نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی
جلد نهم، شماره دوم، ۹۶
۱۷-۳۲
http://ejfpp.gau.ac.ir

استخراج موسیلاژ دانه "به" توسط امواج فراصوت و بهینه یابی آن با روش سطح پاسخ

آتنا دهقان سکاچائی[۱*]، علیرضا صادقی ماهونک[۲]، محمد قربانی[۲]، مهدی کاشانی نژاد[۳]، یحیی مقصودلو[۳]

[۱]دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[۲]دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[۳]استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۴/۲۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۲۰

چکیده

سابقه و هدف: امروزه روش‌های متعددی جهت استخراج هیدروکلوئیدها، مورد مطالعه قرار گرفته است و همچنین اثرات این روش‌های نیز بر روی خصوصیات کاربردی تعداد زیادی از آن‌ها بررسی شده است. بر اساس این مطالعات، مشخص شده است که متغیرهای متعددی بر خصوصیات کاربردی هیدروکلوئیدها مؤثر می باشند که برخی از آن‌ها عبارتند از درجه حرارت، نسبت آب به دانه، pH، غلظت نمک و مدت زمان استخراج."به" گیاهی بومی آسیا است که به میزان گسترده‌ای در شمال ایران رویش می‌یابد. میوه این گیاه حاوی دانه‌هایی می باشد که این دانه‌ها در پوسته بیرونی خود دارای موسیلاژ قابل استخراج می‌باشند. استخراج موسیلاژ دانه "به" عمدتاً توسط روش‌های متداول صورت گرفته است و اطلاعات اندکی پیرامون استفاده از تکنیک‌های نوین نظیر حمام فراصوت در استحصال موسیلاژ این دانه موجود است. هدف از این پژوهش ارزیابی تاثیر امواج فراصوت توأم با عواملی نظیر درجه حرارت و pH بر میزان بازدهی استخراج و خصوصیات رئولوژیکی موسیلاژ استخراجی می‌باشد. جهت دستیابی به میزان بهینه بازدهی و ویسکوزیته ظاهری[۱]، بهینه یابی استخراج موسیلاژ دانه "به" با کمک روش سطح پاسخ[۲] و طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر[۳] صورت پذیرفت و شرایط بهینه استخراج، پیش‌بینی گردید.

مواد و روش‌ها: دانه "به" از اکوتیپ گیلان تهیه گردید. جهت تعیین تأثیر پارامترهای متفاوت بر دو فاکتور بازدهی استخراج و ویسکوزیته ظاهری موسیلاژ استخراج شده از دانه، سه متغیر مستقل شامل درجه حرارت استخراج (۵۵-۲۵ درجه‌سانتی‌گراد)، مدت زمان تیمار فراصوت (۱۰-۳ دقیقه) و pH (۸-۶) مورد بررسی قرار گرفتند. آزمون‌ها با استفاده از روش سطح پاسخ طراحی گردیدند. ویسکوزیته ظاهری موسیلاژ توسط ویسکومتر چرخان بروکفیلد در ۵۰ دور بر دقیقه و در دمای ثابت ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. با استفاده از تجزیه و تحلیل آماری، برای هر پاسخ مدل چندجمله‌ای درجه دوم به دست آمد. ترکیب شیمیایی موسیلاژ دانه "به" نیز توسط روش‌های استاندارد AOAC[۴] تعیین گردید.

یافته‌ها: در میان عوامل مورد بررسی، درجه حرارت و مدت زمان تیمار فراصوت بر بازدهی استخراج و ویسکوزیته، تأثیر معنی‌داری داشتند در حالی که pH فاقد این اثر بود ($p<۰/۰۵$). شرایط بهینه پیش‌بینی شده جهت دستیابی به میزان مطلوب

*مسئول مکاتبه: Atenadehghan62@yahoo.com

1. Apparent Viscosity
2. Response Surface Methodology
3. Central Composite Rotatable Design (CCRD)
4. Association of Official Analytical Chemists

راندمان استخراج و ویسکوزیته ظاهری عبارت درجه حرارت ۳۸/۳ درجه سانتی‌گراد، مدت زمان تیمار فراصوت ۷/۶۸ دقیقه و pH برابر با ۶/۳۵ می‌باشد که در آن میزان بازدهی و ویسکوزیته به‌ترتیب ۱۴/۰۹ درصد و ۵۲/۴ میلی‌پاسکال ثانیه بود.

نتیجه‌گیری: موسیلاژ دانه "به"، رفتار سیال غیر نیوتنی و رقیق شونده با برش (سودوپلاستیک[1]) نشان داد. بازدهی استخراج و میزان ویسکوزیته موسیلاژ، تحت تأثیر برخی از شرایط استخراج نظیر درجه حرارت و مدت زمان اعمال تیمار فراصوت، قرار داشت بنابراین با تعیین شرایط مناسب برای استخراج این موسیلاژ؛ می‌توان به حد مطلوبی از بازدهی و ویسکوزیته دست یافت.

واژه‌های کلیدی: امواج فراصوت، استخراج، موسیلاژ دانه "به"، روش سطح پاسخ

1. Pseudoplastic

مقدمه

امروزه استفاده از امواج فراصوت در تکنولوژی مواد غذایی، مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته است (۲۰). امواج فراصوت با فرکانس پایین (شدت بالا)، پتانسیل بالایی جهت استفاده در فرآوری مواد غذایی دارند به‌عنوان مثال می‌توان از آن‌ها جهت استخراج، امولسیفیه کردن، هموژنیزاسیون، منجمد نمودن، کریستالیزه نمودن، فیلتراسیون و ترد نمودن استفاده نمود (۷). امواج فراصوت این اثرات را از طریق پدیده کاویتاسیون[1] اعمال می نمایند (۳۹). طی این پدیده، امواج از میان محیط الاستیک عبور نموده و متعاقباً یک سیکل انقباض و انبساط را ایجاد می‌نمایند، حباب‌ها به سرعت شکل گرفته، رشد می‌یابند و به دلیل نوسانات فشار ناشی از امواج صوتی، به شدت متلاشی می‌شوند (۱۹)، بنابراین مقادیر زیادی انرژی آزاد می‌گردد که به دنبال آن نقاط داغ ایجاد می‌گردد (۲۸). این امواج به دلیل از هم گسیختگی و ایجاد منافذ در دیواره سلول بیولوژیکی، موجب نفوذ حلال به داخل بافت سلولی، سهولت و تسهیل انتقال جرم و بهبود استخراج می‌گردند(۴۱). در واقع این ویژگی امواج فراصوت می‌تواند به افزایش بازدهی استخراج و کاهش مدت زمان استخراج منجر گردد (۳۶ و ۴۰).

موسیلاژها بیوپلیمرهای پلی‌ساکاریدی هستند که استفاده از آن‌ها در صنایع غذایی بسیار متداول می‌باشد. این ترکیبات به شدت آبدوست بوده و به سهولت در آب حل و یا پراکنده می‌گردند. برخی از آن‌ها تحت شرایط خاص به ژل تبدیل می‌شوند در حالی که برخی دیگر فقط به عنوان عوامل غلیظ کننده مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۵). موسیلاژها از بخش‌های مختلف گیاه نظیر اندوسپرم[2] دانه، شیرابه درخت، دانه، ریشه و غده حاصل می‌شوند (۳۴) و معمولا در سیستم‌های غذایی ویژگی‌های کاربردی متعددی داشته و نقش‌های متنوعی نظیر امولسیفایر[3]، عامل کف‌زا، پایدارکننده، اصلاح کننده بافت، قوام دهنده، فیبر رژیمی، عامل پوشاننده، و فیلم‌های بسته بندی را ایفا می‌نمایند (۹ و ۳۴).

خصوصیات فیزیکوشیمیایی، عملکردی و رئولوژیکی هیدروکلوئیدها نقش موثری در سیستم‌های غذایی ایفا می‌نماید. این خصوصیات به ساختار مولکولی (۲)، ترکیب شیمیایی، غلظت و اجزای تشکیل‌دهنده بستگی دارد (۹ و ۳۴) و همچنین تحت تأثیر روش‌های استخراج و شرایط فراوری موسیلاژ نیز می‌باشد (۲۱). اثر شرایط متفاوت استخراج نظیر درجه حرارت و مدت زمان استخراج، pH، نسبت آب به دانه، شرایط فرآوری نظیر غلظت نمک، ماهیت حلال و همچنین شرایط متفاوت کاشت گیاه بر بازدهی و خصوصیات رئولوژیکی چندین موسیلاژ دانه‌ای بررسی شده است (۸، ۱۱، ۳۱ و ۴۳). بر اساس این یافته‌ها بازدهی استخراج با افزایش نسبت آب به دانه و یا با افزایش درجه حرارت استخراج، افزایش نشان می‌دهد. همچنین می‌توان با بهینه‌یابی فرایند استخراج به بازدهی و ویسکوزیته نسبی بالاتری در موسیلاژهای دانه‌ای دست یافت (۸ و ۴۳).

"به" گیاهی از خانواده (*Cydonia oblonga Miller*) می‌باشد. این گیاه بومی آسیای مرکزی بوده و به صورت گسترده‌ای در شمال ایران رویش دارد به گونه‌ای که ایران تأمین کننده ۷۵ درصد کل تولید جهان می‌باشد (۵ و ۳۰). "به" حاوی میوه‌های زرد طلایی می‌باشد که این میوه‌ها دارای حدود ۱۰ درصد دانه بوده و دانه‌ها به صورت گسترده‌ای جهت تولید موسیلاژ از لایه اپیدرم پوشش دانه، مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۳). هنگامی که دانه در آب خیسانده می-

1. Cavitation
2. Endosperm
3. Emulsifier

شود، بر روی سطح آن‌ها موسیلاژ شکل می‌گیرد. روش‌های متعددی جهت شناسایی اجزای دانه "به" مورد استفاده قرار گرفته است (۱۴ و ۳۷). در طب سنتی به‌دلیل اثرات پزشکی عالی برخی از اجزای این گیاه نظیر برگ، میوه و دانه، از آن جهت درمان انواع بیماری‌ها نظیر هموروئید، آسم، برونشیت، بیماری‌های قلبی عروقی، سرفه، ضداسهال، ضدالتهاب و بهبوددهنده زخم استفاده می‌شود (۱۷، ۲۳ و ۳۰).

با توجه به این که در زمینه استفاده از امواج فراصوت در استخراج موسیلاژ دانه "به"، مطالعه‌ای صورت نگرفته است، هدف اصلی از مطالعه حاضر ارزیابی تاثیر امواج فراصوت توأم با متغیرهایی نظیر مدت زمان قرارگیری در معرض امواج فراصوت (۱۰-۳ دقیقه)، درجه حرارت (۵۵ -۲۵ درجه سانتی‌گراد) و pH (۸-۶) بر بازدهی استخراج موسیلاژ و بررسی ویسکوزیته موسیلاژ حاصل است. همچنین جهت دستیابی به میزان بهینه بازدهی و خصوصیات رئولوژیکی موسیلاژ، متغیرهای فرایند با استفاده از روش سطح پاسخ بهینه یابی گردیدند.

مواد و روش‌ها

مواد: دانه‌های "به" مورد استفاده در این مطالعه از بازار محلی گیلان تهیه گردیدند. ناخالصی‌های آن به صورت دستی جداسازی و در مکان تاریک و خنک نگهداری شدند. مواد شیمیایی مورد نیاز (هگزان، اسید کلریدریک، هیدروکسیدسدیم، اسیدسولفوریک، اسید بوریک و کاتالیزور کجلدال) از شرکت مرک آلمان تهیه گردیدند. در این بررسی از حمام فراصوت استارسونیک[1]، سانتریفیوژ یخچال‌دار[2] و ویسکومتر بروکفیلد[3] استفاده شد.

استخراج موسیلاژ دانه "به": جهت استخراج موسیلاژ، ابتدا دانه‌ها در آب مقطر با نسبت آب به دانه ۲۵ به ۱ خیسانیده شدند سپس با توجه به طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر، pH با استفاده از اسید کلریدریک و هیدروکسید سدیم ۰/۱ مولار در محدوده ۵/۳۲ الی ۸/۶۸، درجه حرارت نیز در دمای ۱۴/۷۷ الی ۶۵/۲۳ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید (محدوده‌ها با استفاده از بررسی منابع (۱ و ۲۳) و آزمون‌های اولیه تعیین شدند) سپس در حمام فراصوت با فرکانس ۶۰-۵۰ کیلوهرتز و قدرت ۱۰۰ وات به مدت ۱۲/۳۹- ۰/۶۱ دقیقه قرار گرفت. جدول ۱ طراحی آزمایش‌ها را با استفاده از روش سطح پاسخ و با استفاده از نرم‌افزار Design Expert نمایش می‌دهد. جهت جداسازی موسیلاژ حاصله از دانه، مخلوط به سانتریفوژ یخچال‌دار انتقال یافت و به مدت ۱۰ دقیقه تحت تأثیر نیروی ۴۰۰۰ دور بر دقیقه قرار گرفت. مایع رویی در آون با درجه حرارت ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۶ ساعت خشک گردید. سپس موسیلاژ خشک شده جهت آزمون‌های بیشتر آسیاب شده و در بسته‌های پلاستیکی نفوذ ناپذیر به هوا و رطوبت قرار گرفتند و در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

1. Starsonic 35 Digit. Liarre/ Italy
2. Z 36 HK Refrigerated High Speed Centrifuge, Hermel/ Labnet/ USA
3. Brookfield LV-DV II Pro; Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Middleboro/ USA

جدول ۱- طراحی آزمایش‌ها با استفاده از روش سطح پاسخ و بر اساس طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر برای مقادیر واقعی (کدگذاری شده) متغیرهای مستقل مدت زمان تیمار فراصوت، درجه حرارت و pH

Table 1. Experimental design in the Composite Rotatable Center mode of response surface methodology for actual (coded) independent variables of ultra-sonication time, temperature and pH

شماره تیمار Treatment No.	متغیر مستقل independent variables		
	مدت زمان تیمار (دقیقه) Ultrasonic time (min)	درجه حرارت Temperature(ºC)	pH
1	10 (1)	25 (-1)	8 (1)
2	3 (-1)	25 (-1)	8 (1)
3	3 (-1)	55 (1)	6 (-1)
4	10 (1)	55 (1)	8 (1)
5	6.5 (0)	40 (0)	7 (0)
6	6.5 (0)	40 (0)	8.68 (1.682)
7	6.5 (0)	40 (0)	7 (0)
8	6.5 (0)	40 (0)	7 (0)
9	3 (-1)	55 (1)	8 (1)
10	10 (1)	55 (1)	6 (-1)
11	6.5 (0)	14.77 (-1.68)	7 (0)
12	6.5 (0)	40 (0)	7 (0)
13	12.39 (1.682)	40 (0)	7 (0)
14	6.5 (0)	40 (0)	7 (0)
15	6.5 (0)	65.23 (1.682)	7 (0)
16	3 (-1)	25 (-1)	6 (-1)
17	6.5 (0)	40 (0)	7 (0)
18	0.61 (-1.682)	40 (0)	7 (0)
19	6.5 (0)	40 (0)	5.32 (-1.682)
20	10 (1)	25 (-1)	6 (-1)

آنالیز شیمیایی موسیلاژ: اجزای شیمیایی موجود در موسیلاژ با استفاده از روش AOAC (۳۳) مورد سنجش قرار گرفت. جهت سنجش محتوای رطوبتی، پودر موسیلاژ در آون الکتریکی با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و تا رسیدن به وزن ثابت خشک گردید. خاکستر نیز توسط اشتعال نمونه به‌مدت ۱۲ ساعت در کوره الکتریکی با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد سنجیده شد. مقدار چربی با استفاده از سوکسله و حلال هگزان اندازه گیری گردید. جهت تخمین میزان درصد پروتئین، نیتروژن کل با استفاده از روش کجلدال[1] مشخص و این مقدار در ضریب ۶/۲۵ ضرب گردید (۳) و در نهایت درصد کربوهیدرات از تفاضل مجموع این عناصر از ۱۰۰ به دست آمد.

بازدهی استخراج هیدروکلوئید: مقدار بازدهی استخراج موسیلاژ دانه "به" در هر یک از تیمارهای طراحی شده در جدول شماره یک از طریق تعیین وزن پودر حاصله نسبت به دانه خشک اولیه مورد سنجش قرار گرفت. بازدهی استخراج (Y) از طریق معادله (۱) تعیین گردید.

$$Y = 100 \times (M_1/M_2) \quad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله Y معادل است با درصد بازدهی استخراج، M_1 و M_2 به‌ترتیب مقدار گرم وزن موسیلاژ استخراجی و وزن دانه "به" مورد استفاده برای استخراج موسیلاژ را نشان می دهد.

آماده سازی محلول‌های موسیلاژ جهت آزمون‌های رئولوژیکی: از طریق حل نمودن پودر موسیلاژ در آب مقطر حاوی ۰/۰۱ درصد وزنی/وزنی سدیم آزید، محلول آبی حاوی موسیلاژ هر یک از تیمارهای مذکور با غلظت نهایی ۰/۵ درصد تهیه گردید و به مدت یک ساعت توسط همزن مغناطیسی با دور ۱۰۰۰ در دقیقه در دمای محیط هم زده شد و

1. kjeldahl

دیسپرسیون حاصله جهت آبگیری کامل بیوپلیمر به مدت یک شبانه روز در یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) نگهداری گردید (۱۸).

رفتار رئولوژیکی: رفتار رئولوژیکی موسیلاژ دانه "به" حدود ۲۴ ساعت پس از آماده سازی دیسپرسیون، با استفاده از ویسکومتر بروکفیلد چرخان مجهز به پراب UL اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری ویسکوزیته در دمای ثابت ۲۵ درجه سانتی‌گراد، نمونه درون محفظه دوجداره مجهز به ژاکت آب متصل به حمام آب با دمای ثابت قرار گرفت. اندازه‌گیری‌ها در سرعت‌های چرخشی متعدد و در محدوده گشتاور ۱۰۰-۱۰ درصد انجام پذیرفت. تمامی اندازه‌گیری‌ها دوبار صورت گرفت و پاسخ‌هایی که در گشتاور کمتر از ۱۰ درصد به دست آمد، نادیده گرفته شدند. برای هر آزمون مقدار ۱۶ میلی لیتر نمونه به تیوب اندازه‌گیری منتقل و پس از تعادل حرارتی، طی مدت زمان ۵ دقیقه تحت تأثیر افزایش خطی سرعت برشی از ۱۰ به ۲۰۰ بر ثانیه قرار گرفت. جهت مقایسه ویسکوزیته تیمارهای متفاوت، مقدار این پارامتر در ۵۰ دور بر دقیقه مورد مقایسه قرار گرفت.

طراحی آزمایش و تجزیه و تحلیل آماری: در این مطالعه طرح مرکب مرکزی چرخشی به روش سطح پاسخ جهت طراحی آزمون و بررسی تأثیر سه متغیر مستقل (درجه حرارت استخراج، مدت زمان تیمار فراصوت و pH) بر دو متغیر وابسته (بازدهی استخراج و ویسکوزیته ظاهری) مورد استفاده قرار گرفت و سپس مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل داده‌ها صورت پذیرفت. این روش جهت بررسی متغیرهای متعدد غیروابسته که بر روی متغیر وابسته تأثیر می‌گذارند، مفید می‌باشد و یک رویه آماری و ریاضی را جهت مطالعه ارتباط میان پاسخ‌ها و تعدادی فاکتور تأثیرگذار فراهم می‌نماید (۱۰). کاربرد روش سطح پاسخ دارای مزایای متعددی می‌باشد برخی از این مزایا عبارتند از: طراحی آزمایشات با حداقل تیمار و دستیابی به اطلاعات در کوتاه ترین زمان ممکن (۲۹، ۳۲ و ۳۸). با استفاده از تجزیه و تحلیل مدل، مقدار ضریب همبستگی و عدم برازش تعیین می‌شود (۲۲) سپس توسط نرم‌افزار و با استفاده از این داده‌ها، شرایط بهینه جهت استخراج این هیدروکلوئیدها مشخص می‌گردد (۸ و ۲۶).

همانگونه که در جدول ۱ نشان داده شده است، بر اساس طرح مرکب مرکزی چرخشی و مطابق با ۳ متغیر مستقل، ۲۰ نقطه آزمون طراحی گردید. مدل عمومی چندجمله ای درجه دوم به‌منظور ارتباط پاسخ‌ها با متغیرهای مستقل در معادله ۲ نمایش داده شده است.

معادله (۲)

$$Y=\beta_0 + \sum_{i=1}^{3} \beta i\, X_i + \sum_{i=1}^{3} \beta ii\, Xi\, Xi + \sum_{i=1}^{3} \beta ij\, Xi\, Xj$$

در این معادله Y معادل است با پاسخ پیش بینی شده و یا متغیر وابسته، β_0 و β_i به ترتیب معادل یا میزان انحراف و ضریب رگرسیون در حالت خطی فاکتورها می‌باشد. β_{ii} ضریب رگرسیون برای اثرات چندجمله‌ای و β_{ij} ضریب متقابل می‌باشد و x_i و x_j متغیرهای مستقل می باشند. در مدل کاهش یافته، تنها متغیرهای معنی دار آماری در نظر گرفته می‌شوند. معنی‌داری مدل‌های متفاوت با استفاده از آنالیز واریانس هر یک از پاسخ‌ها مورد سنجش واقع می‌گردند.

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل شیمیایی: اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی موسیلاژ دانه "به" نشان داد که مقدار رطوبت، پروتئین، چربی، خاکستر و کربوهیدارت موجود به ترتیب ۹/۸۴، ۲/۸۱، ۳/۱۶، ۱۲/۵۹ و ۷۱/۶ درصد می‌باشد. فکری و همکاران (۲۰۰۸)، نشان دادند که موسیلاژ دانه "به" حاوی حدود ۴/۳۸ درصد

رطوبت و ۹۵/۶۲ درصد ماده خشک، ۸/۲۴ درصد خاکستر و ۲۰/۹ درصد پروتئین می‌باشد (۱۳). تفاوت میان این اجزای سازنده در موسیلاژ حاصله را می‌توان به تفاوت میان گونه دانه، و روش استخراج مرتبط دانست. بازدهی استخراج در مطالعه حاضر بالاتر از موارد گزارش شده در مورد موسیلاژ دانه ریحان، کتان و دراگون هد می‌باشد (۱۳).

تجزیه و تحلیل سطح پاسخ و برازش مدل: جهت ایجاد ارتباط میان متغیرهای وابسته با متغیرهای مستقل و جهت برازش مدل، تجزیه و تحلیل رگرسیون و ANOVA مورد استفاده قرار گرفت. معادله چندجمله‌ای درجه دوم بر روی متغیرهای وابسته برازش گردید. اثر عوامل مختلف بر میزان بازدهی و ویسکوزیته ظاهری موسیلاژ دانه "به" در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- تجزیه و تحلیل واریانس(ANOVA) مدل درجه دوم حاصل از طرح سطح پاسخ برای بازدهی ویسکوزیته ظاهری (p<۰/۰۵)

Table 2. ANOVA analysis of quadratic polynomial model from RSM for yield and apparent viscosity (p<0.05)

ویسکوزیته ظاهری(Apparent Viscosity)				بازده(Yield)				منبع (Reference)
P	مقدار F (F Value)	میانگین مربعات (Mean square)	درجه آزادی (Degre of freedom)	P	مقدار F (F Value)	میانگین‌مربعات (Mean squer)	درجه‌آزادی (Degre of freedom)	
0.001	9.05	69.39	9	0.002	7.54	10.73	9	مدل (Model)
0.2635	1.40	10.76	1	0.5693	0.35	0.49	1	A
0.0581	4.58	35.09	1	0.0009	22.02	31.34	1	B
<0.0001	47.78	366.38	1	0.0004	26.39	37.56	1	C
0.9825	5.061E-004	3.880E-003	1	0.3207	1.09	1.55	1	A^2
0.8886	0.021	0.16	1	0.0023	16.55	23.56	1	B^2
0.0004	26.88	206.11	1	0.8532	0.036	0.051	1	C^2
0.6293	0.25	1.90	1	0.8085	0.062	0.088	1	AB
0.7750	0.086	0.66	1	0.8353	0.046	0.065	1	AC
0.7374	0.12	0.91	1	0.7599	0.099	0.14	1	BC
		7.67	10			1.42	10	باقیمانده (Residual)
0.0941	3.58	11.98	5	0.0218	7.63	2.52	5	فقدان برازش (Lack of fit)

در مدل بازدهی استخراج، ضرایب رگرسیونی B، C و B^2و در مدل ویسکوزیته ظاهری B، C و C^2 معنی دار می‌باشند. A، B و C به‌ترتیب نشان‌دهنده pH، مدت زمان استفاده از حمام فراصوت (دقیقه) و درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد) می‌باشند. مناسب بودن مدل با استفاده از آزمون فقدان برازش مورد بررسی قرار گرفت که برای P>۰/۰۵ معنی دار نبود. ضرایب رگرسیونی چندگانه به منظور پیش‌بینی مدل چندجمله‌ای درجه دوم برای متغیرهای پاسخ ایجاد شد و مدل ارائه شده در جدول ۳ ارائه گردید. مقدار ضریب همبستگی در معادله چندجمله‌ای درجه دوم برای بازدهی استخراج و ویسکوزیته ظاهری موسیلاژ دانه "به"، به‌ترتیب ۰/۸۵۰۳ و ۰/۸۷۰۱ می‌باشد که نشان‌دهنده درصد بالای تغییر پاسخ است که توسط این مدل توضیح داده شده است. لازم به ذکر است که مقادیر بالای ضریب همبستگی، همواره نشان دهنده مدل رگرسیون خوب نمی‌باشد، بلکه بهتر است جهت ارزیابی کارآمد بودن مدل، از R^2 تعدیل شده[1] نیز استفاده شود (۳۲).

1. Adjusted R2

جدول ۳ - مدل آزمایش، R^2 و R^2 تعدیل شده حاصل شده از تجزیه و تحلیل نتایج

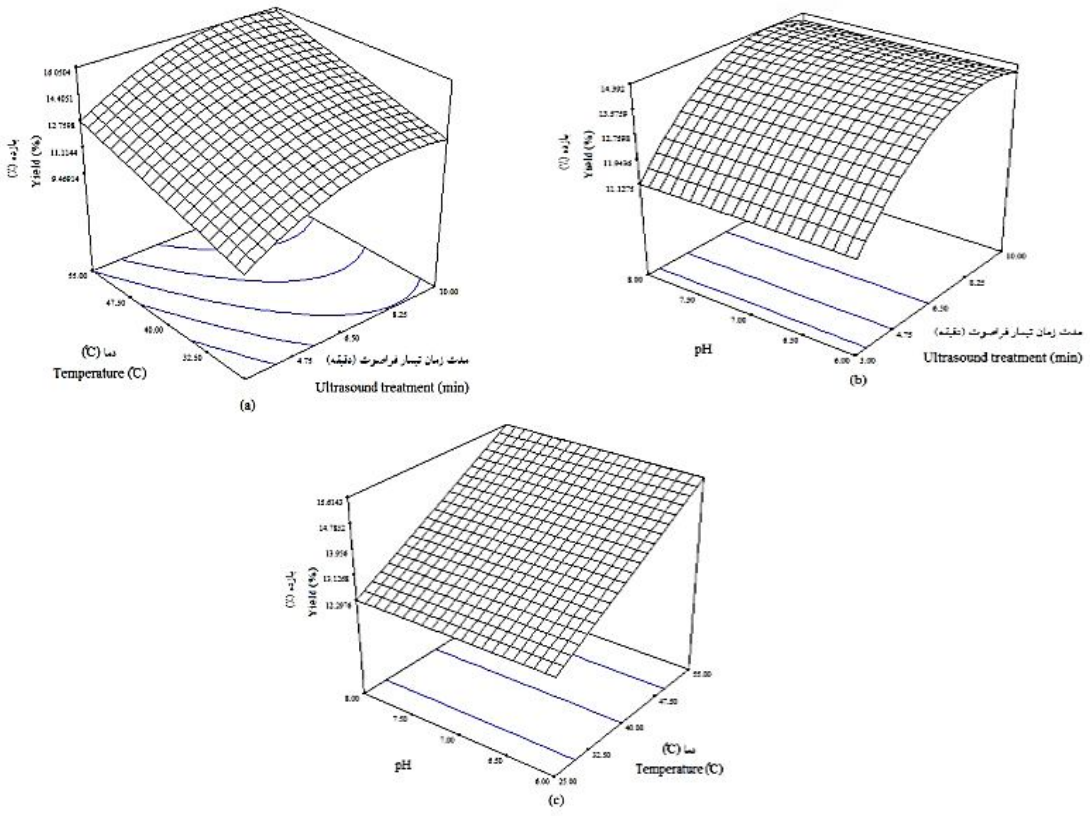
Table 3. Experimental models, R^2 and ADj-R^2 derived from data analysis

متغیر وابسته (Dependent parameter)	مدل چندجمله‌ای درجه دوم (Quadratic polynomial model)	R^2	R^2 تعدیل شده (Adj- R^2)
بازده (٪) Yield (%)	$2.18979+ 1.82683\ B+ 0.11056\ C- 0.10723\ B^2$	0.8503	0.8223
ویسکوزیته ظاهری (میلی‌پاسکال ثانیه) (Apparent Viscosity (mPa.s))	$42.29913- 0.45797\ B+ 0.99543\ C- 0.016759\ C^2$	0.8701	0.8458

بازدهی استخراج هیدروکلوئید: تأثیر درجه حرارت، مدت زمان استفاده از حمام فراصوت و pH بر روی بازدهی استخراج موسیلاژ دانه "به"، در شکل شماره ۱ نشان داده شده است. میزان بازدهی با توجه به شرایط استخراج، در محدوده ۷/۰۲ الی ۱۶/۲۹ درصد متغیر بود و تحت تأثیر مدت زمان استفاده از حمام فراصوت و درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد) قرار داشت و با افزایش این متغیرها، به صورت معنی‌داری افزایش یافت در حالیکه pH اثر معنی‌داری بر روی درصد بازدهی نشان نداد ($p<۰/۰۵$).

برخلاف روش‌های متداول استخراج، استفاده از حمام فراصوت سبب تخریب دیواره سلولی گیاه در یک مدت زمان کوتاه می‌گردد. عملکرد امواج فراصوت تحت تأثیر فاکتورهای متعددی نظیر محتوای رطوبتی، اندازه ذرات، نوع حلال، فرکانس، فشار، مدت زمان و درجه حرارت (۴۲) می‌باشند. در مطالعه حاضر، با توجه به شرایط استخراج محدوده گسترده‌ای از استخراج (۶/۶۴ الی ۱۶/۶۵ درصد) بدست آمد. محدوده بالایی استخراج در این مطالعه بالاتر از محدوده گزارش شده توسط عباس تبار (۱۳/۷٪) بود (۱). این محقق شرایط بهینه استخراج موسیلاژ دانه "به" را با نسبت آب به دانه ۹۶/۲ (وزنی/ وزنی)، درجه حرارت ۶۰/۷۷ درجه سانتی‌گراد، pH معادل با ۶/۶ و به‌مدت ۳ ساعت به دست آورد (۱). جوکی و همکاران (۲۰۱۴)، مقدار ۱۱/۵۸ درصد موسیلاژ دانه "به" را به روش سنتی و طی مدت زمان ۵ دقیقه، در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد و نسبت آب به دانه ۲۵/۱:۱ به دست آوردند (۲۳). این تفاوت‌ها در بازدهی استخراج می‌تواند مربوط به روش‌های متفاوت استخراج، شرایط استخراج، خاستگاه دانه، شرایط محیطی کاشت گیاه و ژنوتیپ آن باشد (۱۳ و ۳۵). یکی از مزایای استفاده از حمام فراصوت، افزایش بازدهی استخراج در مدت زمان کوتاه است (۴۱). در این بررسی طی اعمال تیمار فراصوت، درجه حرارت در محدوه معین شده برای هر تیمار کنترل گردید و تیمار فراصوت سبب تغییر درجه حرارت نشد. نتایج نشان دادند دانه‌هایی که مدت زمان کوتاه‌تری در معرض امواج فراصوت و در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد، قرار داشتند، کمترین میزان بازدهی را به میزان ۷/۰۲ درصد داشتند. بر اساس نتایج مشخص گردید که تأثیر درجه حرارت بر میزان بازدهی، بیشتر از سایر پارامترها بود و با افزایش درجه حرارت، میزان بازدهی استخراج افزایش داشت. این نتایج با نتایج کویی و همکاران (۲۰۰۸)، مطابقت دارد. این محققان نشان دادند که افزایش درجه حرارت و مدت زمان تیمار، سبب افزایش میزان بازدهی استخراج صمغ دانه کتان می‌گردد اما مدت زمان بسیار بالا جهت استخراج می‌تواند سبب تغییراتی در ساختار پلی ساکارید استخراجی گردد (۶). در میان انواع تیمارهای مورد بررسی، تیمار شماره ۴ حداکثر میزان بازدهی استخراج ۱۶/۲۹ درصد و تیمار شماره ۱۸ حداقل بازدهی را به میزان ۷/۰۲ درصد نشان داد که بیانگر اثر معنی‌دار مدت زمان قرارگیری در معرض امواج فراصوت بر میزان بازدهی می‌باشد. در واقع

استخراج در درجه حرارت‌های بالا منجر به انتقال جرم سریع‌تر و راحت‌تر پلی ساکاریدهای محلول در آب از دیواره سلولی گیاه می‌گردد (۴۳). درجه حرارت‌های بالا سبب کاهش ویسکوزیته دیسپرسیون دانه و آب و موسیلاژ شده و موسیلاژ اطراف دانه چسبندگی کمتری یافته و در نتیجه روند استخراج سهولت می‌یابد (۲۷).



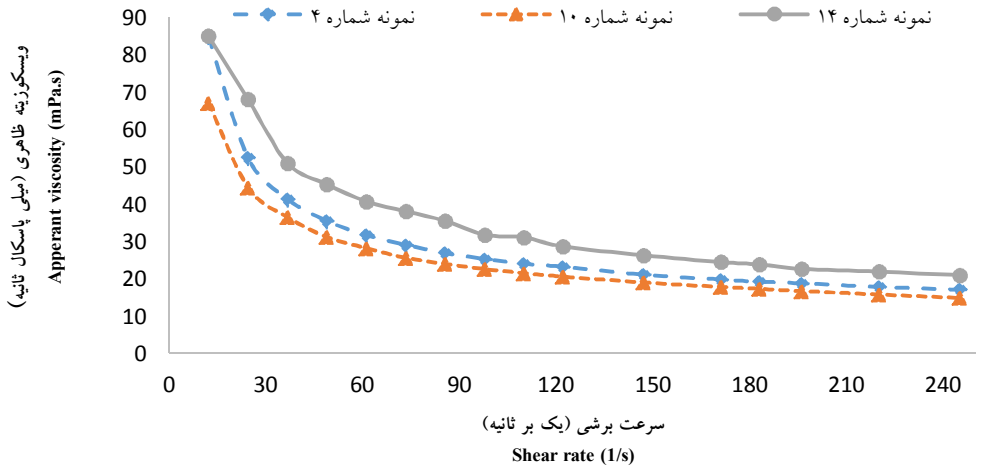
شکل ۱- نمودار سطح پاسخ اثر متغیرهای مستقل بر میزان بازدهی موسیلاژ دانه "به". (a) اثر مدت زمان تیمار فراصوت و دما (pH=۷) (b) اثر مدت زمان تیمار فراصوت و pH (دما ۴۰°C) و (c) اثر دما و pH (مدت زمان تیمار: ۶/۵۰ دقیقه)

Figure 1. Response surface diagram of the effect of independent variables on the extraction yield of quince seed mucilage: (a) effect of ultra-sonication time and temperature (pH: 7), (b) effect of ultra-sonication time and pH (temperature: 40 ºC), and (c) effect of temperature and pH (ultra-sonication time: 6.50 min)

در مطالعه حاضر، اثر pH بر بازدهی استخراج معنی دار نبود که می‌تواند در ارتباط با مقاومت اتصالات در محیط رقیق اسیدی و یا قلیایی در دمای محیط باشد (۲۵). با این وجود نتایج متعددی در زمینه اثر pH بر بازدهی استخراج وجود دارد. نتایج حاصله در این بررسی با نتایج گزارش شده توسط کوئی و همکاران (۱۹۹۴)، واو و همکاران (۲۰۰۷) و کوچکی و همکاران (۲۰۰۸) مطابق می‌باشد که بیانگر تأثیر بسیار اندک pH بر بازدهی استخراج موسیلاژ دانه است (۸، ۲۶ و ۴۳). برخی محققین اعلام نمودند که شرایط قلیایی بر میزان بازدهی، تأثیر مثبت دارد و میزان آن را افزایش می دهد. آن‌ها این اثر را به هیدرولیز ترکیبات نامحلول و تبدیل آن‌ها به اجزای محلول مرتبط دانسته و آن را مسبب افزایش بازدهی استخراج عنوان نمودند (۴، ۱۲ و ۳۸).

ویسکوزیته: ویسکوزیته ظاهری محلول ۰/۵ درصد وزنی/ وزنی موسیلاژ استخراج شده دانه "به"، توسط ویسکومتر چرخشی بروکفیلد، در ۵۰ دور بر دقیقه

(سرعت برشی ۴۸/۹ بر ثانیه) و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه گیری شد. موسیلاژ دانه "به" استخراج شده از کلیه تیمارها، رفتار رقیق شونده با برش از خود نشان می‌دهند که مشابه رفتار گزارش شده برای موسیلاژ دانه شاهی می‌باشد (۲۴). شکل ۲، رفتار رقیق شونده با برش سه نمونه تیمار شماره ۴، ۱۰ و ۱۴ که به‌صورت اتفاقی انتخاب شده‌اند را نشان می‌دهد.

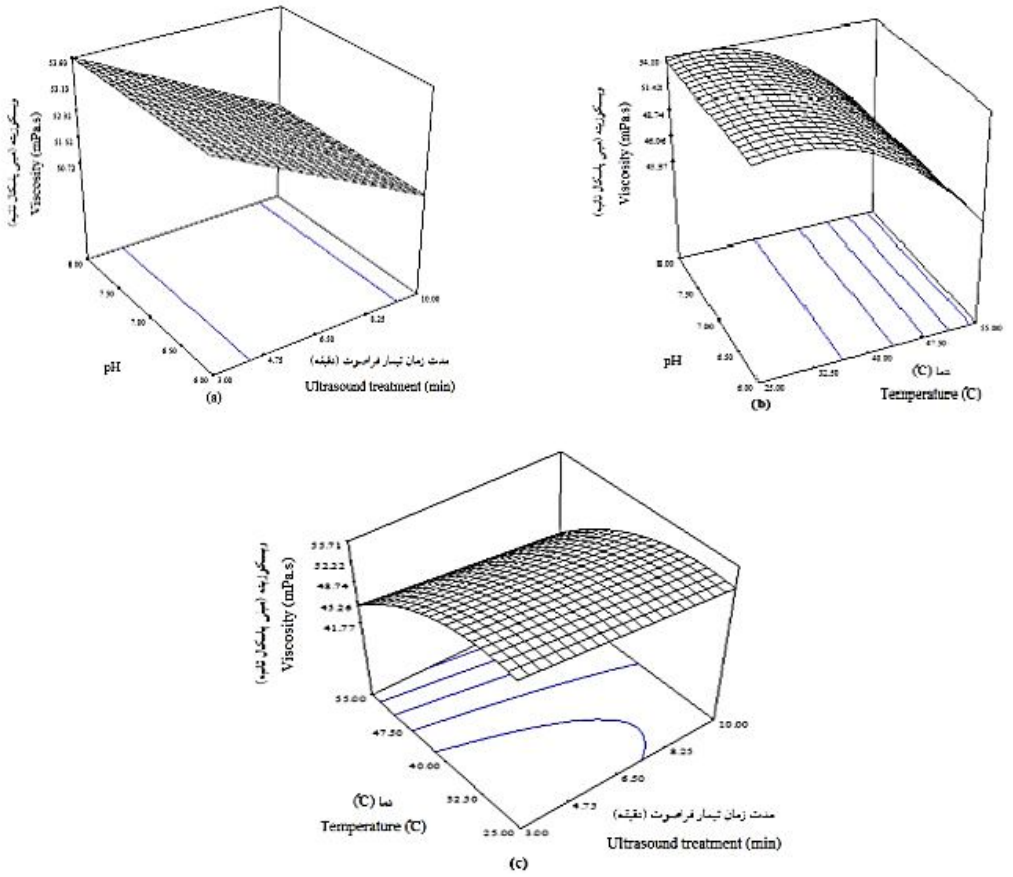


شکل ۲- رفتار رقیق شونده با برش تیمارهای شماره ٤، ۱۰ و ١٤.

Figure 2. Shear thinning behavior of treatment No. 4, 10 and 14.

بررسی جدول آنالیز واریانس مربوط به متغیرهای فرایند، مشخص نمود که مدت زمان قرارگیری در حمام فراصوت و درجه حرارت، بر ویسکوزیته ظاهری تأثیر معنی‌داری دارند ($p<0/05$)، در حالی که pH تأثیری بر این پاسخ‌ها نداشت. شکل ۳ (a، b و c)، تأثیر سه متغیر مستقل (درجه حرارت، تیمار فراصوت و pH) را بر ویسکوزیته ظاهری موسیلاژ نشان می‌دهد. افزایش درجه حرارت استخراج تا یک درجه حرارت مشخص سبب افزایش ویسکوزیته ظاهری گردید اما در دماهای بالاتر، ویسکوزیته کاهش یافت. این پدیده می‌تواند به تغییرات غیر قابل برگشت آرایش مولکولی موسیلاژ مربوط باشد که طی حرارت روی داده است (۱۲). مدت زمان طولانی اعمال تیمار فراصوت نیز منجر به کاهش قوام محلول حاوی موسیلاژ گردید.

در مطالعه حاضر، افزایش pH سبب افزایش ویسکوزیته ظاهری موسیلاژ گردید اما این اثر معنی‌دار نبود ($p<0/05$). این یافته‌ها با نتایج کاراژیان و همکاران (۲۰۱۱)، مطابق بود (۲۴). با این وجود برخی از محققین گزارش نمودند که شرایط قلیایی می‌تواند سبب کاهش ویسکوزیته گردد و آن را به تحت تأثیر قرار گرفتن ارتباطات درون مولکولی و کاهش وزن مولکولی مربوط دانستند (۱۶، ۱۸ و ۲۶).



شکل ۳- نمودار سطح پاسخ اثر متغیرهای مستقل بر ویسکوزیته ظاهری موسیلاژ دانه "به". (a) اثر مدت زمان تیمار فراصوت و pH (دما ۴۰°C)، (b) اثر دما و pH (مدت زمان تیمار فراصوت: ۶/۵۰ دقیقه). و (c) مدت زمان تیمار فراصوت و دما (pH=۷).

Figure 3. Response surface diagram for the effect of independent variables on apparent viscosity of Quince seed mucilage: (a) effect of ultra-sonication time and pH (temperature: 40 ºC), (b) effect of temperature and pH (ultra-sonication time: 6.50 min), and (c) effect of ultra-sonication time and temperature (pH: 7).

بهینه سازی: جهت دستیابی به حداکثر بازدهی استخراج و ویسکوزیته ظاهری موسیلاژ دانه "به"، بهینه سازی با استفاده از نرم‌افزار Design Expert انجام پذیرفت. شرایط استخراج موسیلاژ دانه "به" با مقادیر بهینه بازدهی و ویسکوزیته ظاهری مطابق با زمان تیمار فراصوت ۷/۶۸ دقیقه، دمای ۳۸/۰۳ درجه سانتی‌گراد و pH برابر با ۶/۳۵ به دست آمد که دارای درجه مقبولیت[1] ۷۵/۶ درصد بوده و منجر به بازدهی ۱۴/۰۹ درصد و ویسکوزیته ظاهری ۵۲/۴۰ میلی پاسکال ثانیه در سرعت برشی ۴۸/۹ بر ثانیه گردید.

قابل ذکر است که pH اثر معنی‌داری بر نتایج بهینه-سازی نداشت.

نتیجه گیری کلی

هدف اصلی مطالعه حاضر، بهبود استخراج موسیلاژ دانه "به" با کمک امواج فراصوت و دستیابی به شرایط مناسب جهت استخراج بر اساس متغیرهای مستقل نظیر درجه حرارت، مدت زمان تیمار فراصوت و pH بود که منجر به دستیابی حداکثر میزان استخراج و ویسکوزیته ظاهری می‌گردد. روش سطح پاسخ، به‌عنوان روش آماری کارآمد جهت این منظور مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که برخی از پارامترهای استخراج به صورت معنی‌داری، میزان

1. Desirability

بازدهی و ویسکوزیته ظاهری را تحت تأثیر قرار می‌دهند. مهمترین فاکتورهایی که هم بر روی استخراج و هم بر روی ویسکوزیته ظاهری تأثیرگذار بودند شامل مدت زمان استفاده از تیمار فراصوت و درجه حرارت بود، در حالیکه pH تأثیر معنی‌داری نشان نداد. افزایش زمان استفاده از تیمار فراصوت و درجه حرارت سبب افزایش بازدهی استخراج گردید اما مقدار ویسکوزیته موسیلاژ استخراج شده را کاهش داد.

منابع

1. Abbastabar, B. 2013. Extraction and determination of physicochemical and rheological characterization of Quince seed gum. Tehran, Iran: Tarbiat Modares University, Ph.D thesis.
2. Amin, A.M., Ahmad, A.S., Yin, Y.Y., Yahya, N. and Ibrahim, N. 2007. Extraction, purification and characterization of durian (*Durio zibethinus*) seed gum. Food Hydrocolloids. 21: 2. 273-279.
3. Anderson, D. and Weiping, W. 1991. The characterization of gum arabic (*Acacia senegal*) samples from Uganda. Food Hydrocolloids. 5**:** 297-306.
4. Balke, D.T. and Diosady, L.L. 2000. Rapid aqueous extraction of mucilage from whole white mustard seed. Food Research International 33: 347-356.
5. Bergman, R., Afifi, A. and Heidgerip, P. 1996. Text of histology. Montréal. WB Saunders Company, Pp: 159-168.
6. 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.
7. Chemat, F. and Khan, M.K. 2011. Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. Ultrasonics Sonochemistry. 18: 4. 813-835.
8. Cui, W., Mazza, G., Oomah, B.D. and Biliaderis, C.G. 1994. Optimization of an Aqueous Extraction Process for Flaxseed Gum by Response Surface Methodology. LWT - Food Science and Technology. 27: 4. 363-369.
9. Dickinson, E. 2003. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. Food Hydrocolloids. 17: 1. 25-39.
10. Diniz, F.M. and Martin, A.M. 1996. Use of response surface methodology to describe the combined effects of pH, temperature and E/S ratio on the hydrolysis of dogfish (*Squalus acanthias*) muscle. International journal of food science and technology. 31: 5. 419-426.
11. Dogan, M., Kayacier, A. and Ic, E. 2007. Rheological characteristics of some food hydrocolloids processed with gamma irradiation. Food Hydrocolloids. 21: 3. 392-396.
12. Estévez, A.M., Saenz, C., Hurtado, M.L., Escobar, B., Espinoza, S. and Suárez, C. 2004. Extraction methods and some physical properties of mesquite (*Prosopis chilensis (Mol) Stuntz*) seed gum. Journal of the Science of Food and Agriculture. 84: 12. 1487-1492.
13. Fekri, N., Khayami, M., Heidari, R. and Jamee, R. 2008. Chemical analysis of flax seed, sweet basil, dragon head and quince seed mucilages. Research Journal of Biological Sciences. 3: 2. 166-170.
14. Ferreres, F., Silva, B.M., Andrade, P.B., Seabra, R.M. and Ferreira, M.A. 2003. Approach to the study of C-glycosyl flavones by ion trap HPLC-PAD-ESI/MS/MS: application to seeds of quince (*Cydonia oblonga*). Phytochemical Analysis. 14: 6. 352-359.
15. Glicksman, M. 1982. Origin and classification of hydrocolloids, in Food hydrocolloids. Vol 1, CRC Press edition, Boca Raton, Florida, Pp:4-17.
16. Goycoolea, F., Morris, E. and Gidley, M. 1995. Viscosity of galactomannans at alkaline and neutral pH: evidence of 'hyperentanglement'in solution. Carbohydrate polymers. 27 (1): 69-71.
17. Hemmati, A.A., Kalantari, H., Jalali, A., Rezai, S. and Zadeh, H.H. 2012. Healing effect of quince seed mucilage on T-2 toxin-induced dermal toxicity in rabbit. Experimental and Toxicologic Pathology. 64: 3. 181-186.

18. Ibañez, M.A.C. and Ferrero, C. 2003. Extraction and characterization of the hydrocolloid from "*Prosopis flexuosa*" DC seeds. Food Research International. 36: 5. 455-460.
19. Iida, Y., Tuziuti, T., Yasui, K., Towata, A. and Kozuka, T. 2008. Control of viscosity in starch and polysaccharide solutions with ultrasound after gelatinization. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 9: 140-146.
20. Jambrak, A.R., Lelas, V., Mason, T.J., Krešić, G. and Badanjak, M. 2009. Physical properties of ultrasound treated soy proteins. Journal of Food Engineering. 93: 4. 386-393.
21. Jaya, S. and Durance, T. 2009. Compressive characteristics of cellular solids produced using vacuum-microwave, freeze, vacuum and hot air dehydration methods. Journal of Porous Materials. 16: 1. 47-58.
22. Joglekar, A. and May, A. 1987. Product excellence through design of experiments. Cereal Foods World. 32: 12. 857-868.
23. Jouki, M., Mortazavi, S.A., Yazdi, F.T. and Koocheki, A. 2014. Optimization of extraction, antioxidant activity and functional properties of quince seed mucilage by RSM. International journal of biological macromolecules. 66: 113-124.
24. Karazhiyan, H., Razavi, S., Phillips, G.O., Fang, Y., Al-Assaf, S. and Nishinari, K. 2011. Physicochemical aspects of hydrocolloid extract from the seeds of Lepidium sativum. International journal of food science and technology. 46. 1066-1072.
25. Kirchner, W. and Tollens, B. 1874. Ann. Chem. 176- 205.
26. Koocheki, A., Mortazavi, S.A., Shahidi, F., Razavi, S., Kadkhodaee, R. and Milani, J.M. 2010. Optimization of mucilage extraction from Qodume shirazi seed (*Alyssum homolocarpum*) using response surface methodology. Journal of Food Process Engineering. 33: 5. 861-882.
27. Koocheki, A., Mortazavi, S.A., Shahidi, F., Razavi, S.M.A. and Taherian, A.R. 2009. Rheological properties of mucilage extracted from Alyssum homolocarpum seed as a new source of thickening agent. Journal of Food Engineering. 91: 3. 490-496.
28. McClements, D.J. 1995. Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing. Trends in Food Science and Technology. 6: 9. 293-299.
29. Milani, E., Koocheki, A. and Golimovahhed, Q.A. 2011. Extraction of inulin from Burdock root (*Arctium lappa*) using high intensity ultrasound. International journal of food science and technology. 46: 8. 1699-1704.
30. Minaiyan, M., Ghannadi, A., Etemad, M. and Mahzouni, P. 2012. A study of the effects of Cydonia oblonga Miller (Quince) on TNBS-induced ulcerative colitis in rats. Research in pharmaceutical sciences. 7: 2. 103-110.
31. Mu, L., Zhao, M., Yang, B., Zhao, H., Cui, C. and Zhao, Q. 2010. Effect of ultrasonic treatment on the graft reaction between soy protein isolate and gum acacia and on the physicochemical properties of conjugates. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 58: 7. 4494-4499.
32. Myers, R.H., Montgomery, D.C. and Anderson-Cook, C.M. 2009. Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments. John Wiley and Sons.
33. Official Methods of Analysis. 1984. Official and tentative methods of analysis. Washington, USA, Association of Official Analytical Chemists.
34. Phillips, G.O. and Williams, P.A. 2009. Handbook of hydrocolloids. Second edition, Woodhead Publishing Ltd., Abington, Cambridge, 924 p.
35. Qian, K.Y., Cui, S.W., Wu, Y. and Goff, H.D. 2012. Flaxseed gum from flaxseed hulls: Extraction, fractionation, and characterization. Food Hydrocolloids. 28: 2. 275-283.
36. Rodrigues, S., Pinto, G.A. and Fernandes, F.A. 2008. Optimization of ultrasound extraction of phenolic compounds from coconut (*Cocos nucifera*) shell powder by response surface methodology. Ultrasonics Sonochemistry. 15: 1. 95-100.

37. Silva, B.M., Andrade, P.B., Ferreres, F., Seabra, R.M., Beatriz, M., Oliveira, P. and Ferreira, M.A. 2005. Composition of quince (*Cydonia oblonga Miller*) seeds: phenolics, organic acids and free amino acids. Natural product research. 19: 3. 275-281.
38. Somboonpanyakul, P., Wang, Q., Cui, W., Barbut, S. and Jantawat, P. 2006. Malva nut gum. (Part I): Extraction and physicochemical characterization. Carbohydrate polymers. 64: 2. 247-253.
39. Soria, A.C. and Villamiel, M. 2010. Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: a review. Trends in Food Science and Technology. 21: 7. 323-331.
40. Toma, M., Vinatoru, M., Paniwnyk, L. and Mason, T.J. 2001. Investigation of the effects of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction. Ultrasonics Sonochemistry. 8: 2. 137-142.
41. Vinatoru, M. 2001. An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. Ultrasonics Sonochemistry. 8: 3. 303-313.
42. Wang, L. and Weller, C.L. 2006. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. Trends in Food Science and Technology. 17: 6. 300-312.
43. Wu, Y., Cui, S. W., Tang, J. and Gu, X. 2007. Optimization of extraction process of crude polysaccharides from boat-fruited sterculia seeds by response surface methodology. Food chemistry. 105: 4. 1599-1605.

EJFPP, Vol. 9 (2): 17-32
http://ejfpp.gau.ac.ir

Extraction of "Quince" seed mucilage by ultrasound-assisted and its optimization using Response Surface Methodology

A. Dehghan Sekachaei[1*], A. Sadeghi Mahoonak[2], M. Ghorbani[2], M. Kashaninejad[3] and Y. Maghsoudlou[3]

[1]Ph.D. graduate, Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran

[2] Associate Professor, Department of Food science and Technology, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran

[3] Professor, Department of Food science and Technology, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: 2015/07/12; Accepted: 2016/01/10

Abstract

Background and objectives: Nowadays, different methods for hydrocolloid extraction, and their effects on functional properties of extracted hydrocolloids have been studied. According to these studies, different variables such as temperature, water to seed ratio, pH, salt concentration and extraction time influence on hydrocolloids properties. "Quince" tree is local tree in Asia that widely grows in north of Iran. Quince fruit has seeds with extractable mucilage on the outer surface. Extraction of Quince seeds mucilage has been done by conventional methods and there is limited information about new extraction technologies. The aim of the present study was to assess the effect of extraction by ultra sound wave in addition to some variables such as temperature and pH on extraction yield and rheological properties of extracted mucilage. In order to obtain optimum extraction yield and apparent viscosity, optimization of Quince seed mucilage extraction was done using Response Surface Methodology (RSM) and the optimum operating conditions was predicted.

Materials and methods: "Quince" seeds were obtained from Gilan ecotype. In order to determine the effect of different parameters on yield (%) and apparent viscosity (mPa.s) of extracted mucilage, three independent variables including temperature (25–55ºC), ultra-sonication time (3–10 min), and pH (6–8) were investigated. RSM was used to design the experiments. Apparent viscosity of mucilage was measured by rotational viscometer Brookfield at 50 rpm in constant temperature 25ºC. Using regression analysis, a second-order polynomial model was developed for each response. Chemical composition of extracted mucilage was determined using AOAC standard methods.

Results: Among the investigated variables, temperature and ultra-sonication time had significant effect on extraction yield and viscosity while pH effect was not significant ($p<0.05$). To obtain desirable yield and apparent viscosity, optimum condition of temperature 38.3◦C, ultra-sonication time of 7.68 min and pH of 6.35 was predicted. At the mentioned point, extraction yield and viscosity were 14.09% and 52.4 mPa.s, respectively.

Conclusion: Quince seed mucilage showed a non-Newtonian and shear thinning (pseudoplastic) behavior. Extraction yield and apparent viscosity were affected by some extraction parameters such as temperature and ultra-sonication time so optimum yield and viscosity can access with determining suitable conditions of mucilage extraction.

Keywords: Ultra sound, Extraction, Quince seed mucilage, RSM

[*]Corresponding author; atenadehghan62@yahoo.com