



استخراج آبی روغن از دانه بزرک و بررسی پایداری و ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی آن در طی نگهداری

مینا صنعتی آگاه^۱، صدیف آزادمرد دمیرچی^{۲*}، صمد بدبدک^۳، بهرام فتحی آچاچلوئی^۴

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲- استاد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳- استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی اهر، دانشگاه تبریز

۴- دانشیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۷/۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۷

کلمات کلیدی:

استخراج آبی،

بازده روغن،

دانه بزرک،

ویژگی های کیفی

DOI: 10.22034/FSCT.20.144. 48

DOR:20.1001.1.20088787.1402.20.144.3.7

* مسئول مکاتبات:

sodeifazadmard@yahoo.com

هدف از این تحقیق، بررسی فرآیند استخراج آبی به عنوان یک روش ایمن و دوست‌دار محیط زیست جهت استخراج روغن از دانه بزرک است. برای این منظور، دانه بزرک ابتدا برشته (تحت دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۵ دقیقه)، سپس آسیاب شده و فرایند استخراج آبی انجام شد. در فرایند استخراج آبی شرایط دما (۲۵-۷۰ درجه سانتی‌گراد)، زمان (۴/۵-۱/۵ ساعت) و pH (۴-۷) اعمال شد و ویژگی‌های کیفی (عدد اسیدی، عدد پروکسید و بازده استخراج روغن) اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که با افزایش هر یک از پارامترهای زمان استخراج و دمای استخراج، بازده روغن بدست آمده نیز افزایش می‌یابد، بطوری‌که بیش‌ترین میزان بازده مربوط به زمان استخراج ۳ ساعت، دمای استخراج ۷۰ درجه سلسیوس و pH=۴ بود. همچنین عدد اسیدی و پروکسید روغن نیز با بالا رفتن پارامترهای زمان استخراج و دمای استخراج افزایش یافت. روغن استخراج شده در دمای ۷۰ درجه سلسیوس، زمان ۲/۴۵ ساعت و pH=۴ با توجه به نتایج حاصل از اندازه‌گیری عدد اسیدی، عدد پروکسید و بازده استخراج با استفاده از نرم افزار دیزاین اکسپرت (Design Expert) بعنوان تیمار بهینه انتخاب شد و آزمون‌های کیفی در طول نگهداری در ۶۰ روز بر روی آن انجام گرفت. در طول نگهداری روغن، میزان کلروفیل، کارتنوئید و محتوی فنل کل کاهش معنی‌داری ($p \leq 0.05$) داشت. همچنین عدد اسیدی و پروکسید طی زمان افزایش معنی‌داری ($p \leq 0.05$) نشان دادند.

۱- مقدمه

گیاه بزرک با نام علمی *Linum usitatissimum* از تیره *Linaceae* گیاهی یکساله و چند منظوره است و در مناطق خشک و گرم تا معتدل رشد و نمو می‌کند. طول دوره رشد گیاه در کشت بهاره ۹۰ تا ۱۵۰ روز است و در کشت پاییزه تا ۲۵۰ روز می‌رسد [۱].

دانه بزرک به دلیل دارا بودن خواص متعدد سلامت‌بخش، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. دانه بزرک حاوی ترکیبات زیست فعال مختلف، اثرات ضد اکسایشی، درمانی و فیبر بالا می‌باشد [۲]. همچنین محتوی چندین نوع اسید چرب غیراشباع ضروری است که برای تغذیه انسان ضروری هستند. روغن دانه بزرک غنی‌ترین منبع اسیدهای چرب غیراشباع امگا-۳ در جهان است [۳]. امگا-۳ باعث کاهش سرعت تشکیل کلون‌های سرطانی و جلوگیری از سرطان سینه [۴] کاهش کلسترول [۵] و مقاومت ایمنولوژیکی در برابر آنتی ژن‌ها [۶] می‌شود. روغن بزرک آثار مضر چربی‌های حیوانی را ندارد و باعث کاهش سطح کلسترول بد (LDL) و تری‌گلیسرید خون می‌شود [۷].

دانه بزرک حاوی ۳۰ تا ۴۵ درصد روغن، ۲۰ درصد پروتئین و ۲۸ درصد فیبر می‌باشد [۸]. روغن موجود در دانه بزرک را می‌توان با استفاده از روش‌های مختلفی استخراج نمود، اما آنچه حائز اهمیت می‌باشد این است که بایستی از روش‌هایی استفاده نمود که کم‌ترین آثار سوء را بر کیفیت محصول و محیط زیست داشته و از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه باشند. مطالعات کیفی و کمی ترکیبات زیست فعال گیاهی موجود در روغن به انتخاب روش استخراج مناسب کمک می‌کند. استخراج روغن به روش پرس سرد، یکی از روش‌هایی است که در ارتقاء سلامت و پیش‌گیری از آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از رادیکال‌های آزاد نقش مهمی ایفاء می‌کند [۹]. این روش ساده بوده و به انرژی زیادی نیاز ندارد و طی آن دانه‌ها به روش مکانیکی در دمای پایین خرد و روغن استخراج می‌شود. مهم‌ترین مشکل این روش بازده کم و عدم

دستیابی به محصول با کیفیت ثابت است [۱۰]. استخراج با حلال بازده بسیار بالایی دارد ولی روغن حاصله دارای ناخالصی‌های فراوانی بوده که نیاز به تصفیه دارد. از طرف دیگر، اتلاف غیر قابل پیشگیری روزانه حلال (حتی در طراحی‌های پیشرفته) به محیط زیست، بزرگترین مشکل واحدهای استخراج روغن است. آتش‌زایی و فراریت بالای هگزان نیز در ۵۰ سال گذشته باعث آتش‌سوزی در واحدهای روغن‌گیری شده است و خسارت‌های مالی و جانی فراوانی را به همراه داشته‌است [۱۱]. بنابراین نیاز به ابداع روشی جایگزین در استخراج روغن ضروری است.

فرایند استخراج آبی، روشی ایمن و عاری از خطرات محیط زیستی فوق است که برای استخراج پروتئین و روغن از دانه‌های روغنی به کار می‌رود. در این روش روغن استخراج شده به شکل خالص بوده و پروتئین نیز تقریباً به صورت دنا‌توره نشده بازیافت می‌شود. روش استخراج آبی بر پایه استفاده از آب به عنوان حلال است که با توجه به استخراج روغن از طریق اختلاف دانسیته و تفاوت قطبیت روغن و آب، روغن بدست آمده بصورت فیزیکی برداشت می‌شود. اما این روش بازده استخراج پایینی دارد. استفاده از آنزیم‌های مختلف برای تخریب دیواره سلولی و کاهش اندازه منابع روغنی باعث تسهیل خروج روغن و افزایش بازده استخراج می‌شود. همچنین از نظر محیط زیستی، این فرآیند در مقایسه با استخراج توسط حلال، روش بسیار مناسبی می‌باشد. روغن بدست آمده با روش استخراج آبی دارای طعم و عطر مطبوع بوده و مقدار ترکیبات ضد اکسایش و ویتامین‌های طبیعی موجود در روغن نسبت به روش حلال آلی در سطح بالاتری قرار دارد [۱۲، ۱۳]. مقایسه مشخصات روغن در روش‌های استخراج مختلف نشان می‌دهد که روغن‌های حاصل از استخراج آبی دارای بالاترین مقدار اسیدهای چرب غیراشباع هستند. علاوه بر این، سطح بالایی از اندیس یدی و سطح پایین از عدد اسیدی، پروکسید و آنزیدین مشاهده می‌شود. همچنین روغن بدست آمده با این روش دارای فعالیت ضد اکسایش بالا نسبت به روش استخراج حلال آلی و پرس گرم می‌باشد [۱۴].

۲-۳-۲- اندازه گیری عدد پروکسید

عدد پروکسید بر اساس روش AOCS شماره ۹۶۵/۳۳ (AOAC, 2005) اندازه گیری شد.

۲-۳-۳- اندازه گیری بازده استخراج روغن

پس از استخراج روغن با روش های مذکور، راندمان روغن استخراج شده با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد [۱۲]

$$X = \frac{\text{وزن نمونه (گرم)}}{\text{وزن روغن آزاد (گرم)}} = \text{بازده روغن (درصد)} \quad (۱)$$

۲-۳-۴- اندازه گیری کلروفیل

مقدار کلروفیل نمونه های روغن بزرک با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (UNICO، مدل ۲۱۰۰، آمریکا) در طول موج های ۶۳۰، ۶۷۰ و ۷۱۰ نانومتر در یک سل ۱۰ میلی متری و در مقابل هوا به عنوان شاهد اندازه گیری شد. و طبق فرمول زیر مقدار کلروفیل محاسبه شد:

$$C = \frac{3/345 \times (A_{670} - 5/0 \times A_{630} - 5/0 \times A_{710})}{L} \quad (۲)$$

در این رابطه، C: محتوای رنگدانه کلروفیل (میلی گرم فتوفیتین/ بر حسب کیلوگرم روغن)، A: جذب در طول موج های مذکور (نانومتر) و L: ضخامت سل اسپکتروفتومتر (میلی متر) است [۱۶].

۲-۳-۵- اندازه گیری محتوای کاروتنوئید

۰/۵ گرم روغن در یک بالون حجمی توزین و با سیکلوهگزان به حجم ۲۵ میلی لیتر رسانده شد. جذب به وسیله اسپکتروفتومتر در ۴۷۰ نانومتر اندازه گیری شد. مقدار کاروتنوئید (میلی گرم/کیلوگرم روغن) به صورت زیر محاسبه شد:

با توجه به مطالب ذکر شده و مزیت های روش استخراج آبی در مقایسه با سایر روش های استخراج روغن، هدف از این پژوهش، استخراج روغن از دانه بزرک با استفاده از روش آبی و بررسی ویژگی های کیفی آن طی نگهداری است.

۲-مواد و روش ها

۲-۱- مواد مورد استفاده

دانه های بزرک سیاه پس از خریداری از بازار محلی تبریز (آذربایجان شرقی، ایران)، به منظور حذف ناخالصی ها تمیز شده سپس در یک محیط خشک در دمای اتاق نگهداری شد. مواد شیمیایی استفاده شده با درجه آنالیزی از شرکت مرک آلمان تهیه شدند.

۲-۲- استخراج آبی روغن

دانه های بزرک از ناخالصی ها تمیز شده و در آون ۱۲۰ درجه سلسیوس بمدت ۳۰ دقیقه برشته می شود. دانه های برشته شده به منظور تعدیل دما در یخچال ۴ درجه سلسیوس نگهداری می شوند. پس از سرد شدن دانه ها، با استفاده از دستگاه خردکن (KTG، آلمان) آسیاب شده و با آب مقطر به نسبت ۳ به ۱ مخلوط می شوند. جهت تنظیم pH (۴، ۵/۵ و ۷) از اسید هیدروکلریک و سود استفاده می شود. نمونه ها با استفاده از یک هیترشیکر (Memmert، آلمان) با سرعت ثابت ۱۰۰ دور در دقیقه و در دماهای آزمایش ۲۵، ۴۵/۵ و ۷۰ درجه سلسیوس طی زمان های ۱/۵، ۳ و ۴/۵ ساعت مخلوط می شود. فازهای سوسپانسیون حاصله توسط سانتریفوژ (Hettich، مدل ۲۷۰، آلمان) با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه از هم جدا شده و روغن استخراج شده در فاز بالایی لوله توسط سرنگ با دقت بالا جمع آوری خواهد شد [۱۲].

۲-۳- روش های آزمون

۲-۳-۱- اندازه گیری عدد اسیدی

تعیین عدد اسیدی مطابق روش AOAC [۱۵] انجام گرفت.

($p > 0.05$) از مدل اولیه حذف و محاسبات معنی‌داری دوباره انجام شد و معادله نهایی برای هریک از متغیرهای مستقل بدست آمد. پس از بدست آوردن پارامترهای بهینه عملیات استخراج از لحاظ بازده روغن، عدد اسیدی و پروکسید، نمونه روغن استخراج شده با این روش از نظر ویژگی‌های کیفی (عدد اسیدی، عدد پروکسید، مقدار کلروفیل، کارتنوئید و ترکیبات فنولی) با طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در طی زمان نگهداری مورد بررسی قرار گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۲، آمریکا) استفاده شد.

(۳)

$$A_{470} \times 10^6 = \frac{\text{کارروتنوئید}}{2000 \times 100 \times d}$$

۲۰۰۰ = ضریب خاموشی (E_0) برای لوتئین (ترکیب عمده از گروه کاروتنوئید) و d نیز ضخامت سل (۱ سانتی‌متر) است [۱۶].

۲-۳-۶- اندازه‌گیری محتوای فنل کل

محتوای فنل کل موجود در روغن بزرک با استفاده از روش فولین-سیکالتیو و بر حسب گالیک اسید توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۲۵ نانومتر مورد بررسی قرار گرفت [۱۷].

آنالیز آماری

جهت بهینه‌سازی شرایط استخراج آبی روغن بزرک از روش سطح پاسخ (RSM) و توسط نرم افزار دیزاین اکسپرت (Design Expert) نسخه ۱۰ استفاده شد و تاثیر پارامترهای عملیات استخراج شامل pH (A) در محدوده ۴-۷، زمان استخراج (B) در محدوده ۱/۵-۴/۵ ساعت و دمای استخراج (C) در محدوده ۲۵-۷۰ درجه سلسیوس بر بازده روغن، عدد اسیدی و عدد پروکسید مورد بررسی قرار گرفت. این آزمون توسط طرح Box-Behnken (BBD) در ۳ سطح و ۳ فاکتور و مجموعاً ۱۷ تیمار انجام شد (جدول ۱). رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم افزا (Design Expert) انجام شد. ضرایب رگرسیون برای بررسی اثر خطی و اثر توان دوم متغیرها محاسبه و با استفاده از ضریب تبیین (R^2) کیفیت برازش معادله مدل‌ها تعیین شد. اثر و ضرایب رگرسیون خطی و توان دوم متغیرها از نتایج آنالیز واریانس در سطح ۵ درصد بررسی شد. اجزایی از مدل ریاضی که اثر آن‌ها معنی‌دار نبود

Table 1- Treatments and level of extraction variables using Box-Behnken design (BBD)

Samples	(A) pH	(B) Extraction time (hours)	(C) Extraction temperature (Degrees Celsius)
1	7	3	25
2	5.5	3	47.5
3	4	1.5	47.5
4	7	1.5	47.5
5	5.5	1.5	70
6	5.5	3	47.5
7	5.5	4.5	25
8	5.5	1.5	25
9	5.5	3	47.5
10	4	3	70
11	7	3	70
12	5.5	3	47.5
13	4	4.5	47.5
14	5.5	4.5	70
15	4	3	25
16	7	4.5	47.5
17	5.5	3	47.5

pH=۴ و در دمای ۷۰ درجه سلسیوس، زمان ۴/۵ ساعت و

pH=۵/۵ به دست آمد (شکل ۱). همچنین نتایج آنالیز

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تاثیر پارامترهای استخراج بر عدد اسیدی

روند تغییرات عدد اسیدی نمونه‌های روغن دانه بزرک استخراج شده به روش آبی تحت شرایط مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. اعداد صفر موجود در جدول به این معنی می‌باشد که تحت تاثیر پارامترهای مورد استفاده در استخراج آبی، هیچ مقدار روغنی به دست نیامده و لذا تاثیر آن بر عدد اسیدی صفر در نظر گرفته شده است. نتایج نشان داد که پایین‌ترین و بالاترین میزان عدد اسیدی به ترتیب در دمای ۴۷/۵ درجه سلسیوس، زمان ۱/۵ ساعت،

واریانس (ANOVA) همچنین پارامترهای زمان و دما بیشترین تاثیر را بر مقدار عدد اسیدی داشتند. از طرفی معادله ۴ رابطه رگرسیونی خطی عدد اسیدی با پارامترهای pH، دما و زمان استخراج را نشان می‌دهد. قربانزاده و رضایی [۱۴] نیز با بررسی استخراج آبی روغن هسته انار دریافتند که میزان عدد اسیدی روغن استخراج شده به روش آبی، تحت تاثیر دو پارامتر دما و زمان استخراج است. همچنین آنها گزارش کردند که میزان عدد اسیدی روغن بدست آمده به روش آبی

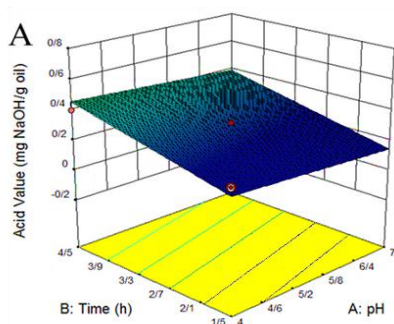
در مقایسه با روش حلال آلی پایین‌تر، و در مقایسه با روش پرس سرد بیش‌تر بود.

Table 2- Changes amount in acid value, peroxide value and yield of flaxseed oil samples under different extraction conditions

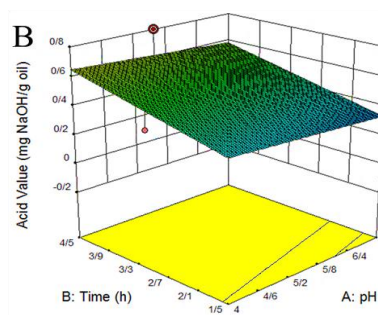
Samples	(A)pH	(B) Extraction time (hours)	(C) Extraction temperature (Degrees Celsius)	Acid value changes (mg NaOH/g oil)	Peroxide value changes (meq O2/kg oil)	oil yield (%)
1	7	3	25	-	-	0
2	5.5	3	47.5	0.32	0.6	26.14
3	4	1.5	47.5	0.26	1	24.75
4	7	1.5	47.5	-	-	0
5	5.5	1.5	70	-	-	0
6	5.5	3	47.5	0.32	1	26.14
7	5.5	4.5	25	-	-	0
8	5.5	1.5	25	-	-	0
9	5.5	3	47.5	0.32	1	26.14
10	4	3	70	0.4	2	43.75
11	7	3	70	0.4	2	36.54
12	5.5	3	47.5	0.32	1	26.14
13	4	4.5	47.5	0.4	4	30.7
14	5.5	4.5	70	0.8	4	40.6
15	4	3	25	-	-	0
16	7	4.5	47.5	0.32	2	29.63
17	5.5	3	47.5	0.32	1	26.14

معادله پیشنهادی زیر برای میزان عدد اسیدی تحت تاثیر سه پارامتر pH، دما و زمان استخراج می‌باشد:

$$Y = -\left(22634/0\right) - \left(0.21528/0 \times A\right) + \left(0.82917/0 \times B\right) + \left(\left(39815/8 \times 10^{-6}\right) \times C\right) \quad (4)$$



Temperature (47.5 °C), Time (1.5 h), pH (4)



Temperature (70 °C), Time (4.5 h), pH (5.5)

Figure 1- Effect of pH, extraction time and temperature parameters acid value of oil extracted by aqueous method.

۳-۲- تأثیر پارامترهای مختلف استخراج بر عدد پروکسید

اکسیداسیون لیپیدها یکی از دلایل مهم افت کیفیت مواد غذایی است و تأثیر منفی بر تمام سیستم‌های بیولوژیکی دارد. محصولات اولیه اکسیداسیون لیپیدها، هیدروپروکسیدها (ROOH) هستند که متعاقباً به محصولات ثانویه مانند هیدروکربن‌ها، الکل‌ها، آلدئیدها و کتون‌ها تجزیه می‌شوند [۱۸]. محصولات ثانویه اکسیداسیون تنها عامل تغییر ناشی از اکسیداسیون لیپیدها در عطر و طعم مواد غذایی هستند [۱۹]. عدد پروکسید، غلظت هیدروپراکسیدها را تعیین می‌کند [۲۰].

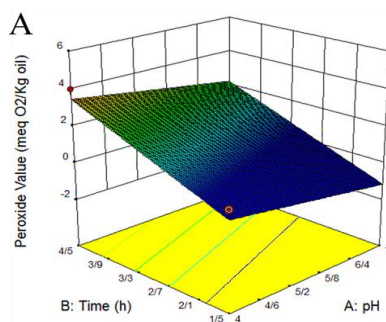
میزان تغییرات عدد پروکسید نمونه‌های روغن دانه بزرک تحت شرایط مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. اعداد صفر موجود در جدول به این معنی می‌باشد که تحت شرایط مورد استفاده برای استخراج روغن، هیچ مقدار روغنی به دست نیامده و لذا تأثیر آن بر عدد پروکسید صفر در نظر گرفته شده است. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که نتایج مربوط به عدد پروکسید نیز از مدل خطی تبعیت می‌کند و با توجه به نتایج حاصل، هر سه پارامتر زمان استخراج، دمای استخراج و pH بر میزان عدد پروکسید تأثیر معنی‌داری دارند ($p \leq 0.05$). بطوری‌که در بین پارامترهای ذکر شده پارامترهای زمان، دما و pH به ترتیب بیش‌ترین تأثیر را بر مقدار

عدد پروکسید نشان دادند. همچنین میزان ضریب تبیین نیز در محدوده قابل قبولی بود. علاوه بر این، معادله ۵، رابطه رگرسیونی خطی عدد پروکسید با پارامترهای pH، دما و زمان استخراج را نشان می‌دهد. مطابق شکل A-۲ کم‌ترین میزان عدد پروکسید مربوط به زمانی بود که از دمای ۴۷/۵ درجه سلسیوس، زمان ۱/۵ ساعت و pH=۴ برای استخراج آبی روغن استفاده شد. همچنین بیش‌ترین میزان عدد پروکسید در دمای ۴۷/۵ درجه سلسیوس، زمان ۴/۵ ساعت و pH=۴ (شکل B-۲) و در دمای ۷۰ درجه سلسیوس، زمان ۴/۵ ساعت و pH=۵/۵ (شکل C-۲) مشاهده گردید (جدول ۲).

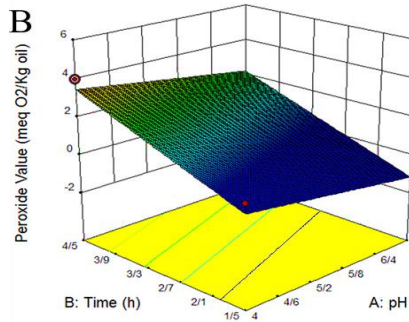
طبق مطالعات آماریسینگ [۲۱] بر روی استخراج آبی روغن دانه برنج، مشخص شد که میزان پروکسید بشدت تحت تأثیر زمان و دمای استخراج قرار می‌گیرد.

معادله پیشنهادی برای عدد پروکسید تحت تأثیر سه پارامتر pH، دما و زمان استخراج به‌صورت زیر می‌باشد:

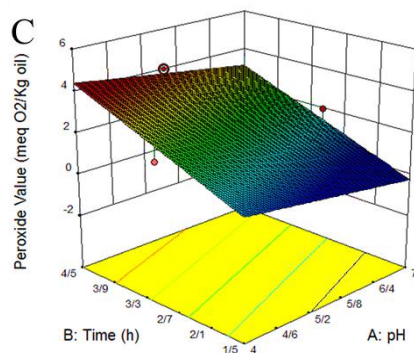
$$Y = (0.41898 \times C) + (1.2708 \times B) + (4.1736 \times A) - (91551/1) \quad (5)$$



Temperature (47.5 °C), Time (1.5 h), pH (4)



Temperature (47.5 °C), Time (4.5 h), pH (4)



Temperature (70 °C), Time (4.5 h), pH (5.5)

Figure 2- Effect of pH, extraction time and temperature parameters peroxide value of oil extracted by aqueous method.

هر سه پارامتر pH، دما و زمان استخراج قرار می‌گیرد، بطوری‌که با افزایش زمان و دمای استخراج، بازده نیز افزایش می‌یابد. همچنین بیش‌ترین بازده در pH ایزوالکتریک پروتئین‌های دانه گزارش شد.

بررسی آنالیز واریانس نشان داد که نتایج مربوط به استخراج روغن از مدل کوادراتیک تبعیت می‌کند. بطوری‌که نتایج اثر هر سه پارامتر pH، زمان و دما بر بازده استخراج روغن معنی‌دار بوده ($p \leq 0.05$) و بیش‌ترین اثرگذاری به‌ترتیب مربوط به پارامترهای دما، زمان و pH می‌باشد. بالا بودن ضریب تبیین مربوط به بازده روغن نشانگر این مطلب می‌باشد که مدل به خوبی با نتایج تجربی مطابقت دارد.

معادله پیشنهادی برای بازده روغن تحت تاثیر سه پارامتر pH، دما و زمان استخراج به‌صورت زیر می‌باشد:

$$Y = + \left(72691/28 \right) - \left(45954/20 \times A \right) - \left(68463/2 \times B \right) + \left(67578/1 \times C \right) + \left(63111/2 \times AB \right) - \left(0.53407/0 \times AC \right) + \left(30074/0 \times BC \right) + \left(12278/1 \times A^2 \right) - \left(28722/3 \times B^2 \right) - \left(0.16975/0 \times C^2 \right) \quad (6)$$

۳-۳- تاثیر پارامترهای مختلف استخراج بر بازده روغن

هر اندازه میزان بازده روغن در یک فرایند استخراج بیشتر باشد، از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه خواهد بود. بنابراین در اکثر فرایندهای استخراج هدف این است که پارامترهای مورد نظر به گونه‌ای انتخاب شوند که بیش‌ترین میزان روغن استخراج شود. روند تغییرات بازده روغن تحت شرایط مختلف (pH، زمان و دما) حین استخراج آبی روغن در جدول ۲ آورده شده‌است. کم‌ترین بازده استخراج مربوط به تیمارهای دمای ۲۵ درجه سلسیوس، زمان ۳ ساعت و pH=۷، دمای ۲۵ درجه سلسیوس، زمان ۱/۵ ساعت و pH=۵/۵، دمای ۲۵ درجه سلسیوس، زمان ۴/۵ و pH=۵/۵، دمای ۲۵ درجه سلسیوس، زمان ۳ ساعت و pH=۴، دمای ۴۷/۵ درجه سلسیوس، زمان ۱/۵ ساعت و pH=۷ و دمای ۷۰ درجه سلسیوس، زمان ۱/۵ ساعت و pH=۵/۵ می‌باشد. همچنین بیش‌ترین بازده استخراج در دمای ۷۰ درجه سلسیوس، زمان ۳ ساعت و pH=۴ مشاهده شد (شکل ۳).

مطالعات پنگ فی [۲۲] در مورد استخراج آبی روغن بادام زمینی نیز نشان داد که بازده روغن استخراجی به روش آبی تحت تاثیر

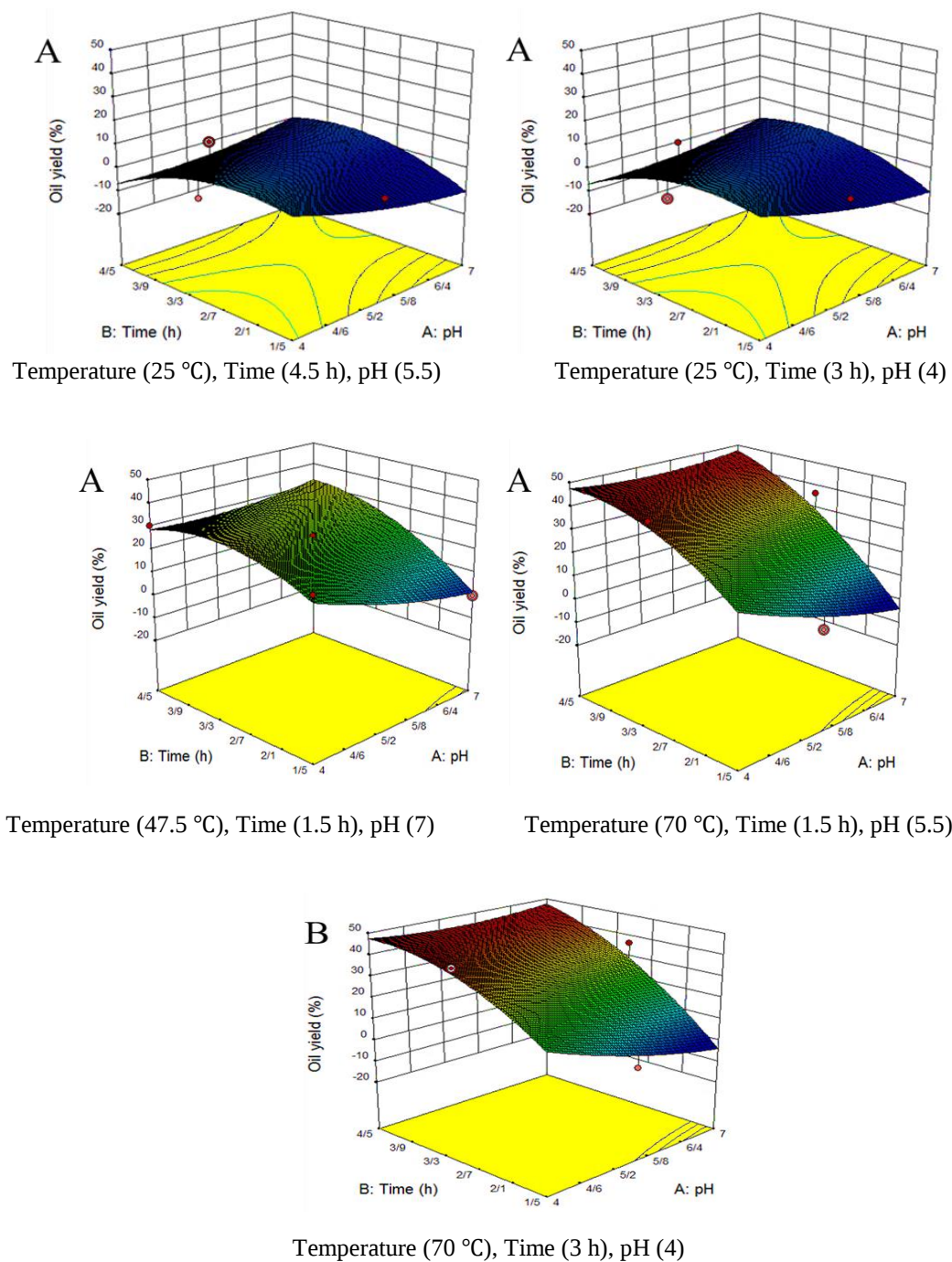


Figure 3- Effect of pH, extraction time and temperature parameters yield oil extracted by aqueous method.

روغن در این شرایط انجام پذیرفت. در مرحله بعدی میزان عدد اسیدی، عدد پروکسید، کلروفیل، کاروتنوئید و فنل در روز استخراج، ۳۰ و ۶۰ روز پس از آن اندازه گیری شد.

۳-۴- نتایج آزمایشات کیفی روغن استخراج شده با استفاده از پارامترهای بهینه پس از بررسی نتایج آزمایش های کیفی، در نهایت دمای ۷۰ درجه سلسیوس، زمان ۲ ساعت و ۴۵ دقیقه و $pH=4$ بعنوان شرایط بهینه استخراج آبی روغن بزرک انتخاب شدند و عمل استخراج آبی

۳-۵- عدد اسیدی

نتایج نشان داد که تغییرات عدد اسیدی در زمان‌های مختلف نگهداری از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود ($p \leq 0.05$) (جدول ۳). بطوری‌که در روز اول (زمان استخراج) میزان عدد اسیدی در کم‌ترین مقدار خود بود (0.6 میلی‌گرم سود بر گرم روغن)، اما با گذشت زمان میزان آن روند افزایشی از خود نشان می‌دهد (شکل ۴). این نتایج با نتایج حاصل از پژوهش‌های ژانگ و همکاران [۲۳] که در ارتباط با استخراج آبی دانه بادام زمینی برشته شده بود، مطابقت دارد. آنها اظهارکردند که میزان افزایش عدد اسیدی با افزایش زمان نگهداری رابطه معنی‌داری دارد ($p \leq 0.05$)، ولی این میزان افزایش نسبت به روش‌های دیگر استخراج مانند حلال و پرس کم‌تر می‌باشد.

Table 3- Acid value changes (mg NaOH/g oil) of flaxseed oil samples on different days

Samples	Day	Acid value (mg NaOH/g oil)
1	0	$0.60000^a \pm 0.056568$
2	30	$1.32500^b \pm 0.049497$
3	60	$1.77500^c \pm 0.035355$

* حروف لاتین مختلف، تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد را نشان می‌دهند.

۳-۶- عدد پروکسید

جدول ۴ نتایج اندازه‌گیری عدد پروکسید نمونه‌های روغن طی مدت ۶۰ روز نگهداری را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود عدد پروکسید نمونه‌های روغن در زمان‌های مختلف نگهداری اختلاف معنی‌داری داشتند ($p \leq 0.05$). همچنین مقدار آن با گذشت زمان بصورت خطی افزایش پیدا می‌کند (شکل ۵). اگرچه می‌توان بیان نمود که میزان افزایش عدد پروکسید با افزایش زمان نگهداری رابطه معنی‌داری دارد ($p \leq 0.05$)، ولی این میزان افزایش نسبت به روش‌های دیگر استخراج مانند حلال و پرس کم‌تر می‌باشد. این نتایج با نتایج حاصل از پژوهش‌های ژانگ و همکاران [۲۳] در ارتباط با استخراج آبی دانه بادام زمینی برشته شده، مطابقت دارد.

Table 4- Peroxide value changes (meq O2/kg oil) of flaxseed oil samples on different days

Samples	Day	Peroxide value changes (meq O2/kg oil)
1	0	$2.40000^a \pm 0.056568$
2	30	$9.25000^b \pm 1.06066$
3	60	$16.25000^c \pm 0.35355$

* حروف لاتین مختلف، تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد را نشان می‌دهند.

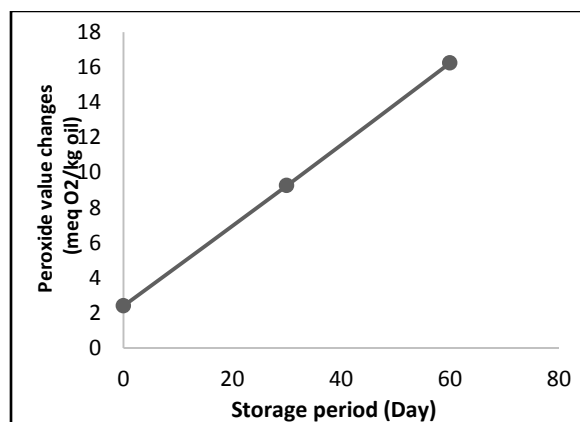


Figure 5 - Peroxide value changes during storage

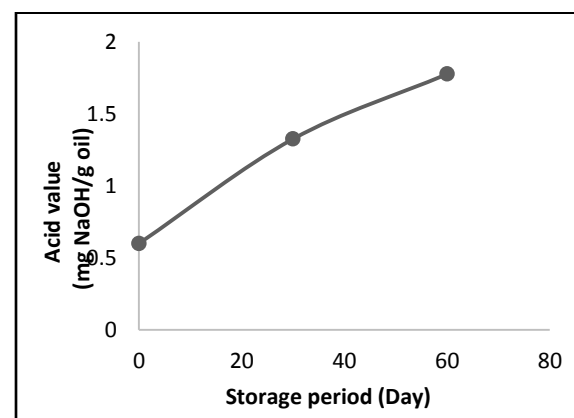


Figure 4-Acid value Changes during storage

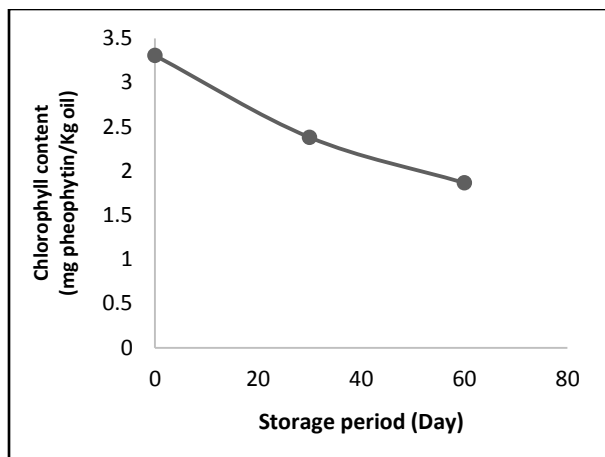


Figure 6- Chlorophyll content Changes during storage

۳-۸- کاروتنوئید

با توجه به نتایج حاصل از جدول ۶ و بررسی میزان کاروتنوئید در طی ۶۰ روز نگهداری می‌توان مشاهده نمود که مقدار آن با گذشت زمان بطور معنی‌داری کاهش می‌یابد (شکل ۷) ($p \leq 0.05$). وجود کاروتنوئیدها می‌تواند اثر محافظتی در برابر فتواکسیداسیون و اتوکسیداسیون در روغن‌ها داشته باشد و اثر مخرب کلروفیل را کاهش بدهد [۲۶]. البته اگر مقدار کاروتنوئیدها در روغن‌ها خیلی بالا باشد، می‌تواند به‌عنوان پروکسیدان نیز عمل کنند. لوتئین عمده‌ترین کاروتنوئید موجود در روغن بزرک هست که طی استخراج با حلال بخش عمده‌ای از آن خارج می‌شود ولی طی استخراج آبی بخشی از آن باقی مانده و اثرات محافظتی در برابر اکسیداسیون روغن دارد. این بررسی مطابق با نتایج حاصل از پژوهش‌های شادپرو و همکاران [۲۷] بود.

Table 6- Carotenoids content Changes (mg/Kg oil) of flaxseed oil samples on different days

Samples	Day	Carotenoids content (mg/Kg oil)
1	0	2.29000 ^c ± 0.08768
2	30	1.80500 ^b ± 0.09192
3	60	1.43500 ^a ± 0.06363

* حروف لاتین مختلف، تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد را نشان می‌دهند.

۳-۷- کلروفیل

همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود که میزان کلروفیل در روز اول بالا بود، اما با گذشت زمان میزان آن روند کاهشی از خود نشان می‌دهد. بنابراین می‌توان بیان نمود که میزان کلروفیل با گذشت زمان بطور معنی‌داری کاهش یافت ($p \leq 0.05$) (جدول ۵). این نتایج با نتایج حاصل از پژوهش‌های ایلماز و گوکمن [۲۴] [مطابقت داشت. کلروفیل همیشه در دانه‌های روغنی وجود دارد و در حین استخراج روغن توسط هگزان، کلروفیل به آسانی از دانه روغنی خارج و وارد روغن خام می‌شود و رنگ آن را به رنگ سبز تغییر می‌دهد. کلروفیل در اثر حرارت به فتوفیتین تجزیه و منجر به تیرگی رنگ روغن می‌شود. همچنین، به دلیل حساس‌کننده بودن، کلروفیل و مشتقات آن ممکن است باعث تشدید اکسیداسیون نوری در روغن‌های خوراکی شوند [۲۵]. به همین دلیل، هنگام رنگ‌بری روغن‌های خوراکی، کلروفیل و مشتقات آن به‌طور کلی حذف می‌شوند یا غلظت آن‌ها تا حد ممکن کاهش می‌یابد.

Table 5 - Chlorophyll content Changes (mg pheophytin/Kg oil) of flaxseed oil samples on different days

Samples	Day	Chlorophylls content (mg /Kg oil)
1	0	3.30500 ^c ± 0.23334
2	30	2.38000 ^b ± 0.11313
3	60	1.86500 ^a ± 0.02121

* حروف لاتین مختلف، تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد را نشان می‌دهند.

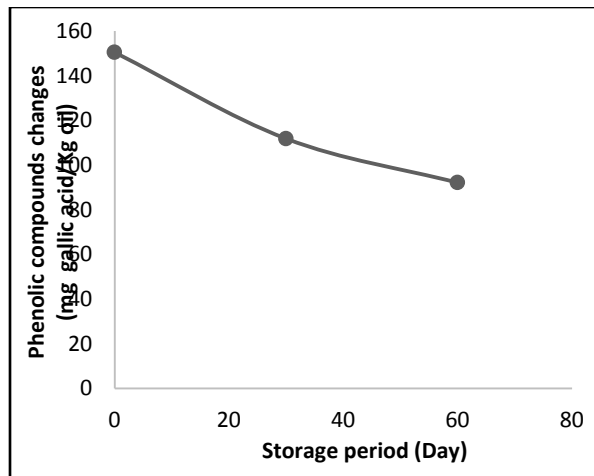


Figure 8- Phenolic compounds changes during storage

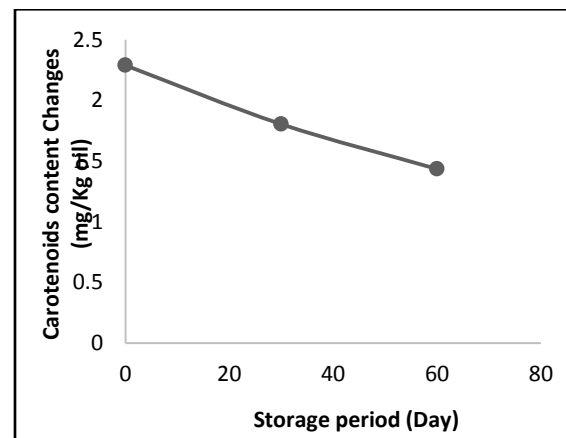


Figure 7- Carotenoids content changes during storage

۴- نتیجه گیری

تکنولوژی استخراج آبی به دلیل مسائل زیست محیطی، بهداشتی و صرفه جویی در مصرف انرژی مورد توجه زیادی قرار گرفته است. این روش برای استخراج روغن از دانه‌ها یا حتی میوه‌های روغنی استفاده می‌شود. امروزه این تکنولوژی بدلیل صرفه جویی در مصرف حلال، کاهش مراحل فرایند و عدم تأثیرات سوء در محصول گسترش یافته است. نتایج نشان داد که با افزایش پارامترهای آزمایش (زمان استخراج و دمای استخراج)، عدد اسیدی، پروکسید و بازده روغن بدست آمده به روش آبی افزایش می‌یابد در حالی که pH تأثیر بسزایی نداشت. همچنین نتایج حاصل از آزمون‌های کیفی طی ۶۰ روز بر روی تیمار بهینه (دمای ۷۰ درجه سلسیوس، زمان ۲/۴۵ ساعت و pH=۴) نشان داد، با افزایش زمان نگهداری، میزان کلروفیل، کارتنوئید و محتوی فنل کل کاهش و عدد اسیدی و پروکسید طی زمان افزایش معنی‌داری داشتند ($p \leq 0.05$). در کل نتایج نشان داد که استخراج آبی روغن از دانه بزرک با وجود بازده نسبتاً پایین باعث بهبود ویژگی‌های کیفی می‌شود و می‌تواند به عنوان جایگزینی مناسب برای روش‌های مرسوم باشد.

۳-۹- ترکیبات فنولی

با توجه به نتایج حاصل از جدول ۷، میزان ترکیبات فنولی در روز اول استخراج آبی بالا بوده (۱۵۰/۴۷۵ میلی گرم گالیک اسید بر کیلوگرم روغن)، اما با گذشت زمان طی ۶۰ روز میزان آن روند کاهشی معنی‌دار از خود نشان می‌دهد (شکل ۸) ($p \leq 0.05$). میزان ترکیبات فنولی بستگی به نوع استخراج روغن دارد [۲۸]. به‌طوری که ترکیبات فنلی استخراج شده طی استخراج آبی روغن نسبت به روش حلال بسیار بالاتر می‌باشد، در حالی که این میزان، طی استخراج با پرس سرد نیز بالا می‌باشد. این نتایج با نتایج حاصل از پژوهش‌های دیلی و وونگ [۲۹] که بر روی خواص آنتی اکسیدانی دانه ماکادمیا انجام شده بود، مطابقت دارد.

Table 7 - Phenolic compounds changes (mg gallic acid/Kg oil) of flaxseed oil samples on different days

samples	Day	Phenolic compounds (mg gallic acid/Kg oil)
1	0	150.47500 ^c ±4.53255
2	30	111.83500 ^b ±0.84145
3	60	92.15000 ^a ±1.25865

* حروف لاتین مختلف، تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد را نشان می‌دهند.

۵- منابع

- [1] Danesh Shahraki, A., Kashani, A., Mesgarbashi, M., Nabipour, M & Kuhi Dehkordi, M.A., 2008. The effect of plant densities and time of nitrogen application on some agronomic characteristic of rapeseed. *Pajouhesh & Sazandegi*, 79, 10-17. (In Persian)
- [2] Wang, H., Wang, J., Qiu, C., Ye, Y., Guo, X., Chen, G., Li, T., Wang, Y., Fu, X & Liu, R.H., 2016. Comparison of Phytochemical Profiles and Health Benefits in Fiber and Oil Flaxseeds (*Linum usitatissimum* L.). *Food Chemistry*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.075>.
- [3] Bloedon, L.T & Szapary, P.O., 2004. Flaxseed and cardiovascular risk. *Nutrition Reviews*, 62, 18-27.
- [4] Thompson, L.U., Rickard, S.E., Orcheson, L.J. & Seidl, M.M., 1996. Flaxseed and its lignan and components mammary tumor growth at a rate stage of carcinogenesis. *Carcinogenesis*, 17, 1373-1376.
- [5] Cunnane, S.C., Ganguli, S., Menard, C., Lied, A.C., Hamadeh, M.J., Wolever, T.M & Jenkins, T.M., 1993. High α -linolenic acid Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.): Some nutritional properties in humans. *British Journal of Nutrition*, 69, 443-453.
- [6] Calder, P., 1998. Immunoregulatory and anti-inflammatory effects of n-3 polyunsaturated fatty acids. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 31(4), 90-467.
- [7] Paschos, G.K., Magkos, F., Panagiotakos, D.B., Volteas, V & Zampelas, A., 2007. Dietary supplementation with flaxseed oil lowers blood pressure in dyslipidaemic patients. *European Journal of Clinical Nutrition*, 61, 1201-1206.
- [8] Khajepour, M.R., 2004. *Industrial plants*. University Jihad Publications, University of Isfahan.
- [9] Siger, a., Nogala-Kalucka, M & Lampart-Szczapa, E., 2008. The content and antioxidant activity of phenolic compounds in cold-pressed plant oils. *Journal of food lipids*, 15(2), 137-149.
- [10] Siger, A. & Józefiak, M., 2016. The effects of roasting and seed moisture on the phenolic compound levels in cold-pressed and hot-pressed rapeseed oil. *European Journal of Lipid science and Technology*, 118(12), 1952-1958.
- [11] Al Juhaimi, F & Ozcan, M.M., 2017. Effect of cold press and soxhlet extraction systems on fatty acid, tocopherol contents, and phenolic compounds of various grape seed oils. *Journal of Food Processing and Preservation*, <https://doi.org/10.1111/jfpp.13417>.
- [12] Campbell, K.A & Glatz, C.E., 2009. Mechanism of Aqueous extraction of soybean oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 10904-10912.
- [13] Dabaghha, M & vosoughi, M., 2011. Effect of operational variables on aqueous enzymatic oil extraction from soybean. *Journal of food science and technology*, 8 (29), 73-81. (In Farsi)
- [14] Ghorbanzadeh, R & Rezaei, K., 2017. Optimization of an Aqueous Extraction Process for Pomegranate Seed Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94(12), 1491-1501.
- [15] AOAC. 2005. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, Vol II. Arlington, VA.
- [16] Azadmard Damirchi, S., 2010. Chemistry and analysis of edible oils and fats. Amidi press.
- [17] Capannesi, C., Palchetti, I., Mascini, M & Parenti, A., 2000. Electrochemical sensor and biosensor for polyphenols detection in olive oils. *Food Chemistry*, 71(4), 553-562.
- [18] Gardner, H.W., 1989. Oxygen radical chemistry of polyunsaturated fatty acids. *Free Radical Biology and Medicine*, 7(1), 65-86.
- [19] Jacobsen, C., 1999. Sensory impact of lipid oxidation in complex food systems. *Lipid- Fett*, 101(12), 484-492.
- [20] Kong, F & Singh, R.P., 2011. Advances in instrumental methods to determine food quality deterioration. *Food and Beverage Stability and Shelf Life*, 381-404.
- [21] Amarasinghe, B.M.W.P.K., Kumarasiri, M.P.M & Gangodavilage, N.C., 2009. Effect of method of stabilization on aqueous extraction of rice bran oil. *Food and Bioproducts Processing*, 87(2), 108-114.
- [22] Pengfei, L., Gasmalla, M.A.A., Zhang, W., Liu, J., Bing, R & Yang, R., 2015. Effects of roasting temperatures and grinding type on the yields of oil and protein obtained by aqueous extraction processing. *Journal of Food Engineering*, 26(1), 1-10.
- [23] Zhang, Sh.B, Lu, Q.Y., Yang, H., Li, Y & Wang, Sh., 2011. Aqueous enzymatic extraction of oil and protein hydrolysates from roasted peanut seeds. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 88(5): 727-732.
- [24] Yilmaz, C & Gökmen, V., 2016. Chlorophyll. *Encyclopedia of Food and Health*, 37-41.

- [25] Diosady, L.L., 2005. Chlorophyll removal from edible oils. *Int. J. Appl. Sci. Eng*, 3(2), 81-88.
- [26] Azadmard Damirchi, S., 2012. Chemistry and analysis of oils and fats. Amidi Publications: Tabriz. (In persian)
- [27] Shadyro, O.I., Sosnovskaya, A.A & Edimecheva, I.P., 2017. Flaxseed oil stabilization using natural and synthetic antioxidants. *Research Institute for Physical Chemical Problems, Belarusian State University, Minsk, Belarus*, DOI: 10.1002/ejlt.201700079.
- [28] Khattab, R.Y & Zeitoun, M.A., 2013. Quality evaluation of flaxseed oil obtained by different extraction techniques. *Food Science and Technology*, 53(1): 338-345.
- [29] Dailey, A & Vuong, Q., 2015. Optimization of Aqueous Extraction condition for recovery of phenolic content and antioxidant properties from macadamin (macadamin teraphela) skin wast. *Antioxidant*, 4, 699-718.



Scientific Research

Aqueous extraction of oil from flaxseed and evaluation of its storage stability and physicochemical properties during storage**Mina Sanati Agah¹, Sodeif Azadmard Damirchi^{2*}, Samad Bodbodak³, Bahram Fathi Achachlouei⁴**

1. PhD student in Food Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

2. Professor, Department of Food Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

3. Assistant Professor, Department of Food Science and Engineering, Ahar Faculty of Agriculture, University of Tabriz

4. Associate Professor, Department of Food Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Mohaghegh Ardabili University

ABSTRACT

The aim of this study is to investigate aqueous extraction process as a safe and environmentally friendly method for extracting oil from flaxseed. For this purpose, flaxseeds were first roasted (at 120 °C for 45 minutes), then ground and the extraction process was performed. In the aqueous extraction process, temperature (25-70 °C), time (1.5-5.5 hours) and pH (4-7) conditions were applied and qualitative characteristics (acid value, peroxide value and oil extraction yield) were measured. The results showed that, with increasing extraction time and temperature, the obtained oil yield also increased, so that the maximum yield related to extraction time of 3 hours, extraction temperature of 70 °C and pH=4. Also acid and peroxide values increased by increase of the extraction time and temperature. According to the results of the acid value, peroxide value and extraction oil yield, extraction at 70 °C, 2.45 h and pH=4 was selected as the optimal treatment and quality characteristics of the extracted oil was evaluated during storage. The results showed that, chlorophyll, carotenoids and total phenol content significantly decreased ($p \leq 0.05$) during storage. Also, acid and peroxide values had a significant increase during storage ($p \leq 0.05$) and the maximum observed at 60th day storage. It was concluded that aqueous extraction of oil from flaxseed despite its relatively low efficiency, improved quality characteristics and can be a good alternative to conventional methods.

ARTICLE INFO**Article History:**

Received: 2022/9/27

Accepted: 2023/7/29

Keywords:

Aqueous extraction,
Flaxseed,
Oil yield,
Quality characteristics.

DOI: 10.22034/FSCT.20.144.48**DOR:** 20.1001.1.20088787.1402.20.144.3.7

*Corresponding Author E-Mail:
sodeifazadmard@yahoo.com