



## فصل نامه داروهای گیاهی

journal homepage: [www.jhd.iaushk.ac.ir](http://www.jhd.iaushk.ac.ir)



### استخراج روغن کنجد با کمک امواج فراصوت

حسن غزالی وردنجانی، سمیه تقیان\*، مهدی عموحیدری

گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرضا، ایران؛

\*مسئول مکاتبات (E-mail: [taghian@iaush.ac.ir](mailto:taghian@iaush.ac.ir))

۳. گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرکرد، شهرکرد، ایران؛

شناسه مقاله	چکیده
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۲/۲۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۸/۳۰ نوع مقاله: علمی-پژوهشی موضوع: گیاهان دارویی	مقدمه و هدف: کنجد یکی از قدیمی ترین گیاهان کشت شده در جهان و یکی از قدیمی ترین محصولات روغنی مورد استفاده بشر است. روغن کنجد به عنوان یک روغن صنعتی، خوراکی و دارویی دارای اهمیت ویژه ای است. امروزه استفاده از امواج فراصوت با توجه به اثرات مؤثر آن در نگهداری و فرآیند مواد غذایی گسترش قابل توجهی یافته است. روش تحقیق: در این تحقیق از مدل آماری سطح پاسخ به منظور بررسی اثرات دو متغیر نسبت دانه به حلال و زمان استخراج با امواج فراصوت بر متغیرهای وابسته شامل راندمان استخراج، عدد پراکسید، عدد تیوباریتوریک اسید، فاکتورهای رنگ سنجی و نوع و میزان اسیدهای چرب موجود در روغن استحصالی استفاده شد. نتایج و بحث: نتایج تجزیه واریانس نشان داد افزایش نسبت حلال به دانه و زمان استخراج با امواج فراصوت دارای اثر آماری معنی داری ( $P \leq 0.01$ ) بر افزایش راندمان استخراج بودند. شرایط عملیاتی بهینه برای فرآیند استخراج جهت حصول بیشینه راندمان شامل زمان استخراج ۵۵ دقیقه و نسبت دانه به حلال ۰/۲۵ تعیین شد. توصیه کاربردی/صنعتی: نتایج این مقاله نشان داد که فرآیند استخراج اولتراسونیک نسبت به زمان مشابه استخراج با روش سوکسله، بازده بیشتری حاصل نمود. همچنین نتایج حاکی از آن بود که امواج فراصوت تأثیر نامطلوبی روی رنگ روغن استخراج شده نداشت و در شرایطی حتی باعث بهبود رنگ روغن استحصالی نیز شد.

#### ۱. مقدمه

صنعت روغن های خوراکی در اغلب کشورهای جهان جزء صنایع استراتژیک و پراهمیت قلمداد می شود. در کشور ما نیز روغن نباتی جزء کالاهای استراتژیک و مهم در سبد خانوار قلمداد می شود و همواره حساسیت خاصی نسبت به این صنعت وجود داشته است. از آنجا که این صنعت از بزرگترین مصرف کننده های انرژی در صنایع غذایی می باشد، هرگونه صرفه جویی در این

صنعت تأثیر بسزایی در مصرف انرژی خواهد داشت (Abdulkareem et al., 2011). اتلاف ترکیبات فرار، بازده پایین، زمان استخراج طولانی، تخریب ترکیبات غیراشباع و استفاده از مقادیر زیاد حلال آلی از جمله معایب روش های متداول استخراج روغن می باشد (Vinatoru, 2001). به همین دلیل روش های جدید استخراج مانند استخراج با کمک امواج فراصوت (اولتراسونیک) به دلیل کارایی بیشتر و میزان مصرف

در ابتدا، آماده سازی دانه‌ها شامل تمیز کردن، جداسازی اجسام خارجی و سپس آسیاب کردن دانه‌ها توسط آسیاب خانگی (مدل پاناسونیک ام ایکس- جی ۱۲۰ ساخت کشور ژاپن) انجام شد. به منظور انجام و مقایسه تیمارهای استخراجی مطابق با جدول ۱، مقدار ۳۵ گرم دانه کنجد آسیاب شده به همراه مقدار مشخص حلال ان- هگزان درون بشر ۲۵۰ میلی لیتری ریخته شد. سپس بشر با کمک حمام فراصوت (مدل پالس ساخت کشور ایتالیا) با فرکانس ۲۰ کیلو هرتز و دمای  $30 \pm 5$  درجه سانتی گراد، تحت تیمار با امواج فراصوت برای مدت زمان مورد نظر (مطابق با جدول ۱) قرار گرفت. در مرحله بعد، نمونه‌ها از حمام خارج و صاف کردن نمونه‌ها ابتدا به کمک پارچه نازک و سپس با کمک کاغذ صافی واتمن انجام شد. جدا کردن حلال باقیمانده موجود در نمونه نیز ابتدا به کمک دستگاه تبخیرکننده چرخان تحت خلاء (مدل هیدولپ r.612119. ساخت کشور آلمان) انجام شد و در ادامه حذف باقیمانده جزئی حلال موجود در روغن، در آن (مدل آلفا ۵۰، ساخت کشور ایران) با دمای ۴۵ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت انجام شد. آزمون‌های متفاوتی که روی روغن استحصالی در هر تیمار انجام شد، در ادامه توضیح داده خواهد شد.

### ۳.۲. اندازه گیری درصد استخراج روغن

درصد استخراج روغن کنجد به کمک روش فراصوت با استفاده از فرمول ذیل اندازه گیری شد:

$$\text{درصد استخراج} = \frac{N}{W} \times 100$$

در این رابطه N میزان روغن استحصال شده و W وزن نمونه کنجد مورد استفاده می‌باشد.

### ۴.۲. اندازه گیری عدد پراکسید

اکسیداسیون یکی از انواع فسادهای متداول روغن‌ها و چربی‌ها است. ماده حاصل شده طی اکسیداسیون، پراکسید نام دارد. اندازه‌گیری عدد پراکسید طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱۷۹ انجام گرفت. برای محاسبه عدد پراکسید از فرمول ذیل استفاده شد:

$$\text{عدد پراکسید} = \frac{N \times (S - B) \times 1000}{W}$$

در این فرمول، S حجم محلول تیوسولفات مصرف شده توسط نمونه روغن و B حجم تیوسولفات مصرف شده توسط نمونه شاهد است. همچنین در این فرمول N نرمالیت تیوسولفات

انرژی و آب کمتر به صورت جایگزینی مناسب برای روش‌های قدیمی استخراج در تحقیقات آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفته است (Shirsath et al., 2012). لازم به ذکر است که بکارگیری این روش برای تولید روغن درمقیاس صنعتی و آزمایشگاهی قابل اجرا می‌باشد. جهت استخراج روغن با بکارگیری حمام یا پروبفراصوت در مخلوط حلال- دانه، حبابه‌های بسیار ریزی در حلال ایجاد می‌شود که به سرعت رشد کرده و نهایتاً با انفجار این حباب‌ها مقدار زیادی انرژی آزاد می‌شود. انرژی ایجاد شده به صورت تنش برشی به محیط اعمال شده و ضمن ایجاد تورم در بافت، باعث جذب حلال می‌شود. همچنین امواج فراصوت از طریق ایجاد منافذی در دیواره سلول‌ها، باعث خروج ترکیبات از بافت به محیط حلال شده و به این ترتیب فرایند استخراج را تسریع می‌کنند. ترکیدن حباب‌ها نیز باعث اغتشاش بیشتر توده مایع می‌گردد که طی آن انتقال جرم تشدید می‌شود (Basiri, 2011).

در این مطالعه از فرایند اولتراسونیک به منظور استخراج روغن از دانه کنجد استفاده شد. روغن کنجد به دلیل دارا بودن مقادیر قابل توجهی از اسیدهای چرب ضروری، استرول‌ها و توکوفرول از منابع مهم روغن‌های خوراکی بوده و در صنایع غذایی، دارویی، آرایشی و بهداشتی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Borchani et al., 2010). بطور کلی برای استخراج روغن از دانه‌های روغنی باید شرایط را طوری در نظر گرفت که حداکثر راندمان استحصال در کوتاه‌ترین زمان ممکن حاصل شود (Goula, 2013). در راستای افزایش راندمان استخراج روغن از دانه‌های روغنی بایستی از نسبت مناسب حلال به دانه روغنی طی زمان مناسب فرایند اولتراسونیک استفاده نمود (Povey and Wilkinson, 1980). بنابراین در این مطالعه به منظور بهینه سازی فرایند استخراج اولتراسونیک دانه‌های روغنی کنجد به بهینه سازی متغیرهای مستقل نسبت دانه به حلال و زمان استخراج اولتراسونیک پرداخته خواهد شد.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۱.۲. مواد

در این مطالعه دانه‌های کنجد از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. حلال ان- هگزان از شرکت پارس ایران و سایر مواد شیمیایی مورد استفاده از شرکت مرک آلمان تهیه شدند.

### ۲.۲. استخراج و جداسازی

متوکسید سدیم ۰/۵ نرمال به ترکیب حاصله اضافه شد و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای محیط به آرامی هم زده شد. در مرحله بعدی، نمونه یک دقیقه به شکل ثابت قرار گرفت تا دو فاز شود. اسیدهای چرب متیله شده در فاز هگزان قرار داشته و فاز رویی به لوله دیگری که حاوی سولفات سدیم بود منتقل شد و ۱ میکرولیتر از آن به دستگاه تزریق شد. در این مطالعه شرایط دستگاه کروماتوگرافی گازی شامل دمای ستون ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد به صورت ایزوترمال، زمان برنامه ۳۰ دقیقه، دمای آشکارساز ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد، دمای انژکتور (محل تزریق) ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد و حجم تزریق ۱ میکرولیتر بود (Ramandi et al., 2012).

### ۷.۲. انتخاب طرح آزمایشی

روش سطح پاسخ روشی است که باعث تسهیل روند تحقیق، صرفه‌جویی در زمان و هزینه می‌شود (Khuri, 2006). در این مطالعه، به منظور بررسی و بهینه‌سازی دو فاکتور نسبت دانه به حلال و زمان استخراج روغن کنجد به کمک امواج فراصوت، از نرم افزار آماری مینیتب ۱۴ و طرح مرکب مرکزی استفاده شد. در این طرح برای هر متغیر سه سطح تعریف می‌شود. این حدود بیشینه و کمینه با کد سطح های (+۱) و (-۱) مشخص می‌شوند. سطح سوم نیز به عنوان سطح صفر یا مرکزی بین حدود بیشینه و کمینه تعریف می‌شود. جدول ۱، نتایج طرح آزمایش که شامل ۱۳ تیمار با سطوح غیر کد بندی شده است و نتایج متغیرهای مورد بحث را ارائه می‌کند.

W وزن نمونه روغن مورد استفاده می‌باشد. برای نمونه شاهد تمام مراحل آزمون، بدون نمونه روغن انجام شد (ISIRI, 4179).

### ۵.۲. اندازه گیری عدد تیوباریتوریک اسید به روش مستقیم

عدد تیوباریتوریک اسید طبق آزمون استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۴۹۴ انجام شد. میزان جذب محلول واکنش در یک سلول ۱۰ میلی‌متری در طول موج ۵۳۰ نانومتر و با استفاده از آب مقطر به عنوان شاهد در دستگاه اسپکتروفتومتری (مدل رایلیگ-یو وی ۹۲۰۰، ساخت کشور چین) اندازه‌گیری شد. میزان تیوباریتوریک اسید بر اساس ذیل محاسبه شد:

$$TBA = \frac{50 \times (A - B)}{W}$$

در رابطه ۳، A میزان جذب محلول آزمایش، B میزان جذب نمونه شاهد و W وزن نمونه بر حسب گرم می‌باشد. این رابطه زمانی که جذب شاهد، کم و در حدود ۰/۵ باشد استفاده می‌شود (ISIRI10494).

### ۶.۲. کروماتوگرافی گازی

برای تعیین پروفیل اسیدهای چرب استخراجی از دستگاه کروماتوگرافی گازی (مدل آجیلنت ۶۸۹۰، آن، ساخت کشور آمریکا) استفاده شد. برای انجام این آزمون ابتدا مشتق سازی اسیدهای چرب به متیل استر آنها انجام گرفت به این ترتیب که ۵۰ میکرولیتر از نمونه در ۷ میلی‌لیتران-هگزان و ۲ میلی‌لیتر پتاس متانولی حل شد. سپس ۱۰۰ میکرولیتر

جدول ۱. تیمارهای انتخابی توسط روش سطح پاسخ و نتایج متغیرهای وابسته مربوط به هر تیمار

تیمارها	متغیرهای مستقل									زمان (min)	راندمان (%)
	دانه / حلال (g/ml)	b	a	L	اسید استئاریک (%)	اسید لینولنیک (%)	اسید آراشیدیک (%)	عدد تیوباریتوریک (mg/kg)	پراکسید (meqO <sub>2</sub> /kg)		
۱	۰/۲۰	۹/۲۸	۰/۷۱	۲۶/۴۶	۵/۴۶	۰/۴۹	۰/۲۵	۰/۰۱۶	۳/۱۵	۱۸/۹۷	
۲	۰/۳۲	۶/۷۷	۰/۲۹	۲۸/۰۷	۵/۶۲	۰/۶۵	۰/۳۰	۰/۰۱۰	۲/۳۲	۱۴/۱۳	
۳	۰/۲۰	۷/۱۵	۰/۴۷	۲۵/۴۴	۵/۵۸	۰/۶۵	۰/۳۷	۰/۰۱۲	۳/۰۱	۱۵/۳۸	
۴	۰/۲۵	۷/۲۶	۰/۳۴	۲۶/۵۶	۵/۵۴	۰/۶۶	۰/۳۴	۰/۰۱۴	۲/۸۶	۱۵/۴۳	
۵	۰/۲۵	۵/۰۱	۰/۱۵	۲۸/۳۴	۵/۴۷	۰/۶۲	۰/۳۳	۰/۰۰۸	۶/۰۶	۱۴/۲۷	
۶	۰/۲۵	۷/۴۲	۰/۲۷	۲۸/۰۷	۵/۱۳	۰/۶۳	۰/۳۳	۰/۰۱۹	۶/۷۳	۱۴/۵۹	
۷	۰/۲۵	۷/۱۳	۰/۲۴	۲۷/۶۰	۵/۵۰	۰/۶۳	۰/۳۳	۰/۰۱۵	۲/۹۸	۱۵/۸۲	
۸	۰/۲۵	۷/۱۲	۰/۱۵	۲۸/۲۸	۵/۵۳	۰/۶۴	۰/۳۴	۰/۰۱۵	۲/۹۳	۱۵/۸۸	
۹	۰/۳۰	۶/۸۹	۰/۳۲	۲۷/۳۸	۵/۵۶	۰/۶۵	۰/۳۳	۰/۰۱۴	۲/۵۴	۱۴/۷۴	
۱۰	۰/۲۵	۷/۳۰	۱/۳۷	۲۶/۰۱	۵/۵۳	۰/۶۳	۰/۳۴	۰/۰۱۳	۲/۸۹	۱۵/۸۹	
۱۱	۰/۳۰	۶/۷۶	۰/۴۹	۲۷/۵۵	۵/۵۹	۰/۶۵	۰/۳۶	۰/۰۱۹	۴/۶۵	۱۴/۲۷	
۱۲	۰/۱۸	۹/۰۴	۱/۰۹	۲۵/۹۲	۵/۵۰	۰/۶۱	۰/۳۵	۰/۰۱۷	۳/۱۸	۱۸/۲۸	
۱۳	۰/۲۵	۵/۹۹	۰/۹۳	۲۶/۰۱	۵/۵۱	۰/۶۴	۰/۳۵	۰/۰۲۶	۵/۹۹	۱۵/۹۸	

### ۳. نتایج و بحث

#### ۱.۳. بررسی درصد استخراج روغن

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، مقادیر به دست آمده برای راندمان استخراج به کمک امواج فراصوت در محدوده ۱۴/۱۳ تا ۱۸/۹۷ درصد قرار داشت. به منظور مقایسه‌دهای مربوط به درصد استخراج روغن در این مطالعه، راندمان استخراج با روش سوکسله با مدت زمان ۱۲۰ دقیقه که مدت زمانی به مراتب فراتر از حداکثر زمان انتخابی جهت تیمارهای فراصوت (۹۰/۳ دقیقه) بود، مقایسه شد. نتایج نشان داد که راندمان استخراج با روش سوکسله در این شرایط کمتر و تنها ۱۱ درصد بود. نتایج تجزیه واریانس راندمان استخراج حاصل شده در روش سطح پاسخ در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که مدل اثرات خطی و متقابل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشند. ضریب تبیین کلی ( $R^2$ ) این متغیر وابسته برابر با ۹۶/۱ درصد می‌باشد که نشان دهنده انطباق مناسب مدل رگرسیونی با داده‌های حاصل است. با توجه به نتایج جدول ۳، مدل رگرسیونی برای پیش‌بینی درصد استخراج به صورت ذیل می‌باشد:

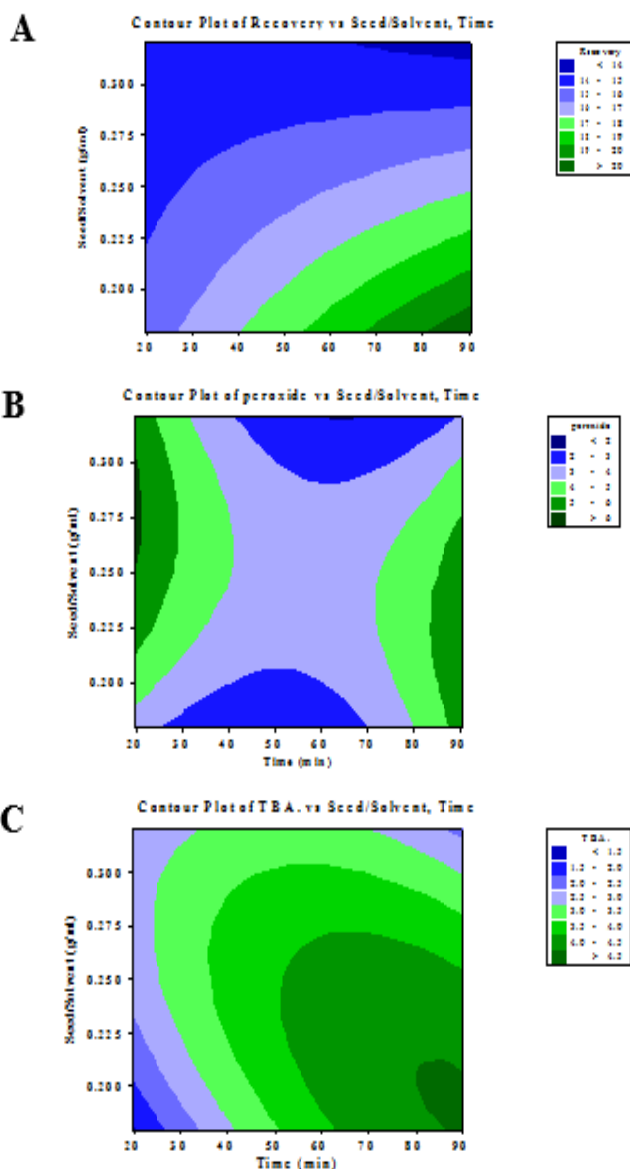
$$R=16.21+0.184t-22.43N+1.207\times 10^{-5}t^2+57.63N^2-0.626tN$$

در رابطه فوق،  $R$  درصد استخراج،  $t$  زمان فرایند اولتراسونیک و  $N$  نسبت دانه به حلال است. نتایج نشان می‌دهد که پارامترهای ضریب ثابت، زمان، نسبت دانه به حلال و اثر متقابل زمان و نسبت دانه به حلال در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشند. نمودار سطح پاسخ دو بعدی برای درصد استخراج در شکل ۱ قسمت A ارائه شده است. همان‌طور که نمودار دو بعدی درصد استخراج، نشان می‌دهد بیشترین میزان درصد استخراج در زمان‌های ۷۰ تا ۹۰ دقیقه فرایند اولتراسونیک و نسبت دانه به حلال ۰/۲۱ تا ۰/۲۴ حاصل می‌شود.

ژانگ و همکاران (۲۰۰۸)، روش غوطه‌وری و امواج فراصوت را در استخراج روغن دانه بزرک مورد بررسی و مقایسه قرار دادند. آنها گزارش کردند که امواج فراصوت به دلیل شکستن دیواره سلولی دانه، منجر به افزایش تماس بین حلال و دانه‌ها گردیده و در نتیجه روغن سریعتر از سلول‌های بزرک خارج و وارد فاز حلال می‌گردد و این امر باعث افزایش درصد استخراج و کاهش زمان استخراج می‌شود (Zhang et al., 2008). احمدی‌کمازانی و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی تاثیر امواج فراصوت بر استخراج روغن از هسته انار به این نتیجه رسیدند که استحصال روغن با استفاده از امواج فراصوت، راندمان تولید را افزایش و زمان استخراج را کوتاه‌تر می‌کند. در

این مطالعه مکانسیم اصلی افزایش راندمان استخراج روغن در حضور امواج فراصوت، پدیده حفره‌زایی پیشنهاد شد که از طریق تخریب دیواره سلولی و کمک به نفوذ حلال به داخل بافت به کمک گرداب‌ها و جریان‌های سراسری حاصله باعث ایجاد اغتشاش و خروج روغن می‌شود (Ahmadi Kamazani et al., 2014).

در مطالعات صورت گرفته مشخص شده است که استفاده از روش اولتراسونیک در فرآیند روغن‌کشی از دانه‌های روغنی با استفاده از حلال باعث کاهش زمان استخراج، کاهش مصرف حلال و افزایش میزان استخراج می‌شود (Zokaie Ashtiani and Ghadouhi, 2011).



شکل ۱. نمودار سطح پاسخ دو بعدی شاخص‌های (A) درصد استخراج، (B) عدد پراکسید و (C) عدد تیوباربیتریک اسید روغن کنجد استخراج شده

جدول ۲. تجزیه و تحلیل واریانس متغیرهای وابسته مورد بررسی

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	ارزش F
<b>بازده استخراج</b>				
رگ سیون	۵	۲۲/۷۶	۴/۵۵	۳۴/۸۲**
خطی	۲	۲۰/۱۶	۱۰/۰۸	۷۷/۱۱**
درجه دوم	۲	۰/۱۴۵	۰/۰۷۳	۰/۵۷ <sup>ns</sup>
حاصلضرب	۱	۲/۴۵	۲/۴۵	۱۸/۷۴**
خطای باقی مانده	۷	۰/۹۱۵	۰/۱۳	-
خطای عدم برازش	۳	۰/۷۳۲	۰/۲۴	۵/۳۲ <sup>ns</sup>
خطای خالص	۴	۰/۱۸۳	۰/۰۴۵	-
خطای کل	۱۲	-	-	-
<b>عدد پراکسید (میلی اکی والان اکسیژن / کیلوگرم روغن)</b>				
رگ سیون	۵	۳/۰۲۹	۰/۶۰۶	۰/۶۸ <sup>ns</sup>
خطی	۲	۱/۰۸۵	۰/۵۴۲	۰/۶۱ <sup>ns</sup>
درجه دوم	۲	۱/۶۷۳	۰/۸۳۷	۰/۹۲ <sup>ns</sup>
حاصلضرب	۱	۰/۲۷۱	۰/۲۷۱	۰/۳۰ <sup>ns</sup>
خطای باقی مانده	۷	۶/۲۲۵	۰/۸۸۹	-
خطای عدم برازش	۳	۳/۵۲۳	۱/۱۷۴	۱/۷۴ <sup>ns</sup>
خطای خالص	۴	۲/۷۰۲	۰/۶۷۵	-
خطای کل	۱۲	-	-	-
<b>تیوباربتوریک اسید (میلی گرم / گرم)</b>				
رگ سیون	۵	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۴	۰/۹۱ <sup>ns</sup>
خطی	۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۷	۱/۶۶ <sup>ns</sup>
درجه دوم	۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۱	۰/۲۸ <sup>ns</sup>
حاصلضرب	۱	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۳	۰/۶۸ <sup>ns</sup>
خطای باقی مانده	۷	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۴	-
خطای عدم برازش	۳	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۸	۴/۹۸ <sup>ns</sup>
خطای خالص	۴	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۲	-
خطای کل	۱۲	-	-	-
<b>اسید استئاریک (%)</b>				
رگ سیون	۵	۰/۱۳۲	۰/۰۲۶	۴/۳۲ <sup>ns</sup>
خطی	۲	۰/۰۵۹	۰/۰۳۰	۴/۱۷ <sup>ns</sup>
درجه دوم	۲	۰/۰۷۱	۰/۰۳۵	۵/۸۰ <sup>ns</sup>
حاصلضرب	۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۳۲ <sup>ns</sup>
خطای باقی مانده	۷	۰/۰۴۲	۰/۰۰۶	-
خطای عدم برازش	۳	۰/۰۴۲	۰/۰۱۴	۵۱/۵۳ <sup>ns</sup>
خطای خالص	۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۲	-
خطای کل	۱۲	-	-	-
<b>اسید لینولنیک (%)</b>				
رگ سیون	۵	۰/۲۰۵	۰/۰۴۱	۲/۴۵*
خطی	۲	۰/۰۹۷	۰/۰۴۸	۲/۸۹ <sup>ns</sup>
درجه دوم	۲	۰/۰۱۸	۰/۰۰۹	۰/۵۳ <sup>ns</sup>
حاصلضرب	۱	۰/۰۹۳	۰/۰۹۳	۵/۳۸*
خطای باقی مانده	۷	۰/۱۱۷	۰/۰۱۶۷	-
خطای عدم برازش	۳	۰/۱۱۷	۰/۰۳۸	۲۵۹/۹۸*
خطای خالص	۴	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۱	-
خطای کل	۱۲	-	-	-
<b>اسید آراشیدیک (%)</b>				
رگ سیون	۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۶/۲۴**
خطی	۲	۰/۰۱۳	۰/۰۰۶	۹/۸۹**
درجه دوم	۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۴/۱۴ <sup>ns</sup>
حاصلضرب	۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۳/۱۳ <sup>ns</sup>
خطای باقی مانده	۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۶	-
خطای عدم برازش	۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۲۸/۸۲*
خطای خالص	۴	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۵	-
خطای کل	۱۲	-	-	-

ارزش F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منابع تغییر
<b>L</b>				
۰/۲۹ ns	۰/۳۳۱۶	۱/۶۵۷۷	۵	رگرسیون
۰/۳۲ ns	۰/۳۷۲۶	۰/۷۴۵۱	۲	خطی
۰/۳۷ ns	۰/۴۲۱۲	۰/۸۴۲۴	۲	درجه دوم
۰/۰۶ ns	۰/۰۷۰۲	۰/۰۷۰۲	۱	حاصلضرب
-	۱/۱۵۱۱	۸/۰۵۸۰	۷	خطای باقی مانده
۱/۱۹ ns	۱/۲۶۴۰	۳/۷۹۱۹	۳	خطای عدم برازش
-	۱/۰۶۶۵	۴/۲۶۶۰	۴	خطای خالص
-	-	-	۱۲	خطای کل
<b>a</b>				
۰/۰۶ ns	۰/۰۴۵۳	۰/۲۲۶۵	۵	رگرسیون
۰/۰۱ ns	۰/۰۰۹۰	۰/۰۱۸۰	۲	خطی
۰/۱۰ ns	۰/۰۷۸۹	۰/۱۵۷۹	۲	درجه دوم
۰/۰۶ ns	۰/۰۵۰۶	۰/۰۵۰۶	۱	حاصلضرب
-	۰/۸۲۰۶	۵/۷۴۳۹	۷	خطای باقی مانده
۰/۶۹ ns	۰/۶۵۱۰	۱/۹۵۲۹	۳	خطای عدم برازش
-	۰/۹۴۷۸	۳/۷۹۱۰	۴	خطای خالص
-	-	-	۱۲	خطای کل
<b>b</b>				
۱/۱۰ ns	۰/۹۰۳۰	۴/۵۱۴۹	۵	رگرسیون
۲/۳۹ ns	۱/۹۶۴۰	۳/۹۱۷۹	۲	خطی
۰/۰۱ ns	۰/۰۰۴۵	۰/۰۰۹۳	۲	درجه دوم
۰/۷۰ ns	۰/۵۷۷۶	۰/۵۷۷۶	۱	حاصلضرب
-	۰/۸۲۰۷	۵/۷۴۴۷	۷	خطای باقی مانده
۱/۳۱ ns	۰/۹۴۸۶	۲/۸۴۵۹	۳	خطای عدم برازش
-	۰/۷۲۴۷	۲/۸۹۸۸	۴	خطای خالص
-	-	-	۱۲	خطای کل

\*\*معنی دار در سطح (P≤0.01)

°معنی دار در سطح (P≤0.05)

<sup>n-s</sup> بدون اختلاف معنی دار (P>0.05)

مدل رگرسیونی برای پیش بینی عدد پروکسید به صورت فرمول ذیل ارائه می شود:

$$P=13.87-0.001.t-67.25.N+0.00058.t^2+147.93.N^2-0.208.t.N$$

در رابطه فوق، P عدد پراکسید، t زمان فرآیند اولتراسونیک و N نسبت دانه به حلال است. نمودار سطح پاسخ دو بعدی عدد پراکسید در شکل ۱ قسمت B ارائه شده است. نتایج این نمودار نشان می دهد که بیشترین میزان عدد پراکسید در زمان های فراصوت ۲۰ تا ۳۰ دقیقه و همچنین در زمان فراصوت نزدیک ۹۰ دقیقه (زمان طولانی تر) ایجاد شده است. این امر نشان می دهد احتمالاً با افزایش زمان استخراج به حدود ۹۰ دقیقه، اسیدهای چرب غیراشباع در روغن فرصت یافته تا اکسیژن بیشتری جذب، در نتیجه مقدار پراکسید بیشتری تولید کنند، ولی آنتی اکسیدان سزامول به دلیل کاهش غلظت قادر به ایفای نقش خود در زمان های استخراج اولتراسونیک طولانی نمی باشد (Fariku et al., 2007).

### ۲.۳ پارامتر عدد پراکسید

مطابق با جدول ۱ مقادیر بدست آمده برای میزان عدد پروکسید روغن استخراج شده به کمک امواج فراصوت در محدوده ۲/۳۲ تا ۶/۷۳ میلی اکی والان گرم بر کیلوگرم قرار داشت. مقادیر بدست آمده در این تحقیق برای عدد پروکسید، با حدود قابل پذیرش روغن بکر کنگد به روش پرس سرد به میزان حداکثر ۱۵ میلی اکی والان گرم بر کیلوگرم انطباق دارد. لازم به ذکر است که عدد پراکسید برای اکثریت تیمارها نیز با حدود قابل پذیرش روغن پالایش شده به میزان حداکثر ۵ میلی اکی والان گرم بر کیلوگرم روغن کنگد ارائه شده در استاندارد شماره ۱۴۷۶۶ سازمان ملی استاندارد ایران مطابقت دارد (INSO, 14766). نتایج تجزیه واریانس عدد پراکسید براساس طرح سطح پاسخ در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج این جدول نشان می دهد پارامترها از جمله اثر درجه دوم، مدل، اثر خطی و اثر متقابل در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار نمی باشد. مطابق با جدول ۳،

### ۳.۳. بررسی عدد تیوباریتوریک اسید

نتایج حاصل شده برای اسیدهای چرب استتاریک اسید، لینولنیک اسید و آراشیدیک اسید پرداخته خواهد شد.

#### ۱.۴.۳. مقدار اسید استتاریک در روغن استحصالی

از اسیدهای چرب اشباع موجود در روغن‌ها و چربی‌ها می‌توان به استتاریک اسید اشاره کرد. میزان این اسید چرب در روغن کنجد بین ۴/۸ تا ۶/۱ درصد می‌باشد. در این مطالعه مطابق با جدول ۱، مقادیر به دست آمده استتاریک اسید به روش استخراج اولتراسونیک در محدوده ۵/۱۳ تا ۵/۶۲ درصد قرار داشت. نتایج تجزیه واریانس استتاریک اسید براساس طرح سطح پاسخ در جدول ۲ نشان می‌دهد که مدل اثر خطی و اثر درجه دوم در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد و سایر پارامترهای ارائه شده در این جدول در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند. مدل رگرسیونی برای پیش بینی استتاریک اسید به صورت فرمول ذیل ارائه می‌شود:

$$C18:0=6.58+0.008.t-9.96.N-1.31 \times 10^{-4}.t^2+19.35.N^2+0.018.t.N$$

در رابطه فوق،  $C18:0$  استتاریک اسید،  $t$  زمان استخراج با اولتراسونیک و  $N$  نسبت دانه به حلال است. سطح پاسخ دو بعدی برای پارامتر استتاریک اسید در شکل ۲ قسمت A ارائه شده است. نمودار سطح پاسخ دو بعدی نشان می‌دهد که بیشترین میزان استتاریک اسید در محدوده زمانی ۳۰ تا ۶۰ دقیقه و نسبت دانه به حلال بیش از ۰/۳۰ حاصل شده است.

#### ۲.۴.۳. مقدار اسید لینولنیک در روغن استحصالی

در این مطالعه مقادیر به دست آمده برای اسید لینولنیک با کمک استخراج فراصوت در محدوده ۰/۴ تا ۰/۷ درصد بود (جدول ۱). نتایج تجزیه واریانس لینولنیک اسید براساس طرح سطح پاسخ در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که اثر متقابل نسبت دانه به حلال و زمان اولتراسونیک در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. سایر پارامترها در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند. مدل رگرسیونی برای پیش‌بینی لینولنیک اسید به صورت فرمول ذیل می‌باشد:

$$C18:3=0.92-0.0262.t-42.N-6.31 \times 10^{-5}.t^2-14.77.N^2+0.12.t.N$$

در فرمول فوق،  $C18:3$  لینولنیک اسید،  $t$  زمان فرآیند استخراج فراصوت و  $N$  نسبت دانه به حلال است. در شکل ۲ قسمت B، نقشه سطح پاسخ دو بعدی پارامتر اسید لینولنیک ارائه شده است. شکل ۲ نشان می‌دهد که بیشترین میزان پارامتر اسید لینولنیک در محدوده زمانی ۲۰ تا ۳۰ دقیقه و نسبت دانه

عدد تیوباریتوریک اسید یک روش مرسوم برای اندازه‌گیری محصولات ثانویه اکسیداسیون روغن‌ها است که مقدار مالون دی‌آلدئید موجود در ۱۰۰۰ گرم روغن را نشان می‌دهد. جدول تجزیه واریانس تیوباریتوریک اسید براساس طرح سطح پاسخ در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج جدول مذکور نشان می‌دهد که مدل اثرات خطی، اثرات متقابل و عدم تطابق با مدل در طرح سطح پاسخ، برای متغیر مستقل تیوباریتوریک اسید در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند. ضرایب مدل رگرسیونی جهت تخمین متغیر تیوباریتوریک اسید نیز نشان می‌دهد که شاخص‌های ضریب رگرسیونی برای تیوباریتوریک اسید در سطح ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند. مدل رگرسیونی برای پیش بینی تیوباریتوریک اسید به صورت فرمول ذیل می‌باشد:

$$TBA = -0.026 + 0.001.t + 0.069.N - 2.8 \times 10^{-6}.t^2 + 0.2.N^2 - 0.0022.t.N$$

در فرمول ۶،  $TBA$  عدد تیوباریتوریک اسید،  $t$  زمان فرآیند اولتراسونیک و  $N$  نسبت دانه به حلال است. برای پارامتر تیوباریتوریک اسید نمودار سطح پاسخ دو بعدی در شکل ۱ قسمت C ارائه شده است. نتایج نقشه‌های فوق نشان می‌دهد که بیشترین میزان عدد تیوباریتوریک اسید در زمان‌های استخراج اولتراسونیک بیش از ۸۰ دقیقه و نسبت دانه به حلال تا ۰/۲۰ حاصل شده است. این امر بیانگر آن است که با افزایش زمان استخراج و مقدار زیاد نسبت حلال به دانه مقدار تیوباریتوریک اسید افزایش یافته است. نتایج این مطالعه با نتایج فریدونی و همکاران (۱۳۹۳) در فرآیند استخراج از برگ رزماری به کمک امواج فراصوت انطباق خوبی دارد (Fereiduni Nory *et al.*, 2019).

### ۴.۳. نوع و میزان اسیدهای چرب استحصالی روغن

نوع و مقدار اسیدهای چرب روغن کنجد استخراجی به وسیله دستگاه کروماتوگرافی گازی تعیین شد. اولین اسید چرب شناسایی شده در زمان ۹/۰۶۶ دقیقه، اسید چرب پالمیتیک می‌باشد. پس از آن به ترتیب اسیدهای چرب شناسایی شده شامل استتاریک اسید، اولئیک اسید، الاییدیک اسید، لینولنیک اسید، لینولنیک اسید و آراشیدیک اسید می‌باشند. با توجه به نتایج حاصل از نرم افزار مینیتب و عدم تاثیر پارامترهای مستقل زمان و نسبت دانه به حلال به شکل‌های توان اول و توان دوم و اثر متقابل، بر اسیدهای چرب اولئیک اسید، الاییدیک اسید، لینولنیک اسید و پالمیتیک اسید، در ادامه تنها به بررسی

### ۳.۴.۳. مقدار اسید آراشیدیک روغن استحصالی

جدول ۱ نشان می‌دهد که مقادیر اسید چرب آراشیدیک در این مطالعه، در محدوده ۰/۲۱ تا ۰/۳۷ درصد قرار داشت. نتایج تجزیه واریانس آراشیدیک اسید براساس طرح سطح پاسخ در جدول ۲ نشان می‌دهد که تنها پارامترهای مدل و اثر خطی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشند و دیگر پارامترهای مدل در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نبودند. مدل رگرسیون برای پیش بینی آراشیدیک اسید به صورت فرمول ذیل با ضریب تبیین کلی  $(R^2)$  ۸۱/۷ می‌باشد:

$$C_{20} = 0.543 - 0.001t - 0.99N - 4.4 \times 10^{-5}t^2 - 3.95 \times 10^{-15}N^2 + 0.018tN$$

در فرمول فوق،  $C_{20}$  درصد اسید چرب آراشیدیک اسید،  $t$  زمان فرآیند اولتراسونیک و  $N$  نسبت دانه به حلال است. نقشه سطح پاسخ دو بعدی پارامتر آراشیدیک اسید نیز در شکل ۲ قسمت C ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین میزان پارامتر آراشیدیک اسید در زمان ۲۰ تا حدود ۴۸ دقیقه و نسبت دانه به حلال ۰/۲۰ تا ۰/۲۲ حاصل شد. بنابراین زمان‌های کم استخراج اولتراسونیک میزان تخریب آراشیدیک اسید را کاهش داده است.

### ۵.۳. رنگ روغن

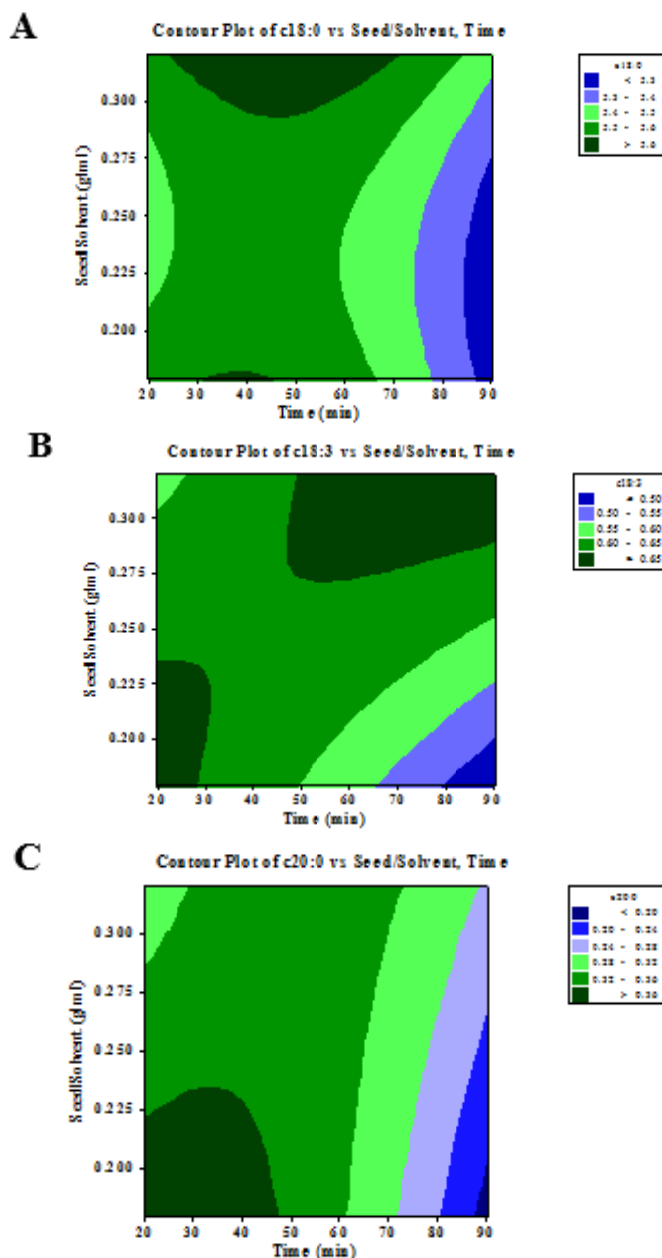
#### ۱.۵.۳. بررسی شاخص رنگی L

بر اساس جدول ۱، مقادیر بدست آمده برای شاخص L رنگسنجی به روش استخراج اولتراسونیک در محدوده ۲۶ تا ۲۹ قرار داشت. نتایج تجزیه واریانس شاخص L براساس طرح سطح پاسخ در جدول ۲ نشان می‌دهد که هیچکدام از منابع تغییر برای پارامتر L در سطح احتمال ۵ درصد دارای اثر آماری معنی‌دار نمی‌باشند. ضرایب مدل رگرسیونی بدست آمده نشان می‌دهد که ضریب ثابت در سطح ۱ درصد دارای تأثیر آماری معنی‌دار می‌باشند. سایر منابع تغییر در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند. مدل رگرسیونی برای شاخص L به صورت رابطه ذیل ارائه می‌شود:

$$L = 25.52 - 0.084.t + 35.15.N + 0.00042.t^2 - 77.35.N^2 + 0.0106.tN$$

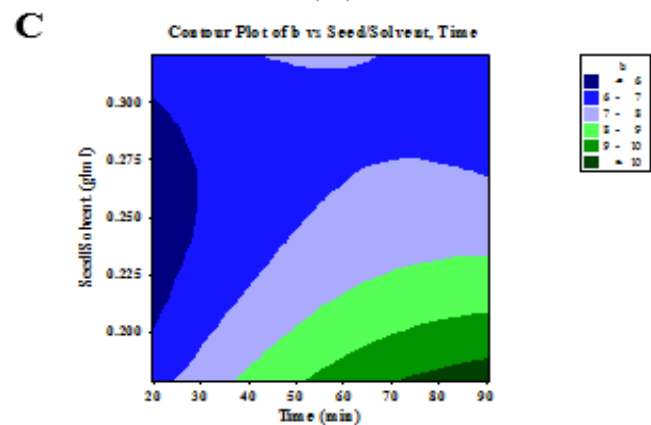
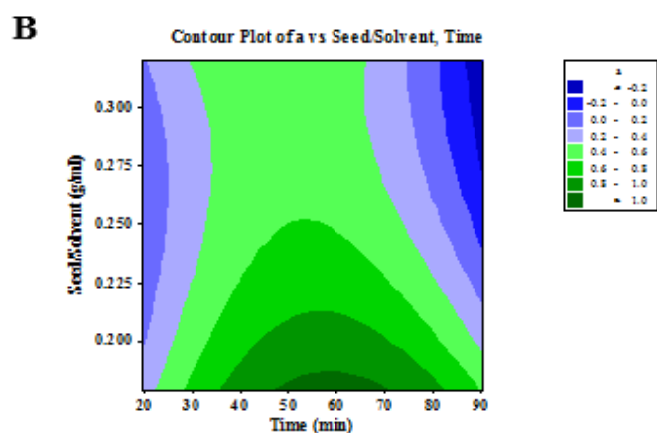
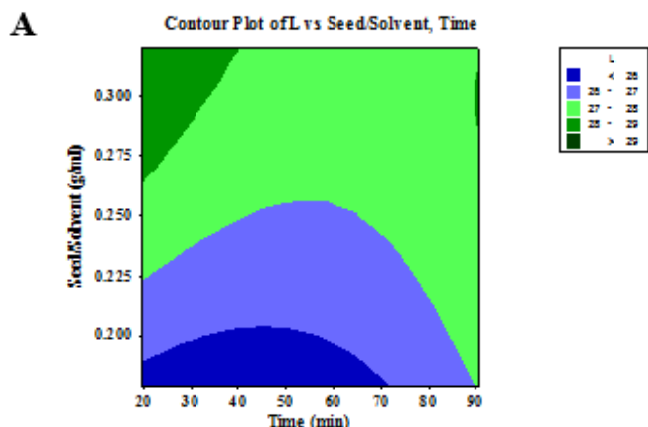
در رابطه فوق، L پارامتر رنگسنجی مرتبط با میزان روشنایی و تیرگی نمونه‌ها،  $t$  زمان فرآیند اولتراسونیک و N نسبت دانه به حلال است. برای شاخص L نمودار سطح پاسخ دو بعدی در شکل ۳ قسمت A ارائه شده است. نمودار سطح پاسخ دو بعدی برای شاخص L نشان می‌دهد که بیشترین میزان

به حلال کمتر از ۰/۲۳ و یا محدوده زمانی ۵۰ تا ۹۰ دقیقه و نسبت دانه به حلال بیش از ۰/۲۷۵ حاصل شد. این نتیجه مؤید آن است هر چقدر میزان حلال بیشتر در زمان کوتاه‌تر و یا هرچه میزان حلال کمتر در زمان بیشتر استفاده شود، میزان اسید لینولنیک بیشتری در روغن استخراج می‌شود.



شکل ۲. نمودار سطح پاسخ دو بعدی شاخص‌های (A) استتاریک اسید، (B) لینولنیک اسید و (C) آراشیدیک اسید روغن کنجد استخراج شده





شکل ۳. نمودار سطح پاسخ دو بعدی شاخص‌های رنگی (A)L، (B)a و (C)b روغن کنجد استخراج شده

### ۳.۵.۳. بررسی شاخص رنگ b

مقادیر به دست آمده از رنگ سنجی ارائه شده در جدول ۱ نشان داد که میزان شاخص رنگی b در محدوده ۵ تا ۸ قرار داشت. نتایج تجزیه واریانس شاخص رنگی b براساس طرح سطح پاسخ

شاخص ل در محدوده زمانی ۰ تا ۴۰ دقیقه و نسبت دانه به حلال ۰/۲۷ تا ۰/۳۲ حاصل شده است. این امر بیانگر آن است که هر چه قدر زمان استخراج و میزان حلال مصرفی کمتر باشد، شاخص ل روغن بیشتر و رنگ روغن بهتر می‌شود. گرجی و همکاران (۲۰۱۵)، استخراج روغن دانه نارنج را به کمک امواج فراصوت و سوسکله بررسی کردند. در این مطالعه گزارش شد که استخراج روغن از نارنج با کمک امواج فراصوت، تولید روغنی با شاخص ل بیشتر نسبت به استخراج سوسکله‌دارد که این امر به زمان کمتر استخراج توسط فرایند فراصوت نسبت داده شد (Gorji et al., 2016).

### ۳.۵.۳. بررسی شاخص رنگی a

بر اساس جدول ۱ مقادیر به دست آمده برای شاخص رنگی a (معرف شدت رنگ قرمز تا سبز) روغن استخراجی با روش امواج فراصوت در محدوده ۰/۳ تا -۰/۷۱۰ قرار داشت. نتایج جدول تجزیه واریانس شاخص رنگی a براساس طرح سطح پاسخ در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که هیچکدام از پارامترهای طرح برای شاخص a در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد. در ارتباط با ضرایب مدل رگرسیونی جهت تخمین این پارامتر، نتایج نشان می‌دهد هیچ یک از منابع تغییر در سطح احتمال ۵ درصد دارای تأثیر آماری معنی‌دار نمی‌باشند. مدل رگرسیونی برای پیش بینی شاخص رنگی a به صورت فرمول ذیل ارائه شده است:

$$a = 3.91 + 0.011.t - 28.99.N - 1.09 \times 10^{-4}.t^2 + 49.7.N^2 + 0.09.t.N$$

در این رابطه، a پارامتر رنگ سنجی معرف شدت رنگ قرمز تا سبز، t زمان فرآیند اولتراسونیک و N نسبت دانه به حلال است. برای پارامتر a، نمودار سطح پاسخ دو بعدی در شکل ۳ قسمت B ارائه شده است. نتایج نمودار سطح پاسخ دو بعدی مذکور نشان می‌دهد که بیشترین میزان شاخص a برای زمان‌های استخراج اولتراسونیک بین ۵۰ تا ۷۰ دقیقه و نسبت دانه به حلال ۰/۱۸ تا ۰/۱۹ حاصل شده است. محتملاً کاهش این پارامتر رنگ سنجی در زمان‌های بیشتر فرایند اولتراسونیک به دلیل تخریب رنگدانه‌های موجود در روغن می‌باشد. گرجی و همکاران (۲۰۱۵)، گزارش کردند که کاهش شاخص رنگی a در روش استخراج با کمک امواج فراصوت نسبت به روش استخراج الکترومنتل از روغن نارنج، به دلیل تخریب رنگدانه‌های کاروتنوئیدی توسط امواج فراصوت می‌باشد (Gorji et al., 2016).

(II) مقادیر بدست آمده برای پارامتر عدد پراکسید در روش امواج فراصوت در محدوده ۴ تا ۷ قرار داشت و نشان داد هیچ تفاوت معنی‌دار آماری بین تیمارهای انتخابی وجود ندارد.

(III) با توجه به نتایج مربوط به میزان تیوباربیوتوریک اسید هیچ تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای انتخابی وجود نداشت. با توجه به نمودارهای سطح پاسخ دو بعدی با افزایش زمان استخراج اولتراسونیک میزان تیوباربیوتوریک افزایش یافت.

(IV) مقادیر بدست آمده برای شاخص رنگ سنجی به روش امواج فراصوت در محدوده ۲۹-۲۶ قرار داشت. میزان روشنایی رنگ روغن با افزایش میزان نسبت دانه به حلال و کاهش زمان استخراج، افزایش می‌یابد.

(V) با افزایش زمان فرآیند فراصوت از ۵۰ دقیقه، میزان آراشیدیک اسید کاهش یافت. این امر به تخریب و از بین رفتن این اسید چرب توسط امواج فراصوت نسبت داده شد. با افزایش زمان فراصوت از ۸۰ دقیقه، میزان اسید لینولئیک در روغن کجند کاهش یافت.

## ۵. منابع

- Abdulkareem, A.S., Uthman, H., Afolabi, A.S. and Awenebe, O.L. 2011. Extraction and Optimization of Oil from Moringa Oleifera Seed as an Alternative Feedstock for the Production of Biodiesel. *Sustainable Growth and Applications in Renewable Energy Sources*, 243-268.
- Ahmadi Kamazani, N., Tavakolipour, H., Hasani, M. and Amiri, M. 2014. Evaluation and Analysis of the Ultrasound-Assisted Extracted Tomato Seed Oil. *Journal of Food Biosciences and Technology*, 4: 57-66.
- Basiri, SH., Shahidi, F., Kadkhodae, R. and Farhosh, R. 2011. An investigation on the effect of ultrasound waves and pretreatment methods on the extraction of oil from pomegranate seeds. *Journal of Food Science and Technology (JFST)*. 8:115-122. (in persian).
- Borchani, C., Besbes, S., Blecker, C. and Attia, H. 2010. Chemical characteristics and oxidative stability of sesame seed, sesame paste, and olive oils. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 12: 585-596.
- Fariku, S., Ndonga, A.E. and Bitrus, P.Y., 2007. Biofuel characteristics of beniseed (Sesamum

در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج جدول مذکور نشان می‌دهد که هیچکدام از پارامترهای طرح برای متغیر b در سطح احتمال ۵ درصد دارای تأثیر آماری معنی‌دار نمی‌باشند. ضرایب مدل رگرسیونی جهت تخمین این پارامتر در جدول ۳ ارائه شده است. این جدول نشان می‌دهد تنها ضریب ثابت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد، ولی متغیرهای دیگر در سطح احتمال ۵ درصد دارای تأثیر آماری معنی‌دار نمی‌باشند. مدل رگرسیونی برای پیش بینی پارامتر b به صورت فرمول ذیل می‌باشد:

$$b=1.26+0.101.t+18.48.N+7.36 \times 10^{-6}.t^2-14.16.N^2-0.304.t.N$$

در رابطه فوق، b شاخص رنگ سنجی نشان دهنده شدت رنگ آبی تا زرد، t زمان فرآیند اولتراسونیک و N نسبت دانه به حلال است. برای پارامتر رنگی b، نقشه سطح پاسخ دو بعدی در شکل ۳ قسمت C ارائه شده است که نشان می‌دهد که بیشترین میزان پارامتر b یا رنگ زرد روغن در محدوده زمانی ۷۵ تا ۹۰ دقیقه و نسبت دانه به حلال کمتر از ۰/۱۹ حاصل شده است. گرجی و همکاران (۲۰۱۵)، گزارش کردند که شاخص b نمونه استخراج شده توسط امواج فراصوت و الکترومیتیل مقادیر بیشتری نسبت به روش سوکسله داشت. که با نتایج این مطالعه مبنی بر افزایش پارامتر رنگی b توسط افزایش تیمار با فراصوت انطباق داشت. در مجموع نتایج مطالعه در زمینه رنگ سنجی روغن کجند استحصالی نشان می‌دهد که استفاده از امواج فراصوت تأثیر نامطلوبی بر رنگ روغن استخراج شده نداشت و شرایطی نیز باعث بهبود رنگ روغن حاصله شد.

## ۴. نتیجه‌گیری

در این مطالعه اثر دو متغیر زمان فراصوت و نسبت دانه به حلال طی استخراج روغن از دانه‌های کجند بوسیله امواج فراصوت مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای وابسته مورد بررسی در این تحقیق شامل درصد استخراج، عدد پراکسید، عدد تیوباربیوتوریک اسید، فاکتورهای رنگ سنجی L، a و b مقادیر اسیدهای چرب روغن استحصالی بود که نتایج را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

(I) با توجه به نتایج مربوط به درصد استخراج در تیمارهای انتخابی، با افزایش زمان فراصوت و نسبت حلال به دانه درصد استخراج افزایش یافت. در مجموع با کمک فرآیند فراصوت حتی با زمان ۳۰ دقیقه فرآیند، بازده استخراج بیشتری نسبت به روش سوکسله با مدت زمان فرآیند ۱۲۰ دقیقه حاصل شد.

- Tian, Y., Xu, Z., Zheng, B. and Martin Lo, Y. 2013. Optimization of ultrasonic-assisted extraction of pomegranate (*Punicagranatum* L.) seed oil. *Ultrasonic Sonochemistry*, 20: 202–208.
- Veličković, D.T., Nikolova, M.T., Ivancheva, S.V. Stojanović, J.B. and Veljkovic, V.B. 2007. Extraction of flavonoids from garden (*Salviaofficinalis* L.) and glutinous (*Salviaglutinosa* L.) sage by ultrasonic and classical maceration. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 72: 73–80.
- Vinatoru, M. 2001. An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. *Ultrasonics Sonochemistry*, 8: 303–313.
- Zhang, Z.S., Wang, L.J., Li, D., Jiao, S.S., Chen, X.D. and Mao, Z.H. 2008. Ultrasound-assisted extraction of oil from flaxseed. *Sepration and Purification Technology*, 62: 192–198.
- Zokaei Ashtiani, F. and Ghadouhi, M. 2010. Investigation the use of ultrasonic and microwave to improve the efficiency of the lubrication process of oilseed oil by solvent extraction. *Third ernational Seminar on Oilseeds and Edible Oils*, 3:1–12. (in persion).
- indicum) oil. *African Journal of Biotechnology*, 6: 2442–2443.
- Fereidoni Nory, T., Fahimdanesh, M. and Sahari, M. A. 2019. Investigation extraction of rosemary leaves the phenolic compounds by ultrasonic technique and its effect on organoleptic properties, physicochemical and stability of virgin olive oil. *Jornal of Food Science and Technology (JFST)*, 13: 113–125. (in persion).
- Gorji, N., Golmakani, M., Mesbahi, G.R., Niakosari, M., Skandari, M.H. and Mazidi, S. 2016. Evaluation of physicochemical properties of sour-orange seed oil extracted by different methods. *Jornal of Food Science and Technology (JFST)*, 13:121–133. (in persion).
- Goula, A.M. 2013. Ultrasound-assisted extraction of pomegranate seed oil - Kinetic modeling. *Jornal of Food Engineering*. 117: 492–498.
- Khuri, A.I. 2006. Response surface methodology and related topics. *World scientific*.
- Iranian national standardization organization (INSO) 14766. 2012. Naturally flavored edible oil by infusion - specification and test methods.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI) 4179. 1993. Animal and vegetable fats and oils Determination of peroxide value Iodometric (visual) endpoint determination.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI) 10494. 1993. Animal and vegetable fats and oils- Determination of 2-Thiobarbituric acid value direct-method.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI). 1993. Animal and vegetable fats and oils- Determination of 2-Thiobarbituric acid value direct-method.
- Povey, M.J.W., Wilkinson, J.M. 1980. Application of ultrasonic pulse-echo techniques to egg albumen quality testing: A preliminary report. *British Poultry Science*, 21: 489–495.
- Ramandi, N.F., Ghassempour, A., Najafi, N.M., Ghasemi, E. 2012. Optimization of ultrasonic assisted extraction of fatty acids from *Borago Officinalis* L. flower by central composite design. *Arabian Journal of Chemistry*.
- Shirsath, S.R., Sonawane, S.H. and Gogate, P.R., 2012. Intensification of extraction of natural products using ultrasonic irradiations-A review of current status. *Chemical Engineering Process: Process Intensification*. 53: 10–23.