

بهینه‌سازی فرایند استخراج ترکیبات زیست فعال از تفاله انگور سیاه سردشت به روش‌های فراصوت و غرقابی با استفاده از متدولوژی سطح پاسخ

سارا متینی¹، سیدعلی مرتضوی^{2*}، علیرضا صادقیان³، اکرم شریفی⁴

1- دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.

2- استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.

3- استادیار، انستیتوی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران

4- استادیار، گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

(تاریخ دریافت: 98/04/23 تاریخ پذیرش: 98/06/02)

چکیده

انگور سیاه قرمز (*Vitis Viniferae cv Rash*) یکی از مهم‌ترین ارقام انگور در استان آذربایجان غربی است که عمدتاً جهت تولید آب انگور مورد استفاده قرار می‌گیرد. تفاله انگور سیاه سردشت منبع ارزان و غنی از ترکیبات زیست فعال است. در این تحقیق فرایند استخراج ترکیبات زیست فعال موجود در تفاله انگور سیاه سردشت با استفاده از دو روش غرقابی و فراصوت و بهینه‌سازی فرایندهای استخراج به روش سطح پاسخ انجام گرفت. جهت پیش‌بینی رفتار نمونه‌ها، مدل چندجمله‌ای درجه‌ی دوم و از طرح مربع مرکزی برای بهینه‌سازی شرایط استخراج به روش غرقابی و فراصوت مورد استفاده قرار گرفت، تأثیر شرایط عملیاتی (دما و زمان) بر محتوی ترکیبات فنلی، آنتوسیانین‌ها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از روش سطح پاسخ ارزیابی شد. شرایط بهینه به شرح زیر بود: مدت‌زمان 24 ساعت و دمای 35 درجه سانتی‌گراد برای استخراج به روش غرقابی و مدت زمان 15 دقیقه و دمای 55 درجه سانتی‌گراد برای استخراج به کمک فراصوت. در این شرایط، برای استخراج به روش غرقابی میزان ترکیبات فنلی 96/779 میلی‌گرم اسید گالیک در 100 میلی‌لیتر عصاره، آنتوسیانین 118/345 میلی‌گرم در لیتر و فعالیت آنتی‌اکسیدان 55/4919 درصد و برای استخراج به کمک فراصوت، ترکیبات فنلی 114/115 میلی‌گرم اسید گالیک در 100 میلی‌لیتر عصاره، آنتوسیانین 121/645 گرم در لیتر و فعالیت آنتی‌اکسیدان 64/89 درصد بود. نتایج این تحقیق نشان داد که روش فراصوت نسبت به غرقابی روش بهتری جهت استخراج ترکیبات زیست فعال تفاله انگور سیاه سردشت هست، همچنین می‌توان راندمان استخراج انگور سیاه را با بهینه‌سازی فرایند استخراج توسط روش سطح پاسخ افزایش داد.

کلید واژگان: آنتوسیانین، غرقابی، ترکیبات فنلی، روش سطح پاسخ، استخراج به کمک فراصوت، انگور سیاه سردشت

*مسئول مکاتبات: morteza1937@yahoo.com

1- مقدمه

انگور به‌عنوان منبع غنی از ترکیبات زیست فعال شناخته شده است. درصد رطوبت آن از 50 تا 72 درصد، محتوای لیگنین آن بین 16/8 تا 24/2 درصد و پروتئین آن پایین‌تر از 4 درصد است. انگور برداشت شده عمدتاً جهت تولید آب‌انگور مورد مصرف قرار می‌گیرد و تفاله انگور یکی از محصولات جانبی با ارزش کارخانجات فراوری انگور می‌باشد. مواد پکتیکی، پلیمرهای اصلی تشکیل‌دهنده دیواره سلولی در تفاله انگور هستند. تفاله انگور حاوی پلی‌فنل‌ها (آنتوسیانین‌ها، فلاونول‌ها، فلاونول‌ها، فنولیک اسید و رزوراتول، اسیدسیتریک) است [1]. ترکیبات فنلی موجود در انگور دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و خواص عملکردی است که از سرطان و آترواسکلروز جلوگیری می‌کند [2]. ثابت شده است که آنتوسیانین‌ها و سایر ترکیبات فنولی در انگور قرمز و سیاه اثرات مثبتی بر سلامت به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی آن‌ها دارند. ترکیبات آنتوسیانین‌موجود در انگور به عنوان رنگ‌دانه طبیعی شناخته شده‌اند و می‌توانند در محصولات غذایی مورد استفاده قرار گیرند [3].

انگور سیاه سردشت (*Vitis Viniferae cv. Rash*) یکی از واریته‌های انگور است که به‌صورت طبیعی در مناطق کوهستانی شهرستان سردشت رشد می‌کند. انگورهای سیاه سردشت به دلیل رشد طبیعی و استفاده نکردن از کودها و سموم شیمیایی ارزش غذایی بالایی دارند. در تفاله و گوشت انگور سیاه، مقدار زیادی ویتامین C، بتاکاروتن، ویتامین E و آنتوسیانین وجود دارد. انگور سیاه سردشت عمدتاً برای تولید آب انگور در ایران استفاده می‌شود. تفاله انگور سیاه منبع ارزانی از ترکیبات فنلی و آنتوسیانین‌ها هستند که استخراج بهینه آن‌ها می‌تواند مزایای اقتصادی به همراه داشته باشد.

انتخاب روش مناسب برای استخراج ترکیبات زیست فعال از ماتریکس با حداقل ناخالصی و همچنین حفظ فعالیت بیولوژیکی آن در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. برای استخراج ترکیبات زیست فعال، چندین روش سنتی و مدرن مورد استفاده قرار گرفته است. تکنیک‌های سنتی اغلب زمان‌بر بوده و نیاز به مقدار زیادی از حلال‌ها دارد. علاوه بر این، بسیاری از مواد فعال ممکن است هنگام استخراج از بین بروند [4]. در سال‌های اخیر، روش‌های مختلف استخراج که باعث کاهش مصرف حلال و سرعت بخشیدن به فرآیند

استخراج شده است، از جمله استخراج به کمک فراصوت [5]، حرارت دادن اهمی [6]، میدان الکتریکی پالسی [7]، ماکروویو [8]، سیال فوق بحرانی [9] و حلال‌های شتاب‌دهنده [10] مورد مطالعه قرار گرفته است. در بین روش‌های مورد استفاده، استخراج به کمک فراصوت به دلیل سادگی و تجهیزات کم‌هزینه، جهت استخراج ترکیبات گیاهی به منظور کوتاه کردن زمان استخراج، کاهش مصرف حلال، افزایش بازده استخراج و بهبود کیفیت عصاره‌ها استفاده شده است [5].

روش سطح پاسخ، مجموعه‌ای از روش‌های آماری برای طراحی آزمایش‌ها، مدل‌سازی و بررسی اثر فاکتورها بر نتایج نهایی و در نهایت بهینه‌سازی فرایند می‌باشد. یکی از مزیت‌های این روش، کم کردن تعداد آزمایش‌های موردنیاز برای به دست آوردن داده‌ها جهت تجزیه و تحلیل آماری می‌باشد. این روش به‌طور گسترده‌ای در مطالعات بهینه‌سازی چند متغیره در فرآیندهای مهندسی، تحقیقات صنعتی و بیولوژیکی مورد استفاده قرار گرفته است [11].

پژوهش‌هایی در زمینه استخراج ترکیبات زیست فعال از انگور با روش‌های مختلف به چاپ رسیده است، بورین و همکاران (2014) ترکیبات زیست فعال تفاله انگور قرمز و سفید را در شرایط متفاوت با استفاده از حلال‌های مختلف استخراج کردند. نتایج نشان داد استخراج با اتانول بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را در مقایسه با دیگر حلال‌ها داشت. نتایج HPLC نشان داد که گالیک اسید و سینامیک اسید ترکیبات فنولی اصلی در تفاله انگور بودند [12]. پورعلی و همکاران (2014) نیز ترکیبات فنولی تفاله انگور را با استفاده از روش فولین سیوکالته Folin-Ciocalteu تعیین مقدار کردند. محتوای ترکیبات فنولی از تفاله انگور 8/33 میلی‌گرم تانیک اسید بود. بالاترین ترکیبات فنولی در عصاره دانه انگور (116/73 گرم اسید گالیک / 100 گرم)، عصاره تفاله انگور (75/20 گرم اسید گالیک / 100 گرم) و عصاره کل انگور (48/04 گرم اسید گالیک / 100 گرم) تعیین شد [1].

پژوهش‌های متعددی در خصوص انگور سیاه سردشت منتشر شده است. حیدری و همکاران (2004) آنتوسیانین‌های میوه انگور سیاه سردشت را با استفاده از ستون رزین تعویض کاتیونی خالص‌سازی کرده و با استفاده از کروماتوگرافی لایه نازک جداسازی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که میزان آنتوسیانین‌های انگور سیاه سردشت در حدود mg/L

3/58 ± 1740/11 بود [13]. علمی کشتیبان و اسمعیلی (2019) استخراج ترکیبات فنلی موجود در پوست انگور سیاه سردشت را با استفاده از فراصوت و آب زیر بحرانی مورد ارزیابی قرار دادند. در این مطالعه، ترکیبی از فراصوت با قدرت 400 وات و فرکانس 21 کیلوهرتز و آب زیر بحرانی در 100-150 درجه سانتی گراد و فشار 20-40 بار برای استخراج ترکیبات فنلی از پوست انگور سیاه سردشت در مدت زمان استخراج 15-30 دقیقه به کار گرفته شد. نتایج نشان داد که دما، فشار، زمان و استفاده از فراصوت بر میزان ترکیبات فنلی استخراج شده اثر معنی داری داشت. بیشترین میزان استخراج کل فلاونوئیدها، ترکیبات فنلی، آنتی اکسیدان ها، رنگ و عملکرد استخراج، در بالاترین دما، فشار و زمان استخراج همراه با پیش تیمار فراصوت انجام شد [14].

در مطالعه حاضر، فرایند استخراج ترکیبات زیست فعال موجود در تفاله انگور سیاه سردشت با استفاده از دو روش غرقابیی و فراصوت و بهینه سازی فرایندهای استخراج به روش سطح پاسخ انجام گرفت.

2- مواد و روش ها

2-1- آماده سازی نمونه ها

تفاله انگور سیاه سردشت از ضایعات کارخانه آبگیری پاکدیس ارومیه تهیه شد. سپس توسط آون تحت خلأ (Lab Tech, South Korea) در دمای 45°C خشک و توسط خردکن برقی (Black & Decker Model no. JBG60, USA) به دقت خرد شد و برای یکنواخت کردن اندازه ذرات، با الک مش 80 الک گردید. پودر به دست آمده تا پایان آزمایش ها در ظروف شیشه ای تیره و در دمای فریزر (-18°C) نگهداری شد. کلیه آزمایش ها این تحقیق با استفاده از مواد شیمیایی ساخت شرکت آلمانی مرک (Merk) انجام گرفت.

2-2- تهیه عصاره

با توجه به نتایج مطالعات پیشین [15] اتانول به عنوان حلال استخراج کننده انتخاب شد و عصاره با استفاده از روش های زیر استخراج گردید:

2-3- استخراج با استفاده از روش غرقابیی

5 گرم نمونه تفاله خشک شده، با 50 میلی لیتر اتانول 70% مخلوط شده و در دماهای مختلف (25، 30، 35 درجه سانتی گراد) و زمان های (12، 18، 24 ساعت) توسط دستگاه همزن مغناطیسی با دور 210rpm هم زده شدند. سپس عصاره استخراج شده با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره 40 و پمپ خلأ از مواد جامد گیاهی جدا گردید و در مرحله بعد به منظور حذف حلال، عصاره های صاف شده در دستگاه روتاری (Model EI141, Buchi, Swizeland) تحت عملیات تقطیر در خلأ تا رسیدن به درصد ماده جامد کل ثابت % 2 ± 0/14 (تعیین شده با استفاده از فرآکتومتر دیجیتالی مدل Atago-RX-5000a، ساخت شرکت آتاگوی ژاپن) قرار گرفتند. سپس درب پلیت ها بسته و با فویل آلومینیومی پوشانده شد و در 4 درجه سانتی گراد تا زمان آزمون نگهداری شدند [15].

2-4- استخراج به کمک فراصوت

پودر تفاله انگور از فریزر خارج شده و با حلال اتانول (95%) - اسیدکلریدریک (1/5 مولار) به نسبت 1 به 8 باهم مخلوط شدند و درون دستگاه حمام اولتراسونیک Heilscher, Germany Model Up200 h) در دماهای مختلف (30، 45، 55، 65 درجه سانتی گراد) و زمان های (15، 22/50، 30) و در معرض طول موج ثابت 35kHz و توان 300 وات قرار گرفتند. سپس عصاره استخراج شده با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره 5 (Slow) و پمپ خلأ از مواد جامد گیاهی جدا گردید و در مرحله بعد به منظور حذف حلال، عصاره های حاصل در دستگاه روتاری (Model EI141, Buchi, Swizerland) تحت عملیات تقطیر در خلأ قرار گرفتند. در نهایت عصاره به پلیت های شیشه ای منتقل شده و روی حمام آب (Model LAUDA E200, Germany) در دمای 45-50 درجه سانتی گراد باقیمانده حلال حذف و عصاره خشک گردید. سپس درب پلیت ها بسته و با فویل آلومینیومی پوشانده شد و در فریزر 18- درجه سانتی گراد تا زمان آزمون نگهداری شدند [16].

2-5- اندازه گیری مقدار کل ترکیبات فنلی

مقدار کل ترکیبات فنلی به روش فولین سیوکالته تعیین شد. به این ترتیب که مقدار 0/5 میلی لیتر عصاره با 2/5 میلی لیتر واکنشگر 10 درصد فولین سیوکالته مخلوط شد و بعد از 3 دقیقه 2 میلی لیتر محلول 7/5 درصد کربنات سدیم (75

میلی‌لیتر اسیدکلریدریک 1 مولار به 200 میکرولیتر از عصاره سانتریفوژ شده اضافه گردید و در دمای اتاق به مدت 3 ساعت نگهداری شد. جذب نمونه‌های تهیه شده توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج اندازه‌گیری شد و اسید کلریدریک 1 مولار به‌عنوان نمونه کنترل مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت غلظت آنتوسیانین‌ها (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\text{Total anthocyanins (mg/ml)} = A \times D \times 1000 / B$$

در رابطه فوق؛ A، B به ترتیب جذب نمونه و محلول malvidin-3-glucoside است و D فاکتور رقت است.

2-8- طراحی آزمایش‌ها

پارامترهای فرآیند استخراج با استفاده از روش سطح پاسخ بهینه‌سازی شد. برای این منظور از طرح مرکب مرکزی با تعداد 11 تیمار و 3 تکرار در نقاط مرکزی استفاده گردید. فاکتورهای متغیر در فراصوت شامل دما (A: 35-55 درجه سانتی‌گراد) و زمان (B: 15-30 دقیقه) و در غرقابی دما (A: 25-35 درجه سانتی‌گراد) و زمان (B: 12-24 ساعت) بود. مقادیر کد شده و واقعی متغیرهای مستقل مورد استفاده در جدول 1 و 2 نشان داده شده است. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار Design 7,5,1 expert انجام شد. داده‌های تجربی با کمک مدل چندجمله‌ای درجه دوم برای هر یک از روش‌های استخراج به‌طور جداگانه به‌صورت زیر برازش شدند:

$$Y = b_0 + b_1A + b_2B + b_{11}A^2 + b_{22}B^2 + b_{12}AB$$

در معادله فوق، Y بیانگر پاسخ‌های موردنظر شامل محتوای ترکیبات فنولی (میلی‌گرم اسید گالیک در 100 میلی‌لیتر)، میزان آنتوسیانین (میلی‌گرم در لیتر)، درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی و b_n نشان‌دهنده ضرایب رگرسیون هست. این ضرایب اثرات خطی، دوجمله‌ای و نیز اثرات متقابل فاکتورهای متغیر فرایند را بیان می‌کنند. مقادیر A و B به ترتیب نشان‌دهنده فاکتورهای مستقل فرایند شامل دما و زمان هستند.

گرم در لیتر) به آن اضافه، سپس جذب نمونه در دستگاه اسپکتروفتومتر (SINCO, Seoul, South Korea) در 765 نانومتر قرائت گردید. نتایج برحسب میلی‌گرم اسید گالیک موجود در 100 میلی‌لیتر عصاره استخراجی گزارش گردید. جهت رسم منحنی استاندارد از رقت‌های 100-700 میلی‌گرم بر لیتر اسید گالیک استاندارد به‌صورت هفت نقطه‌ای استفاده شد [17].

2-6- ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره

استخراج شده به روش DPPH

خاصیت آنتی‌رادیکالی عصاره استخراج شده بر اساس توانایی دادن اتم هیدروژن یا الکترون در عصاره‌های اتانولی یا میزان بی‌رنگ کردن محلول بنفش 2-2 دی فنیل - 1 پیکریل هیدرازیل (DPPH) موردسنجش قرار گرفت [17]. ابتدا عصاره اتانولی با مخلوط کردن 10 میلی‌لیتر عصاره استخراجی با 40 میلی‌لیتر اتانول 80 درصد و 4 ساعت هم زدن و دو بار صاف کردن تولید شد. سپس 0/5 میلی‌لیتر از این عصاره به 3/5 محلول 0/004 درصد DPPH در اتانول اضافه گردید. بعد از 30 دقیقه تاریک‌گذاری در دمای اتاق، جذب نمونه‌ها در طول موج 517 نانومتر قرائت شد. درصد مهاررادیکال‌های آزاد DPPH با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$\text{TAA (\%)} = \left(1 - \frac{A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}}\right) \times 100$$

2-7- اندازه‌گیری آنتوسیانین به روش pH

افتراقی

روش معرفی شده توسط ایلند و همکاران (1968) [18] و اصلاح شده توسط غفور و همکاران (2009) [19] برای اندازه‌گیری آنتوسیانین‌ها مورد استفاده قرار گرفت. به این ترتیب که 1 میلی‌لیتر از نمونه با 10 میلی‌لیتر اتانول 50% مخلوط شد و به مدت 10 دقیقه با دور 1800 دور در دقیقه سانتریفوژ (مدل Centric 150، کمپانی دامل Domel) گردید. سپس 3/8

Table 1 Coded levels of independent variables used in the RSM design for maceration method

Independent variables	Coded levels		
	+1	0	-1
Temperature (A °C)	25	30	35
Time(B h)	12	18	24

Table 2 Coded levels of independent variables used in the RSM design for ultrasound assisted extraction method

Independent variables	Coded levels		
	+1	0	-1
Temperature (A °C)	35	45	55
Time(B min)	15	22	30

همانطوریکه در جدول 3 نشان داده شده است، جملاتخطی زمان (B) و دمای استخراج (A) بیشترین تأثیر معنی دار را بر میزان فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره های استخراج شده داشته اند (شکل 1). اثر معنی داری بر روی فاکتورهای مربع دما (A^2)، زمان (B^2) یا اثر متقابل دما و زمان، بر روی قدرت آنتی اکسیدانی (AB) مشاهده نشد. به همین دلیل این پارامترها از مدل حذف شد (جدول 3). با توجه به پارامترهای دارای اثر معنی دار، معادله برازش شده برای این پاسخ به صورت زیر می باشد.

$$Y = + 51.38 + 2.17 A + 1.95 B$$

بر اساس یافته های ارائه شده در جدول 3 ضریب رگرسیون ($R^2 = 0.75$) مدل پیش بینی شده و عدم تناسب ($P = 0.3185 > 0.05$)، مدل پیشنهادی می تواند پاسخ دقیق را پیش بینی کند. بیشترین فعالیت آنتی اکسیدانی در دمای 35 درجه سانتی گراد و زمان 24 ساعت مشاهده شد. افزایش دما و زمان استخراج باعث افزایش قدرت آنتی اکسیدانی شد.

3- نتایج و بحث

3-1- برازش مدل

مدل مناسب با توجه به معنی دار بودن آزمون F ($P \geq 0/05$) و معنی دار نبودن فقدان برازش ($P \geq 0/05$) و همچنین مقادیر R^2 و R^2 تعدیل شده و ضریب تغییرات انتخاب شد. با توجه به جداول تجزیه واریانس می توان دریافت که مدل برازش داده شده برای تمام پارامترهای مورد بررسی کاملاً معنی دار است ($P \geq 0/01$) جهت بررسی پارامترهای اثرگذار در مطالعه با توجه به جدول تجزیه واریانس، جملات فاقد آزمون F معنی دار ($P \geq 0/05$) از مدل حذف و سایر جملات که دارای اختلاف معنی دار بودند، در مدل حفظ شدند [20].

3-2- تأثیر دما و زمان در روش استخراج به

روش غرقابی روی قدرت آنتی اکسیدانی عصاره

Table 3. Regression coefficients, R^2 , and P for dependent variables (maceration methods), all the factors with non-significant F- test values were removed from the model.

Regression coefficient of variables	Antioxidant activity (%)	TPC (mg GAE/100 ml)	Anthocyanins content (mg/ml)
b_0 (intercept)	51.38	87.96	97.28
$b_1(A)$	2.17*	1.57*	6.7*
$b_1(B)$	1.95*	7.25*	-
$b_{11}(A^2)$	-	-	12.53*
$b_{22}(B^2)$	-	-	-
$b_{12}(AB)$	-	-	4*
R^2	0.75	0.80	0.98
Lack of Fit	0.3185 ^{ns}	0.0703 ^{ns}	0.8481 ^{ns}
P or probability	0.0141*	0.0003*	0.0001*

ترکیبات فنولی شده که این اثرات، می‌تواند انتقال جرم را بهبود دهد. این امر نیز افزایش میزان استخراج ترکیبات فوق در دماهای بالاتر استخراج را به دنبال دارد [22].

بر اساس یافته‌های فوق، اثر دما و زمان بر روی فعالیت آنتی‌اکسیدانی مشابه تأثیر این پارامترها بر روی ترکیبات فنولی بوده است. گزارش شده است که میزان ترکیبات فنولی تأثیر بسزایی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارد که این امر به دلیل قابلیت احیاکنندگی بالای این ترکیبات و نیز توانایی دادن هیدروژن به رادیکال‌های فعالی نظیر DPPH می‌باشد [24].

با توجه به پارامترهای دارای اثر معنی‌دار، معادله برازش داده‌شده در مورد این پاسخ به صورت زیر می‌باشد:

$$Y = +87/96 + 1/57A + 7/25 B$$

ضریب تبیین (R^2) مدل پیش‌بینی شده در مورد پاسخ فوق 0/80 و مقدار P برای آزمون فقدان برازش 0/0703 بود. این مقادیر نشان می‌دهد که مدل ارائه‌شده می‌تواند به خوبی پاسخ موردنظر را پیش‌بینی نماید.

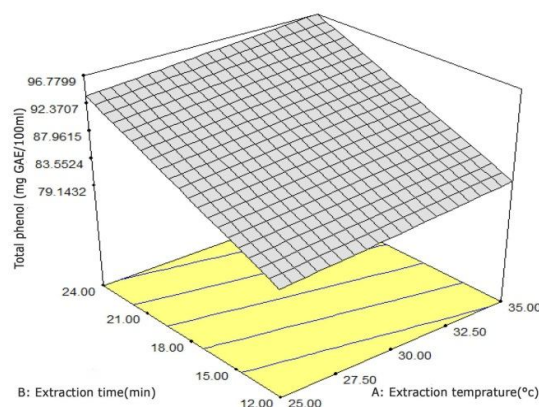


Fig 2 The effects of independent variables (maceration time and temperature) on the level of TPC

3-4- تأثیر دما و زمان در روش استخراج به

روش غرقابی روی محتوای آنتوسیانین

در شکل 3 اثر فاکتورهای مستقل دما و زمان استخراج بر میزان استخراج آنتوسیانین نشان داده شده است. افزایش دمای استخراج منجر به افزایش بازده استخراج آنتوسیانین‌ها شد؛ اما زمان تأثیر کمتری بر پاسخ موردنظر داشت. با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول 3)، جمله درجه دوم دما (A^2) بیشترین تأثیر مثبت، جمله A و جمله اثر متقابل (A-B) نیز اثر مثبت بر میزان آنتوسیانین داشتند؛ اما جملات خطی زمان (B) و نیز

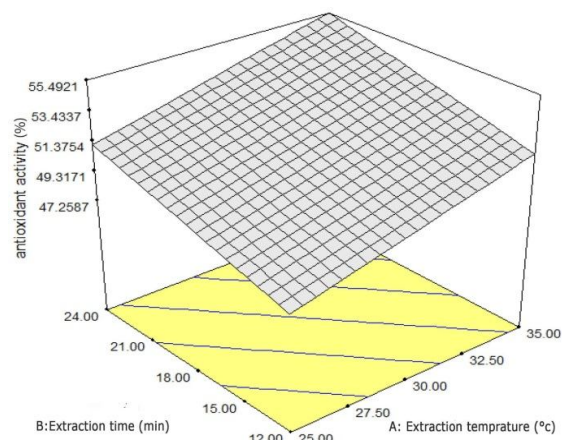


Fig 1 The effects of independent variables (maceration time and temperature) on the level of antioxidant activity.

بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در روش استخراج به روش غرقابی در شرایط استخراج 35 درجه سانتی‌گراد و مدت زمان 24 ساعت قابل استحصال است. نتایج تحقیق Azizah و روسلاوتی (1999) نیز نشان داد که ترکیبات فنولی عصاره‌های استخراج‌شده در دماهای بالا (به جز بالای 90 درجه سانتی‌گراد) پایدار بودند [21]؛ بنابراین تأثیر مثبت دماهای بالا در افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های استخراجی نیز قابل توجیه می‌باشد.

3-3- تأثیر دما و زمان در روش استخراج به

روش غرقابی روی محتوای ترکیبات فنولی

عصاره

جدول تجزیه واریانس (جدول 3) نشان داد که جملات خطی زمان (B) و دمای استخراج (A) تأثیر معنی‌داری بر میزان ترکیبات فنولی داشتند. شکل 2 اثر فاکتورهای مستقل بر میزان ترکیبات فنولی را نشان می‌دهد که افزایش دما و زمان منجر به افزایش بازده استخراج ترکیبات فنولیک شده است. با بررسی مقادیر عددی ضرایب برای دما و زمان می‌توان دریافت که زمان تأثیر بیشتری بر میزان استخراج ترکیبات فنولی داشته است. اثر مشاهده‌شده توسط زمان را می‌توان به افزایش مدت زمان انتقال جرم نسبت داد [22]. اثر مثبت دما در افزایش میزان استخراج ترکیبات فنولی نیز توسط محققین زیادی به اثبات رسیده است [23]. در واقع دماهای بالاتر استخراج می‌تواند منجر به نرم شدن بافت گیاهی، تخریب اتصالات ترکیبات فنولی با پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدها و افزایش قابلیت انحلال

ضریب تبیین (R^2) مدل پیش‌بینی‌شده در مورد پاسخ فوق 0/98 و مقدار P برای آزمون فقدان برازش نیز 0/8481 بود؛ بنابراین مدل ارائه شده در معادله‌ی فوق برازش مناسبی برای پاسخ مورد نظر ارائه می‌دهد.

3-5- تأثیر دما و زمان در روش استخراج به

کمک فراصوت بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی

عصاره تفاله انگور که توسط استخراج به کمک فراصوت به دست آمد، دارای پتانسیل بالایی برای مهار رادیکال‌های آزاد DPPH بود. جمله خطی دمای استخراج (A) بیشترین تأثیر مثبت بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های استخراجی را داشت؛ اما جمله خطی زمان استخراج (B) تأثیر معناداری در مدل برازش داده شده نداشت (شکل 4، جدول 4). این نتایج با داده‌های حاصل از شرایط استخراج میوه انجیر موافقت خوبی دارد [25]. توانایی استفاده از فراصوت برای استخراج ترکیبات زیست‌فعال به منظور بهبود قابلیت استخراج و کاهش زمان فرایند به اثبات رسیده است [26]. نتایج تحقیق التیمی و همکاران (2016) بر روی استخراج ترکیبات فنلیبه کمک فراصوت از هلو و کدو تنبل نشان داد که بیشترین میزان DPPH زمانی حاصل شد که زمان استخراج 25,71 دقیقه و راندمان استخراج به ترتیب 56,01٪ بود [25]. این یافته‌ها با نتایج حسینی و همکاران (2012) نیز مطابقت داشت [28] که نشان دادند که افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به افزایش قدرت فراصوت و زمان مناسب برای شکافت دیواره سلولی است که منجر به افزایش انتقال جرم در غشای سلولی می‌شود.

جملات درجه دوم زمان (B^2) تأثیر معنی‌داری بر میزان آنتوسیانین در محدوده تعریف شده نداشتند و از مدل حذف شدند. نتایج نشان داد که بالاترین میزان استخراج آنتوسیانین‌ها در مدت‌زمان بالاتر حاصل شده است.

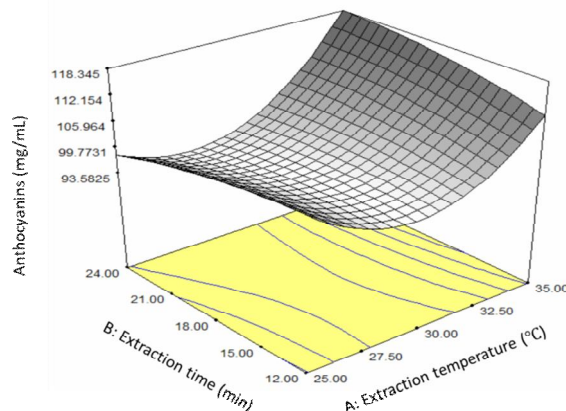


Fig 3 The effects of independent variables (maceration time and temperature) on the level of anthocyanins content

دلیل این امر را می‌توان به افزایش مدت‌زمان انتقال جرم نسبت داد [16]. مشاهده فوق با نتایج حاصل از تحقیق Chumsri و همکاران (2008) در مورد چای ترش کاملاً همخوانی دارد [24]. این محققین نیز کاهش میزان آنتوسیانین استخراج‌شده در دما و زمان‌های طولانی استخراج را گزارش کردند. تخریب آنتوسیانین‌ها به فاکتورهای متعددی نظیر pH، دما حضور ویتامین ث و اکسیژن بستگی دارد [25]. معادله برازش داده‌شده در مورد این پاسخ به صورت زیر می‌باشد:

$$Y = +97.28 + 6.7A + 12.53 A^2 + 4 AB$$

Table 4 Regression coefficients, R^2 , and P for dependent variables (ultrasound assisted extraction methods), all the factors with non-significant F- test values were removed from the model.

Regression coefficient of variables	Antioxidant activity (%)	TPC (mg GAE/100 ml)	Anthocyanins content (mg/ml)
b_0 (intercept)	57.01	100.19	113.48
$b_1(A)$	8.85*	5.05*	5.16*
$b_1(B)$	-	8.87*	-
$b_{11}(A^2)$	-	-	-5.41*
$b_{22}(B^2)$	-	-	-
$b_{12}(AB)$	-	-	-8.15*
R^2	0.71	0.71	0.85
Lack of Fit	0.1409 ^{ns}	0.2624 ^{ns}	0.7964 ^{ns}
P or probability	0.0033*	0.0268*	0.0090*

ضریب تبیین (R^2) مدل پیش‌بینی شده در مورد پاسخ فوق 0/71 و مقدار P برای آزمون فقدان برازش 0/2624 بود.

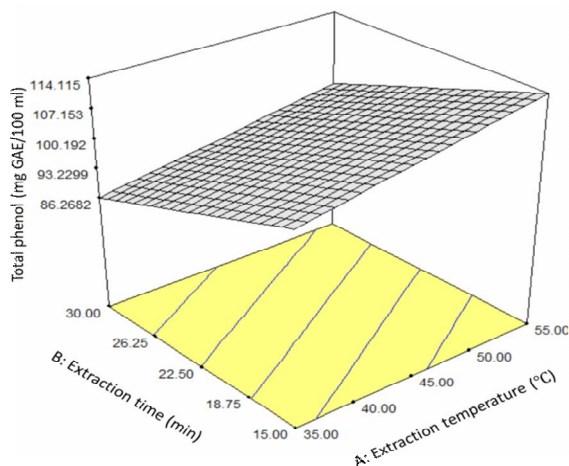


Fig 5 The effects of independent variables (ultrasound assisted extraction time and temperature) on the level of TPC

3-7- تأثیر دما و زمان در روش استخراج به

روش اولتراسونیک روی محتوای آنتوسیانین

در شکل 6 اثر فاکتورهای مستقل بر میزان آنتوسیانین نشان داده شده است. در مورد آنتوسیانین نیز افزایش فاکتور دمای استخراج منجر به افزایش بازده آنتوسیانین شد. با بررسی جدول تجزیه واریانس (جدول 6) می‌توان دریافت که تنها جملات خطی (A) و درجه‌ی دوم دما (A^2) و نیز جمله خطی اثر متقابل دما و زمان (AB) تأثیر معنی‌داری بر میزان آنتوسیانین داشتند. استفاده از فراصوت برای استخراج ترکیبات گیاهی از قبیل آنتوسیانین‌ها به‌عنوان یک روش کارآمد برای به تخریب دیواره‌های سلولی، افزایش سرعت انتقال جرم گزارش شده است [31].

معادله برازش داده شده در مورد این پاسخ به صورت زیر می‌باشد:

$$Y = +113.48 + 5.16 A - 5.41 A^2 - 8.15 AB$$

ضریب تبیین (R^2) مدل پیش‌بینی شده در مورد پاسخ فوق 0/85 و مقدار P برای آزمون فقدان برازش نیز 0/7964 بود؛ بنابراین مدل ارائه شده در معادله‌ی فوق برازش مناسبی برای پاسخ مورد نظر ارائه می‌دهد.

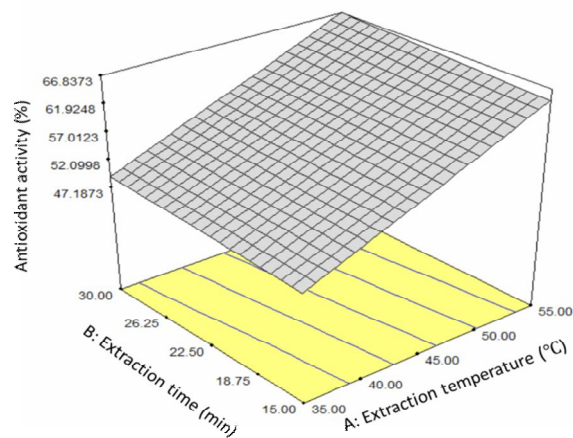


Fig 4 The effects of independent variables (ultrasound assisted extraction time and temperature) on the level of antioxidant activity.

با توجه به پارامترهای دارای اثر معنی‌دار، معادله برازش داده شده در مورد این پاسخ به صورت زیر می‌باشد:

$$Y = + 57.01 + 8.85 A$$

ضریب تبیین (R^2) مدل پیش‌بینی شده در مورد پاسخ فوق 0/71 و مقدار P برای آزمون فقدان برازش 0/1409 بود.

3-6- تأثیر دما و زمان در روش استخراج به

روش فراصوت روی محتوای ترکیبات فنولی

شکل 5 اثر زمان و دمای استخراج به روش اولتراسونیکاسیون، بر محتوای ترکیبات فنولی عصاره استخراج شده از تفاله انگور سیاه سردشت را نشان می‌دهد. پارامتر خطی زمان (B) و دمای استخراج تأثیر معنی‌داری بر روی میزان ترکیبات فنولی داشتند (جدول 4). افزایش دما و زمان منجر به افزایش بازده استخراج ترکیبات فنولی شد افزایش دما می‌تواند منجر به افزایش فشار بخار ترکیبات قابل استخراج شده و در نتیجه سبب افزایش تمایل این ترکیبات به خروج از دیواره سلولی شود [29]. با افزایش زمان سونیکاسیون از 10 دقیقه به 25/67 دقیقه میزان ترکیبات فنولی استخراج شده از هلو و کدو تنبل نیز افزایش نشان داد [27]. کو و همکاران (2013) نشان دادند که با افزایش زمان سونیکاسیون از 5 دقیقه تا 15 دقیقه راندمان استخراج ترکیبات فنولی از عنباب افزایش می‌یابد [30].

با توجه به پارامترهای دارای اثر معنی‌دار، معادله برازش داده شده در مورد این پاسخ به صورت زیر می‌باشد:

$$Y = + 100/19 + 5/05 A + 8/87 - B$$

3-8- بهینه‌سازی شرایط استخراج

شرایط بهینه فرآیند استخراج به روش غرقابی و استخراج به کمک فراصوت برای استحصال آنتوسیانین‌ها، ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی انگور سیاه سردشت به روش سطح پاسخ در جدول 5 ارائه شده است. این مطالعه نشان داد که استخراج به کمک فراصوتیک روش مؤثر برای استخراج ترکیبات زیست فعال از تفاله انگور سیاه‌سردشت با استفاده از دما و زمان قابل قبول است. در روش استخراج با کمک التراسوند، ویژگی‌های فیزیکی (تخریب دیواره سلول‌های گیاهی و افزایش انتشار ترکیبات فنلی) و شیمیایی ماتریس گیاهی ممکن است توسط فرکانس التراسوند تحت تأثیر قرار گیرد.

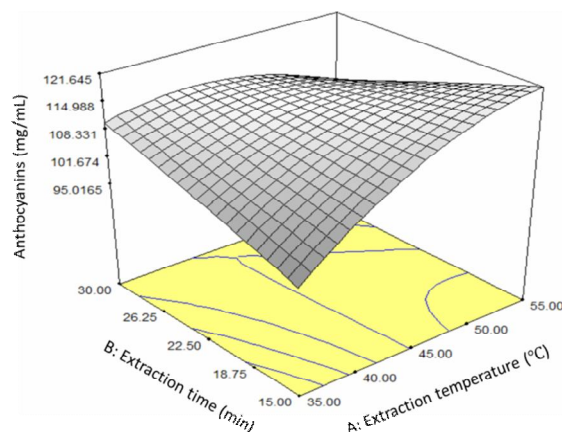


Fig 6 The effects of independent variables (ultrasound assisted extraction time and temperature) on the level of anthocyanins content

Table 5 The optimum ME and UAE conditions

	Temperature (°C)	Time (min)	Antioxidant activity (%)	TPC(mg GAE/100ml)	Total anthocyanins (mg/ml)	Desirability
ME	35	24	55.49	96.779	118.345	0.966
UAE	55	15	64.89	114.115	121.645	0.82

موفقیت به منظور بهینه‌سازی شرایط استخراج ترکیبات زیست فعال تفاله انگور سیاه سردشت مورد استفاده قرار گرفت.

5- منابع

- [1] Pourali, A., Afrouziyeh, M. and Moghaddaszadeh-ahrabi, S., 2014. Extraction of phenolic compounds and quantification of the total phenol of grape pomace. *Eur J Exp Bio*, 4(1), pp.174-176.
- [2] Khodaei, J. and Akhijahani, H.S., 2012. Some physical properties of Rasa grape (*Vitis vinifera* L.). *World Applied Sciences Journal*, 18(6), pp.818-825.
- [3] Sharifi, A., Niakousari, M., Mortazavi, S.A. and Elhamirad, A.H., 2019. High-pressure CO₂ extraction of bioactive compounds of barberry fruit (*Berberis vulgaris*): process optimization and compounds characterization. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(2), pp.1139-1146.
- [4] Aspé, E. and Fernández, K., 2011. The effect of different extraction techniques on extraction yield, total phenolic, and anti-

4- نتیجه‌گیری کلی

انگور سیاه سردشت یکی از مهم‌ترین ارقام انگور در استان آذربایجان غربی است و به‌طور عمده برای تولید آب انگور استفاده می‌شود. تفاله انگور سیاه منبع ارزانی از ترکیبات فنلی و آنتوسیانین‌ها هستند که مزایای اقتصادی مهمی را به وجود می‌آورند. در این تحقیق شرایط استخراج مواد زیستی از تفاله انگور سیاه پوست سردسته به‌صورت زیر بهینه شد: زمان استخراج 24 ساعت و دما 35 درجه سانتی‌گراد برای استخراج به روش غرقابی و 55 درجه سانتی‌گراد و 15 دقیقه برای استخراج به کم فراصوت. در این شرایط، ترکیبات فنلی، آنتوسیانین‌ها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌دست آمده با روش‌های غرقابی و فراصوت به ترتیب 96/779 میلی‌گرم / 100 GAE / میلی‌لیتر، 118,345 میلی‌گرم بر لیتر، 55,49 درصد و 114,115 میلی‌گرم / 100 GAE / میلی‌لیتر، 121,645 میلی‌گرم / لیتر، 64/89 درصد بود. این مطالعه نشان داد که استخراج به کمک فراصوتیک روش مؤثر برای استخراج ترکیبات زیست فعال از تفاله انگور سیاه‌سردشت است. روش سطح پاسخ با

- pretreatment. *Journal of Food Processing and Preservation*, p.e14071.
- [15] Rouhani, S., VALIZADEH, N. and Salimi, S., 2009. Ultrasonic Assisted Extraction of Natural Pigments from Rhizomes of *Curcuma Longa* L. *Color Colorants Coat*, 2: 103-113.
- [16] Sharifi, A., Niakousari, M., Mortazavi, S.A. and Elhamirad, A.H., 2019. High-pressure CO₂ extraction of bioactive compounds of barberry fruit (*Berberis vulgaris*): process optimization and compounds characterization. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(2), pp.1139-1146.
- [17] Vega-Gálvez, A., Di Scala, K., Rodríguez, K., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., López, J. and Perez-Won, M., 2009. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum*, L. var. Hungarian). *Food Chemistry*, 117(4), pp.647-653.
- [18] Iland, P.G., Cynkar, W., Francis, I.L., Williams, P.J. and Coombe, B.G., 1996. Optimisation of methods for the determination of total and red - free glycosyl glucose in black grape berries of *Vitis vinifera*. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 2(3), pp.171-178.
- [19] Ghafoor, K., Choi, Y.H., Jeon, J.Y. and Jo, I.H., 2009. Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds, antioxidants, and anthocyanins from grape (*Vitis vinifera*) seeds. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(11), pp.4988-4994.
- [20] Noshad, M., Mohebbi, M., Shahidi, F. and Mortazavi, S.A., 2012. Multi-objective optimization of osmotic-ultrasonic pretreatments and hot-air drying of quince using response surface methodology. *Food and Bioprocess Technology*, 5(6), pp.2098-2110.
- [21] Azizah, A.H., Ruslawati, N.N. and Tee, T.S., 1999. Extraction and characterization of antioxidant from cocoa by-products. *Food Chemistry*, 64(2), pp.199-202.
- [22] Gan, C.Y. and Latiff, A.A., 2011. Optimisation of the solvent extraction of bioactive compounds from *Parkia speciosa* pod using response surface methodology. *Food chemistry*, 124(3), pp.1277-1283.
- radical capacity of extracts from *Pinus radiata* Bark. *Industrial Crops and Products*, 34(1), pp.838-844.
- [5] Maran, J.P., Manikandan, S., Nivetha, C.V. and Dinesh, R., 2017. Ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from *Nephelium lappaceum* L. fruit peel using central composite face centered response surface design. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, pp.S1145-S1157.
- [6] Brochier, B., Mercali, G.D. and Marczak, L.D.F., 2016. Influence of moderate electric field on inactivation kinetics of peroxidase and polyphenol oxidase and on phenolic compounds of sugarcane juice treated by ohmic heating. *LWT*, 74, pp.396-403.
- [7] El Darra, N., Grimi, N., Vorobiev, E., Louka, N. and Maroun, R., 2013. Extraction of polyphenols from red grape pomace assisted by pulsed ohmic heating. *Food and Bioprocess Technology*, 6(5), pp.1281-1289.
- [8] Ballard, T.S., Mallikarjunan, P., Zhou, K. and O'Keefe, S., 2010. Microwave-assisted extraction of phenolic antioxidant compounds from peanut skins. *Food Chemistry*, 120(4), pp.1185-1192.
- [9] Vatai, T., Škerget, M. and Knez, Ž., 2009. Extraction of phenolic compounds from elder berry and different grape marc varieties using organic solvents and/or supercritical carbon dioxide. *Journal of Food Engineering*, 90(2), pp.246-254.
- [11] Chang, C.Y., Lee, C.L. and Pan, T.M., 2006. Statistical optimization of medium components for the production of *Antrrodia cinnamomea* AC0623 in submerged cultures. *Applied microbiology and biotechnology*, 72(4), p.654.
- [12] Burin, V.M., Ferreira-Lima, N.E., Panceri, C.P. and Bordignon-Luiz, M.T., 2014. Bioactive compounds and antioxidant activity of *Vitis vinifera* and *Vitis labrusca* grapes: evaluation of different extraction methods. *Microchemical Journal*, 114, pp.155-163.
- [13] Heidari, R., Khalafi, J. and Dolatabadzadeh, N., 2004. Anthocyanin pigments of siahe sardasht grapes. *J. Sci.(Islamic Republic of Iran)*, 15(2), pp.113-117.
- [14] Elmi Kashtiban, A. and Esmaili, M., 2019. Extraction of phenolic compounds from Siah - Sardasht grape skin using subcritical water and ultrasound

- [28] Hossain, M.B., Brunton, N.P., Patras, A., Tiwari, B., O'donnell, C.P., Martin-Diana, A.B. and Barry-Ryan, C., 2012. Optimization of ultrasound assisted extraction of antioxidant compounds from marjoram (*Origanum majorana* L.) using response surface methodology. *Ultrasonics sonochemistry*, 19(3), pp.582-590.
- [29] Reverchon, E. and De Marco, I., 2006. Supercritical fluid extraction and fractionation of natural matter. *The Journal of Supercritical Fluids*, 38(2), pp.146-166.
- [30] Qu, C., Yu, S., Luo, L., Zhao, Y. and Huang, Y., 2013. Optimization of ultrasonic extraction of polysaccharides from *Ziziphus jujuba* Mill. by response surface methodology. *Chemistry Central Journal*, 7(1), p.160.
- [31] Barba, F.J., Brianceau, S., Turk, M., Boussetta, N. and Vorobiev, E., 2015. Effect of alternative physical treatments (ultrasounds, pulsed electric fields, and high-voltage electrical discharges) on selective recovery of bio-compounds from fermented grape pomace. *Food and Bioprocess Technology*, 8(5), pp.1139-1148.
- [23] Shi, J., Yu, J., Pohorly, J., Young, J.C., Bryan, M. and Wu, Y., 2003. Optimization of the extraction of polyphenols from grape seed meal by aqueous ethanol solution. *J. Food Agric. Environ*, 1(2), pp.42-47.
- [24] Chumsri, P., Sirichote, A. and Itharat, A., 2008. Studies on the optimum conditions for the extraction and concentration of roselle (*Hibiscus sabdariffa* Linn.) extract. *Songklanakarin Journal of Science & Technology*, 30.
- [25] Bucić-Kojić, A., Planinić, M., Tomas, S., Jokić, S., Mujić, I., Bilić, M. and Velić, D., 2011. Effect of extraction conditions on the extractability of phenolic compounds from lyophilised fig fruits (*Ficus carica* L.). *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 61(3), pp.195-199.
- [26] Chen, F., Sun, Y., Zhao, G., Liao, X., Hu, X., Wu, J. and Wang, Z., 2007. Optimization of ultrasound-assisted extraction of anthocyanins in red raspberries and identification of anthocyanins in extract using high-performance liquid chromatography-mass spectrometry. *Ultrasonics Sonochemistry*, 14(6), pp.767-778.
- [27] Altemimi, A., Watson, D.G., Choudhary, R., Dasari, M.R. and Lightfoot, D.A., 2016. Ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from peaches and pumpkins. *PLoS One*, 11(2), p.e0148758.

Optimization of Ultrasound Assisted and Maceration Extraction of Bioactive Compounds of Sardasht Black Grape residue by using Response Surface Methodology

Matini, S. ¹, Mortazavi, S. A. ^{1*}, Sadeghian, A. R. ², Sharifi, A. ³

1. Department of Food Science and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran.

2. Department of Food processing, Research Institute of food science and technology (RIFST), Iran.

3. Department of Food Science and Engineering, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran

(Received: 2019/07/14 Accepted:2019/08/24)

Sardasht black grape (*Vitis Viniferae cv. Rash*) is one of the most important grape cultivars in west Azerbaijan province in Iran that mainly used for grape juice production. Black grape residues are a cheap source of bioactive compounds. In this research ultrasound-assisted (UAE) and maceration extraction (ME) were applied for bioactive compounds extraction of Sardasht black grape residues. A central composite design was used to obtain the optimal conditions of UAE and ME; the effects of operating conditions (temperature and time) on phenolic compounds, anthocyanin content and antioxidant activity were studied through response surface methodology (RSM). Optimized conditions were as follows: extraction time was 24 h, and temperature was 35°C for ME and 55°C and 15 min for UAE. Under these conditions the phenolic compounds, anthocyanins and antioxidant activity obtained by ME and UAE methods were 96.779 mg GAE/100 ml, 118.345 mg/L, 55.49% and 114.115 mg GAE/100 ml, 121.645 mg/L, 64.89%, respectively. This study provides evidence that UAE is an effective technique for the extraction of bioactive compounds from Sardasht black grape residues.

Keywords: Anthocyanins, Maceration, Phenolic compounds, Response surface methodology, Sardasht black grape, Ultrasound-assisted extraction

* Corresponding Author E-Mail Address: morteza1937@yahoo.com