساعت قرار گرفت.

نتایج و بحث:

چنانچه در بخش‌های قبل به آن اشاره شد هدف اصلی از انجام این پژوهش جداسازی پالپ از سیال حاوی پکتین به کمک جداساز دورانی نیمه پیوسته و معرفی حالت بهینه و بهره‌وری بیشینه است. عملکرد جداسازهای نیمه پیوسته همانند جداسازهای توربولار می‌باشد، که بر خلاف سانترفیوژهای ناپیوسته که فقط در ابعاد آزمایشگاهی کاربرد دارند، در مقیاس نیمه صنعتی و صنعتی نیز قابل استفاده هستند.

اثر سرعت دوران جداساز بر کیفیت جداسازی:

با توجه به افزایش نیروی جداسازی ^{ref1} مطابق انتظار با افزایش سرعت دورانی میزان جدایش افزایش یافت و کمترین میزان ماده جامد در دور ۶۰۰۰ مشاهده شد. در این پژوهش هدف بررسی کیفیت جداسازی یا همان میزان ماده جامد کمتر بعد از جداسازی است. در نتایج بدست آمده از آزمایش‌ها مشاهده گردید که بهترین دور برای جداسازی ۶۰۰۰rpm است زیرا در هر سه سطح دبی، بالاترین راندمان بدست آمده در این دور است (نمودار ۱).



¹ Relative Centrifugal Force



چنانچه در نمودار ۱ مشخص است در آزمایش‌های شماره ۵، ۱۰ و ۱۵ که دور روی ۶۰۰۰ rpm تنظیم شده بود، بهترین خروجی (کمترین ماده خشک) را داریم.

نمودار ۱. نمودار درصد بهره‌وری در هر آزمایش بعد از جداسازی

اثر دبی بر کیفیت جداسازی:

در این تحقیق برای دبی سه سطح ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌لیتر بر ثانیه تعریف شد. بر طبق نتایج حاصل شده از انجام آزمایشات، دبی ۱ میلی‌لیتر بر ثانیه دارای بهترین کارایی می‌باشد زیرا زمان ماند بیشتر برای جداسازی با کیفیت بهتر فراهم می‌کند (شکل ۱). میانگین درصد جداسازی دبی‌های ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌لیتر بر ثانیه به ترتیب ۹۳، ۹۲ و ۸۹



درصد بدست آمد.

شکل ۱- پالپ چسپیده به دیواره ظرف جداساز در دبی ۱ میلی‌لیتر بر ثانیه

اثر روند زمان بر کیفیت جداسازی (مقایسه ۵ نمونه اخذ شده در هر آزمایش):



مطابق آنچه در بالا گفته شد، خروج هر آزمایش در ۵ ظرف ۵۰CC بطور جداگانه دریافت گردید تا کیفیت جداسازی در خروجی اولیه ظروف جداساز با نمونه‌های ثانویه و نهایی مقایسه شود. که در نمونه اولیه (۰ تا ۵۰ ثانیه) جداسازی بهتر انجام شده است و این نکته در مورد توالی‌های بعدی نیز صدق می‌کند. در نمودار ۲ مشاهده می‌شود که روند کاهش کیفیت جداسازی و بهره‌وری با گذشت زمان اتفاق می‌افتد. نمودار ۲. مقایسه بهره‌وری پنج نمونه گرفته شده در آزمایش شماره ۱ (سمت راست) و مقایسه بهره‌وری پنج نمونه گرفته شده در آزمایش شماره ۵ (سمت چپ)

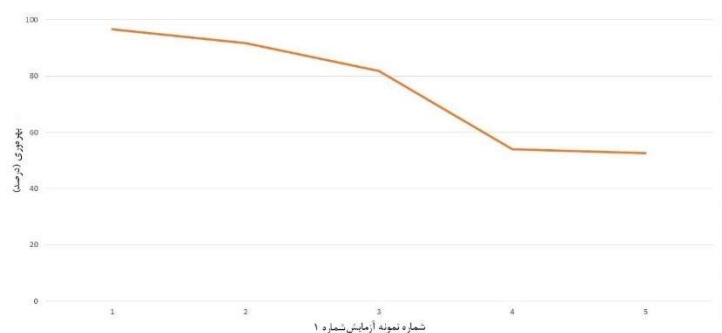
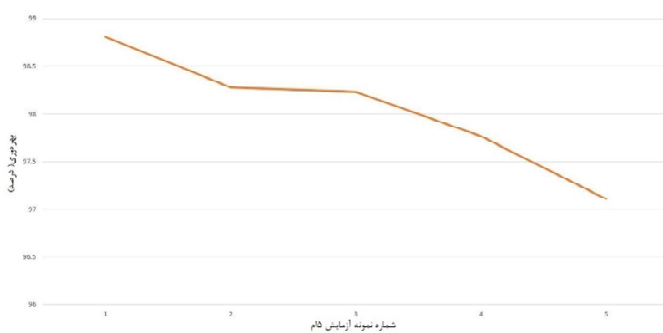
بهره‌وری و نقطه بهینه:

بعد از مرحله خشک کردن مشاهده شد که میانگین درصد میزان ماده خشک در سه نمونه شاهد ۶/۵ درصد است. برای بدست آوردن بهره‌وری از رابطه ۱ استفاده شده که در آزمایش شماره ۵ (دور ۱ میلی لیتر بر ثانیه و rpm ۶۰۰۰) بهترین کیفیت جداسازی را داریم.

رابطه ۱:
$$\text{درصد راندمان نمونه} = 100 * \frac{\text{میزان ماده خشک نمونه} - \text{میزان ماده خشک نمونه شاهد}}{\text{میزان ماده خشک نمونه شاهد}}$$

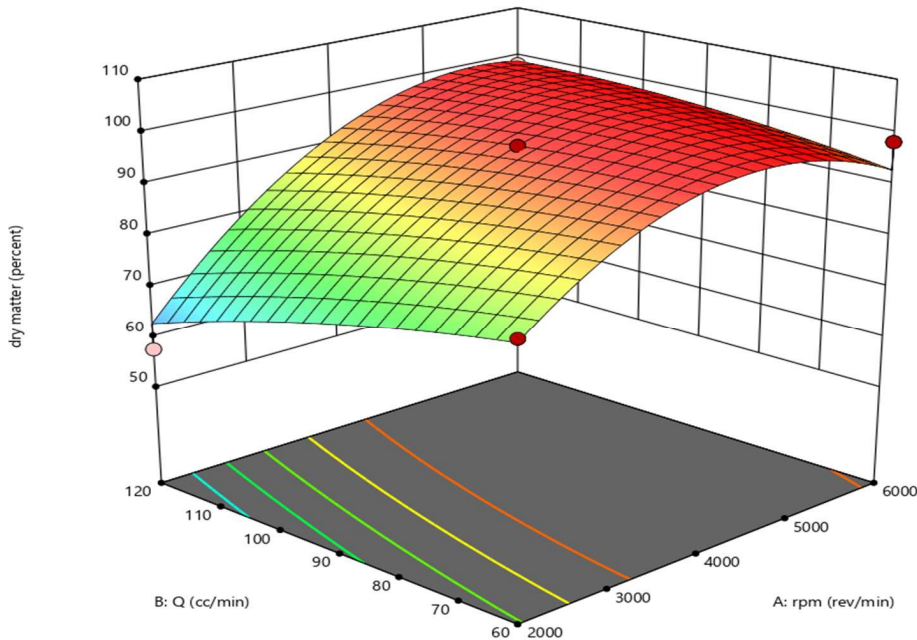
با استفاده از نرم افزار Design-Expert [۱۰] حالت پیشینه بهره‌وری ۶۰۰۰ دور بر دقیقه، دبی ۲ میلی لیتر بر ثانیه و زمان ۵۰ ثانیه اول معرفی می‌گردد. البته بهترین کیفیت جداسازی با همین سرعت دورانی و زمان و دبی ۱ میلی لیتر بر ثانیه اتفاق افتاد اما به دلیل تفاوت بسیار کم بین دبی ۱ و ۲ میلی لیتر بر ثانیه (کمتر از ۱٪) و افزایش بهره‌وری به

Number	rpm	Q	Time	dry matter	Desirability	
1	5999.997	120.000	50.000	98.124	0.898	Selected
2	5999.997	119.760	50.000	98.125	0.897	
3	5991.950	120.000	50.001	98.123	0.897	
4	5999.997	120.000	50.557	98.122	0.896	
5	5988.674	120.000	50.000	98.122	0.896	



دو برابر حالت بهره‌وری پیشینه اعداد بالا معرفی گردید

جدول شماره ۱- معرفی حالت بهینه در نرم افزار Design expert



شکل ۲- گراف سه بعدی معرفی حالت بیشینه بهره‌وری در نرم افزار Design expert

نتیجه گیری:

استفاده از جداساز دورانی نیمه پیوسته، در این پژوهش نتایج زیر را به همراه داشت:

- حالت بهینه، دور دوران بالا و دبی متوسط است.
- در دور ۶۰۰۰ بهترین کیفیت جداسازی را ایجاد می‌نماید.
- در دور و کمتر ۲۰۰۰ فارغ از میزان دبی، بطور مشخص جداسازی با کیفیت پایین صورت می‌گیرد.
- با مقایسه پنج نمونه گرفته شده در هر آزمایش، سیر نزولی در کیفیت جداسازی با گذشت زمان مشاهده شد.
- حالت بیشینه بهره‌وری، در دور ۶۰۰۰rpm، دبی ۲ میلی لیتر و زمان ۵۰ ثانیه اول معرفی می‌گردد.

پیشنهادها:

- با توجه به روند کاهش راندمان جداسازی با نزدیک شدن جداساز نیمه پیوسته به ظرفیت اسمی خود به منظور دریافت خروجی با کیفیت ثابت، لازم است دبی ورودی سیال با گذشت زمان کاهش یابد میزان دقیق این کاهش دبی نیازمند آزمایشات جداگانه و محاسبات در این زمینه می‌باشد.



- در این پژوهش می‌توان با استفاده از شبیه‌سازی نرم افزاری به منظور رسیدن به بیشینه کیفیت جداسازی با دقت بیشتر به کمک نرم‌افزارهای تحلیل سیال پرداخت.

فهرست منابع :

- [1] Maran, J. P., Sivakumar, V., Thirugnanasambandham, K., & Sridhar, R. (2013). Optimization of microwave assisted extraction of pectin from orange peel. *Carbohydrate polymers*, 97(2), 703-709.
- [2] <http://www.fao.org/3/y5143e/y5143e12.htm>.
- [3] The orange fruit its product. <https://orangebook.tetrapak.com/chapter/orange-fruit-and-its-products>
- [4] Savary, B. J., & Nuñez, A. (2003). Gas chromatography–mass spectrometry method for determining the methanol and acetic acid contents of pectin using headspace solid-phase microextraction and stable isotope dilution. *Journal of Chromatography A*, 1017(1-2), 151-159.
- [5] Srivastava, Pranati, and Rishabha Malviya. 2011. 2 Indian Journal of Natural Products and Resources *Sources of Pectin, Extraction and Its Applications in Pharmaceutical Industry – An Overview*.
- [6] May, Colin D. 1990. “Industrial Pectin: Sources, Production and Applications.” *Carbohydrate Polymers* 12(1): 79–99.
- [7] Thakur, Beli R., Rakesh K. Singh, and Avtar K. Handa. 1997. “Chemistry and Uses of Pectin – A Review.” *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 37(1): 47–73.
- [8] Saengchan, Kanchana, Montira Nopharatana, Ruenrom Lerdlattaporn, and Warinthorn Songkasiri. 2015. “Enhancement of Starch-Pulp Separation in Centrifugal-Filtration Process:



- Effects of Particle Size and Variety of Cassava Root on Free Starch Granule Separation.” *Food and Bioproducts Processing* 95:208–17.
- [9] Dhungana, Pramesh, Tuyen Truong, Martin Palmer, Nidhi Bansal, and Bhesh Bhandari. 2017. “Size-Based Fractionation of Native Milk Fat Globules by Two Stage Centrifugal Separation.” *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 41:235–43.
- [10] Design of experiments (DOE). <https://www.statease.com/software/design-expert/>
- [11] Yeoh, S., Shi, J. T. A. G., & Langrish, T. A. G. (2008). Comparisons between different techniques for water-based extraction of pectin from orange peels. *Desalination*, 218(1-3), 229-237.

Evaluation of Solid Phase Separation by a Semi-Continuous Separator - A Case Study on pulp separation from pectin supernatant

Shafie Rahmati¹, Alireza Mahdavian^{2*}

1. Biosystems Engineering Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (shafie.rahmati@modares.ac.ir)

2. Biosystems Engineering Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (a.mahdavian@modares.ac.ir)

ABSTRACT:

Today, different methods of rotational separation are used in different applications and a wide range of industries, which are divided into three categories: discontinuous, semi-continuous and continuous. The separation process in industries, and especially in various sciences, is generally done intermittently. Pectin is a valuable substance that is widely used in food and pharmaceutical industries. This natural substance is actually a powerful fiber which is found naturally in many citrus fruits and vegetables, which acts as a bond between plant cells. A derivative polymer It is



sugary-acidic. Pulp separation Using a rotary separator and several successive steps, discontinuous separation process is used to prepare for the acidification and pectin extraction step. In present study, evaluation of supernatant separation by a semi-continuous separator is subjected. rcf^1 and feed rate are introduced as dependent also separation quality and efficiency are independent variables. the experiment was set at three feed rate (60, 90 and 120 ml/min) and five rotational speed (2000, 3000, 4000, 5000 and 6000 rpm) levels. The supernatant was prepared based on the conditions were explained at Yeoh et al 2008 [11]. At the end of this experiment using Design – Expert software, it was determined that the maximum efficiency, were with a speed of 6000 rpm, a feed rate of 120 ml / min and the first 50 seconds in the experiment. also, the separation quality is 98.8%. The rate of separation quality in the samples taken for each experiment is decreasing from sample over time.

Keywords: *Separator, Semi-continuous, orange pulp, Pectin*

*Corresponding author

E-mail: a.mahdavian@modares.ac.ir

¹ Relative Centrifugal Force