



تأثیر مایکروویو بر میزان استخراج موسیلاژ دانه "به" و بهینه‌سازی آن با استفاده از روش سطح پاسخ

بهاره گودرزی شمس آبادی^۱، محمد امین مهرنیا^{۲*}، محمد نوشاد^۳، بهروز علیزاده بهبهانی^۲، حسن برزگر^۳

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و

منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران.

۲-استادیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان،

ملاتانی، ایران.

۳-دانشیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان،

ملاتانی، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

صمغ‌های غذایی از جمله افزودنی‌هایی هستند که نقش‌های گوناگونی از قبیل قوام‌دهندگی، ژل‌دهندگی و پایدارکنندگی را در محلول‌های غذایی ایفا می‌کنند. در این پژوهش بهترین شرایط استخراج موسیلاژ دانه "به" و همچنین خصوصیات آنتی‌اکسیدانی و فیزیکوشیمیایی آن مورد بررسی قرار گرفت. راندمان استخراج موسیلاژ 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 بهینه‌سازی شد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی موسیلاژ شامل خاکستر، رطوبت، پروتئین و چربی اندازه‌گیری و خواص آنتی‌اکسیدانی با روش FRAP, ABTS, DPPH و آزمون بی‌رنگ شدن بتاکاروتن ارزیابی گردید. بازدهی استخراج در دامنه ۸/۹٪ تا ۱۵/۲٪ بود. با افزایش توان مایکروویو در زمان ثابت، بازده استخراج موسیلاژ افزایش یافت، لیکن افزایش توان هم‌زمان با افزایش زمان تیمار منجر به کاهش میزان استخراج موسیلاژ گردید. افزایش زمان هم‌زمان با ثابت نگه داشتن توان در ابتدا منجر به افزایش استخراج و پس از آن منجر به کاهش میزان حصول موسیلاژ شد. قدرت مهارکنندگی و خاصیت آنتی‌اکسیدانی با روش‌های DPPH, FRAP, ABTS و آزمون بی‌رنگ شدن بتاکاروتن، به ترتیب ۵۳/۱۹ میکروگرم بر میلی‌لیتر، ۱/۰۶ میکروگرم بر میلی‌لیتر، ۶۹/۶۱ میکروگرم بر میلی‌لیتر، ۲/۹۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم، میزان فنل و فلاونوئید کل ۷۴/۶۶ میلی‌گرم معادل اسید گالیک در گرم نمونه و ۶۷۰/۲۱ میلی‌گرم کوئرستین بر گرم ماده خشک نمونه به دست آمد.

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۲۵

کلمات کلیدی:

استخراج با مایکروویو،

موسیلاژ دانه به،

روش سطح پاسخ،

بهینه‌سازی.

DOI: 10.22034/FSCT.19.131.101

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.9.0

* مسئول مکاتبات:

mehrnia@asnrkh.ac.ir

۱- مقدمه

از گذشته‌های دور صمغ‌ها به صورت خانگی و یا صنعتی مورد استفاده قرار می‌گرفتند. طی سال‌های اخیر، به دلیل تغییر در شیوه زندگی و روش‌های نوین فرآوری مواد غذایی، مصرف مواد غذایی آماده مصرف، با چربی پایین سبب گسترش مصرف هیدروکلوئیدها در صنایع غذایی گردیده است. این ترکیبات معمولاً در غلظت‌های ۱٪ و یا کمتر از آن مورد استفاده قرار می‌گیرند و در همین مقادیر اندک قابلیت تولید محلول‌هایی با ویسکوزیته بالا و یا تشکیل ژل را دارند و به شدت بر روی خصوصیات بافتی و احساس دهانی محصول تاثیرگذار می‌باشند [۱].

دانه‌ها یکی از منابع قدیمی و سنتی تولید صمغ هستند. اکثر دانه‌ها حاوی مقادیر زیادی نشاسته جهت استفاده جوانه می‌باشند و بسیاری از آن‌ها نیز حاوی پلیمرهای پلی‌ساکاریدی دیگر با خصوصیات مشابه صمغ‌ها هستند که آن‌ها را تبدیل به منابع مفیدی جهت استحصال هیدروکلوئیدها نموده است.

به یا بهی با نام علمی *Cydonia Oblonga* و از زیر خانواده آمیگدالوئید^۱ است. بومی آسیای غربی بوده و منشأ آن منطقه قفقاز شامل ارمنستان و آذربایجان، ایران، جنوب غربی روسیه و ترکمنستان است. صد گرم میوه "به"، به طور متوسط دارای ۱۵٪ کربوهیدرات، ۱۲/۵٪ قند، ۲٪ فیبر، ۰/۵٪ پروتئین و حدود ۷۰٪ آب است.

دانه‌های "به" پهن و بیضی شکل بوده، حدوداً ۵ تا ۱۰ میلی‌متر بلندی، ۲ تا ۵ میلی‌متر عرض و ۲ میلی‌متر ضخامت دارد. دو سطح صاف و مسطح بزرگ در یک سمت، در یک لبه تیز به هم برخورد کرده و سمت دیگر آن توسط یک سطح شدیداً قوس‌دار گرد به یکدیگر می‌پیوندند [۲]. موسیلاژ دانه "به"، به سادگی و با قرار گرفتن دانه‌ها در آب گرم و حتی آب سرد از دانه خارج می‌شوند. از جمله ویژگی‌های این موسیلاژ می‌توان به توانایی تولید ویسکوزیته بالا حتی در غلظت‌های پایین بدون تشکیل ژل، پایداری در غلظت‌های مختلف نمک، pH بین ۱ تا ۱۰، خصوصیات پایدارکنندگی مناسب، فرآیند استخراج ساده و داشتن اثرات مثبت بر سلامت انسان اشاره کرد.

به دلیل ساختار منحصر به فرد موسیلاژ دانه به از جمله وجود نانوفیبریل‌های سلولزی ذخیره شده در اپیدرم دانه به راحتی در آب پراکنده شده و دیسپرسیونی با ویسکوزیته بالا تشکیل می‌دهند [۳]. هیدرولیز اسیدی پلی‌ساکاریدهای محلول در آب تولید دی-آرابینوز و زایلوز را ایجاد می‌کند. پلی‌ساکارید اصلی محلول در آب موجود، در موسیلاژ دانه‌های این درخت استیلته شد (۴-ا-ومتیل-دی-گلوکرونو)-زایلان است که حاوی مقدار زیادی بقایای اسید گلوکورونیک است [۴].

روش‌های سنتی استخراج نیاز به زمان طولانی دارند و در صورت استفاده از حلال‌های سمی، آلودگی و بقای این حلال‌ها را به دنبال دارند، بنابراین 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 [۵].

روش استخراج با مایکروویو، روشی قدرتمند با پتانسیل بالا در مقابل روش‌های سنتی استخراج ترکیبات آلی گیاهان است. اثر مکانیکی گرم شدن درونی بستگی به شرایط پلازماسیون دی‌الکتریک حاصل از تابش امواج مایکروویو دارد و افزایش فشار ایجاد شده درون سلول سبب انتقال سریع مواد آلی موجود در گیاه به محیط استخراج می‌شود [۱].

روش سطح پاسخ (Surface Response Methodology) یا به صورت اختصاری RSM، یک مجموعه از تکنیک‌های آماری و ریاضیات کاربردی برای ساخت مدل‌های تجربی است. در طراحی آزمایش‌ها، هدف، شناسایی و تحلیل متغیرهای مؤثر بر خروجی‌ها با کمترین تعداد آزمایش است. این روش با کشف میزان بهینه هر یک از متغیرهای طراحی به بهترین سطح پاسخ دست می‌یابد [۶]. در این پژوهش بهینه‌سازی استخراج موسیلاژ از دانه "به" به کمک مایکروویو و با استفاده از روش سطح پاسخ انجام شده است. در پژوهش‌های مشابه عواملی نظیر دما، نسبت آب به دانه، pH، غلظت نمک و مدت زمان استخراج، در هنگام استخراج صمغ مهم بوده و مورد توجه قرار گرفته‌اند زیرا بر خصوصیات صمغ استخراج شده نظیر بازده استخراج صمغ، ویسکوزیته صمغ استخراجی و درجه خلوص آن تأثیر گذار باشند. به عنوان مثال سکچائی به ارزیابی شرایط بهینه استخراج

1. Amygdaloid

مخلوط حاصله با کمک توری پارچه‌ای صاف گردید. مخلوط موسیلاژ به دست آمده با دو برابر حجم خود اتانول ۹۶٪ 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 آن منتقل گردید. عملیات خشک کردن در آن با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰-۱۸ ساعت صورت گرفت. موسیلاژهای خشک شده، وزن شده و برای به دست آوردن راندمان استخراج از رابطه ۲-۱ زیر استفاده گردید [۹].

$$Y = M_1 / M_2 \times 100$$

M_1 = وزن موسیلاژ استخراج شده

M_2 = وزن دانه به

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

۲-۳- طرح آزمایش و آنالیز داده ها

آزمون‌ها 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.

صمغ به سه روش حمام آب گرم، حمام فراصوت و مایکروویو پرداخت [۱] همچنین فرهمند و همکاران، به ارزیابی خواص عملکردی موسیلاژ دانه به استخراج شده به کمک فراصوت پرداختند. لذا هدف از این پژوهش در ابتدا، بهینه‌سازی شرایط استخراج با هدف رسیدن به حداکثر راندمان و سپس بررسی برخی خواص موسیلاژ استخراج شده مانند خواص آنتی‌اکسیدانی و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن می‌باشد [۷].

۲- مواد و روشها

۲-۱- آماده‌سازی نمونه

ماده اولیه مورد نیاز این پژوهش، دانه میوه "به"، 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 دانه به

برای استخراج موسیلاژ از روش مقل و همکاران و سکاچانی [۸-۱] با کمی تغییر استفاده شد. ابتدا دانه به، به مدت یک ساعت با آب مقطر دوبار تقطیر به نسبت‌های مشخص شده خیسانده شد. سپس تحت تاثیر امواج مایکروویو در زمان‌های مختلف قرار گرفت. مخلوط حاصل به جهت حصول هرچه بیشتر موسیلاژ، به مدت یک ساعت در دمای محیط قرار گرفته و سپس

Table 1 Levels of independent variable

Independent variable	Min	MAX	-Alpha	+Alpha
A Microwave power(watt)	400	700	250	850
B Time(min)	6	8	5	9
C Water ratio	30	50	20	60

۲-۵- اندازه‌گیری خاکستر

پس از توزین مقدار مشخصی از پودر موسیلاژ درون بوتله‌های چینی، بوتله‌های حاوی نمونه روی شعله مستقیم آتش سوزانیده شدند. سپس بوتله‌ها در کوره با دمای ۵۵۰°C برای حداقل ۵ ساعت نگه داشته شدند تا خاکستر کاملاً سفید رنگی ظاهر شود. سپس با توجه به وزن اولیه نمونه، خاکستر کل محاسبه گردید (AOAC-920/153).

۲-۴- اندازه‌گیری محتوی رطوبت

نخست مقدار ۲ گرم از پودر موسیلاژ به کمک ترازوی دقیق توزین و به مدت حداقل ۵ ساعت در آن با دمای ۱۰۵°C قرار داده شد تا به وزن ثابت برسد؛ سپس از تفاضل وزن اولیه نمونه به وزن نمونه خشک شده تقسیم برونوزن اولیه، مقدار رطوبت محاسبه شد (AOAC-950/46).

Table 2 Experiments of central composite design

Independent variable			
Water ratio	Time(min)	Microwave power(watt)	Treatment number
30	8	700	1
50	8	400	2
30	8	400	3
40	5	550	4
40	5	550	5
40	7	550	6
20	7	550	7
40	7	550	8
40	7	250	9
50	6	400	10
40	9	550	11
50	8	700	12
30	6	400	13
60	7	550	14
40	7	850	15
50	6	700	16
40	7	550	17
30	6	700	18
40	7	550	19
40	7	550	20

شناسایی گروه‌های عاملی ترکیبات تشکیل‌دهنده موسیلاژ با استفاده از تکنیک طیف‌بینی فروسرخ تبدیل فوریه (FTIR)، طبق روش بهیمنی و همکاران [۱۰] انجام شد. پودر موسیلاژ حاصل، ابتدا با پتاسیم بروماید ترکیب و سپس با استفاده از دستگاه پرس به قرص تبدیل شد. طیف موسیلاژ با کمک دستگاه اسپکترومتر (Thermo Nicolet، مدل Avatar 370، ساخت آمریکا) و در محدوده عدد موجی ۵۰۰-۴۰۰ بر سانتی‌متر ثبت شد.

۲-۹- تعیین فعالیت ضد اکسایشی موسیلاژ دانه به

فعالیت آنتی‌اکسیدانی موسیلاژ دانه به با استفاده از چهار روش آنتی‌اکسیدانی مهار رادیکال آزاد DPPH، رادیکال آزاد ABTS، FRAP و رنگبری بتا-کاروتن / لینولنیک اسید انجام شد.

۲-۱۰- سنجش خاصیت آنتی‌اکسیدانی به روش

DPPH

غلظت‌های انتخابی از موسیلاژ (۱۰-۵۰-۱۰۰-۲۵۰-۵۰۰) میکروگرم بر میلی‌لیتر به محلول ۰/۱ میلی‌مولار DPPH اضافه شد، به طوریکه حجم نهایی برابر ۲ میلی‌لیتر شد. جذب محلول بعد از ۵ دقیقه در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. این کار تا ۳۰ دقیقه تکرار شد. برای مقایسه جذب نمونه‌ها از محلول

۲-۶- اندازه‌گیری میزان پروتئین به روش

کجدال

در ابتدا برای هضم نمونه‌ها، مقدار ۰/۳ گرم پودر موسیلاژ توزین و با یک عدد قرص کاتالیست هضم و ۷ میلی‌لیتر اسید سولفوریک مخلوط گردید. سپس به بلوک هضم انتقال یافته و به مدت ۲ ساعت، دما به تدریج تا ۴۰۰°C افزایش یافت. سپس نمونه هضم شده در دستگاه میکروکلدال اتوماتیک، قرار گرفته و درصد نیتروژن خوانده شد. برای محاسبه درصد پروتئین، مقدار نیتروژن کل هر نمونه در عدد ۶/۲۵ ضرب شد (AOAC-981/10).

۲-۷- اندازه‌گیری چربی

در ابتدا برای حذف رطوبت، پودر موسیلاژ درون آن ۱۰۵°C کاملاً خشک گردید؛ سپس مقدار ۱ گرم از پودر خشک شده درون کاغذ صافی و سپس فنجان دستگاه سوکسله اتوماتیک قرار گرفتند. به وسیله حلال هگزان نرمال و اعمال حرارت، چربی صمغ‌ها استخراج و محاسبه شد (AOAC-991/30).

۲-۸- شناسایی گروه‌های عاملی با تکنیک طیف

سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه

DPPH به عنوان بلانک استفاده شد.

فعالیت مهار رادیکال‌های DPPH بر اساس رابطه ۲-۲ محاسبه میشود

$$A_{517} = \frac{\text{جذب نمونه} - \text{جذب شاهد}}{\text{جذب شاهد}} \times 100 = \text{درصد فعالیت مهارکنندگی}$$

۲-۱۱- تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی با روش

رادیکال ABTS

از روش شان و همکاران [۱۱]، با اندکی اصلاحات جهت بررسی فعالیت مهارکنندگی رادیکال آزاد ABTS استفاده شد به‌طور خلاصه، ابتدا محلول رادیکالی غلیظ ABTS (۷ میلی‌مولار) با استفاده از پتاسیم پرسولفات (۲/۴۵ میلی‌مولار) رقیق و در دمای اتاق در شرایط تاریکی قرار داده شد. در ادامه، محلول کاتیونی رادیکال ABTS تا رسیدن به جذب ۰/۷ در طول موج ۷۳۴ نانومتر رقیق شد. سپس ۱۰۰ میکرولیتر از موسیلاژ یا کنترل (متانول) با ۳/۹ میلی‌لیتر محلول رادیکالی مخلوط و جذب محلول بعد از ۶ دقیقه گرمخانه‌گذاری شد. درصد فعالیت مهارکنندگی بر اساس رابطه ۲-۳ محاسبه شد.

۲-۱۲- سنجش میزان فنول کل نمونه‌های گیاهی

محتوی فنول کل نمونه با استفاده از واکنشگر فولین سیوکالتو اندازه‌گیری شد، به طوریکه ۰/۱ میلی‌لیتر از نمونه‌های رقیق شده همراه با دو میلی‌لیتر کربنات سدیم ۲ درصد در لوله آزمایش ریخته و به مدت دو دقیقه در دمای اتاق نگه داشته شد. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر واکنش‌گر فولین سیوکالتو (۵۰ درصد) به آن اضافه شد. مخلوط واکنش به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق و در تاریکی نگهداری و سپس میزان جذب آن در طول موج ۷۲۰ نانومتر خوانده شد [۱۲]. مقادیر فنل کل با استفاده از منحنی استاندارد برحسب نمونه گرم اسیدگالیک در گرم نمونه بیان گردید.

$$A_{720} = \frac{\text{جذب نمونه} - \text{جذب شاهد}}{\text{جذب شاهد}} \times 100 = \text{درصد فعالیت مهارکنندگی}$$

۲-۱۳- تعیین مقدار فلاونوئیدهای کل

از روش رنگ کلرید آلومینیوم برای تعیین مقدار فلاونوئید کل استفاده شد. با ۱/۵ میلی‌لیتر متانول، ۰/۱ میلی‌لیتر کلرید آلومینیوم (۱ درصد متانولی)، ۰/۱ میلی‌لیتر استات پتاسیم (یک مولار) و ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر ترکیب شد. سپس محلول در دمای اتاق به مدت ۳۰ دقیقه قرار داده شد. جذب محلول‌ها در

۴۱۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد [۱۳].

۲-۱۴- سنجش خاصیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها

به روش FRAP

محلول (Ferric Reducing Ability of Plasma) FRAP (حاوی ۲۵ میلی‌لیتر بافر استات (PH=۳/۶) میلی‌لیتر محلول کلرید آهن III و ۲/۵ میلی‌لیتر محلول تریازین-اس-تریپیریدیل (TPTZ) ۱۰ میلی‌مولار در اسیدکلریدریک ۴۰ میلی‌مولار به صورت تازه تهیه شد. غلظت انتخابی از موسیلاژ ۴۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر به محلول FRAP اضافه شد، به طوری که حجم نهایی برابر ۲ میلی‌لیتر شد. جذب محلول بعد از ۲۰ دقیقه در طول موج ۵۹۳ نانومتر خوانده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی ترکیبات شیمیایی موسیلاژ دانه "به"

ترکیبات شیمیایی موسیلاژ دانه به اندازه‌گیری شد و مقادیر به دست آمده در جدول زیر بیان شده است.

Table 3 Chemical compounds of dried Quince seed

2.29	Moisture
1.75	Fat
7.72	Ash
17.31	Protein
70.93	Carbohydrate

فکری و همکاران [۱۴]، نشان دادند که موسیلاژ دانه "به" حاوی حدود ۴/۳۸ درصد طوبیت و ۹۵/۶۲ درصد ماده خشک، ۸/۲۴ درصد خاکستر و ۲۰/۹ درصد پروتئین می‌باشد. تفاوت میان این اجزای سازنده در موسیلاژ حاصله را می‌توان به تفاوت میان گونه دانه، و روش استخراج مرتبط دانست.

۳-۲- تجزیه و تحلیل سطح پاسخ

جهت ایجاد ارتباط میان متغیرهای وابسته با متغیرهای مستقل و جهت برآزش مدل، تجزیه و تحلیل رگرسیون و ANOVA مورد استفاده قرار گرفت. معادله چندجمله‌ای درجه دوم بر روی متغیرهای وابسته برآزش گردید. اثر عوامل مختلف بر میزان بازدهی موسیلاژ دانه "به" در جدول ۴ نشان داده شده است.

Table 4 ANOVA analysis of quadratic polynomial model for yield

p-value Prob > F	F Value	Mean Square	df	Source
0.0004	11.28	5.87	9	Model
0.0003	28.13	14.63	1	A-power
0.0003	34.32	17.58	1	B-time
0.0051	12.75	6.63	1	C-water ratio
0.9619	2.40	1.25	1	AB
0.0190	7.81	4.06	1	AC
0.0225	7.28	3.78	1	BC
0.3146	1.12	0.58	1	A ²
0.0163	8.32	4.33	1	B ²
0.0461	5.18	2.69	1	C ²
		0.52	10	Residual
0.0206	7.84	0.92	5	Lack of Fit

زمان و نسبت آب به دانه، توان × نسبت آب به دانه، زمان ×
نسبت آب به دانه، توان دوم زمان و توان دوم نسبت آب به دانه،
معنی‌دار بودند.

با استفاده از نرم افزار بازدهی استخراج موسیلاژ برآزش شد.
خروجی مدل نشان دهنده معنی‌دار بودن است. در مدل سازی
پارامترهای مورد بررسی مقادیر P کمتر از ۰/۰۵ نشان دهنده
معنی‌دار بودن آن است. در مدل پیشنهاد شده، پارامترهای توان،

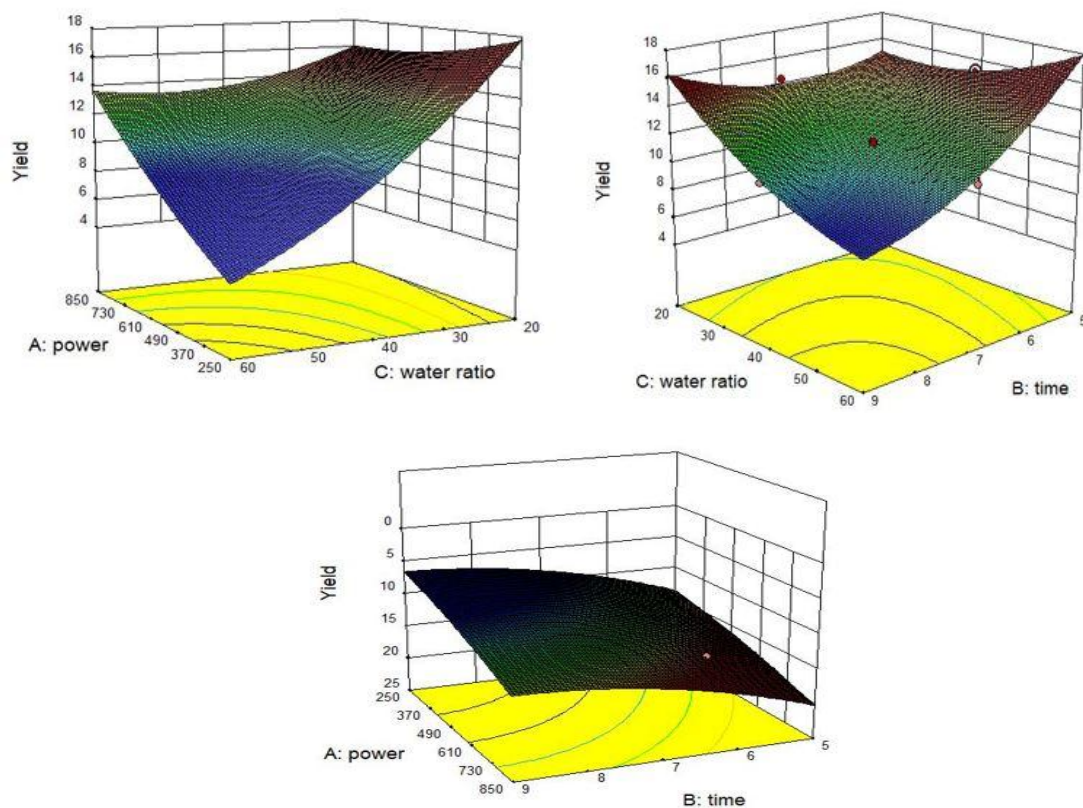


fig 1 Effect of power and water ratio (a), water ratio and time (b) and power and time(c) on extraction yield of Quince seed mucilage

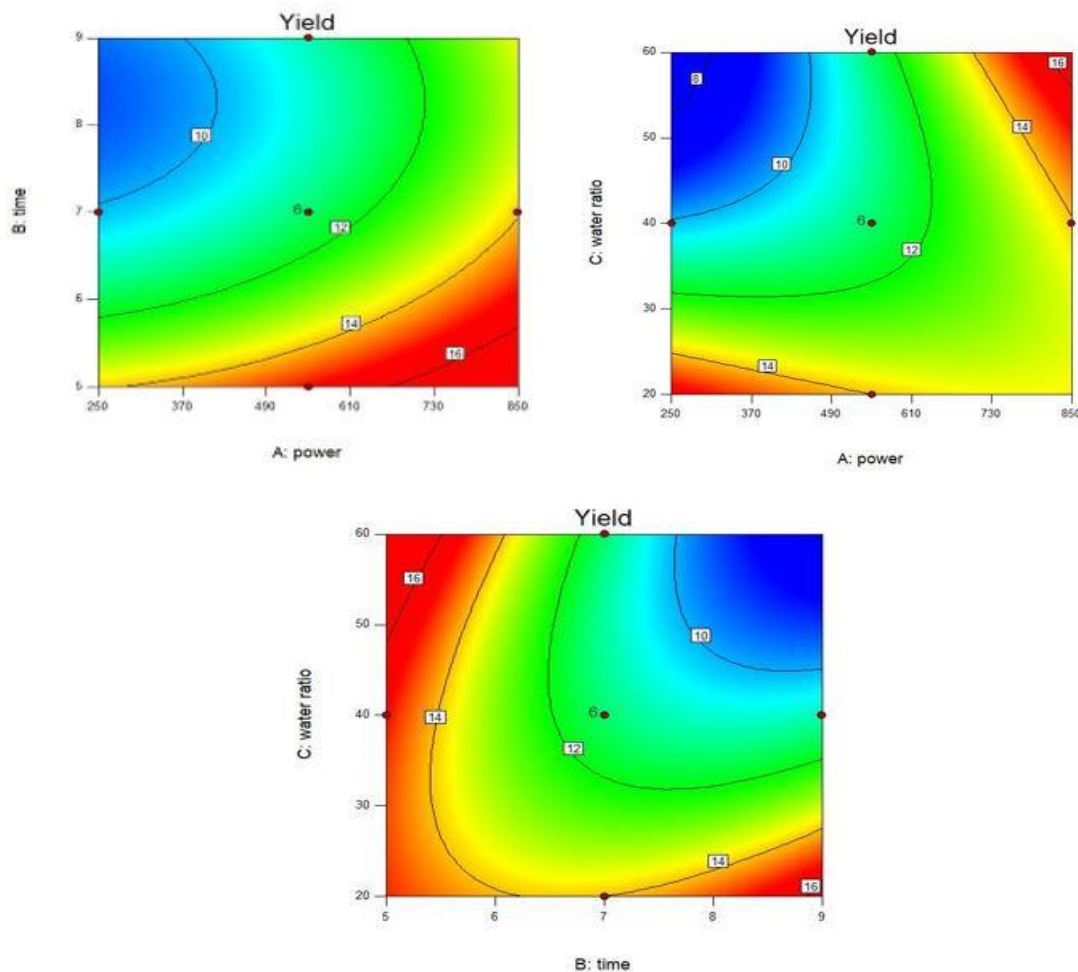


Fig 2 Contour plots of effects of power and water ratio (a), power and time (b), time and water ratio (c) on extraction yield of Quince seed mucilage

کاشت گیاه و ژنوتیپ آن باشد [۱-۱۴]. علاوه بر این روش‌های سنتی استخراج نیاز به زمان طولانی دارند و در صورت استفاده از حلال‌های سمی، آلودگی و بقای این حلال‌ها را به دنبال دارند، بنابراین استفاده از روش‌های نوین نظیر امواج مایکروویو به دلیل بالاتر بودن سرعت و انرژی مؤثر در استخراج و انتقال جرم می‌تواند موثرتر باشد.

در نمودارهای تراز اثرات متقابل فاکتورهای مورد بررسی قابل مشاهده است. شکل ۲ (الف) نمودار تراز و شکل ۱ (ج) 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 موسیلاژ افزایش می‌یابد، لیکن افزایش توان هم زمان با افزایش زمان تیمار منجر به کاهش میزان استخراج موسیلاژ می‌گردد. افزایش زمان همزمان با ثابت نگه داشتن توان در ابتدا

در روش استخراج با مایکروویو محدوده‌ای از بازدهی ۸/۹٪ تا ۱۵/۲٪ حاصل شد که به ترتیب مربوط به نمونه شماره ۲ و ۵ بود که نسبت آب به دانه در این نمونه‌ها به ترتیب ۵۰ و ۴۰، زمان ۸ و ۵ دقیقه و توان مایکروویو ۴۰۰ و ۵۵۰ وات بود، که مقدار این پارامتر با توجه به شرایط استخراج متغیر بود.

محدوده گزارش شده در این مطالعه بالاتر از سایر مطالعات انجام شده با روش سنتی بود. عباس تبار و همکاران [۳] در شرایط بهینه اعلام شده (نسبت آب به دانه ۹۶/۲، دمای ۶۰/۷°C، PH=۶/۶ و زمان ۳ ساعت)، میزان استخراج صمغ را ۱۳/۷٪ را گزارش نمودند. جوکی و همکاران [۱۵] نیز در شرایط بهینه میزان استخراج صمغ را با روش سنتی ۱۳/۵۷٪ اعلام نمودند.

تفاوت در بازدهی موسیلاژ، می‌تواند مربوط به روش‌های متفاوت استخراج صمغ، شرایط استخراج، خاستگاه دانه، شرایط محیطی

به وجود حلال بیش تر نسبت داد که نیروی محرکه برای انتقال جرم صمغ از دانه ها را تشدید می نماید. به عبارت دیگر با افزایش مقدار آب به دانه 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 در مورد صمغ برگ یانانگ و گاراژیان و همکاران در مورد صمغ دانه شاهی گزارش شده است. به نظر میرسد با افزایش بیشتر نسبت آب به دانه، تاثیر رقت سبب معکوس شدن فرایند اسمز آب و انتشار صمغ می گردد که در نتیجه کاهش راندمان استخراج را در پی خواهد داشت [۱۸].

شکل ۲ (ج) نمودار تراز و شکل ۱ (ب) نیز نشان دهنده اثرات متقابل زمان و نسبت آب به دانه می باشد. با افزایش زمان در نسبت های ثابت آب به دانه و توان ثابت، میزان استخراج موسیلاژ کاهش می یابد. به عنوان مثال در تیمار ۱۰ (توان ۴۰۰ وات، نسبت آب به دانه ۵۰ و زمان ۶ دقیقه) و تیمار ۲ (توان ۴۰۰ وات، نسبت آب به دانه ۵۰ و زمان ۸ دقیقه) افزایش زمان باعث کاهش میزان راندمان استخراج موسیلاژ از ۱۲/۶ به ۸/۹ شده است.

۳-۳- مدل سازی و بهینه یابی استخراج موسیلاژ با مایکروویو

با توجه به ANOVA و ضرایب رگرسیونی چندگانه، مدل چندجمله ای درجه دوم به منظور پیش بینی متغیرهای پاسخ ایجاد شد. 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 دانه "به" در جدول ۵ گزارش شده است. A، B و C به ترتیب توان مایکروویو، زمان و نسبت آب به دانه هستند.

منجر به افزایش استخراج و پس از عبور از محدوده ای منجر به کاهش میزان استخراج موسیلاژ شد.

در میان تیمارهای مورد بررسی، مقایسه تیمار ۴ (توان ۵۵۰ وات، زمان ۷ دقیقه، نسبت آب دانه ۴۰) با درصد استخراج ۱۱،۵ و تیمار ۵ (توان ۵۵۰ وات، زمان ۵ دقیقه و نسبت آب به دانه ۴۰) با درصد استخراج ۱۵/۲، نشان می دهد در شرایط مشابه و نسبت آب به دانه ثابت، افزایش زمان تیمار از ۵ دقیقه به ۷ دقیقه باعث کاهش معنی دار در میزان حصول موسیلاژ شد.

سماواتی و اسکندری [۱۶] نیز نتایج مشابهی را در زمینه استخراج صمغ میوه آسیریان پالم به دست آوردند و بالاترین میزان بازدهی استخراج را در بیشترین قدرت مورد استفاده مایکروویو (۳۰۰ وات) و در بالاترین زمان (۸۰/۶۷ دقیقه) به دست آوردند. یان و همکاران [۱۷] نیز گزارش نمودند که بیشترین میزان بازدهی استخراج صمغ کتیرا را در زمان طولانی پرتودهی با این امواج به دست آوردند اما اعلام کردند که در صورتیکه پرتودهی در مدت زمان خیلی طولانی تری ادامه یابد، بازدهی استخراج به دلیل اثرات تجزیه ای امواج بر صمغ استخراج شده، کاهش می یابد.

شکل ۲ (ب) نمودار تراز و شکل ۱ (الف) نمودار سطح پاسخ اثرات متقابل توان و نسبت آب به دانه را نشان می دهد. برای حصول بالاترین میزان استخراج موسیلاژ، افزایش توان مایکروویو می بایست با افزایش درصد نسبت آب به دانه صورت گیرد. همان گونه که مشخص است افزایش نسبت آب به دانه در توان های ثابت منجر به کاهش میزان استخراج موسیلاژ شده است.

مقایسه دو تیمار ۶ (توان ۵۵۰ وات، زمان ۷ دقیقه، نسبت آب به دانه ۴۰ و درصد استخراج ۱۱/۸) و تیمار ۷ (توان ۵۵۰ وات، زمان ۷ دقیقه، نسبت آب به دانه ۲۰ و درصد استخراج ۱۴/۴) به درستی نشان می دهد که افزایش نسبت آب به دانه در توان های ثابت منجر به کاهش درصد استخراج موسیلاژ می شود.

افزایش راندمان استخراج با افزایش نسبت آب به دانه را می توان

Table 5 Experiment models from data analysis

Table of coefficients
$11.40+0.96A-1.06B-0.64C+0.013AB+0.71AC-0.69BC+0.15A^2+0.41B^2+0.33C^2$

شرایط استخراج موسیلاژ دانه به با مقادیر بهینه بازدهی با زمان ۶/۶ دقیقه، توان ۴۰/۳۸۵ وات و نسبت آب به دانه ۳۴/۵ به دست آمد و منجر به بازدهی ۱۲/۳۸ شد.

جهت دستیابی به حداکثر بازدهی استخراج موسیلاژ دانه به در روش استخراج با کمک امواج مایکروویو، بهینه سازی توسط نرم افزار دیزاین اکسپرت (Design Expert) انجام پذیرفت.

گردید.

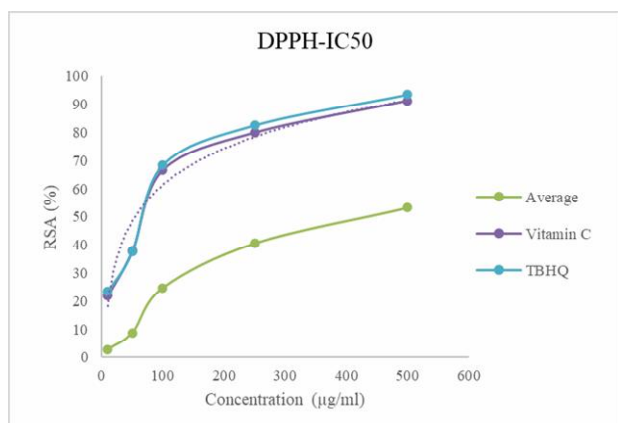


Fig 4 Antioxidant capacity of Quince seed mucilage comparing to controls

غلظت مهار ۵۰ درصد (IC₅₀)، برای موسیلاژ دانه "به" ۵۴۸ میکروگرم بر میلی‌لیتر به دست آمد که این میزان برای ویتامین سی ۵۳/۶۱ میکروگرم بر میلی‌لیتر و برای تروت بوتیل هیدروکینون (TBHQ) برابر با ۵۰/۸۰۴ میکروگرم بر میلی‌لیتر بود. هرچه میزان IC₅₀ کمتر باشد اثر آنتی‌اکسیدان بیشتر است زیرا قدرت مهار اکسیداسیون را با غلظت کمتری انجام می‌دهد، ویتامین سی (۰۰۲/۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) نسبت به سایر آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی حلالیت بیشتری در آب دارد، لذا منطقی به نظر می‌رسد اثرات بیشتری داشته باشد. نتایج حاصل از پژوهش قبادی و همکاران نشان داد که صمغ دانه شنبلیله و اسیدآسکوربیک هر دو دارای قدرت مهار رادیکال DPPH بودند و فعالیت مهارکنندگی وابسته به غلظت بود. به گونه‌ای که در غلظت یک میلی‌گرم بر میلی‌لیتر قدرت مهارکنندگی اسید آسکوربیک معادل ۹۰/۰۵ درصد و صمغ دانه شنبلیله حدود ۵۰ درصد آن و معادل ۴۳/۲۳ درصد تعیین گردید [۲۰]. لو و همکاران قدرت مهار رادیکال آزاد پلی‌ساکارید محلول در آب *Dendrobium officinale* را به وجود گروه‌های کربوکسیل نسبت دادند [۲۱]. از سوی دیگر گائو و همکاران بیان کردند ظرفیت ضد اکسایشی پلی‌ساکاریدهای خالص ناشی از حضور تعداد زیاد گروه هیدروکسیل در مولکول پلی‌ساکارید است که می‌تواند به عنوان دهنده الکترون عمل نماید و الکترون به رادیکال DPPH منتقل نماید [۲۲].

۳-۴- شناسایی گروه‌های عاملی با تکنیک طیف بینی فروسرخ فوریه (FT-IR)

ساختار پلی‌ساکارید استخراج شده و گروه عاملی با استفاده از طیف سنجی FT-IR بر اساس ارتعاشات در حالت مولکولی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از مختصات و تعریف تناوب عنصری موسیلاژ به دانه حاصل از آزمایش FT-IR در شکل ۴ قابل مشاهده است. در فرکانس ۳۱۳۵/۲۵، ارتعاش کششی C-H و C-O، در فرکانس ۱۷۰۶/۵۳، ارتعاش کششی C=O و در فرکانس ۱۵۶۵/۵۴، ارتعاش کششی C=C مشاهده شد. ارتعاش خمشی C-H_۲ در فرکانس ۱۳۸۶/۹۵، ارتعاش کششی C-O و CF در فرکانس ۱۲۴۵/۹۵، ارتعاش کششی C-O و ارتعاش خمشی C-O-C در فرکانس ۱۰۳۹/۱۶ و در نهایت در فرکانس ۵۶۹/۱۹، ارتعاش کششی C-Br ثبت شد. نتایج حاصل از طیف‌سنجی مادون قرمز این پژوهش با نتایج یآوری و همکاران (۲۰۲۲) مشابهت زیادی دارد [19].

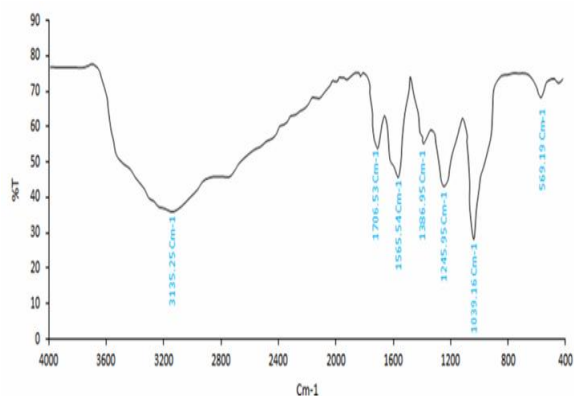


Fig 3 FTIR spectra of Quince seed mucilage

۳-۵- سنجش خاصیت آنتی‌اکسیدانی موسیلاژ دانه به با روش DPPH

فعالیت آنتی‌اکسیدانی غلظت‌های مختلف موسیلاژ دانه "به" با روش DPPH و سه بار تکرار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که فعالیت آنتی‌اکسیدانی موسیلاژ دانه "به" به صورت وابسته به دوز عمل می‌کند. میزان مهارکنندگی در غلظت ۱۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر و با میانگین ۲/۷۸ و بیشترین میزان مهارکنندگی در غلظت ۵۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر و با میانگین ۵۳/۱۹ مشاهده

۳-۶- تعیین فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره ها با روش رادیکال ABTS

فعالیت آنتی اکسیدانی غلظت‌های مختلف موسیلاژ دانه "به" با روش ABTS و سه بار تکرار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که فعالیت آنتی اکسیدانی موسیلاژ دانه "به" به صورت وابسته به دوز عمل می‌کند. با افزایش غلظت، درصد مهار اکسیداسیون افزایش یافت. کمترین میزان مهارکنندگی در غلظت ۱۰ و با میانگین ۲/۳۸ و بیشترین میزان مهارکنندگی در غلظت ۵۰۰ و با میانگین ۶۹/۶۱ مشاهده گردید.

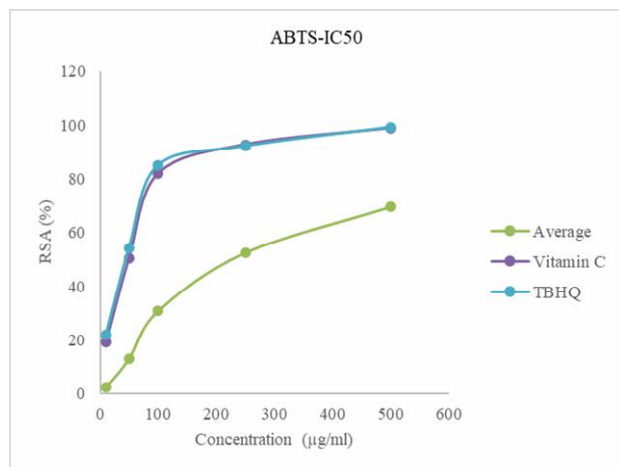


Fig 5 Antioxidant capacity of Quince seed mucilage comparing to controls (ABTS)TBHQ

غلظت مهار ۵۰ درصد (IC50)، در روش ABTS، برای موسیلاژ دانه "به"، ۲۳۰/۲۶۰۵ میکروگرم بر میلی لیتر بود که این میزان برای ویتامین سی ۳۸/۳۷ میکروگرم بر میلی لیتر و برای ترت بوتیل هیدروکینون، ۳۳/۶۶ به دست آمد.

رجایی و همکاران ظرفیت آنتی اکسیدانی عصاره پوست سبز پسته با استفاده از دو روش DPPH و ABTS مورد ارزیابی کردند. در هر دو روش وابستگی غلظت با خاصیت آنتی اکسیدانی در تمام رقم‌ها مشاهده گردید [۲۳].

آرکان و یمنیسکیلو میزان فعالیت آنتی اکسیدانی مغز فندق، گردو و پسته را با استفاده از روش ABTS اندازه گیری کردند. میزان فعالیت آنتی اکسیدانی مغز فندق، گردو و پسته به ترتیب معادل ۴/۴۴ و ۵/۹۰، ۷/۳۵ میکرو مولار معادل تورولوکس/ گرم نمونه خشک بود [۲۴].

۳-۷- سنجش خاصیت آنتی اکسیدانی نمونه ها به روش FRAP

جدول ۶، نتایج قدرت احیاءکنندگی صمغ دانه "به" آن را نشان می دهد. از این آزمون به منظور پی بردن به توانایی آنتی اکسیدانها در احیای یون آهن سه ظرفیتی به آهن دو ظرفیتی استفاده میشود.

Table 6 Ferric reducing antioxidant power (FRAP) of Quince seed mucilage compared to vitamin

50 µg/ml	50 µg/ml	Absorbance at 700 nm	
TBHQ	Vitamin C	Quince seed gum	
1/9259	1/7236	1/0633	Average
0/0221	0/0570	0/0767	stdev

حدود ۲۰۰ به ۵۰۰ میکرومولار افزایش یافت [۲۵]. هم چنین حامی و همکاران قدرت احیاءکنندگی محلول ۲ میلی گرم بر میلی لیتر پلی ساکارید حاصل از میوه *Zizyphus lotus* را معادل ۶۱۴/۳۹ میکرومولار تعیین کردند [۲۶]. تان و همکاران قدرت احیاءکنندگی قابل توجه پلی ساکارید حاصل از ریشه گیاه *Dipsacus asperoides* را به حضور گروه های هیدروکسیل در ساختار پلی ساکارید نسبت دادن د که می تواند در احیاء Fe^{3+} به Fe^{2+} شرکت نماید [۲۷].

فعالیت آنتی اکسیدانی پلی ساکاریدها مرتبط با خصوصیات ساختاری آنها از جمله وزن مولکولی، نوع پیوندهای گلیکوزیدی، وجود گروههای کربونیل و کربوکسیل، نوع منوساکاریدهای تشکیل دهنده و وجود پروتئینها و پپتیدها میباشد [۱۹]. قدرت احیاءکنندگی موسیلاژ دانه به از استاندارد TBHQ و ویتامین C کمتر اما قابل قبول می باشد.

لی و همکاران نشان دادند با افزایش غلظت پلی ساکارید حاصل از ژوژوبا از ۰/۵ به ۲/۵ میلی گرم در میلی لیتر مقدار FRAP از

۳-۸- نتایج تعیین فعالیت ضداکسایشی با آزمون بی‌رنگ شدن بتا کاروتن

از آنجاکه ضداکساینده‌ها، رادیکال‌های حاصل از اکسیداسیون اسید لینولئیک را مهار می‌کنند، از برهمکنش بین این رادیکالها و بتاکاروتن جلوگیری کرده و در نتیجه از کاهش رنگ بتاکاروتن در اثر این واکنش، می‌کاهند. بنابراین بین قدرت ضداکسایشی مواد شرکت کننده در این آزمون و میزان جلوگیری از کاهش رنگ بتاکاروتن، رابطه مستقیمی وجود دارد [۲۸]. فعالیت ضد اکسایشی موسیلاژ دانه "به" با سه بار تکرار انجام شد و میانگین آن ۲/۹ میلی گرم بر ۱۰۰ گرم به دست آمد.

بامداد و همکاران فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره زیره سیاه را با دو روش DPPH و بی‌رنگ شدن بتاکاروتن بررسی کرده و نشان دادند که فعالیت آنتی‌اکسیدانی این عصاره مربوط به ترکیبات فنولی آن است [۲۹]. در مطالعه ی گولوس و همکارانش روی خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره متانولی *Mentha longifolia* در تست بتا کاروتن - لینولئیک اسید قدرت مهارى عصاره ۲۴ درصد با غلظت ۲ میلی گرم در هر میلی لیتر اعلام گردید [۳۰].

۳-۹- نتایج سنجش میزان فنول کل نمونه های گیاهی

روش فولین - سیوکالتو از رایج ترین روش های اندازه گیری ترکیبات فنلی است. اساس کار در این روش، احیای معرف فولین توسط ترکیبات فنلی در محیط قلیایی و ایجاد کمپلکس آبی رنگ است که حداکثر جذب را در طول موج ۷۶۰ نانومتر نشان می‌دهد. مخلوط متانول-آب و یا متانول به تنهایی برای استخراج ترکیبات فنلی به ویژه فلاونوئیدها و اسیدهای فنلی از بافت گیاهی به کار می‌رود. محتوای فنول کل نمونه با سه بار تکرار اندازه گیری شد و میانگین ۷۴/۶۶ میلی گرم اسید گالیک در گرم نمونه گزارش شد. ترکیبات فنولی گیاهان یکی از بهترین منابع آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی میباشند. ترکیبات فنولی نقش مهمی در حفاظت بافت‌ها در مقابل اثرات اکسایشی رادیکال‌های آزاد ایفا کرده و از بروز بسیاری از بیماری‌های التهابی، آلزایمر، دیابت، سرطان، سکتة قلبی و پارکینسون جلوگیری میکنند [۳۱]. افزایش غلظت ترکیبات فنلی به طور مستقیم میزان توانایی ترکیبات

مختلف را در مهار رادیکال‌های آزاد افزایش میدهد. در غلظت‌های بالاتر ترکیبات فنلی، به دلیل افزایش تعداد گروه‌های هیدروکسیل حلقه های آروماتیک ترکیبات فنلی در محیط واکنش، احتمال دادن هیدروژن به رادیکال‌های آزاد و به دنبال آن قدرت مهارکنندگی عصاره افزایش می‌یابد. توانایی و قدرت مهارکنندگی فنل‌ها به دلیل گروه‌های هیدروکسیل در ملکول‌های آنهاست [۱۳].

Maimoona و همکاران مقادیر فنول و فلاونوئید تام را در بخشهای مختلف عصاره‌های پوست و سوزن *Pinus wallichiana* و *Pinus roxburghii* برآورد کردند و به این نتیجه دست یافتند که دو گونه کاج سرشار از فنول و فلاونوئید هستند [۳۲].

۳-۱۰- نتایج تعیین مقدار فلاونوئیدهای کل

یکی از مهمترین ترکیبات فنل تام، فلاونوئیدها می‌باشد که خاصیت ضداکسیدان آنها به اثبات رسیده است. فلاونوئیدها دارای خاصیت ضد میکروبی، ضد التهابی، ضد تب، ضد آلرژی و خواص ضد اکسیدان می‌باشند. مصرف فلاونوئیدها باعث کاهش ابتلا به بیماری قلبی و عروقی میشوند [۱۱]. میانگین میزان فلاونوئید کل در نمونه موسیلاژ دانه به میزان ۶۷۰/۲۱ میلی گرم کوئرستین بر گرم خشک نمونه به دست آمد. در بین ترکیبات فنلی، فلاونوئیدها ترکیبات آنتی‌اکسیدانی قوی‌تری محسوب می‌شوند. فلاونوئیدها بازدارنده‌های قوی رادیکال‌های هیدروکسیل و پراکسید هستند. صادقی و همکاران میزان فنل، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی صمغ گیاه *Pistacia atlantica* از منطقه سراوان (استان سیستان و بلوچستان) را بررسی کردند. نتایج نشان داد محتوای فنلی و فلاونوئیدی برای نمونه‌ها به ترتیب در محدوده ۷/۰۴ - ۴/۰۷ میلی گرم گالیک اسید در هر گرم وزن خشک و ۰/۶۵ - ۱/۳۴ میلی گرم کوئرستین در هر گرم وزن خشک می‌باشد که عصاره متانولی صمغ با ۷/۰۴±۰/۱۵ میلی گرم گالیک اسید در هر گرم وزن خشک بیشترین مقدار فنول و با ۱/۳۴±۰/۱۳ میلی گرم گالیک اسید در هر گرم وزن خشک بیشترین مقدار فلاونوئید نسبت به سایر عصاره‌ها برخوردار بود [۱۳].

۴- نتیجه گیری

روش های سنتی استخراج نیاز به زمان طولانی دارند و در صورت استفاده از حلال های سمی، آلودگی و بقای این حلال ها را به دنبال دارند، بنابراین استفاده از روش های نوین نظیر فراصوت و امواج مایکروویو به دلیل بالاتر بودن سرعت و انرژی مؤثر در استخراج و انتقال جرم بیشتر مورد بررسی قرار گرفته اند. هدف اصلی مطالعه حاضر، بهبود استخراج موسیلاژ دانه "به" با کمک مایکروویو و دستیابی شرایط مناسب جهت استخراج بر اساس متغیرهای مستقل نظیر توان مایکروویو، مدت زمان تیمار و نسبت آب به دانه بود که منجر به دستیابی حداکثر میزان استخراج میگردد. نتایج نشان می دهد که برخی از پارامترهای استخراج به صورت معنی داری، میزان بازدهی را تحت تاثیر قرار می دهند. در روش استخراج با مایکروویو محدوده ای از بازدهی ۸/۹٪ تا ۱۵/۲٪ حاصل شد که به ترتیب مربوط به نمونه شماره ۲ و ۵ بود که نسبت آب به دانه در این نمونه ها به ترتیب ۵۰ و ۴۰، زمان ۸ و ۵ دقیقه و توان مایکروویو ۴۰۰ و ۵۵۰ وات بود، که مقدار این پارامتر با توجه به شرایط استخراج متغیر بود.

همچنین فعالیت آنتی اکسیدانی با چهار روش ABTS, DPPH, FRAP و رنگبری بتا-کاروتن / لینولئیک اسید انجام شد. ساختار پلی ساکارید استخراج شده و گروه عاملی با استفاده از طیفسنجی FT-IR بر اساس ارتعاشات در حالت مولکولی مورد بررسی قرار گرفت. به علاوه میانگین محتوای فنول کل نمونه ۷۴/۶۶ میلی گرم اسید گالیک در گرم نمونه گزارش شد. میانگین میزان فلاونوئید کل در نمونه موسیلاژ دانه به میزان ۶۷۰/۲۱ میلی گرم کوئرستین بر گرم خشک نمونه به دست آمد.

۵- تشکر و قدردانی

مقاله حاضر مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد می باشد، لذا نویسندگان مقاله بر خود لازم می دانند از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به دلیل حمایت های مادی و معنوی صمیمانه تشکر و قدردانی نمایند.

۶- منابع

- [1] Dehghan Sekachai, Atena. 2015. Doctoral thesis, Optimizing the extraction of fruit seed gum and investigating the physicochemical, functional properties and interaction of this gum with whey protein. Gorgan University of Agriculture and Natural Resources - Faculty of Agriculture and Natural Resources
- [2] Patel, N C, Rathod, B, G, Shah, V. N, & Mahajan, A, N. 2011. *Cydonia vulgaris Pers.:* A review on diversity. January Der Pharmacia Lettre 3(3):51-61
- [3] Abbas Tabar, Bahman. 2012. Extraction and investigation of physicochemical and rheological characteristics of seed gum. Master's thesis. Tarbiat Modares University.
- [4] Yousefi, Negin, Zeinali, Fariba, Alizadeh, mohammad. 2017. Optimization of low-fat meat hamburger formulation containing quince seed gum using response surface methodology. *J Food Sci Technol* (February 2018) 55(2):598-604 <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2969>
- [5] KhajeNouri, Maryam and Haghigi Asl, Ali. 2013. Investigation of extracting natural compounds of plants with the help of microwave and ultrasound waves, <https://civilica.com/doc/792115>
- [6] Jabroui, Ali, Ghofrani, Ali Akbar. 2014. Introduction of response level methodology. The fourth national conference of new technologies of chemistry and chemical engineering.
- [7] Farahamand, Atefe, Veridi, Mehdi, Kochaki, Arash. 2015. Evaluation of the functional properties of the extracted moss seeds with ultrasonic coke. *Iranian Journal of Food Science and Industry Research*. Volume 12, Number 1, Page 163-181
- [8] Moqbal, Abdul Hossein, Tayibi, Maryam. 2013. Extraction, preparation of dry powder and physicochemical investigations of oblonga cydonia seed mucilage". *Jundishapur Scientific Journal of Medicine*, Volume 13, Number 5, 572-557.
- [9] Rostami, H and Gharibzahedi, S.M.T. 2016. Microwave-assisted extraction of jujube polysaccharide: Optimization purification and functional characterization. *Carbohydrate*

- investigation of its functional and antioxidant properties. *Journal of Food Processing and Preservation*. The twelfth volume. First issue. 113-95
- [19] Yavari maroufi, Leila, Shahabi, Nasim, Ghanbarzadeh, Mitra dokht Ghorbani, Marjan. 2022. Development of Antimicrobial Active Food Packaging Film Based on Gelatin/Dialdehyde Quince Seed Gum Incorporated with Apple Peel Polyphenols. *Food and bioprocess technology* 2022 v.15 no.3 Find all articles in: *Food and bioprocess technology* 2022 v.15 no.3. pp. 693-705
- [20] Ghobadi, 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
- [21] Luo, Q. L., Tang, Z. H., Zhang, X. F., Zhong, Y. H., Yao, S. Z., Wang, L. S., Luo, X. (2016). Chemical properties and antioxidant activity of a water-soluble polysaccharide from *Dendrobium officinale*. *Int. J. Biol. Macromol.*, 89, 219-227
- [22] Guo, L., Zhu, W., Xu, F., Liu, M., Xie, Y., Zhang, J. (2014). Optimized ultrasonic-assisted extraction of polysaccharides from *Cyclina sinensis* and evaluation of antioxidant activities in vitro. *CyTA J. Food*, 12, 32-39.
- [23] Rajaei, Ahmed, Barzgar, Mohsen, Sahari, Mohammad Ali. 2018. Investigating the antioxidant and antimicrobial properties of the methanolic extract of green pistachio skin (*Pistachia vera*) *Journal: Iranian Food Sciences and Industries* Volume: 8, number: 1, page 111-120
- [24] Arcan, I, and Yemenicioglu, A. 2009. Antioxidant activity and phenolic content of fresh and dry nuts with or without the seed coat. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22, 184-188
- [25] Li, J., Ai, L., Hang, F., Ding, S., Liu, Y. (2014). Composition and antioxidant activity of polysaccharides from jujuba by classical and ultrasound extraction. *Int. J. Biol. Macromol.*, 63, 150-153.
- [26] Hammi, K.M., Hammami, M., Rihouey, C., Le Cerf, D., Ksouri, R., Majdoub, H. (2016). Optimization extraction of polysaccharide from Tunisian *Zizyphus lotus* fruit by response Polymers. 143, 100-107.
- [10] Behbahani, BA., Noshad, M. and Falah, F. 2019. Cumin essential oil: Phytochemical analysis, antimicrobial activity and investigation of its mechanism of action through scanning electron microscopy. *Microb Pathogenesis*. 136: 103716
- [11] Shan, B.Cai, YZ. Sun, M. and Corke, H. 2005. Antioxidant capacity of 26 spice extracts and characterization of their phenolic constituents. *J Agric Food Chem*. 53(20): 7749-7759.
- [12] Mirzai, Ziba and Dehghan, Gholamreza. 2015. Relationship between changes in antioxidant activity with different amounts of phenolic compounds. *Journal of Medical Sciences Studies (Medical Journal of Urmia University of Medical Sciences)*. Period 27. Number 4. Page 321-329.
- [13] Sadeghi Zahra, Valizadeh Jafar, Azizian Sharne Omid. 2014. Investigation of total phenol, flavonoids and antioxidant activity of *Pistacia atlantica* gum from Saravan region (Sistan and Baluchistan province). *Ekofito Chemical Journal of Medicinal Plants*. Volume 3, Number 2; Pages 18-27.
- [14] Fekri, N, Khayami, M, Heidari, R., & Jamee, R. 2008. Chemical analysis of flaxseed, sweet basil, dragon head and quince seed mucilages. *Research Journal of Biological Sciences*, 3 (2), 166-170
- [15] Jouki, M., Mortazavi, S.A., Yazdi, F. T and Koochaki. 2014. Optimization of extraction, antioxidant activity and functional properties of quince seed mucilage by RSM. *International journal of biological macromolecules*. 66: 113-124
- [16] Samavati, V, & Skandari, F. 2014. Recovery, Chemical and rheological characterization of gum from Assyrian palm. *International Journal of Biological Macromolecules*, 67, 172-179.
- [17] 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.
- [18] Sardroudian Maryam, Arian Far Akram, Mohammadi Thani Kakhki Ali, Najji Tabasi Sara. 2019. Enzymatic purification of balango seed gum (*Lallemantia royleana*) and

- Technology 2006, 41 (Supplement 1), 20–27
- [30] Golluce M, Sahin F, Sokmen M, Ozer H, Daferera D, Sokmen A, Polissiou M, Adiguzel A, Ozken H . Antimicrobial and antioxidant properties of the essential oils and methanol extract from *Mentha longifolia* L.ssp.longifolia. Food Chem 2007; 103: 1449-1456.
- [31] Alizadeh Bebahani, B, Noshad, M, Rahmati Joneid Abad, M.2022.Antioxidant potential and antimicrobial activity of ethanolic extract of bay leaves (*Laurus nobilis*) on *Shigella* dysentery, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* bacteria in vitro
- [32] Maimoona, A., Naeem, I., Saddiqe, Z., Ali, N., Ahmed, G. and Shah, I., 2011. Analysis of total flavonoids and phenolics in different fractions of bark and needle extracts of *Pinus roxburghii* and *Pinus wallichiana*. Journal of Medicinal Plants Research. 5(21): 5216-5220
- surface methodology: Composition and antioxidant activity. Food Chem., 212, 476-484.
- [27] Tan, L. H., Zhang, D., Yu, B., Zhao, S. P., Wang, J. W., Yao, L., Cao, W. G. (2015). Antioxidant activity and optimization of extraction of polysaccharide from the roots of *Dipsacus asperoides*. Int. J. Biol. Macromol., 81, 332-339.
- [28] Tahanejad, Mohammad, Barzgar, Mohsen, Sahari, Mohammad Ali and Naghadi Badi, Hassan Ali. 2018. Evaluation of the antioxidant activity of lavender essential oil (*Lavandula angustifolia*) in crude soybean oil system. Quarterly Journal of Medicinal Plants. 11th year First period. Visa letter number eight. 127-140. Journal of Infectious and Tropical Diseases, Pages: 17-26
- [29] Bamdad Fatemeh, Kadivar, mahdi and Keramat, javad. 2006. Evaluation of phenolic content and antioxidant activity of Iranian caraway in comparison with clove and BHT using model systems and vegetable oil. International Journal of Food Science and



Optimization of Microwave Extraction of Quince Seed Gum using Response Surface Methodology

Goodarzi Shamsabadi, B. ¹, Mehrnia, M. A. ^{2*}, Noshad, M. ³, Alizadeh Behbahani, B. ², Barzegar, H. ³

1. MSc Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.
3. Associate Professor, Department of 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 2022/ 07/ 20

Accepted 2022/ 11/ 16

Keywords:

Microwave extraction,
Quince seed,
response surface methodology,
Antioxidant capacity.

DOI: 10.22034/FSCT.19.131.101

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.9.0

*Corresponding Author E-Mail:
mehrnia@asnruk.ac.ir

ABSTRACT

Food gums are additives that play variety of roles such as consistency, gel formation, and stabilizing in food solutions. In this study, the best conditions for extracting Quince seed gum as well as its antioxidant and physicochemical properties were investigated. Extraction of gum was optimized using microwave power (250 -850 W), water to grain ratio (2060) and time (2-9 min), by the response surface methodology. Gum physicochemical properties including ash, moisture, protein and fat were measured and antioxidant properties were evaluated by DPPH, ABTS, Physicochemical properties of gum FRAP and β -carotene/linoleic acid bleaching assay. The extraction efficiency was in the range of 8.9% to 15.2%. As the microwave power increases in constant time, gum extraction efficiency increases, but the simultaneous power increases with increasing treatment time, resulted in decreasing gum extraction. Increasing time by keeping the power constant, initially resulted in an increase in extraction and afterward resulted in lower gum extraction. Results of scavenging capacity and antioxidant properties measured using DPPH, FRAP, ABTS and beta – carotene bleaching assay were 53.19 $\mu\text{g/ml}$, 1.06 $\mu\text{g/ml}$, 69.61 $\mu\text{g/ml}$, 2.92 $\mu\text{g}/100\text{g}$ respectively, and the amount of total phenol and flavonoids were 74.66 mg GAE/g and 670.21mg QE/g respectively.