بهینه سازی فرایند برشته کردن دانه کنجد جهت تولید روغن با کیفیت بهتر

ملیکا برجیان بروجنی[a*]، سید امیرحسین گلی[b]، مریم قراچورلو[c]، رضا عزیزی نژاد[d]

[a] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[b] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
[c] دانشیار دانشکده علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[d] استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۴/۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۶/۱۶

چکیده

مقدمه: روغن کنجد در مقایسه با دیگر روغن‌های خوراکی به دلیل دارا بودن ترکیبات لیگنانی مانند سزامین و سزامولین مقاومت بالاتری در برابر تخریب ناشی از اکسیداسیون دارد. فرایند برشته نمودن نیز می‌تواند تاثیر بسزایی در افزایش مقاومت اکسیداتیو روغن کنجد داشته باشد. هدف از این پژوهش بررسی شرایط برشته کردن کنجد از لحاظ دما و زمان با استفاده از روش سطح پاسخ به منظور دستیابی به بالاترین درجه مقاومت اکسیداتیو و بهترین رنگ روغن کنجد برشته شده بود.

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی شرایط برشته کردن دو نمونه کنجد سفید و قهوه‌ای، دو فاکتور دما (۲۰۰، ۲۱۵ و ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد) و زمان (۱۵، ۲۵ و ۳۵ دقیقه) فرایند در ۳ سطح استفاده شد. تعداد کل آزمایشات برای هر نمونه دانه کنجد برابر ۱۲ بود و متغیرهای وابسته (پاسخ)، مقاومت اکسیداتیو و رنگ (شاخص L و ΔE) روغن کنجد برشته شده در نظر گرفته شد. پس از آنالیز داده‌ها توسط نرم افزار، آنالیز آماری مدل‌های مربوط به پایداری و رنگ (شاخص L و ΔE) نمونه‌های روغن کنجد برشته شده بررسی شد.

یافته‌ها: فاکتور دما بیش از فاکتور زمان در تغییرات مقاومت اکسیداتیو و رنگ روغن کنجد در طی برشته کردن موثر بود. به طور کلی با افزایش دما و زمان برشته کردن، مقاومت اکسیداتیو روغن افزایش، شاخص L (شدت روشنایی) روغن کاهش و ΔE (تغییرات رنگ) روغن افزایش می یابد.

نتیجه‌گیری: شرایط بهینه برشته کردن کنجد قهوه‌ای دمای تقریبا ۲۱۶/۸۶ درجه سانتی‌گراد و زمان ۱۹/۳۲ دقیقه بود در حالیکه در مورد کنجد سفید نقاط بهینه فرایند دمای ۲۲۰/۴۷ درجه به مدت ۱۵ دقیقه به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: *برشته کردن، روغن کنجد، روش سطح پاسخ*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: melika.borjian@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

دانه کنجد شامل ۵۱/۵ –۳۵٪ چربی، ۸–۴٪ رطوبت، ۱۲/۵–۶/۸٪ کربوهیدرات، ۶–۵٪ خاکستر، ۷–۳٪ فیبر و ۲۲–۱۷٪ پروتئین است که در این میان روغن آن اهمیت بیشتری دارد (Hui, 1996). روغن کنجد از نظر ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی دارای خواص منحصر به فردی می باشد که برخی از این خصوصیات به وجود ترکیبات غیر قابل صابونی موجود در آن نظیر سزامول، سزامین و سزامولین مربوط می شود. این ترکیبات آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی بوده و می توانند سبب پایداری روغن کنجد در مقابل فساد اکسیداتیو شوند (مالک، ۱۳۸۴; Janat *et al*., 2010). سزامین و سزامولین جزء ترکیبات لیگنانی شناخته می شوند و میزان آنها در واریته‌های مختلف (سزامین ۱/۱۳–۰/۰۲٪ و سزامولین ۰/۵۹–۰/۰۲٪) کنجد متفاوت است. گزارشات حاکی از این است که این ترکیبات دارای خواص بیولوژیکی متعددی از قبیل کاهش چربی خون، افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی، خاصیت ضد التهابی و کاهش کلسترول سرم خون هستند (Atkinson & Donev, 1992; Sadeghi *et al*., 2009).

در کشورهای مشرق زمین نظیر چین، ژاپن و کره، در اکثر موارد، دانه‌های کنجد قبل از استخراج روغن، برشته می شوند. برشته کردن (بو دادن) برای ایجاد رنگ و عطر و طعم مطبوع روغن کنجد با اهمیت بوده و پایداری اکسیداتیو روغن کنجد را افزایش می‌دهد. شرایط برشته کردن می‌تواند خصوصیات ارگانولپتیک و ترکیب روغن کنجد برشته شده را تحت تاثیر قرار دهد (مالک، ۱۳۸۹). روغنی که از دانه‌های کنجد برشته شده به دست می‌آید دارای طعم و بوی مشخص و ماندگاری بالاتری نسبت به روغن خام کنجد است، هم چنین رنگ روغن کنجد برشته شده بر حسب شرایط برشته نمودن از قهوه‌ای روشن تا تیره متغیر می‌باشد. مقاومت اکسیداتیو بالای این روغن مستقیما به دمای برشته کردن وابسته است، بنابراین فرایند برشته کردن یک مرحله بحرانی در تهیه روغن کنجد برشته شده می‌باشد چرا که تحقیقات نشان داده است که برشته کردن تاثیر مستقیمی بر روی رنگ، ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، افزایش مقاومت اکسیداتیو و کیفیت روغن کنجد برشته شده دارد (Abou-charbia *et al*., 2000).

لی و همکاران (۲۰۰۷)، تاثیر افزودن لیگنان‌های استخراج شده از روغن کنجد بو داده شده را بر روی اکسیداسیون حرارتی متیل لینولئات بررسی کردند. میزان اسیدهای چرب مزدوج و اندیس آنیزیدین در نمونه‌های حاوی لیگنان نسبت به نمونه شاهد کمتر بود. بنابراین خاصیت آنتی اکسیدانی لیگنان در مقایسه با آلفا توکوفرول بالاتر بوده و همچنین لیگنان در طی فرایند حرارتی کاهش کمتری نسبت به آلفا توکوفرول داشت (Lee *et al*., 2007). تحقیقات نشان داده است که مقاومت بالای روغن کنجد برشته شده رابطه مستقیمی با حضور ترکیبات لیگنانی مانند سزامولین، سزامین، سزامول، توکوفرول‌ها و محصولات حاصل از واکنش میلارد دارد و در دمای بالای برشته کردن سزامولین می‌تواند به سزامول و یا دیمرهای سزامول تجزیه گردد (Lee *et al*., 2009). فوکودا و همکاران نشان دادند که ترکیبی از آلفا–توکوفرول، لیگنان‌های کنجد (سزامول وسزامین) و محصولات حاصل از قهوه‌ای شدن عامل پایداری اکسیداتیو بالای روغن کنجد برشته شده می باشد (Fukuda *et al*., 1996). محمد و آواتیف (۱۹۹۷)، دو واریته سفید و قهوه‌ای دانه کنجد را در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۳۰ دقیقه برشته نموده، ترکیبات غیر قابل صابونی را از روغن پرس جدا نمودند سپس این ترکیبات را در مقادیر ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۱٪ به روغن آفتابگردان اضافه نموده و تاثیر آنها را بر روی اکسیداسیون روغن در مقایسه با نمونه شاهد در دمای ۶۳°C بررسی نمودند. مطالعات نشان داد که اضافه نمودن ۰/۱ ٪ از ترکیبات غیرقابل صابونی روغن کنجد برشته شده می تواند به عنوان یک آنتی اکسیدان قوی عمل نماید (Mohamed and Awatif, 1997). جنت و همکاران (۲۰۱۰)، تاثیر شرایط برشته نمودن را بر خواص آنتی اکسیدانی و کل محتوای فنولیکی ۸ رقم کنجد ایرانی بررسی نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که خاصیت آنتی اکسیدانی و میزان کل ترکیبات فنولیک با افزایش دمای برشته نمودن به طور قابل

Archive of SID

www.SID.ir

ملاحظه‌ای تا دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد (Janat *et al*., 2010).

در مطالعات مختلف شرایط دمایی و زمانی متفاوتی برای برشته کردن دانه کنجد گزارش شده است که به طور کل انتخاب بهترین دما و زمان را مشکل می سازد، بنابراین در این تحقیق سعی شده است با استفاده از روش سطح پاسخ شرایط برشته کردن دو رقم کنجد از لحاظ دما و زمان بررسی گردد و بهترین شرایط از جنبه بالاترین درجه مقاومت اکسیداتیو و رنگ روغن کنجد برشته شده انتخاب گردد.

مواد و روش‌ها

- آماده سازی نمونه و استخراج روغن

دو نمونه کنجد پاکستانی(سفید) و جیرفتی(قهوه ای) از بازار محلی تهیه شد. ابتدا نمونه‌های کنجد، شسته، خشک و بر طبق تیمارهای روش سطح پاسخ در سه دما (۲۰۰، ۲۱۵ و ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد) و سه زمان (۱۵، ۲۵ و ۳۵ دقیقه) برشته شدند. جهت برشته نمودن از آون الکتریکی دارای گردش هوا (مدلBINDER FD53) استفاده شد. دانه‌های کنجد خام و برشته شده توسط دستگاه پرس (مدل SE-6 ساخت کشور کره) روغن‌گیری و سپس جهت جداسازی ذرات جامد معلق از سانتریفوژ با دور ۵۰۰۰ rpm و زمان ۱۲ دقیقه استفاده گردید. نمونه روغن کاملا شفاف جداسازی و در ظروف تیره و در یخچال تا زمان انجام آزمایشات نگهداری شد (Lee *et al*., 2007).

- پایداری اکسیداتیو روغن به روش رنسیمت

به منظور ارزیابی پایداری اکسیداتیو، نمونه‌های روغن کنجد خام و برشته شده مورد آزمون رنسیمت قرار گرفتند (دستگاه رنسیمت مدل Metrohm143). دمای مورد استفاده ۱۱۰ درجه سانتی گراد و سرعت جریان هوا ۲۰ لیتر بر ساعت بود. این آزمون طبق روش استاندارد ملی شماره ۳۷۴۴ با ۲/۵ گرم نمونه و با دو تکرار انجام گرفت. مدت زمان پایداری روغن بر حسب ساعت محاسبه شد.

- رنگ روغن

نمونه‌های روغن کنجد برشته شده در یک دستگاه لاویباند مدل PFX995 و در سیستم سه بعدی L، a، b هانتر لب مورد آزمون رنگ قرار گرفتند. در این سیستم اندیس L شدت روشنایی (سفیدی یا سیاهی)، اندیس a تمایل به قرمز یا سبز بودن و اندیس b درجه زرد یا آبی بودن را مشخص می‌کند. ارزیابی رنگ قبل و بعد از برشته نمودن انجام پذیرفت. با توجه به اهمیت اندیس L و تغییر قابل توجه آن پس از برشته نمودن، جهت ارزیابی رنگ تغییرات این پارامتر و ΔE مورد بررسی قرار گرفت که از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\Delta E=\sqrt{(l-l_0)^2+(b-b_0)^2+(a-a_0)^2}$$

که در آن L، b و a شاخص‌های رنگ نمونه روغنی و L_0، b_0 و a_0 شاخص‌های رنگ روغن خام کنجد می‌باشد. طول سل مورد استفاده ۱۰ میلی‌متر و هر آزمون ۲ بار تکرار شد.

- تجزیه و تحلیل آماری

روش سطح پاسخ (RSM) مجموعه ای از تکنیک‌های آماری است که در بهینه سازی فرایندهایی به کار می رود که پاسخ مورد نظر توسط تعدادی از متغیرها تحت تاثیر قرار می گیرد. به کمک این طرح آماری، تعداد آزمایش‌ها کاهش یافته و اثر متقابل فاکتورها، قابل برآورد هستند (Atkinson & Donev, 1992).

این روش برای پیش بینی تاثیر متغیرهای فرایند (دما و زمان برشته کردن) بر میزان مقاومت اکسیداتیو و رنگ روغن کنجد برشته شده به کار برده شد. بدین منظور از نرم افزار Design Expert استفاده شد.

یافته‌ها

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، مقادیر مقاومت اکسیداتیو و رنگ دو نمونه روغن کنجد سفید و قهوه‌ای خام اختلاف چشمگیری را نشان نمی‌دهد. میزان پایداری هر دو نمونه روغن خام کنجد حدودا ۱۰ ساعت بود. از نظر پارامتر L نیز روغن کنجد قهوه‌ای (۸۷/۷۶) تفاوت قابل ملاحظه ای با روغن کنجد سفید (۸۶/۲۵) نشان نداد.

به منظور بررسی شرایط برشته کردن، دو فاکتور دما (۲۰۰، ۲۱۵ و ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد) و زمان (۱۵،

Archive of SID
www.SID.ir

۲۵ و ۳۵ دقیقه) فرایند در ۳ سطح استفاده شد که در جدول ۲، متغیرهای مستقل فرایند و مقادیر آنها نشان داده شده است. تعداد تیمارها برای هر نمونه دانه کنجد برابر ۱۲ بود و متغیرهای وابسته (پاسخ)، مقاومت اکسیداتیو و رنگ (شاخص L و ΔE) روغن کنجد برشته شده در نظر گرفته شد (جدول ۲).

پس از آنالیز داده‌ها توسط نرم افزار، آنالیز آماری مدل‌های مربوط به پایداری و رنگ نمونه‌های روغن کنجد برشته شده بررسی شد. نرم افزار مدلی را پیشنهاد می کند که دارای انحراف استاندارد (S.D.) و مجموع مربعات باقیمانده برآورده شده (PRESS) کم و ضریب همبستگی (R^2) زیاد باشد که در مورد این تحقیق، نرم افزار در مورد هر دو خصوصیات رنگ و پایداری اکسیداتیو، مدل درجه دوم را پیشنهاد کرد.

- مقاومت اکسیداتیو

نتایج تجزیه واریانس ضرایب برآورد شده مدل پیشنهادی درجه دوم در جدول ۳ آورده شده است.

اهمیت هر کدام از این ضرایب با توجه به شاخص P مشخص می شود. عدد P کمتر از ۰/۰۵نشان دهنده اثر معنی دار فاکتورهای بررسی شده در سطح اطمینان ۹۵٪ می باشد.

ضرایب فاکتورهایی که در پاسخ مقاومت اکسیداتیو روغن‌های حاصل از کنجد قهوه ای و سفید برشته شده معنی دار بوده اند بترتیب در معادلات ۱ و ۲ آورده شده است:

$$OSI=+17.17+9.59A+4.28B+2.32A^2-1.57B^2+2.62AB \quad \text{(معادله ۱)}$$

$$OSI=+17.28+9.61A+4.54B+2.17A^2+2.10AB \quad \text{(معادله ۲)}$$

مطابق با جدول ۳، اثر متغیرهای دما و زمان بر روی مقاومت اکسیداتیو روغن کنجد قهوه ای و سفید به صورت خطی و درجه دوم معنی‌دار می‌باشد، همچنین بین متغیرهای دما و زمان اثر متقابل معنی داری وجود دارد.

جدول ۱- مقاومت اکسیداتیو و رنگ دو نمونه روغن کنجد خام قهوه ای و سفید

نوع روغن	رنگ			پایداری در ۱۱۰°C (ساعت)
	L	a	b	
کنجد سفید	۸۶/۲۵	-۶/۲۹	۲۵/۳۷	۱۰/۴۹
کنجد قهوه ای	۸۷/۷۶	-۶/۵۱	۲۰/۶۴	۱۰/۰۹

جدول ۲ - تیمارهای مربوط به برشته کردن کنجدهای قهوه ای و سفید و نتایج حاصل در رنگ (ΔE ، شاخص L) و پایداری اکسیداتیو روغن کنجد برشته شده

تیمارها	دما	زمان	کنجد سفید			کنجد قهوه ای		
	(درجه سانتی‌گراد)	(دقیقه)	ΔE	L شاخص	پایداری (ساعت)	ΔE	L شاخص	پایداری (ساعت)
۱	۲۰۰	۲۵	۳۱/۹۵	۶۲/۷۵	۹/۲۶	۳۵/۲۴	۶۰/۵۰	۹/۱۰
۲	۲۳۰	۳۵	۶۹/۴۲	۱۹/۳۶	۳۵/۵۶	۷۵/۰۸	۲۱/۵۰	۳۳/۹۰
۳	۲۱۵	۳۵	۴۵/۷۴	۵۲/۵۳	۲۱/۳۱	۶۶/۷۱	۴۹/۵۹	۲۰/۲۲
۴	۲۰۰	۳۵	۳۶/۶۵	۵۷/۹۷	۱۱/۸۱	۳۶/۷۶	۵۹/۸۶	۱۰/۷۶
۵	۲۳۰	۲۵	۶۴/۵۶	۳۳/۱۷	۲۸/۴۷	۶۸/۵۷	۳۰/۵۹	۲۹/۶۴
۶	۲۰۰	۱۵	۲۴/۶۳	۷۱/۶۱	۸/۲۰	۲۳/۸۸	۷۹/۳	۷/۰۹
۷	۲۰۰	۳۵	۳۲/۰۲	۶۱/۶۳	۱۰/۹۹	۴۰/۰۳	۵۵/۱۱	۹/۴۲
۸	۲۰۰	۱۵	۲۳/۲۷	۷۲/۸۷	۸/۱۴	۲۳/۸۸	۸۰/۷۷	۶/۸۸
۹	۲۳۰	۱۵	۵۱/۲۷	۴۷/۲۵	۲۳/۰۰	۵۳/۴۶	۴۶/۹	۱۹/۵۰
۱۰	۲۱۵	۲۵	۴۰/۷۶	۵۷/۰۸	۱۸/۴۷	۴۳/۲۸	۵۶/۸۲	۱۷/۴۲
۱۱	۲۳۰	۱۵	۵۰/۰۳	۴۸/۷۳	۲۴/۵۵	۵۳/۵۴	۴۶/۵۴	۲۱/۶۶
۱۲	۲۱۵	۱۵	۳۳/۸۰	۶۳/۴۳	۱۲/۲۴	۳۵/۸۴	۶۳/۲۴	۱۰/۷۳

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- آنالیز واریانس (ANOVA) مدل سطح پاسخ کنجد قهوه ای و سفید (مقاومت اکسیداتیو)

ضرایب	منبع	مجموع درجات	درجه آزادی	میانگین مربعات	ارزش F	ارزشP
- کنجد قهوه ای		۸۷۲/۵۰				
مدل		۸۷۲/۵۰	۵	۱۷۴/۵۰	۲۰۰/۸۷	<۰/۰۰۰۱
دما (A)	۹/۵۹	۷۷۹/۱۲	۱	۷۷۹/۱۲	۸۹۶/۸۷	<۰/۰۰۰۱
زمان (B)	۴/۲۸	۱۵۵/۶۸	۱	۱۵۵/۶۸	۱۷۹/۲۱	<۰/۰۰۰۱
A^2	۲/۳۲	۱۱/۸۵	۱	۱۱/۸۵	۱۳/۶۴	۰/۰۱۰۲
B^2	−۱/۵۷	۵/۴۳	۱	۵/۴۳	۶/۲۶	۰/۰۴۶۵
AB	۲/۶۲	۴۴/۷۷	۱	۴۴/۷۷	۵۱/۵۴	۰/۰۰۰۴
باقی مانده		۵/۲۱	۶	۰/۸۷		
خطای خالص		۳/۲۵	۳	۱/۰۸		
- کنجد سفید		۸۸۱/۴۳				
مدل		۸۸۱/۴۳	۷	۱۲۵/۹۲	۱۱۰/۲۲	۰/۰۰۰۲
دما (A)	۹/۶۱	۱۸۴/۵۱	۱	۱۸۴/۵۱	۱۶۱/۵۱	۰/۰۰۰۲
زمان (B)	۴/۵۴	۴۱/۱۳	۱	۴۱/۱۳	۳۶/۰۰	۰/۰۰۳۹
A^2	۲/۱۷	۱۰/۳۵	۱	۱۰/۳۵	۹/۰۶	۰/۰۳۹۶
B^2	۰/۰۸۳	۰/۰۱۵	۱	۰/۰۱۵	۰/۰۱۳	۰/۹۱۳۸
AB	۲/۱	۳۵/۲۸	۱	۲۸/۳۵	۲۴/۸۲	۰/۰۰۷۶
A^2B	۰/۸۲	۱/۰۲	۱	۱/۰۲	۰/۸۹	۰/۳۹۸۰
AB^2	۰/۳۶	۰/۱۴	۱	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۷۴۷۰
باقی مانده		۴/۵۷	۴	۱/۱۴		
خطای خالص		۱/۵۴	۳	۰/۵۱		

بحث

- بررسی اثر پارامترهای بررسی شده و برهمکنش آنها بر میزان مقاومت اکسیداتیو روغن کنجد برشته شده

بر اساس معادلات ۱و۲ و ضرایب هر فاکتور، مشاهده می‌شود که فاکتور دما بیش از فاکتور زمان در مقاومت اکسیداتیو موثر بوده و به صورت خطی، درجه دوم و هم چنین به صورت اثر متقابل با زمان تاثیر خود را نشان داده است. با افزایش دما، مقاومت اکسیداتیو روغن‌های کنجد برشته شده افزایش یافت. با در نظر گرفتن زمان ثابت ۲۵ دقیقه، مقاومت اکسیداتیو روغن کنجد برشته شده قهوه ای در دمای ۲۰۰ درجه سانتی گراد برابر ۹/۱ و در دمای ۲۳۰ درجه برابر ۲۹/۶۴ ساعت می‌باشد. در واقع با افزایش دما به میزان ۳۰ درجه سانتی‌گراد، مقاومت اکسیداتیو روغن حدود ۳/۲ برابر افزایش یافته است. هم چنین مقاومت اکسیداتیو روغن کنجد برشته شده سفید در زمان ثابت ۲۵ دقیقه و دمای ۲۰۰ درجه سانتی گراد برابر ۹/۲۶ و در دمای ۲۳۰ درجه برابر ۲۸/۴۷ ساعت بوده یعنی با افزایش ۳۰ درجه سانتی گراد دما مقاومت اکسیداتیو حدود ۳ برابر شده است. این نتایج نشان می‌دهد که دما تاثیر بسزایی در دستیابی به بالاترین میزان مقاومت اکسیداتیو روغن دارد. Koizumi و همکاران (۱۹۹۶) ارتباط بین شرایط برشته نمودن دانه‌های کنجد و فعالیت آنتی اکسیدانی را بیان کردند. فعالیت آنتی‌اکسیدانی روغن به دست آمده از دانه‌های کنجد برشته شده در ۲۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۵ دقیقه، بالاتر از روغن به دست آمده از دانه‌های کنجد برشته شده در ۱۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه بود. این نتایج نشان می دهد که تشکیل ترکیباتی که فعالیت آنتی اکسیدانی بالایی داشته و پایداری روغن کنجد برشته شده را افزایش می‌دهند در درجه اول به دمای فرآیند بستگی دارد (Koizumi *et al*., 1996).

بر اساس معادلات ۱و۲ مشاهده شد که فاکتور زمان برای کنجد قهوه‌ای به صورت خطی و درجه دوم ولی برای کنجد سفید تنها به صورت خطی، بر

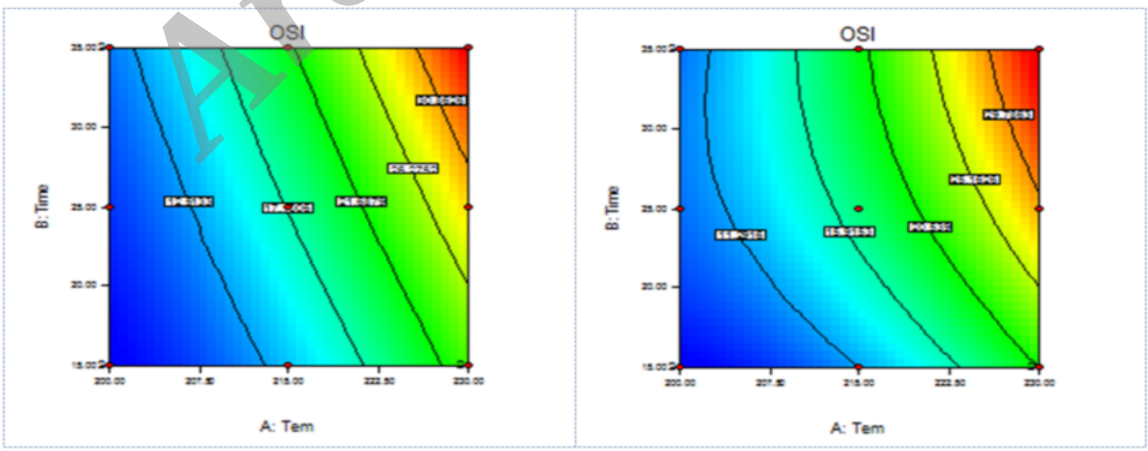
Archive of SID

www.SID.ir

روی مقاومت اکسیداتیو روغن موثر بوده است. هم چنین فاکتور زمان به صورت اثر متقابل با دما نیز بر روی مقاومت اکسیداتیو هر دو نمونه کنجد تاثیر داشته است. بر این اساس می‌توان گفت که با افزایش زمان برشته نمودن، مقاومت اکسیداتیو روغن کنجد برشته شده نیز افزایش یافته است. در دمای ثابت ۲۱۵ درجه سانتی گراد و زمان ۱۵ دقیقه، مقاومت اکسیداتیو روغن کنجد برشته شده قهوه ای برابر با ۱۰/۷۳ ساعت بوده در حالیکه در زمان ۳۵ دقیقه به ۲۰/۲۲ ساعت رسیده است. یعنی با تقریبا دو برابر شدن زمان فرایند، مقاومت اکسیداتیو روغن حدود ۱/۸ برابر افزایش یافته است. در مورد روغن کنجد برشته شده سفید نیز در دمای ثابت ۲۱۵ درجه سانتی گراد و زمان ۱۵ دقیقه مقاومت اکسیداتیو روغن کنجد برشته شده سفید برابر ۱۲/۲۴ ساعت بوده در حالیکه در زمان ۳۵ دقیقه به۲۱/۳۱ ساعت رسیده است.

بر اساس مدل مربوط به مقاومت اکسیداتیو و معادلات ۱و۲، دما با زمان اثر متقابل معنی‌داری بر پایداری روغن داشتند. هنگامی که اثر متقابل دو متغیر بر روی پاسخ مدل بررسی می‌شود، نمودارهای کانتور دو بعدی و سطح پاسخ سه بعدی رسم می‌گردد. برای بررسی اثر متقابل دما و زمان برشته کردن بر پایداری روغن کنجد قهوه‌ای و سفید از نمودارهای کانتور دو بعدی استفاده شد (شکل ۱). همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش دما و زمان مقاومت اکسیداتیو روغن کنجد برشته شده افزایش یافته است. در هر دو نمونه کنجد، بیشترین پایداری در دمایی بیش از ۲۲۵ درجه سانتی‌گراد و زمانی در حدود ۲۵ دقیقه به دست آمد. این نتیجه نشان داد که افزایش دما و زمان هر دو تاثیر مثبتی بر پایداری روغن خواهد داشت و به منظور تولید روغن کنجد برشته شده با پایداری بالا می‌توان هر دو عامل زمان و دما را در فرایند افزایش داد که هر دو فاکتور موجب می‌شود در طی برشته کردن ترکیباتی تولید گردند که به پایداری بیشتر روغن در برابر اکسیداسیون کمک می‌کنند.

لی و همکاران (۲۰۰۹)، تاثیر شرایط برشته نمودن دانه‌ی کنجد را بر مقاومت اکسیداتیو روغن استخراج شده از آن در طی اکسیداسیون حرارتی بررسی نمودند. آنها واریته مشخصی از دانه کنجد را در سه دما (۲۱۳، ۲۳۰ و ۲۴۷ درجه ی سانتی‌گراد) و سه زمان مختلف (۱۴، ۲۱ و ۲۸ دقیقه) برشته نمودند، سپس نه نمونه روغن استخراج شده را به منظور تسریع در فرایند اکسیداسیون در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار دادند. نتایج حاصل از آنالیز اسیدهای چرب مزدوج و میزان اکسیژن در فضای خالی ظرف نشان داد که نمونه‌ای که در بالاترین دما یعنی ۲۴۷ درجه سانتی گراد و بیشترین زمان ۲۸ دقیقه برشته شده است، دارای بالاترین مقاومت اکسیداتیو می‌باشد (lee *et al*., 2009).



الف-روغن کنجد قهوه ای برشته شده

ب-روغن کنجد سفید برشته شده

شکل۱- اثر متقابل دما و زمان بر مقاومت اکسیداتیو روغن کنجد قهوه ای (الف) و سفید (ب) برشته

Archive of SID

www.SID.ir

- بررسی اثر پارامترهای بررسی شده و برهمکنش آنها بر رنگ روغن کنجد برشته شده

نتایج تجزیه واریانس ضرایب برآورد شده مدل پیشنهادی برای شاخص L در جدول ۴ نشان داده شده است. اهمیت هر کدام از این ضرایب با توجه به شاخص P مشخص می‌شود. عدد P کمتر از ۰/۰۵ نشان دهنده اثر معنی دار فاکتورهای بررسی شده در سطح اطمینان ۹۵٪ می باشد.

ضرایب فاکتورهایی که در میزان شاخص L تاثیر معنی داری داشته اند، به صورت معادلات ۳ و ۴ نشان داده شده است:

روغن کنجد قهوه ای (معادله ۳)

$$L=+53.74- 16.65A -10.72B -6.65A^2$$

روغن کنجد سفید (معادله ۴)

$$L=+55.44-13.89A-7.30B-6.65A^2+3.37B^2$$

بر طبق این معادلات، در کنجد قهوه ای فاکتور دما به صورت درجه دوم و زمان به حالت خطی موثر بوده است در حالیکه در کنجد سفید هر دو عامل به صورت درجه دوم تاثیر خود را نشان داده اند.

بر اساس معادلات ۳ و ۴ مشاهده می شود که همانند پاسخ پایداری روغن، فاکتور دما بیش از فاکتور زمان بر کاهش L (افزایش تیرگی) روغن تاثیر داشته است. مشاهده شد که با افزایش دما، میزان L با یک شیب نزولی به صورت درجه دوم کاهش می یابد. به عبارت دیگر میزان L با افزایش دما نسبت عکس دارد، به صورتیکه شاخص L روغن کنجد قهوه ای در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ثابت ۲۵ دقیقه برابر ۶۰/۵ و با افزایش دما در ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد تا میزان ۳۰/۵۹ کاهش یافته است. شاخص L روغن کنجد سفید نیز در دمای ۲۰۰ درجه سانتی گراد و زمان ثابت ۲۵ دقیقه برابر ۶۲/۶۷ و با افزایش دما در ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد تا میزان ۳۳/۱۷ کاهش یافته است.

جدول٤- نتایج آنالیز واریانس (ANOVA) مدل سطح پاسخ کنجد قهوه ای و سفید (رنگ، شاخص L)

منبع	ضرایب	مجموع درجات	درجه آزادی	میانگین مربعات	ارزش F	ارزشP
- کنجد قهوه ای						
مدل		۳۱۷۷/۳۶	۵	۶۳۵/۴۷	۴۷/۸۵	<۰/۰۰۰۱
دما(A)	-۱۶/۶۵	۲۳۵۰/۱۵	۱	۲۳۵۰/۱۵	۱۷۶/۹۶	<۰/۰۰۰۱
زمان(B)	-۱۰/۷۲	۹۷۳/۷۷	۱	۹۷۳/۷۷	۷۳/۳۲	۰/۰۰۰۱
A^2	-۶/۶۵	۹۷/۲۵	۱	۹۷/۲۵	۷/۳۲	۰/۰۳۵۳
B^2	۴/۲۲	۳۹/۰۷	۱	۳۹/۰۷	۲/۹۴	۰/۱۳۷۱
AB	-۰/۱۴	۱/۱۲	۱	۱/۱۲	۰/۰۸۵	۰/۷۸۰۹
باقی مانده		۷۹/۶۸	۶	۱۳/۲۸		
خطای خالص		۱۲/۴۳	۳	۴/۱۴		
- کنجد سفید						
مدل		۱۹۹۷/۷۸	۵	۳۹۹/۵۶	۹۶/۲۸	<۰/۰۰۰۱
دما(A)	-۱۳/۸۹	۱۶۳۵/۷۶	۱	۱۶۳۵/۷۶	۳۹۴/۱۷	<۰/۰۰۰۱
زمان(B)	-۷/۳۰	۴۵۱/۵۵	۱	۴۵۱/۵۵	۱۰۸/۸۱	<۰/۰۰۰۱
A^2	-۶/۶۵	۹۷/۲۴	۱	۹۷/۲۴	۲۳/۴۳	۰/۰۰۲۹
B^2	۳/۳۷	۲۴/۹۱	۱	۲۴/۹۱	۶/۰۰	۰/۰۴۹۸
AB	۱/۵۴	۱۵/۴۹	۱	۱۵/۴۹		۰/۱۰۱۶
باقی مانده		۲۴/۹۰	۶	۴/۱۵		
خطای خالص		۸/۵۹	۳	۲/۸۶		

Archive of SID

www.SID.ir

بـر اسـاس معـادلات ۳ و۴ مشـاهده مـی‌شـود کـه فاکتور زمان برای کنجـد قهـوه‌ای و سـفید بـه ترتیـب بـه صورت خطـی و درجـه دوم بـر روی میـزان رنـگ روغـن موثر بوده است. بر اساس ایـن منحنـی مشـاهده شـد کـه با افـزایش زمـان رنـگ روغـن بـا یـک شـیب نزولـی بـه صـورت درجـه دوم کـاهش مـی یابـد، بـه عنـوان مثـال میـزان رنـگ (L) روغـن کنجـد سـفید در دمـای ثابـت ۲۱۵ درجـه سـانتی گـراد و زمـان ۱۵ دقیقـه برابـر ۶۳/۴۳ وبـا افـزایش زمـان در زمـان ۳۵ دقیقـه تـا میـزان ۵۲/۵۳ کاهش می یابد. در واقـع بـا تقریبـا دو برابـر شـدن زمـان برشـته نمـودن، میـزان L حـدود ۱۷/۱ درصـد کـاهش یافته است.

نمودار کانتور دو بعـدی مربـوط بـه اثـر متقابـل دمـا و زمـان در شـکل ۲ قابـل مشـاهده اسـت. همـانطور کـه مشاهده می شود با افـزایش دمـا و زمـان برشـته نمـودن، میـزان L کـاهش مـی‌یابـد و در واقـع دو پـارامتر دمـا و زمـان بـر روی رنـگ روغـن تـاثیر معکوسـی داشـتند. بیشـترین میـزان L بـرای کنجـد قهـوه‌ای در دمـای تقریبی ۲۱۵ درجـه سـانتی‌گـراد و زمـان حـدود ۲۱ دقیقـه (L= ۶۹/۱۳)و بـرای کنجـد سـفید در دمـای ۲۱۶ درجـه سـانتی‌گـراد و زمـان حـدود ۲۲ دقیقـه (L=۶۴/۷۶) بـه دست آمد.

نتایج تجزیه واریانس ضرایب برآورد شده مدل پیشنهادی برای رنگ (ΔE) در جدول ۵ نشان داده شده است. اهمیت هر کدام از این ضرایب با توجه به شاخص P مشخص می‌شود. عدد P کمتر از ۰/۰۵ نشان دهنده اثر معنی‌دار فاکتورهای بررسی شده در سطح اطمینان ۹۵٪ می‌باشد.

ضرایب فاکتورهایی که در میزان تغییرات رنـگ (ΔE) تاثیر معنی داری داشته اند، به صورت معادلات ۵و ۶ نشـان داده شده است.

روغن کنجد قهوه‌ای (معادله ۵)

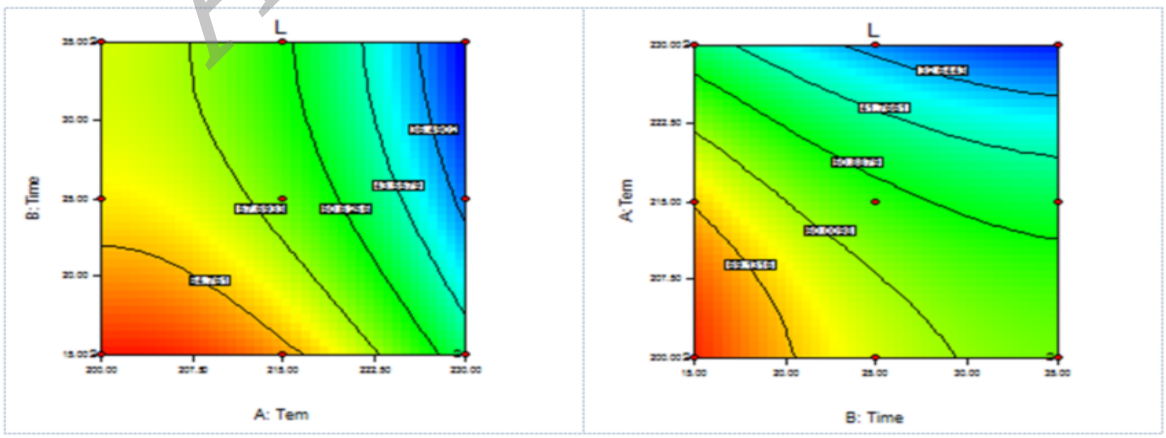
$$\Delta E=+48.44+16.95A+10.66B$$

روغن کنجد سفید (معادله ۶)

$$\Delta E=+42.01+15.63A+7.04B+2.11AB+5.62A^2$$

بر طبق این معادلات، در کنجد قهـوه‌ای فـاکتور دمـا و زمان به حالت خطی موثر بوده اسـت در حالیکـه در کنجـد سفید هر دو عامل به صورت درجـه دوم و هـم چنـین اثـر متقابل تاثیر خود را نشان داده اند.

بر اساس معادلات ۵ و ۶ مشاهده می‌شـود کـه هماننـد شاخص L روغن، فاکتور دما بیش از فاکتور زمـان بـر ΔE (تغییرات رنگ) روغن تاثیر داشته است و هم چنین فـاکتور دما برای کنجد قهوه‌ای و سفید به ترتیب به صورت خطـی و درجه دوم بر روی میـزان ΔE روغـن مـوثر بـوده اسـت. مشاهده شد که با افزایش دما، میزان ΔE افزایش می‌یابـد. به عبارت دیگر میزان ΔE با افزایش دمـا نسـبت مسـتقیم دارد، به صورتیکه ΔE روغن کنجد قهوه‌ای در دمـای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ثابت ۲۵ دقیقه برابـر ۳۵/۲۴ و بـا افزایش دمـا در ۲۳۰ درجـه سـانتی‌گـراد تـا میـزان ۶۸/۵۷ افزایش یافته است. ΔE روغن کنجد سـفید نیـز در دمـای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ثابت ۲۵ دقیقه برابـر ۳۱/۹۹ و با افزایش دما در ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد تـا میـزان ۶۴/۵۶ افزایش یافته است.



الف- روغن کنجد قهوه ای برشته شده

ب- روغن کنجد سفیدبرشته شده

شکل۲- اثر متقابل دما و زمان بر شاخص L روغن کنجد قهوه ای (الف) و سفید (ب) برشته شده

Archive of SID

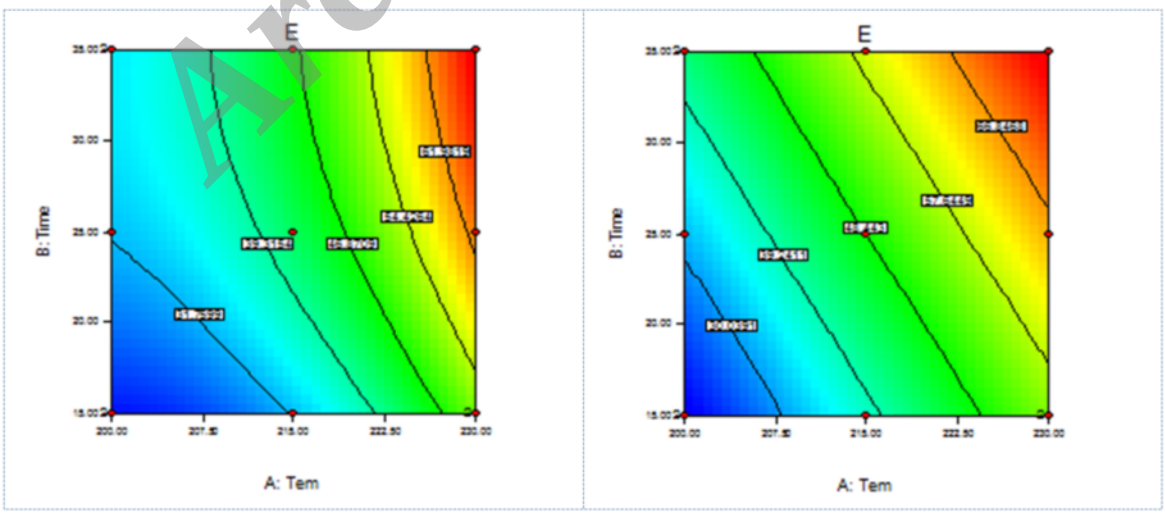
www.SID.ir

بر اساس معادلات ۵ و ۶ مشاهده می‌شود که فاکتور زمان برای کنجد قهوه‌ای و سفید به صورت خطی بر روی میزان ΔE (تغییرات رنگ روغن) موثر بوده است. با افزایش زمان، ΔE روغن افزایش می‌یابد، به عنوان مثال ΔE روغن کنجد قهوه‌ای در دمای ثابت ۲۱۵ درجه سانتی‌گراد و زمان ۱۵ دقیقه برابر ۳۷/۷۸ و با افزایش زمان در زمان ۳۵ دقیقه تا میزان ۵۹/۱۰ افزایش می‌یابد.

نمودار کانتور دو بعدی مربوط به اثر متقابل دما و زمان در شکل ۳ قابل مشاهده است. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش دما و زمان برشته نمودن، میزان ΔE افزایش می‌یابد و در واقع دو پارامتر دما و زمان بر روی تغییرات رنگ روغن تاثیر مستقیمی داشتند. کمترین میزان ΔE برای کنجد قهوه ای در دمای تقریبی ۲۰۸ درجه سانتی‌گراد و زمان حدود ۲۴ دقیقه و برای کنجد سفید در دمای تقریبی۲۱۵ درجه سانتی‌گراد و زمان حدود ۲۴ دقیقه به دست آمد.

جدول ۵- نتایج آنالیز واریانس (ANOVA) مدل سطح پاسخ کنجد قهوه ای و سفید (ΔE)

منبع	ضرایب	مجموع درجات	درجه آزادی	میانگین مربعات	ارزش F	ارزشP
- کنجد قهوه ای						
مدل		۳۱۸۲/۵	۲	۱۵۹۱/۲۵	۸۹/۷۷	<۰/۰۰۰۱
دما (A)	۱۶/۵۹	۲۵۲۳/۰۳	۱	۲۵۲۳/۰۳	۱۴۲/۳۳	<۰/۰۰۰۱
زمان (B)	۱۰/۶۶	۹۹۸/۰۸	۱	۹۹۸/۰۸	۵۶/۳۱	<۰/۰۰۰۱
باقی مانده		۱۵۹/۵۳	۹	۱۷/۷۳		
خطای خالص		۸/۶۳	۳	۲/۸۸		
- کنجد سفید						
مدل		۲۳۵۶/۰۱	۵	۴۷۱/۲۰	۱۴۳/۲۴	<۰/۰۰۰۱
دما (A)	۱۵/۶۳	۲۰۷۱/۲۶	۱	۲۰۷۱/۲۶	۶۲۹/۶۵	<۰/۰۰۰۱
زمان (B)	۷/۰۴	۴۱۹/۸۳	۱	۴۱۹/۸۳	۱۲۷/۷	۰/۰۰۰۱
A^2	۵/۶۲	۶۹/۳۰	۱	۶۹/۳۰	۲۱/۰۷	۰/۰۰۳۷
B^2	۲/۸۷	۱۸/۰۸	۱	۱۸/۰۸	۵/۵۰	۰/۰۵۷۵
AB	۱/۵۴	۲۹/۱۲	۱	۲۹/۱۲	۸/۸۵	۰/۰۲۴۸
باقی مانده		۱۹/۷۴	۶	۳/۲۹		
خطای خالص		۱۲/۴۱	۳	۴/۱۴		



الف- روغن کنجد قهوه ای برشته شده

ب- روغن کنجد سفید برشته شده

شکل۳- اثر متقابل دما و زمان بر ΔE روغن کنجد قهوه‌ای (الف) و سفید (ب) برشته شده

Archive of SID
www.SID.ir

بهینه سازی

پس از تعیین مدل و بررسی اثر فاکتورهای زمان و دما، بهینه سازی فرایند برای دستیابی به سطوحی از متغیرهای مستقل که در نتیجه بکارگیری آنها بهترین شرایط برشته نمودن از لحاظ مقاومت اکسیداتیو و رنگ به دست آید، انجام شد. در جدول ۶ نقاط بهینه تعین شده جهت برشته کردن هر دو نوع کنجد توسط نرم افزار برای رسیدن به مقاومت اکسیداتیو و رنگ مورد نظر مشاهده می‌شود، همچنین مقادیر واقعی وپیش بینی شده حاصل در این نقاط بهینه فرایند در این جدول آورده شده است. نتایج نشان داد که در کنجد قهوه‌ای، شرایط بهینه برشته کردن دمای تقریبا ۲۱۶/۸۶ درجه سانتی گراد و زمان ۱۹/۳۲ دقیقه می‌باشد. از آنجاییکه هدف در این تحقیق برشته کردن کنجد به منظور پایداری بیشتر و تغییرات رنگ کمتر در روغن حاصل از آن بوده است، نرم افزار دمای تقریبی ۲۱۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۹ دقیقه را جهت انجام فرایند پیشنهاد کرد که در این شرایط مقادیر ۲۷ ساعت و ۵۰/۲۱ بترتیب برای مقاومت اکسیداتیو روغن و رنگ آن به دست آمد. با در نظر گرفتن خصوصیات روغن خام کنجد می‌توان گفت که در این نقاط برشته کردن کنجد، پایداری روغن حدود ۲/۷ برابر افزایش می یابد در حالیکه رنگ آن تقریبا از لحاظ شاخص L نصف می شود. در مورد کنجد سفید نتایج متفاوت بود و نقاط بهینه فرایند دمای ۲۲۰/۴۷ درجه به مدت ۱۵ دقیقه به دست آمد. در این شرایط همانند کنجد قهوه ای، شاخص رنگ روغن (L) تقریبا نصف شد ولی پایداری روغن حدود ۳ برابر افزایش نشان داد.

نتیجه گیری

روغن کنجد برشته شده به عنوان یک محصول با عطر، طعم و رنگ مطبوع و با مقاومت اکسیداتیو بالا مورد ارزیابی قرار گرفت. شرایط برشته نمودن می تواند ترکیب روغن کنجد برشته شده و خصوصیات حسی آنرا تحت تاثیر قرار دهد. با توجه به شرایط دمایی و زمانی متفاوت ذکر شده در مطالعات مختلف انجام شده در برشته نمودن ارقام مختلف کنجد، در این جا سعی شد تا بهترین شرایط برشته نمودن از نظر پایداری بالای اکسیداتیو و خواص مطلوب ارگانولپتیکی روغن کنجد برشته شده تعیین گردد. نتایج نشان داد که با افزایش دما و زمان برشته کردن، مقاومت اکسیداتیو و تیرگی روغن افزایش یافته ولیکن همانگونه که در مطالعات قبلی نیز مشخص گردیده است، دما نسبت به زمان پارامتر بحرانی در افزایش مقاومت اکسیداتیو، هم چنین خصوصیات ارگانولپتیکی روغن کنجد برشته شده می باشد. به طور کلی بدون توجه به نوع کنجد نتایج نشان داد که بهترین روغن کنجد برشته شده در رنج دمایی۲۲۰-۲۱۵ درجه سانتی گراد و زمان ۲۰- ۱۵دقیقه به دست می‌آید.

جدول ٦- سطوح بهینه متغیرها ومقادیر واقعی و پیش بینی شده مقاومت اکسیداتیو و رنگ کنجد قهوه ای و سفید

مورد	نقاط بهینه کنجد قهوه ای	نقاط بهینه کنجد سفید
دما (درجه سانتی‌گراد)	۲۱۶/۸۶	۲۲۰/۴۷
زمان (دقیقه)	۱۹/۳۲	۱۵/۰۰
مقاومت اکسیداتیو پیش بینی شده (ساعت)	۳۰/۵۲	۳۳/۱۶
رنگ (ΔE) پیش بینی شده	۴۴/۴۸	۳۷/۷۸
رنگ (L) پیش بینی شده	۵۹/۰۵	۶۰/۷۱
مقاومت اکسیداتیو واقعی (ساعت)	۲۷/۰۰	۳۲/۱۴
رنگ (ΔE) واقعی	۵۰/۲۱	۴۵/۵۴
رنگ (L) واقعی	۵۰/۰۹	۵۲/۹۲

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

بی‌نام. (۱۳۷۴). روش اندازه‌گیری پایداری روغن‌ها و چربی‌های خوراکی در برابر اکسید شدن. استاندارد ملی ایران، شماره ۳۷۳۴، چاپ اول.

مالک، ف. (۱۳۸۹). دانه‌های روغنی و روغن‌های نباتی (ویژگی‌ها و فرآوری). انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی.

مالک، ف. (۱۳۸۴). چربی‌ها و روغن‌های سرخ کردنی و تکنولوژی سرخ کردن. انتشارات مرز دانش.

Abou-charbia, H., Shehata, A. & Shahidi, F. (2000). Effect of processing on oxidative stability and lipid classes of sesame oil. Food Research International, 33, 331-340.

Atkinson, A. C. & Donev, A. N. (1992). Optimum experimental design. Oxford Clarendon press, 132.

Faostat.fao.org/site/567.

Fukuda, Y., Kouzumi, Y., Ito, R. & Namiki, M. (1996). Synergistic action of the antioxidative components in roasted sesame seed oil. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi, 43, 1272-1277.

Janat, B., Oveisi, M., Sadeghi, N., Hajimahmoodi, M., Behzadi, M., Choopankari, E. & Behfar, A. (2010). Effect of roasting temperature and time on healthy nutraceuticals of antioxidants and total phenolic content in Iranian sesame seeds. Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng., 7, 97-102.

Hui, Y. H. (1996). Bailey's industrial oil and fat products, Vol. 2, John Wiley and Sons, INC., New York, 544.

Koizumi, Y., Fukuda, Y. & Namiki, M.(1996). Marked antioxidative activity of seed oils developed by roasting of oil sesame seeds. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi, 43, 689-694.

Lee, j., Lee, Y. & Choe, E. (2007). Effect of sesamol, sesamin, and sesaomlin extracted from roasted sesame oil on the thermal oxidation of methyl linoleate. Food Science and Technology, 41, 1871-1875.

Lee, S., jeung, M., Park, M., Lee, S. & Lee, J. (2009). Effect of roasting condition of sesame seeds on the oxidative stability of pressed oil during thermal oxidation. Food Chemistry, 118, 681-685.

Mohamed, H. & Awatif, I. (1997). The use of sesame oil unsaponifiable matter as a natural antioxidant. Food chemistry, 62, 269-276.

Sadeghi, N., Oveisi, M., Hajimahmoodi, M., Janat, B., Mazaheri, M. & Mansouri, S. (2009). The Contents of Sesamol in Iranian Sesame Seeds. Iranian Journal of Pharmaceutical Research, 8(2), 101-105.

Archive of SID

www.SID.ir