

فلفل سیاه (۹) صورت گرفته است که در اکثر آنها هدف بهبود پایداری اکسایشی روغن بوده است. هدف از این مطالعه بررسی خصوصیات ضداکسیدانی گیاه نعناع فلفلی و استخراج اسانس روغنی آن توسط سیستم مداوم سوکسله با استفاده از حلال متانول و بکارگیری آن جهت تولید روغن طعم‌دار شده سویا و بهبود پایداری اکسایشی روغن طی دوره ماندگاری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی ماده اولیه

برگ‌های خشک شده نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) به‌عنوان ماده اولیه جهت استخراج اسانس‌های روغنی از بازار محلی تهیه گردید. جهت جلوگیری از جذب رطوبت توسط برگ‌ها، آنها در کیسه‌های پلاستیکی از جنس پلی اتیلن بسته‌بندی و تا زمان شروع آزمایشات در محیطی خشک در دمای 25°C نگهداری شدند. همچنین روغن سویا فاقد ضداکسیدان از کارخانه تصفیه روغن ورامین تهیه گردید.

ارزیابی خصوصیات ضداکسیدانی

تهیه عصاره برگ نعناع فلفلی

به‌منظور عصاره‌گیری از برگ‌های نعناع فلفلی خشک از روش انتشاری استفاده گردید. بدین منظور برگ‌های نعناع فلفلی به نسبت ۱۰:۱ با حلال اتانول ۹۶٪ (یک قسمت برگ و ۱۰ قسمت حلال) مخلوط و به دستگاه پركولاتور (به حجم ۱۰۰۰ ml) منتقل گردید و به مدت ۲۴ h در دمای محیط (25°C) عصاره‌گیری شد. بعد از خارج کردن حلال، مجدداً حلال تازه به نسبت قبل (یعنی نسبت ۱۰:۱) به برگ‌های عصاره‌گیری شده اضافه گردید و مراحل قبل تکرار شد البته لازم به ذکر است که به دلیل کم‌رنگ شدن عصاره مایع خارج شده از دستگاه، دیگر نیاز به تکرار این مرحله وجود نداشت. سپس عصاره مایع خارج شده به منظور جداسازی حلال از آن توسط دستگاه تبخیرکننده چرخان در دمای 60°C تغلیظ شد. سپس عصاره حلال‌زدایی شده به‌وسیله خشک‌کن

جلوگیری از اکسیداسیون و کاهش اثرات زیان‌بخش رادیکال‌های آزاد روش‌های متعددی وجود دارد که یکی از این موارد افزودن ضداکسیدان‌های سنتزی می‌باشد (۱-۲). امروزه از ضداکسیدان‌های سنتزی متعددی از جمله تترا بوتیل هیدروکینون (TBHQ)، بوتیل هیدروکسی تولوئن (BHT) و بوتیل هیدروکسی آنیزول (BHA) و استرهای گالات (نظیر پروپیل گالات) به همین منظور استفاده می‌گردد. اما با توجه به اینکه ضداکسیدان‌های سنتزی اثرات نامطلوبی نظیر جهش‌زایی و سرطان‌زایی در بدن انسان دارند به‌تدریج برخی از آنها از فهرست ضداکسیدان‌های مصرفی حذف می‌شوند. لذا تحقیق و بررسی منابع ضداکسیدان‌های طبیعی به‌منظور جایگزین کردن ترکیبات سنتزی ضروری به نظر می‌رسد (۳). همچنین، بررسی مطالعه‌های انجام شده روی اثر ضداکسیدان‌های طبیعی در روغن‌های خوراکی حاکی از این است که ضداکسیدان‌های طبیعی علاوه بر پایداری روغن‌های خوراکی سبب افزایش ارزش تغذیه‌ای آنها نیز می‌شوند (۴). منابع ضداکسیدان‌های طبیعی، فنول‌های گیاهی یا روغن‌های ضروری هستند که می‌توانند در همه بخش‌های گیاه نظیر میوه‌ها، سبزیجات، مغزها، دانه‌ها، برگ‌ها ریشه‌ها و پوسته‌ها وجود داشته باشند. روغن‌های فرار مهم‌ترین اسانس‌های استخراجی گیاهان محسوب می‌شوند که در گیاهان معطره (نظیر نعناع فلفلی، ادویه‌جات و غیره) یافت می‌شوند. این ترکیبات به‌عنوان چاشنی و طعم‌دهنده در تهیه شماری از غذاها نظیر فرآورده‌های گوشتی (سوسیس، کالباس، کنسروها و غیره)، سس‌ها، مارگارین و نیز به‌عنوان پایه داروهای گیاهی در واحدهای دارویی کاربرد دارند. نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) یکی از ارقام گیاهان دارویی بوده که مصارف گسترده‌ای در صنایع دارویی، غذایی و بهداشتی دارد (۵).

بررسی تحقیقات پیشین نشان داد که پژوهش‌های بسیاری در زمینه حفاظت روغن‌های خوراکی در مقابل اکسیداسیون توسط ضداکسیدان‌های طبیعی و روغن‌های فرار شامل عصاره برگ فلفل قرمز چینی (۶)، عصاره دانه انگور و شکوفه میخک (۷)، عصاره برگ زیتون (۳)، زیره سبز (۸)،

$$RSA(\%) = \left[\frac{A_B - (A_S - A_{SB})}{A_B} \right] \times 100 \quad (2)$$

در این معادله، A_S میزان جذب نمونه (عصاره+رادیکال DPPH^o)، A_{SB} میزان جذب شاهد عصاره (عصاره+متانول) و A_B میزان جذب شاهد (متانول+رادیکال DPPH^o) می‌باشد.

محتوای فنول کل

برای اندازه‌گیری ترکیبات فنولی برگ نعناع فلفلی ابتدا محلول‌های استاندارد از عصاره برگ نعناع (۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ ppm) با حلالی که توسط آن عمل استخراج صورت گرفته (یعنی متانول ۹۶٪) تهیه گردید. به لوله‌های آزمایش (فالكون) فویل پیچ شده (با حجم ۱۰ ml)، ابتدا مقدار ۵ ml آب مقطر و سپس مقدار ۱ ml از محلول‌های استاندارد عصاره برگ نعناع که قبلاً تهیه شده بود، انتقال داده شدند. در ادامه مقدار ۰/۵ ml معرف فولین-سیوکالتیو به هر یک از فالكون‌ها اضافه و توسط هم‌زن لوله‌ای به مدت ۳۰ s به شدت ورتکس (هم‌زده) شد. بعد از گذشت ۳ min مقدار ۱ ml محلول ۲۰٪ (۲۰۰ g/L) کربنات سدیم به هر یک از فالكون‌های فوق اضافه و بلافاصله توسط آب مقطر تا خط نشان به حجم رسانده شدند. در انتها بعد از گذشت مدت زمان ۱ h جذب تمامی محلول‌ها در طول موج ۷۲۵ nm توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. کلیه آزمایشات در سه تکرار انجام گردید. به منظور تعیین میزان ترکیبات فنولیک از منحنی استاندارد اسید گالیک استفاده گردید.

سپس میزان ترکیبات فنولیک توسط معادله رگرسیون خطی بدست آمده از منحنی کالیبراسیون اسید گالیک ($A_{725} = 0.0094C + 0.027$, $R^2 = 0.9999$) تعیین شد. در این معادله، A جذب خوانده شده در طول موج ۷۲۵ nm و C غلظت ترکیبات فنولیک بر حسب (mg GAE/g d.m) است (۱۱-۱۲).

استخراج اسانس

استخراج روغن‌های فرار برگ‌های نعناع فلفلی با استفاده از عملیات تقطیر توسط دستگاه کلونجر انجام گردید. بدین

تحت خلاء در دمای ۴۰°C و فشار ۲۵۰ mbar خشک گردید و تا انتهای آزمون‌های مربوطه در پلیت‌های درب‌دار بدون نفوذ هوا در یخچال (در دمای ۴°C+) نگهداری شد. میزان درصد عصاره استحصال شده از اندام‌های هوایی نعناع فلفلی (برگ) توسط رابطه (۱) محاسبه شد (۱۰):

$$EY(\%) = \frac{W_i}{W_f} \times 100 \quad (1)$$

در این معادله، EY بازده استحصال (%/.)، W_i جرم اولیه نمونه (kg) و W_f جرم نهایی بعد از خشک شدن عصاره (kg) است.

ظرفیت روبش رادیکال آزاد DPPH^o

فعالیت ضد اکسیدانی عصاره‌ها توسط اندازه‌گیری ظرفیت روبش رادیکال آزاد ۲،۲-دی فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH^o) مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، ابتدا غلظت‌های مشخصی از عصاره خشک شده برگ نعناع فلفلی (۴۸، ۹۶، ۱۹۳، ۳۸۶، ۷۷۱، ۱۵۴۲ و ۳۰۸۴ µg/ml) با حلال متانول ۹۶٪ تهیه گردید. میزان ۱/۵ ml از غلظت‌های مختلف عصاره به لوله آزمایش منتقل و سپس مقدار ۱/۵ ml معرف DPPH^o تازه تهیه شده (یعنی محلول ۰/۱۳۵ mM) که از اختلاط ۰/۰۵۳ g معرف در ۱۰۰ ml آب مقطر و به حجم رساندن محلول تهیه شد) به لوله اضافه و توسط هم‌زن لوله‌ای به مدت ۳۰ s به خوبی هم‌زده شد.

در انتها جذب محلول‌های فوق بعد از ۳۰ min قرار گرفتن در محیط تاریک (در دمای محیط) توسط اسپکتروفتومتر UV، در طول موج ۵۱۷ nm اندازه‌گیری شد. جهت تهیه محلول شاهد از ۱/۵ ml متانول به جای عصاره استفاده شد (یعنی ۱/۵ ml متانول+ ۱/۵ ml رادیکال DPPH^o). همچنین به منظور حذف رنگ عصاره‌ها و افزایش دقت آزمایش از شاهد عصاره نیز استفاده گردید که جذب آن از نمونه کسر گردید. کلیه آزمایشات در سه تکرار انجام گردید. ظرفیت روبش رادیکالی (RSA) یا قدرت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد، با استفاده از رابطه (۲) محاسبه گردید (۱۰).

شاخص پایداری اکسایشی روغن سویای طعم‌دار شده از مقادیر مختلف اسانس مطابق جدول (۲) استفاده گردید. مقادیر یاد شده در جدول (۲) به روغن سویای فاقد ضداکسیدان اضافه و با استفاده از دستگاه همزن مغناطیسی در دمای محیط (۲۵ تا ۳۰°C) به مدت ۱ min مخلوط گردید تا اسانس روغنی به‌طور یکنواخت در روغن توزیع گردد. میزان پیشرفت اکسیداسیون روغن طی دوره نگهداری به روش آزمون‌های تسریع شده مدت ماندگاری^۱ (ASLT) توسط آون‌گذاری در دمای ۶۰°C مورد بررسی قرار گرفت (۱۶).

شاخص پایداری اکسایشی روغن توسط رابطه (۴) تعیین مقدار گردید:

$$OSI = \frac{IP_s}{IP_B} \quad (4)$$

که در آن، OSI شاخص پایداری اکسایشی (بدون بُعد)، IP_s دوره القاء برای نمونه روغن دارای اسانس روغنی (h) و IP_B دوره القاء برای نمونه روغن فاقد اسانس روغنی یا شاهد (h) است (۱۶).

خصوصیات چشایی

ارزیابی چشایی روغن سویای طعم‌دار شده به‌وسیله یک گروه ارزیاب حسی متشکل از ۱۰ نفر در محدوده سنی ۲۰ تا ۳۰ سال (مرد و زن) انجام گرفت. کلیه ارزیابی‌ها به روش پاره خطی (بین صفر تا ۱۰ cm) صورت گرفت (اعداد صفر و ۱۰ cm به ترتیب مربوط به ضعیف‌ترین و مطلوب‌ترین حالت ارزیابی صفت مورد نظر بود). با توجه به اینکه طبق جدول بهینه‌سازی (جدول ۲) مدت زمان نگهداری روغن‌ها متفاوت است، بنابراین بعد از اتمام مدت زمان نگهداری هر تیمار در آون، جهت متوقف شدن فعالیت‌های اکسایشی، روغن در ظرف شیشه‌ای تیره بسته‌بندی و در یخچال در دمای ۴°C+ نگهداری شد. سپس در پایان دوره نگهداری ارزیابی چشایی روغن‌های طعم‌دار شده مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین صورت که حدوداً ۱۰ g از هر تیمار در ظرف جداگانه در اختیار

منظور ۱۰۰ g نمونه خشک شده به‌صورت دقیق توزین و به بالن ژوژه حاوی ۵۰۰ ml آب مقطر اضافه گردید و فرآیند استخراج به مدت ۲ h ادامه یافت. بازده اسانس با توجه به میزان مواد خشک نمونه بر حسب (ml/kg dry matter) تعیین شد. عمل آگیری اسانس استحصال شده در معرض سولفات سدیم بدون آب (Na_2SO_4) انجام گردید و سپس در شیشه‌های کوچک قهوه‌ای رنگ درب‌بندی و در فریزر با دمای ۱۸°C- تا زمان آزمایشات بعدی نگهداری شد (۱۳). لازم به ذکر است که بازده روغن فرار در سه تکرار انجام گرفت.

اندیس پراکسید و تیوباربیتوریک اسید (TBA)

جهت تعیین میزان اندیس پراکسید روغن از روش تیتراسیون مطابق روش AOCS به شماره ۸-۵۳ Cd استفاده شد (۱۴). همچنین جهت تعیین اندیس TBA به‌صورت زیر عمل گردید. ۱ g روغن در ۱۰ ml تتراکلریدکربن حل و به آن ۱۰ ml محلول TBA (محلول ۰/۶۷٪ اسید تیوباربیتوریک در آب که با هم حجمش اسید استیک خالص مخلوط شده است) اضافه شد. سپس به مدت ۵ min در سانتی‌فیوژ (سیگما، ۱۶-۲KC، آمریکا) با سرعت ۱۰۰۰ rpm قرار گرفت. در ادامه قسمت آبکی آن جدا شده و به مدت ۳۰ min در حمام آب جوش قرار داده شد. در پایان میزان جذب در طول موج ۵۳۲ nm اندازه‌گیری گردید. عدد TBA براساس رابطه (۳) محاسبه شد:

$$TBA_{1cm}^{1g} = \frac{A_{532}}{LM} \quad (3)$$

که در آن، A جذب در ۵۳۲ nm، L طول سل (cm) و M وزن نمونه (g) است (۱۵).

تعیین دوره القاء و شاخص پایداری اکسایشی (OSI)

شاخص پایداری اکسایشی روغن مطابق روش AOCS در دمای ۱۱۰°C با نرخ جریان هوای ۲۰ L/h توسط دستگاه رنسیمت (Metrohm، ۷۴۳، سوئیس) اندازه‌گیری شد (۱۴). به‌منظور بررسی تأثیر افزودن اسانس نعنای فلفلی روی

¹Accelerated shelf life testing (ASLT)

اندیس OSI (Y_4)، رایحه (Y_5)، طعم و مزه (Y_6) و پذیرش کلی (Y_7) به عنوان پاسخ‌ها در نظر گرفته شدند. مقادیر واقعی و کُد شده متغیرهای مستقل مورد استفاده در اینفرآیند در جدول ۱ ارائه شده است. ارتباط بین مقادیر واقعی و کُد شده متغیرهای مستقل توسط رابطه (۵) بیان می‌شود:

$$V_c = \frac{V_R - \left[\frac{X_j + X_i}{2} \right]}{\left(\frac{X_j - X_i}{2} \right)} \quad (5)$$

که در آن، V_c مقادیر کُد شده متغیرهای مستقل، V_R مقادیر واقعی متغیرهای مستقل، X_j حد بالای اُمین فاکتور و X_i حد پایین اُمین فاکتور است (۱۷).

جدول ۱. متغیرهای مستقل مورد استفاده جهت بهینه‌سازی فرآیند تولید روغن سویای طعم‌دار.

مقادیر واقعی (مقادیر کُد شده)			متغیر مستقل
پایین	حد واسط	بالا	
0 (-1)	900 (0)	1800 (+1)	غلظت اسانس نعناع فلفلی (X_1) (ppm)
0 (-1)	4 (0)	8 (+1)	زمان نگهداری (روز) (X_2)

قادر است ۵۰٪ از رادیکال آزاد DPPH^o اولیه موجود در محیط را خنثی نماید. بدیهی است که هرچه این عدد کوچکتر باشد، قدرت ضد اکسیدانی عصاره بیشتر است) و محتوای فنولی کل (TPC) تعیین گردید. نتایج این آزمون در جدول (۳) ارائه شده است.

نتایج به دست آمده از این پژوهش با یافته‌های سایر محققین مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان شاخص EC₅₀ به دست آمده در تحقیق حاضر نسبت به سایر پژوهش‌ها بیشتر است که این حالت به دلیل کمتر بودن قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH^o در نعناع فلفلی مورد استفاده در این پژوهش است (۱۸).

همچنین در این مطالعه میزان بازده استخراج اسانس از برگ‌های نعناع فلفلی تعیین و با سایر یافته‌ها مورد مقایسه قرار گرفت. در این خصوص نیز نتایج مشابه گزارش شد.

ارزیاب‌ها قرار داده شد و صفات شدت رایحه تند نعناع (منتول)، طعم و مزه و پذیرش کلی (از طریق جمع دو صفت قبل) ارزیابی شد. در پایان میانگین مقادیر ۱۰ ارزیاب جهت بهینه‌یابی مورد استفاده قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل آماری و بهینه‌یابی به روش RSM

جهت بهینه‌یابی فرآیند تولید روغن سویای طعم‌دار از تکنیک روش‌شناسی سطح پاسخ^۲ (RSM) استفاده گردید. در فرآیند بهینه‌سازی غلظت اسانس نعناع فلفلی (X_1) و زمان نگهداری (X_2) به عنوان متغیرهای مستقل فرآیند و اندیس پراکسید (Y_1)، اندیس TBA (Y_2)، دوره القاء (Y_3)،

برای تجزیه و تحلیل آماری از طرح مرکب مرکزی^۳ (CCD) شامل ۱۳ آزمایش با ۵ تکرار در نقاط مرکزی استفاده گردید که تیمارهای آن در جدول (۲) ارائه شده است. جهت آنالیز آماری داده‌ها از نرم‌افزار آماری Design Expert نسخه ۶/۰۱ استفاده گردید. داده‌های تجربی با کمک یک مدل چند جمله‌ای درجه سوم برازش داده شد. ارزیابی بهترین مدل از طریق بررسی آزمون فقدان برازش و ضریب تبیین مدل مذکور بود. به طوری که مدلی که آزمون فقدان برازش را غیرمعنادار نماید به عنوان بهترین مدل انتخاب می‌گردد.

بحث و نتایج

استحصال اسانس روغنی و خصوصیات ضد اکسیدانی نعناع فلفلی

به منظور ارزیابی خصوصیات ضد اکسیدانی برگ‌های نعناع فلفلی شاخص‌های EC₅₀ (بیانگر درصدی از عصاره که

جدول ۲. تیمارهای بکار رفته جهت بهینه‌سازی فرآیند تولید روغن سویای طعم‌دار.

شماره تیمار	متغیرهای وابسته				متغیرهای مستقل			
	Y_v (cm)	Y_p (cm)	Y_d (cm)	Y_f (-)	Y_r (h)	Y_1 (meq MDA/kg)	X_r (day)	X_1 (ppm)
۱	۱۴/۵	۷	۷/۵	۱	۷/۱۲	۰/۰۴	۰	۰
۲	۱۷/۵	۸/۵	۹	۱/۰۳	۷/۳۵	۰/۰۳	۰	۹۰۰
۳	۱۶/۵	۸	۸/۵	۰/۸۹	۶/۳۴	۰/۰۲	۰	۱۸۰۰
۴	۱۴	۷	۷	۰/۶۳۷	۴/۵۴	۰/۰۴	۱/۳۹	۴
۵	۱۷	۸/۵	۸/۵	۰/۷۹۳	۵/۶۵	۰/۰۳۱	۱/۱۸	۴
۶	۱۸	۹	۹	۰/۹۱۲	۶/۵۰	۰/۰۲۵	۱/۳۱	۴
۷	۱۶/۵	۸	۸/۵	۰/۷۷۸	۵/۵۴	۰/۰۳۲	۱/۱۶	۴
۸	۱۶/۵	۷/۵	۹	۰/۶۸۸	۴/۹۰	۰/۰۲۹	۱/۲	۴
۹	۱۷/۵	۸/۵	۹	۰/۷۸۰	۵/۵۶	۰/۰۳۲	۱/۲۵	۴
۱۰	۱۷/۵	۸/۵	۹	۰/۴۲۴	۳/۰۲	۰/۰۵۱	۱/۹۶	۴
۱۱	۱۳	۶	۷	۰/۶۰۶	۴/۳۲	۰/۰۳	۷/۳۷	۸
۱۲	۱۵/۷	۷/۵	۸/۲	۰/۶۶۵	۴/۷۴	۰/۰۲۵	۶/۹۴	۸
۱۳	۱۵/۵	۷/۵	۸	۰/۶۱۱	۴/۳۵	۰/۰۵	۸/۹۸	۸

X_1 : غلظت اسانس نعناع فلفلی و X_2 : مدت زمان نگهداری در آون در 60°C .

Y_1 : اندیس پراکسید، Y_2 : اندیس TBA، Y_3 : دوره القاء، Y_4 : شاخص پایداری اکسیداتیو، Y_5 : رایحه، Y_6 : طعم‌ومزه و Y_7 : پذیرش کلی.

جدول ۳. مقایسه خصوصیات ضد اکسیدانی و میزان بازده اسانس برگ نعناع فلفلی مورد مطالعه در این مطالعه با یافته‌های پیشین.

پژوهش	استخراج عصاره (%)	استحصال اسانس (ml/100 g)	غلظت EC_{50} (ppm)	ترکیبات فنولیک کل (mg GA/g Extract)
تحقیق حاضر	۱۱/۲	۰/۰±۹۴/۱	۲۱۰/۰±۰۱/۰۳	۱۹۹/۴±۲/۲۴
سینگ و همکاران (۱۹)	-	۰/۶۴	-	-
بارووس و همکاران (۲۰)	-	۰/۵۴	-	-
کانات و همکاران (۲۱)	-	-	۲۵/۸	۲۱/۱
اوربیه و همکاران (۱۱)	-	-	۱۱۶/۸۲	۲۴/۴

* نتایج: میانگین ± انحراف معیار.

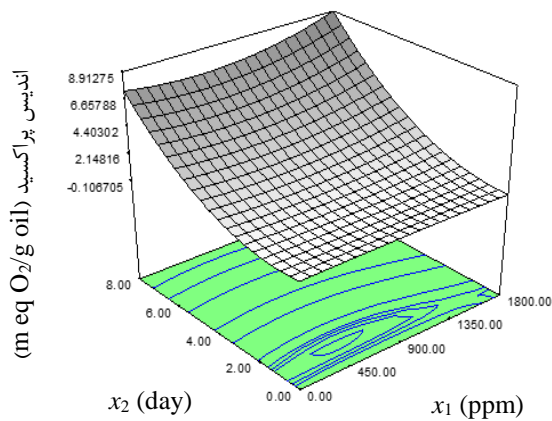
شاخص‌های پراکسید و TBA

پراکسیدها محصولات اولیه اکسیداسیون لیپیدها هستند و به‌طور کلی هر چقدر که درجه غیر اشباعی روغن‌ها بیشتر باشد روغن یا لیپید آمادگی بیشتری برای اکسیداسیون دارد. وقتی که میزان پراکسید به حد معینی برسد تغییرات مختلفی صورت گرفته و مواد فرار آلدئیدی و کتونی ایجاد می‌شود که در ایجاد بو و طعم نامطبوع مواد چرب مؤثر هستند (۲۲).

نتایج آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ نشان داد که اثرات خطی (X_1 و X_2)، درجه دوم (X_1^2 و X_2^2) و اثرات متقابل

خطی و درجه دوم (X_1X_2 ، $X_1^2X_2$ و $X_1X_2^2$) شاخص‌های مورد بررسی تأثیر معنی‌داری ($p < 0/05$) روی اندیس پراکسید روغن سویا داشت (جدول ۴). بررسی مقادیر آماره F نشان داد که در بین اثرات خطی مدل سطح پاسخ، مدت زمان نگهداری در آون در دمای 60°C (X_2) با مقدار ($F=79/76$) بیشترین تأثیر را روی اندیس پراکسید روغن سویا داشت. همچنین در بین اثرات درجه دوم و اثرات متقابل به ترتیب پارامترهای X_2^2 و X_1X_2 بیشترین تأثیر را نشان دادند.

شکل (۱) نمودار سه بعدی اثر همزمان غلظت اسانس نعناع فلفلی و مدت زمان نگهداری را روی اندیس پراکسید



شکل ۱. نمودار سه بعدی تأثیر همزمان غلظت اسانس نعنای فلفلی و زمان نگهداری روی اندیس پراکسید روغن سویا طعم‌دار (X_1): غلظت اسانس نعنای فلفلی، X_2 : مدت زمان نگهداری در آون در 60°C .

شاخص تیوباربیتوریک اسید (اندیس TBA) یکی از شاخص‌های مهم در تعیین محصولات ثانویه اکسیداسیون است که سبب ایجاد طعم نامطلوب در روغن اکسید شده می‌گردد (۲۴). نتایج آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ نشان داد که اثرات خطی (X_2)، درجه دوم (X_1^2 و X_2^2) و اثرات متقابل خطی و درجه دوم (X_1X_2 ، $X_1^2X_2$ و $X_1X_2^2$) متغیرهای مورد بررسی تأثیر معنی‌داری ($p < 0.05$) روی اندیس TBA روغن سویا داشت (جدول ۴). بررسی مقادیر آماره F نشان داد که در بین اثرات خطی مدل سطح پاسخ مدت زمان نگهداری در آون در دمای 60°C با مقدار $F = 7/1$ بیشترین تأثیر را روی اندیس TBA روغن سویا داشت. همچنین در بین اثرات درجه دوم و اثرات متقابل به ترتیب پارامترهای X_1^2 و X_1X_2 بیشترین تأثیر را نشان دادند.

شکل (۲) نمودار سه بعدی اثر همزمان غلظت اسانس نعنای فلفلی و مدت زمان نگهداری را بر روی اندیس TBA روغن سویا نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که در یک مدت زمان نگهداری ثابت (مثلاً ۴ روز) افزایش غلظت اسانس تا حدود 1200 ppm سبب کاهش اندیس TBA گردید در حالی که با افزایش غلظت اسانس از 1200 تا 1800 ppm اندیس TBA افزایش یافت. این حالت احتمالاً به دلیل تولید مالون‌دی‌آلدهید (MDA) و توسعه محصولات ثانویه اکسیداسیون است. چون در غلظت‌های بالاتر، اسانس

روغن سویا نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که افزایش مدت زمان نگهداری در آون سبب افزایش مقدار اندیس پراکسید گردید ($p < 0.01$). به طوری که این روند از روز اول تا روز هشتم افزایشی می‌باشد. نتایج نشان داد که در یک غلظت ثابت اسانس (مثلاً 900 ppm) با افزایش زمان ماندگاری از ۲ تا ۸ روز اندیس پراکسید از 0.083 به $4/7 \text{ meq O}_2/\text{g}$ افزایش می‌یابد. فزل سفلو و سیدالنگی (۲۰۱۶) اثر اسانس برگ کرفس کوهی را در بهبود پایداری اکسایشی روغن سویا در دمای اکسیداسیون تسریع شده (63°C) مطالعه نمودند. آنها گزارش نمودند که با افزایش زمان نگهداری از روز اول تا دوازدهم میزان اندیس پراکسید افزایش می‌یابد که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد (۲۳). همچنین عیوقی و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر اسانس شوید را در بهبود پایداری اکسایشی روغن سویا در دمای اکسیداسیون تسریع شده (60°C) به مدت ۳۲ روز (با فواصل زمانی ۸ روز) مطالعه نمودند. آنها گزارش نمودند که روند تغییرات اندیس پراکسید در کل بازه زمانی مورد مطالعه افزایشی می‌باشد (۲۴).

همچنین نتایج افزایش میزان اسانس نعنای فلفلی روی اندیس پراکسید روغن سویا نشان داد که افزودن اسانس روغنی نعنای فلفلی تا غلظت حدوداً 1000 ppm سبب کاهش اندیس پراکسید گردید. اما در غلظت‌های بالاتر از این حد تأثیر معکوس روی اندیس پراکسید روغن سویا داشت. احتمالاً این حالت به دلیل اثرات پرواکسیدانی (به دلیل ناخالصی‌های موجود در اسانس) اسانس بوده که در غلظت‌های بالاتر به دلیل تجمع ناخالصی‌ها به شکل بارزی پدیدار شده و سبب افزایش اندیس پراکسید روغن سویا شده است (۱۶).

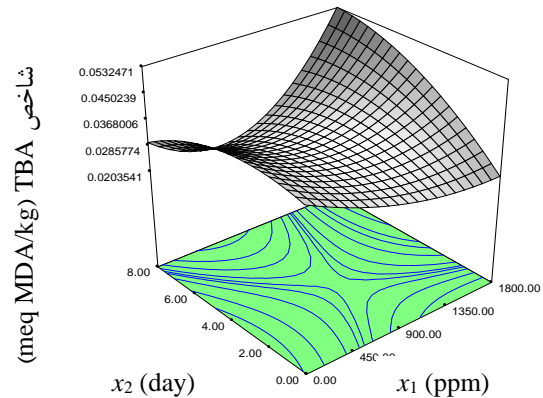
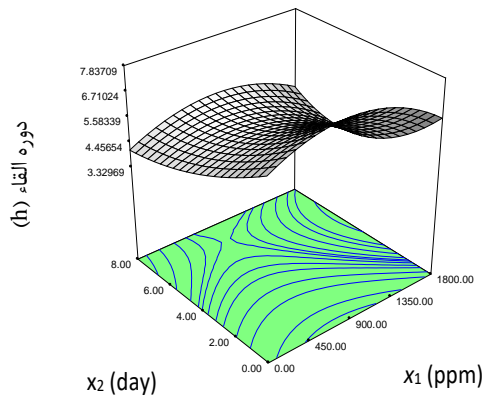
عیوقی و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر اسانس شوید را در بهبود پایداری اکسایشی روغن سویا مطالعه نمودند. آنها حداکثر غلظت اسانس شوید برای بهبود پایداری اکسایشی روغن سویا را 600 ppm بدست آوردند. آنها بیان نمودند که در غلظت بالاتر از 600 ppm ، اسانس شوید به عنوان یک پرواکسیدان عمل نموده که سبب افزایش اندیس پراکسید می‌شود (۲۴).

به صورت یک پرواکسیدان عمل می نماید (۱۶-۲۴). همچنین نتایج نشان داد که در یک غلظت ثابت اسانس (مثلاً ppm ۱۰۰۰) افزایش زمان نگهداری تا ۴ روز سبب افزایش اندیس TBA گردید که با نتایج اندیس پرواکسید مطابقت دارد.

دوره القاء و شاخص پایداری اکسایشی (OSI)

طول دوره القاء یکی از فاکتورهای مهم در بررسی پایداری حرارتی روغن های خوراکی بوده و بیانگر لحظه شروع واکنش های زنجیره ای اکسیداسیون است (۲۳). نتایج آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ نشان داد که فقط اثرات درجه دوم (X_1^2 و X_2^2) متغیرهای مورد بررسی تأثیر معنی داری ($p < 0.05$) روی دوره القاء روغن سویا داشت (جدول ۴). بررسی مقادیر آماره F نشان داد که در بین اثرات خطی مدل سطح پاسخ غلظت اسانس نعناع فلفلی (X_1) با مقدار ۲/۲۸ (F = بیشترین تأثیر را روی دوره القاء روغن سویا داشت. همچنین در بین اثرات درجه دوم و اثرات متقابل به ترتیب پارامترهای X_1X_2 و X_1X_3 بیشترین تأثیر را نشان دادند.

بخش های قبل در خصوص اندیس های پراکسید و TBA می توان این فاکتور را بخوبی تحلیل نمود. با افزایش غلظت اسانس تا یک حد بحرانی، اسانس به عنوان یک ضد اکسیدان عمل نموده و می تواند رادیکال های آزاد تشکیل شده در محیط را به حالت احیاء شده تبدیل نموده و از پیشرفت اکسیداسیون ممانعت کند. اما بعد از غلظت بحرانی، در واقع به دلیل افزایش ناخالصی های موجود در اسانس، این ماده به عنوان یک پرواکسیدان عمل می کند. احتمالاً کاهش طول دوره القاء روغن سویا طعم دار شده با اسانس نعناع فلفلی در غلظت های بالاتر از ppm ۱۰۰۰ بدین دلیل می باشد (۱۶-۲۴). همچنین نتایج نشان داد که در یک غلظت ثابت اسانس (مثلاً ppm ۱۰۰۰) افزایش زمان نگهداری سبب کاهش دوره القاء گردید. یوپادیا و نیواز میسرا (۲۰۱۵) پایداری اکسایشی روغن آفتابگردان را توسط اولئورزین استخراج شده از رزماری مورد بررسی قرار دادند. آنها بیان نمودند که افزایش غلظت اولئورزین تا ppm ۱۷۰۰ سبب افزایش دوره القاء روغن گردید (ولی در غلظت بالاتر از آن کاهش یافت) که با نتایج این پژوهش همسویی دارد (۱۶).



شکل ۲. نمودار سه بعدی تأثیر همزمان غلظت اسانس نعناع فلفلی و زمان نگهداری روی اندیس TBA روغن سویا طعم دار (X_1 : غلظت اسانس نعناع فلفلی، X_2 : مدت زمان نگهداری در آن در 60°C)

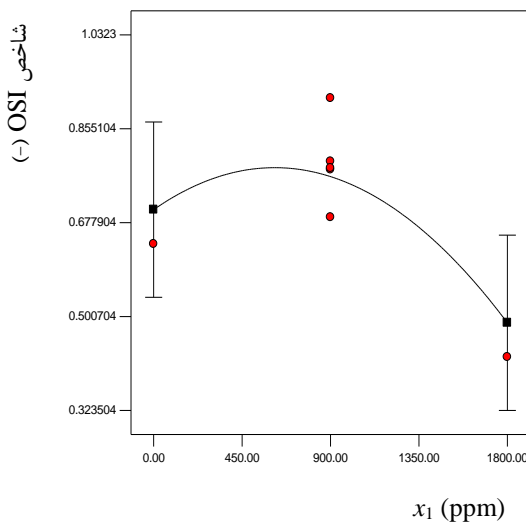
شکل ۳. نمودار سه بعدی تأثیر همزمان غلظت اسانس نعناع فلفلی و زمان نگهداری روی دوره القاء روغن سویا طعم دار (X_1 : غلظت اسانس نعناع فلفلی، X_2 : مدت زمان نگهداری در آن در 60°C).

شکل (۳) نمودار سه بعدی اثر همزمان غلظت اسانس نعناع فلفلی و مدت زمان نگهداری را روی دوره القاء روغن سویا نشان می دهد. نتایج نشان داد که افزایش غلظت اسانس نعناع فلفلی تا غلظت حدوداً ppm ۱۰۰۰ سبب افزایش دوره القاء روغن سویا گردید ولی از ppm ۱۰۰۰ تا ppm ۱۸۰۰ دوره القاء کاهش یافت. با توجه به توضیحات یاد شده در

نتایج آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ نشان داد که فقط اثرات درجه دوم (X_1^2 و X_2^2) متغیرهای مورد بررسی تأثیر معنی داری ($p < 0.05$) روی شاخص OSI روغن سویا داشت (جدول ۴). بررسی مقادیر آماره F نشان داد که در بین اثرات

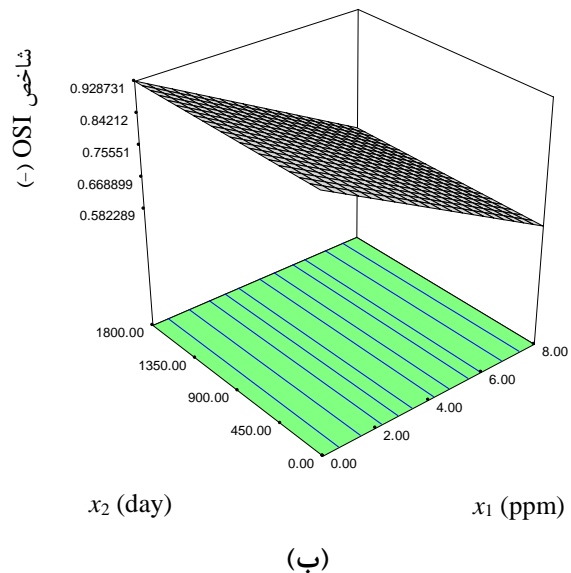
سویا نشان داد که این شاخص با افزایش زمان نگهداری از لحظه تولید (زمان صفر) تا ۸ روز، کاهش می‌یابد که با توجه به معادله (۴) دور از انتظار نیست. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش غلظت اسانس نعناع فلفلی تا غلظت حدوداً ۱۰۰۰ ppm شاخص OSI روغن سویا افزایش و پس از آن کاهش یافت (شکل ۴ ب). نتایج مشابه توسط یوپادیا و نیواز می‌شیرا (۲۰۱۵) در بررسی تأثیر اولئورزین استخراج شده از گیاه دارویی رزماری روی پایداری اکسایشی روغن آفتابگردان مشاهده شد (۱۶).

(الف)



خطی مدل سطح پاسخ غلظت اسانس نعناع فلفلی (X_1) با مقدار ($F = 2/28$) بیشترین تأثیر را روی شاخص OSI روغن سویا داشت. همچنین در بین اثرات درجه دوم و اثرات متقابل به ترتیب پارامترهای X_1X_2 و X_1^2 بیشترین تأثیر را نشان دادند.

شکل (۴ الف) نمودار سه بعدی اثر همزمان غلظت اسانس نعناع فلفلی و مدت زمان نگهداری را روی شاخص OSI روغن سویا نشان می‌دهد. بررسی تأثیر افزایش زمان نگهداری (البته در یک غلظت ثابت اسانس) روی شاخص OSI روغن



(ب)

شکل ۴. نمودار سه بعدی تأثیر همزمان غلظت اسانس نعناع فلفلی و مدت زمان نگهداری (شکل الف) و نیز تأثیر غلظت اسانس نعناع فلفلی (شکل ب) روی شاخص OSI روغن سویا طعم‌دار (X_1 : غلظت اسانس نعناع فلفلی، X_2 : مدت زمان نگهداری در آون در 60°C).

۳-۴- ارزیابی خصوصیات چشایی

روی رایحه روغن سویا نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که افزایش مدت زمان نگهداری روغن سویا منجر به کاهش شدت رایحه گردید. به طوری که در یک غلظت ثابت اسانس (مثلاً ۱۰۰۰ ppm) افزایش مدت زمان نگهداری از ۱ تا ۸ روز منجر به کاهش شدت رایحه منتول در روغن سویا از ۸/۹۸ تا ۸/۰۴ cm گردید (حدوداً ۱۰/۵٪ کاهش). این حالت احتمالاً به دلیل تولید ترکیبات اولیه اکسیداسیون و پیشرفت واکنش‌های اکسایشی بوده که سبب تجزیه ترکیبات هیدروکسیلی موجود در اسانس نعناع فلفلی در جهت احیاء

نتایج آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ نشان داد که اثرات خطی (X_1) و درجه دوم (X_1^2 و X_2^2) متغیرهای مورد بررسی تأثیر معنی‌داری ($p < 0.05$) روی رایحه روغن سویا داشتند (جدول ۵). بررسی مقادیر آماره F نشان داد که در بین اثرات خطی مدل سطح پاسخ غلظت اسانس روغنی (X_1) با مقدار ($F = 33/14$) بیشترین تأثیر را روی رایحه روغن سویا داشت. همچنین در بین اثرات درجه دوم پارامتر X_1^2 بیشترین تأثیر را نشان داد. شکل (۵) نمودار سه بعدی اثر همزمان غلظت اسانس نعناع فلفلی و مدت زمان نگهداری را

تأثیر معنی‌داری روی طعم‌ومزه نداشتند ($p > 0.05$) (جدول ۵). بررسی مقادیر آماره F نشان داد که در بین اثرات خطی مدل سطح پاسخ غلظت اسانس روغنی (X_1) با مقدار (۴/۱) $F =$ بیشترین تأثیر را روی طعم‌ومزه روغن سویا داشت. همچنین در بین اثرات درجه دوم و اثرات متقابل به ترتیب پارامترهای X_1^2 و X_1X_2 بیشترین تأثیر را نشان دادند

رادیکال‌های آزاد ایجاد شده، گردیده است و در نتیجه سبب از بین رفتن رایحه اسانس (بخصوص منتول) شده است (۲۴). همچنین نتایج نشان داد که در یک مدت زمان نگهداری مشخص (مثلاً ۳ روز) با افزایش میزان اسانس نعنای فلفلی از ۱ تا ۱۳۰۰ ppm شدت رایحه روغن سویا از ۷/۳ تا ۹/۱۶ افزایش یافت.

نتایج آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ نشان داد که اثرات خطی، درجه دوم و اثرات متقابل متغیرهای مورد بررسی هیچ

جدول ۴. نتایج آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ روی ویژگی‌های شیمیایی روغن سویای طعم‌دار.

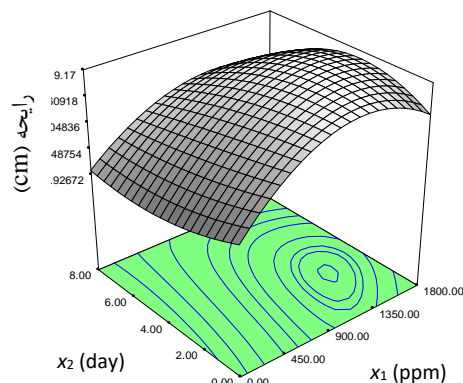
آماره P				منبع
Y_4	Y_3	Y_2	Y_1	
۰/۰۵۹۹ n.s	۰/۰۵۹۹ n.s	۰/۰۱۵۸ *	<۰/۰۰۰۱ **	مدل
۰/۱۹۱۷ n.s	۰/۱۹۱۷ n.s	۰/۱۱۱۴ n.s	۰/۰۰۴۳ **	X_1
۰/۳۸۸۴ n.s	۰/۳۸۸۴ n.s	۰/۰۴۴۶ *	۰/۰۰۰۳ **	X_2
۰/۰۳۱۴ *	۰/۰۳۱۴ *	۰/۰۰۲۷ **	<۰/۰۰۰۱ **	X_1^2
۰/۰۴۵۵ *	۰/۰۴۵۵ *	۰/۰۱۳۸ *	<۰/۰۰۰۱ **	X_2^2
۰/۳۲۰۶ n.s	۰/۳۲۰۶ n.s	۰/۰۰۲۴ **	<۰/۰۰۰۱ **	X_1X_2
۰/۳۸۸۴ n.s	۰/۳۸۸۴ n.s	۰/۰۴۴۶ *	۰/۰۰۰۳ **	$X_1^2X_2$
۰/۳۸۸۴ n.s	۰/۳۸۸۴ n.s	۰/۰۴۴۶ *	۰/۰۰۰۳ **	$X_1X_2^2$
۰/۱۲۳۵ n.s	۰/۱۲۳۵ n.s	۰/۰۸۲۱ n.s	۰/۰۸۹۶ n.s	آزمون فقدان برازش
۰/۸۶۱۵	۰/۸۶۱۵	۰/۹۲۲۳	۰/۹۹۹۷	R^2
۱۳/۲۴	۱۳/۲۴	۱۲/۰۴	۳/۲۳	ضریب تغییرات
۰/۱	۰/۷۱	۰/۰۰۴	۰/۰۸۱	انحراف معیار

X_1 : غلظت اسانس نعنای فلفلی و X_2 : مدت زمان نگهداری در آن در $60^\circ C$.

Y_1 : اندیس پراکسید، Y_2 : اندیس TBA، Y_3 : دوره القاء و Y_4 : شاخص پایداری اکسیداتیو.

** معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹٪، * معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵٪، n.s غیر معنی‌دار.

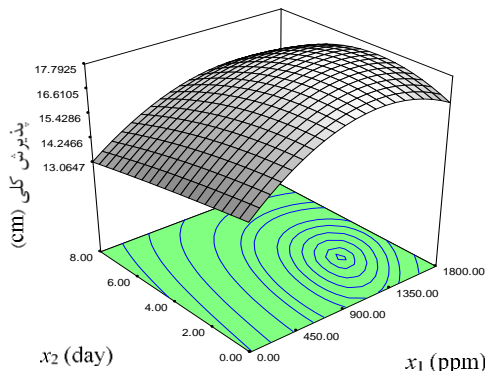
شکل (۶) نمودار سه بعدی اثر همزمان غلظت اسانس نعنای فلفلی و مدت زمان نگهداری را بر روی طعم‌ومزه روغن سویا نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که افزایش مدت زمان نگهداری روغن سویا منجر به کاهش شدت طعم‌ومزه گردید. به طوری که در یک غلظت ثابت اسانس (مثلاً ۹۰۰ ppm) افزایش مدت زمان نگهداری از ۱ تا ۸ روز منجر به کاهش شدت طعم‌ومزه روغن سویا از ۸/۴۰ تا ۶/۴۸ cm گردید (حدوداً ۲۲/۹٪ کاهش). همچنین نتایج نشان داد که در یک مدت زمان نگهداری مشخص (مثلاً ۳ روز) با افزایش میزان اسانس نعنای فلفلی از ۱ تا ۱۳۰۰ ppm شدت رایحه روغن سویا از ۶/۹ تا ۸/۶ cm افزایش یافت.



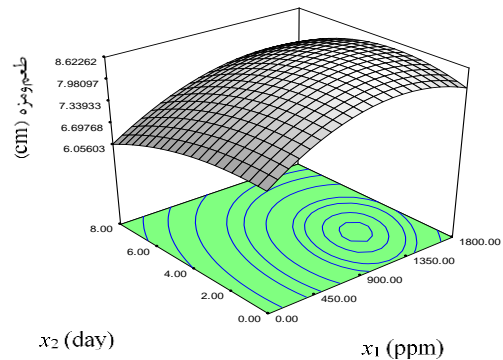
شکل ۵. نمودار سه بعدی تأثیر همزمان غلظت اسانس نعنای فلفلی و زمان نگهداری روی ارزیابی رایحه روغن سویا طعم‌دار (X_1 : غلظت اسانس نعنای فلفلی، X_2 : مدت زمان نگهداری در آن در $60^\circ C$).

می‌دهد. نتایج نشان داد که افزایش مدت زمان نگهداری روغن سویا منجر به کاهش پذیرش کلی گردید. به طوری که در یک غلظت ثابت اسانس (مثلاً ۱۳۰۰ ppm) افزایش مدت زمان نگهداری از ۲ تا ۸ روز منجر به کاهش پذیرش کلی روغن سویا از ۱۷/۷۶ تا ۱۳/۸۵ cm گردید (حدوداً ۲۲٪ کاهش). همچنین نتایج نشان داد که در یک مدت زمان نگهداری مشخص (مثلاً ۳ روز) افزایش میزان اسانس نعنای فلفلی از ۱ تا ۱۳۰۰ ppm میزان پذیرش کلی روغن سویا از ۱۳/۸۵ تا ۱۷/۷۶ cm افزایش یافت.

نتایج آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ نشان داد که اثرات خطی (X_1) و درجه دوم (X_1^2) متغیرهای مورد بررسی تأثیر معنی‌داری ($p < 0.05$) روی پذیرش کلی روغن سویا داشت (جدول ۵). بررسی مقادیر آماره F نشان داد که در بین اثرات خطی مدل سطح پاسخ غلظت اسانس (X_1) با مقدار (۱۷/۰۴) بیشترین تأثیر را روی پذیرش کلی روغن سویا داشت. همچنین در بین اثرات درجه دوم و اثرات متقابل به ترتیب پارامترهای X_1X_2 و X_1^2 بیشترین تأثیر را نشان دادند. شکل (۷) نمودار سه بعدی اثر همزمان غلظت اسانس نعنای فلفلی و مدت زمان نگهداری را روی پذیرش کلی روغن سویا نشان



شکل ۷. نمودار سه بعدی تأثیر همزمان غلظت اسانس نعنای فلفلی و زمان نگهداری روی پذیرش کلی روغن سویا طعم‌دار (X_1): غلظت اسانس نعنای فلفلی، X_2 : مدت زمان نگهداری در آن در 60°C .



شکل ۶. نمودار سه بعدی تأثیر همزمان غلظت اسانس نعنای فلفلی و زمان نگهداری روی ارزیابی طعم‌ومزه روغن سویا طعم‌دار (X_1): غلظت اسانس نعنای فلفلی، X_2 : مدت زمان نگهداری در آن در 60°C .

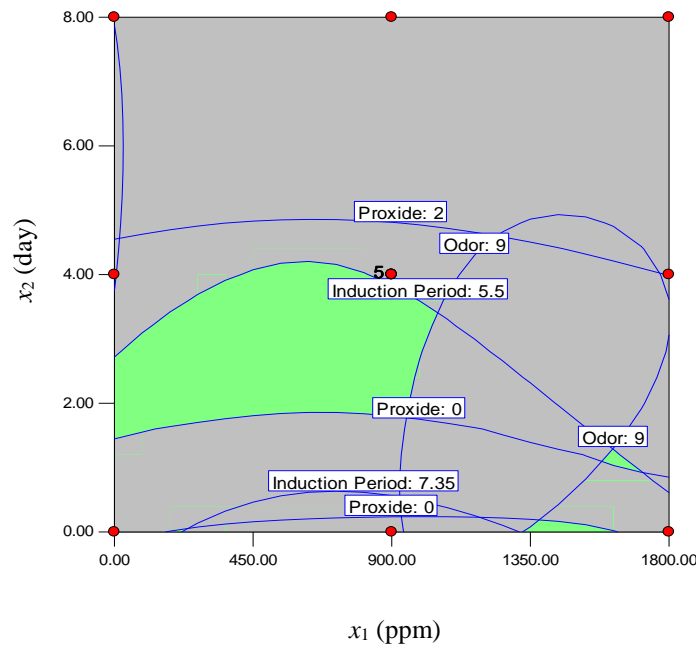
جدول ۵. نتایج آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ روی ویژگی‌های آرگانولپتیکی روغن سویای طعم‌دار.

آماره P			منبع
Y_7	Y_6	Y_5	
۰/۰۱۰۲ **	۰/۰۸۹۳ n.s	۰/۰۰۴۳ **	مدل
۰/۰۰۹۱ **	۰/۰۹۸۸ n.s	۰/۰۰۲۲ **	X_1
۰/۲۴۵۵ n.s	۰/۷۱۲۹ n.s	۰/۰۵۷۷ n.s	X_2
۰/۰۰۶۷ **	۰/۰۷۱۹ n.s	۰/۰۰۱۷ **	X_1^2
۰/۰۶۹۷ n.s	۰/۱۹۳۸ n.s	۰/۰۳۴۴ **	X_2^2
۰/۲۲۶۲ n.s	۰/۵۶۴۹ n.s	۰/۰۵۷۷ n.s	X_1X_2
۰/۲۴۵۵ n.s	۰/۷۱۲۹ n.s	۰/۰۵۷۷ n.s	$X_1^2X_2$
۰/۲۴۵۵ n.s	۰/۷۱۲۹ n.s	۰/۰۵۷۷ n.s	$X_1X_2^2$
۰/۶۵۷۸ n.s	۰/۶۶۰۶ n.s	۰/۸۸۶۸ n.s	آزمون فقدان برازش
۰/۹۳۵۵	۰/۸۳۴۰	۰/۹۵۴۹	R^2
۳/۷۲	۶/۷۱	۲/۹۵	ضریب تغییرات
۰/۶۰	۰/۵۲	۰/۲۵	انحراف معیار

X_1 : غلظت اسانس نعنای فلفلی و X_2 : مدت زمان نگهداری در آن در 60°C .

Y_5 : رایحه، Y_6 : طعم‌ومزه و Y_7 : پذیرش کلی.

** معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹٪، * معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵٪، n.s غیرمعنی‌دار.



شکل ۸. ناحیه بهینه برای تولید روغن سویای طعم‌دار.

جدول ۶. مدل‌های تجربی حاصل از فرآیند بهینه‌سازی روغن سویای طعم‌دار برای پاسخ‌های مورد بررسی.

معادله مدل	پاسخ‌ها
$Y_1 \text{ (meq O}_2\text{/g)} = +1.2 + 0.28 x_1 + 3.47 x_2 + 0.53 x_1^2 + 2.33 x_2^2 + 0.4 x_1x_2 + 0.62 x_1^2x_2 + 0.12 x_1x_2^2$	اندیس پراکسید
$Y_2 \text{ (meq MDA/kg)} = +0.031 + 0.005 x_1 - 0.0025 x_2 + 0.012 x_1^2 - 0.006 x_2^2 + 0.01 x_1x_2 + 0.007 x_1^2x_2 - 0.005 x_1x_2^2$	اندیس TBA
$Y_3 \text{ (h)} = +5.45 - 0.76 x_1 - 1.3 x_2 - 1.2 x_1^2 + 1.06 x_2^2 + 0.2 x_1x_2 + 0.11 x_1^2x_2 + 0.57 x_1x_2^2$	دوره القاء
$Y_4 \text{ (-)} = +0.76 - 0.11 x_1 - 0.18 x_2 - 0.17 x_1^2 + 0.15 x_2^2 + 0.028 x_1x_2 + 0.015 x_1^2x_2 + 0.08 x_1x_2^2$	شاخص OSI
$Y_5 \text{ (cm)} = +8.81 + 1 x_1 - 0.4 x_2 - 0.82 x_1^2 - 0.22 x_2^2 + 0.15 x_1^2x_2 - 0.5 x_1x_2^2$	رایحه
$Y_6 \text{ (cm)} = +8.34 + 0.75 x_1 - 0.5 x_2 - 0.71 x_1^2 - 0.46 x_2^2 + 0.13 x_1x_2 + 0.12 x_1^2x_2 - 0.13 x_1x_2^2$	طعم‌ومزه
$Y_7 \text{ (cm)} = +17.15 + 1.75 x_1 - 0.9 x_2 - 1.53 x_1^2 - 0.68 x_2^2 + 0.13 x_1x_2 + 0.27 x_1^2x_2 - 0.63 x_1x_2^2$	پذیرش کلی

۵-۳- بهینه‌سازی

با توجه به آزمون‌ها و تجزیه و تحلیل‌های انجام شده در پایان بایستی نقاط بهینه در خصوص افزودن اسانس روغنی نعنای فلفلی جهت تولید روغن سویای طعم‌دار تعیین گردد. نقطه بهینه نقطه‌ای است که در آن فرآیند تولید در شرایط ایده‌آل است. به منظور تعیین شرایط بهینه میزان افزودن اسانس روغنی نعنای فلفلی جهت تولید روغن سویای طعم‌دار، ابتدا می‌بایست قیود مربوطه تعریف گردید. هدف از تعیین قیود در بهینه‌سازی رسیدن به مطلوب‌ترین حالت هم از دیدگاه اقتصادی و هم از دیدگاه فرآوری می‌باشد. در فرآیند

تولید روغن سویای طعم‌دار قیود مربوطه شامل: کمترین مقدار اندیس‌های پراکسید و TBA، بیشترین مقدار شاخص OSI و دوره القاء و بیشترین پذیرش کلی می‌باشد. با توجه به فرآیند بهینه‌سازی حداقل غلظت اسانس مورد استفاده جهت طعم‌دار کردن روغن سویا ۱۳۰۰ ppm و بهترین زمان در روز اول تولید تعیین شد. در نقطه بهینه مقادیر پاسخ‌های اندیس پراکسید، اندیس TBA، دوره القاء، OSI و طعم و مزه، رایحه و پذیرش کلی به ترتیب $0.37 \text{ meq O}_2\text{/g}$ ، 0.23 meq MDA/kg ، 7.33 h ، 1.29 cm ، 9 cm و 8.43 cm و 17.43 گزارش گردید. ناحیه بهینه برای این

۰/۰۳۷ meq MDA/kg، ۰/۰۲۳ h، ۷/۳۳، ۱/۰۲۹، ۹ cm، ۸/۴۳ cm و ۱۷/۴۳ گزارش گردید. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از اسانس‌های روغنی گیاهان دارویی می‌تواند (لفل سفید، سیاه، زیره سبز، رزماری و غیره) به عنوان یک منبع طبیعی ضد اکسیدانی نقش ویژه‌ای در بهبود پایداری اکسایشی روغن‌های خوراکی داشته باشد که علاوه بر آن این ترکیبات سبب بهبود خصوصیات چشایی روغن شده و ارزش تغذیه‌ای ویژه‌ای را برای محصول تولیدی به همراه خواهد داشت.

تضاد منافع

نتایج حاصل از این مطالعه با منافع نویسندگان و محققان در تعارض نیست.

References

- Kamkar A, Javan AJ, Asadi F, Kamalinejad M. The antioxidative effect of Iranian *Mentha pulegium* extracts and essential oil in sunflower oil. *Food Chem Toxicol.* 2010;48(7):1796-1800. doi:10.1016/j.fct.2010.04.003
- Padmashree A, Roopa N, Semwal A D, Sharma G K, Agatian G and Bawa AS. Star-anise (*Illicium verum*) and black caraway (*Carum nigrum*) as natural antioxidants. *Journal of Food Chemistry.* 2007;104, 59-66. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.074>
- Mohammadi A, Jafari SM, Esfanjani AF, Akhavan S. Application of nano-encapsulated olive leaf extract in controlling the oxidative stability of soybean oil. *Food Chem.* 2016;190:513-519. doi:10.1016/j.foodchem.2015.05.115
- Bera D, Lahiri D, and Nag A. Studies on a natural antioxidant for stabilization of edible oil and comparison with synthetic antioxidants. *Journal of Food Engineering.* 2006;74(4), 542-545. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.03.042>
- Omid Beigi R. Production and medical plant processing (Vol. 2). Mashhad: Astaneqods publication: 2006.
- Li J, Hui T, Wang F, Li S, Cui B, Cui Y, and Peng Z. Chinese red pepper (*Zanthoxylum bungeanum* Maxim.) leaf extract as natural antioxidants in salted silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) in dorsal and ventral muscles during processing. *Food Control.* 2015; 56, 9-17. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.03.001>
- Shi C, Cui J, Yin X, Luo Y, and Zhou Z. Grape seed and clove bud extracts as natural antioxidants in

شاخص‌ها در شکل (۸) نشان داده شده است. مدل‌های تجربی بدست آمده از فرآیند بهینه‌سازی روغن سویای طعم‌دار برای شاخص‌های فوق در جدول (۶) درج شده‌اند.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه فرآیند تولید روغن سویای طعم‌دار توسط روش سطح پاسخ بهینه‌سازی گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که بهترین شرایط از لحاظ ویژگی‌های فنی و چشایی افزودن ۱۳۰۰ ppm اسانس نعناع فلفلی به روغن سویا می‌باشد که در این شرایط میزان اندیس‌های پراکسید و TBA در حداقل مقدار و دوره‌ی القاء در بیشینه مقدار در طول دوره‌ی انبارمانی حفظ می‌شود. در نقطه‌ی بهینه مقادیر پاسخ‌های اندیس پراکسید، اندیس TBA، دوره‌ی القاء، OSI و طعم‌ومزه، رایحه و پذیرش کلی به ترتیب $\text{meq O}_2/\text{g}$

silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) filets during chilled storage: Effect on lipid and protein oxidation. *Food Control.* 2014; 40, 134-139. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.foodcont.2013.12.001>

8. Kanakdande D, Bhosale R, and Singhal R.S. Stability of cumin oleoresin microencapsulated in different combination of gum arabic, maltodextrin and modified starch. *Carbohydrate Polymer.* 2007; 67(4), 536-541. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.carbpol.2006.06.023>

9. Dutta S, and Bhattacharjee P. Enzyme-assisted supercritical carbon dioxide extraction of black pepper oleoresin for enhanced yield of piperine-rich extract. *Journal of Bioscience and Bioengineering.* 2015;120(1), 17-23. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2014.12.004>

10. Burits M, Bucar F. Antioxidant activity of *Nigella sativa* essential oil. *Phytother Res.* 2000;14(5):323-328. doi:10.1002/1099-1573(200008)14:5<323::aid-ptr621>3.0.co;2-q

11. Uribe E, Marín D, Vega-Gálvez A, Quispe-Fuentes I, Rodríguez A. Assessment of vacuum-dried peppermint (*Mentha piperita* L.) as a source of natural antioxidants. *Food Chem.* 2016;190:559-565. doi:10.1016/j.foodchem.2015.05.108

12. Galburda R, Kruma Z, and Ruze K. Effect of pretreatment method on the content of phenolic compounds, vitamin c and antioxidant activity of dried dill. *World Academy Science and Engineering Technology.* 2012; 6(4), 1202-06.

13. Ghasemi Pirbalouti A, Mahdad E, Craker L. Effects of drying methods on qualitative and quantitative properties of essential oil of two basil

landraces. Food Chem. 2013;141(3):2440-2449.
[doi:10.1016/j.foodchem.2013.05.098](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.098)

14. AOCS. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemist's Society. (7th ed). American Oil Chemists-Society, Champaign. 2007.

15. Sazegar M R, Banakar A, Bahrami N, Bahrami A, Baghbani M, Nematolahi P, and Mottaghi M. Determination of the antioxidant activity and stability of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) extract in sunflower oil. World Applied Science Journal, 2011;12 (9): 1500-1504.

16. Upadhyay R, and Mishra H N. Classification of sunflower oil blends stabilized by oleoresin Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) using multivariate kinetic approach. Journal of Food Science, 2015; 80 (8), 1746-1754.

17. Mokhtarian M, Heydari Majd M, Koushki F, Bakhshabadi H, Daraei Garmakhany A, and Rashidzadeh SH. Optimisation of pumpkin mass transfer kinetic during osmotic dehydration using artificial neural network and response surface methodology modelling. Journal of Quality Assurance and Safety Crop Food. 2014; 6(2), 201-214. Doi: <http://dx.doi.org/10.3920/QAS2012.0121>

18. Sharififar F, Deghn-Nudeh G, and Mirtajaldini M. Major flavonoids with antioxidant activity from *Teucrium polium* L. Food Chemistry, 2009; 112, 885-888. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.064>

19. Singh R, Shushni M.A.M, and Belkheir A. Antibacterial and antioxidant activities of *Mentha piperita* L. Arabian Journal of Chemistry, 2015; 8, 322-328. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2011.01.019>

20. Barros, A.D.S., Morais, S.M.D., Ferreira, P.A.T., Vieira, I.G.P., Craveiro, A.A., Fontenelle, R.O.D.S., Menezes, J.E.S.A.D., Silva, F.W.F.D., and Sousa, H.A.D. Chemical composition and functional properties of essential oils from *Mentha* species. Industrial Crops Product. 2015; 76, 557-64.

21. Kanatt, S.R., Chander, R., and Sharma, A. Antioxidant potential of mint (*Mentha spicata* L.) irradiation-processed lamb meat. Food Chemistry. 2004; 100, 451-458.

22. Fennema O.R. Food Chemistry. Marcel Dekker, Inc, New York; 1996.

23. Ghezel Seflo M, and Seyyed Alangi S.Z. Effect of *Kelussia Odoratissima* Mozaffarian leaves essential oil on the oxidative stability of soybean oil. Food research. 2016; 26(4): 682-694. [In Persian]

24. Ayoghi F, Barzgar M, Sahari M.A, and Naghdi Badi H. Investigation of antioxidant activity of dill essential oil in soybean oil and its comparison with chemical antioxidants. Journal of Medical Plant, 2010; 8(2): 71-83.[In Persian]

Effects of adding of peppermint essential oil on chemical quality indicators of peroxide, thiobarbituric acid, oxidative stability, induction period and sensory and organoleptic properties of refined soy oil

Farahnaz Keshvari Fard¹, Hamid Tavakolipour², Mohsen Mokhtarian^{3*}

1- Department of Food Science and Technology, Tehran North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- Department of Food Science and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran.

3- Department of Food Science and Technology, Roudehen Branch, Islamic Azad University, Roudehen, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 27 May 2022

Acceptance: 16 June 2022

Keywords:

Peppermint
Organoleptic Attribute
Oxidative Stability
Induction Period
Antioxidant Properties

ABSTRACT

Introduction: One of the most reactions that related with edible oil spoilage is oxidative reactions that cause undesirable change in taste, smell and texture. On the other hand, consumers are not preferred the desirable taste and smell. Thus, in this research to improve these limitations, production of flavored soy oil by peppermint essential oil was investigated.

Methods: To find the minimal concentration addition of peppermint essential oil to improve oxidation stability (by determining the peroxide and TBA indices, oxidative stability index) and also organoleptic properties of soy oil (taste, smell and overall palatability), central composed design (CCD) with 13 experiments was used. In optimization design, the range of essential oil concentration and storage time were select (up to 8 day) and (0, 900 & 1800 ppm), respectively.

Results: The results indicated that by increasing oil storage time in the oven (at 60°C) peroxide ($p < 0.01$) and TBA ($p < 0.05$) indices increased relatively and induction period and OSI decreased ($p > 0.05$) that this action corresponding to reduction of organoleptic attributes of the oil. Also, the results showed that addition of essential oil to optimum value (1300 ppm) caused to decreased peroxide ($p < 0.01$) and TBA ($p > 0.05$) indexes and increased of induction period ($p > 0.05$). Furthermore, the addition of essential oil to soybean oil in all concentrations had a positive effect on the perception of organoleptic attributes by panelist.

Conclusion: According to optimization properties, the minimum concentration of essential oil for production of flavored soybean oil was determined equal 1300 ppm. At optimum point (essential oil concentration of 1300 ppm), the values of responses such as peroxide value, TBA index, induction period, OSI, taste, smell and overall palatability were reported 0.034 meq O₂/g, 0.023 meq MDA/kg, 7.33 h, 1.029, 9 cm, 8.43 cm and 17.43 cm, respectively.



Use your device to scan and read the article online



Citation (Vancouver): Keshvari Fard F, Tavakolipour T, Mokhtarian M. Effects of adding of peppermint essential oil on chemical quality indicators of peroxide, thiobarbituric acid, oxidative stability, induction period and sensory and organoleptic properties of refined soy oil. Journal of Halal Research. Spring 2022; 5(1): 48-62. [In Persian]
<https://doi.org/10.30502/H.2022.344475.1104>

*Correspondance to: Mohsen Mokhtarian, Email: mokhtarian.mo@riau.ac.ir, Tel: +98-09352601788

