

## کارایی امواج فراصوت در استخراج فروکتان از غده سریش (*Eremurus spectabilis*) با استفاده از طرح باکس بنکن

امیر پورفرزاد<sup>1</sup>، محمد حسین حداد خداپرست<sup>2</sup>، محمد باقر حبیبی نجفی<sup>2</sup>، محمد حسن زاده خیاط<sup>3</sup>

1- دانشجوی دکتری گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد  
\* نویسنده مسئول (amir.pourfarzad@gmail.com)

2- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

3- استاد گروه شیمی دارویی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد

### چکیده

تاریخ دریافت: 92/01/31

تاریخ پذیرش: 92/07/01

### واژه‌های کلیدی

استخراج

امواج فراصوت

روش سطح پاسخ

سریش

فروکتان

فروکتان به علت دارا بودن ویژگی‌های مفید تغذیه‌ای و عملکردی به طور گسترده‌ای در جهان مورد استفاده می‌باشد. گیاه سریش از جمله گیاهانی می‌باشد که از دیر باز در امور صنعتی و طب سنتی استفاده می‌شده و یکی از منابع ارزشمند فروکتان به شمار می‌رود. اما همچنان اطلاعات کمی در مورد نحوه استخراج فروکتان از این گیاه، موجود است. استخراج به کمک امواج فراصوت یکی از مهمترین روش‌های استحصال ترکیبات ارزشمند از منابع گیاهی است و در مقیاس صنعتی و آزمایشگاهی قابل اجرا می‌باشد. در این تحقیق از طرح باکس بنکن به منظور بررسی تأثیر زمان (5-40 دقیقه)، دمای استخراج (30-70 درجه سانتی‌گراد) و شدت صوت (20-100 درصد) بر راندمان استخراج فروکتان از سریش و بهینه‌سازی فرایند استخراج با استفاده از امواج فراصوت استفاده گردید. برای توصیف بازده استخراج از یک مدل درجه دوم استفاده و کارایی آن مورد تأیید قرار گرفت. سپس، مدل به دست آمده جهت یافتن شرایط بهینه اثر متقابل فاکتورها و برآورد بهترین شرایط فرایند با بیشترین بازده استخراج استفاده گردید. نتایج نشان داد در صورتی که زمان استخراج 29/31 دقیقه، دمای استخراج 60 درجه سانتی‌گراد و شدت صوت 80/04 درصد باشد، بیشترین بازده استخراج حاصل می‌گردد.

### مقدمه

برای سلامتی سودمند باشند. بیماری‌های قلبی و عروقی، سرطان، کلسترول بالا، وزن زیاد، پوکی استخوان و دیابت از بیماری‌های شایع امروز هستند. اینولین و الیگوفروکتوزها (فروکتان‌ها) در زمره غذاهای عملگرا<sup>1</sup> بوده و می‌توانند نیازهای صنعت غذا برای تولید غذاهای سالم را برآورده سازند. بر این اساس تصور می‌شود مصرف ترکیبات پری‌بیوتیک نظیر

در ادامه پیشرفت‌های تغذیه‌ای، محدوده وسیعی از غذاها در حال و آینده شامل غذاهای عملگرا هستند و یا خواهند بود که به علت داشتن ترکیبات مؤثر بر فعالیت‌های بدن، موجب سلامتی و کاهش ابتلا به بیماری‌ها می‌گردند. امروزه مصرف کنندگان، نگران سلامتی خود هستند و تمایل به خرید غذاهایی دارند که علاوه بر طعم خوب، کم کالری و کم چرب بوده و

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؛ حاجبی، 1355). ریشه و غده‌های سریش از کربوهیدرات‌ها غنی‌اند که در میان آن‌ها قندها فراوان‌ترند. در مجموع مقدار قندی که به دست می‌آید از 14 تا 22 درصد تغییر می‌کند. عصاره حاصل از غده‌ها دارای سلولز است ولی عصاره و باقیمانده فاقد نشاسته است توده شربتی غلیظ با افزودن الکل و خشک کردن در گرمای ملایم به ماده‌ای جامد و ترد که بسیار جاذب رطوبت و چسبنده است، تبدیل می‌شود. در عصاره این گیاه مقدار کمی قند احیا شده (لوولوز)، سلولز، مواد عصاره‌ای، مواد آلبومینویدی، خاکستر و مواد معدنی وجود دارد اما جزء اصلی آن را اینولین تشکیل می‌دهد. پودر سریش محتوی 60 درصد اینولین، 20 درصد قند لوولوز و 20 درصد آب، خاکستر و مواد معدنی است (Rubin, 2002؛ حاجبی، 1355؛ خراسانی و همکاران، 1385). 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 به دلیل صرف هزینه بالا جهت خرید و وارد کردن این ماده در حوزه صنایع غذایی، این ماده در صنعت داخلی کماکان ناشناخته باقی مانده است. لذا بررسی امکان استخراج و بهینه سازی اینولین از ریشه گیاه سریش، گامی در جهت معرفی منابع جدید و بومی و نیز خودکفایی و بی‌نیاز شدن از واردات این محصول تلقی می‌گردد.

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 راحت‌تر حلال به محتویات سلول می‌باشد. بعلاوه، تخریب حباب در نزدیک دیواره

اینولین، می‌تواند در پیشگیری از بیماری‌های مذکور، اهمیت داشته باشد (Roberfroid, 2005). دانشمندان اینولین را در دسته الیگوساکاریدهای غیر قابل هضم<sup>1</sup> و نیز فیبرهای غذایی محلول در آب قرار داده‌اند. مطالعات مختلف نشان داده است رژیم حاوی  $\beta(2-1)$  فروکتان‌ها (نظیر اینولین و فروکتوالیگوساکارید) رشد بیفیدوباکتر و لاکتوباسیل‌ها را تحریک نموده و به صورت انتخابی از رشد ارگانیسیم‌های پاتوژن جلوگیری می‌کنند. افزون بر مطالب اخیر، اینولین، فیبر غذایی محلول و قابل تخمیری است که از طریق بهبود نظم، افزایش تناوب دفع و حجم مدفوع به بهبود عملکرد روده کمک می‌نماید (Gibson et al., 1995).

سریش (*Eremurus spectabilis*) متعلق به خانواده لاله<sup>2</sup> می‌باشد. این گیاه پایا، دارای ریشه‌های فیبری و کلفت، استوانه‌ای، گوشتی و بسیار طویل می‌باشد. ظهور گیاه عموماً اواخر فروردین انجام شده، گل‌های سریش اواخر اردیبهشت و خرداد ظاهر و بلافاصله بذر تشکیل می‌گردد. زمان بهره‌برداری از گیاهان سریش از نیمه دوم خرداد شروع و تا دو ماه ادامه دارد (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 می‌باشد. در ایران نیز در مناطقی مانند خراسان، مریوان، دماوند، خمین، اراک، دشت کرج و کرمانشاه قابل رویش می‌باشد (دشتی و همکاران، 1384). گیاه سریش از جمله گیاهانی می‌باشد که از قدیم الایام در امور صنعتی و مصارف خوراکی استفاده می‌شده 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 حلق و ناراحتی‌های معده از آن استفاده می‌کنند. از ریشه این گیاه جوشانده

1- Non digestible oligosaccharide  
2- Liliaceae

قرار گرفت. مخلوط تیمار شده را توسط پارچه کتان صاف نموده و جداسازی ذرات معلق موجود در محلول زیرصافی، توسط دستگاه سانتریفوژ<sup>2</sup> در دمای 25 درجه سانتی‌گراد با سرعت  $4500 \times g$  به مدت 10 دقیقه انجام گرفت (عباسی و فرزانه مهر، 1388). پس از محاسبه حجم عصاره استخراجی، 1 میلی‌لیتر از محلول رویی را برداشته و در بالن ژوژه به حجم 100 رسانده و از این محلول، جهت عملیات بعدی استفاده شد.

#### اندازه‌گیری قند کل

برای اندازه‌گیری کربوهیدرات کل موجود در نمونه‌ها، از روش فنول - سولفوریک اسید استفاده شد. ابتدا به 1 میلی‌لیتر نمونه، 1 میلی‌لیتر محلول فنول 5 درصد، افزوده شد. سپس 5 میلی‌لیتر اسید سولفوریک 96 درصد به نمونه‌ها افزوده شد. بعد از قرار دادن مخلوط مذکور در بن ماری<sup>3</sup> با دمای 30 درجه سانتی‌گراد به مدت 20 دقیقه، جذب آن با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر<sup>4</sup> در طول موج 490 نانومتر اندازه‌گیری شد. در این روش از فروکتوز به عنوان استاندارد استفاده شد. منحنی استاندارد رسم شده و میزان قند کل موجود در نمونه از روی منحنی استاندارد تعیین گردید (Pasephol *et al.*, 2007; Dubois *et al.*, 1956).

#### اندازه‌گیری قند احیا کننده

برای اندازه‌گیری قند احیا کننده موجود در نمونه‌ها، از معرف اسید دی نیتروسالیسیلیک استفاده شد و مقدار قند احیا کننده نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 575 نانومتر و با استفاده از استاندارد فروکتوز بر اساس روش Miller (1959) اندازه‌گیری شد.

سلولی می‌تواند منجر به تخریب سلول و رهایش محتویات آن به داخل محیط استخراج گردد (Mason and Zhao, 1994; DeMaggio and Lott, 1964; Moulton and Wang, 1982).

در این راستا، این پژوهش با هدف بهینه‌یابی شرایط استخراج فروکتان‌های گیاه سریش به کمک امواج فراصوت و با استفاده از روش سطح پاسخ، صورت پذیرفت.

#### مواد و روش‌ها

##### مواد

آرد پودر ریشه سریش محصول استان خراسان از یک مغازه عطاری در مشهد تهیه شد. بدین منظور، پودر مورد نیاز برای انجام آزمایشات یک جا تهیه، اندازه ذرات آن با استفاده از الک با مش 50 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 96 درصد از شرکت مرک آلمان خریداری گردید.

##### روش‌ها

#### استخراج فروکتان با اعمال فراصوت

پس از به دست آوردن شرایط بهینه استخراج آبی توسط روش سطح پاسخ، نمونه‌های سریش تحت تیمار فراصوت در زمان، دما و شدت‌های صوتی مختلف قرار گرفتند. در این پژوهش از حمام فراصوت<sup>1</sup> (فرکانس 25 کیلوهرتز و توان 500 وات) استفاده گردید. جهت استخراج عصاره‌ی سریش، ابتدا مقدار مشخص از پودر سریش را با مقادیر مشخص آب مقطر تحت شرایط بهینه نسبت آب به ماده جامد (50:1) مخلوط نموده، سپس مخلوط تحت تیمارهای شدت فراصوت در دما و زمان مشخص، مطابق با جدول 1

2-Sigma centrifuge, model 4-16KS, Osterede, Germany

3-Memmert water bath, model WB/0B7-45, Schwabach, Germany

4-UV/Vis spectrophotometer WPA Lightwave S2000, England

1-Ultrasonix OS 280R, Schuder Schal GmbH & Co., KG, Germany

## اندازه‌گیری مقدار و بازده استخراج فروکتان

برای اندازه‌گیری مقدار فروکتان موجود در نمونه‌های سریش، میزان قند احیای محاسبه شده از میزان قند کل به دست آمده کسر گردید. بازده استخراج فروکتان نیز از طریق فرمول زیر محاسبه شد (Lingyun et al., 2007):

رابطه (1)

= بازده استخراج فروکتان (درصد)

$$100 \times \frac{\text{مقدار فروکتان} \times \text{حجم عصاره استخراجی}}{\text{مقدار پودر سریش}}$$

## طرح آماری و روش آنالیز نتایج

در این پژوهش به منظور مطالعه تاثیر امواج فراصوت بر فرایند استخراج فروکتان از سریش، از طرح باکس بنکن<sup>1</sup> 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 1 و تیمارهای حاصل در جدول 2 ذکر شده‌اند. برای طراحی آزمایش و آنالیز نتایج از نرم افزار دیزاین اکسپرت (نسخه 6) استفاده گردید.

بدین منظور معادلات ریاضی درجه دوم کامل با استفاده از آنالیز رگرسیون گام به گام پس رونده<sup>2</sup> بر روی متغیرهای وابسته برازش شدند. برای نشان دادن رابطه هر یک از متغیرهای وابسته در مدل رگرسیون با متغیرهای مستقل، نمودار سطوح<sup>3</sup> آن‌ها به وسیله

این نرم‌افزار ترسیم شدند. به منظور ارزیابی صحت مدل‌های برازش داده شده، آزمون ضعف برازش<sup>4</sup>، ضریب تغییرات<sup>5</sup>، مقادیر  $R^2$  (adj)<sup>6</sup>،  $R^2$  مدل و  $P$ <sup>8</sup> 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.

## نتایج و بحث

## تاثیر پارامترهای استخراج بر راندمان

در جدول 3، آنالیز واریانس بازده استخراج فروکتان به کمک امواج فراصوت ملاحظه می‌گردد. عبارتهای معنی‌دار شامل زمان، دما، شدت صوت و نیز مجذور آن‌ها بودند. به منظور به دست آوردن مدل تجربی برای پیش‌بینی پاسخ، رابطه‌های خطی و چندجمله‌ای درجه دوم بر داده‌های به دست آمده از آزمایش برازش شدند. لذا عبارات بی‌معنی از معادله پیشگو حذف شدند و در نتیجه، روند تغییر بازده استخراج با توجه مولفه‌های استخراج و به صورت نمودار رویه پاسخ در شکل 1 و معادله حاصل در جدول 4، مشاهده می‌گردد. بررسی معادله به دست آمده برای بازده استخراج نشان می‌دهد که معادله حاصل، از  $R^2$  و  $R^2$  (adj) متناسب، بالا و بسیار معنی‌داری ( $p \leq 0/001$ ) برای پیشگویی آن برخوردار است. آزمون ضعف برازش آن بی‌معنی ( $P \leq 0/05$ ) و ضریب تغییرات آن نیز پائین می‌باشد که نشان دهنده مناسب بودن مدل ارائه شده است.

4- Lack of fit

5- Coefficient of Variation (CV)

6- R square

7- R square (adj)

8- P Value

1- Box-Behnken

2- Backward multiple stepwise regression

3- Surface Plot

جدول 1- سطوح متغیرهای مستقل و کدهای مربوطه

کد و سطح مربوطه			نماد	متغیر مستقل
-1	0	+1		
5	22/5	40	A	زمان (دقیقه)
30	50	70	B	دما (درجه سانتیگراد)
20	60	100	C	شدت صوت (درصد)

جدول 2 - تیمارهای تصادفی آزمایش در طرح باکس بنکن

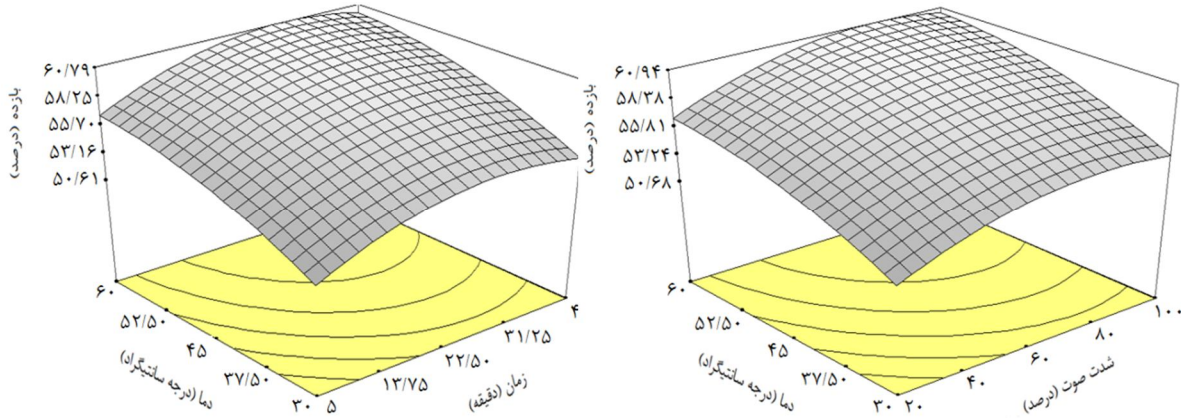
تیمار	زمان (دقیقه)	دما (درجه سانتیگراد)	شدت صوت (درصد)
1	5	50	100
2	40	30	60
3	5	70	60
4	22/5	50	60
5	22/5	70	20
6	40	50	20
7	40	70	60
8	5	30	60
9	22/5	70	100
10	22/5	50	60
11	22/5	50	60
12	22/5	30	100
13	5	50	20
14	22/5	50	60
15	22/5	30	20
16	40	50	100
17	22/5	50	60

جدول 3- آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ درجه دوم کاسته برای بازده استخراج فروکتان

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F احتمال	P احتمال
مدل	181/76	9	20/20	8/19	0/0056
A(زمان)	15/64	1	15/64	6/34	0/0399
B(دما)	69/28	1	69/28	28/09	0/0011
C(شدت صوت)	19/80	1	19/80	8/03	0/0253
A <sup>2</sup>	20/46	1	20/46	8/30	0/0236
B <sup>2</sup>	18/73	1	18/73	7/59	0/0283
C <sup>2</sup>	15/60	1	15/60	6/33	0/0401
AB	0	1	0	0	1
AC	0	1	0	0	1
BC	0	1	0	0	0
ضعف برازش	0/15	3	0/02	0/5	0/815
خطا	17/27	4	4/32		
کل	199/17	16			

با افزایش زمان استخراج تا دقیقه 22، بازده استخراج فروکتان‌های سریش افزایش و پس از آن، کاهش می‌یابد. 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).

بررسی جدول آنالیز واریانس (جدول 3) نشان می‌دهد 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 معنی‌دار راندمان استخراج تیمارها شده‌اند. همچنین با در نظر گرفتن معنی‌داری عبارت درجه دوم پارامتر زمان مشخص می‌گردد که



شکل 1- نمودار سطح پاسخ بازده استخراج فروکتان از پودر سریش

جدول 4- مدل درجه دوم کاسته پیشگو برای بازده استخراج فروکتان با استفاده از امواج فراصوت<sup>a</sup>

پاسخ	ضرایب <sup>b</sup>										R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> (adj)	احتمال ضعف برازش	ضریب پراکنندگی
	مدل	A	B	C	A <sup>2</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>2</sup>	AB	AC	BC				
بازده =	*26/034	0/422	**0/672	0/192	-0/007	-0/005	-0/001	ns	ns	ns	0/854	0/766	0/763	3/12

<sup>a</sup> زمان (A)، دما (B) و شدت صوت (C)؛ <sup>b</sup> بدون ستاره ( $p \leq 0/05$ )، یک ستاره ( $p \leq 0/01$ )، دو ستاره ( $p \leq 0/001$ )، ns در سطح 95 درصد معنی‌دار نمی‌باشد.

دپلمیرزاسیون اینولین به قندهای آزاد در اثر افزایش دما بود (Tungland and Meyer, 2002; Li et al., 2011; Milani et al., 2007). 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 دیواره‌های سلولی و در نتیجه خروج و دسترسی بیشتر این مواد مرتبط دانسته‌اند. از سوی دیگر، بازده استخراج در شدت‌های صوتی بالاتر از 80 درصد کاهش یافت که این روند کاهشی با توجه به معنی‌داری عبارت درجه دوم شدت صوت مشخص است. لذا به دلیل شکسته شدن ساختاری زنجیره فروکتان در اثر شدت‌های صوتی

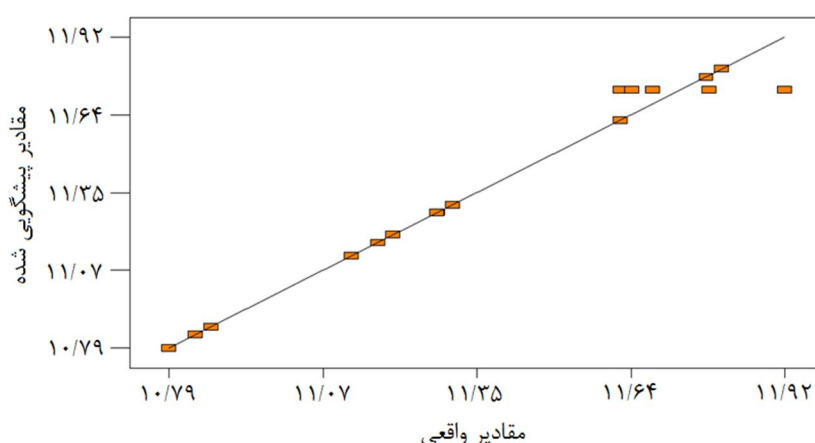
افزایش راندمان با افزایش دما احتمالاً به دلیل بهبود انتقال جرم در نتیجه افزایش حلالیت فروکتان‌ها و کاهش ویسکوزیته حلال است؛ بعلاوه افزایش دمای استخراج می‌تواند سبب شتاب‌دهی تخییر حلال و افزایش هزینه‌های تامین انرژی و تقویت استخراج ناخالصی‌ها و مواد زاید گردد. معنی‌داری عبارت درجه دوم پارامتر دما نشان می‌دهد که روند بازده استخراج پس از رسیدن به حداکثر بازده، با افزایش دما، کاهش خواهد یافت. این پدیده که در پژوهش‌های متعددی گزارش گردیده است، احتمالاً در اثر کاهش تعداد حباب‌های کاپیتاسیون تولید شده توسط امواج فراصوت و همچنین افزایش

سانتی‌گراد و شدت صوت 80/04 درصد باشد، بیشترین بازده استخراج حاصل می‌گردد. در این شرایط قند کل، 72/94 درصد؛ قند احیاکننده، 11/67؛ بازده استخراج، 61/28 درصد خواهد بود. مقایسه‌ی مقادیر مشاهده شده با مقادیر پیش بینی شده تطابق نزدیک این اعداد را نشان می‌دهند (شکل 2)؛ این امر نشان دهنده‌ی همبستگی بسیار خوب بین نتایج به دست آمده با روش تجربی و مقادیر پیش‌بینی شده با روش آماری است.

بالتر از 80 درصد، استفاده از شدت‌های صوتی بالاتر از این حد توصیه نمی‌گردد (Lingyun *et al.*, 2007; Milani *et al.*, 2011).

### بهینه‌سازی

بهینه‌سازی استخراج فروکتان‌های سریش با استفاده از امواج فراصوت، به منظور حصول حداکثر بازده انجام شد. نتایج نشان داد، در صورتی که زمان استخراج 29/31 دقیقه، دمای استخراج 60 درجه



شکل 2- مقایسه مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده بازده استخراج فروکتان از پودر سریش با استفاده از امواج فراصوت

خوبی در ارزیابی بازده این فرایند استخراج، به کار برد. هر سه پارامتر زمان، دمای استخراج و نیز شدت صوت موجب افزایش راندمان استخراج تیمارها شده‌اند. 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 داشته‌اند.

### نتیجه‌گیری

آنالیز سطح پاسخ مربوط به طرح باکس بنکن با سه متغیر مستقل شامل زمان و دمای استخراج و شدت صوت به عنوان پارامترهای موثر بر استخراج فروکتان‌های پودر ریشه گیاه سریش با استفاده از امواج فراصوت به انجام رسید. نتایج به دست آمده حاکی از آن بودند که روش رویه پاسخ را می‌توان به

### منابع

- 1- حاجبی، گ. 1355. بررسی و مقایسه چسب سریش با سایر چسبها در تهیه قرص، پایان نامه دکتری، دانشگاه تهران.
- 2- خراسانی، م. م.، یوسفی، ع. ا. و لنگرودی، ا. ا. 1385. رفتار ویسکوالاستیک ژل های سریش - بوراکس. مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، 1: 3-11.
- 3- دشتی، م.، توکلی ح.، ظریف کتابی، ح. و پاریاب، ا. 1384. مطالعه نیازهای بوم شناختی گیاه سریش (*Eremurus spectabilis M.B*) در استان خراسان. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، 12: 153-165.
- 4- عباسی، س. و فرزانه مهر، ح. 1388. بهینه سازی شرایط استخراج اینولین از کنگر با و بدون اعمال فراصوت به کمک روش سطح پاسخ. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، 47: 423-435.

- 5- Brayan, C. 1989. Bulbs, Timber press, Portland, Oregon.
- 6- Brickell, C. 1996. Encyclopedia of garden plants, Dorling Kindersley limited, London.
- 7- Crockett, J. U. 1972. The Time-Life encyclopedia of gardening, Time-Life Books, USA.
- 8- Demaggio, A. E. & Lott, J. A. 1964. Application of ultrasound for increasing alkaloid yield from *Datura stramonium*. Journal of Pharmaceutical Sciences, 53: 945-949.
- 9- 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.
- 10- 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.
- 11- 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.
- 12- 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.
- 13- 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.
- 14- Mason, T. J. & Zhao, Y. 1994. Enhanced extraction of tea solids using ultrasound. Ultrasonics, 32: 375-377.
- 15- 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.
- 16- Miller, G. L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Analytical Chemistry, 31: 420-428.
- 17- Moulton, K. & Wang, L. 1982. A Pilot-Plant Study of Continuous Ultrasonic Extraction of Soybean Protein. Journal of Food Science, 47: 1127-1129.
- 18- Pasephol, T., Small, D. & Sherkat, F. 2007. Process optimisation for fractionating Jerusalem artichoke fructans with ethanol using response surface methodology. Food Chemistry, 104: 73-80.
- 19- 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].
- 20- Roberfroid, M. B. 2005. Introducing inulin-type fructans. British Journal of Nutrition, 93: 13-26.
- 21- Rubin, R. 2002. The Melagria: on anchorites and edible roots in Judaeen Desert. Liber Annuus, 52: 347-352.
- 22- Sepúlveda, E., Sáenz, C., Aliaga, E. & Aceituno, C. 2007. Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp. Journal of Arid Environments, 68: 534-545.
- 23- 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.



- 24- Tunland, 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.
- 25- Vinatoru, M. 2001. An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. *Ultrasonics Sonochemistry*, 8: 303-313.

## **Efficacy of ultrasound in the extraction of fructan from tubers of *Eremurus spectabilis* using Box-Behnken design**

**Amir Pourfarzad<sup>1\*</sup>, Mohammad Hossein Haddad Khodaparast<sup>2</sup>, Mohammad Bagher Habibi Najafi<sup>2</sup>, Mohammad Hassanzadeh Khayyat<sup>3</sup>**

1- PhD. Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

\* Corresponding author (amir.pourfarzad@gmail.com)

2- Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

3- Professor, Department of Pharmaceutical Chemistry, School of Pharmacy, Mashhad University of Medical Sciences, Iran

### **Abstract**

Fructan is widely used throughout the world for its health-promoting and functional properties. *Eremurus spectabilis* which has traditionally been used in different industries as well as in folk medicine is considered one of the valuable resources of fructan. However, there is little information about fructan extraction from this plant. Ultrasound-assisted extraction is considered one of the most important methods for extraction of the most valuable compounds from plant sources and is applicable in both laboratory and industrial scales. In this study, box-behnken design was used in order to investigate the effect of time (5-40 min), temperature (30-70° C) and ultrasound amplitude (20-100 %) on the yield of fructan extraction from *Eremurus spectabilis* and optimization the extraction process using ultrasound waves. To describe the extraction yield, a first-order model was developed and verified its performance. The model was subsequently used to assess the appropriate conditions affected by the interaction between parameters and estimate the best process conditions with maximum extraction yield. Results showed that maximum yield is achieved with extraction time of 29.31 min, extraction temperature of 60° C and ultrasound amplitude of 80.04%.

**Keywords:** *Eremurus spectabilis*, Extraction, Fructan, Response surface methodology, Ultrasound