

# بررسی تأثیر پیش تیمار ریزموج بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی روغن حاصل از دانه‌های کنجد

امیر عبدالمولی<sup>۱\*</sup>، امیرحسین الهامی<sup>۲</sup>، مسعود شفافی زنونزبان<sup>۲</sup>، عادل بیگ بابایی<sup>۳</sup>، محمد آرمین<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.

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

۳- استادیار گروه شیمی مواد غذایی، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران

۴- گروه زراعت، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۴/۰۳

## چکیده

روغن کنجد به علت وجود اسیدهای چرب چند غیراشباعی و همچنین به علت ترکیبات موجود در خود، باعث کاهش فشار خون و کلسترول در انسان می‌شود. در این مطالعه، اثر پیش تیمارهای توان و زمان ریزموج بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی روغن کنجد شامل راندمان روغن کشی، دانسیته، اسیدیته، شاخص رنگ و میزان ترکیبات فنلی با استفاده از طرکاملاً تصادفی در قالب آزمایش فاکتوریل ۳×۳ با سه سطح توان ریزموج (۱۸۰، ۵۴۰ و ۹۰۰ وات) و سه سطح زمان ریزموج (۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ ثانیه) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش توان ریزموج، اسیدیته، دانسیته، شاخص رنگ و فنل کلبه‌طور معناداری ( $P < 0.01$ ) افزایش یافت. افزایش زمان ریزموج نیز منتج به افزایش اسیدیته، دانسیته و شاخص رنگ و فنل گردید. بیشترین راندمان روغن کشی از دانه‌هایی به دست آمد که توان و زمان ریزموج به کار رفته به ترتیب ۵۴۰ وات و ۲۷۰ ثانیه بود. افزایش زمان ریزموج از ۹۰ به ۱۸۰ ثانیه به میزان ۱۰/۴۳ درصد ترکیبات فنلیرا افزایش داد و با افزایش زمان از ۱۸۰ به ۲۷۰ ثانیه میزان این ترکیبات کاهش یافت. در مجموع با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان بیان نمود که استفاده از ریزموج منتهی به تیماردهی دانه کنجد قبل از استخراج روغن با پرس ماریچی می‌تواند موجب بهبود راندمان استخراج روغن، کیفیت و افزایش معنی دار ترکیبات فنلی گردد.

**واژه های کلیدی:** پیش تیمار، روغن کنجد، فنل کل، ریزموج

## ۱- مقدمه

استفاده از دانه‌های روغنی در مصارف غذایی انسان‌ها و استفاده از کنجاله آن‌ها برای غذای دام و نیز کاربرد در داروسازی، صابون‌سازی و سوخت باعث شده تا هم کشاورزان علاقه زیادی به کشت آن‌ها داشته باشند و هم این که دولت‌ها از کشت آن‌ها حمایت کنند (۱). در این میان، از دانه‌های روغنی مهم که از منابع غنی پروتئین گیاهی محسوب می‌شود، می‌توان به دانه کنجد با نام علمی *Sesamum indicum* L. اشاره نمود که از جمله اولین دانه‌هایی است که برای استخراج روغن مورد استفاده قرار می‌گیرد و میزان روغن در آن از ۲۸ تا ۵۹ درصد متغیر است (۱۰). این محصول از گذشته‌های بسیار دور در آسیا و برخی از مناطق آفریقا به‌ویژه در سودان، نیجریه و اتیوپی کشت می‌شد. در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳، سطح زیر کشت کنجد در کشور ۴۲/۹۵ هزار هکتار بود که از این میزان زمین، ۴۰/۴۴۳ هزار تن کنجد برداشت شد (۳). روغن کنجد دارای طعمی دلپذیر و بوی مطبوعی است که می‌توان از آن به‌عنوان روغن سالاد طبیعی یا در پخت و پز استفاده نمود، همچنین از آن در تهیه شورتینگ و مارگارین و برخی از داروها استفاده می‌شود (۱۱). روغن کنجد به علت وجود اسیدهای چرب چند غیراشباعی و همچنین به‌علت دارا بودن فیتواسترول‌ها، توکوفرول‌ها و لیگنان‌ها در خود، باعث کاهش فشار خون و کلسترول در انسان می‌شود (۱۸). این روغن با وجود این که ۸۵ درصد از اسیدهای چرب موجود در آن غیراشباع هستند، دارای پایداری خوبی در برابر اکسیداسیون<sup>۱</sup> می‌باشد (۱۹). در فناوری استخراج روغن، تیماردهی مناسب دانه قبل از استخراج یکی از مهم‌ترین و ضروری‌ترین مراحل برای تولید محصولی با کیفیت و راندمان بالاست (۷) بنابراین اخیراً تکنیک استخراج با پیش‌ تیمار ریزموج (۹) در این زمینه مورد توجه قرار گرفته است. ریزموج امواج الکترومغناطیس غیر یونیزه با فرکانس مابین ۳۰۰ مگاهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز هستند و ما بین امواج رادیویی و مادون قرمز در طیف الکترومغناطیس قرار دارند.

این امواج از دو میدان عمودی نوسانی یعنی میدان الکتریکی و مغناطیسی ساخته می‌شوند. در ریزموج، حرارت‌دهی در یک مسیر مشخص و انتخابی و بدون اتلاف حرارت به محیط اتفاق می‌افتد، یعنی همانند حرارت‌دهی در یک سیستم بسته صورت می‌گیرد. این مکانیسم حرارت‌دهی منجر به کاهش زمان استخراج در مقایسه با روش‌های مرسوم روغن‌کشی می‌شود. اثر این فرایند به وسیله دو پدیده انتقال یونی و چرخش دو قطبی می‌باشد که در اکثر موارد این دو هم‌زمان اتفاق می‌افتد (۱۵). انرژی ریزموج به ماده غذایی نفوذ کرده و حرارت داخلی تولید می‌کند. این مسئله منجر به نرخ حرارتی بیشتر و کوتاه‌تر شدن زمان فرایند می‌گردد. در دانه‌های روغنی آب به‌عنوان یک ماده دو قطبی به میزان فراوانی یافت می‌شود، هر چند در این رابطه مواد دیگری همچون نمک و پروتئین نیز می‌توانند به‌عنوان ترکیبات دی‌الکتریک عمل نمایند (۲۱). حیثی نوده و همکاران (۱۳۸۹) اثر تیمار ریزموج بر کیفیت روغن استخراجی از دانه کلزا را مورد بررسی قرار دادند و گزارش نمودند که تفاوت معنی‌داری از نظر میزان استخراج، کلروفیل و پایداری اکسایشی در بین نمونه‌های روغن مشاهده شد. تیمار نمونه‌ها با این امواج عموماً تأثیر معنی‌داری بر ترکیب اسیدهای چرب و ضریب شکست روغن نداشت. بیشترین و کمترین مقدار عدد پراکسید به ترتیب مربوط به روغن استخراج شده با حلال و روغن حاصل از نمونه تیمار شده با ریزموج به مدت ۴ دقیقه بود (۴). سانچز و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر ریزموج را بر سنتیک استخراج روغن و توکوفرول‌ها از دانه‌های کانولا مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها در این مطالعه از هگزان و دماهای متفاوت (۲۹۸-۳۳۳ درجه کلوین) و زمان‌های مختلف (۶۴۸-۳۰۰ ثانیه) برای استخراج روغن استفاده نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که در هر زمان و دمایی استفاده از این امواج منجر به افزایش راندمان استخراج می‌شود (۲۰). با توجه به این که تاکنون هیچ‌گونه پژوهشی در زمینه استخراج روغن از دانه‌های کنجد با استفاده از ریزموج به‌عنوان پیش‌ تیمار پرس ماریچی صورت نگرفته است به همین دلیل در

<sup>1</sup>Oxidative Rancidity

$$R = \frac{Q}{X} \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه (۱)، R: راندمان روغن کشی به درصد، Q: مقدار روغن استخراج شده به گرم، X: وزن دانه‌های اولیه به گرم

#### ۲-۲-۲-۲-۲-۲-۲ دانسیته

دانسیته روغن‌ها با استفاده از پیکنومتر و طبق روش شماره Cc 10a-25 (AOCS، ۱۹۹۳) به دست آمد (۶).

#### ۲-۲-۳-۲-۲-۳-۲ اندازه‌گیری اسیدیته

برای اندازه‌گیری اسیدیته از روش شماره Cd 3-63 (AOCS، ۱۹۹۳)، استفاده شد (۶). ابتدا ۵ گرم روغن با ۲۰-۳۰ میلی‌لیتر اتانول یا الکل خنثی دیگری مخلوط و با افزودن چند قطره فنل فتالین با سود ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ صورتی تیترا گردید. میزان عدد اسیدیته از رابطه ۲ به دست آمد.

رابطه (۲)

$$A = \frac{2.82 \times N \times 100 \times V}{1000 \times W} \times 100$$

در رابطه فوق N: نرمالیه سود مصرفی، V: حجم سود مصرفی به میلی‌لیتر، W: وزن نمونه به گرم، A: اسیدهای چرب آزاد بر حسب اسید اولئیک در ۱۰۰ گرم نمونه.

#### ۲-۲-۴-۲-۲-۴-۲ شاخص رنگ

برای سنجش رنگ که اغلب مخلوطی از رنگ‌های قرمز و زرد است از روش اسپکتروفتومتری Cc 13-92 (AOCS، ۱۹۹۳)، استفاده شد (۶). برای این منظور دانسیته اپتیک روغن در طول موج‌های ۴۶۰، ۵۵۰، ۶۲۰ و ۶۷۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری و سپس از رابطه ۳ بر حسب رنگ زرد لایویند شاخص رنگ تعیین شد.

$$\text{رابطه (۳)} \quad 1/29 A_{690} + 1/7 A_{541} + 0.2 A_{460} - 0.56/4 A_{670}$$

#### ۲-۲-۵-۲-۲-۵-۲ ترکیبات فنلی کل

محتوای فنلیکل با روش رنگ‌سنجی و با استفاده از معرف فولین سیوکالتو تعیین شد. به این منظور ۰/۵ میلی‌لیتر نمونه با آب مقطر به حجم ۵ میلی‌لیتر رسید. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر معرف فولین سیوکالتو به نمونه رقیق شده افزوده شد. بعد از

پژوهش حاضر سعی شد که تأثیر پیش تیمار ریزموج بر راندمان روغن کشی، دانسیته، اسیدیته، شاخص رنگ روغن و میزان ترکیبات فنلی روغن حاصل از دانه‌های کنجد مورد بررسی قرار گیرد.

#### ۲- مواد و روش‌ها

##### ۲-۱- مواد و تجهیزات

دانه‌های کنجد مورد استفاده در این تحقیق از استان خراسان جنوبی، شهرستان فردوس و مواد شیمیایی مورد استفاده (هیدروکسید سدیم، فنل فتالین، الکل اتیلیک، معرف فولینسیوکالتو و کربنات سدیم) از شرکت مرک آلمان تهیه شد. تجهیزات مورد استفاده در این مطالعه عبارتند از دستگاه اسپکتروفتومتر (Biochrom، انگلیس)، دسیکاتور، آون آزمایشگاهی (Memert، آلمان)، پیکنومتر، ترازوی دیجیتال (Gec Avery، ساخت انگلستان)، دستگاه ریزموج (LG، کره جنوبی)، دستگاه رنسیمت (Metrohm، سوئیس) و پرس ماریچی آزمایشگاهی (Kern Kraft، آلمان).

##### ۲-۲- آماده‌سازی نمونه و شرایط اعمال پیش تیمارهای

##### مختلف قبل از فرایند روغن کشی

در این تحقیق، دانه‌های کنجد (حاوی ۴۹/۷ درصد روغن) پس از تهیه، بوجاری و در کیسه‌های پلاستیکی مقاوم نسبت به نفوذ هوا و رطوبت تا زمان آزمایش نگهداری شدند. سپس، آن‌ها تحت تأثیر پیش تیمارهای مختلف ریزموج با زمان‌های مختلف فرایند (۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ ثانیه) و توان‌های مختلف (۱۸۰، ۵۴۰ و ۹۰۰ وات) قرار گرفتند (۹). بعد از اعمال این تیمارها، روغن دانه‌ها با پرس ماریچی و با سرعت ۳۳ دور در دقیقه استخراج گردید و ویژگی‌های مورد نظر در روغن استحصالی، اندازه‌گیری شد.

##### ۲-۲-۱- راندمان روغن کشی

برای مشخص کردن راندمان استخراج روغن، ابتدا وزن دانه مصرف شده و وزن روغن حاصل از آن تعیین شد و با استفاده از رابطه ۱ میزان آن به دست آمد (۱۳).

### ۳-۲- تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از طرح کاملاً تصادفی در قالب آزمایش فاکتوریل ۳×۳ با سه سطح توان ریزموج و سه سطح زمان ریزموج و در سه تکرار انجام گردید. از نرم افزار SAS برای تجزیه و تحلیل اطلاعات و از آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسه‌ی میانگین داده‌ها استفاده شد.

### ۳- نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

۳ دقیقه ۰/۵ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۱۰ درصد به مخلوط فوق اضافه و به مدت یک ساعت در دمای اتاق و در محل تاریک قرار داده شد. پس از این مدت، جذب نمونه‌ها در دمای اتاق با دستگاه اسپکتروفتومتر ماورای بنفش در ۷۶۰ نانومتر قرائت گردید. جهت رسم منحنی استاندارد از اسید گالیک (۰ تا ۱۰۰۰ میکروگرم در میلی لیتر) استفاده شد و محتوای فنلی کل به صورت میلی گرم معادل اسید گالیک در هر کیلوگرم نمونه گزارش شد (۸).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر تیمارها بر ویژگی‌های مختلف محصول

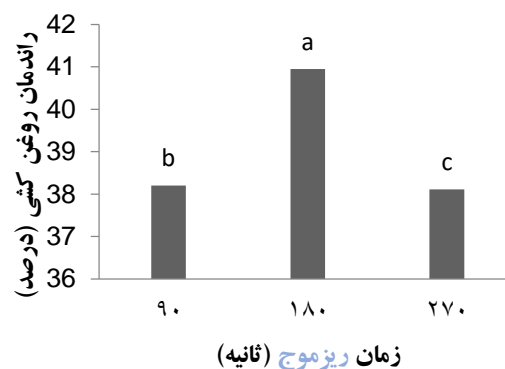
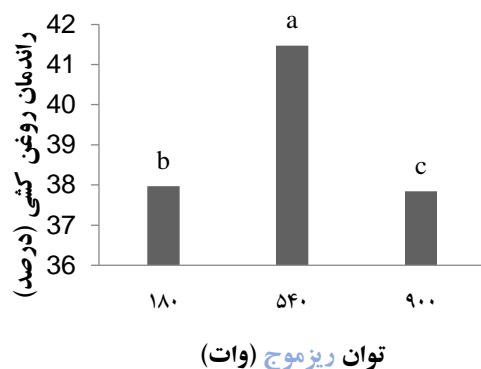
تیمارها	میانگین مربعات	درجه آزادی	راندمان روغن‌کشی	اسیدیته	دانسیته	شاخص رنگ	فنل کل
توان ریزموج	۲	۲۳/۴۶**	۰/۰۰۸*	۵۲۸/۴۵*	۸۷۵/۹۶**	۳۶۱۹/۱۷**	
زمان ریزموج	۲	۳۸/۱۸۰**	۰/۰۰۸۱*	۵۶/۰۵*	۹۷۷/۲۳**	۱۶۲۵/۰۳**	
توان ریزموج × زمان ریزموج	۴	۹۰/۲۲**	۰/۰۰۱**	۶/۱۶**	۱۳/۶۴**	۱۹۱۱/۳۸**	
خطا	۱۸	۰/۰۳۱	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۰۶	۰/۰۲۵	۰/۰۶۴	
ضریب تغییرات		۰/۱۰۱	۰/۰۰	۰/۹۳۰	۰/۴۵	۷/۲۵	

\*\* اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

### ۳-۱- راندمان روغن‌کشی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که زمان ریزموج بر راندمان روغن‌کشی اثر معنی‌داری داشت ( $P < 0/01$ ). مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن بیان‌گر این بود که با افزایش زمان ریزموج از ۹۰ به ۱۸۰ ثانیه راندمان روغن‌کشی به علت تبخیر بیشتر آب از ساختار مواد گیاهی و افزایش فشار در محیط داخلی دانه‌ها در نتیجه تجزیه و گسیختگی غشاء سلولی (۹) و (۱۳)، افزایش یافت و زمان بیشتر ریزموج به علت تخریب بافت داخلی دانه منجر به کاهش راندمان روغن‌کشی شد (شکل ۱). همان‌طور که در شکل ۲ آورده شده است با

افزایش توان ریزموج نیز ابتدا راندمان روغن‌کشی افزایش و سپس کاهش یافت. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، بیشترین راندمان روغن‌کشی از دانه‌های به دست آمد که زمان و توان ریزموج به کار رفته در آن‌ها به ترتیب ۲۷۰ ثانیه و ۵۴۰ وات بود. محمد و آویاف (۱۹۹۸) گزارش کردند که بهبود راندمان استخراج روغن به واسطه حرارت‌دهی با ریزموج می‌تواند ناشی از تخریب ترکیبات پروتئینی باشد (۱۶). نتایج این بخش با یافته‌های یاشیدا و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت داشت (۲۲).



شکل ۱- تأثیر زمان ریزموج بر راندمان روغن کشتی دانه‌های کنجد

شکل ۲- تأثیر توان ریزموج بر راندمان روغن کشتی دانه‌های کنجد

جدول ۲- تأثیر متقابل زمان و توان ریزموج بر خصوصیات مورد بررسی

زمان ریزموج (ثانیه)	توان ریزموج (وات)	راندمان روغن کشتی (درصد)	اسیدیته (درصد اسید اولئیک)	دانسیته (کیلوگرم بر متر مکعب)	شاخص رنگ	فنل کل (میلی گرم در کیلوگرم)
۹۰	۱۸۰	۳۶.۰ ± ۱۱.۲۵	۸.۰ ± ۶۸.۰۰۱	۱۹۱۹.۰ ± ۱۳.۲۵	۲۰.۰ ± ۵۵.۰۱	۳۸۳.۰ ± ۶.۲۵
۹۰	۵۴۰	۳۸.۰ ± ۵.۰۰۱	۴.۰ ± ۶۹.۰۰۱	۹۲۳.۰ ± ۴.۰۴۰	۳۳.۰ ± ۲.۰۰۱	۳۷۷.۰ ± ۰.۲۷
۹۰	۹۰۰	۴۰.۰ ± ۰.۰۰۱	۰.۰ ± ۷۰.۲۰۰۳	۹۲۶.۱ ± ۸.۰۰۰	۴۱.۰ ± ۵۹.۰۰۳	۳۶۳.۰ ± ۰.۳۱
۱۸۰	۱۸۰	۳۷.۰ ± ۹۹.۰۰	۴.۰ ± ۶۹.۰۰۵	۹۲۹.۰ ± ۰.۲۰۹۷	۲۴.۰ ± ۱۴.۰۰۲	۳۸۶.۰ ± ۰.۲۳
۱۸۰	۵۴۰	۴۱.۰ ± ۰.۰۰۱	۰.۰ ± ۷۰.۲۰۰۲	۹۳۰.۰ ± ۲.۰۳۴	۳۸.۰ ± ۶۵.۰۰۱	۴۲۴.۰ ± ۰.۱۳
۱۸۰	۹۰۰	۴۳.۰ ± ۸۷.۰۰۲	۰.۰ ± ۷۰.۵۰۰۳	۹۳۳.۰ ± ۶.۰۹۸	۴۱.۰ ± ۵۹.۰۰۱	۴۳۰.۰ ± ۰.۱۸
۲۷۰	۱۸۰	۳۹.۰ ± ۸.۰۰۳	۰.۰ ± ۷۰.۰۰۵	۹۳۶.۰ ± ۳.۰۶۰	۳۷.۰ ± ۸۹.۰۰۳	۳۸۵.۰ ± ۳.۲۶
۲۷۰	۵۴۰	۴۴.۰ ± ۹.۰۰۱	۰.۰ ± ۷۰.۹۰۰۹	۹۳۹.۰ ± ۸.۰۳۵	۵۰.۰ ± ۷۸.۰۰۳	۳۷۹.۰ ± ۰.۳۳
۲۷۰	۹۰۰	۲۹.۰ ± ۶۴.۰۰۲	۰.۰ ± ۷۲.۰۱۱	۹۳۹.۲ ± ۴.۰۰۰	۶۱.۰ ± ۲۱.۰۰۲	۴۴۱.۰ ± ۱.۱۷

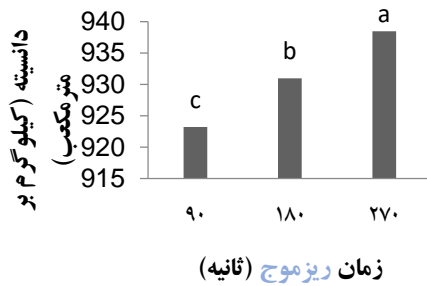
اعداد دارای حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد.

### ۳-۲- اسیدیته روغن

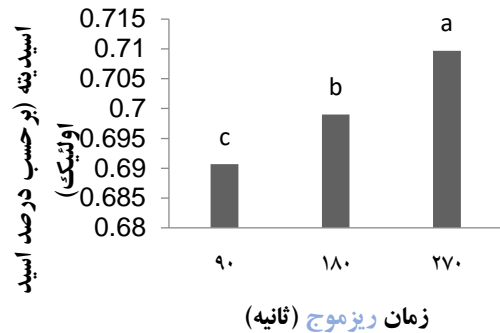
اسیدیته و شاخص اسیدی یکی از خصوصیات کیفی مهم روغن‌ها می‌باشد که به‌عنوان معیاری از خلوص آن در نظر گرفته می‌شوند. اگرچه روغن‌های تصفیه شده تقریباً عاری از اسیدهای چرب آزاد هستند اما مقادیر قابل ملاحظه‌ای از این ترکیبات در روغن‌های خام موجود می‌باشد (۵). همان‌طور که در جدول ۲ آورده شده است، کمینه مقدار اسیدیته روغن که بر حسب درصد اسید اولئیک اندازه‌گیری شده بود، تحت شرایط دست‌آمده که زمان و توان ریزموج در حداقل خود یعنی به ترتیب ۹۰ ثانیه و ۱۸۰

وات بود. افزایش زمان از ۹۰ به ۲۷۰ ثانیه باعث افزایش ۲/۸ درصدی اسیدیته روغن گردید (شکل ۳). افزایش توان فرایند نیز منجر به افزایش اسیدیته روغن استخراجی گردید (شکل ۴). این افزایش میزان اسیدیته با افزایش زمان و توان ریزموج را می‌توان به اثر تجزیه شیمیایی تری‌گلیسریدها و بالا رفتن میزان اسیدهای چرب آزاد مربوط دانست. آنزیم‌های لیپولیتیک درست در زیر پوسته نازک دانه واقع شده‌اند و در سلول‌های صدمه ندیده قادر نخواهند بود به چربی‌ها حمله کنند اما از آنجایی که دماهای بالا، باعث ایجاد تغییرات فیزیکی در سلول می‌شود این آنزیم‌ها فعالیت

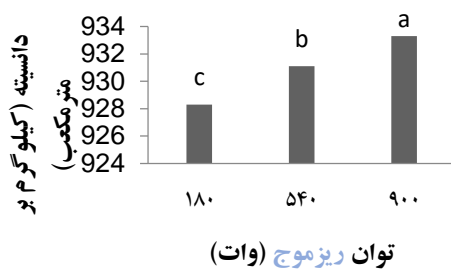
خود را آغاز می‌نمایند (۱۲). نتایج این بخش با نتایج کیتیفوم و همکاران (۱۳) تطابق داشت.



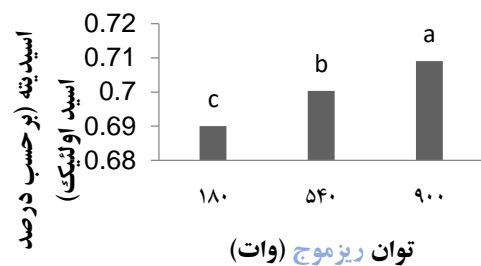
شکل ۵- تأثیر زمان ریزموج بر دانسیته روغن دانه‌های کنجد



شکل ۳- تأثیر زمان ریزموج بر انسیدیتیه روغن دانه‌های کنجد



شکل ۶- تأثیر توان ریزموج بر دانسیته روغن دانه‌های کنجد



شکل ۴- تأثیر توان ریزموج بر انسیدیتیه روغن دانه‌های کنجد

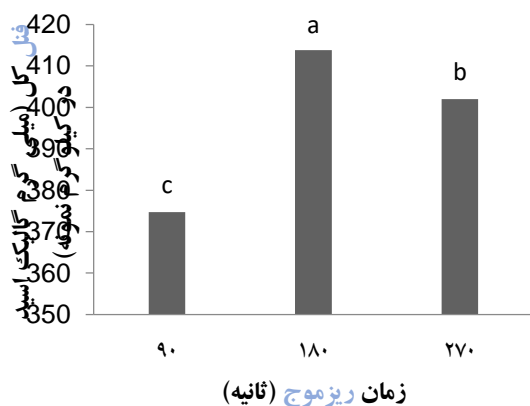
#### ۳-۴- شاخص رنگ

جدول تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که تمامی پارامترهای مورد بررسی در این تحقیق بر میزان شاخص رنگ نمونه‌های روغن کنجد دارای تأثیر کاملاً معنی‌دار بودند ( $P < 0.01$ ). همان‌طور که در شکل ۷ و ۸ آورده شده است با افزایش زمان و توان ریزموج شاخص رنگ روغن افزایش یافت. همان‌طور که مشخص است، بیشینه شاخص رنگ (۶۱/۲۱) زمانی به دست آمد که زمان و توان ریزموج در حداکثر مقدار خود قرار داشت (جدول ۲). این افزایش در شاخص رنگ نمونه‌ها را می‌توان به گسیختگی بافت‌های گیاهی در طول تیماردهی و بنابراین افزایش استخراج رنگدانه‌ها نسبت داد. در این راستا لی و همکاران (۲۰۰۴) اثردهای مختلف برشته کردن دانه‌های گلرنگ را بر تغییرات رنگ روغن آن مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها اظهار داشتند که تشکیل رنگ در روغن، تحت تأثیردهای برشته کردن بوده‌طوری که با افزایش دما رنگ

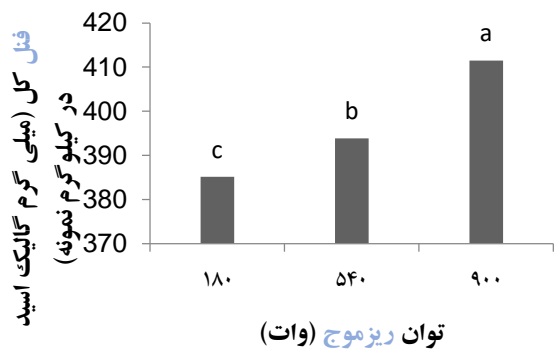
#### ۳-۳- دانسیته روغن

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش نشان داد که پارامتر توان و زمان ریزموج روی میزان دانسیته روغن کنجد تأثیر معنی‌دار داشتند ( $P < 0.01$ ). با افزایش زمان ریزموج از ۹۰ به ۲۷۰ ثانیه، میزان دانسیته روغن همواره افزایش یافت (شکل ۵). همان‌طور که در شکل ۶ مشخص گردیده است با افزایش توان ریزموج بر دانسیته روغن افزوده گردید. بیشترین میزان دانسیته روغن مربوط به نمونه‌هایی بود که آن دانه‌ها برای ۲۷۰ ثانیه در معرض ریزموجی با توان ۵۴۰ وات قرار داشتند (جدول ۲). بدیهی است که هرچه دما در طول فرایند استخراج روغن بالاتر باشد، میزان مواد فنلی و ترکیبات ریز نامحلول در روغن افزایش بیشتری یابد و در نتیجه دانسیته روغن‌ها نیز افزایش می‌یابد (۸). نتایج این بخش با نتایج بخش آبادی و همکاران (۱۳۹۵) مطابقت داشت (۲).

فنی شد (شکل ۱۰). همان‌طور که در جدول ۲ آورده شده است بیشینه میزان ترکیبات فنلی زمانی به دست آمد که زمان و توان ریزموج در بیشترین مقدار خود بودند. مولکول‌های قطبی همانند ترکیبات فنلی و محلول‌های یونی انرژی ریزموج را به دلیل داشتن گشتاور دو قطبی به میزان زیادی جذب می‌کنند که منجر به افزایش دما و تکمیل سریع واکنش شده و این امر موجب وارد شدن هرچه بیشتر این ترکیبات به داخل روغن می‌شود ولی در زمان‌های بالاتر این امواج ممکن است به دلیل تخریب حرارتی این ترکیبات کاهش یابند (۹).



شکل ۹- تأثیر زمان ریزموج بر میزان فنل کل روغن دانه‌های کنجد

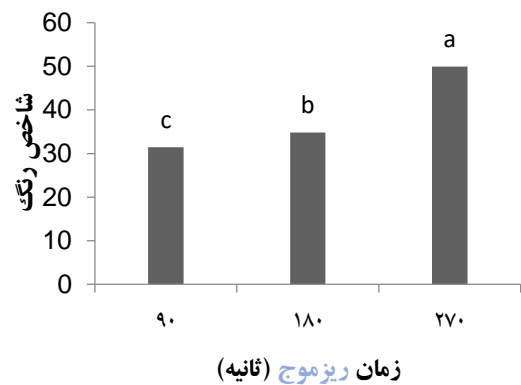


شکل ۱۰- تأثیر توان ریزموج بر میزان فنل کل روغن دانه‌های کنجد

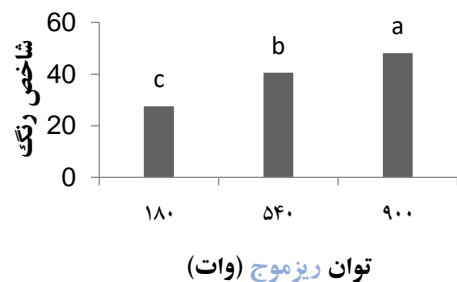
#### ۴- نتیجه‌گیری

افزایش توان و زمان فرایند ریزموج به عنوان پیش تیمار استخراج روغن، منجر به افزایش اسیدیته، دانسیته و شاخص رنگ روغن شد. ولی راندمان استخراج روغن و فنل کل با افزایش زمان ریزموج ابتدا روند افزایشی و بعد از آن کاهش

روغن حاصله نیز از زرد روشن به قهوه‌ای تیره تغییر کرد (۱۴).



شکل ۷- تأثیر زمان ریزموج بر شاخص رنگ روغن دانه‌های کنجد



شکل ۸- تأثیر توان ریزموج بر شاخص رنگ روغن دانه‌های کنجد

#### ۵-۳- فنل کل

ترکیبات فنلی دسته بزرگی از متابولیت‌های ثانویه گیاهی می‌باشند که توانایی ضد اکسایشی آن‌ها ناشی از حضور گروه‌های هیدروکسیلدر ساختارشان است. توجه و کاربرد فنل‌های طبیعی در صنعت غذا روبه افزایش است. زیرا این ترکیبات تجزیه اکسایشی لیپیدها را به تأخیر انداخته و از این رو کیفیت و ارزش تغذیه‌ای مواد غذایی را بهبود می‌بخشند (۱۷). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای مورد بررسی بر میزان فنل کل تأثیر معنی‌دار داشتند ( $P < 0.01$ ). شکل ۹ نشان می‌دهد که با افزایش زمان ریزموج از ۹۰ به ۱۸۰ ثانیه به میزان ۱۰/۴۳ درصد ترکیبات فنلی افزایش یافت و با افزایش زمان از ۱۸۰ به ۲۷۰ ثانیه میزان این ترکیبات به علت تخریب این ترکیبات کاهش یافت. افزایش توان ریزموج نیز منجر به افزایش میزان ترکیبات

6- AOCS. 1993. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, AOCS Press, Champaign, IL. 762p.

7- Azadmard Damirchi, S., Habibi, N. F., Hesari, J., Nemati, M. and Fathi, A. B. 2010. Effect of pretreatment with microwaves on oxidative stability and nutraceuticals content of oil from rapeseed. *Food Chemistry*. 121: 1211-1215.

8- Bail, S., Stuebiger, G., Krist, S., Unterweger, H. and Buchbauer, G. 2008. Characterisation of various grape seed oils by volatile compounds, triacylglycerol composition, total phenols and antioxidant capacity. *Food Chemistry*. 108: 1122-1132.

9- Bakhshabadi, H., Mirzaei, H.O., Ghodsvali, A., Jafari, S.M., Ziaifar, A.M. and Farzaneh, V. 2017. The effect of microwave pretreatment on some Physico-chemical properties and bioactivity of Black cumin seeds' oil. *Industrial Crops and Products*. 97: 1-9.

10- Biabani, A. and Pakniyat, H. 2008. Evaluation of seed yield-related characters in sesame (*Sesamum indicum* L.) using factor and path analysis. *Pakistan Journal Biological Sciences*. 11: 1157-1160.

11- Boselli, E., Lecce, G.D., Strabbioli, R., Pieralisi, G. and Frega, N. 2009. Are virgin olive oils obtained below 27°C better than those product at higher temperatures? *LWT Food Science and Technology*. 49 (3): 748-757.

12- Ghavami, M., Gharachorloo, M. and Ezatpanah, H. 2003. Effect of frying on the oil quality properties used in the industry potato chips. *Journal of Agricultural and I Science*. 9(1): 1-15.

13- Kittiphoom, S. and Sutasinee, S. 2015. Effect of microwaves pretreatments on extraction yield and quality of mango seed kernel oil. *International Food Research Journal*. 22(3): 960-964.

14- Lee, Y.C., Oh, S.W., Chang, J. and Kim, I.H. 2004. Chemical composition and oxidative stability of safflower oil prepared from safflower seed roasted with different temperatures. *Food Chemistry*. 84: 1-6.

15- Mandal, V., Mohan, Y. and Hemalatha, S. 2007. Microwave Assisted Extraction – An Innovative & Promising Extraction Tool for Medicinal Plant Research. *Pharmacognosy Reviews*. 1: 8-14.

16- Mohamed, H.M.A. and Awatif, I.I. 1998. The use of sesame oil unsaponifiable matter as

از خود نشان داد. با افزایش توان ریزموج میزان فنل کل افزایش یافت. با توجه به اطلاعات به دست آمده از این تحقیق می توان بیان داشت که استفاده از فرایند ریزموج (با ۵۴۰ وات و برای ۱۸۰ ثانیه) به منظور تیماردهی دانه های کنجد قبل از استخراج روغن با پرسمار پیچی در بهبود ویژگی های کمی و کیفی روغن حاصله موثر واقع گردید.

## ۵- سپاسگزاری

از ریاست و کارکنان محترم پژوهشکده علوم و صنایع غذایی، شرکت کارخانجات پنبه و دانه های روغنی خراسان و شرکت افشیره ساز فردوس که در انجام این تحقیق یاری نمودند، تقدیر و سپاسگزاری می گردد.

## ۶- منابع

۱- باقری، ع. ۱۳۹۲. تأثیر کود نیتروژن و محلول پاشی روی بر ویژگی های کمی و کیفی آفتاب گردان. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل. ۸۵ص.

۲- بخش آبادی، ح.، میرزایی، ح.، قدس ولی، ع.ر.، جعفری، س.م.، ضیایی فر، ا.م. و بیگ بابایی، ع. ۱۳۹۵. تأثیر سرعت دورانی پرس مارپیچی بر میزان ترکیبات فنلی و خصوصیات فیزیکی شیمیایی روغن سیاه دانه. *مجله مهندسی زیست سامانه*. ۵ (۳): ۱۰-۱.

۳- بی نام، آمارنامه کشاورزی. ۱۳۹۴. دفتر آمار و فناوری اطلاعات، وزارت جهاد کشاورزی. جلد اول. محصولات زراعی. ۱۷۴ صفحه.

۴- حبیبی نوده، ف.، آزاد مرد دمیرچی، ص.، حصار، ج.، نعمتی، م.، فتحی آچاچلویی و احمدی، ع. ۱۳۸۹. تأثیر تیمار دانه کلزا با مایکروویو بر کیفیت روغن استخراجی. *مجله پژوهش های صنایع غذایی*. ۳: ۱۹(۱) - ۲۹.

5- Anjum, F., Anwar, F., Jamil, A. and Iqbal, M. 2006. Microwave Roasting Effects on the Physico-chemical Composition and Oxidative Stability of Sunflower Seed Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 83(9): 777-784.



- a natural antioxidant. *Food Chemistry*. 62: 269-276.
- 17- Muanda, F.N., Soulimani, R., Diop, B. and Dicko, A. 2011. Study on chemical composition and biological activities of essential oil and extracts from *Steviarebaudiana* Bertoni leaves. *LWT- Food Science and Technology*. 44: 1865-1872.
- 18- Ogawa, H., Sasagawa, S., Murakami, T. and Yoshizumi, H. 1995. Sesame lignans modulate cholesterol metabolism in the stroke-prone spontaneously hypertensive rat. *Clin. Exp. Pharmacology Physiology Supplement*. 1: 10-12.
- 19- Rostami, M., Farzaneh, V., Boujmehrani, A., Mohammadi, M. and Bakhshabadi, H. 2014. Optimizing the extraction process of sesame seeds oil using response surface method on the industrial scale. *Industrial Crops and Products*. 58: 160-165.
- 20- Sanchez, R.J., Mateo, C.M., Fernandez, M.B. and Nolasco, S.M. 2017. Bidimensional modeling applied to oil extraction kinetics of microwave-pretreated canola seeds. *Journal of Food Engineering*. 192: 28-35.
- 21- Sultana, B., Anwar, F. and Przybylski, R. 2007. Antioxidant potential of corncob extracts for stabilization of corn oil subjected to microwave heating. *Food Chemistry*. 104: 997-1005.
- 22- Yoshida, H., Tomiyama, Y., Hirakawa, Y. and Mizushima, Y. 2006. Microwave roasting effects on the oxidative stability of oils and molecular species of triacylglycerols in the kernels of pumpkin (*Cucurbita* spp.) seeds. *Journal of Food Composition and Analysis*. 19: 330-339.