



همبستگی بین خصوصیات فروکتان استخراج شده از غده سریش با استفاده از امواج فراصوت

امیر پورفرزاد^{*}، محمد باقر حبیبی نجفی، محمد حسین حداد خداپرست
دانشگاه فردوسی مشهد، گروه علوم و صنایع غذایی، amir.pourfarzad@gmail.com

چکیده:

گیاه سریش از دیر باز در امور صنعتی و طب سنتی استفاده می شده و یکی از منابع ارزشمند فروکتان به شمار می رود. در این پژوهش از طرح باکس بنکن به منظور بررسی تأثیر زمان، دمای استخراج و شدت صوت بر راندمان استخراج فروکتان، درجه خلوص و درجه پلیمریزاسیون فروکتان استخراج شده از سریش و بهینه سازی فرایند استخراج با استفاده از امواج فراصوت، استفاده گردید. به منظور تجزیه و تحلیل شرایط استخراج، همبستگی بین خصوصیات فروکتان استخراج شده مورد بررسی قرار گرفت. هر سه پارامتر زمان، دمای استخراج و نیز شدت صوت موجب افزایش راندمان استخراج تیمارها شده اند. در میان خصوصیات مورد بررسی در استخراج فروکتان سریش، بازده استخراج دارای بیشترین همبستگی با سایر پارامترها بود. نتایج نشان داد که ضرایب همبستگی و آنالیز مولفه های اصلی، قادر به استخراج اطلاعات مناسب و مفیدی هستند و روش آسان و امیدبخشی برای تفسیر نتایج بین تیمارها و خواص فروکتان استخراجی، ارائه می دهند.

واژه های کلیدی: استخراج، امواج فراصوت، روش سطح پاسخ، سریش، فروکتان.

۱- مقدمه:

روند تحقیقات تغذیه ای موجب شده است تا عرضه و مصرف غذاهای سلامتی را رشد فزاینده ای داشته باشد که به دلیل حضور ترکیبات موثر بر فعالیت های بدن، موجب سلامتی و کاهش ابتلا به بیماری ها می گردند. مصرف کنندگان امروزه بیشتر نگران سلامتی خود هستند و تمایل به خرید غذاهایی دارند که علاوه بر طعم خوب، کم کالری و کم چرب بوده و برای سلامتی سودمند باشند. بیماریهای قلبی و عروقی، سرطان، کلسترول بالا، وزن زیاد، پوکی استخوان و دیابت از بیماریهای شایع امروزی هستند. اینولین و الیگوفروکتوزها (فروکتان ها) در زمره غذاهای سلامتی^۱ بوده و می توانند بخشی از نیازهای صنعت غذا برای تولید غذاهای سالم را برآورده سازند (Roberfroid, 2002). فروکتان ها به عنوان محصول اصلی صنعت پری بیوتیک ها، می تواند در پیشگیری از بیماریهای مذکور، اهمیت داشته باشد. فروکتان ها مخلوطی از بخش های فروکتوز هستند که توسط باندهای گلیکوزیدی $\beta(1\rightarrow2)$ و $\beta(2\rightarrow6)$ به هم متصل شده اند و معمولا یک گلوکز داخلی یا انتهایی در ساختار خطی یا شاخه ای آنها وجود دارد. اینولین ها انواعی از فروکتان ها هستند که عموماً دارای باندهای $\beta(1\rightarrow2)$ ، ساختار خطی و یک بخش گلوکز در ابتدای زنجیره (غیرالزامی) هستند. گلوکوپیرانوزیل فروکتوز و فروکتوپیرانوزیل فروکتوز مخلوطی از الیگومرها و پلیمرها هستند که توسط درجه پلیمریزاسیون خود، بهتر مشخص می شوند. هر چند نامگذاری در این حوزه می تواند گیج کننده باشد اما فروکتان های با زنجیره کوتاه ۲-۹ واحدی را فروکتوالیگوساکارید یا الیگوفروکتوز می نامند در حالی که فروکتان های با طول زنجیره بلندتر از ۱۰ واحد، اینولین نامیده می شوند. در این پژوهش، واژه فروکتان به مجموع فروکتوالیگوساکارید و اینولین بر می گردد (Roberfroid, 2002, Muir et al., 2007). فروکتان ها به علت وجود باندهای گلیکوزیدی $\beta(1\rightarrow2)$ در ساختارشان، در برابر هضم در بخش بالایی دستگاه گوارش مقاومت می کنند اما به مقدار کمی نیز در روده بزرگ تخمیر می شوند. بنابراین در دسته الیگوساکاریدهای غیر قابل هضم^۲ و نیز فیبرهای رژیمی محلول در آب قرار دارند. اما به علت خصوصیات تخمیری خاصشان، خصوصیات متفاوتی نسبت به سایر فیبرهای رژیمی نشان می دهند. بنابراین، نقش خود را در یک رژیم غذایی متعادل، ممکن است از طریق افزایش مقدار فیبر، بهبود تنوع منابع فیبری، از طریق تأثیر بر عملکردهای گوارشی (ترکیب فلور داخلی، عملکردهای مخاطی، فعالیت های غدد ترشحی، جذب مواد معدنی و ...) و حتی نقش های سیستمی (مخصوصاً تنظیم لیپیدی و عملکردهای ایمنی) و نیز با کاهش خطر بیماری های مختلف ایفا می کنند (Roberfroid, 2007, Gibson et al., 1995).

سریش (*Eremurus spectabilis*) متعلق به خانواده لاله^۳ می باشد. این گیاه پایا، دارای ریشه های فیبری و کلفت، استوانه ای، گوشتی و بسیار طویل می باشد. ساقه آن بلند و به طول ۸۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر، بصورت منفرد نسبتاً ضخیم و محکم و بدون برگ می باشد. برگها از طوقه منشعب شده و به رنگ سبز مایل به خاکستری، بصورت سرنیزه ای و کشیده و به طول ۳۰ تا ۴۰ و عرض ۱ تا ۱/۲ سانتیمتر دیده می شود. گل آن زرد فام، مجتمع در خوشه های ساده و متراکم به طول ۱۰ تا ۳۰ سانتیمتر است. براکنه های گیاه سه نیزه ای، شامل نوک بلند مژکدار و بلندتر از دمگل می باشد. تقسیمات گلپوش خطی - پهن دراز بوده که در هنگام شکوفایی برگشته و لوله شده است. میله پرچم ها دو بار بلندتر از گلپوش و کپسول کروی و چین

¹ Functional foods

² Non -digestible oligosaccharide

³ Liliaceae



خورده می باشد. گلپای زردآن از اوایل خرداد ظاهر و بتدریج سفید مایل به زرد میگردد. ظهور گیاه عموماً اواخر فروردین انجام شده، گلپای سریش اواخر اردیبهشت و خرداد ظاهر و بلافاصله بذر تشکیل می گردد. زمان بهره برداری از گیاهان سریش از نیمه دوم خرداد شروع و تا دو ماه ادامه دارد (Brayan, 1989, Brickell, 1996, Crockett, 1972). پراکندگی جغرافیایی آن به طور عمده در جنوب آسیا از ترکیه و فلسطین تا حداکثر آسیای میانه، شامل کشورهای ترکیه، فلسطین، لبنان، سوریه، عراق، غرب پاکستان، افغانستان، ایران و قفقاز می باشد. در ایران نیز در مناطقی مانند خراسان، مریوان، دماوند، خمین، اراک، دشت کرج و کرمانشاه قابل رویش می باشد (Dashti et al., 2005). گیاه سریش از جمله گیاهانی می باشد که از قدیم الایام در امور صنعتی و مصارف خوراکی استفاده می شده است. از دانه‌های این گیاه، روغنی گرفته می‌شود که در بعضی از تصلب‌های شریانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از برگ‌های این گیاه به عنوان سبزی خوردنی و از ریشه‌های این گیاه که به صورت غدد پنجه‌ای است به عنوان چسب استفاده می‌شود. ریشه این گیاه گرم و خشک است و برای یرقان، ناراحتی‌های کبدی، خشونت خلق و ناراحتی‌های معده از آن استفاده می‌کنند. از ریشه این گیاه جوشانده غلیظی درست می‌کنند که برای درمان جوش‌ها بسیار مفید می‌باشد زیرا خاصیت ضدعفونی کننده دارد. همچنین، سریش قاعده آور است و باعث تسریع در جوش خوردن استخوان‌های شکسته می‌شود (Rubin, 2002). با توجه به اهمیت تغذیه‌ای اینولین، تولید و کاربرد روز افزون آن در سطح جهانی، همچنین وجود گیاهان متنوع غنی از اینولین در سطح وسیعی از کشور، متأسفانه بدلیل صرف هزینه بالا جهت خرید و وارد کردن این ماده در حوزه صنایع غذایی، این ماده در صنعت داخلی کماکان ناشناخته باقی مانده است.

خلاصه عبارتست از تشکیل، رشد و تخریب حباب‌ها در مایعات توسط امواج فراصوت. مقالات زیادی در مورد استخراج مواد مختلف به کمک امواج فراصوت، منتشر شده است (Hromadkova et al., 2002, Toma et al., 2001, Vinatoru, 2001). مهمترین اثرات مثبت این استخراج‌ها، راندمان بالا و کاهش زمان استخراج است. مهمترین مکانیسم ارائه شده برای این رفتارها، تشدید انتقال جرم و دسترسی راحت تر حلال به محتویات سلول می باشد. بعلاوه، تخریب حباب در نزدیک دیواره سلولی می تواند منجر به تخریب سلول و رهائش محتویات آن به داخل محیط استخراج گردد (Mason et al., 1994, DeMaggio et al., 1964, Moulton et al., 1982).

در این راستا، این پژوهش با هدف بهینه یابی شرایط استخراج فروکتان های گیاه سریش به کمک امواج فراصوت و با استفاده از روش سطح پاسخ، طراحی گردید. بررسی ضرایب همبستگی بین خصوصیات فروکتان استخراج شده و نیز آنالیز مولفه های اصلی، به تجزیه و تحلیل شرایط استخراج کمک خواهند نمود.

۲- مواد و روش ها:

۲-۱- مواد

آرد پودر ریشه سریش محصول استان خراسان از یک مغازه عطاری در مشهد تهیه شد. بدین منظور، پودر مورد نیاز برای انجام آزمایشات یکجا تهیه، اندازه ذرات آن با استفاده از الک با مش ۵۰ میکرومتر تنظیم و در مکانی خشک و خنک نگهداری گردید. سایر مواد مورد استفاده در این پژوهش شامل معرف دی نیترو سالیسیلیک اسید، فنول کریستاله، تارتارات مضاعف سدیم و پتاسیم، دی فروکتوز و اسید سولفوریک ۹۶٪ از شرکت مرک آلمان خریداری گردید.

۲-۲- روش ها

۲-۲-۱- استخراج فروکتان با اعمال فراصوت

پس از بدست آوردن شرایط بهینه استخراج آبی توسط روش سطح پاسخ، نمونه های سریش تحت تیمار فراصوت در زمان، دما و شدت های صوتی مختلف قرار گرفتند. در این پژوهش از حمام فراصوت^۴ (فرکانس ۲۵ کیلوهرتز و توان ۵۰۰ وات) استفاده گردید. جهت استخراج عصاره ی سریش، ابتدا مقدار مشخص از پودر سریش را با مقادیر مشخص آب مقطر تحت شرایط بهینه نسبت آب به ماده جامد (۵۰:۱) مخلوط نموده، سپس مخلوط تحت تیمارهای شدت فراصوت در دما و زمان مشخص، مطابق با جدول ۱ قرار گرفت. مخلوط تیمار شده را توسط پارچه کتان صاف نموده و جداسازی ذرات معلق موجود در محلول زیرصافی، توسط دستگاه سانتریفوژ^۵ در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد با سرعت ۴۵۰۰ ×g به مدت ۱۰ دقیقه انجام گرفت. پس از محاسبه حجم عصاره استخراجی، ۱ میلی لیتر از محلول رویی را برداشته و در بالن ژوژه به حجم ۱۰۰ رسانده و از این محلول، جهت عملیات بعدی استفاده نمودیم.

۲-۲-۲- اندازه گیری قند کل

برای اندازه گیری کربوهیدرات کل موجود در نمونه ها، از روش فنول - سولفوریک اسید استفاده شد. ابتدا به ۱ میلی لیتر نمونه، ۱ میلی لیتر محلول فنول ۵ درصد، افزوده شد. سپس ۵ میلی لیتر اسید سولفوریک ۹۶ درصد به نمونه ها افزوده شد. بعد از قرار دادن مخلوط مذکور در بن ماری^۶ با دمای ۳۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰ دقیقه، جذب آن با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر^۷ در طول موج ۴۹۰ نانومتر اندازه گیری شد. در این روش از

^۴ Ultrasonix OS 280R, Schuder Schal GmbH & Co., KG, Germany.

^۵ Sigma centrifuge, model 4-16KS, Osterede, Germany.

^۶ Memmert water bath, model WB/0B7-45, Schwabach, Germany.

^۷ UV/Vis spectrophotometer WPA Lightwave S2000, England.



فروکتوز به عنوان استاندارد استفاده شد. منحنی استاندارد رسم شده و میزان قند کل موجود در نمونه از روی منحنی استاندارد تعیین گردید (Paseephol et al., 2007, Dubois et al., 1956).

۲-۲-۳- اندازه گیری قند احیا کننده

برای اندازه گیری قند احیاء کننده موجود در نمونه ها، از معرف اسید دی نیتروسالیسیلیک استفاده شد و مقدار قند احیا کننده نمونه ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۷۵ نانومتر و با استفاده از استاندارد فروکتوز بر اساس روش Miller (1959) اندازه گیری شد.

۲-۲-۴- اندازه گیری مقدار و بازده استخراج فروکتان

برای اندازه گیری مقدار فروکتان موجود در نمونه های سریش، میزان قند احیاء محاسبه شده از میزان قند کل بدست آمده کسر گردید. بازده استخراج فروکتان نیز از طریق فرمول زیر محاسبه شد (Lingyun et al., 2007):

$$100 \times [\text{مقدار پودر سریش} / (\text{مقدار فروکتان} \times \text{حجم عصاره استخراجی})] = \text{بازده استخراج فروکتان} (\%)$$

۲-۲-۵- طرح آماری و روش آنالیز نتایج

در این پژوهش به منظور مطالعه تاثیر امواج فراصوت بر فرآیند استخراج فروکتان از سریش، از طرح باکس بنکن^۸ برای پارامترهای استخراج شامل دما و زمان استخراج و نیز شدت صوت با حدود مشخص بالا و پائین استفاده شد. این طرح شامل سه متغیر مستقل در سه سطح و سه تکرار بود. سطوح متغیرهای مستقل و کدهای مربوطه در جدول ۱ و تیمارهای حاصل در جدول ۲ ذکر شده اند. برای طراحی آزمایش و آنالیز نتایج از نرم افزار دیزاین اکسپرت (نسخه ۶) استفاده گردید.

جدول ۱- سطوح متغیرهای مستقل و کدهای مربوطه.

متغیر مستقل	نماد	کد و سطح مربوطه		
		-۱	۰	+۱
زمان (دقیقه)	A	۵	۲۲/۵	۴۰
دما (درجه سانتیگراد)	B	۳۰	۵۰	۷۰
شدت صوت (درصد)	C	۲۰	۶۰	۱۰۰

بدین منظور معادلات ریاضی درجه دوم کامل با استفاده از آنالیز رگرسیون گام به گام پس رونده^۹ بر روی متغیرهای وابسته برازش شدند. برای نشان دادن رابطه هر یک از متغیرهای وابسته در مدل رگرسیون با متغیرهای مستقل، نمودار سطوح^{۱۰} آنها به وسیله این نرم افزار ترسیم شدند. به منظور ارزیابی صحت مدل های برازش داده شده، آزمون ضعف برازش^{۱۱}، ضریب تغییرات^{۱۲}، مقادیر R^2 (adj)^{۱۳}، مدل و P ضرایب تعیین شدند. تایید کارایی بهترین فرمول ارائه شده توسط مدل نیز از طریق مقایسه نتایج حاصل از تولید آن با نتایج پیشگویی شده توسط مدل مورد بررسی قرار گرفت. تعیین ضرایب همبستگی بین تیمارها و خواص بدست آمده و نیز آنالیز مولفه های اصلی با استفاده از نرم افزار مینی تب نسخه ۱۵ انجام گردید.

۳- نتایج و بحث:

۳-۱- تاثیر پارامترهای استخراج بر راندمان

عبارت های معنی دار در معادله راندمان استخراج، شامل زمان، دما، شدت صوت و نیز مجذور آنها بودند. به منظور بدست آوردن مدل تجربی برای پیش بینی پاسخ، رابطه های خطی و چندجمله ای درجه دوم بر داده های بدست آمده از آزمایش برازش شدند. لذا عبارات بی معنی از معادله پیشگو حذف شدند و در نتیجه، روند تغییر بازده استخراج با توجه مولفه های استخراج و به صورت نمودار رویه پاسخ در شکل ۱ و معادله حاصل در جدول ۲، مشاهده می گردد. بررسی معادله بدست آمده برای بازده استخراج نشان می دهد که معادله حاصل، از R^2 (adj) و R^2 متناسب، بالا و بسیار معنی داری ($p \leq 0/001$) برای پیشگویی آن برخوردار است. آزمون ضعف برازش آن بی معنی ($p \leq 0/05$) و ضریب تغییرات آن نیز پائین می باشد که نشان دهنده مناسب بودن مدل ارائه شده است.

بررسی نتایج نشان می دهد که دمای استخراج در مقایسه با سایر پارامترهای استخراج، تاثیر بیشتری بر راندمان استخراج فروکتان دارد. به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که زمان، دمای استخراج و نیز شدت صوت موجب افزایش معنی دار راندمان استخراج تیمارها شده اند. همچنین با در نظر گرفتن معنی داری عبارت درجه دوم پارامتر زمان مشخص می گردد که با افزایش زمان استخراج تا دقیقه ۲۲، بازده استخراج فروکتان های سریش

⁸ - Box-Behnken

⁹ - Backward multiple stepwise regression

¹⁰ - Surface Plot

¹¹ - Lack of fit

¹² - Coefficient of Variation (CV)

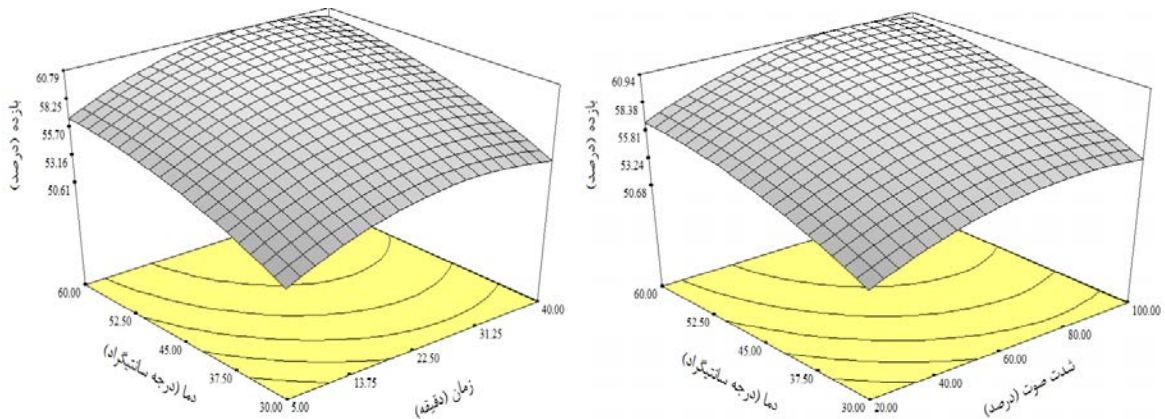
¹³ - R square

¹⁴ - R square (adj)

¹⁵ - P Value



افزایش و پس از آن، کاهش می یابد. محققان مختلفی نیز روند مشابهی در استخراج اینولین، پکتین و صمغ گزارش نمودند و آن را به تخریب ساختار با افزایش زمان نسبت داده و زمان کوتاه را برای استخراج، پیشنهاد نمودند (Rezzoug et al., 2008, Sepúlveda et al., 2007).



شکل ۱- نمودار رویه پاسخ بازده استخراج فروکتان از پودر سریش.

افزایش راندمان با افزایش دما احتمالاً به دلیل بهبود انتقال جرم در نتیجه افزایش حلالیت فروکتان ها و کاهش ویسکوزیته حلال است؛ بعلاوه افزایش دمای استخراج می تواند سبب شتاب دهی تبخیر حلال و افزایش هزینه های تامین انرژی و تقویت استخراج ناخالصی ها و مواد زاید گردد. معنی داری عبارت درجه دوم پارامتر دما نشان می دهد که روند بازده استخراج در دماهای بالاتر از ۶۰ درجه سانتیگراد به صورت کاهشی خواهد بود. این پدیده که در پژوهش های متعددی گزارش گردیده است، احتمالاً در اثر کاهش تعداد حباب های کائوتاسیون تولید شده توسط امواج فراصوت و همچنین افزایش دپلمیریزاسیون اینولین به قندهای آزاد در اثر افزایش دما بود (Tungland et al., 2002, Li et al., 2007, Milani et al., 2011). تاثیر شدت امواج فراصوت بر استخراج اینولین و صمغ توسط محققان مختلفی گزارش گردیده است که افزایش بازده ناشی از آن را با افزایش تخریب دیواره های سلولی و در نتیجه خروج و دسترسی بیشتر این مواد مرتبط دانسته اند. از سوی دیگر، بازده استخراج در شدت های صوتی بالاتر از ۸۰ درصد کاهش یافت که این روند کاهشی با توجه به معنی داری عبارت درجه دوم شدت صوت مشخص است. لذا به دلیل شکسته شدن ساختاری زنجیره فروکتان در اثر شدت های صوتی بالاتر از ۸۰ درصد، استفاده از شدت های صوتی بالاتر از این حد توصیه نمی گردد (Lingyun et al., 2007, Milani et al., 2011).

جدول ۲، مدل درجه دوم کاسته پیشگو برای بازده استخراج فروکتان با استفاده از امواج فراصوت^a

پاسخ	ضرایب ^b										R ²	R ² (adj)	احتمال ضعف برازش	ضریب پراکندگی
	مدل	A	B	C	A ²	B ²	C ²	AB	AC	BC				
بازده =	۲۶/۰۳۴*	۰/۴۲۲	۰/۶۷۲**	۰/۱۹۲	-۰/۰۰۷	-۰/۰۰۵	-۰/۰۰۱	ns	ns	ns	۰/۱۸۵۴	۰/۱۷۶۶	۰/۱۷۶۳	۳/۱۲

^a زمان (A)، دما (B) و شدت صوت (C)؛ ^b بدون ستاره (p ≤ ۰/۰۵)، یک ستاره (p ≤ ۰/۰۱)، دو ستاره (p ≤ ۰/۰۰۱)، ns در سطح ۹۵ درصد معنی دار نمی باشد.

۳-۲- بهینه سازی

بهینه سازی استخراج فروکتان های سریش با استفاده از امواج فراصوت، به منظور حصول حداکثر بازده انجام شد. نتایج نشان داد، در صورتی که زمان استخراج ۲۹/۳۱ دقیقه، دمای استخراج ۶۰ درجه سانتیگراد و شدت صوت ۸۰/۰۴ درصد باشد، بیشترین بازده استخراج حاصل می گردد. در این شرایط قند کل، ۷۲/۹۴ درصد؛ قند احیاکننده، ۱۱/۶۷؛ بازده استخراج، ۶۱/۲۸ درصد خواهد بود. مقایسه ی مقادیر مشاهده شده با مقادیر پیش بینی شده تطابق نزدیک این اعداد را نشان می دهد؛ این امر نشان دهنده ی همبستگی بسیار خوب بین نتایج به دست آمده با روش تجربی و مقادیر پیش بینی شده با روش آماری است.

۳-۳- همبستگی بین تیمارها و خصوصیات فروکتان استخراجی

ضرایب همبستگی بین پارامترهای استخراج و خصوصیات فروکتان استخراج شده با استفاده از امواج فراصوت در جدول ۳ نشان داده شده است. همانطور که نتایج نشان می دهد، بیشترین همبستگی بین تیمارهای استخراج و خصوصیات فروکتان استخراجی مربوط به دما بود. از سویی، بیشترین همبستگی خصوصیات فروکتان استخراجی با تیمارها و سایر خصوصیات مربوط به بازده استخراج بود.

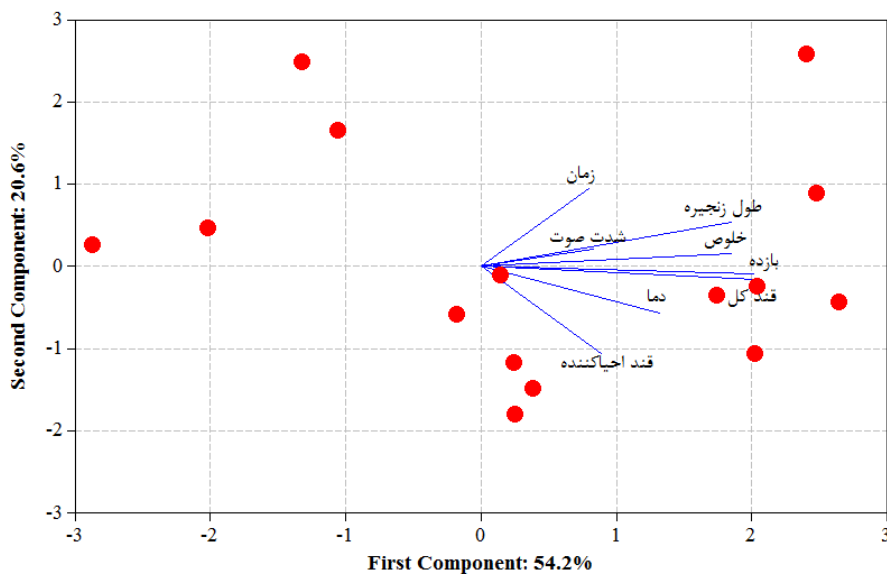


جدول ۳، ضرایب همبستگی بین پارامترهای استخراج و خصوصیات فروکتان استخراج شده با استفاده از امواج فراصوت

طول زنجیره	بازده	قند احیاکننده	قند کل	شدت صوت	دما	زمان	همبستگی	دما
							۰	همبستگی
							۱	احتمال
							۰	شدت صوت
							۱	احتمال
					۰/۳۵۸	۰/۲۸۴	۰/۵۸	همبستگی
					۰/۱۵۹	۰/۲۶۹	۰/۱۵	احتمال
					۰/۵۶۶	-۰/۳۲۲	۰/۴۸	همبستگی
					۰/۰۱۸	۰/۲۰۷	۰/۹۱۹	احتمال
					۰/۵۱۲	۰/۳۴۳	۰/۹۶۷	همبستگی
					۰/۰۳۶	۰/۱۷۷	۰	احتمال
					۰/۸۱۴	۰/۵۷۲	-۰/۰۰۷	همبستگی
					۰	۰/۰۱۶	۰/۹۷۹	احتمال
					۰/۸۵۵	۰/۳۳۱	۰/۲۱۳	همبستگی
					۰	۰/۱۹۵	۰/۴۱۲	احتمال
					۰/۲۶۱	۰/۳۳۱	۰/۸۲۶	همبستگی
					۰/۳۷۵	۰/۳۳۱	۰/۹۷۹	احتمال
					۰/۱۳۸	۰/۳۳۱	۰/۰۹۷	همبستگی
					۰/۱۳۸	۰/۳۳۱	۰/۱۳۸	احتمال
					۰/۳۷۵	۰/۳۳۱	۰/۳۷۵	همبستگی
					۰/۳۷۵	۰/۳۳۱	۰/۳۷۵	احتمال

۳-۳- آنالیز مولفه های اصلی

داده های مربوط به تیمارها و خصوصیات فروکتان استخراجی از طریق آنالیز مولفه های اصلی مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۲). نتایج نشان داد که دو مولفه اصلی در مجموع، ۷۴/۹٪ از تغییر پذیری کل را تحت پوشش قرار دادند. مولفه اول، ۵۴/۲٪ و مولفه دوم، ۲۰/۶٪ از تغییر پذیری کل را شرح می دهند. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می گردد، تمامی تیمارها و خصوصیات فروکتان استخراجی، مخصوصا بازده و قند کل، با مولفه اول همبستگی مثبت و بالایی دارند. زمان، شدت صوت، طول زنجیره و درجه خلوص همبستگی مثبتی با مولفه دوم داشتند در حالی که بازده، قند کل، دما و قند احیاکننده همبستگی منفی با مولفه دوم از خود نشان دادند.



شکل ۲- آنالیز اجزاء اصلی فرآیند استخراج فروکتان از پودر سریش با استفاده از امواج فراصوت.

۴- نتیجه گیری کلی

آنالیز رویه پاسخ مربوط به طرح بکس بنکن با سه متغیر مستقل شامل زمان و دمای استخراج و شدت صوت به عنوان پارامترهای موثر بر استخراج فروکتان های پودر ریشه گیاه سریش با استفاده از امواج فراصوت به انجام رسید. نتایج به دست آمده حاکی از آن بودند که متدولوژی رویه پاسخ را می توان به خوبی در ارزیابی بازده این فرآیند استخراج، به کار برد. هر سه پارامتر زمان، دمای استخراج و نیز شدت صوت موجب افزایش راندمان استخراج تیمارها شده اند. مشخص گردید که از میان این پارامترها، دما تاثیر بیشتری بر راندمان استخراج داشته است و زمان استخراج و شدت صوت



نسبت به دما، شدت تاثیر کمتری داشته اند. نتایج نشان داد که ضرایب همبستگی و آنالیز مولفه های اصلی، قادر به استخراج اطلاعات مناسب و مفیدی هستند و روش آسان و امیدبخشی برای تفسیر نتایج بین تیمارها و خواص فروکتان استخراجی از سریش ارائه می دهند.

منابع:

- Brayan, C. 1989. *Bulbs*, Timber press, Portland, Oregon., 101-107.
- Brickell, C. 1996. *Encyclopedia of garden plants*, Dorling Kindersley limited, London.
- Crockett, J. U. 1972. *The Time-Life encyclopedia of gardening*, Time-Life Books, USA.
- Dashti, M., Tavakoli, H., Zarif Ketabi, H. & Paryab, A. 2005. Ecological requirements of plant of *Eremurus (Eremurus spectabilis M.B.)* in Khorasan province. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 12, 153-165 [in persian language.]
- DeMaggio, A. E. & Lott, J. A. 1964. Application of ultrasound for increasing alkaloid yield from *Datura stramonium*. *Journal of pharmaceutical sciences*, 53, 945-949.
- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A. & Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28, 350-356.
- Gibson, G. R., Beatty, E. R., Wang, X. & Cummings, J. H. 1995. Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by oligofructose and inulin. *Gastroenterology*, 108, 975-982.
- Hromadkova, Z., Ebringerova, A. & Valachovič, P. 2002. Ultrasound-assisted extraction of water-soluble polysaccharides from the roots of valerian (*Valeriana officinalis L.*). *Ultrasonics Sonochemistry*, 9, 37-44.
- Li, J.-w., Ding, S.-d. & Ding, X.-l. 2007. Optimization of the ultrasonically assisted extraction of polysaccharides from *Zizyphus jujuba cv. jinsixiaozao*. *Journal of Food Engineering*, 80, 176-183.
- Lingyun, W., Jianhua, W., Xiaodong, Z. & Yalin, F. 2007. Studies on the extracting technical conditions of inulin from Jerusalem artichoke tubers. *Journal of Food Engineering*, 79, 1087-1093.
- Mason, T. J. & Zhao, Y. 1994. Enhanced extraction of tea solids using ultrasound. *Ultrasonics*, 32, 375-377.
- Milani, E., Koocheki, A. & Golimovahhed, Q. A. 2011. Extraction of inulin from Burdock root (*Arctium lappa*) using high intensity ultrasound. *International Journal of Food Science & Technology*, 46, 1699-1704.
- Miller, G. L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, 31.۴۲۸-۴۲۰ ,
- Moulton, K. & Wang, L. 1982. A Pilot-Plant Study of Continuous Ultrasonic Extraction of Soybean Protein. *Journal of food science*, 47, 1127-1129.
- Muir, J. G., Shepherd, S. J., Rosella, O., Rose, R., Barrett, J. S. & Gibson, P. R. 2007. Fructan and free fructose content of common Australian vegetables and fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 6619-6627.
- Paseephol, T., Small, D. & Sherkat, F. 2007. Process optimisation for fractionating Jerusalem artichoke fructans with ethanol using response surface methodology. *Food Chemistry*, 104, 73-80.
- Rezzoug, S.-A., Maache-Rezzoug, Z., Sannier, F. & Allaf, K. 2008. A Thermomechanical Preprocessing for Pectin Isolation from Orange Peel with Optimisation by Response Surface Methodology. *International Journal of Food Engineering*, 4, [online]
- Roberfroid, M. B. 2002. Functional foods: concepts and application to inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition*, 87, 139-144.
- Roberfroid, M. B. 2007. Inulin-type fructans: functional food ingredients. *The Journal of nutrition*, 137, 2493S-2502S.
- Rubin, R. 2002. The Melagria: on anchorites and edible roots in Judaeen Desert. *Liber Annuus*, 52, 347-352.
- Sepúlveda, E., Sáenz, C., Aliaga, E. & Aceituno, C. 2007. Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia spp.* *Journal of Arid Environments*, 68, 534-545.
- Toma, M., Vinatoru, M., Paniwnyk, L. & Mason, T. 2001. Investigation of the effects of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 8, 137-142.
- Tungland, B. & Meyer, D. 2002. Nondigestible Oligo- and Polysaccharides (Dietary Fiber): Their Physiology and Role in Human Health and Food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 1, 90-109.
- Vinatoru, M. 2001. An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. *Ultrasonics Sonochemistry*, 8, 303-313.

