بهبود فرآیند استخراج ساکارز از چغندر قند به کمک روش میدان الکتریکی پالسی قوی و مقایسه آن با فرآیند حرارتی

محمد علی صالحی[1]، آیدا امیدواری[2*]

۱- استادیار گروه مهندسی شیمی دانشکده فنی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۲- کارشناس ارشد مهندسی شیمی دانشکده فنی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
(تاریخ دریافت: ۹٤/۰۸/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۱/۱۵)

چکیده

در این پژوهش با استفاده از تکنولوژی میدان الکتریکی پالسی، اثر پارامترهای میدان پالسی قوی (PEF) به عنوان روشی غیر حرارتی و دوستدار محیط زیست جهت استخراج ساکارز از چغندر قند، تحت شرایط مختلف تیمار شامل پارامترهای قدرت میدان (۳/۵-۱٤ *kV/cm*) و تعداد پالس (۱۵۰-٤۰ پالس)، روی فرآیند انتقال جرم (بریکس و هدایت الکتریکی) بعنوان جایگزینی برای روش‌های سنتی حرارتی مورد بررسی قرار گرفت. در این روش خلال‌های تهیه شده از چغندر درون یک سل دو جداره پر شده با حلال آب مقطر که توسط دو الکترود از جنس استیل ضد زنگ با گرید دریایی احاطه شده قرار داده شدند بوسیله یک میدان الکتریکی پالسی به کمک منبع تغذیه با ولتاژ بالا و دارای قابلیت تولید پالس به آن اعمال و نتایج ثبت گردید. ارزیابی پارامترهای مذکور در فرآیند استخراج نشان داد مقادیر بالاتر قدرت میدان و تعداد پالس، بریکس و هدایت الکتریکی بطور قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با نمونه‌ی شاهد افزایش یافت. اثر میدان الکتریکی پالسی قوی (با قدرت میدان ۷ *kV/cm* و ۱۰۰ پالس) روی میزان انتقال جرم و میزان انرژی مصرفی در مقایسه با تیمار حرارتی نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه و تحلیل آماری حاکی از کاهش قابل ملاحظه دما و زمان در روش میدان الکتریکی پالسی در مقایسه با تیمار حرارتی با بازده استخراج مشابه است. علاوه بر این میزان انرژی مصرفی در فرآیند حرارتی تقریباً ۱۳ برابر انرژی مورد نیاز در میدان الکتریکی پالسی است. همچنین میزان انتقال جرم در تیمار حرارتی در مقایسه با روش پالسی مقادیر بالاتری را نشان داد.

کلید واژه گان: استخراج، تیمار حرارتی، میدان الکتریکی پالسی، چغندر قند

* مسئول مکاتبات: a.omidvary@yahoo.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

۱- مقدمه

تولید شکر از چغندر از حدود ۲۵۰ سال قبل شروع شد. در سال ۱۷٤۷ میلادی مارگراف رئیس آکادمی علوم در برلین، دریافت که در چغندر مقادیری قند (حدود ۷٪) وجود دارد بنابراین؛ به عنوان یک منبع قندی می تواند حائز اهمیت باشد[۱]. از آنجایی که چغندر قند در بدن ایجاد حرارت و انرژی می نماید و جزء معدود موادی است که در طبیعت می توان آن را تقریباً بطور خالص تهیه نمود لذا هرگونه روش جهت بالا بردن میزان استخراج قند از آن بسیار حائز اهمیت می باشد[۲]. فرآیند حرارتی مرسوم ترین روش جهت فراوری و نگهداری مواد غذایی و نیز استخراج ترکیبات درون سلولی مانند ساکارز از چغندر قند می‌باشند که در طی آن از دماهای بالا جهت تخریب ماکرو مولکول و نیز اختلال در عملکرد غشاء استفاده می‌شود[۳].به این ترتیب که چغندرقند به قسمت‌هایی برش داده شده و ساکارز بوسیله جریان ناهمسویی از آب در دماهای بالا حدود ۷۰ الی ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ الی ۱,۵ ساعت استخراج می‌شود. متأسفانه تخریب دمایی موجب آزاد شدن ترکیبات نامطلوب مانند پکتین به شربت شده و باعث مشکل تر شدن فرایندهای جداسازی و تصفیه شربت می‌شود. از طرفی به کار بردن دماهای بالا مصرف آب و انرژی را بطور قابل ملاحظه ای افزایش داده و کیفیت محصول و بازده را کاهش می‌دهد[٦-٤]. لذا به نظر می‌رسد فرایند میدان الکتریکی پالسی قوی[1] (PEF) به عنوان روشی غیر حرارتی ، جهت بهینه سازی عملیات استخراج و حفظ ویژگی های کیفی محصول کاربرد گسترده و موفقیت آمیزی در زمینه استخراج قند داشته باشد.

تکنولوژی PEF شامل اعمال پالس‌هایی در مدت زمان کوتاه (در حد میکروثانیه) در میدان الکتریکی قوی بر ماده غذایی که بین دو الکترود در دمای اتاق است. میدان‌های الکتریکی پالسی کوتاه مدت با شدت زیاد، تجزیه شوندگی الکتریکی سلول‌ها را موجب شده و نفوذ پذیری آن‌ها را افزایش می‌دهد[۱۰-۷].

اولین تحقیقات انجام شده برای استخراج قند از چغندر قند بوسیله میدان الکتریکی پالسی قوی توسط اشتیاقی و کنور در سال‌های ۱۹۹۹، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۲ ، بوزارا و وروبیو در سال ۲۰۰۰ و فینکان در سال ۲۰۰٤ صورت گرفت[۱۵-۱۱]. در مطالعات انجام شده توسط اشتیاقی و کنور (۲۰۰۰) استفاده از میدان‌های kV/cm ۲/۵-۱/۲ و تعداد ۲۰۰-۱ پالس توانست به میزان قابل توجهی سلول‌های چغندر قند را تخریب کند[۱۲]. استفاده از میدان‌های الکتریکی پالسی برای استخراج ترکیبات درون سلولی با مطالعه شدت آن شروع شد. مشاهده شد که پیش تیمار کردن با میدان‌هایی با قدرت کمتر از kV ۱۰ بازدهی استخراج از سیب، نارگیل یا هویج را بهبود بخشید و استخراج نشاسته، پلی فنول و پیگمنت‌ها را به خوبی استخراج ساکارز افزایش داد[۱٦]. بوزارا و همکاران در سال ۲۰۰۳ نشان دادند کارایی پیش فرآوری با PEF به تعداد و اندازه منافذ بستگی دارد که این دو پارامتر نیز خود وابسته به شدت میدان اعمالی، تعداد پالس و مدت زمان پالس‌ها است[۱۷]. جمایی و وروبیو (۲۰۰۳) افزایش استخراج شربت از خلال چغندر قند با استفاده از PEF با قدرت متوسط (V/cm ۷۸۰-۱٦۰) بوسیله یک سیستم استخراج مایع در مقیاس آزمایشگاهی را مورد تأیید قرار دادند بر اساس مقادیر بدست آمده از اندازه گیری ضریب نفوذ پذیری قبل و بعد از تیمار حداقل ولتاژ لازم $۱۵۰ V/cm$ بدست آمد تا افزایش قابل ملاحظه ای در میزان استخراج مشاهده شود قابلیت استخراج همبستگی نسبتاً کاملی با افزایش شدت میدان داشت[۱۸]. اثر بکارگیری سانتریفیوژ در استخراج آبی قند از چغندر قند پس از تیمار با PEF توسط البلقاتی و همکاران در سال (a۲۰۰۵) مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق استخراج قند از چغندر قند تیمار شده با PEF در درجه حرارت معمول به وسیله نیروی سانتریفیوژ بطور قابل ملاحظه ای سینتیک استخراج را از چغندرهای تیمار شده افزایش داد[٤]. سلول‌های زنده به منظور تبادل مواد درون سلولی از جریان سیتوپلاسمی کمک می‌گیرند. این جنبش‌های سیتوپلاسمی نتیجه ناهنجاری یا جابجایی پروتئین‌های ساختمانی هستند سوالاک و همکاران در سال ۲۰۱۲ ارتباط بین تداوم جریان سیتوپلاسمی و آسیب کلی بافت را به عنوان تابعی از فرکانس گزارش کردند. نتایج نشان داد اثر PEF در فرکانس‌های پایین ($f < 1\ Hz$) روی آسیب دیدگی بافت چه با حضور جریان سیتوپلاسمی و چه در غیاب آن بیشتر از این اثر در فرکانس‌های بالا است اما وجود جریان این اثر بخشی را در فرکانس‌های پایین

1. Pulsed Electric Field

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

بهبود بخشید و میزان نفوذپذیری سلول ها را در فرایندهای خشک کردن و استخراج افزایش داد[١٩].

به‌طور کلی مهم ترین نتایج حاصل از این تحقیقات، تسهیل و تسریع فرآیند استخراج به کمک روش PEF و بررسی پارامترهای مختلف نظیر فرکانس و قدرت میدان جهت حصول حداکثر بازده با حفظ ویژگی‌های کیفی مواد می‌باشد. هدف از این تحقیق نیز تنظیم شرایط مختلف استخراج مانند قدرت میدان و تعداد پالس، برای رسیدن به بیشترین میزان انتقال جرم و درجه ی تخریب و نیز مقایسه ی کارایی هر دو روش حرارتی و PEF در بهینه سازی عملیات استخراج قند از چغندرقند می باشد.

٢- مواد و روش‌ها

چغندر تازه از سیلوی نگهداری چغندر کارخانه قند همدان تهیه شد. سپس با استفاده از یک خلال ساز استوانه ای (مطابق شکل الف) ، خلال‌هایی به طول ٣-٢ سانتی متر و ضخامت ٥ میلی متر تهیه شد. خلال‌ها بین دو الکترود از جنس فولاد ضد زنگ در راکتور دو جداره قرار گرفتند (شکل ب). جهت اعمال تیمار دستگاه میدان الکتریکی پالسی با قدرت (١٤kV/cmو ٩/٣٣، ٧، ٥/٦، ٤/٦٧، ٤، ٣) تعداد پالس (١٥٠و ١٢٠، ١٠٠، ٨٠، ٦٠، ٥٠، ٤٠) از دستگاه منبع تغذیه ولتاژ بالا با قابلیت تولید پالس الکتریکی طراحی و ساخته شد جهت این تحقیق(١٥-٠،کیلو ولت ، ١٥٠-٤٠ پالس بر ثانیه ، مطابق شکل ج)، استفاده گردید. این دستگاه قابلیت ایجاد جریان الکتریکی تا ١٥ کیلو ولت را دارا بود. به منظور استخراج قند به روش حرارتی نیز از یک حمام بن ماری(مطابق شکل د) استفاده شد. در این آزمایش نمونه‌های خلال چغندر قند به مدت ١٥ دقیقه در ٢٥٠ میلی لیتر آب مقطر با دمای ٧٠ $^{\circ}C$ قرار گرفتند.

میزان هدایت الکتریکی و بریکس شربت حاصل از هر دو روش استخراج با PEF و استخراج حرارتی به ترتیب توسط هدایت سنج و رفراکتومتر تعیین و ثبت گردید.

طرح آماری

کلیه آزمایش‌ها در دو تکرار انجام شد و داده‌های به دست آمده در طرح آماری کامل تصادفی توسط جدول ANOVA در نرم افزار مینی تب[٢] تجزیه و تحلیل شد و میانگین‌های به دست آمده با تعیین حداقل اختلاف معنی دار آماری در سطوح $P\leq$ ٠/٠٥ بوسیله آزمون چند دامنه ای دانکن با یکدیگر مقایسه شدند.

شاخص تخریب

میزان تخریب سلول بر حسب میزان استخراج مواد و محتویات درون سلولی مشخص می‌شود. اندازه‌گیری میزان هدایت الکتریکی نشانگر خروج یون‌های موجود در سلول و وارد شدن آن‌ها به محیط است. بنابراین با استفاده از دستگاه هدایت سنج میزان هدایت الکتریکی قبل و پس از اعمال تیمار اندازه‌گیری شد. برای محاسبه شاخص تخریب از فرمول ١ استفاده گردید.

$$Z=\frac{\sigma-\sigma_i}{\sigma_d-\sigma_i}$$

که در آن σ (*Siemens/cm*) هدایت الکتریکی نمونه پس از اعمال تیمار PEF و زیروندهای i و d به ترتیب مربوط به هدایت بافت سالم (نمونه شاهد) و بافت کاملا از هم گسیخته توسط تیمار حرارتی در دمای ٨٠ درجه سانتی‌گراد به مدت ١٥ دقیقه است. طبق این رابطه Z=0 مربوط به بافت سالم (نمونه شاهد ، بدون اعمال PEF) و Z=1 مربوط به بافت کاملاً از هم گسیخته است[٢٠، ٢١].

بازده استخراج

جهت بررسی میزان بازده استخراج، نمونه‌های تیمار شده (٢٢ گرم) توسط میدان الکتریکی پالسی در ١٠٠ میلی لیتر آب مقطر در دماهای ٥٠ و ٧٠ درجه سانتی‌گراد قرارداده شد و هر بار بریکس شربت حاصله در زمان‌های مختلف (١٥،٣٠،٦٠،٩٠ و ١٢٠ دقیقه) توسط رفراکتومتر اندازه گیری شد. بازده استخراج توسط فرمول ٢ محاسبه گردید:

$$y_t=\frac{C_t}{MES}\times 100$$

که بر اساس آن C_t بریکس نمونه در هر لحظه و MES حداکثر بریکس حاصل شده از شربت در طول فرایند استخراج بود. در این آزمایش بریکس شربت حاصل از استخراج در دمای ٧٠ درجه سانتی‌گراد و پس از ١٢٠ دقیقه بیشترین میزان را داشت[٢٢].

1. minitab

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

انرژی مصرفی

بطور کلی برای انرژی بسته به نوع بافت، یک حد آستانه وجود دارد که اگر میزان انرژی ورودی در فرایند استخراج بیش از این مقدار باشد نه تنها تأثیری بر بهبود فرایند استخراج ندارد بلکه بازده را نیز کاهش می‌دهد[۲۳].

میزان انرژی مصرفی در فرایند PEF به ازای n پالس از طریق فرمول ۳ محاسبه می‌شود:

$$Q_{PEF} = \frac{U.I.t}{m_s}$$

$t=n \times t_i$

در اینجا U میزان ولتاژ در نمونه، I شدت جریان (آمپر) و t زمان تیمار (ثانیه) است که از حاصلضرب تعداد پالس در پهنای پالس بدست می‌آید.

میزان انرژی مصرفی در فرایند حرارتیاز از طریق فرمول ۵ محاسبه شد:

$$Q_{Preheating} = \frac{m_t C_p (T - T_0)}{m_s}$$

m_t(کیلوگرم) وزن شربت حاصل از استخراج، m_s (کیلوگرم) وزن نمونه و C_p گرمای ویژه نمونه بر حسب ($kJ/\ kg\ K$) است[۲۴، ۲۵].

۳- نتایج و بحث

اثر شدت میدان و تعداد پالس‌های اعمالی بر میزان انتقال جرم سلول‌های چغندر قند

هدایت الکتریکی

یکی از شاخص‌های انتقال جرم ، بر اثر افزایش قابلیت نفوذ و تخریب غشاء، افزایش میزان هدایت الکتریکی شربت طی فرآیند استخراج می‌باشد. عامل موثر در هدایت الکتریکی محلول‌ها وجود یون‌هاست که سبب می‌شود انتقال بار الکتریکی یا به عبارتی هدایت الکتریکی در محلول ایجاد گردد. بنابراین هرچه تعداد یون‌ها بیشتر باشد هدایت الکتریکی بیشتر است.

اثر تغییر شدت میدان و تعداد پالس روی میزان هدایت الکتریکی شربت حاصل از استخراج با PEF به ترتیب در شکل‌های ۱ و۲ مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به این شکل‌های ملاحظه می شود میزان هدایت الکتریکی در تمامی میدان‌ها و پالس‌های اعمال شده بطور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از نمونه‌ی شاهد است. علاوه بر این هدایت الکتریکی با شدت میدان و تعداد پالس نسبت مستقیم داشته و با افزایش هر یک از این دو فاکتور افزایش می‌یابد اما این نسبت خطی نمی‌باشد و بطور مداوم شیب خط کاهش می‌یابد. می‌توان دلیل این مسئله را محدود بودن مواد موثر در محلول دانست.

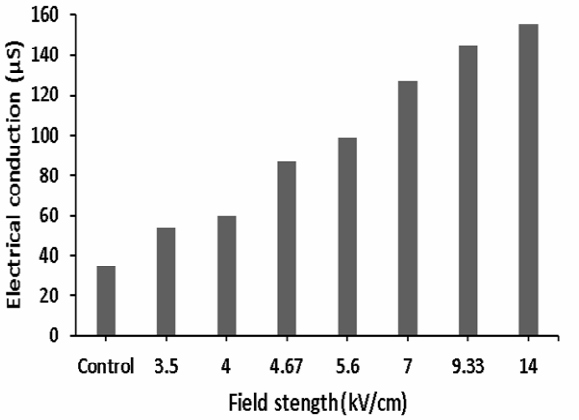

Fig 1 The effect of field strength on electrical conduction of sugar beet juice

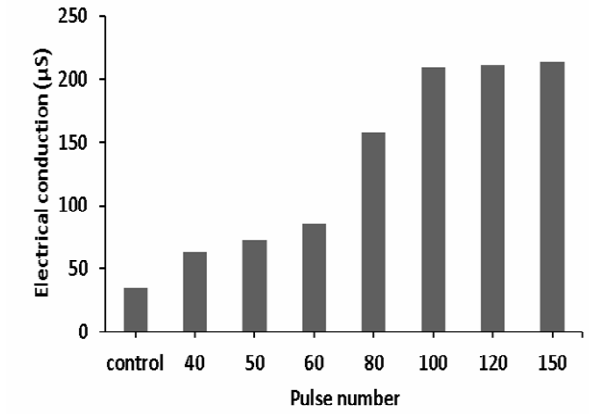

Fig 2 The effect of pulse number on electrical conduction of sugar beet juice

بریکس

شاخص دیگر انتقال جرم، بریکس یا مواد جامد محلول در شربت است که توسط رفراکتومتر بر حسب گرم در ۱۰۰ گرم شربت تعیین می‌شود.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

شکل‌های ٣ و٤ به ترتیب اثر شدت میدان و تعداد پالس روی بریکس شربت خام حاصل از PEF را نشان می‌دهند. همانطور که ملاحظه می‌گردد با افزایش شدت میدان و تعداد پالس، بریکس افزایش می‌یابد. با توجه به شکل ٤ اعمال میدانی با قدرت kV/cm ٧ در فرکانس ٢ هرتز بریکس شربت را بطور معنی داری ($P\leq$ ٠/٠٥) از ٠/٤٧ در ٤٠ پالس به ١/٠٦ در ١٥٠ پالس افزایش داد.

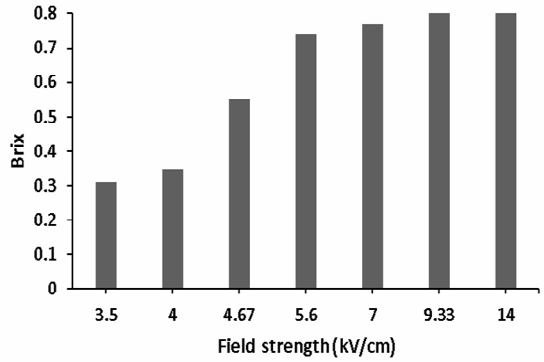

Fig 3 The effect of field strength on the brix of sugar beet juice

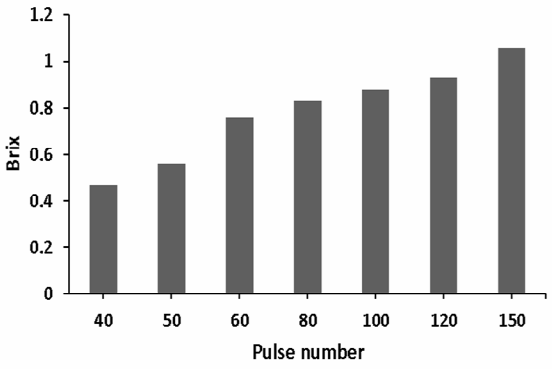

Fig 4 The effect of pulse number on the brix of sugar beet juice

اثر قدرت میدان و تعداد پالس روی شاخص تخریب

در شکل ٥ اثر همزمان قدرت میدان (در پالس ثابت ١٠٠) و تعداد پالس (در قدرت ثابت kV/cm ٧) روی قابلیت نفوذ پذیری غشای سلولی را نشان می دهد

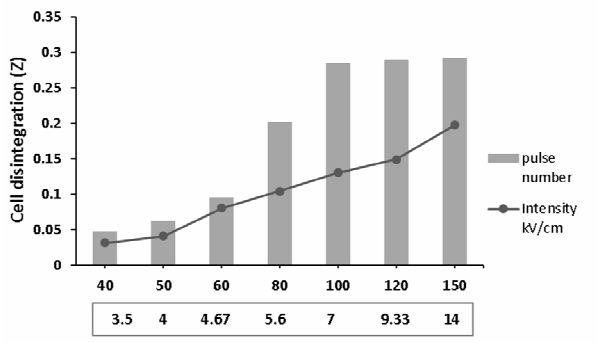

Fig 5 The effect of field strength (at n=100 pulse) and pulse number (at E=7 kV/cm) on cell disintegration of sugar beet

مقایسه‌ی شرایط میدان‌های مختلف نشان می‌دهد با افزایش قدرت میدان شاخص تخریب افزایش یافته و در قدرت kV/cm ١٤ به حداکثر مقدار خود می‌رسد.

روند افزایشی شاخص تخریب برای پالس‌های بالاتر از ١٠٠ بصورت جزئی و شیب به دست آمده دارای مقادیر کمتری نسبت به مقادیر افزایش پس از ٥٠، ٦٠ و ٨٠ پالس است.

بازهال و همکاران[3] اثر افزایش پالس را در تخریب سلول و بافت‌های گیاهی نیز مورد مطالعه قرار داده و گزارش کردند که با افزایش شدت میدان و تعداد پالس میزان تخریب سلولی نیز افزایش می‌یابد[٢٦].

اثر زمان اعمال PEF روی بازده استخراج قند

میزان بازده استخراج قند در شکل ٦ در مدت زمان ٩٠ دقیقه مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس منحنی رسم شده در شکل ٦ ملاحظه گردید میزان بازده استخراج وابسته به زمان بوده و با افزایش زمان، بازده به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد بطوریکه میزان شربت استخراج شده از ٪١٧/٦ در لحظه ابتدایی به ٪٩٥/١٦ پس از گذشت ٩٠ دقیقه رسیده است. از طرف دیگر ملاحظه شد که بیشترین میزان تغییرات راندمان استخراج در محدوده ٦٠-٣٠ دقیقه ابتدایی انجام شده و پس از آن تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر میزان بازده استخراج مشاهده نگردید.

3. Bazhal et al.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

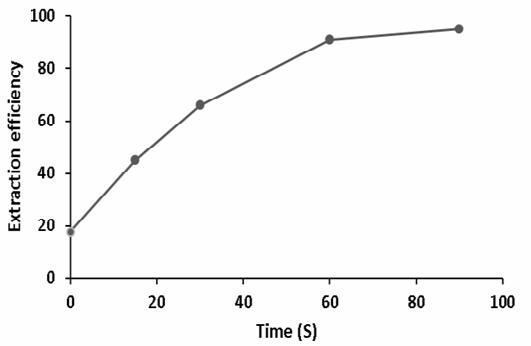

Fig 6 The effect of time on the sucrose extraction efficiency

میزان انتقال جرم در تیمار با PEF در مقایسه با فرایند حرارتی

در شکل ۷ میزان هدایت الکتریکی و بریکس (به عنوان شاخص‌های انتقال جرم) شربت بدست آمده از تاثیر تیمار با میدان الکتریکی پالسی (میدان با قدرت kV/cm ۷ با ۱۰۰ پالس) و نیز تیمار حرارتی ۷۰ در درجه سانتی‌گراد و نمونه شاهد با یکدیگر مقایسه شدند. همانطور که ملاحظه می‌شود میزان بریکس و هدایت الکتریکی حاصل از هر دو روش تیمار (حراتی و PEF) بطور معنی داری($P \leq ۰/۰۵$) بیشتر از نمونه شاهد می‌باشد. در روش حرارتی نیز به دلیل تخریب نسبتاً کامل بافت سلولی چغندر قند طی فرایند استخراج، میزان انتقال جرم، مقادیر بالاتری را به خود اختصاص داد.

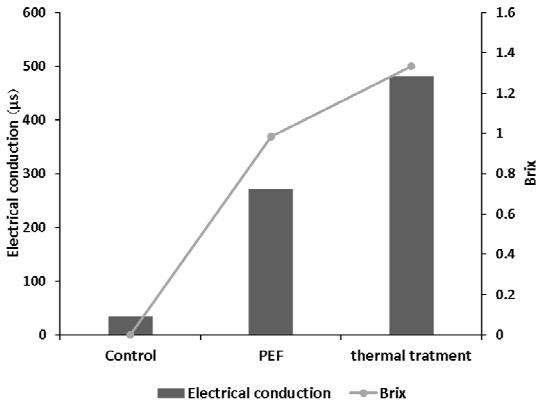

Fig 7 Comparison the amount of mass transfer in PEF and thermal treatment methods

مقایسه شاخص تخریب سلول در روش PEF با تیمار حرارتی

در شکل ۸ اثر درجه حرارت بر میزان شاخص تخریب بافت سلولی چغندر قند مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به منحنی رسم شده ملاحظه می‌شود که میزان شاخص تخریب با افزایش درجه حرارت به طور قابل ملاحظه ای افزایش یافته است بطوریکه این شاخص از ۰/٤ در دمای ٤٥ درجه سانتی گراد به ۱ (حداکثر مقدار) در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد رسیده است.

مقایسه میزان شاخص تخریب شربت حاصل از اعمال تیمار حرارتی و تیمار با PEF در شکل ۸ نشان داد می توان با پیش فراوری به روش PEF (میدان با قدرت kV/cm ۷ با ۱۰۰ پالس) در دمایی پایین‌تر و مدت زمان کوتاهتر به شاخص تخریب مناسب دست یافت بطوریکه مطابق با شکل ۸ با تیمار به روش PEF در دمای محیط شاخص تخریب به ۰/۳۹ رسیده است در حالی که برای رسیدن به همین میزان تخریب در روش حرارتی دمای ٤٥ درجه سانتی‌گراد و زمان ۱۵ دقیقه نیاز است.

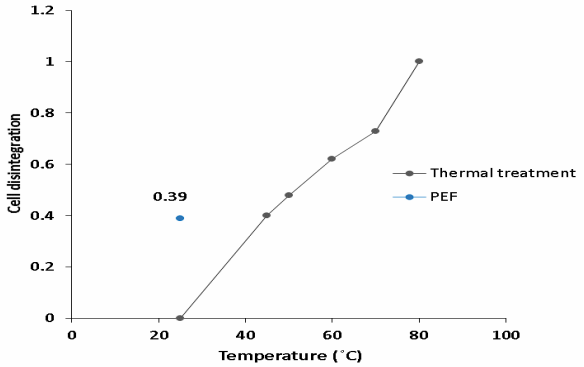

Fig 8 Influence of temperature on cell disintegration of sugar beet

مقایسه میزان انرژی مصرفی در روش PEF با تیمار حرارتی

در شکل ۹ ضمن مشاهده افزایش مصرف انرژی به ازای افزایش تعداد پالس‌های اعمالی، مشخص شد که میزان مصرف انرژی در هر شرایطی، در مقایسه با روش حرارتی کاهش قابل ملاحظه‌ای دارد. بطوریکه، میزان انرژی مصرفی هنگام استفاده از تیمار حرارتی (۷۰°C به مدت ۱۵ دقیقه) برای رسیدن به راندمان ۲۳٪

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

برابر kJ/kg ۱۹۰۸ است. در حالی که هنگام استفاده از تیمار PEF (با میدان kV/cm ۷ پس از اعمال ۱۰۰ پالس) میزان انرژی مصرفی برابر باkJ/kg ۱٤۲/۹۲ با راندمان مشابه است. به عبارت دیگر مقدار انرژی مصرفی در فرایند حرارتی حدود ۱۳ برابر بیشتر از اعمال میدان الکتریکی پالسی با بازده مشابه است.

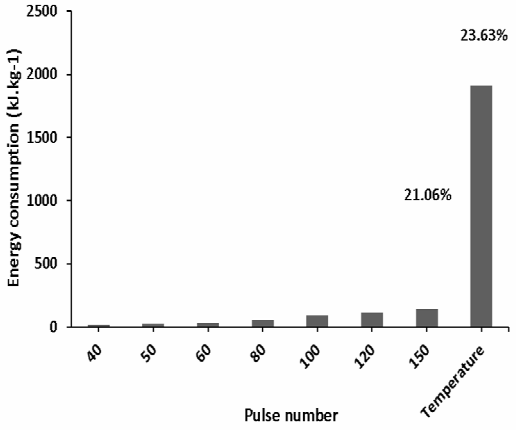

Fig 9 Influence of pulse number on energy consumption by PEF treatment in compared with thermal treatment

٤- نتیجه گیری

در این مطالعه اثر میدان الکتریکی پالسی قوی به عنوان روشی غیر حرارتی برای استخراج قند از چغندر قند تحت شرایط مختلف قدرت میدان و تعداد پالس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بکارگیری روش PEF منجر به بهبود عملیات استخراج قند می‌گردد بطور مثال با استفاده از این روش دما و زمان استخراج بطور قابل توجهی در مقایسه با روش حرارتی کاهش می‌یابد بدین صورت که برای استخراج ۲۳٪ ساکاروز برای نمونه‌های تیمار شده حرارتی دمای حداقل ۷۰ درجه سانتی گراد و زمان ۱۵ دقیقه نیاز است اما بعد از اینکه از تیمار با PEF با ۱۵۰ پالس در قدرت kV/cm ۷ استفاده شد، بازده مشابه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در طول ۷۵ ثانیه حاصل شد. میزان انرژی مصرفی نیز هنگام تیمار با PEF به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از روش حرارتی است بطوریکه برای حصول مقادیر راندمان استخراج مشابه میزان انرژی مصرفی در PEF تحت قدرت kV/cm ۷ با ۱۵۰ پالس ۱۳ برابر کمتر از انرژی مصرفی در تیمار حرارتی است.

از طرفی ملاحظه شد که میزان انتقال جرم (آزاد سازی مولکول‌های قند و یون‌ها) حاصل از هر دو روش تیمار (حرارتی و PEF) به طور معنی داری($P\leq$ ۰/۰۵) بیشتر از نمونه شاهد می‌باشد. در روش حرارتی نیز به دلیل تخریب نسبتاً کامل بافت سلولی چغندر طی فرایند استخراج، میزان انتقال جرم مقادیر بالاتری را نشان داد. این نتایج نشان دهنده قابلیت بالای فرایند PEF نسبت به فرایندهای معمول و سنتی برای استخراج است و بطور امید بخشی می‌تواند در صنایع با صرفه جویی در مصرف آب، انرژی و زمان تولید به کار گرفته شود.

٥- سپاسگزاری

بدین وسیله از حمایت‌های مالی و خدماتی دانشکده فنی دانشگاه گیلان جهت انجام این پروژه قدردانی شود.

٦- ضمایم

Fig A Cylindrical cutting device

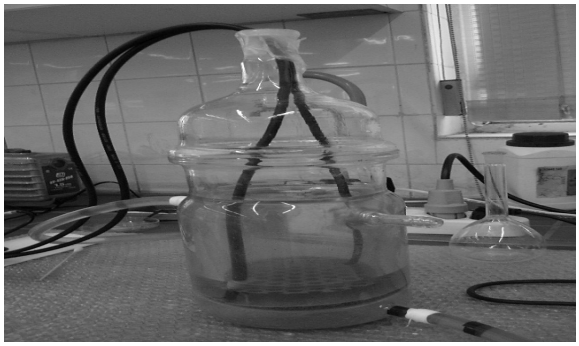

Fig B Treatment chamber

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

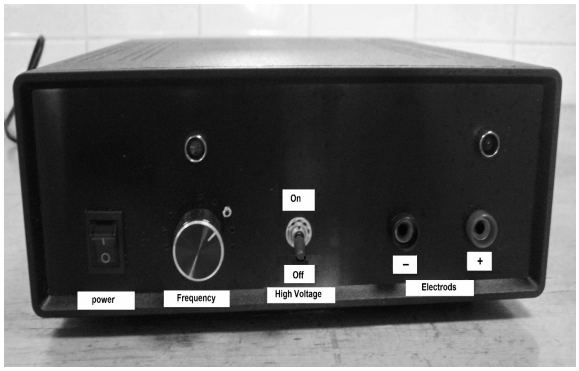

Fig C Generator

Fig D Water bath circulation

۷- منابع

[1] Biancardi, E., De Biaggi, M., & Larry, G.C., 2009. Genetics and breeding of sugar beet. pakniat, H., Shiraz, Shiraz University Publisher.

[2] Pourzaki, A., Mirzaii, H., 2013. Study the effect of constant voltage and pulse on the extraction of sugar from sugar beet. 2nd National Congress on Food Science & Technology, Islamic Azad University, Quchan Branch.

[3] Fathi achachloei, B., 2013. The effect of pulsed electric fields on microorganisms to produce healthy food. 2nd National Congress on Organic and Conventional Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili.

[4] El-Belghiti, K., Rabhi, Z., & Vorobiev, E., 2005 Effect of centrifugal force on the aqueous extraction of solute from sugar beet tissue pretreated by pulsed electric field. Journal of Food Process Engineering, 28, 346-358.

[5] Maskooki, A., Eshtiaghi. M.N., 2012. Impact of pulsed electric field on cell disintegration and mass transfer in sugar beet. Journal of Food and Bioproduct Processing, 90, 377-384.

[6] Mhmedi, H., Almohammed, F., Bals, O., Grimi, N., & Vorobiev, E., 2014. Impact of pulsed electric field and preheating on the lime purification of raw sugar beet expressed juice. Journal of Food and Bioproduct Processing.

[7] Pourzaki, A., Mirzaee, H., Oct 2008. Pulsed Electric Field Generators in food processing. National Congress on Food Technology, 18th, Mashhad-Iran, 15-16.

[8] Pourzaki, A., Mirzaee, H., Jan 2009. New High Voltage Pulse Generators. Recent Patents on Electric Engineering, Bentham Science Publishers Ltd, 2 (1): 65-76.

[9] Schroeder, S., Buckow, R., & Knoerzer, K., 2009. Numerical simulation of pulsed electric field (PEF) processing for chamber design and optimization. International Conference on CFD in the Minerads and Process Industries CSIRO, 17th, Australia.

[10] Asavasanti, S., Ristenpart, W., Stroeve, P., & Barrett, D.M., 2011. Permeabilization of Plant Tissue by Monopolar Pulsed Electric Field: Effect of Frequency. Journal of Food Science, 76, No. 1.

[11] Eshtiaghi, M.N, Knorr, N, 1999. Process for treatment sugar beet. European patent, No. Wo 99/6434.

[12] Eshtiaghi, M.N., Knorr, D., 2000b. Application of high electric pulsed field for cell disintegration and sucrose extraction from sugar beet. International patent, No. WO 0996434.

[13] Bouzrara, H., Vorobiev, E., 2000. Beet Juice Extraction by pressing and pulsed electric fields. International Sugar Journal, 102, No. 1216, 194-200.

[14] Eshtiaghi, M.N, Knorr, N., 2002. High electric field pulse pretreatment: Potential for sugar beet processing. Journal of Food Engineering, 52, 578-583.

[15] Fincan, M., Devito, F., & Dejmek, P., 2004. Pulsed electric field treatment for solid-liquid extraction of red beetroot pigment. Journal of Food Engineering, 64, 381-388.

[16] Bazhal, M.I., Lebvokal, N.I., & Vorobiev, E., 2001. Pulsed electric field treatment of apple tissue during compression for juice extraction. Journal of Food Engineering, 50 (3):129-139.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[17] Bouzrara, H., Vorobievl, E., 2003. Solid-liquid extraction of cellular materials enhanced by pulsed electric field. Chemical Engineering and Processing, 42, 249-25.

[18] Jemai, A.B., Vorobiev, E., 2003. Enhanced leaching from sugar beet cossettes by pulsed electric field. Journal of Food Engineering, 59, 405-412.

[19] Salengke, S., Sastry, S.K., & Zhang, H.Q., 2012. Pulsed electric field technology: Modeling of electric field and temperature distribution within continuous flow PEF treatment chamber. International Food Research Journal, 19 (3):1137-1144.

[20] Asavasanti, S., Ersus, S., Ristenpart, W., Stroeve, P., & Barrett, D.M., 2010. Critical Electric Field Strength of Onion Tissue Treated by Pulsed Electric Fields. International Journal of Food Science, 75.

[21] Boussetta, N., Grimi, N., & Vorobiev, E., 2015. Pulsed Electrical Technologies Assisted Polyphenols Extraction from Agricultural Plants and Bioresources: A review. International Journal of Food Processing Technology, 2, No. 1.

[22] Lopez, N., Puertolas, E., Candon, S., Raso, J., & Alvarez, I., 2009. Enhancement of the solid-liquid extraction of sucrose from sugar beet (Beta vulgaris) by pulsed electric field. LWT-Food Science and Technology, 42, 1674-1680.

[23] Ngadi, M.O., Bazhal, M.I., Raghavan, G.D.V., Stroeve, P., & Barrett, D.M., 2003. Engineering aspect of pulsed Electroplasmolysis of Vegetable Tissue. Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development. Invited Overview Paper, 5.

[24] Grimi, N., Praporscic, I., Lebvoka, N., & Vorobiev, E., 2007. Selective extraction from carrot slices by pressing and washing enhanced by pulsed electric fields. Separation and Purification Technology, 58, 267-273.

[25] Mhmedi, H., Almohammed, F., Bals, O., Grimi, N., & Vorobiev, E., 2014. Alternative Pressing/Ultrafilteration Process for Sugar Beet Volarization:Impact of Pulsed Electric Field and Cossettes Preheating on the Qualitative Characteristic of Juice . Journal of Food and Bioproduct Processing, 7, 795-805.

[26] Bazhal, M. I., et al., 2001. Pulsed Electric Field Treatment of Apple Tissue During Compression for Juice Extraction. Journal of Food Engineering, 50(3): 129-139.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

Improvement the process of extracting sucrose from sugar beet by strong pulsed electric fields method and compare it with the thermal process

Salehi, M. A. [1], Omidvari, A. [2 *]

1. Assistant prof, Department of Chemical Engineering, Guilan University, Rasht, Iran
2. Msc, Department of Chemical Engineering,Guilan University , Rasht, Iran

(Received: 2015/11/02 Accepted: 2016/04/03)

In this research, using technology of pulsed electric field, effect parameters of strong pulsed electric field (PEF) as a non-thermal method for extracting sugar from sugar beet and friendly environment, under different conditions treated include parameters field strength (3.5 -14, kV / cm) and the number of pulses (pulse 150-40) on the mass transfer process (Brix and conductivity) as an alternative to the traditional method of heating is studied. In this way taken during the beets in a double cell filled with distilled water solvent by two electrodes made of marine grade stainless steel surrounded by an electric field pulse to help put the power supply voltage with pulse generator applied and the results were recorded. Assessing these parameters in the extraction process showed higher levels of field strength and pulse, Brix and conductivity significantly increased compared to control. The effect of strong pulsed electric field (the field strength, 7 kV / cm and 100 pulses) on the mass and energy consumption compared to thermal treatments were evaluated. Results of statistical analysis showed a significant decrease in the temperature and time of a pulsed electric field in the heat treatment with the same extraction efficiency. In addition, almost 13 times the amount of energy used in the process of thermal energy is required for pulsed electric field. The rate of mass transfer in heat treatment compared to the pulsed method showed higher values.

Keywords: Extraction, Thermal treatmen, Pulsed Electric Fields, Sugar bee

*Corresponding Author E-Mail Address: a.omidvary@yahoo.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]