تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد ۱۹/ شماره ٦٨/بهار و تابستان ۱۳۹۹/ص ۷۸-٦٥

سایت مجله: https://fooder.areeo.ac.ir

نوع مقاله: علمی- پژوهشی

بررسی میزان راندمان استخراج موسیلاژ مان شکر تیغال نیش‌دار (*Echinops pungens Trautv.*) با استفاده از روش‌های مختلف استخراج

مریم خامه[1]، مسعود هنرور[2*] و شکوه السادات حامدی[3]

۱ و ۲- به ترتیب: دانشجوی کارشناسی ارشد؛ و دانشیار دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۳- دکتری تخصصی داروسازی سنتی،گروه داروسازی سنتی بالینی، دانشکده طب سنتی ایران، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت:۹۸/۲/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش:۹۹/۴/۲۴

چکیده

از جمله مواد افزودنی که در صنعت غذا به‌طور وسیع برای بهبود کیفیت فراورده‌های غذایی استفاده می‌شوند، هیدروکلوئیدها هستند که نقش‌های متفاوتی در غذاها دارند، مانند غلیظ‌کنندگی، پایدارکنندگی، ژل‌دهندگی و اصلاح‌کنندگی بافت. اخیراً تقاضا برای هیدروکلوئیدها با خواص عملکردی ویژه افزایش یافته است، بنابراین یافتن منابع جدید صمغ با ویژگی‌های مناسب برای استفاده در صنعت غذا اهمیت ویژه‌ای دارد. در این مطالعه اثر توان، دما و زمان ماکروویو و فراصوت بر کیفیت و کمیت موسیلاژ شکر تیغال استخراج شده بررسی شد. بالاترین میزان استخراج موسیلاژ با ماکروویو ٥٤/٩٩ درصد طی ٥٠ دقیقه و توان ۳٥٠ وات و دمای ٦٥ درجه سلسیوس است. مشاهدات نشان می‌دهد که با افزایش توان و دمای ماکروویو، مقدار موسیلاژ افزایش پیدا کرده است. بالاترین میزان استخراج با فراصوت ٥٤ درصد در توان ۱٥٠ وات، دمای ٦٠ درجه سلسیوس و زمان ۲٠ دقیقه بوده است. درنتیجه، استخراج با ماکروویو به‌عنوان روش بهینه استخراج موسیلاژ شکر تیغال نیش‌دار انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی

روش متداول استخراج، فراصوت، ماکروویو، هیدروکلوئید

مقدمه

مان شکر تیغال در اثر فعالیت یک گونه حشره سر خرطومی با نام علمی *Larinus vulpes olive* روی بعضی از گونه‌های جنس شکر تیغال به دست می‌آید. جنس پیله این حشره که از ترشحات گیاه شکر تیغال ساخته شده ترکیبی از مواد سلولزی و نشاسته و مواد نیتروژنی و به مقدار زیاد (در حدود ۲٥ درصد) قند مخصوصی به نام تری‌هالوز است. این مان دارای طعمی شیرین و لعاب‌دار است که خاصیت ملین و مسکن دارد و از زمان‌های قدیم در طب سنتی کاربرد وسیعی داشته است؛ از جوشانده آن برای درمان سرفه‌های شدید ناشی از تحریک برونش‌ها، رفع خشونت سینه، صاف کردن صدا، رفع سوزش مری و تسکین اختلال‌های دستگاه تنفسی استفاده می‌شود، همچنین برای رفع خشکی گلو و معده مفید است.

گیاهان مولد شیرابه‌های قندی (مان) شکر تیغال در اغلب استان‌های ایران به‌ویژه خراسان،

* نگارنده مسئول: Email: m-honarvar@hotmail.com

http://doi: 10.22092/fooder.2019.126029.1216

© 2020,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

فارس، اصفهان، کرمان، کرمانشاه، همدان، لرستان، شاهرود، مازندران و تهران در بلندای ۱۸۰۰ متری از سطح دریا رویش و پراکندگی دارند و جمع‌آوری محصول نیز کم و بیش در این مناطق صورت می‌گیرد. در بسیاری از مناطق ایران به‌رغم وفور گیاه شکر تیغال آثاری از فعالیت و وجود حشره مشاهده نمی‌شود (Nasirzadeh & Javidtash, 2005).

گونه‌های تولید کننده مان در ایران عبارت‌اند از:

E. pungens Trautv., *E. endotrichus Rech.*, *E. persicus Stev.*, *E. robustus Bunge.*, *E. dichrous.*, *Echinopscephalotes Dc* , *E. ritrodes Bung*. (Akhoundzadeh, 2000)

موسیلاژها هتروپلی‌ساکاریدهایی هستند که به طور معمول از برخی گیاهان دارویی به دست می‌آیند و شامل ترکیبات گالاکتوز، زایلوز، آرابینوز، رامنوز و گالاکتورونیک اسید هستند (Choudhary & Pawar, 2014).

این مواد مخلوط‌های آمورف (بی‌شکل) همراه با آب ماده‌ای چسبناک و لزج به وجود می‌آورند. این مواد لزج در آب سرد باد می‌کنند و ماده‌ای ژله‌ای تشکیل می‌دهند، اما در آب گرم حل می‌شوند و محلول‌های کلوئیدی می‌سازند که در صورت سرد شدن دوباره به حالت ژله درمی‌آیند و با توان بالایی که در جذب آب دارند نقش ذخیره کننده را بازی می‌کنند (Volak, 1995).

اهمیت موسیلاژها، به‌عنوان هیدروکلوئیدهای پلی‌ساکاریدی در کاربردهای داروسازی، قدمت طولانی مدت تاریخی دارد و طی این دهه به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است. کاربردهای وسیع دارویی و صنعتی و وظایف متعدد فیزیولوژیک موسیلاژها در گیاهان، بررسی گونه‌های گیاهی، به عنوان منابع طبیعی این ترکیبات و بررسی ترکیب شیمیایی آنها با اهمیت است (Piri *et al.*, 2009).

این مواد به‌عنوان پایدار کننده عامل سوسپانسیون کننده و قوام دهنده، و عامل تشکیل لایه نازک، عامل نگهدارنده آب، عامل انعقاد، روان‌کننده کلوئیدی یا کاهش دهنده اصطکاک به کار می‌روند. از جنبه‌های بسیار جالب‌توجه این مواد، نقش آنها در دسترس قرار دادن دارو در معالجه زخم، در تشخیص و درمان سرطان، پیشگیری از بیماری‌های باکتریایی و ویروسی و درمان آنهاست. پلی‌ساکاریدهای موسیلاژی از نظر ساختمانی گروهی متنوع از درشت‌مولکول‌های زیستی با دامنه‌ای وسیع از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی تشکیل می‌دهند که پایه کاربردهای متفاوت در زمینه پهناور دارویی و پزشکی و صنعتی هستند (Franz, 1989). روش‌های جدید عصاره‌گیری مانند عصاره‌گیری همراه با امواج فراصوت، عصاره‌گیری همراه با امواج مایکروویو و عصاره‌گیری با استفاده از مایع فوق بحرانی برای استخراج بسیار سریع و مؤثر عمل می‌کنند. این فناوری‌ها به منظور کاهش دادن مدت زمان عصاره‌گیری، کاهش میزان حلال مصرفی، افزایش بازده استخراج و تقویت کیفیت عصاره به‌دست‌آمده گسترش یافته‌اند (Zolfaghari & Yeganeh, 2010).

روش متداول استخراج صمغ از دانه‌های گیاهی، استفاده از آب گرم است اما امروزه روش‌های نوین استخراج مانند استخراج با پیش‌تیمار فراصوت و ماکروویو نیز رواج دارد. استخراج صمغ با پیش‌تیمار فراصوت به دلیل سادگی، کم‌هزینه بودن، به‌کارگیری دمای پایین و حفظ ویژگی‌های بیولوژیکی ماده اهمیت ویژه‌ای دارد و بنابراین می‌تواند به جای روش‌های متداول استخراج به کار گرفته شود (Zeng *et al.*, 2012). استخراج پلی‌ساکاریدها از منبع گیاهی به کمک اولتراسونیک تحت تأثیر پارامترهای چندگانه مانند قدرت اولتراسونیک، دمای

استخراج، زمان استخراج و نسبت حلال قرار دارد که اثرهای این پارامترها می‌تواند به صورت مستقل یا متقابل باشد (Raza *et al*., 2017).

کاربردهای وسیع دارویی و صنعتی و وظایف متعدد فیزیولوژیک موسیلاژها در گیاهان، بررسی گونه‌های گیاهی، به عنوان منابع طبیعی این ترکیبات و بررسی ترکیب شیمیایی آنها با اهمیت است. در کشور ما تاکنون پژوهشی در زمینه بررسی و شناسایی این مواد و ارزیابی مقدار آنها در ارقام و گونه‌های مختلف شکر تیغال صورت نپذیرفته است. پژوهش حاضر به منظور مقایسه روش‌های استخراج متداول، فراصوت و ماکروویو موسیلاژ مان شکر تیغال نیش‌دار اجرا شده است.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی نمونه

مان شکر تیغال نیش‌دار (*Echinops pungens* Trautv.) از حوالی پل چهر در استان کرمانشاه جمع‌آوری و گونه گیاه در هرباریوم دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی شناسایی شد.

استخراج موسیلاژ با روش متداول

شکر تیغال پس از تمیز شدن، خرد شد و بعد از هیدراته شدن در دمای محیط، روی همزن مغناطیسی به مدت ۱۰ دقیقه و در دمای محیط هم‌زده شد. مخلوط حاصل تحت سانتریفیوژ با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شد تا موسیلاژ دانه جدا شود.

استخراج موسیلاژ شکر تیغال به کمک پیش‌تیمار ماکروویو

شکر تیغال پس از تمیز شدن، خرد و بعد از هیدراته شدن (۱:۵۰) روی همزن مغناطیسی هم‌زده شد، سپس در مایکروویو Milestone ساخت ایتالیا تحت توان ۴۵۰-۲۵۰ وات و زمان ۷۰-۳۰ دقیقه و دمای ۸۵-۴۵ درجه سلسیوس قرار گرفت. مخلوط حاصل سپس با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در دستگاه سانتریفیوژ قرار داده شد تا موسیلاژ جدا شود.

استخراج موسیلاژ شکر تیغال به کمک پیش‌تیمار فراصوت

برای استخراج موسیلاژ شکر تیغال به کمک پیش‌تیمار فراصوت، شکر تیغال پس از تمیز شدن، خرد گردیده و بعد از هیدراته شدن (۱:۵۰)، روی همزن مغناطیسی هم‌زده شد، سپس با دستگاه اولتراسونیک مدل (UP400ST) Hiechler ساخت آلمان در فرکانس ثابت، بازه‌های زمانی ۲۰-۱ دقیقه، بازه دمایی ۶۰-۳۰ درجه سلسیوس و توان ۱۵۰-۳۰ وات صوت‌دهی شد. پس از پایان زمان فرآیند، مخلوط حاصل تحت سانتریفیوژ با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شد تا موسیلاژ جدا شود (Farahnaky *et al*., 2013).

خالص‌سازی

با اتانول خالص، چندین بار موسیلاژ به دست آمده از مرحله سانتریفیوژ کردن شسته شد ناخالصی‌های آن زدوده شود؛ سپس در استون و اتر تکان داده شده تا نمونه موسیلاژی با خلوص بیشتر به دست آید. برای حذف پروتئین‌های جدا شده در مرحله استخراج پس از حل مجدد موسیلاژ در آب مقطر، کلروفرم به مقدار کافی به آن افزوده و به‌شدت تکان داده شد تا پروتئین‌ها حذف شوند، موسیلاژ به دست آمده در آون ۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۶ ساعت خشک شد (Karawya *et al*., 1980).

محاسبه راندمان استخراج

بازدهی استخراج از طریق رابطه ۱ تعیین گردید:

$$Y = (\frac{Z}{X}) \times 100 \quad (1)$$

که در آن،

Y = درصد بازدهی استخراج؛ و Z و X = به ترتیب وزن موسیلاژ استخراجی و وزن پودر (مان شکر تیغال) (برحسب گرم) (Rostami & Gharibzahedi, 2016).

طرح آماری

از طرح فاکتوریل برای بررسی شرایط عملیاتی استخراج روی میزان راندمان استخراج موسیلاژ استفاده گردید.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار Design Expert 11 استفاده شد.

جدول۱- طرح آماری برای بررسی شرایط عملیاتی استخراج موسیلاژ با روش ماکروویو

ردیف	توان (وات)	دما (درجه سلسیوس)	زمان (دقیقه)	مقدار موسیلاژ استخراج شده (درصد)
۱	۲۵۰	۴۵	۳۰	۳۷/۱
۲	۴۵۰	۸۵	۳۰	۵۳/۴۹
۳	۲۵۰	۴۵	۷۰	۴۴/۶۴
۴	۳۵۰	۶۵	۵۰	۵۴/۹۹
۵	۲۵۰	۸۵	۷۰	۵۲/۶۱
۶	۴۵۰	۴۵	۳۰	۵۳/۳۱
۷	۴۵۰	۴۵	۷۰	۵۴/۸۶
۸	۲۵۰	۸۵	۳۰	۴۷/۸
۹	۴۵۰	۸۵	۷۰	۵۳

جدول۲- طرح آماری برای بررسی شرایط عملیاتی استخراج موسیلاژ با روش فراصوت

ردیف	توان (وات)	دما (درجه سلسیوس)	زمان (دقیقه)	مقدار موسیلاژ استخراج شده (درصد)
۱	۱۵۰	۶۰	۱	۵۰/۸
۲	۱۵۰	۶۰	۲۰	۵۴
۳	۹۰	۴۵	۱۰/۵	۵۳/۸۴
۴	۳۰	۶۰	۲۰	۴۷/۶
۵	۱۵۰	۳۰	۲۰	۴۹/۶۶
۶	۱۵۰	۳۰	۱	۴۳/۸
۷	۳۰	۶۰	۱	۴۵/۶
۸	۳۰	۳۰	۱	۳۸/۳۳
۹	۳۰	۳۰	۲۰	۴۴/۶۴

نتایج و بحث

بازده استخراج موسیلاژ در روش متداول ۴۵ درصد به دست آمده است.

بررسی اثر دما، زمان و توان ماکروویو بر میزان استخراج موسیلاژ به کمک امواج ماکروویو از گیاه شکر تیغال

به‌منظور ایجاد ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته (ارائه مدل توصیف کننده فرایند)، از معادله چند جمله‌ای (رابطه ۲) استفاده شد.

$$y = b_0 + \sum_{i-1}^{n}(b_i x_i) + \sum_{i-1}^{n}(b_{ii} x_{ii}^2) + \sum_{i,j-1}^{n}(b_{ij} x_i x_j) \quad (۲)$$

که در آن،

y = پاسخ پیش‌بینی شده با مدل؛ x_i = مقدار غیرکدبندی شده سطوح متغیرها؛ و bo، bi، bii و b_{ij} = ضرایب مدل.

بر این اساس، داده‌های به دست آمده از آزمایش‌های استخراج مطابق جدول ۳ در یک معادله چند جمله‌ای انطباق داده شد. رابطه زیر مدل کلی برای پیش‌بینی میزان استخراج موسیلاژ را برحسب متغیرهای واقعی (غیرکدبندی شده) بیان می‌کند:

$$\text{Yield (\%)} = 49.60 + 1.68*A + 4.06*B + 2.12*C - 1.41*AB - 0.59*AC - 2.54*BC \quad (۳)$$

که در آن،

Yield = میزان موسیلاژ استخراج شده بر حسب درصد؛ و A، B و C = به ترتیب مقادیر غیرکدبندی شده زمان، توان و دما.

اهمیت تأثیرات مستقیم و برهم‌کنش متغیرها در مدل پیش‌بینی بر اساس مقادیر پارامتر آماری p-value (احتمال) در نظر گرفته شد. مقادیر p کمتر از ۰/۰۵ برای یک عبارت نشان می‌دهد که آن عبارت به‌طور مؤثر پاسخ سیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای به دست آوردن یک معادلهٔ ساده، عبارات غیر مهم با مقادیر p بیشتر از ۰/۰۵ از مدل نهایی حذف شدند. به این ترتیب فاکتور توان یا قدرت بیشترین و مهم‌ترین تأثیر و در مقابل زمان و دما به سیستم ورودی نمونه کمترین تأثیر را در میزان استخراج موسیلاژ داشتند.

قابلیت مدل برای توجیه داده‌های تجربی با استفاده از نتایج به دست آمده از تحلیل واریانس[1] (ANOVA) در سطح اطمینان ۹۵ درصد بررسی شد.

در مدل پیشنهاد شده برای میزان موسیلاژ استخراج یافته، مقدار P مربوط به مدل کوچکتر از ۰/۰۵ است که بیانگر مناسب بودن مدل برای پیش‌بینی نتایج تجربی است. اثرهای خطی زمان، توان و دمای استخراج و همچنین اثرهای متقابل زمان و توان، توان و دمای استخراج معنی‌دار هستند.

اثر خطی زمان و توان بر میزان بازده استخراج نشان می‌دهد که زمان اثر معنی‌داری بر استخراج دارد و با گذشت زمان از ۳۰ تا ۷۰ دقیقه و افزایش توان از ۲۵۰ تا ۴۵۰ وات میزان بازده استخراج به طور معنی‌داری افزایش یافته است. اثر خطی دمای استخراج بر میزان بازده نشان می‌دهد افزایش دما از ۴۵ تا ۸۵ درجه سلسیوس منجر به افزایش میزان بازده گردیده است. افزایش دما به بالاتر از ۷۵ درجه سلسیوس موجب هیدرولیز پلی‌ساکاریدها و آزاد شدن مقادیر بالایی از قندهای ساده می‌شود که باعث کاهش کارایی استخراج خواهد شد (Cai *et al.*, 2008).

1- Analysis of variance

جدول ۳- تحلیل واریانس برای ارزیابی مدل پیشنهاد شده

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	P-value
مدل	۲۶۱/۲۲	۶	۴۳/۵۴	۰/۰۲۸۳*
اثر خطی زمان (A)	۲۲/۴۸	۱	۲۲/۴۸	۰/۰۳۲۷*
اثر خطی توان (B)	۱۳۲/۱۱	۱	۱۳۲/۱۱	۰/۰۱۳۵*
اثر خطی دما(C)	۳۶/۰۸	۱	۳۶/۰۸	۰/۰۲۵۸*
اثر متقابل زمان و توان (A×B)	۱۵/۹۳	۱	۱۵/۹۳	۰/۰۳۸۹*
اثر متقابل زمان و دما (A×C)	۲/۸۴	۱	۲/۸۴	۰/۰۹۱۵ns
اثر متقابل توان و دما (B×C)	۵۱/۷۷	۱	۵۱/۷۷	۰/۰۲۱۶*
باقیمانده	۰/۰۵۹۵	۱	۰/۰۵۹۵	
خطای خالص	۲۸۷/۰۹	۸		
ضریب تبیین (R^2)	۰/۹۹۹۸			
ضریب تبیین تعدیل‌شده (R^2_{adj})	۰/۹۹۸۴			
دقت لازم	۷۷/۴۰۷۶			
انحراف معیار	۰/۲۴۴۰			
ضریب تغییرات (C.V. %)	۰/۳۷۴۲			

شکل ۱ اثر متقابل زمان و توان استخراج را نشان می‌دهد. برابر این شکل، اثر زمان و توان بر بازده استخراج افزایشی است ولی در زمان‌های کوتاه‌تر و توان‌های بالاتر، بالاترین میزان بازده به دست آمده است. با توجه به نتایج بررسی‌های فلکای و همکاران (Felkai-Haddache *et al.*, 2016)، با افزایش توان ماکروویو و زمان آن میزان بیشتری پلی‌ساکارید استخراج می‌شود، حلال به درون بافت تفاله نفوذ می‌کند و پلی‌ساکاریدها را در آن حل می‌کند و به‌راحتی به بیرون از بافت می‌تراود. قرار گرفتن در زمان‌های طولانی ممکن است منجر به تخریب پلی‌ساکاریدها شود .برابر نتایج به دست آمده از جدول۳، در استخراج با امواج مایکروویو در مدت زمان بسیار کمتر نسبت به دو روش دیگر به راندمان بالا در استخراج به دست می‌آید، زیرا در مایکروویو امواج جذب شده توسط نمونه، گرما تولید می‌کنند. این گرما موجب تبخیر آب نمونه و اعمال فشار روی دیواره سلولی نمونه می‌گردد که به تخریب دیواره و رهایی ترکیبات درون سلول می‌انجامد (Wang *et al.*, 2006; Kaufman *et al.*, 2001).

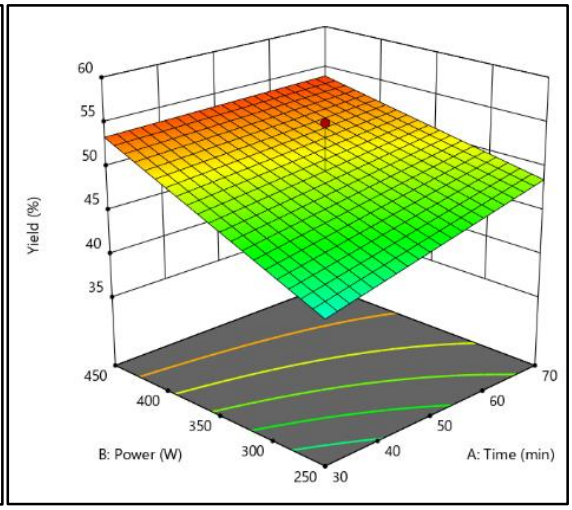
شکل ۲ اثر متقابل دما و زمان استخراج را نشان می‌دهد که طبق جدول آنالیز واریانس معنی‌دار نیست و اثرهای خطی تأثیرگذار هستند، به این صورت که با افزایش دما و زمان میزان بازده افزایش یافته است. افزایش توان مایکروویو باعث افزایش انحلال‌پذیری پلی‌ساکاریدها و افزایش عملکرد استخراج می‌شود. از سوی دیگر، افزایش توان مایکروویو باعث چرخش دو قطبی می‌شود که منجر به انحطاط قدرت داخل مخلوط می‌شود. این واقعیت، به‌سرعت موجب ایجاد گرما را در واکنش ایجاد می‌شود، در نتیجه بازده پلی‌ساکارید افزایش می‌یابد (Thirugnanasambandham *et al.*, 2015).

افزایش عملکرد استخراج با افزایش دمای فرایند می‌تواند به افزایش حرکت مولکولی یا ضریب انتشار

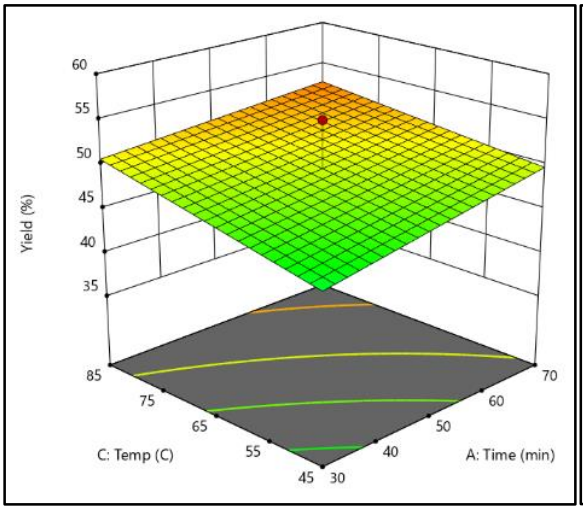
پلی‌ساکارید از سلول‌ها به درون محلول یا افزایش ضریب انتشار به دلیل افزایش انحلال‌پذیری آن مربوط باشد (Barga *et al.*, 2006; Samavati, 2013).

شکل ۳ اثر متقابل توان و دمای استخراج را بر میزان بازده نشان می‌دهد. به طور کلی، محدوده بازده استخراج بین ۳۷/۱ درصد و ۵۴/۹۹ درصد است. بالاترین بازده استخراج در دمای ۶۵ درجه سلسیوس و با اعمال امواج ماکروویو با قدرت ۳۵۰ وات به مدت ۵۰ دقیقه به دست آمده است. افزایش توان ماکروویو از طریق هدایت یونی و شکل‌گیری چرخش دوقطبی مولکول‌ها، منجر به از بین رفتن دیواره سلول‌های گیاهی شده، سپس در اثر ارتعاش مولکول‌ها گرما بالا رفته، استخراج را سریع‌تر و میزان آن را بیشتر کرده است (Gfrerer & Lankmayr, 2005).

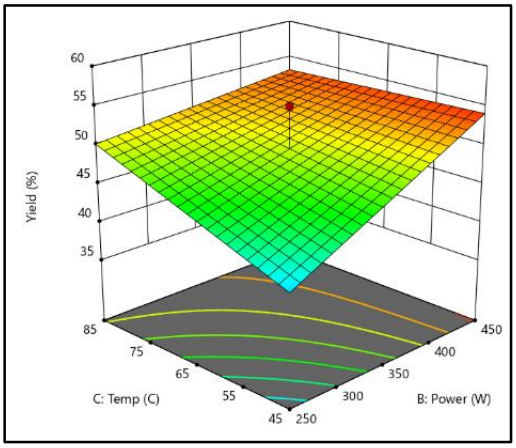
انرژی ماکروویو به احتمال زیاد آزاد شدن ترکیبات فرار از ماتریکس‌های گیاهی را بهبود می‌بخشد و افزایش دائمی انرژی ممکن است باعث افزایش تقطیر شود (Wang *et al.*, 2010)



شکل ۱- نمودار کانتور و سه بعدی اثر متقابل زمان و توان امواج استخراج بر میزان بازده استخراج موسیلاژ



شکل ۲- نمودار کانتور و سه بعدی اثر متقابل زمان و دمای استخراج بر میزان بازده استخراج موسیلاژ



شکل ۳- نمودار کانتور و سه بعدی اثر متقابل توان و دمای استخراج بر میزان بازده استخراج موسیلاژ

بررسی اثر دما، زمان و توان فراصوت بر میزان استخراج موسیلاژ به کمک امواج فراصوت از گیاه شکر تیغال

به منظور ایجاد ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته (ارائه مدل توصیف کننده فرایند)، از رابطه چند جمله‌ای (رابطه ۴) استفاده شد.

$$y = b_0 + \sum_{i-1}^{n}(b_i x_i) + \sum_{i-1}^{n}(b_{ii} x_{ii}^2) + \sum_{i,j-1}^{n}(b_{ij} x_i x_j) \quad (۴)$$

که در آن،

y = پاسخ پیش‌بینی شده توسط مدل؛ x_i مقدار غیرکدبندی شده سطوح متغیرها؛ و b_o، b_i، b_{ii} و b_{ij} = ضریب‌های مدل.

بر این اساس، داده‌های به دست آمده از آزمایش‌های استخراج مطابق جدول (۴) در یک رابطه چند جمله‌ای انطباق داده شد. رابطه زیر مدل کلی را برای پیش‌بینی میزان استخراج موسیلاژ برحسب متغیرهای واقعی (غیرکدبندی شده) بیان می‌کند:

$$\text{Yield (\%)} = 46.80 + 2.17*A + 2.76*B + 2.70*C - 0.09*AB - 0.87*AC + 0.13*BC \quad (۵)$$

که در آن،

Yield = میزان موسیلاژ استخراج شده بر حسب درصد؛ و A، B و C = به ترتیب مقادیر غیرکدبندی شده زمان، توان و دما.

اهمیت تأثیرات مستقیم و برهم‌کنش متغیرها در مدل پیش‌بینی بر اساس مقادیر پارامتر آماری p-value (احتمال) در نظر گرفته شد. مقادیر p کم‌تر از ۰/۰۵ برای یک عبارت نشان می‌دهد که آن عبارت به‌طور مؤثر پاسخ سیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای به دست آوردن یک رابطه ساده، عبارت‌های غیر مهم با مقادیر p بیشتر از ۰/۰۵ از مدل نهایی حذف شدند. به این ترتیب فاکتور توان یا قدرت بیشترین و مهم‌ترین تأثیر و در مقابل، زمان و دما به سیستم ورودی نمونه کمترین تأثیر را در میزان استخراج موسیلاژ داشتند.

بر این اساس، مدل پیش‌بینی نهایی (مدل کاهش‌یافته) برحسب مقادیر واقعی متغیرها با رابطه ۶ ارائه شده است:

$$\text{Yield (\%)} = 46.80 + 2.17*A + 2.76*B + 2.70*C - 0.87*AC \quad (۶)$$

با رسم کردن منحنی تغییرات مقادیر پیش‌بینی شده با مدل بر حسب مقادیر واقعی (شکل ۵)، خطی با ضریب همبستگی بالا (۹۹/۷۹ ٪) به دست آمد که نشان دهنده رضایت‌بخش بودن مدل است.

قابلیت مدل برای توجیه داده‌های تجربی با استفاده از نتایج به دست آمده از تحلیل واریانس (ANOVA) نیز در سطح اطمینان ۹۵ درصد بررسی شد.

نتایج حاصل از آنالیز واریانس (ANOVA) که با نرم‌افزار Expert Design به دست آمدند، در جدول ۴ ارائه شده‌اند. اهمیت و معنی‌دار بودن مدل با دو معیار آزمون نسبت‌های فیشر[1] (آزمون F) ارزیابی شد.

در مدل پیشنهادشده برای میزان موسیلاژ استخراج‌یافته، مقدار P مربوط به مدل کوچک‌تر از ۰/۰۵ است که بیانگر مناسب بودن مدل برای پیش‌بینی نتایج تجربی است. اثرهای خطی زمان، توان و دمای استخراج دارای P کمتر از ۰/۰۵ هستند و معنی‌دار بودند. همچنین، اثر متقابل دما و زمان معنی‌دار بود.

1- Fishers variance ratio test

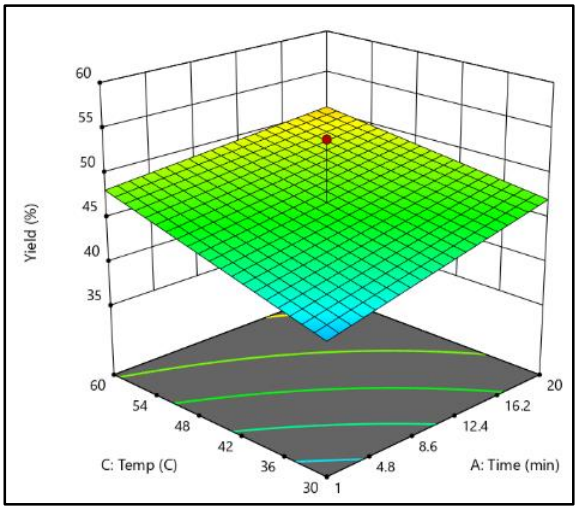
جدول ٤- تحلیل واریانس برای ارزیابی مدل پیشنهاد شده

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	P-value
مدل	۱۶۲/۹۴	۴	۴۰/۷۴	۰/۰۰۰۵*
اثر خطی زمان (A)	۳۷/۷۱	۱	۳۷/۷۱	۰/۰۰۰۸*
اثر خطی توان (B)	۶۱/۰۰	۱	۶۱/۰۰	۰/۰۰۰۴*
اثر خطی دما(C)	۵۸/۱۶	۱	۵۸/۱۶	۰/۰۰۰۴*
اثر متقابل دما و زمان (A×C)	۶/۰۷	۱	۶/۰۷	۰/۰۱۰۸ns
باقیمانده	۰/۵۶۴۶	۳	۰/۱۸۸۲	
خطای خالص	۲۰۷/۵۱	۸		
ضریب تبیین (R^2)	۰/۹۹۶۵			
ضریب تبیین تعدیل‌شده (R^2_{adj})	۰/۹۹۱۹			
دقت لازم	۴۳/۸۵۹۹			
انحراف معیار	۰/۴۳۳۸			
ضریب تغییرات (C.V. %)	۰/۹۱۱۷			

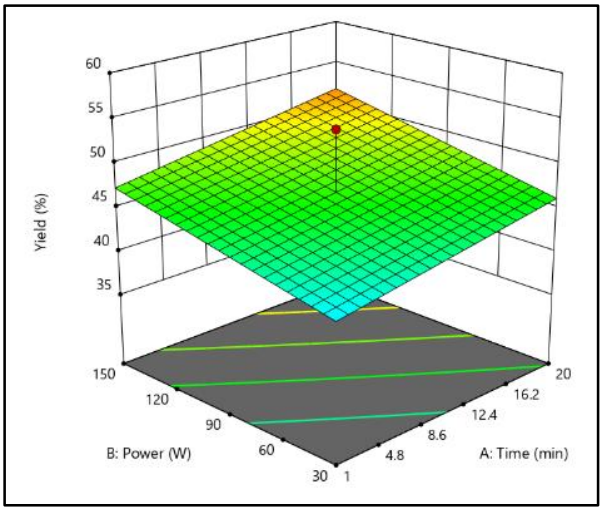
شکل‌های ۵، ۶ و ۷ اثر متقابل متغیرهای زمان، توان و دما را بر میزان بازده استخراج موسیلاژ از گیاه شکر تیغال از طریق فراصوت نشان می‌دهد. طبق شکل ۵، با گذشت زمان و افزایش توان امواج، میزان بازده استخراج افزایش یافته است. شکل ۶ نشان می‌دهد که با گذشت زمان و افزایش دما، یعنی استخراج در دمای بالاتر با مدت زمان بیشتر، درصد استخراج موسیلاژ بیشتر می‌شود. در شکل ۷ مشاهده می‌شود که افزایش سطح توان امواج فراصوت به‌صورت خطی باعث افزایش استخراج شده است، دما تأثیر مثبتی بر مقدار استخراج داشته است و بالاترین میزان استخراج در دمای بالاتر و اعمال توان بیشتر اتفاق افتاده است. در این بررسی، طی اعمال تیمار فراصوت دما در محدوده معین‌شده برای هر تیمار کنترل گردید و تیمار فراصوت سبب تغییر دما نشد. در این مطالعه، دما تأثیری مثبت بر میزان بازده استخراج داشت که نتایج مطابق با نتایج بررسی‌های کای و همکاران (Cai *et al.*, 2008) است. با افزایش توان فراصوت، فروپاشی حباب کاویتاسیونی نیز شدیدتر می‌شود (Xu., 2015)، زیرا اندازه حباب تشدید شده متناسب است با دامنه امواج اولتراسونیک. در نتیجه شدت کاویتاسیون و فشار قوی‌تر نیز باعث پاره شدن بیشتر دیواره سلولی و افزایش انتقال جرم می‌شود (Chen *et al.*, 2012). دلیل این موضوع این است که هنگام عبور امواج فراصوت با شدت بالا، کاویتاسیون در سطح انرژی بالاتری اتفاق می‌افتد و بنابراین نیروهای برشی قوی‌تری به دانه‌های هیدراته منتقل می‌شود. لایه‌های موسیلاژی اطراف دانه در معرض این نیروهای قوی قرار می‌گیرند و در نتیجه از سطح دانه جدا می‌شوند. از طرفی، با افزایش زمان صوت‌دهی، جداسازی هیدروکلوئیدها تا زمانی ادامه می‌یابد که تمام لایهٔ موسیلاژی جدا گردد. هنگامی که جداسازی هیدروکلوئید کامل گردد، اعمال بیشتر فراصوت منجر به جداسازی لایه‌های سخت دانه شده که این امر می‌تواند در ورود ناخالصی‌های غیر هیدروکلوئیدی به درون محلول مؤثر باشد (Farahnaky *et al.*, 2013).

طبق نتایج حاصل از پژوهش بهینه‌سازی استخراج پکتین به کمک پیش‌تیمار فراصوت، با

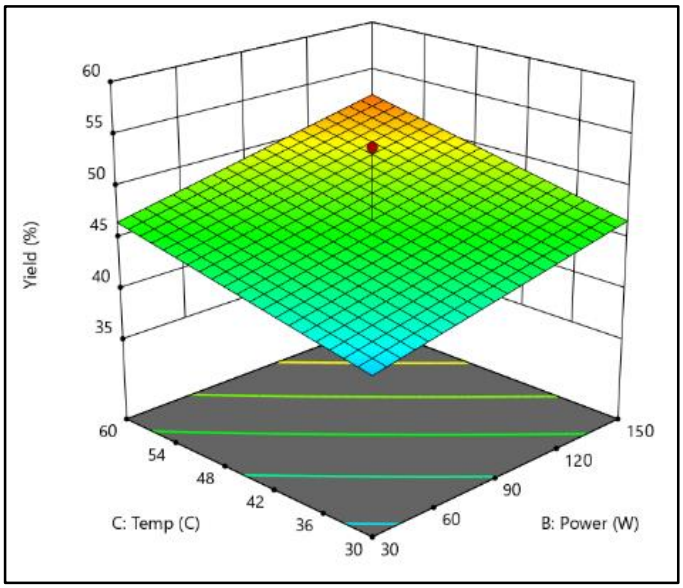
افـزایش دمـا و زمـان بـازده اسـتخراج افـزایش مـی‌یابـد و کـاهش آن موجـب پـایین آمـدن بـازده اسـتخراج می‌شـود. . بـالاترین بـازده اسـتخراج در دمـای ۶۰ درجـه سلسیوس و بـا قـدرت ۱۵۰ وات بـه مـدت ۲۰ دقیقـه بـه دست آمـده اسـت. افـزایش دمـا ممکـن اسـت از طریـق شکسـتن پیونـدهای اسـتری و هیـدروژنی، اسـتخراج پلـی‌سـاکارید را بهبـود دهـد (Wai *et al.*, 2010).



شکل۵- نمودار کانتور و سه بعدی اثر متقابل زمان و توان بر فراصوت بر میزان موسیلاژ استخراج شده



شکل٦- نمودار کانتور و سه بعدی اثر متقابل زمان و دما فراصوت میزان موسیلاژ استخراج شده



شکل ۷- نمودار کانتور و سه بعدی اثر متقابل توان و دما فراصوت بر میزان موسیلاژ استخراج شده

نتیجه‌گیری

در طرح حاضر اثر شرایط عملیاتی بر استخراج موسیلاژ از گیاه شکر تیغال بررسی شد. استخراج به سه روش معمولی، فراصوت و ماکروویو اجرا گردید. در استخراج به کمک فراصوت مشخص شد که تأثیرگذارترین عامل، توان (قدرت) و بعد از آن دمای استخراج است؛ کم اثرترین عامل نیز زمان استخراج به دست آمد. در استخراج به کمک ماکروویو، تأثیرگذارترین عامل توان (قدرت) و بعد از آن دمای استخراج بود؛ کم اثرترین عامل نیز زمان استخراج تشخیص داده شد. بازده استخراج موسیلاژ در روش متداول ۴۵ درصد به دست آمد که در مقایسه با نتایج حاصل از استخراج به روش مایکروویو و فراصوت، نشان داد در دو روش مورد مطالعه میزان موسیلاژ استخراج شده بیشتر بوده که نشانی از نقاط قوت روش‌های نوین است.

تشکر و قدردانی

از مجتمع آزمایشگاهی رازی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات به دلیل در اختیار قرار دادن امکانات آزمایشگاهی و از دانشگاه رازی کرمانشاه به دلیل همکاری در این پروژه قدردانی می‌نماید.

تعارض منافع

نویسندگان در رابطه با انتشار مقاله ارائه شده به طور کامل از اخلاق نشر تبعیت کرده و از موارد سوء اخلاق از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پرهیز نموده‌اند و منافعی تجاری در این راستا وجود ندارد.

مراجع

Akhondzadeh, S. 2000. Encyclopedia of Iranian Medicinal Plants. Iranian Institute of Medicinal Plants. 41, 71. (in Persian)

Braga, M. E., Moreschi, S. R. and Meireles, M. A. A. 2006. Effects of supercritical fluid extraction on *Curcuma longa* L. and *Zingiber officinale* R. starches. Carbohydrate Polymers. 63(3): 340-346.

Cai, W., Gu, X. and Tang, J. 2008. Extraction, purification, and characterization of the polysaccharides from *Opuntia milpa alta*. Carbohydrate Polymers. 71(3): 403-410.

Chen, W., Wang, W. P., Zhang, H. S. and Huang, Q. 2012. Optimization of ultrasonic assisted extraction of water-soluble polysaccharides from *Boletus edulis mycelia* using response surface methodology. Carbohydrate Polymers. 87(1): 614-619.

Choudhary, P. D. and Pawar, H. A. 2014. Recently investigated natural gums and mucilages as pharmaceutical excipients: An overview. Journal of pharmaceutics. Article ID 204849, 9 pages.

Farahnaky, A., Bakhshizadeh-Shirazi, Sh., Mesbahi, Gh., Majzoobi, M., Rezvani, E., and Schleining, G. 2013. b. Ultrasound-assisted isolation of mucilaginous hydrocolloids from *Salvia macrosiphon* seeds

and studying their functional properties. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 20, 182-190

Felkai-Haddache, L., Remini, H., Dulong, V., Mamou-Belhabib, K., Picton, L., Madani, K. and Rihouey, C., 2016. Conventional and microwave-assisted extraction of mucilage from Opuntia ficus-indica Cladodes: Physico-chemical and rheological properties. Food and Bioprocess Technology. 9(3): 481-492.

Franz, G. 1989. Polysaccharides in pharmacy: Current applications and future concepts. Planta Med. 55(6): 493-497.

Gfrerer, M. and Lankmayr, E. 2005. Screening, optimization and validation of microwave-assisted extraction for the determination of persistent organochlorine pesticides. Analytica Chimica Acta. 533(2): 203-211.

Karawya, M. S., Wassel, G. M., Baghdadi, H. H. and Ammar, N. M. 1980. Mucilagenous contents of certain Egyptian plants. Planta medica. 38(1): 73-78.

Kaufmann, B., Christen, P., Veuthey, J. L. 2001. Parameters affecting microwave-assisted extraction of withanolides. Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical and Biochemical Techniques. 12(5): 327-331.

Nasirzadeh, A. R. and Javid Tash, I. 2005. Determination of plant species of Manna Echinops production in Fars province. Proceeding of National Congress in Sustainable Development of Medicinal Plants, pp. 389-90.JM (in Persian)

Piri, G. M., Heydari, R., Siami, A., Zare, S. and Jamee, R. 2009. Isolation and determination of mucilage polysaccharides from the bulb and leaves of the *Allium chrysantherum* species. (in Persian)

Raza, A., Li. F., Xu, X. and Tang, J. 2017. Optimization of ultrasonic-assisted extraction of antioxidant polysaccharides from the stem of *Trapa quadrispinosa* using response surface methodology. International Journal of Biological Macromolecules. 94, 335 – 344.

Rostami, H. and Gharibzahedi, S.M.T. 2016. Microwave-assisted extraction of jujube polysaccharide: Optimization, purification and functional characterization. Carbohydrate Polymers. 143, 100-107.

Samsam-Shariat H. 2004. Pharmacognosy. Iranian Instituete of Medicinal Plants. (in Persian)

Thirugnanasambandham, K., Sivakumar, V. and Maran, J. P. 2015. Microwave-assisted extraction of polysaccharides from mulberry leaves. International Journal of Biological Macromolecules. 72, 1-5.

Volak, J. 1995. Plantes médicinales. Gründ. (in Persian)

Wai, W. W., Alkarkhi, A. F. and Easa, A. M. 2010. Effect of extraction conditions on yield and degree of esterification of durian rind pectin: An experimental design. Food and Bio products Processing. 88(2-3): 209-214.

Wang, L., Weller, C. L. 2006. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. Trends in Food Science & Technology. 17(6): 300-312.

Wang, Zh. M., Cheung, Y. Ch., Leung, P. H., and Wu, J. Y. 2010. Ultrasonic treatment for improved solution properties of a high-molecular weight exopolysaccharide produced by a medicinal fungus. Bio resource Technology. 101(24): 5517–5522.

Xu, J., Wang, W., Liang, H., Zhang, Q. and Li, Q. 2015. Optimization of ionic liquid based ultrasonic assisted extraction of antioxidant compounds from *Curcuma longa* L. using response surface methodology. Industrial Crops and Products. 76, 487-493.

Zeng, W. C., Zhang, Z., Gao, H., Jia, L. R. and Chen, W. Y. 2012. Characterization of antioxidant polysaccharides from *Auricularia auricular* using microwave-assisted extraction. Carbohydrate polymers. 89(2): 694-700.

Zolfaghari, B. and Yegdaneh, A. 2010. Recent advances in extraction methods of medicinal plant components. Journal of Herbal Drugs (An International Journal on Medicinal Herbs). 1(1): 50-54.

Food Engineering Research/Vol.19/No.68/Spring and Summer 2019/P: 65-78

Journal Home page: https://fooder.areeo.ac.ir/

Original Research

Comparison of Efficiency and Extraction of Mucilage from *Echinops Pungens* Trautv. Manna by Different Extraction Methods

M. Khameh, M. Honarvar* and Sh. Hamedi

* Corresponding Author: Associate Professor, Department of Food Science and Technology. Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Email: m-honarvar@hotmail.com
Received 3 May 2019, Accepted: 14 July 2020
http://doi: 10.22092/fooder.2019.126029.1216

Abstract

Hydrocolloids, playing different roles including thickening, stabilizing, gelling and improving texture of foods, are among additives widely used for improvement of quality in food industry. Recently, demand for hydrocolloids with special functional properties has grown, so finding new sources of gums with proper attributes is of enormous importance. In this work, the effects of microwave and ultrasound power, time and temperature on the yield and quality of extracted mucilage from trehala manna were studied. The highest total amount of mucilage yield for microwave was found to be 54.99 % for 10.5 min of extraction at 90 W and 45°C. It was observed that yield increased with an increase in microwave power and temperature. The highest yield (54%) for sonication was 150 W, time of 20 min in 60°C.As a result, microwave extraction was selected as the optimal extraction method of trehala manna mucilage. The quality and quantity of sugary compound analyzed by high-performance anion exchange chromatography with pulsed amperometric detection.

Keywords: Conventional extraction methods, Hydrocolloids, Microwave, Ultrasound