مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بهینه‌سازی شرایط استخراج موسیلاژ از گل ختمی (*Althaea officinalis*) به کمک امواج مایکروویو با استفاده از روش سطح پاسخ

محمد امین مهرنیا[۱*]، بهروز علیزاده بهبهانی[۱]، بهاره گودرزی شمس آبادی [۲]

۱- دانشیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

۲- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان،ملاثانی، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۲/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/٤/٦

کلمات کلیدی:

استخراج با مایکروویو،

گل ختمی،

روش سطح پاسخ،

بهینه‌یابی

DOI:10.22034/FSCT.21.157.176.

* مسئول مکاتبات:

mehrnia@asnrukh.ac.ir

چکیده

گل ختمی یکی از گیاهان حاوی موسیلاژ است که اثر درمانی موسیلاژ آن بر غشای مخاطی بافت و بهبود زخم معده به اثبات رسیده است. موسیلاژ این گیاه از L-رامنوز، D-گالاکتوز، اسید گالاکونونیک و اسیدD- گلوکورونیک تشکیل شده است. پلی‌ساکاریدهای یافت شده در این گیاه خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارند. عمده فعالیت آنتی‌اکسیدانی این گیاه مربوط به ترکیب آلفا – توکوفرول آن می‌باشد. صمغ‌های استخراج شده از منابع مختلف دارای خصوصیات عملکردی و رئولوژیکی متفاوتی نسبت به یکدیگر بوده که شرایط استخراج تأثیر بسزایی بر این خواص دارد. در این پژوهش راندمان استخراج موسیلاژ گل ختمی به عنوان یک منبع جدید هیدروکلوئیدی مورد مطالعه قرار گرفت. برای این منظور اثرات توان مایکروویو (۸۵۰-۲۵۰وات)، نسبت آب (۹۰-۵۰) و زمان (۱۰-۲ دقیقه) بر راندمان استخراج بهینه‌سازی شد. راندمان استخراج صمغ در دامنه ٤/٤٪ تا ۱۱/٦٪ به دست آمد. کمترین میزان استخراج در نسبت آب ۷۰، زمان ۲ دقیقه و توان ۵۵۰ وات به‌دست آمد و بیشترین میزان استخراج در نسبت آب به دانه ۸۰، زمان ٤ دقیقه و توان مایکروویو ۷۰۰ وات بود. با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، مدل درجه دوم بهترین مدل برای توصیف داده‌ها می‌باشد. در توان‌های پایین افزایش نسبت آب به دانه منجر به افزایش راندمان استخراج شد. افزایش راندمان استخراج با افزایش نسبت آب به دانه را می‌توان به وجود حلال بیش‌تر نسبت داد که نیروی محرکه برای انتقال جرم صمغ از دانه‌ها را تشدید می‌نماید.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-05]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.157.176]

۱-مقدمه

هیدروکلوئیدها ترکیبات نه چندان پیچیده‌ای هستند که برای اصلاح بافت، کنترل کریستالیزاسیون، جلوگیری از آب انداختن محصول یا سینرژیس، پوشش‌دهی مواد عطری و طعمی، افزایش پایداری فیزیکی، تشکیل فیلم، تولید ساختار ژلی و افزایش قوام در مواد غذایی مایع، نیمه مایع و نیمه جامد و جامد استفاده می‌شوند. بسیاری از آن‌ها در بدن انسان متابولیزه نمی‌شوند و کالری‌زایی پایینی دارند و می‌توان از آن‌ها به عنوان ترکیباتی مفید در غذاهای رژیمی استفاده کرد. هیدروکلوئیدها معمولا به‌طور مستقیم بر عطر و طعم و مزه موادغذایی تاثیر ندارند اما در تشکیل ژل، نگهداری آب، امولسیون‌کنندگی و نگهداری عطر و بو موثر می‌باشند[۱]. از نظر علم شیمی بافت‌دهنده و پایدارکننده در موادغذایی، به گروهی از ترکیبات اطلاق می‌شود که از مولکول‌های بلندزنجیره پلی‌ساکاریدی و یا پروتئینی تشکیل شده‌اند و امروزه به دلیل خواص کاربردی مهمی همچون قوام‌دهندگی، تشکیل ژل و امولسیفایری در سیستم‌های غذایی به وفور مورد استفاده قرار می‌گیرند[۲]. در بین هیدروکلوئیدها موسیلاژها یکی از بهترین موارد برای کاربرد در موادغذایی می‌باشند، زیرا با هیدروکلوئیدهای دیگر که منشاء گیاهی دارند و همچنین با نشاسته، قند و پروتئین‌ها سازگاری داشته و برخلاف بیشتر هیدروکلوئیدهای پلی‌ساکاریدی نسبت به pH پائین مقاوم بوده و در شرایطی که pH اسیدی می‌باشد کاربرد بیشتری پیدا می‌کنند[۳].

موسیلاژ یک پلی‌ساکارید حاوی ساختار مولکولی تا ۳۰،۰۰۰ مونوساکارید است. این پلیمر دارای ساختار شاخه‌ای که حاوی بقایای آرابینوز، گالاکتوز، اسید گالاکترونیک، رامینوز و زایلوز است می‌باشد[٤]. با حل کردن موسیلاژ و صمغ در آب می‌توان این دو را از هم تشخیص داد به این صورت که موسیلاژ به صورت توده در می‌آید و صمغ‌ها در آب حل می‌شوند[۵]. امروزه هند با تولید بیش از ۹۰ ٪ نیاز جهانی موسیلاژ رتبه اول را به خود اختصاص داده است.

گل ختمی از تیره پنیرکیان[1] است.این گیاه چند ساله و خودرو بوده گل، میوه و ریشه آن مصرف دارویی دارد. گل ختمی گل‌هایی بزرگ به رنگهای صورتی، قرمز، سفید و زرد دارد که برای روکش داروها استفاده می‌شود. این گیاه علاوه بر خواص ضد سرفه، ضدسوزش سینه، ضد ورم معده، ضد تومور و ضدویروس، در ارتقای ایمنی بدن نیز نقش دارد[٦]. گیاه ختمی شامل موسیلاژ پلی‌ساکاریدی (۱۱/٦- ٦/۲ درصد)، گالاکتورونورهنان[2]، آرابینان[3]، گلوکاریس[4]، آرابینو گالاکتان[5]، کربوهیدرات (۲۵-۳۵ درصد)، فلاونوئیدها ،گلیکوزیدها، قندها (۱۰ درصد ساکارز)، آمین‌ها تا ۱۲ درصد آسپارژین‌ها، چربی (۱/۷ درصد)، اگزالات کلسیم، کومارین‌ها، اسید فنولیک و استرول‌ها است. موسیلاژ همگن خالص این گیاه از L-رامنوز، D-گالاکتوز، اسید گالاکونونیک و اسیدD-گلوکورونیک در نسبت مولی۳:۳:۲:۳ تشکیل شده است[۷]. گل ختمی حاوی اسیدهای چرب غیراشباع ضروری مانند امگا-۹ و امگا-۵ می‌باشد که میتواند جایگزین خوبی برای روغنهای نباتی رایج شود. همچنین گل و برگ ختمی دارای روغن‌های اساسی و اسید آسکوربیک می باشد[۸]. نیاز مداوم جامعه بشری به استخراج ترکیبات مؤثر گیاهی، سبب انجام پژوهش‌های گسترده‌ای در زمینه معرفی فرآیند استخراجی کارآمدتر و اقتصادی‌ترشده است[۹]. حصاری‌نژاد و تات (۲۰۱۹)، اثر افزودن موسیلاژ گل ختمی بر ویژگی‌های فیزیکی، بیاتی و حسی کیک اسفنجی را بررسی نمودند که بر اساس نتایج به‌دست آمده، نمونه حاوی ۷۵٪ موسیلاژ گل ختمی بهترین ویژگی‌های کیفی و حسی را داشت[۱۰]. دلنواز هاشمیان و همکاران (۱۳۹۱)، نیز در پژوهش خود بیان کردند اندام‌های ختمی از محتوای موسیلاژ، ترپن و فنل بالایی برخوردار هستند[۱۱].

1-Malvaceae
2 -Galacturonorhamnans
3 -Arabinans
4- Glucaris
5 -Arabinogalactans

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-05]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.157.176]

استفاده از روش‌های نوین نظیر فراصوت و امواج مایکروویو به دلیل بالاتر بودن سرعت و انرژی مؤثر در استخراج و انتقال جرم بیشتر مورد بررسی قرار گرفته‌اند[۱۲]. استخراج با امواج مایکروویو گام موثری در راستای صنعتی کردن استخراج هیدروکلوئیدهای بومی برای استفاده در فرآورده‌های غذایی محسوب می‌گردد که البته هنوز نیازمند پژوهش‌های بیشتری است. مایکروویو یکی از کارآمدترین روشهای نوین با راندمان بالا برای استخراج است. از این رو در مطالعات متعددی از مایکروویو به دلیل راندمان بالای استخراج، محیط زیست دوستی، کم‌هزینه بودن، کاهش زمان بازیابی و سهولت استفاده در مقیاس بزرگ یا کوچک برای استخراج استفاده می‌شود.

بهینه‌سازی فرآیند یکی از مهمترین فعالیت‌های صنعت رقابتی امروزی است. از طرفی هزینه بالای تحقیق مستلزم استفاده از روش‌هایی است که امکان تعیین متغیرهای موثر بر یک فرآیند را با کمترین تعداد آزمایش میسر می‌سازد که با استفاده از روش‌های کلاسیک و طراحی مدل های آماری انجام می‌شود[۱٤و۱۳]. کاربرد RSM برای بهینه‌سازی طرح، در کاهش هزینه روش‌های تحلیل گران قیمت و بی نظمی‌های عددی مرتبط با آن‌ها می باشد. در RSM، همگرایی به سمت عنصر بهینه است زیرا آن‌ها اثرات عوامل بی‌نظمی را کاهش می‌دهند [۱۵]. در طراحی آزمایش‌ها، هدف، شناسایی و تحلیل متغیرهای موثر بر خروجی‌ها با کمترین تعداد آزمایش است. این روش با کشف میزان بهینه هر یک از متغیرهای طراحی به بهترین سطح پاسخ دست می‌یابد. قربانی در پژوهش خود (۱۳۹٤)، بهینه سازی استخراج موسیلاژ گل پنیرک بوسیله پیش تیمار فراصوت و مایکروویو و بررسی ساختار شیمیایی و رفتار رئولوژیکی آن را انجام داد[۱٦]. شیما معززی دامغان فر (۱۳۹٤)، به بهینه‌سازی استخراج موسیلاژ دانه ختمی توسط پیش تیمار فراصوت و مایکروویو و بررسی ساختار شیمیایی و رفتار رئولوژیکی آن پرداخته است[۱۷]. علی رغم انجام مطالعات اولیه بر روی بهینه‌یابی شرایط استخراج و ویژگی‌های این موسیلاژ، تاکنون مطالعاتی در رابطه با بهینه‌سازی استخراج موسیلاژ گل ختمی با کمک امواج مایکروویو و روش سطح پاسخ منتشر نشده است. هدف اصلی از مطالعه حاضر بررسی میزان راندمان استخراج موسیلاژ از گل ختمی تحت تاثیر متغیرهای توان مایکروویو، نسبت آب به گیاه خشک و مدت زمان تیمار است. جهت دستیابی به میزان بهینه بازدهی، متغیرهای فرایند با استفاده از روش سطح پاسخ بهینه‌سازی گردیدند.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱-آماده‌سازی نمونه

این مطالعه در سال ۱٤۰۱ در در آزمایشگاه تکنولوژی مواد غذایی، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام شد. ماده اولیه مورد نیاز این پژوهش گل ختمی از بازار محلی اهواز تهیه شده، ناخالصی‌های آن به صورت دستی جداسازی شد و تا زمان انجام آزمون‌ها در محیط خشک و خنک نگهداری شد.

۲-۲-استخراج موسیلاژ گل ختمی

جهت استخراج موسیلاژ از روش مقبل و همکاران و سکاچائی با کمی تغییر استفاده شد[۱۸و۱۲]. ابتدا گل ختمی، با آب مقطر دو بار تقطیر به نسبت‌های مشخص شده (۹۰-۵۰ برابر) مخلوط شد. سپس تحت تاثیر امواج مایکروویو (۸۵۰-۲۵۰ وات) در زمان‌های مورد نظر (۱۰-۲ دقیقه) قرار گرفت. مخلوط حاصل جهت حصول هرچه بیشتر موسیلاژ، به مدت یک ساعت در دمای محیط قرار گرفت، سپس مخلوط حاصله با کمک توری پارچه‌ای صاف گردید. مخلوط موسیلاژ به دست آمده با دوبرابر حجم خود اتانول ۹٦٪ جهت ایجاد لخته مخلوط شد و به مدت یک ساعت در دمای محیط قرار گرفت. لخته‌های موسیلاژ به دست آمده توسط صافی جداسازی شده و برای خشک کردن به آون منتقل گردید. موسیلاژهای خشک شده، وزن شده و برای به دست آوردن راندمان استخراج از رابطه ۱ استفاده‌گردید.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-05]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.157.176]

وزن گل ختمی M_1 :وزن موسیلاژ استخراج شده M_2 : رابطه1 $y=\frac{M_1}{M_2}\times 100$

موسیلاژهای به دست آمده برای انجام سایر آزمون‌ها به صورت مجزا در مکان خشک و خنک نگهداری شدند.

۲-۳-طرح آزمایش و آنالیز داده‌ها

روش سطح پاسخ (RSM)، مجموعه‌ای از تکنیک‌های آماری و ریاضی است که در مورد فرآیندهایی کاربرد دارد که چند متغیری هستند یا مکانیسم‌های دخیل در آنها به خوبی مشخص نشده‌اند و اطلاعات موجود در مورد سیستم بسیار کم می‌باشد، یا میان متغیرها بر هم‌کنش وجود داشته و پاسخ غیرخطی است. هدف اصلی روش سطح پاسخ، رسیدن به شرایط بهینه است که طرح مرکب مرکزی ارجحیت دارد. در مرحله انتخاب متغیرهای مستقل و سطوح آنها، فاکتورهای تاثیرگذار بر فرآیند، گزینش شده و سپس سطوح آنها تعیین می‌شوند. تعیین این سطوح به‌دلیل این که موفقیت فرآیند مستقیما مربوط به این سطوح می‌باشد، دارای اهمیت است. به‌دلیل این که این پارامترها در آزمایش، واحد یا محدوده‌های متفاوت دارند، آنالیز رگرسیون را نمی‌توان مستقیما انجام داد. در همین راستا، ابتدا بایستی پارامترها را پیش از انجام آنالیز رگرسیون، نرمال‌سازی کرد. هر کدام از متغیرهای کدبندی شده[۶] در محدوده(۱- تا ۱+) قرار میگیرند، به طوری که متغیرها بدون بعد می‌شوند. مقادیر سطوح متغیرها به صورت کد بندی شده در آنالیز طرح به کار می‌روند.

نرم‌افزارهای کامپیوتری، طرح‌های بهینه را بر پایه معیارهای خاص و ورودی‌هایی که کاربر مدنظر قرار می‌دهد، ایجاد می‌کنند. تفاوت این طرح‌ها با توجه به انتخاب نقاط آزمایش در تعداد آزمایش‌ها[۷] و بلوک‌ها می‌باشد. پس از گزینش طرح، رابطه مدل تعریف شده و ضرایب آن تخمین زده می‌شوند . مدل مورد استفاده در RSM ، عموما رابطه درجه دوم کامل یا درجه دوم کاسته می‌باشند. مدل درجه دوم را میتوان به صورت زیر نوشت :

$$Y=b_0+\sum b_i x_i+\sum b_{ii} x_i^2 \sum b_{ij} x_i x_j$$

که b_0 ، b_i ، b_{ii} و b_{ij} ضرایب رگرسیونی برای به‌ترتیب عرض از مبدا، خطی، درجه دوم و بر هم کنش و x_i و x_j متغیرهای مستقل کدبندی شده هستند. ضرایب مدل با استفاده از روش حداقل مربع‌ها[۸] محاسبه می‌گردند که یک تکنیک رگرسیون چندگانه است. پس از به دست آوردن ضرایب رگرسیونی، پاسخ تخمین زده شده را می‌توان به سادگی با استفاده از رابطه مدل محاسبه کرد. معمولا رفتار سیستم ناشناخته است و بنابراین بایستی توان برازش مدل بر داده‌های آزمایش را بررسی کرد. برای ارزیابی کفایت مدل، تکنیک‌های مختلفی وجود دارند. تعدادی از این تکنیک‌ها شامل آنالیز خطا[۹] ، مقیاس بندی خطاها[۱۰] ، مجموع مربع‌های خطای پیش بینی[۱۱] (Press) و آزمون ضعف برازش[۱۲] می‌باشند. قابلیت پیش‌بینی کلی مدل به طور متداول توسط ضریب تعیین R^2بیان می‌شود که از Press محاسبه می‌گردد. ولی نبایستی فراموش شود که R به تنهایی نمی‌تواند معیاری از صحت مدل باشد[۱۹].تیمارها با استفاده از روش سطح پاسخ و بر اساس طرح مرکب مرکزی برای متغیرهای مستقل شامل نسبت آب به دانه، توان مایکروویو و مدت زمان قرار گرفتن دانه ها در معرض امواج مایکروویو تنظیم گردیدند (جدول۱).

Table 1- Levels of independent variable

Independent variable	Min	MAX	-Alpha	+Alpha

6-Coded variable
7- Runs
8- Least squares
9- Residual analysis
10 -Scaling residuals
11- Prediction error sum of squares (Press)
12 - Lack of fit

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-05]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.157.176]

A	Microwave power(watt)	400	700	250	**850**
B	Time(min)	4	8	2	**10**
C	Water ratio	60	80	50	**90**

Table 2 – Experiments of central composite design

Independent variable			
Water ratio	Time(min)	Microwave power(watt)	**Treatment number**
80	8	700	**1**
80	4	700	**2**
80	8	400	**3**
90	6	550	**4**
70	6	550	**5**
60	7	700	**6**
60	4	400	**7**
70	6	850	**8**
70	6	550	**9**
70	6	550	**10**
70	6	550	**11**
70	6	550	**12**
80	4	400	**13**
70	6	550	**14**
70	6	250	**15**
70	10	550	**16**
50	4	550	**17**
60	6	700	**18**
60	8	400	**19**
70	2	550	**20**

در مرحله بعد، طرح آماری گزینش شده و رابطه مدل مورد استفاده برای پیش‌بینی، برازش شده و مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. آزمون‌ها از روش سطح پاسخ و بر اساس طرح مرکب مرکزی با استفاده نرم افزار Design Expert 11 برای متغیرهای مستقل طراحی و نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel 2016 رسم شدند. جدول۲ ، نشان دهنده ۲۰ تیمار بر اساس نسبت آب به ماده خشک ، توان مایکروویو و زمان می‌باشد.

۳-نتایج و بحث

۳-۱- برازش مدل‌ها

به‌منظور انتخاب الگوهای تجربی برای پیش‌بینی پاسخ، رابطه‌های خطی، چندجمله‌ای درجه دوم و سوم بر داده‌های به‌دست آمده از آزمایش‌ها برازش و سپس این الگوها تحلیل

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-05]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.157.176]

آماری شد تا الگوی مناسب گزینش شود. عوامل الگو در سطح اطمینان ۹۵ درصد ارزیابی شد. بنابراین به ترتیب فاکتورهای مستقل به مدل افزوده و معنی‌داری آن‌ها در مدل مورد آزمون قرار گرفت. همانطور که در جدول۳، مشاهده می‌گردد با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، مدل Quadratic معنی‌دار است.

Table 3- ANOVA analysis of quadratic polynomial model for extraction yield

Source	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F
Model	9	6.01	11.28	0.0225
A-power	1	13.32	28.13	0.0167
B-time	1	0.72	34.32	0.5139
C-water ratio	1	2.10	12.75	0.2811
AB	1	0.61	2.40	0.5547
AC	1	1.44	7.81	0.3671
BC	1	1.44	7.28	0.3671
A^2	1	0.98	1.12	0.4540
B^2	1	30.30	8.32	0.0015
C^2	1	10.55	5.18	0.0288
Residual	10	0.52		
Lack of Fit	5	0.92	7.92	0.0012

آنالیز واریانس برای ارزیابی اثرات معنی‌داری متغیرهای فرآیند روی هر یک از پاسخ‌ها انجام شد. توابع پاسخ در مورد پارامترهای اندازه‌گیری شده با استفاده از مدل‌های مختلف (خطی، دوفاکتوره و درجه دوم) بر اساس ضریب همبستگی تنظیم شده مقایسه گردید. به‌صورتی که مدلی که دارای بیشترین مقادیر این فاکتورها باشد دارای قدرت پیش‌بینی بالا و دقت بیشتری خواهد بود. آنالیز واریانس برای تعیین عدم برازش و معنی‌دار بودن اثرات خطی و درجه دوم و برهمکنش متغیرهای مستقل بر متغیرهای وابسته صورت گرفت. اگر مقدار P value برای آزمون عدم برازش در ANOVA بزرگتر مساوی ۰/۰۵ باشد، به معنای کافی بودن مدل برای پیش‌بینی پاسخ مورد نظر می‌باشد[۲۰]. در مدل مورد استفاده برای بازدهی پارامترهای زمان در مدل مورد استفاده، معادله سهم هر فاکتور و اثرات متقابل آنها بر روی درصد استخراج موسیلاژ گل ختمی به صورت معادله زیر بیان شد. A، B و C به ترتیب توان مایکروویو، زمان و نسبت آب به دانه هستند.

$$10.80+0.91A+0.21B+0.36C+0.28AB-0.42AC-0.42BC-0.2B^2+C^2$$

بعد از بررسی داده‌ها و استخراج مدل هریک از متغیرهای وابسته برای بررسی میزان عملکرد و صحت هر یک از این مدل‌ها، می‌توان از نمودارهای موجود استفاده کرد. یکی از این نمودارها، مقادیر پاسخ پیش‌بینی شده در مقابل مقادیر واقعی را برای کمک به تشخیص مقادیر یا گروهی از مقادیر که توسط مدل پیش بینی نشده است را نشان می‌دهد. شکل ۱ نمودار مقادیر واقعی در مقابل مقادیر پیش بینی شده در مدل مورد بررسی است. هرچه مدل داده‌ها را بهتر برازش کند نقاط موجود در این نمودار به خط نزدیکتر خواهند شد و عدم برازش کمتری را نشان خواهد داد. شکل۱ برازش نسبتا خوبی را برای داده‌ها ارائه می‌دهد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-05]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.157.176]

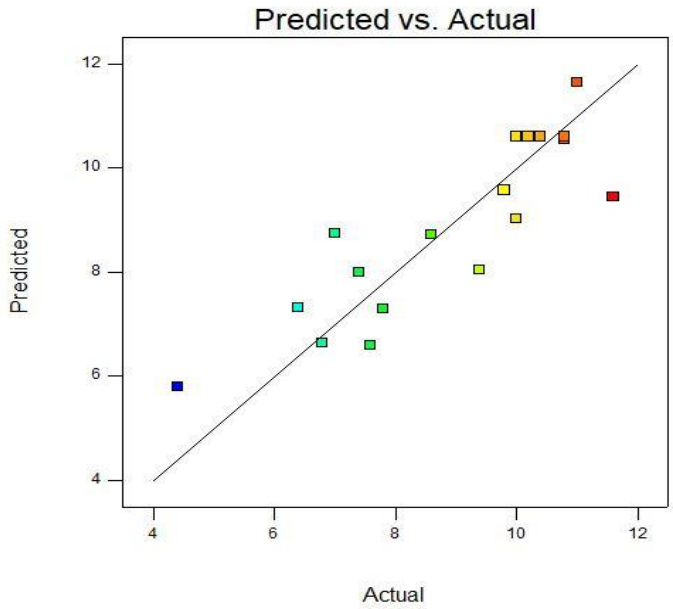

Figure 1. Actual values of mucilage extraction versus values predicted by the model

در این مطالعه، حداقل میزان استخراج ٤/٤٪ و حداکثر میزان استخراج ١١/٦٪ به دست آمد که به ترتیب مربوط به نمونه شماره ۲۰ و ۲ بود که نسبت آب در این نمونه‌ها به ترتیب ۷۰ و ۸۰، زمان ۲ و ٤ دقیقه و توان ماکروویو ۵۵۰ و ۷۰۰ وات بود، که مقدار این پارامتر با توجه به شرایط استخراج متغیر بود. شکل ۲ نشان دهنده اثرات متقابل متغیرهای مستقل بر بازده استخراج صمغ می‌باشد. نمودار a از شکل ۲ نشان دهنده اثرات متقابل زمان و نسبت آب به دانه می باشد. با افزایش زمان در نسبت های ثابت آب و توان ثابت، میزان استخراج صمغ کاهش می یابد. قست b نمودار سطح پاسخ، اثر متقابل دو فاکتور توان و زمان را نشان می‌دهد. با توجه به شکل با افزایش توان مایکروویو در زمان ثابت، بازده استخراج صمغ افزایش می‌یابد، لیکن افزایش توان هم‌زمان با افزایش زمان تیمار، منجر به کاهش میزان استخراج صمغ می‌گردد. افزایش زمان هم‌زمان با ثابت نگه داشتن توان در ابتدا منجر به افزایش استخراج و پس از عبور از محدوده‌ای منجر به کاهش میزان حصول صمغ شد. قسمت c نمودار سطح پاسخ، اثرات متقابل توان و نسبت آب به دانه را نشان می‌دهد. برای حصول بالاترین میزان استخراج صمغ، افزایش توان مایکروویو می‌بایست با افزایش درصد نسبت آب صورت گیرد. همانگونه که مشخص است افزایش نسبت آب به دانه در توان‌های ثابت منجر به کاهش میزان استخراج صمغ شد. افزایش نسبت آب در توان‌های پایین‌تر افزایش راندمان استخراج صمغ را نشان می‌دهد. افزایش راندمان استخراج با افزایش نسبت آب را می‌توان به وجود حلال بیش‌تر نسبت داد که نیروی محرکه برای انتقال جرم صمغ از دانه‌ها را تشدید می‌نماید . به عبارت دیگر با افزایش مقدار آب شرایط لازم برای انتقال اسمزی آب به درون دانه و انتشار صمغ به بیرون تسهیل می‌شود. تاثیر منفی نسبت های بیش تر آب به دانه بر راندمان استخراج توسط سینگ تانگ و همکاران (۲۰۰۹)، در مورد صمغ برگ یانانگ[۲۱] و گاراژیان و همکاران (۲۰۰۸)، در مورد صمغ دانه شاهی [۲۲] گزارش شده است. به نظر می‌رسد با افزایش بیشتر نسبت آب ، تاثیر رقت سبب معکوس شدن فرآیند اسمز آب و انتشار صمغ می‌گردد که در نتیجه کاهش راندمان استخراج را در پی خواهد داشت.[۲۳]. افزایش توان در زمان و نسبت آب ثابت نیز موجب افزایش راندمان موسیلاژ شد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-05]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.157.176]

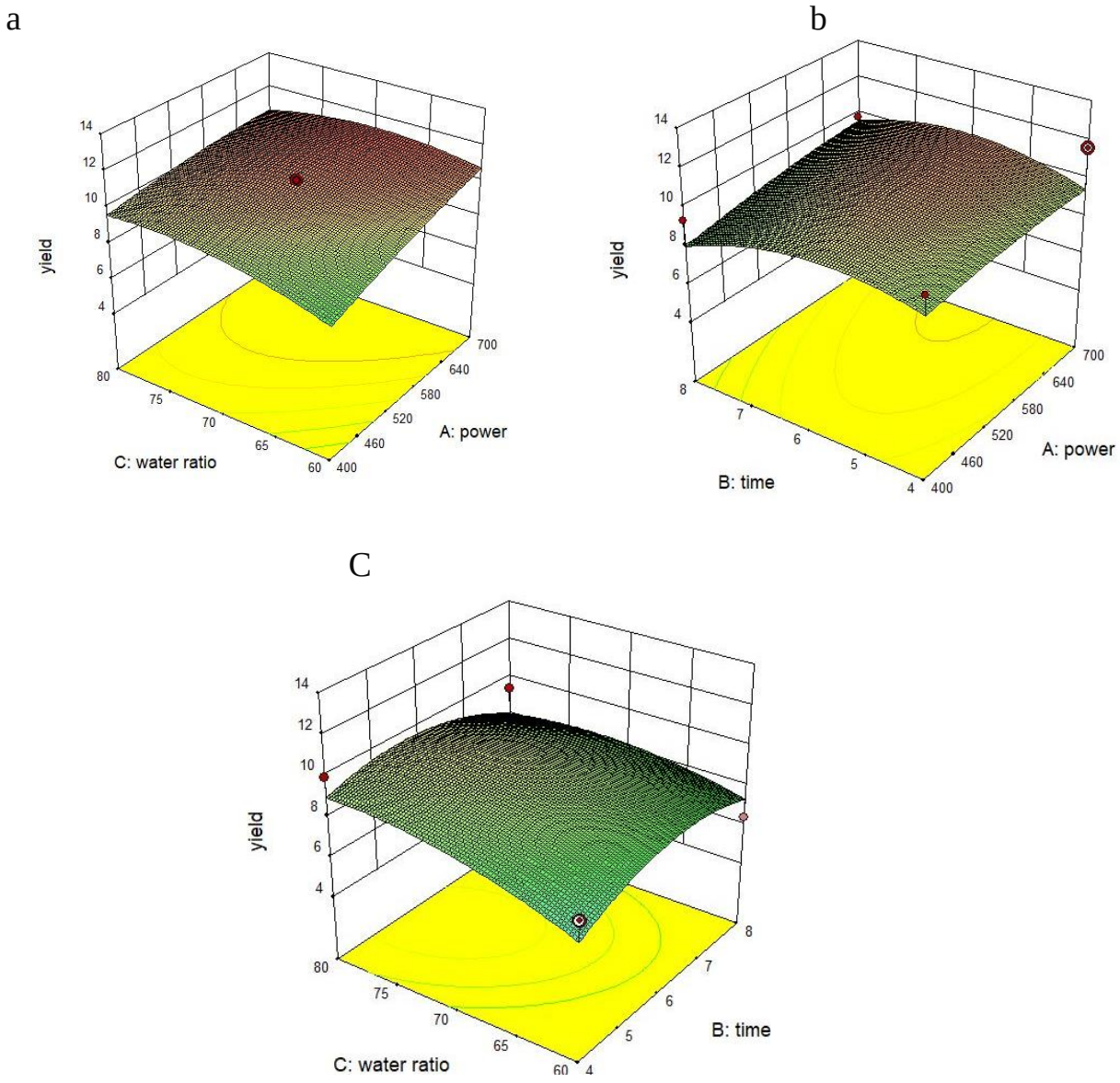

fig.2. Effect of power and water ratio (a), water ratio and time (b), power and time(c) on extraction yield of *Althaea officinali*

افزایش بازده استخراج با افزایش توان مایکروویو، مربوط به اثرات مستقیم انرژی مایکروویو بر مواد گیاهی می‌باشد[۲۴]. توان مایکروویو بسیار به دما در طول استخراج به کمک مایکروویو مربوط است و با افزایش توان مایکروویو، دما افزایش می‌یابد [۲۵]. زمانی که ماده در معرض اموا ج مایکروویو قرار می‌گیرد ساختار غشاهای سلولی شکسته و در نتیجه موسیلاژ وارد حلال می‌شود. بنابراین، افزایش توان مایکروویو به طور کلی بازدهی استخراج را بهبود می‌بخشد. زیرا افز ایش توان مایکروویو منجر به افزایش دما (وابسته به توانایی ماده و حلال در جذب انرژی امواج مایکروویو)و سرعت استخراج (تبخیر) می‌شود. همچنین انتخاب یک حلال با قدرت استخراج بالا و فعل و انفعال قوی با ماده مهم است[۲۶]. حلال‌های قطبی مثل آب و محلول‌های یونی(معمولا اسیدها)، بر خلاف حلال‌های غیرقطبی مثل هگزان به عنوان حلال در روش استخراج به کمک مایکروویو مناسب هستند، زیرا آن‌ها به دلیل گشتاور دوقطبی دائمی انرژی مایکروویو را به خوبی جذب می‌کنند. در واقع جذب امواج مایکروویو مربوط به ثابت دی‌الکتریک است که توانایی ماده برای جذب امواج مایکروویو را مشخص

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-05]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.157.176]

مـی‌کنـد. مثلا آب ثابت دی‌الکتریک بالایی دارد یعنی انـرژی مـایکروویو بیشتری را نسبت به اتلاف آن جذب می‌کنـد. بنـابراین باعـث افـزایش دمـا و نفـوذ ترکیبـات بـه حـلال مـی‌شـود[۲۷].

خامه و همکاران (۱۳۹۹)، درپژوهش خود اعلام کردند که در استخراج موسیلاژ مان شکر تیغال نیش‌دار با مایکروویو، تاثیرگذارترین عامل توان(قدرت) و بعد دمای استخراج بود[۲۸]. در مطالعه گودرزی شمس‌آبادی و همکاران (۱٤۰۱)، بهینه سازی استخراج موسیلاژ از دانه به انجام شد. نتایج نشان داد کـه برخـی از پارامترهای استخراج بـه صـورت معنـی‌داری، میـزان بازدهی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. محدوده گزارش شده در این مطالعه بالاتر از سایر مطالعات انجام شده با روش سنتی بود[۲۹]. سماواتی و اسکندری (۲۰۱٦)، نیز نتایج مشابهی را در زمینه استخراج صمغ میوه آسیریان پالم به دست آوردند و بالاترین میزان بازدهی استخراج در بیشترین قدرت مورد استفاده مایکروویو (۳۰۰ وات) و در بالاترین زمان (۸۰/٦۷ دقیقه)به دست آمد[۳۰]. یان و همکاران (۲۰۱۰)، نیز گزارش نمودند که بیشترین میزان بازدهی استخراج موسیلاژ کتیرا را در زمان طولانی اشعه‌دهی با این امواج به دست آوردند اما اعلام کردند که در صورتی که اشعه‌دهی در مدت زمان خیلی طولانی‌تری ادامه یابد، بازدهی استخراج به دلیل اثرات تجزیه‌ای امواج بر موسیلاژ استخراج شده، کاهش می‌یابد[۳۱].

علیزاده بهبهانی و همکاران (۱۳۹۵)، در پژوهش خودبهینه‌سازی استخراج عصاره برگ گیاه حرا با استفاده از روش مخلوط و بررسی اثر ضدمیکروبی آن را بررسی کردند. در این مطاله اثر حلال‌های آب، اتانول، متانول و گلیسیرین هر کدام در پنج سـطح (صـفر، ۳۱/۲۵ ،۸۳/۳۳، ۱۲۵ و ۲۵۰ میلـی لیتـر) بـا اسـتفاده از هندسه مخلوط برای استخراج عصاره برگ گیاه حرا ارزیابی گردید. از مدل چندجمله‌ای شف و بهینه‌سازی عددی بـه منظـور مـدل‌سـازی و بهینـه‌سـازی عصاره استفاده گردید. مدل چند جمله‌ای شف به‌طور معنی‌داری قادر به پیش بینی بازده حاصل از استخراج عصاره برگ حرا بود. بـر ایـن اسـاس فرمولاسیون بهینه دارای گلیسیرین (صفر میلی‌لیتر)، آب (۲۸/۲۲ میلی‌لیتر)، متانول (۵۹/۸۳ میلی‌لیتر) و اتانول (۱٦۱/۹۵ میلی‌لیتر) بـود. نتایج این پژوهش نشان داد کـه عصـاره بـرگ گیـاه حـرا در شـرایط آزمایشگاهی اثر ضد میکروبی قابل ملاحظه‌ای بـر سـویه‌هـای مـورد مطالعه داشت[۳۲]. قربانی (۱۳۹۹) ، استخراج موسیلاژ گل پنیرک بوسیله پیش تیمار فراصوت و مایکروویو را بهینه‌یابی و سپس ساختار شیمیایی و رفتار رئولوژیکی آن را مورد بررسی قرار داد. با هدف بهینه سازی استخراج موسیلاژ گل پنیرک، پیش تیمار فراصوت (فرکانس ثابت ۳۷ کیلوهرتز، توان ۱٦۰–۱۰۰ وات، زمان ۲۰–۱دقیقه و دما۵۰–۳۰ درجه سانتی‌گراد) و پیش تیمار مایکروویو (توان ۱۸۰ تا ٥٤۰ وات، زمان ۵ تا ۱۰ دقیقه و وزن پودر گل ۳۰ تا ۵۰ گرم) به کار گرفته شد. نتایج نشان داد استخراج با فراصوت دارای کمترین میزان پروتئین و از لحاظ ویسکوزیته بعد از روش مایکروویو در رتبه دوم بیشترین میزان این فاکتور قرار دارد. در حالیکه روش مایکروویو گرچه دارای بالاترین ویسکوزیته است اما پروتئین آن حتی از تیمار متداول نیز بیشتر بوده است[۱٦]. در مطالعه صلاحی و همکاران (۱٤۰۰)، بهینه یابی شرایط استخراج گلوکومانان ریشه سریش را مورد مطالعه قرار گرفته است. برای این منظور، اثر دما (۸۰–۳۰ درجه سانتی‌گراد)، نسبت آب به ماده جامد (۱۰۰ –۵۰)و زمان (٤–۱ ساعت) بر راندمان استخراج، ویسکوزیته ظاهری و حلالیت با روش سطح پاسخ مدل‌سازی و بهینه‌یابی شد. نتایج نشان داد مدل درجه دو بهترین مدل برای توصیف داده‌ها می‌باشد. دمای ۷۹ درجه سانتی‌گراد، نسبت آب به ماده جامد ۹۸/۳ به ۱ و زمان ۳ ساعت و ۱۲ دقیقه بهینه شرایط استخراج به دست آمد[۳۳]. علیزاده بهبهانی و ایمانی فولادی (۲۰۲۱)، در مطالعه خود با استفادع از روش سطح پاسخ تأثیر پارامترهای مستقل از جمله نسبت آب به دانه، دما، زمان و شدت اولتراسوند بر عملکرد استخراج بارهنگ کبیر را مورد ارزیابی قرار دادند.شرایط بهینه برای به دست آوردن حداکثر بازده استخراج (۱۳/۱

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-05]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.157.176]

درصد) دمای استخراج ۷۰ درجه سانتی‌گراد، زمان استخراج ۴۰ دقیقه، نسبت آب به دانه ۱۰:۱ و قدرت اولتراسونیک ۹۰ درصد بود. نتایج نشان داد در دمای ثابت استخراج، عملکرد با افزایش زمان استخراج افزایش قابل توجهی داشت، در حالی که با افزایش قدرت اولتراسونیک افزایش جزئی را نشان داد[۳۴]. کاراژیان و همکاران (۲۰۱۱)، اظهار داشتند افزایش نسبت آب به دانه شاهی تا نسبت ۱ به ۴۵ باعث افزایش راندمان استخراج شد. آن‌ها دلیل افزایش را در دسترس بودن حلال به مقدار لازم و افزایش نیروی مورد نیاز جهت انتقال جرم مشخصی از پلی‌ساکارید عنوان کردند. ولی با افزایش بیشتر نسبت آب به دانه تا ۱ به ۶۰ ، راندمان استخراج روند کاهشی را در پی داشت[۳۵].

کامپوس و همکاران (۲۰۱۵)، بهینه یابی استخراج موسیلاژ دانه چیا را انجام دادند و کاربرد آن در بستنی را بررسی کردند. آن‌ها گزارش دادند که اثر دما (۳۰-۸۰ درجه سانتی‌گراد) و زمان (۲-۴ ساعت) بر راندمان استخراج معنی‌دار بوده و با افزایش هر دو پارامتر راندمان استخراج افزایش پیدا می‌کند[۳۶]. دهقان و همکاران(۲۰۱۷)، در مطالعه بهینه‌یابی استخراج صمغ دانه به با کمک فراصوت به روش سطح پاسخ دریافتند با افزایش دما راندمان استخراج افزایش و ویسکوزیته ظاهری کاهش پیدا می کند[۳۷]. در تحقیق دیگری توسط یانگ و همکاران(۲۰۱۹)، مشخص شد با افزایش زمان و دمای استخراج، راندمان استخراج پکتین از تفاله سیب زمینی به طور معنی داری افزایش پیدا میکند[۳۸]. در مطالعه وسیعی و همکاران (۲۰۱۶)، بهینه سازی شرایط تولید لیپاز تولید شده توسط باسیلوس سرئوس از آرد برنج از طریق طرح پلاکت-برمنو روش سطح پاسخ انجام شد.با توجه به نتایج، شرایط بهینه تولید آنزیم با نسبت عصاره بذر گشنیز به عصاره مخمر ۱۶/۹ (W/W)، روغن زیتون و کلرید منیزیم ۲/۳۷ گرم در لیتر و ۲۴/۲۳(Mm) به دست آمد[۳۹]. زمانی و همکاران (۲۰۲۰)، بهینه‌یابی استخراج دانه انجره با استفاده از روش سطح پاسخ را انجام دادند و نتیجه گرفتند با افزایش دما راندمان استخراج افزایش پیدا می‌کند[۴۰].

گلالی خوانی و همکاران (۲۰۱۴)، در بهینه یابی شرایط استخراج موسیلاژ از دانه خاکشیر دریافتند که دمای ۹۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲/۹ ساعت با نسبت آب به ماده جامد ۴۴/۲ در pH برابر ۷/۵ ،نقطه بهینه استخراج می‌باشد[۴۱]. میتال و همکاران (۲۰۱۶)، بهینه‌یابی استخراج گالاکتومانان سوبابل (راسته باقلاسانان) را انجام دادند. آنها اثر افزودن NaOHو MCA، اثر دما و زمان را بر روی راندمان استخراج و حلالیت مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج با افزایش pH از ۱/۲ به ۱۰ درصد حلالیت نیز افزایش پیدا کرد[۴۲]. علیزاده بهبهانی و همکاران (۱۳۹۶)، در مطالعه خود نشان دادند که شرایط بهینه استخراج برای صمغ دانه بارهنگ[۱۳]، دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد،pH برابر ۶ و نسبت آب به دانه۱:۶۰ است. در این مطالعه بیان شد که صمغ حاصل از دانه بارهنگ یک پلی ساکارید با وزن مولکولی بالا (۱/۲×۱۰^{۶}) با ۸۵/۵۹ درصد کربوهیدرات، ۷۶/۷۹ میلی گرم معادل اسید گالیک در گرم نمونه محتوای فنل کل خشک است. و ۹۷/۸ میلی‌گرم در گرم محتوای فلاونوئید کل است[۴۳].

بهینه سازی استخراج صمغ دانه بارهنگ با پیش تیمار فراصوت توسط نیک‌نام و همکاران (۱۳۹۷)، انجام شد. بر اساس نتایج حاصل، توان ۴۰۰ وات، دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و زمان ۳۰ دقیقه، نسبت دانه به آب مقطر ۱ به ۲۰، دمای استخراج ۷۵ درجه سانتی‌گراد و زمان ۴۰ دقیقه به عنوان حالت‌های بهینه برای استخراج این صمغ با پیش تیمار فراصوت بودند. بعد از استخراج، خالص سازی و بهینه سازی صمغ دانه بارهنگ، مقادیر رطوبت، خاکستر، پروتئین و کربوهیدرات آن اندازه گیری شد که براساس نتایج حاصل شده مقادیر، رطوبت ۶/۲۰٪ ، خاکستر ۳/۲۳٪ ، پروتئین ۲٪/۰۳ و کربوهیدرات ۸۸/۴۷٪ به دست آمد[۴۴].

13 -*Plantago major* seed mucilage

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-05]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.157.176]

راندمان استخراج صمغ دانه به، با استفاده از متغیرهای توان مایکروویو (۸۵۰-۲۵۰ وات)، نسبت آب به دانه (۲۰-۶۰) و زمان استخراج (۹-۲ دقیقه)، با روش سطح پاسخ در مطاله گودرزی شمس‌آبادی و همکاران (۱٤۰۱)، بهینه سازی شد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی صمغ شامل خاکستر، رطوبت، پروتئین و چربی اندازه گیری و خواص آنتی‌اکسیدانی ارزیابی گردید. بازدهی استخراج در دامنه ٪۸/۹ تا ٪۱۵/۲ بود. با افزایش توان مایکروویو در زمان ثابت، بازده استخراج صمغ افزایش می یابد، لیکن افزایش توان هم زمان با افزایش زمان تیمار منجر به کاهش میزان استخراج صمغ گردید. افزایش زمان همزمان با ثابت نگه داشتن توان در ابتدا منجر به افزایش استخراج و پس از آن منجر به کاهش میزان حصول صمغ شد. قدرت مهار کنندگی و خاصیت آنتی اکسیدانی با روشهای DPPH، FRAP، ABTS و آزمون بی رنگ شدن بتاکاروتن ، به ترتیب ۵۳/۱۹ میکروگرم بر میلی‌لیتر، ۱/۰٦ میکروگرم بر میلی لیتر، ٦۹/٦۱ میکروگرم برمیلی لیتر، ۲/۹۲ میلی گرم در ۱۰۰ گرم، میزان فنل و فلاونوئید کل ۷٤/٦٦ میلی گرم معادل اسید گالیک در گرم نمونه و ٦۷۰/۲۱ میلی گرم کوئرستین بر گرم خشک نمونه به دست آمد[۲۹].

٤-نتیجه گیری

موسیلاژها از متابولیت های ثانویه گیاهی هستند. استفاده از موسیلاژهایی مانند موسیلاژ گل ختمی با توجه به توانایی فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی سبب افزایش عمر نگهداری موادغذایی شده و به دلیل دارا بودن ترکیبات فیبری به‌عنوان ترکیبات سلامت‌بخش در رژیم‌های غذایی توصیه و قابل استفاده می‌باشد. در پژوهش حاضر، بهبود استخراج موسیلاژگل ختمی با کمک مایکروویو و با استفاده از روش سطح پاسخ جهت دستیابی به شرایط مناسب جهت استخراج، بر اساس متغیرهای مستقل نظیر توان مایکروویو، مدت زمان تیمار و نسبت آب که منجر به دستیابی حداکثر میزان استخراج می‌گردد بررسی شد. راندمان استخراج صمغ در دامنه ٤/٤٪ تا ۱۱/٦٪ حاصل شد که به ترتیب مربوط به نمونه شماره ۲۰ و ۲ بود که نسبت آب در این نمونه‌ها به ترتیب ۷۰ و ۸۰، زمان ۲ و ٤ دقیقه و توان ماکروویو ۵۵۰ و ۷۰۰ وات بود. در توان‌های پایین افزایش نسبت آب منجر به افزایش راندمان استخراج شد. به طورکلی روش‌های نوین نظیر امواج مایکروویو به دلیل بالاتر بودن سرعت و انرژی مؤثر در استخراج و انتقال جرم می‌تواند در بهینه‌سازی استخراج متابولیت‌های گیاهی موثر باشد.

۵- تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به دلیل حمایت‌های مادی و معنوی در اجرای طرح پژوهشی ٤۱۱/۲۹۸ صمیمانه تشکر و قدردانی نمایند.

۵- منابع

[1] Farhataki, A., Majzoubi, M. and Mesbahi, G.H., 2013, Characteristics and application of hydrocolloids in food and pharmaceuticals, Agricultural Sciences Publication, Shiraz University. [In Persian].
[2] Etemadi, A. and Atai Salehi, E., 2018, A review of the use of hydrocolloids in dietary food formulation, the first national conference of food science and industry, Karaj. [In Persian].
[3] Rahaty Ghochani, Sh. and Arabshahi Deloui, S, 2013, Investigation of the effect of flax seed mucilage on the sensory chemical and color properties of semi-fat molded yogurt, National Conference of New Sciences and Technologies in Food Industries, Torbat Heydarieh. [In Persian].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-05]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.157.176]

[4] Felkai-haddache, l., dahmoun, f., remini, h., lefsih, kh, 2016. Microwave optimization of mucilage extraction from *opuntia ficus*. international journal of biological macromolecules.84.24-30.

[5] AbbasTabar, B. 2013. Extraction and investigation of physio-chemical and rheological characteristics of seed gum. Master's thesis. Tarbiat Modares University.

[6] Zomorodi, Sh., Agdar ghare aghaji, M., Gharekhani, M., Hanifian, Sh, 2022. The effect of *Althaea Officinalis* mucilage coating containing orange (*Citrus Sinensis*) peel essential oil on the oxidative spoilage of rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*) fillet. Food Engineering Research. Volume 21, Issue 1. Pages 179-192.

[7] Kumar, S. S., Sudhakar, S., Kapil, S. and Snigdha, T. 2016. Ethno pharmacological review on *Althae*a *officinalis*. World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 5(7): 425-432.

[8] Mousavi Baighi, S.F, Razavi S.M and Kochaki, A.2014. Functional properties of mucilage extracted from Althaea officinalis. Master's thesis.

[9] Elmastas M, Ozturk L, Gokce I, Erenler R, Aboul- Enein Hy. Detremination of antioxidant activity of Marshmallow flower (Althaea officinalis). Anal Leh 2004; 37: 1859-69

[10] Yasamani Farimani,T , Hesarinejad , M , Tat, M.2019. A new study on the quality, physical and sensory characteristics of cupcakes with Althaea officinalis mucilage. Iranian Food Science and Technology Research Journal, Volume:16 Issue: 3, 2019. Pages, 25 – 35.

[11] Delnavazhashemloyan, B and Shabani, S and Atai Azimi, E, 2013, Extraction and determination of terpene content of phenolic mucilage of petal leaf stem and medicinal marshmallow seed *Althaea officinalis L*., First National Conference of Biological Sciences, Flowerjan. [In Persian].

[12] Dehghan Sekachai, A, 2014. Doctoral Thesis with the title of optimizing the extraction of quince gum and investigating the physicochemical, functional properties and interaction of this gum with whey protein.

[13] Fallah, f., Vasiee, A.R, Alizadeh Behbahani B., Tabatabaei Yazdi F., Mortazavi S. A., 2021. Optimization of gamma-aminobutyric acid production by Lactobacillus brevis PML1 in dairy sludge-based culture medium through response surface methodology. Food Science & Nutrition. 2021; 9:3317–3326.

[14] Alizadeh Behbahani B., Jooyandeh, H., Fallah, f., Vasiee, A.R. 2020. Gamma-aminobutyric acid production by Lactobacillus brevis A3: Optimization of production, antioxidant potential, cell toxicity, and antimicrobial activity. Food Science & Nutrition. 2020; 8:5330–5339

[15] Jabroti, A, Ghofrani, A.A. 2014. Introduction of response level methodology. The fourth national conference of new technologies of chemistry and chemical engineering. [In Persian].

[16] Ghorbani, A. 2019.Doctoral Thesis. Optimizing the extraction of Malva mucilage by ultrasound and microwave pretreatment
Investigation of its chemical structure and rheological behavior

[17] Meghazi Damghan Far, Shima .2014. Ph.D. Thesis, Optimization of extraction of ***Althaea officinalis*** seed mucilage (Althaea officinalis) by pretreatment
Ultrasound and microwave and investigation of its chemical structure and rheological behavior

[18] Maqbal, A., Tayibi, M. 2013. Extraction, preparation of dry powder and physio-chemical investigations of *Quince Seed* mucilage. Jundishapur Scientific Journal of Medicine, Volume 13, Number 5, 572-557.

[19] Bas, D., and Boyanci, I.H. 2007. Modeling and optimization I: Usability of response surface methodology. Journal of Food Engineering, 78: 836-845.

[20] Alizadeh Behbahani B., Jooyandeh, H., Fallah, f., Vasiee, A.R, 2021. Optimization of Whey Powder Production Yield Using Spray Dryer and Assessment of Physicochemical Characteristics of the Whey Powder. Iranian Journal Nutrition Science Food Technology. 2021; 15 (4) :115-122

[21] Singthong, J., Ningsanond, S., and Cui, S.W. 2009. Extraction and physicochemical characterization of polysaccharide gum from Yanang (*Tiliacora trainers*) leaves. Food Chemistry, 114: 1301-1307.

[22] Garajian, H. (2008). Optimizing the conditions of extracting gum from watercress seeds Examining its functional properties, PhD thesis of Ferdowsi University of Mashhad.

[23] Globoid, Elnaz, Varidi, Mehdi, Varidi, Mohammad Javad and Kochaki, Arash. 2017. Fenugreek seed gum: optimization of extraction and evaluation of antioxidant properties. Quarterly journal of new food technologies. Volume 5, No. 3, 447-468. [In Persian].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-05]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.157.176]

[24] S. Karimi. S. Sharifzadeh. and H. Abbasi (2020) "Sequential ultrasound-microwave assisted extraction as a green method to extract essential oil from *Zataria multiflora*". Journal of Food and Bioprocess Engineering. 3(2), 101-109.
[25] Elez Garofulić. V. Kruk. A. Martić. I. Martić. Z. Zorić. S. Pedisić. and V. Dragović-Uzelac (2020) "Evaluation of polyphenolic profile and antioxidant activity of Pistacia lentiscus L. leaves and fruit extract obtained by optimized microwave-assisted extraction". Foods. 9(11), 1556.
[26] Hossein Alizadeh, Z, & Danafar, F. (2022). Optimization of essential oil extraction from *Ferula assa-foetida* gum by microwave distillation method and identification of essential oil compounds. Journal of Separation Science and Engineering, 15(1), 90-105. doi: 10.22103/jsse.2023.3864. [In Persia].
[27] H. S. Kusuma. and M. Mahfud (2017) "Microwave hydro distillation for extraction of essential oil from Pogostemon cablin Benth: analysis and modelling of extraction kinetics". Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants. 4, 46-54.
[28] Khame, Maryam, Hanrour, Masood and Hamadi, Shokoh Al-Sadat. 2019. Investigating the efficiency of mucilage extraction from Tighal Nishdar by using different extraction methods. Food industry engineering research. Volume 19. Number 68. Page 65-78. [In Persian].
[29] Goodarzi ShamsAbadi B, Mehrnia M A, Noshad M, Alizadeh Behbahani B, Barzegar H.2022. Optimization of Microwave Extraction of *Quince Seed* mucilage using Response Surface Methodology. Journal of Food Science and Technology. 2022; 19 (131) :101-115. [In Persian].
[30] Samavati, V, & Skandari, F. 2014. Recovery, Chemical and rheological characterization of gum from Assyrian palm. International Journal of Biological Macromolecules, 67, 172 -179. [In Persian].
[31] Yan, M, M, Liu, W, Fu, Y, J, Zu, Y G, Chen, C. Y, & Luo, M. 2010. Optimization of the microwave -assisted extraction process for four minastragalosides in Radix Astragali. Food Chemistry, 119 (4), 1663 -1670.
[32] Alizadeh Behbahani B., Alghooneh, A, Tabatabaei Yazdi F., Shahidi F., Mortazavi S. A., Mohebbi M, 2016. Optimization of mangroveleaf extraction by mixture design and investigation of its antimicrobial effect on Listeria innocua, Enterococcus faecium and Escherichia coli. Iranian Food Science and Technology Research Journal Vol. 12, No. 2, June. July. 2016, p. 201- 213.
[33] Sadegh Amiri, M., * Razavi S. M.A. and Salahi, M. 2021. Optimizing the conditions for extracting the gum of the root of *Eremurus spectabiils* by the response surface method and investigating its physicochemical properties. Optimal sample. Journal of Food Science and Technology, No. 112, Volume 18. [In Persian].
[34] Alizadeh Behbahani, B and Imani Fooladi, A.A, 2021. Modeling of Ultrasound-Assisted Extraction, Chemical Composition, Antioxidant Activity, Rheological Aspects, and Biological Properties of "Barhang-e-Kabir" Mucilage. Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering. Vol. 40, No. 6, 2021.2087-2103.

[35] Karazhiyan, H., Razavi, S. M. A. and Phillips, G. O. "Food Hydrocolloids Extraction optimization of a hydrocolloid extract from cress seed (*Lepidus sativum*) using response surface methodology," Food Hydrocoll., vol. 25, no. 5, pp. 915–920, 2011
[36] Campos, B. E., Ruivo, T. D., Mônica, R., Scapim, S., Madrona, S. and Bergamasco, R. D. C.,2015, Optimization of the mucilage extraction process from chia seeds and application in ice cream as a stabilizer and emulsifier," LWT - Food Sci. Technol., vol. 15, 2015.

[37] Dehghan Sekachaei, A., Mahoonak, A. S., Ghorbani, M., Kashaninejad, M. and Maghsoudlou, Y.,2017, Optimization of ultrasound assisted extraction of quince seed gum through response surface methodology," vol. 19, pp. 323–333, 2017.

[38] Yang, J., Mu, T. and Ma, M.,2019, Optimization of ultrasound-microwave assisted acid extraction of pectin from potato pulp by response surface methodology and its characterization," Food Chem., vol. 289, no. March, pp. 351–359, 2019.

[39] Vasiee, A.R, Alizadeh Behbahani, B, Tabatabaei Yazdi, F, Moradi, S.2016. Optimization of the production conditions of the lipase produced by Bacillus cereus from rice flour through Plackett-Burman Design (PBD) and response surface methodology (RSM). Microbial Pathogenesis. Volume 101, December 2016, Pages 36-43.

[40] Zamani, Z., Razavi, S. M. A. and Amir, M. S. "The determination of physicomechanical properties of Nettle seed (*Urtica pilulifera*) and optimization of its mucilage extraction conditions using response surface methodology," JRIFST, pp. 143–160, 2020.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-05]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.157.176]

[41] Golalikhani, M., Khodaiyan, F. and Khosravi, A. ,2014, Response surface optimization of mucilage aqueous extraction from flixweed (*Descurainia sophia*) seeds," Int. J. Biol. Macromol., vol. 70, pp. 444–449, 2014.

[42] Mittal, N., Mattu, P and G. Kaur, 2016, Extraction and derivatization of Leucaena leucocephala (Lam.) galactomannan: Optimization and characterization," Int. J. Biol. Macromol., vol. 92, pp. 831–841, 2016.

[43] Alizadeh Behbahani B., Tabatabaei Yazdi F., Shahidi F., Hesarinejad M. A., Mortazavi S. A., Mohebbi M., Plantago major Seed Mucilage: Optimization of Extraction and Some Physicochemical and Rheological Aspects, Carbo. Poly., 155: 68-77 (2017).

[44] Niknam R, Ise A, Qanbarzadeh B. Extraction, purification and optimization of Barhang seed gum by ultrasonic pretreatment. Iranian journal of food science and industry. 1397; 15 (84): 89-100.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-05]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.157.176]

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Optimization of Mucilage Extraction Conditions from (*Althaea officinalis*) Using Microwaves and Using the Response Surface Method

Mohammad Amin Mehrnia[*1], Behrooz Alizadeh Behbahani[1], Bahareh Goodarzi Shamsabadi[2]

1- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

2- Graduated Master, Department of Food Science and Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:
Received:2024/5/20
Accepted:2024/6/26

Keywords:

Microwave extraction,

Althaea officinalis,

Response surface method,

Optimization

DOI: 10.22034/FSCT.21.157.176.

*Corresponding Author E-mehrnia@asnrukh.ac.ir

ABSTRACT

Althaea officinalis is one of the plants that contain mucilage that therapeutic effect of its mucilage on the mucous membrane of the tissue and healing of stomach ulcers have been proven. The mucilage of this plant consists of L-rhamnose, D-galactose, galacturonic acid, and D-glucuronic acid. The polysaccharides found in this plant have antioxidant properties. The main antioxidant activity of it is related to its α-tocopherol composition. Gums extracted from different sources have functional and rheological properties different from each other, and the extraction conditions significantly affect these properties. This research studied the extraction efficiency of *Althaea officinalis* mucilage as a new hydrocolloid source. For this purpose, the effect of microwave power (250-850W), water-dry plant ratio (50-90), and time (2-10 minutes) on the extraction efficiency were optimized. The gum extraction yield ranged from 4.4% to 11.6%. It can be seen that the lowest amount of extraction was obtained at a ratio of water to dry plant of 70, time of 2 minutes, and power of 550 watts, and the maximum amount of extraction was obtained at a ratio of water to dry plant of 80, time of 4 minutes and microwave power of 700 watts. According to the results obtained from the analysis of variance, the quadratic model is the best model to describe data. In low powers, increasing the ratio of water to dry plant led to increased extraction efficiency. The increase in extraction efficiency by increasing the ratio of water to dry plant can be attributed to availability of more solvent, which intensifies the driving force for transferring gum mass from dry plant.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-05]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.157.176]