بررسی تأثیرپیش‌تیمار ریزموج بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی روغن حاصل از دانه‌های کنجد

امیر عبدالهی[1*]، مسعود شفافی زنوزیان[2]، محمد رضا سعیدی اصل[2]، محمد آرمین[3]، عادل بیگ بابایی[4]

1- دانشجوی دکتری علوم وصنایع غذایی، واحدسبزوار، دانشگاه آزاداسلامی، سبزوار، ایران.

2- گروه علوم وصنایع غذایی، واحدسبزوار، دانشگاه آزاداسلامی، سبزوار، ایران.

3-گروه زراعت، واحدسبزوار، دانشگاه آزاداسلامی ، سبزوار، ایران

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

تاریخ دریافت: 95/12/01 تاریخ پذیرش96/04/03

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، اثرپیش‌تیمار هایتوان و زمان ریزموج برخصوصیات فیزیکوشیمیایی روغن کنجد شامل راندمان روغن‌کشی، دانسیته، اسیدیته، شاخص رنگ روغن و میزان ترکیبات فنلی با استفاده از طرح کاملاً تصادفی در قالب آزمایش فاکتوریل 3×3 با سه سطح توان ریزموج (180، 540 و 900 وات) و سه سطح زمان ریزموج (90، 180 و 270 ثانیه) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش توان ریزموج، اسیدیته، دانسیته، شاخص رنگ و فنل کلبه طور معناداری ($P<0/01$) افزایش یافت. افزایش زمان ریزموج نیز منتج به افزایش اسیدیته، دانسیته و شاخص رنگ روغن گردید. بیشترین راندمان روغن‌کشی از دانه‌هایی به‌دست آمدکه توان و زمان ریزموج به‌کار رفته به‌ترتیب540 وات و 270 ثانیه بود.افزایش زمان ریزموج از 90 به 180 ثانیه به میزان 10/43 درصد ترکیبات فنلی را افزایش داد و با افزایش زمان از 180 به 270 ثانیه میزان این ترکیبات کاهش یافت.در مجموع با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان بیان نمود که استفاده از ریزموج به منظور تیماردهی دانه کنجد قبل از استخراج روغن با پرس مارپیچی می‌تواند موجب بهبود راندمان استخراج روغن، کیفیت و افزایش معنی‌دار ترکیبات فنلی گردد.

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

[*]مسوول مکاتبات: a.abdollahi.88@gmail.com:

1-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 این‌که دولت‌ها از کشت آن‌ها حمایت کنند (1). دراینمیان، از دانه‌های روغنی مهم که از منابع غنی پروتئین گیاهی محسوب می‌شود، می‌توان به دانه کنجد با نام علمی .Sesamum indicum L اشاره نمودکه از جمله اولین دانه‌هایی است که برای استخراج روغن مورد استفاده قرار می‌گیرد و میزان روغن در آن از 28 تا 59 درصد متغیر است (10). این محصول از گذشته‌های بسیار دور در آسیا و برخی از مناطق آفریقا به ویژه در سودان، نیجریه و اتیوپی کشت می‌شد. در سال زراعی 94-1393، سطح زیر کشت کنجد در کشور 42/95 هزار هکتار بود که که از این میزان زمین، 40/443 هزار تن کنجد برداشت شد (3). 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 شورتنیگ و مارگارین و برخی از داروها استفاده می‌شود (11). 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 (18). این روغن با وجود این‌که 85 درصد از اسیدهای چرب موجود در آن غیراشباع هستند، دارای پایداری خوبی در برابر اکسیداسیون[1] می‌باشد (19). در فناوری استخراج روغن، تیماردهی مناسب دانه قبل از استخراج یکی از مهم‌ترین و ضروری‌ترین مراحل برای تولید محصولی با کیفیت و راندمان بالاست (7) بنابراین اخیراً تکنیک استخراج با پیش‌تیمار ریزموج (9) در این زمینه مورد توجه قرار گرفته است.ریزموج امواج الکترومغناطیس غیریونیزه با فرکانس مابین 300 مگاهرتز تا 300 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 (15). 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 (21). حبیبی نوده و همکاران (1389) 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 به‌ترتیب مربوط به روغن استخراج شده با حلال و روغن حاصل از نمونه تیمار شده با ریزموج به مدت 4 دقیقه بود (4). سانچز و همکاران (2017) تأثیرریزموج را بر سنتیک استخراج روغن و توکوفرول‌ها از دانه‌های کانولا مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها در این مطالعه از هگزان و دماهای متفاوت (298-333 درجه کلوین) و زمان‌های مختلف (300-648 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 (20). با توجه به این‌که تاکنون هیچ‌گونه پژوهشی در زمینه‌ی استخراج روغن از دانه‌های کنجد با استفاده از ریزموج به عنوان پیش‌تیمار پرس مارپیچی صورت نگرفته است به همین دلیل در

1-Oxidative Rancidity

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

2- مواد و روش‌ها

2-1- مواد و تجهیزات

دانه‌های کنجد مورد استفاده در این تحقیق از استان خراسان جنوبی، شهرستان فردوس و مواد شیمیایی مورد استفاده (هیدروکسیدسدیم، فنل فتالئین، الکل اتیلیک، معرف فولینسیوکالتو و کربنات سدیم) از شرکت مرک آلمان تهیه شد. تجهیزات مورد استفاده در این مطالعه عبارتند بودند 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 مارپیچی آزمایشگاهی (Kern Kraft، آلمان).

2-2- آماده‌سازی نمونه و شرایط اعمال پیش‌تیمارهای مختلف قبل از فرایند روغن‌کشی

در این تحقیق، دانه‌های کنجد (حاوی 49/7 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 پیش‌تیمارهای مختلف ریزموج با زمان‌های مختلف فرایند (90، 180 و 270 ثانیه) و توان‌های مختلف (180، 540 و 900 وات) قرار گرفتند (9). بعد از اعمال این تیمارها، روغن دانه‌ها با پرس مارپیچی و با سرعت 33 دور در دقیقه استخراج گردید و ویژگی‌های مورد نظر در روغن استحصالی، اندازه‌گیری شد.

2-2-1- راندمان روغن‌کشی

برای مشخص کردن راندمان استخراج روغن، ابتدا وزن دانه مصرف شده و وزن روغن حاصل از آن تعیین شد و با استفاده از رابطه 1 میزان آن به‌دست آمد (13).

رابطه (1)
$$R = \frac{Q}{x} \times 100$$

در رابطه (1)، R: راندمان روغن‌کشی به درصد، Q: مقدار روغن استخراج شده به گرم، X: وزن دانه‌های اولیه به گرم

2-2-2- دانسیته

دانسیته روغن‌ها با استفاده از پیکنومتر و طبق روش شماره Cc 10a-25(1993، AOCS) به‌دست آمد (6).

2-2-3- اندازه‌گیری اسیدیته

برای اندازه‌گیری اسیدیته ازروش شماره3–Cd 3(1993، AOCS) استفاده شد (6). ابتدا 5 گرم روغن با20- 30 میلی‌لیتر اتانول یا الکل خنثی دیگری مخلوط و با افزودن چند قطره فنل فتالئین با سود0/1 نرمال تا ظهور رنگ صورتی تیتر گردید. میزان عدد اسیدیته از رابطه 2 به‌دست آمد.

رابطه (2)
$$A = \frac{28.2 \times N \times 1000 \times V}{1000 \times W} \times 100$$

در رابطه فوق N: نرمالیته سود مصرفی،V: حجم سود مصرفی به میلی‌لیتر،W: وزن نمونه به گرم، A: اسیدهای چرب آزاد بر حسب اسید اولئیک در 100 گرم نمونه.

2-2-4-شاخص رنگ

برای سنجش رنگ که اغلب مخلوطی از رنگ‌های قرمز و زرد است از روش اسپکتروفتومتری Cc13–92 (1993، AOCS) استفاده شد (6). برای این منظور دانسیته اپتیک روغن در طول موج‌های 460، 550، 620 و 670 نانومتر با اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری و سپس از رابطه 3 برحسب رنگ زرد لاویباند شاخص رنگ تعیین شد.

رابطه(3) $$\text{شاخص رنگ} = 1/29\ A_{460} + 69/7\ A_{550} + 41/2 A_{620} - 56/4\ A_{670}$$

2-2-5- ترکیبات فنلی کل

محتوای فنلیکل با روش رنگ‌سنجی و با استفاده از معرف فولین سیوکالتو تعیین شد. به این منظور 0/5 میلی‌لیتر نمونه با آب مقطر به حجم 5 میلی‌لیتر رسید. سپس 0/5 میلی‌لیتر معرف فولین سیوکالتو به نمونه رقیق شده افزوده شد. بعد از 3 دقیقه 0/5 میلی‌لیتر کربنات سدیم 10 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 760 نانومتر قرائت گردید. جهت رسم منحنی استاندارد از اسید گالیک (0 تا 1000 میکروگرم در میلی لیتر) استفاده شد و محتوای فنلی کل به صورت میلی‌گرم معادل اسید گالیک در هر کیلوگرم نمونه گزارش شد (8).

3-2- تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از طرح کاملاً تصادفی در قالب آزمایش فاکتوریل 3×3 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.

3- نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش در جدول 1 آورده شده است.

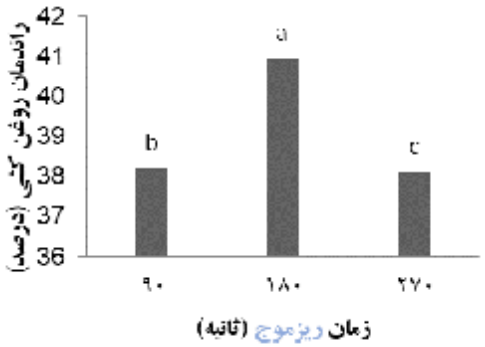
جدول 1- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر تیمارها بر ویژیگی‌های مختلف محصول

		میانگین مربعات				
تیمارها	درجه آزادی	راندمان روغن‌کشی	اسیدیته	دانسیته	شاخص رنگ	فنل کل
توان ریزموج	2	23/46**	0/008**	528/45**	875/96**	3619/17**
زمان ریزموج	2	38/180**	0/0081**	56/05**	977/23**	1625/03**
توان ریزموج× زمان ریزموج	4	90/22**	0/001**	6/16**	13/64**	1911/38**
خطا	18	0/031	0/0025	0/006	0/025	0/064
ضریب تغییرات		0/101	0/00	0/930	0/45	7/25

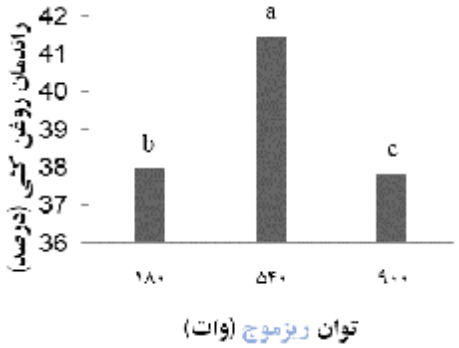
** اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال 1 درصد

3-1- راندمان روغن‌کشی

نتایج تجزیه واریانس نشان دادکه زمان ریزموج بر راندمان روغن‌کشی اثر معنی‌داراشت($P<0/01$). مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن بیان‌گر این بودکه با افزایش زمان ریزموج از 90 به 180 ثانیه راندمان روغن‌کشی به علت تبخیربیشتر آب ازساختارموادگیاهی و افزایش فشاردرمحیط داخلی دانه‌ها در نتیجه تجزیه وگسیختگی غشاء سلولی (9 و 13)، افزایش یافت و زمان بیشتر ریزموج به علت تخریب بافت داخلی دانه منجر به کاهش راندمان روغن‌کشی شد (شکل 1). همان‌طور که در شکل 2 آورده شده است با افزایش توان ریزموج نیزابتدا راندمان روغن‌کشی افزایش و سپس کاهش یافت. همان‌طور که در جدول 2 مشاهده می‌شود، بیشترین راندمان روغن‌کشی از دانه‌هایی به دست آمد که زمان و توان ریزموج به کار رفته در آن‌ها به ترتیب 270 ثانیه و 540 وات بود. محمد و آویاف (1998) گزارش کردند که بهبود راندمان استخراج روغن به‌واسطه حرارت‌دهی با ریزموج می‌تواند ناشی از تخریب ترکیبات پروتئینی نیز باشد (16). نتایج این بخش با یافته‌های یاشیدا و همکاران (2006) مطابقت داشت (22).



شکل 1- تأثیرزمان ریزموج بر راندمان روغن‌کشی دانه‌های کنجد



شکل 2- تأثیرتوانریزموج بر راندمان روغن‌کشی دانه‌های کنجد

جدول 2- تأثیر متقابل زمان و توان ریزموج بر خصوصیات مورد بررسی

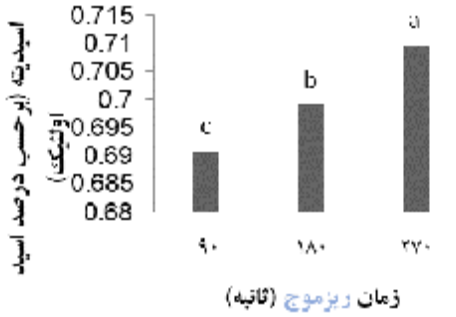
زمان ریزموج (ثانیه)	توان ریزموج (وات)	راندمان روغن‌کشی (درصد)	اسیدیته (درصد اسید اولئیک)	دانسیته (کیلوگرم بر متر مکعب)	شاخص رنگ	فنل کل (میلی گرم در کیلوگرم)
90	180	^{h}36/11±0/25	^{g}0/68±0/001	^{i}919/13±0/25	^{h}20/55±0/01	^{f}383/6±0/25
90	540	^{f}38/50±0/01	^{f}0/69±0/001	^{h}923/40±0/40	^{f}33/20±0/01	^{h}377/0±0/27
90	900	^{d}40/00±0/01	^{d}0/702±0/003	^{g}926/80±1/00	^{c}41/59±0/03	^{i}363/6±0/31
180	180	^{g}37/99±0/00	^{f}0/69±0/005	^{f}929/02±0/97	^{g}24/14±0/02	^{d}386/6±0/23
180	540	^{c}41/00±0/01	^{d}0/702±0/002	^{e}930/20±0/34	^{d}38/65±0/01	^{c}424/9±0/13
180	900	^{b}43/87±0/02	^{c}0/705±0/003	^{d}933/60±0/98	^{c}41/59±0/01	^{b}430/0±0/18
270	180	^{e}39/80±0/03	^{e}0/700±0/005	^{c}936/30±0/60	^{e}37/89±0/03	^{e}385/3±0/26
270	540	^{a}44/90±0/01	^{b}0/709±0/009	^{a}939/80±0/35	^{b}50/78±0/03	^{g}379/6±0/33
270	900	^{i}29/64±0/02	^{a}0/72±0/011	^{b}939/40±2/00	^{a}61/21±0/02	^{a}441/1±0/17

اعداد دارای حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح 5 درصد می‌باشد.

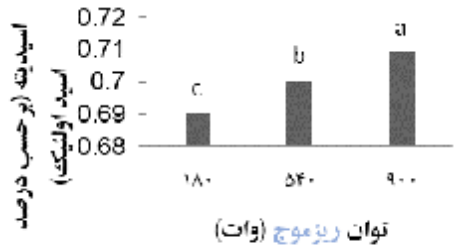
3-2- اسیدیته روغن

اسیدیته و شاخص اسیدی یکی ازخصوصیات کیفی مهم روغن‌ها می‌باشد که به‌عنوان معیاری ازخلوص آن درنظرگرفته می‌شوند.اگرچه روغن‌های تصفیه شده تقریباًعاری ازاسیدهای چرب آزادهستندامامقادیر قابل ملاحظه‌ای ازاین ترکیبات درروغن‌های خام موجودمی‌باشد (5). همان‌طور که در جدول 2 آورده شده است، کمینه مقدار اسیدیته روغن که بر حسب درصد اسید اولئیک اندازه‌گیری شده بود، تحتشرایطیبه‌دست آمد که زمان و توانریزموج در حداقل خود یعنی به ترتیب 90 ثانیه و 180 وات بود. افزایش زمان از 90 به 270 ثانیهباعث افزایش 2/8 درصدیاسیدیته روغن گردید(شکل 3). افزایش توان فرایند نیز منجر به افزایش اسیدیته روغن استخراجی گردید (شکل 4). 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 (12). نتایج این بخش با نتایج کیتیفوم و همکاران (13) تطابق داشت.



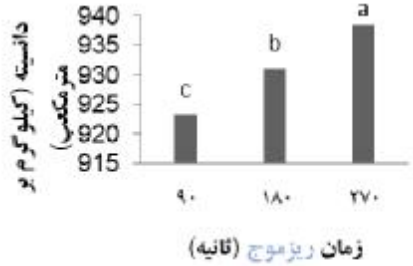
شکل 3- تأثیرزمانریزموج بر اسیدیته روغن دانه‌های کنجد



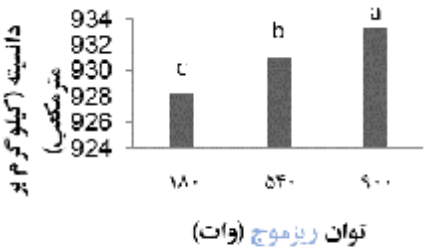
شکل 4- تأثیرتوانریزموج بر اسیدیته روغن دانه‌های کنجد

3-3- دانسیته روغن

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش نشان دادکه دو پارامتر توان و زمان ریزموج روی میزان دانسیته روغن کنجد تأثیر معنی‌دار داشتند ($P<0/01$). با افزایش زمان ریزموج از 90 به 270ثانیه، میزان دانسیته روغن همواره افزایش یافت (شکل 5). همان‌طور که در شکل 6 مشخص گردیده است با افزایش توان ریزموج بر دانسیته روغن افزوده گردید. بیشترین میزان دانسیته روغن مربوط به نمونه‌هایی بود که آن دانه‌ها برای 270 ثانیه در معرض ریزموجی با توان 540 وات قرار داشتند(جدول 2). 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(8). نتایج این بخش با نتایج بخش‌آبادی و همکاران (1395) مطابقت داشت (2).



شکل 5- تأثیرزمانریزموج بر دانسیته روغن دانه‌های کنجد

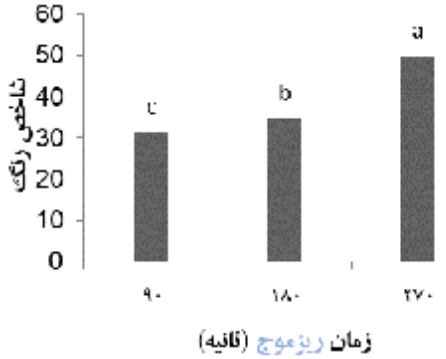


شکل 6- تأثیرتوانریزموج بر دانسیته روغن دانه‌های کنجد

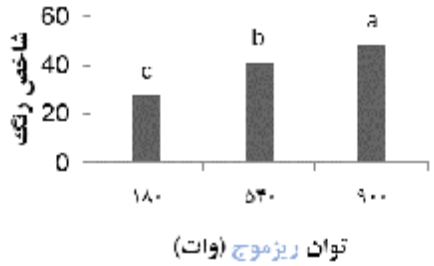
3-4- شاخص رنگ

جدول تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که تمامی پارامترهای مورد بررسی در این تحقیق بر میزان شاخص رنگ نمونه‌های روغن کنجد دارای تأثیرکاملاً معنی‌دار بودند($P<0/01$). همان‌طور که در شکل 7 و 8 آورده شده است با افزایش زمان و توان ریزموج شاخص رنگ روغن افزایش یافت. همان‌طور که مشخص است، بیشینه شاخص رنگ (61/21) زمانی به‌دست آمد که زمان و توان ریزموج در حداکثر مقدار خود قرار داشت (جدول 2). این افزایش در شاخص رنگ نمونه‌ها را می‌توان به گسیختگی بافت‌های گیاهی درطول تیماردهی وبنابراین افزایش استخراج رنگدانه‌ها نسبت داد.دراین راستا لی و همکاران (2004) اثردماهای مختلف برشته کردن دانه‌های گلرنگ را بر تغییرات رنگ روغن آن مورد بررسی قراردادند.آن‌ها اظهارداشتندکه تشکیل رنگ در روغن، تحت تأثیردماهای برشته کردن بود به طوری‌که با افزایش دما رنگ

روغن حاصله نیزاز زرد روشن به قهوه‌ای تیره تغییرکرد (14).



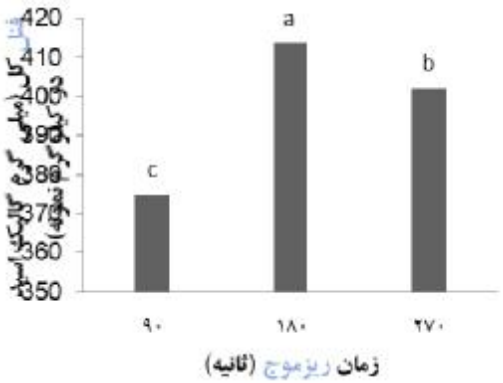
شکل 7- تأثیر زمان ریز موج بر شاخص رنگ روغن دانه‌های کنجد



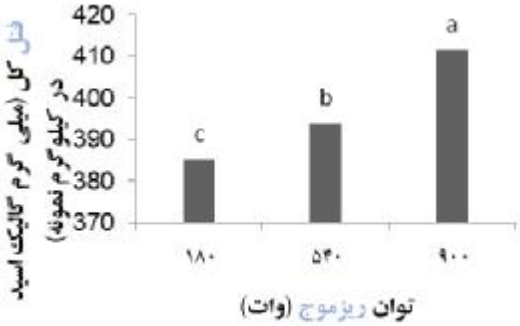
شکل 8- تأثیر توان ریزموج بر شاخص رنگ روغن دانه‌های کنجد

3-5- فنل کل

ترکیبات فنلی دسته بزرگی از متابولیت های ثانویه گیاهی می‌باشند که توانایی ضد اکسایشی آن‌ها ناشی از حضورگروه‌های هیدروکسیلدر ساختارشان است. توجه وکاربرد فنل‌های طبیعی در صنعت غذا روبه افزایش است.زیرا این ترکیبات تجزیه اکسایشی لیپیدها را به تأخیرانداخته و از این روکیفیت وارزش تغذیه‌ای مواد غذایی را بهبود می‌بخشند (17). نتایج تجزیه واریانس نشان دادکه تیمارهای مورد بررسی برمیزان فنل کل تأثیر معنی‌دار داشتند ($P<0/01$). شکل 9 نشان می‌دهد که با افزایش زمان ریزموج از 90 به 180 ثانیه به میزان 10/43 درصد ترکیبات فنلی افزایش یافت و با افزایش زمان از 180 به 270 ثانیه میزان این ترکیبات به علت تخریب این ترکیبات کاهش یافت. افزایش توان ریزموج نیز منجر به افزایش میزان ترکیبات فنلی شد (شکل 10). همان‌طور که در جدول 2 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 به‌دلیل 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 (9).



شکل 9- تأثیرزمان ریزموج بر میزان فنل کل روغن دانه‌های کنجد



شکل 10- تأثیرتوا نریزموج بر میزان فنل کل روغن دانه‌های کنجد

4- نتیجه‌گیری

افزایش توان و زمان فرایند ریزموج به عنوان پیش‌تیمار 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

کاهشی از خود نشان داد. با افزایش توان ریزموج میزان فنل کل افزایش یافت. با توجه به اطلاعات به‌دست آمده از این تحقیق می‌توان بیان داشت که استفاده ازفرایند ریزموج(با 540 وات و برای180 ثانیه) به منظور تیماردهی دانه‌های کنجد قبل ازاستخراج روغن با پرس مارپیچی در بهبود ویژگی‌های کمی وکیفی روغن حاصله موثرواقع گردید.

5- سپاسگزاری

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

6- منابع

1. باقری، ع. ا. 1392. تأثیر کود نیتروژن ومحلول پاشی روی بر ویژگی‌های کمی و کیفی آفتاب‌گردان .پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل.85 ص.
2. بخش آبادی، ح. ، میرزایی، ح. ، قدس ولی، ع. ر. ، جعفری، س. م. ، ضیایی‌فر، ا. م. و بیگ بابایی، ع. 1395. تأثیر سرعت دورانی پرس مارپیچی بر میزان ترکیبات فنلی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی روغن سیاه دانه. مجله مهندسی زیست سامانه. 5 (3): 1-10.
3. بی‌نام، آمارنامه کشاورزی. 1394. دفترآمار و فناوری اطلاعات، وزارت جهاد کشاورزی . جلداول. محصولات زراعی. 174صفحه.
4. حبیبی نوده، ف. ، آزادمرد دمیرچی، ص. ، حصاری، ج. ، نعمتی، م. ، فتحی آچاچلویی و احمدی، ع. 1389. تأثیر تیمار دانه کلزا با مایکروویو بر کیفیت روغن استخراجی. مجله پژوهش‌های صنایع غذایی.3: (1)19- 29.
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.
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., Ziaiifar, A.M. and Farzaneh. V. 2017. The effect of microwave pretreatment on some 8hysic-chemicalproperties 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 oilsobtained below 27◦C better than those product at higher temperatures? LWTFood 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 l 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

15. prepared from safflower seed roasted with different temperatures. Food Chemistry. 84: 1–6.
16. 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.
17. Mohamed, H.M.A. and Awatif, I.I. 1998. The use of sesame oil unsaponifiable matter as a natural antioxidant.Food Chemistry. 62: 269-276.
18. Muanda, F.N., Soulimani, R., Diop, B. and Dicko, A. 2011. Study on chemicalcomposition and biological activities of essential oil and extracts from Steviarebaudiana Bertoni leaves. LWT- Food Science and Technology. 44: 1865-1872.
19. 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 Suppment. 1: 10–12.
20. 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.
21. Sanchez, R.J., Mateo, C.M., Fernandez, M.B.andNolasco, S.M. 2017. Bidimensional modeling applied to oil extraction kinetics of microwave-pretreated canola seeds. Journal of Food Engineering.192: 28–35.
22. Sultana, B., Anwar, F. and Przybylski, R. 2007. Antioxidant potential of corncob extracts for stabilization of cornoil subjected to microwave heating. Food Chemistry. 104: 997–1005.
23. Yoshida, H., Tomiyama, Y., Hirakawa, Y. and Mizushina, Y. 2006. Microwave roastingeffects on the oxidative stability of oils and molecular species of triacylglycerols inthe kernels of pumpkin (Cucurbita spp.) seeds. Journal of Food Composition andAnalysis. 19: 330-339.