

مجله علوم و صنایع غذایی ایران



سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی خواص آنتی اکسیدانی عصاره جوانه دانه خردل استخراج شده با امواج فراصوت و اثر آن بر پایداری اکسایشی

روغن سویا

نرگس نسیمی^۱، پیمان قاسمی افشار^{۲*}، مریم قراچورلو^۳

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی صنایع غذایی- فناوری مواد غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

^۲استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.

^۳دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۷/۸

کلمات کلیدی:

عصاره استونی،

عصاره متانولی،

امواج فراصوت،

روغن سویا،

جوانه دانه خردل

امروزه استفاده از عصاره های گیاهی حاوی آنتی اکسیدان های طبیعی برای افزایش پایداری اکسایشی روغن های خوراکی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. هدف از این تحقیق بررسی خواص آنتی اکسیدانی عصاره متانولی و استونی جوانه دانه خردل ایرانی استخراج شده به روش ماسراسیون و امواج فراصوت و اثر آن در پایداری اکسایشی روغن سویا بود. خصوصیات آنتی اکسیدانی عصاره ها با تعیین میزان کل ترکیبات فنولی، قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH و همچنین قدرت احیاء کنندگی آهن بررسی شد و پایداری نمونه های روغن سویا حاوی غلظت ۰/۵ و ۱ درصد عصاره ها پس از آون گذاری در روزهای پنجم، دهم، پانزدهم، بیستم، بیست و پنجم و سی ام نگهداری، با انجام آزمون های تعیین شاخص پایداری اکسایشی، عدد پراکسید، عدد آنیزیدین، شاخص تیوباربتوریک اسید مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که طی دوره نگهداری میزان پراکسید، آنیزیدین و شاخص تیوباربتوریک اسید نمونه ها افزایش و شاخص پایداری اکسایشی به طور قابل توجهی کاهش یافت ($p \leq 0.05$). اختلاف آماری معنی داری بین پایداری اکسایشی نمونه های حاوی عصاره متانولی و استونی وجود نداشت. افزایش غلظت عصاره، سرعت اکسیداسیون روغن را به طور معنی داری کاهش داد ($p \leq 0.05$). روند کاهش پایداری در نمونه های حاوی غلظت ۱ درصد عصاره متانولی و استونی استخراج شده با امواج فراصوت به دلیل دارا بودن ترکیبات فنولی و خواص آنتی اکسیدانی بالاتر در مقایسه با شاهد و سایر نمونه ها به طور قابل توجهی کند تر بود ($p \leq 0.05$) و این عصاره به عنوان یک آنتی اکسیدان طبیعی در افزایش پایداری روغن سویا موثر واقع شد.

DOI: 10.22034/FSCT.20.144. 153
DOR:20.1001.1.20088787.1402.20.144.9.3

* مسئول مکاتبات:

dr.ghasemiafshar@gmail.com

امروزه بسیاری از مطالعات بر آنتی اکسیدان‌های طبیعی متمرکز شده‌اند. گیاهان حاوی انواع زیادی از آنتی اکسیدان‌ها می‌باشند [۱]. ترکیبات فنولی به دلیل اینکه در برابر آسیب ناشی از استرس اکسیداتیو نقش محافظت کننده دارند، توجه زیادی را به خود جلب نموده‌اند [۲]. تحقیقات گسترده‌ای در مورد این ترکیبات انجام و تأیید شده است که ترکیبات فنولی دارای فعالیت‌های زیستی متنوعی هستند و می‌توانند برای سلامتی انسان مفید باشند. مصرف این ترکیبات با کاهش خطر ابتلا به سرطان، بیماری‌های قلبی، دیابت، مهار تجمع پلاکت‌های پلاسما، ترشح هیستامین و همچنین فعالیت‌های ضد باکتریایی، ضد ویروسی، ضد التهابی و ضد حساسیت مرتبط هستند [۳]. این مزایا به واسطه ویژگی‌های آنتی اکسیدانی ترکیبات فنولی ایجاد می‌شود؛ بنابراین، شناسایی، تعیین کمی و ارزیابی فعالیت‌های آنتی اکسیدانی آن‌ها حائز اهمیت است. خردل، گیاهی متعلق به خانواده

Brassicaceae می‌باشد. به طور عمده سه گونه خردل در سراسر جهان به دلیل ارزش غذایی آنها کشت می‌شود: خردل زرد یا سفید (*Sinapis alba*)، خردل قهوه ای (*Brassica juncea*) و خردل سیاه (*Brassica nigra*). خردل به عنوان گیاه دارویی و ادویه از زمان‌های گذشته به ویژه در غذاهای هندی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۴، ۵]. دانه خردل غنی از عناصر و مواد معدنی، ویتامین‌ها (A، E و K)، کاروتنوئیدهایی مانند کاروتن‌ها، زآگزانتین، لوتئین، فلاونوئیدها و ترکیبات فنولی است و دارای خواص ضد میکروبی، پایداریکنندگی و آنتی-اکسیدانی می‌باشد [۶]. تحقیقات متعدد نشان داده است که فلاونوئیدهای موجود در دانه خردل می‌توانند در پیشگیری یا درمان بیماری‌های مختلف از قبیل دیابت و سایر اختلالات مرتبط با استرس اکسیداتیو موثر باشند [۷]. ترکیبات فنولی دانه‌های خردل که دارای ویژگی‌های آنتی اکسیدانی هستند، شامل کاتچین، اپی کاتچین، اسیدگالیک، میریستین، کوئرستین و روتین می‌باشند [۸]. دانه‌های

خوراکی جوانه زده دارای فعالیت‌های زیستی زیادی هستند و ظرفیت آنتی اکسیدانی آن‌ها پس از جوانه زنی به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد [۹]. علاوه بر جوانه زنی، روش استخراج با امواج فراصوت منجر به استخراج بیشتر آنتی اکسیدان‌ها به ویژه ترکیبات پلی فنولی و در نتیجه افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره‌ها می‌شود [۱۰]. دانه‌های خردل سرشار از ترکیبات فعال زیستی بوده و از قیمت مناسب و محبوبیت قابل توجهی در سراسر جهان برخوردار است. این ویژگی‌ها دانه خردل را به مقوله جذابی برای تحقیقات علمی تبدیل کرده است. انواع تیپ‌های وحشی خردل که در سراسر ایران پراکنده هستند، نشان از سازگاری بالای این دانه روغنی با آب و هوای کشور دارد [۱۱]. خردل ایرانی عمدتاً در مناطق جنوبی ایران کشت و به طور سنتی به عنوان نگهدارنده طبیعی استفاده می‌شود [۱۲]. با وجود این، طبق بررسی‌های انجام شده، تا کنون مطالعه‌ای در مورد بررسی خواص آنتی اکسیدانی عصاره جوانه دانه خردل کشت شده و بومی ایران استخراج شده با روش ماسراسیون و تیمار با امواج فراصوت انجام نشده است. بنابراین پژوهش حاضر برای نخستین بار و با هدف بررسی ترکیبات فنولی و ظرفیت آنتی اکسیدانی عصاره متانولی و استونی جوانه دانه‌های خردل ایرانی و ارزیابی تأثیر به کارگیری آنها در پایداری اکسایشی روغن سویا انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

دانه خردل ایرانی (*Brassica juncea*) از لارستان در استان فارس و روغن سویا بدون آنتی اکسیدان از کارخانه روغن شماره یک ورامین تهیه گردید. نمونه‌های ذکر شده تا زمان آزمایش در دمای ۴ درجه سلسیوس و محل تاریک و خشک نگهداری شد. همه استانداردها،

مواد شیمیایی و حلال‌های مورد استفاده در این تحقیق از شرکت سیگما خریداری شد.

۲-۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- جوانه زنی

دانه های خردل بادقت تمیز و ناخالصی‌های آن به طور کامل جدا گردید و پس از استریل شدن با محلول هیپوکلریت سدیم ۱/۵ درصد، برای جوانه زدن استفاده شد. مرحله جوانه زنی خردل براساس روش Perez-Balibrea و همکاران (۲۰۱۱) با اندکی تغییرات انجام شد. دانه‌ها با آب مقطر شستشو داده شد و یک شب در یک لیتر آب دوبار تقطیر خیسانده شدند. دانه های هیدراته در سینی‌های جوانه‌زنی حاوی کاغذ صافی مرطوب قرار گرفتند و به اتاقک رشد انتقال داده شدند. جوانه‌ها پس از ۷ روز جمع آوری و در آون الکتریکی (Memmert، آلمان) در دمای ۴۰ °C به مدت ۲۴ ساعت خشک و سپس پودر شدند [۱۳].

۲-۲-۲- تهیه عصاره متانولی و استونی جوانه خردل

استخراج عصاره‌های متانولی و استونی جوانه دانه خردل مصرفی به شیوه ماسراسیون و استفاده از امواج فراصوت بر اساس

روش Gharachorloo و همکاران (۲۰۱۲) با اندکی تغییرات انجام شد. پودر جوانه خردل با حلال‌های متانول و استون به طور جداگانه (۵:۱) مخلوط و عملیات ماسراسیون و استخراج عصاره‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق و با همزدن انجام گرفت. و سپس هر یک از مخلوط‌ها حاوی حلال‌های متانول و استون به مدت ۲۰ دقیقه در حمام اولتراسوند (اوج آزما پلاست، ایران) با فرکانس ۲۰ کیلوهرتز، دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شد. پس از تکمیل استخراج، عصاره‌ها با سرعت

۴۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ (بهسان، ایران) و فاز بالایی جمع آوری شد. حلال‌ها با استفاده از تبخیرکننده دوار تحت خلأ (Heidolph، آلمان) و در دمای ۴۰ درجه سلسیوس تبخیر شد. عصاره های تغلیظ شده حاصله تا زمان مصرف، در ظروف تیره و دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند [۱۴].

۲-۲-۲-۱- راندمان استخراج عصاره جوانه خردل

مقدار کل عصاره‌های جوانه دانه خردل استخراج شده، با در نظر گرفتن وزن اولیه پلیت و وزن نهایی آن که حاوی عصاره خشک بر جای مانده بود، محاسبه و راندمان استخراج عصاره بر حسب درصد تعیین شد [۱۵].

۲-۲-۲-۲- ترکیبات فنولی کل

محتوای کل ترکیبات فنولی عصاره‌های جوانه خردل، مطابق با روش Fernandez-Orozco و همکاران (۲۰۰۶) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (لاویباند، انگلیس) در طول موج ۷۶۵ نانومتر اندازه گیری و نتایج برحسب میلی گرم اسید گالیک در کیلوگرم عصاره بیان شد [۱۶].

۲-۲-۳- اندازه گیری قدرت مهارکنندگی رادیکال

آزاد DPPH^۱

قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH عصاره‌های جوانه خردل با استفاده از روش Brand-William و همکاران (۱۹۹۵) با کمی تغییرات اندازه گیری شد. مقدار

۰/۱ میلی لیتر عصاره با ۹/۹ میلی لیتر آب مقطر رقیق شده و ۰/۱ میلی لیتر محلول حاصل با ۳/۹ میلی لیتر از محلول متانولی DPPH مخلوط شد. نمونه کنترل حاوی ۰/۱ میلی لیتر متانول و ۳/۹ میلی لیتر از محلول متانولی DPPH بود. تنظیم صفر دستگاه اسپکتروفتومتر (لاویباند، انگلیس) ابتدا با متانول خالص انجام گرفت و سپس مقدار جذب تمام نمونه‌ها پس از گذشت ۳۰ دقیقه در طول موج ۵۱۵ نانومتر در حالت پایدار قرائت شد. در نهایت درصد مهار رادیکال آزاد DPPH توسط عصاره با فرمول ۱ محاسبه شد که در آن Ac جذب کنترل و As جذب نمونه می باشند [۱۷].

$$\text{Inhibition (\%)} = [(Ac-As).Ac] \times 100 \quad \text{فرمول ۱}$$

۴-۲-۲-۲-اندازه گیری قدرت احیاکنندگی آهن (FRAP^۲)

برای اندازه گیری قدرت احیاکنندگی آهن از روش Benzi and Strain (۱۹۹۶) استفاده شد. محلول کاری FRAP به وسیله مخلوط کردن ۱۰ میلی لیتر بافر استات ۳۰۰ میلی مول (pH = ۳/۶)، ۱ میلی مول ۲ و ۴ و ۶ تری-۲-پیریدیل - S - تریازین (TPTZ) ۱۰ میلی مول (حل شده در اسید کلریدریک ۴۰ میلی مول) و ۱ میلی لیتر کلرید آهن ۲۰ میلی مول روزانه تهیه شد. در لوله آزمایش ۰/۰۲ میلی لیتر عصاره (۱ میلی گرم بر میلی لیتر) یا محلول استاندارد آبی سولفات آهن FeSO₄ (غلظت ۰/۳۷-۰/۱۸۵ میکرومول بر لیتر)، ۱ میلی لیتر از محلول کاری اضافه و مخلوط شد. مخلوط فوق ۵ دقیقه در دمای محیط قرار داده شد. سپس جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۵۹۳ نانومتر قرائت گردید. فعالیت احیاکنندگی نمونه‌های عصاره با استفاده از منحنی استاندارد بر حسب میکرومول آهن بر گرم عصاره محاسبه شد [۱۸].

۲-۳-آماده سازی و تهیه نمونه های روغن سویا حاوی عصاره های استخراج شده برای تست آون

عصاره های متانولی و استونی جوانه دانه خردل با غلظت ۰/۵ و ۱ درصد (وزن/وزن) به ۱۰۰ گرم روغن سویای تصفیه شده فاقد آنتی اکسیدان اضافه و عمل اختلاط توسط همزن مغناطیسی (Heidolph، آلمان) به مدت ۱۵ دقیقه انجام شد. سپس نمونه های روغن سویا حاوی مقادیر مختلف عصاره جوانه دانه خردل و نمونه روغن سویای فاقد عصاره (جدول ۱)، مطابق روش Shakerardakani و همکاران (۲۰۱۹) در آون (Memmert، آلمان) قرار داده شدند و پایداری آنها در روزهای پنجم، دهم، پانزدهم، بیستم، بیست و پنجم و سی ام نگهداری با استفاده از آزمون های زیرارزیابی شدند [۱۹].

۱-۳-۲- اندازه گیری شاخص پایداری اکسایشی

شاخص پایداری اکسایشی نمونه‌های روغن سویای حاوی عصاره جوانه خردل با استفاده از دستگاه رنسیمت (Metrohm، سوئیس) مطابق با روش AOCS به شماره Cd 12b-92 در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس، میزان ۲/۵ گرم نمونه و دبی هوای ۲۰ لیتر بر ساعت اندازه گیری شد [۲۰].

Table 1 The Cods of Treatments

Treatment code	Extraction Method	Extract Concentration
T1	Methanol	0.5
T2	Methanol	1
T3	Acetone	0.5
T4	Acetone	1
T5	Methanol/Ultrasound	0.5
T6	Methanol/Ultrasound	1
T7	Acetone/Ultrasound	0.5
T8	Acetone/Ultrasound	1
T0(Blank)	----	----

شده از حلال با محلول تیوسولفات سدیم واکنش داده و رنگ آبی ناپدید شود، ادامه یافته و شاخص پراکسید با استفاده از فرمول ۲ محاسبه شد [۲۰،۲۱].

$$\text{عدد پراکسید} = \frac{(S - B) \times N \times 1000}{W}$$

فرمول ۲

B: حجم محلول تیوسولفات سدیم مصرفی در آزمایش شاهد (میلی لیتر)

S: حجم محلول تیوسولفات سدیم مصرفی در آزمایش نمونه (میلی لیتر)

N: نرمالیه محلول تیوسولفات سدیم

W: وزن نمونه (گرم)

۱۰۰۰: ضریب تبدیل واحد گرم به کیلوگرم

۴-۳-۲- عدد آنیزیدین

اساس این آزمایش واکنش ترکیبات آلدئیدی روغن در یک محلول استیک و معرف آنیزیدین و سپس تعیین جذب توسط اسپکتروفتومتر (لاویباند، انگلیس) در طول موج ۳۲۰ نانومتر می باشد. رنگ زرد حاصل از محصولات واکنش به مقدار ترکیبات آلدئیدی موجود و ساختار آن‌ها بستگی دارد. نمونه کاملاً شفاف با دقت ۰/۰۰۱ گرم در بالن ژوژه ۲۵ میلی لیتری وزن و بالن ژوژه با ایزواکتان به حجم رسید. با استفاده از اسپکتروفتومتری و یک سل شیشه ای جذب در طول موج ۳۵۰ نانومتر تعیین شد (Ab). با استفاده از پیپت ۵ میلی لیتر از محلول روغن به یک لوله آزمایش درب دار منتقل گردید. در لوله آزمایش درب دار دیگری نیز ۵ میلی لیتر حلال ریخته شد. به هر یک از این لوله‌ها ۱ میلی لیتر معرف آنیزیدین افزوده و خوب تکان داده شد. بعد از سپری شدن ۱۰ دقیقه جذب محلول لوله آزمایش اول با یک سل شیشه

۲-۳-۲- اندازه گیری شاخص تیوباریتوریک اسید

شاخص تیوباریتوریک اسید، میلی گرم مالون دی آلدئید موجود در ۱۰۰۰ گرم روغن را نشان می‌دهد و بیانگر مراحل ثانویه اکسیداسیون چربی و حضور ترکیبات ثانویه اکسیداسیون در نمونه است. برای اندازه گیری شاخص تیوباریتوریک اسید در یک ارلن ۲۵۰ میلی لیتری، یک گرم نمونه، یک میلی لیتر محلول ۰/۷۵ درصد اسید تیوباریتوریک و ۲ میلی لیتر محلول ۳۵ درصد اسید تری کلرواستیک اضافه شد. مخلوط حاصل به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفت. پس از این مدت مخلوط به مدت ۳ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتیفریژ گردید. فاز آبی با سرنگ خارج و به سل اسپکتروفتومتری منتقل و جذب نمونه با دستگاه اسپکتروفتومتر (لاویباند، انگلیس) در طول موج ۵۳۲ نانومتر قرائت و مقدار جذب نمونه در طول موج مذکور به عنوان شاخص تیوباریتوریک اسید در نظر گرفته شد [۲۲].

۲-۳-۳- اندازه گیری عدد پراکسید

عدد پراکسید معیاری جهت سنجش میزان اکسیداسیون روغن‌ها و چربی‌ها می‌باشد در این روش مقدار تمام موادی که می‌توانند یدید پتاسیم را در شرایط آزمون اکسید کنند، بر حسب میلی اکسی والان پراکسید در کیلوگرم نمونه چربی تعیین شد. ارزیابی اندیس پراکسید با روش یدومتری و مطابق روش AOCS به شماره Cd 8-53 انجام شد. ۵ گرم نمونه روغن در یک ارلن ۲۵۰ میلی لیتری وزن و ۳۰ میلی لیتر از مخلوط کلروفرم و اسید استیک (۳:۲) اضافه شد. پس از حل شدن نمونه، ۰/۵ میلی لیتر محلول یدید پتاسیم اشباع به آن افزوده و ۱ دقیقه در تاریکی قرار داده و سپس ۳۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه و با محلول تیوسولفات سدیم ۰/۱ نرمال تیترو رنگ زرد ناپدید شد. پس از افزودن ۲ میلی لیتر معرف نشاسته و تکان دادن، تیتراسیون تا زمانی که تمام ید آزاد

ای در طول موج ۳۵۰ نانومتر تعیین و عدد آنیزیدین با استفاده از فرمول ۳ محاسبه شد (As) [۲۲].

$$\rho - A.V. = \frac{(1.2 As - Ab) \times 25}{m}$$

فرمول ۳

As: جذب محلول چربی بعد از واکنش با معرف آنیزیدین

Ab: جذب محلول چربی

m: وزن نمونه (گرم)

۵-۳-۲- عدد توتوکس

عدد توتوکس، معیاری از اکسیداسیون کلی روغن می باشد و از طریق فرمول ۴ محاسبه شد [۲۲]:

$$\text{Totox} = 2 \times (\text{PV}) + \text{AnV}$$

PV: عدد پراکسید

AnV: عدد آنیزیدین

۲-۴- آنالیز آماری

در این مطالعه، آزمون‌ها در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده با استفاده از آنالیز واریانس (ANOVA) و آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن با نرم افزار SPSS 26.0، SAS9.4 و همچنین ترسیم نمودارها با نرم افزار Excel 2016 انجام شد. برای مقایسه و تشخیص وجود اختلاف معنی دار بین میانگین نتایج به دست آمده، از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۱-۳- نتایج آزمون‌های ارزیابی عصاره جوانه خردل

میزان ترکیبات فنلی، قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH و قدرت احیاکنندگی آهن (FRAP) و همچنین راندمان استخراج عصاره های متانولی و استونی جوانه دانه خردل در جدول ۲ ارائه شده است. راندمان استخراج عصاره های متانولی و استونی به

ترتیب ۱۰±۰/۰۲ و ۰±۱۰/۰۵ میلی گرم به ازای هر گرم پودرجوانه خردل بود که درعصاره های متانولی/فراصوت و استونی/فراصوت به ترتیب به ۱۴±۰/۰۴ و ۱۵±۰/۰۵ میلی گرم به ازای هر گرم افزایش یافت. به عبارت دیگر به کارگیری امواج فراصوت درفرآیند استخراج عصاره، سبب افزایش راندمان استخراج به ترتیب به میزان ۴۰ و ۵۰ درصد در عصاره های متانولی و استونی شد. همچنین اختلاف معنی داری بین میزان کل ترکیبات فنولی، قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد و همچنین قدرت احیاء کنندگی آهن عصاره‌های متانولی و استونی عصاره جوانه خردل وجود نداشت (p<۰/۰۵). اما عصاره های جوانه خردل استخراج شده با امواج فراصوت از میزان کل ترکیبات فنولی، قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد و همچنین قدرت احیاء کنندگی آهن بالاتری برخوردار بودند (p<۰/۰۵). قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد در عصاره های متانولی/فراصوت جوانه دانه خردل ۶۹ درصد و قدرت احیاء کنندگی آهن ۷۷ μmol /g تعیین گردید. با به کارگیری امواج فراصوت طی استخراج، به علت پدیده کاویتاسیون و افزایش تخریب دیواره سلولی، نفوذ حلال به داخل سلول های گیاهی بیشتر شده و انتشار مواد سلولی از فاز جامد به حلال افزایش یافته و انتقال جرم بهتر صورت می گیرد. Dubieh و همکاران (۲۰۱۳)، در نتایج تحقیقات خود گزارش نمودند که تیمار فراصوت با کاهش زمان فرآیند می تواند بدون تخریب قابل توجه آنتی اکسیدان های اولیه موجود، به استخراج آنها از دانه *Brassica juncea* کمک نماید [۲۳]. Dua و همکاران (۲۰۱۴)، مقادیر بالای پلی فنل (mg GAE/g) *Brassica juncea* را در عصاره متانولی 15 ± 0.726 (DW) گزارش کردند [۲۴]. Dubieh و همکاران (۲۰۱۳)، مقدار پلی فنل های *Brassica juncea* را در روش استخراج با آب، ۱۳/۷۹ mg SAE/g DW و در روش استخراج با اتانل ۸/۵۳ mg SAE/g DW گزارش نمودند [۲۴]. Doinita Bors و همکاران (۲۰۱۷)، میزان

ترکیبات فنلی جوانه خردل قهوه ای ۷ روزه را mg ۱۳/۸ GAE/g DW و میزان بازدارندگی رادیکال آزاد آن را ۵۹ درصد گزارش نمودند [۱].

Table 2 The total phenolic contents, DPPH free radical scavenging capacity, ferric reducing antioxidant power (FRAP) and extraction efficiency of mustard seed extract ^a

Test type	Extract type			
	Methanol extract	Acetone extract	Methanol/Ultrasonic extract	Acetone /Ultrasonic extract
Total phenolic contents (mg Gallic acid/ g)	435±0.02	434±0.01	434±0.02	475±0.03
DPPH free radical scavenging capacity (%)	65±0.04	66±0.03	69±0.04	68±0.04
Ferric reducing antioxidant power (FRAP) (μmol /g)	72±0.01	73±0.01	77±0.01	75±0.01
Extraction efficiency (mg extract/ g)	10±0.02	10±0.05	14±0.04	15±0.03

^aResults are means of three different experiments

۳-۲-۱- شاخص پایداری اکسایشی

حاوی غلظت ۱ درصد عصاره متانولی/ فراصوت (T6) و استونی/ فراصوت (T8) بیشترین پایداری (۱۰ ساعت) را از خود نشان دادند. گزارش شده است که استخراج با کمک امواج فراصوت در مقایسه با روش ماسراسیون موثرتر بوده و منجر به تسریع استخراج عصاره و خروج ترکیبات موثره بیشتر از جمله ترکیبات فنولی می‌گردد که با نتایج تحقیقات حاضر مطابقت داشت [۲۶]. براساس تحقیقات پیشین ثابت شده است که عصاره *Brassica juncea*، به عنوان یک آنتی اکسیدان طبیعی در مقایسه با آنتی اکسیدان های سنتزی مانند butylated hydroxyanisole و butylated hydroxytoluene در ممانعت از اکسیداسیون لیپید بسیار موثر عمل می‌کند [۲۷، ۲۸].

اختلاف معنی داری بین میزان شاخص پایداری اکسایشی تیمارهای سویا بر اساس نوع عصاره استونی و متانولی وجود نداشت. Ngo و همکاران (۲۰۱۷)، در نتایج تحقیقات خود گزارش نمودند که متانول و استون از جمله حلال هایی هستند که بالاترین راندمان استخراج مواد جامد از گیاهان را دارند. ترکیبات زیست فعال

۳-۲-۲- نتایج آزمون های ارزیابی پایداری نمونه های روغن سویا

با بررسی نتایج آنالیز واریانس و نیز مقایسه میانگین شاخص پایداری اکسایشی، مشاهده شد که تاثیر تیمار، زمان نگهداری و اثر متقابل تیمار در زمان نگهداری بر میزان شاخص پایداری اکسایشی تیمارهای روغن سویا در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد معنی دار بودند ($p \leq 0.05$). با توجه به شکل ۱، میزان شاخص پایداری در روز پنجم نگهداری در کلیه نمونه ها برابر ۱۱ ساعت بود و با گذشت زمان، شاخص پایداری اکسایشی کاهش یافت به طوری که در روز سی ام نگهداری کمترین میزان پایداری مشاهده گردید. اما میزان شاخص پایداری اکسایشی نمونه های روغن سویا حاوی عصاره های متانولی و استونی استخراج شده با امواج فراصوت، بالاتر از نمونه های روغن سویا حاوی عصاره های استونی و متانولی بودند ($p \leq 0.05$). همچنین افزایش غلظت عصاره از ۰/۵ به ۱ درصد منجر به افزایش پایداری اکسایشی شد. در غلظت های بالاتر ترکیبات فنولی، به دلیل افزایش تعداد گروه های هیدروکسیل موجود در محیط واکنش، احتمال اهداء هیدروژن به رادیکال های آزاد و به دنبال آن قدرت مهارکنندگی عصاره افزایش می یابد [۲۵]. نمونه های

شده است. Dua و همکاران (۲۰۱۴)، در نتایج تحقیقات خود عنوان نمودند که با استفاده از متانل، مقادیر بالای پلی فنل ها به ویژه کافئیک اسید و کوئرستین از دانه خردل بدون چربی قابل استخراج می باشد [۲۴].

موجود در گیاهان متنوع هستند و قطبیت متفاوتی دارند و به طور انتخابی در برخی حلال هامحلول تر هستند. هر گروه از این ترکیبات قدرت آنتی اکسیدانی متفاوتی دارند که برآیند آنها ظرفیت آنتی اکسیدانی عصاره را مشخص می کند [۲۹]. در تحقیقات پیشین مقادیر بالاتر پلی فنل های گیاهی استخراجی در عصاره متانولی در مقایسه با سایر حلال ها مانند اتانل، دی اتیل اتر و هگزان گزارش

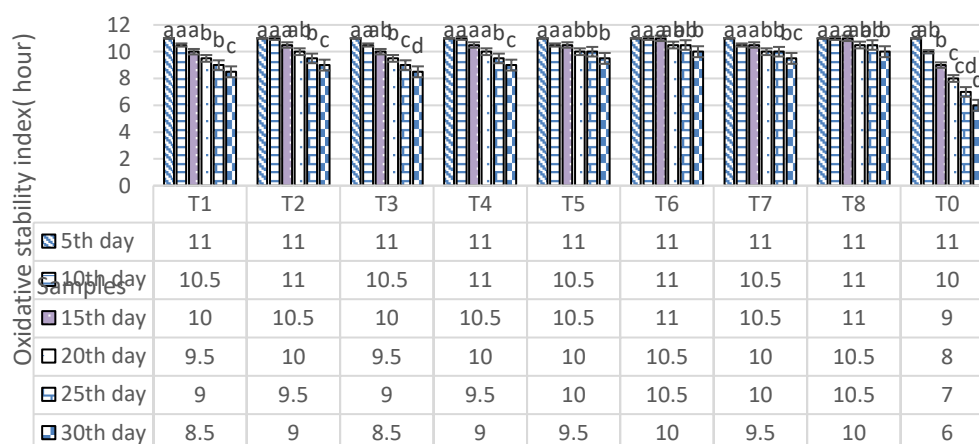


Fig 1 Comparison of the average of oxidative stability of soybean treatments during storage. Same letters indicate no statistical difference among the treatments while different letters indicates treatments have significantly difference ($p < 0.05$). Error bars represents standard deviations of mean values.

($p \leq 0.05$) و در روز سی ام نگهداری بالاترین میزان تیوباربیتوریک برای کلیه نمونه ها مشاهده شد. این افزایش به تجمع محصولات حاصل از تجزیه اسیدهای چرب غیراشباع نسبت داده می شود [۲۸]. بنابراین بالا بودن این شاخص در روغن نشان دهنده اکسیداسیون بیشتر روغن و در نتیجه پایداری کمتر آن است [۲۲]. هرچند، روند افزایش تیوباربیتوریک اسید در نمونه های روغن سویا حاوی عصاره استخراج شده با امواج فراصوت در مقایسه با شاهد و نمونه های روغن سویا حاوی عصاره های متانولی و استونی به طور قابل توجهی کندتر بود ($p \leq 0.05$). به کارگیری امواج

۳-۲-۲- شاخص تیوباربیتوریک اسید

با بررسی نتایج آنالیز واریانس و نیز مقایسه میانگین شاخص تیوباربیتوریک اسید، مشاهده شد که تاثیر تیمار، زمان نگهداری و اثر متقابل تیمار در زمان نگهداری بر میزان شاخص تیوباربیتوریک اسید تیمارهای روغن سویا در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد معنی دار بودند ($p \leq 0.05$). با توجه به شکل ۲، مقدار تیوباربیتوریک اسید اولیه در روز پنجم نگهداری در کلیه نمونه ها، ۰/۰۲ میلی گرم مالون آلدئید در هر کیلوگرم بود. با افزایش زمان نگهداری، مقدار شاخص تیوباربیتوریک اسید کلیه نمونه های روغن سویا به طور قابل توجهی افزایش یافت

نداشت. Ribeiro و همکاران (۲۰۱۹)، عنوان نمودند که راندمان استخراج حلال های مختلف به ویژگی های ماده و پیوند داخلی ترکیبات فنلی موجود در محصول و سازگاری با ترکیب شیمیایی حلال مورد استفاده بستگی دارد [۳۰]. ترکیبات مختلفی در دانه خردل وجود دارند که در فعالیت آنتی اکسیدانی دخیل هستند و این ترکیبات حلالیت های مختلف و رفتار آنتی اکسیدانی متفاوتی دارند. مهمترین پارامتر در استخراج با فراصوت، شامل نسبت حلال به ماده، ترکیب حلال و دمای استخراج می باشد. بیست دقیقه استفاده از فراصوت برای به حداکثر رساندن استخراج آنتی اکسیدان کافی می باشد و سونیکاسیون برای بیش از ۳۰ دقیقه غلظت فنول ها در عصاره ها را افزایش نمی دهد [۲۳].

فراصوت با کاهش زمان استخراج و افزایش راندمان، سبب افزایش استخراج آنتی اکسیدان ها می شود [۲۳]. همچنین با افزایش میزان غلظت از ۰/۵ به ۱ درصد روند افزایش تیوباربتوریک اسید آهسته تر بود، که این مورد به دلیل حضور ترکیبات فنلی و افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره استخراج شده از دانه خردل می باشد [۲۸]؛ به طوریکه در روز سی ام نگهداری، کمترین میزان شاخص تیوباربتوریک (0.16 mgMDA/kg) در نمونه های روغن سویا حاوی غلظت ۱ درصد عصاره های متانولی / فراصوت (T6) و استونی / فراصوت (T8) مشاهده شد. آنتی اکسیدان های موجود در عصاره دانه خردل الکترون دهنده گی موثری دارند و این ویژگی در ظرفیت آنتی اکسیدانی دانه خردل دخالت دارد [۲۴]. اختلاف معنی داری بین میزان شاخص تیوباربتوریک اسید تیمارهای سویا بر اساس نوع عصاره استونی و متانولی وجود

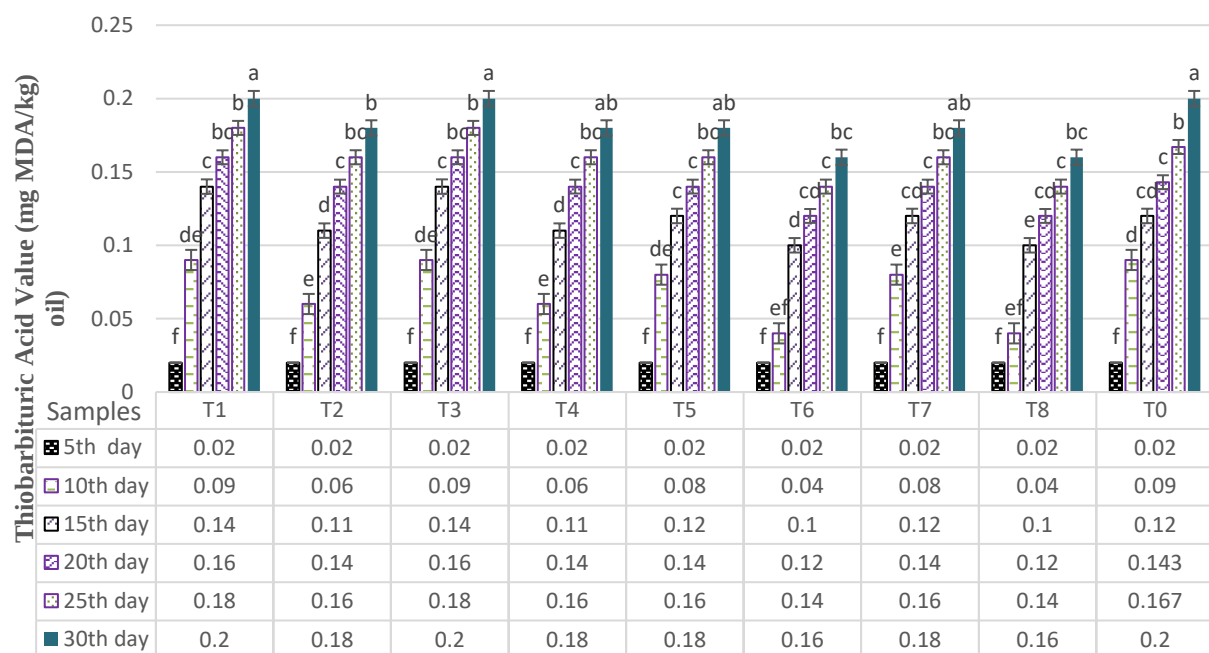


Fig 2 Comparison of the average Thiobarbituric acid value of soybean treatments during storage. Same letters indicate no statistical difference among the treatments while different letters indicates treatments have significantly difference ($p < 0.05$). Error bars represents standard deviations of mean values.

با بررسی نتایج آنالیز واریانس و نیز مقایسه میانگین عدد پراکسید، مشاهده شد که تاثیر تیمار، زمان نگهداری و اثر

۳-۲-۳ - عدد پراکسید

سویا به دلیل داشتن آنتی اکسیدان های طبیعی سبب جلوگیری از اکسیداسیون و افزایش پایداری روغن گردید. اختلاف آماری معنی داری بین میزان عدد پراکسید تیمارهای سویا بر اساس نوع عصاره متانولی و استونی وجود نداشت. Salari و همکاران (۲۰۰۹)، در نتایج تحقیقات خود عنوان نمودند که پارامتر قطبیت نسبت به انتخابگری در سیستم های حلال نقش مهم تری در استخراج ترکیبات فنولی ایفا می کند چرا که با ثابت بودن این پارامتر تفاوت معنی داری بین تیمارها مشاهده نمی گردد [۳۱]. Kamkar و همکاران (۲۰۱۴)، در بررسی اثرات آنتی اکسیدانی عصاره های اتانولی و متانولی گیاه مرزه بر روی خواص آنتی اکسیدانی روغن سویا دریافتند که عدد پراکسید و شاخص تیوباربتوریک اسید نمونه های روغن سویا حاوی عصاره های متانولی و اتانولی طی ۴۹ روز نگهداری به طور معنی داری کمتر از نمونه کنترل بود. اگرچه عصاره متانولی در مقایسه با عصاره اتانولی میزان عدد پراکسید را به طور موثرتری کاهش داد [۳۲].

متقابل تیمار در زمان نگهداری بر میزان عدد پراکسید تیمارهای روغن سویا در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد معنی دار بودند ($p \leq 0.05$). با توجه به شکل ۳، اندیس پراکسید در تمام نمونه ها طی نگهداری به طور معنی داری افزایش یافت ($p \leq 0.05$) که نشان دهنده اکسیداسیون و تشکیل پراکسیدها طی نگهداری می باشد [۱۷] اما افزایش غلظت عصاره جوانه دانه خردل از ۰/۵ به ۱ درصد و به کارگیری امواج فراصوت در استخراج، روند افزایش اندیس پراکسید را به طور معنی داری کاهش داد ($p \leq 0.05$). به طوریکه در روز سی ام نگهداری، نمونه های روغن سویا حاوی غلظت های ۱ درصد عصاره های متانولی/فراصوت (T6) و استونی/فراصوت (T8) نسبت به سایر نمونه ها کمترین اندیس پراکسید ($0.73 \text{ meqO}_2/\text{kg}$) را دارا بودند. پراکسیدها محصولات اولیه اکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع هستند. اندیس پراکسید جهت ارزیابی اکسیداسیون اولیه به کار می رود [۱۷]. عصاره های اضافه شده به روغن

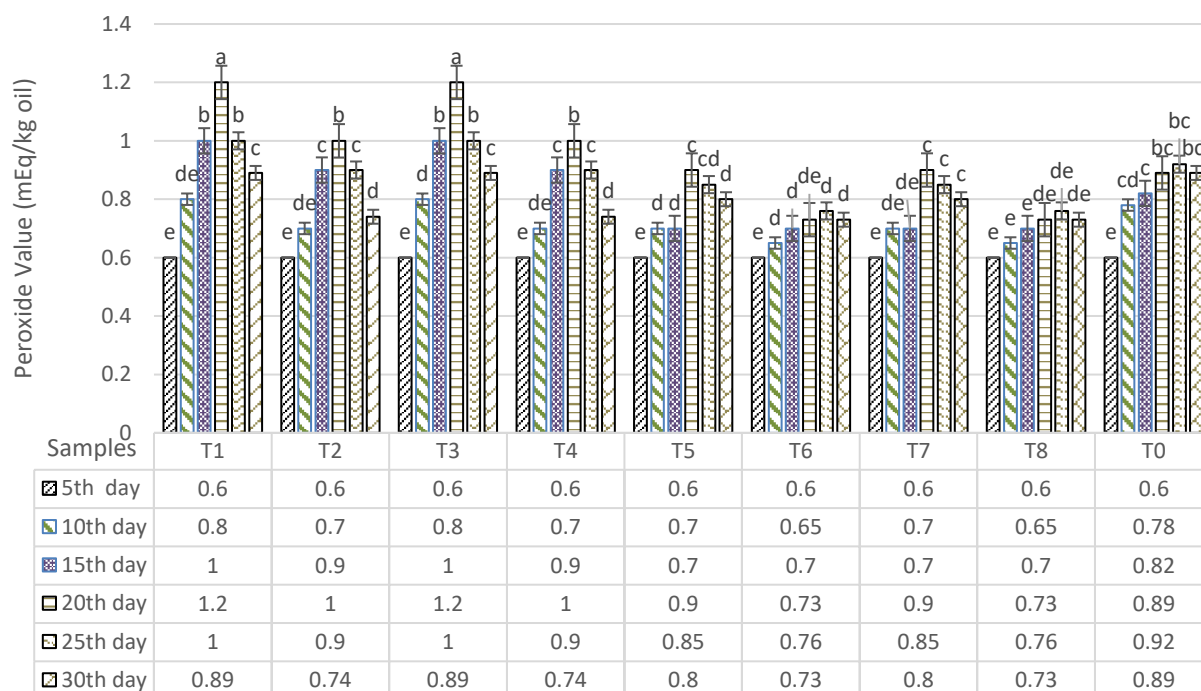


Fig 3 Comparison of the average peroxide value of soybean treatments during storage.

Same letters indicate no statistical difference among the treatments while different letters indicates treatments have significantly difference ($p < 0.05$). Error bars represents standard deviations of mean values.

۳-۲-۴- عدد آنیزیدین

با بررسی نتایج آنالیز واریانس و نیز مقایسه میانگین عدد آنیزیدین، مشاهده شد که تاثیر تیمار، زمان نگهداری و اثر متقابل تیمار در زمان نگهداری بر میزان عدد آنیزیدین تیمارهای روغن سویا در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد معنی دار بودند ($p \leq 0.05$). با توجه به شکل ۴، میزان آنیزیدین اولیه کلیه نمونه های روغن سویا، ۰/۲ بود که با افزایش

زمان نگهداری به طور قابل توجهی افزایش یافت ($p \leq 0.05$) اما این روند افزایشی در نمونه های روغن سویای حاوی عصاره های متانولی/ فراصوت و استونی/فراصوت آهسته تر بود و کمترین میزان عدد آنیزیدین (۰/۶) در روز سی ام نگهداری در تیمارهای T5, T6, T7, T8 مشاهده شد.

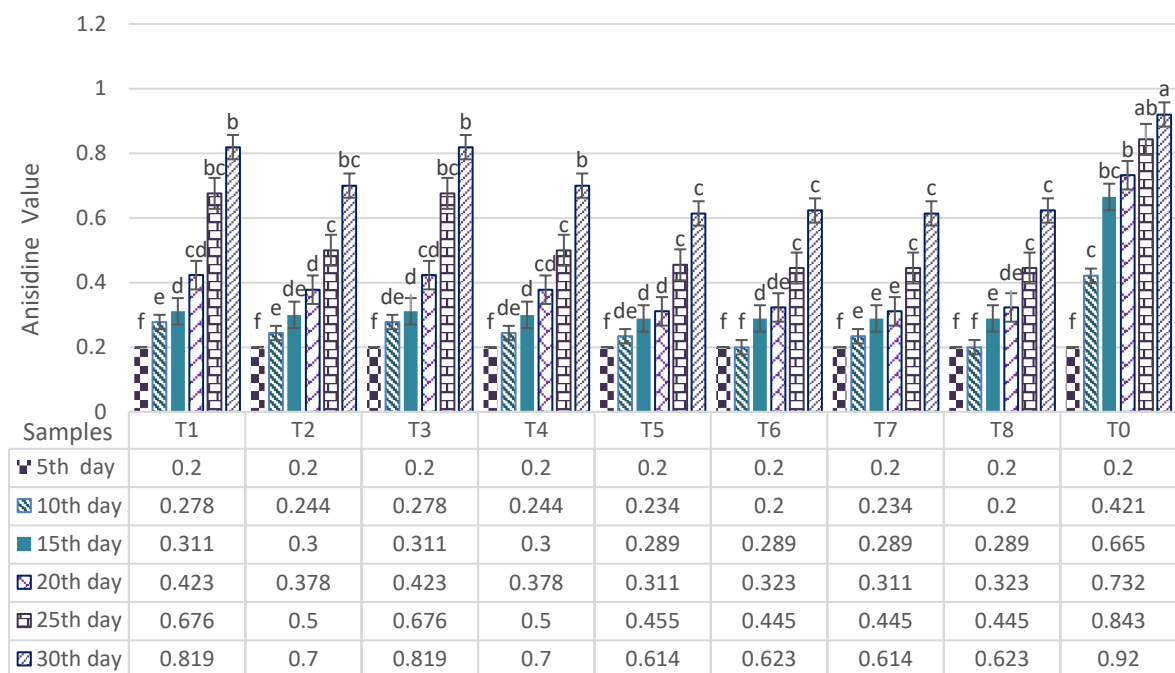


Fig4. Comparison of the average anisidine value of soybean treatments during storage. Same letters indicate no statistical difference among the treatments while different letters indicates treatments have significantly difference ($p < 0.05$). Error bars represents standard deviations of mean values.

با بررسی نتایج آنالیز واریانس و نیز مقایسه میانگین عدد توتوکس مشاهده شد که تاثیر تیمار، زمان نگهداری و اثر متقابل تیمار در زمان نگهداری بر میزان عدد توتوکس تیمارهای روغن سویا در سطح ۰/۰۵ درصد معنی دار بود ($p \leq 0.05$). با توجه به شکل ۵، میزان عدد توتوکس طی زمان نگهداری افزایش قابل توجهی نشان داد ($p \leq 0.05$) اما این افزایش در نمونه های روغن سویا حاوی غلظت ۱ درصد عصاره های جوانه دانه خردل متانولی/فراصوت (T6) و استونی/فراصوت (T8) با روند آهسته تری انجام شد. به گونه ای که در روز سی ام نگهداری کمترین میزان عدد توتوکس (۲/۰۸۳) در نمونه های T6 و T8 مشاهده گردید. با افزایش غلظت از ۰/۵ به ۱ درصد تفاوت معنی داری مشاهده شد. اختلاف معنی داری بین میزان عدد توتوکس تیمارهای سویا بر اساس نوع عصاره متانولی و استونی وجود نداشت. عدد توتوکس دربرگیرنده هر دو اندیس پراکسید و آنیزیدین می باشد، بنابراین شاخص مناسب تری برای سنجش کیفیت روغن محسوب می شود و مقدار آن باید کمتر از ۱۰ باشد [۱۷]. اندیس پراکسید با گذشت زمان تغییر می کند زیرا پراکسیدها تولید و تجزیه می شوند. عدد توتوکس این مزیت را دارد که اطلاعات کاملی درباره وضعیت اکسایشی روغن ارائه می دهد و در محاسبه عدد توتوکس محصولات اولیه (عدد آنیزیدین) و ثانویه اکسیداسیون (عدد پراکسید) در نظر گرفته می شود [۳۵]. Dua و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که تاثیر محافظتی عصاره متانولی دانه خردل بدون چربی نشان می دهد که آنتی اکسیدان های دانه خردل می توانند به طور موثر رادیکال های هیدروکسیل موجود را غیرفعال کنند [۲۴].

عدد آنیزیدین به عنوان یک تخمین تقریبی از قابلیت نگهداری روغن تازه فرآوری شده و برای کنترل محصولات ناشی از اکسیداسیون ثانویه به کار می رود و بعد از سی روز نگهداری در شرایط اکسید شدن تسریع شده، میزان عدد آنیزیدین کمتر از حداکثر مقدار مجاز (۱۰) بود [۱۷].

اختلاف معنی داری بین میزان عدد آنیزیدین تیمارهای سویا بر اساس نوع عصاره متانولی و استونی وجود نداشت. Salari و همکاران (۲۰۰۹)، در نتایج تحقیقات خود گزارش کردند که سیستم های استخراج حاوی استون در استخراج کیفی و سیستم های استخراج حاوی متانول در استخراج کمی بهتر عمل می کنند. بهینه سازی ساختار و نوع حلال می تواند نقش موثری در استخراج بهتر ترکیبات آنتی اکسیدانی داشته باشد [۳۱]. گزارش شده است عصاره های متانولی و آبی گیاهان مختلف فعالیت مهار رادیکال بهتری در مقایسه با عصاره های دی کلرومتان یا اتیل استات دارند، این مورد بر ماهیت قطبی بیوملکول های آنتی اکسیدانی دلالت دارد [۳۳]. افزایش پلی فنل ها و فعالیت آنتی اکسیدانی پس از جوانه زنی در این تحقیق با یافته های قبلی مطابقت داشت [۳۴].

نتایج تحقیقات Dua و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که آنتی اکسیدان های *Brassica Juncea* یا از طریق کی لیت کردن فلزات یا با ممانعت از واکنش های انتشار به طور موثر از اکسیداسیون لیپیدها جلوگیری می کند. کی لیت کردن فلزات نقش بسیار مهمی در مکانیسم آنتی اکسیدانی ایفا می کند، زیرا غلظت فلز را که پراکسیداسیون لیپید را کاتالیز می کند، کاهش می دهد. ممانعت از پراکسیداسیون لیپید بوسیله پلی فنل های از سایر منابع گیاهی نیز گزارش شده است [۲۴].

۵-۲-۳- عدد توتوکس نمونه های روغن سویا

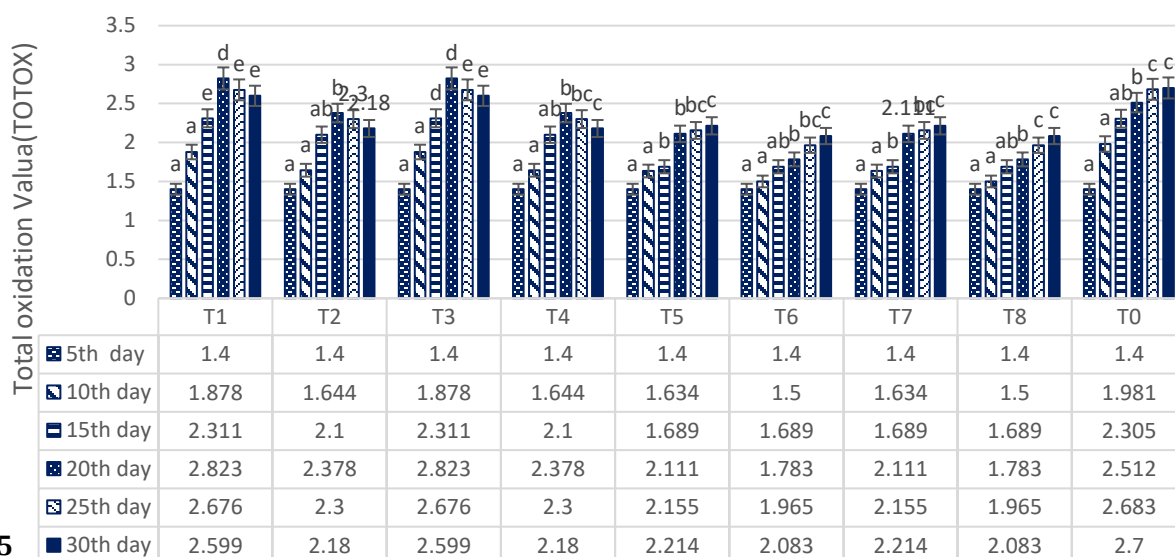


Fig 5

Comparison of the average TOTOX value of soybean treatments during storage.

Same letters indicate no statistical difference among the treatments while different letters indicates treatments have significantly difference ($p < 0.05$). Error bars represents standard deviations of mean values.

اسید، و افزایش شاخص پایداری اکسایشی نمونه های روغن تایید گردید. نمونه های حاوی غلظت ۱ درصد عصاره های متانولی/فراصوت و استونی/فراصوت بهترین نمونه ها از نظر پایداری اکسایشی بودند. جوانه دانه خردل منبع ارزشمندی از ترکیبات زیست فعال و آنتی اکسیدان های طبیعی است که به دلیل اثرات سودمند بر سلامت انسان می توانند در فرمولاسیون روغن خوراکی و یا به منظور غنی سازی و توسعه محصولات غذایی نوآورانه استفاده شود.

۵- منابع

- [1] Doinita Bors, M., Anamaria Semeniuc, C., Socaci, S., Vlaic, R., Petru Moldovan, O., Viorica Pop, A., Tofana, M. (2017). The influence of variety and processing on the total phenolic content and antioxidant activity of mustard. *Romanian Biotechnological Letters*, 22(3), 12514-12519.
- [2] Rajamurugana, R., Selvaganabathyc, N., Kumaravel, S., Ramamurty, Ch., Sujatha, V., and Thirunavukkarasu, C. (2012). Polyphenol contents

۴- نتیجه گیری

با توجه به عدم وجود گزارش در مورد فعالیت آنتی اکسیدانی و ترکیبات فنلی جوانه خردل ایرانی، این مطالعه نتایج امیدوارکننده ای را نشان می دهد. اثرات آنتی اکسیدانی عصاره جوانه دانه خردل استخراج شده با متانول، استون و امواج فراصوت در روغن سویا به روش های مختلفی مورد سنجش قرار گرفت و مشخص گردید با توجه به غنی بودن این عصاره از ترکیبات فنلی و دارا بودن خاصیت آنتی اکسیدانی، به طور موثری از تولید محصولات اولیه و ثانویه اکسیداسیون طی نگهداری ممانعت کرد که با کاهش در میزان اعداد پراکسید، آنیزیدین، توتوکس، شاخص تیوباربتوریک

and antioxidant activity of Brassica Nigra (L.) Koch. leaf extract. *Natural Product Research*, 26(23), 2208-2210.

[3] Oak, M. H., El Bedoui, J. and Schini-Kerth, V. B. (2005). Antiangiogenic properties of natural polyphenols from red wine and green tea. *The Journal of nutritional biochemistry*, 16(1), 1-8.

[4] Shahzadi, T., Khan, F., Riaz, S. (2015). An Overview

of Brassica Species for Crop Improvement. *American-Eurasian Journal of Agriculture & Environmental Science*, 15(8), 1568-1573.

[5] Rahman, M., Khatun, A., Liu, L., & Barkla, B. J. (2018). Brassicaceae mustards: Traditional and agronomic uses in Australia and New Zealand. *Molecules*, 23(1), 231. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES23010231>.

[6] Tian, Y., and Deng, F. (2020). Phytochemistry and biological activity of mustard (*Brassica juncea*): A review. *CyTA - Journal of Food*, 18(1), 704–718. <https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1833988>.

[7] Huang, S., Huang, M., and Feng, B. (2012). Antioxidant activity of extracts produced from pickled and dried mustard (*Brassica juncea* Coss. Var. *foliosa* Bailey). *International journal of food properties*, 15(2), 374-384.

[8] Lee, Y.H., Choo, C., Waisundara, V.Y. (2015). Determination of the Total Antioxidant Capacity and Quantification of Phenolic Compounds of Different Solvent Extracts of Black Mustard Seeds (*Brassica nigra*). *International Journal of Food Properties*, 18, 2500- 2507.

[9] Vasantha, R.H.P., Jayasankar, S., Lay, W. (2006). Variation in total phenolics and antioxidant capacity among European plum genotypes. *Scientia Horticulturae*, 108, 243–246.

[10] Tavakoli, J., Khani, J., Shahroozi, M. (2019). Investigating the effect of extracts from the germs of different wheat cultivars (usual and under the ultrasonic process) in oxidative stability of soybean oil. *Journal of Food Science & Technology*, 16(88), 99-107 (in Persian).

[11] Mousavi Aghdam, M. and Alizadeh, K. (2014). Evaluation of drought tolerance and finding suitable cultivars of Mustard under cold dryland condition of Oroumieh. *Iranian Dry land Agronomy Journal*, 3(2), 97-103 (in Persian).

[12] Adeli Milani, M., Ghobadi Dana, M., Ghanbarzadeh, B., Alizadeh, A., Ghasemi Afshar, P. (2019). Comparison of the Chemical Compositions and Antibacterial Activities of Two Iranian Mustard Essential Oils and Use of these Oils in Turkey Meats as Preservatives. *Applied Food Biotechnology*, 6(4), 225-236.

[13] Perez-Balibrea, S., Moreno, D.A. and Garcia-Viguera, C. (2011). Improving the phytochemical composition of broccoli sprout by elicitation. *Food chemistry*, 129(1), 35-44.

[14] Gharachorloo, M., Ghiassi Tarzi, B., Baharinia, M., Hemaci, A.H. (2012). Antioxidant activity and phenolic content of germinated lentil (*Lens culinaris*). *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(30), 4562-4566.

[15] Ghorbani, M., Aboonajmi, M., Ghorbani Javid, M. and Arabhosseini, A. (2017). Effect of ultrasound extraction conditions on yield and antioxidant properties of the fennel seed (*Foeniculum vulgare*) extract. *Food Science and Technology*, 14 (6) (in Persian).

[16] Fernandez-Orozco, R., Piskula, M.K., Zielinski, H., Kozowska, H., Frias, J. and Vidal-Valverde, C. (2006). Germination as a process to improve the antioxidant capacity of *Lupinus angustifolius* L. var. Zapaton. *European Food Research Technology*, 223, 495–502.

[17] Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. and Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel Wissenschaft Technologie*, 28, 25–30.

[18] Benzie, I.F.F. and Strain, J.J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. *Journal of Analytical Biochemistry*, 239(1), 70-76.

[19] Shakerardekani, A. and Abootalebi, M. (2019). Study on the Pistachio Oil Oxidative Stability Increase Using Monoglyceride Emulsifier and Carotino Oil at 60°C. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*, 14(3), 87-96.

[20] Firestone, D. (1994). Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society 4th edn. AOCS Press, Champaign.

[21] Gharachorloo, M., Ghavami, M., Mahdiani, M. and Azizinezhad, R. (2010). The effects of microwave frying on physicochemical properties of frying and sunflower oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 87, 355-360.

[22] Ghavami, M., Gharachorloo, M. and Ghiassi Tarzi, B. (2008). Laboratory Techniques Oils & Fat. Publications of Islamic Azad University, Science and Research Unit, second chapter (in Persian).

- [23] Dubie, J., Stancik, A., Morra, M. and Nindo, C. (2013). Antioxidant Extraction from Mustard (*Brassica juncea*) Seed Meal Using High-Intensity Ultrasound. *Journal of Food Science*, 78(4). doi: 10.1111/1750-3841.12085.
- [24] Dua, A., Chander, S., Agrawal, S., Mahajan, R. (2014). Antioxidants from defatted Indian Mustard (*Brassica Juncea*) protect biomolecules against in vitro oxidation. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 20(4), 539–543.
- [25] Salmanian, S., Sadeghi Mahoonak, A.R., Alami, M. and Ghorbani, M. (2014). Evaluation of total phenolic, flavonoid, anthocyanin compounds, antibacterial and antioxidant activity of hawthorn (*Crataegus Elbursensis*) fruit acetonic extract. *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*, 13(1), 53–66 (in Persian).
- [26] Khajenoori, M. and Haghighi Asl, A. (2014). Review of extraction of plant natural components by Microwaves and ultrasounds. *Innovative Food Technologies*, 1(3), 81–91 (in Persian).
- [27] Lee, M.A., Choi, J.H., Choi, Y.S., Han, D.J., Kim, H.Y., Shim, S.Y., Chung, H.K., Kim, C.-J. (2010). The antioxidative properties of mustard leaf (*Brassicajuncea*) kimchi extracts on refrigerated raw groundpork meat against lipid oxidation. *Meat Science*, 84, 498–504. DOI: 10.1016/j.meatsci.2009.10.004.
- [28] Adeli Milani, M., Ghobadi Dana, M., Ghanbarzadeh, B., Alizadeh, A., Ghasemi Afshar, P. (2020). Effect of novel bioactive coating enriched with nanoemulsion of mustard essential oil on the quality of turkey meat. *Journal of Food and Nutrition Research*, 59(1), 1–80.
- [29] Ngo, T. V., Scarlett, C. J., Bowyer, M.C., Ngo, P. D. and Vuong, Q.V. (2017). Impact of Different Extraction Solvents on Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity from the Root of *Salacia chinensis* L. *Journal of Food Quality*, 2017, 1–9.
- [30] Ribeiro, M. D., Tomás Melo, C. M., Almeida, E.S., Queiroz, C. R. A.D. (2019). Extraction of total phenolic content and antioxidant activity of *Capsicum chinense* and *Capsicum* spp in different solvents and extraction time. *Bioscience Journal*, 35(4), 1110–1119.
- [31] Salari, A., Habibi Najafi, M.B., Farhoosh, R., Marashi, S.H. (2009). Extraction of grape seed extract with different solvent systems and evaluation of its antioxidant and antiradical properties. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 5(1), 1–10.
- [32] Kamkar, A., Tooriyan, F., Jafari, M., Bagherzade, M., Saadatjou, S. and Molaee Aghaee, E. (2014). Antioxidant activity of methanol and ethanol extracts of *Satureja hortensis* L. in soybean oil. *Journal of food quality and hazards contro*, 1(4), 113–119.
- [33] Saxena, S.N., Karwa, S., Saxena, R., Sharma, T., Sharma, Y.K., Kakani, R.K., Anwer, M.M. (2011). Analysis of antioxidant phenolic and flavonoid content of fenugreek seed extracts. *International Journal of Seed Spices*, 1(1), 38–43.
- [34] Efrem, M., Negussie, R., Sekwati-Monang, B., Kobue-Lekalake, R. I., Selebatso, T., Setlalekgomo, M. R., Haki, G. D. (2022). Effect of Germination on Polyphenol Contents and Antioxidant Activity in Mustard Seeds (*Brassica Nigra*) Grown in Ethiopia. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 13(10), 4087–4092.
- [35] Cao, J., Deng, L., Zhu, X.M., Fan, Y., Hu, J.N., Li, J. and Deng, Z.Y. (2014). Novel approach to evaluate the oxidation state of vegetable oils using characteristic oxidation indicators. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(52), 12545–12552.

Journal of Food Science and Technology (Iran)Homepage: www.fsct.modares.ir**Scientific Research****Investigating the antioxidant properties of mustard seed sprout extracted with ultrasound and its effect on the oxidative stability of soybean oil**Narges Nasimi¹, Peymaneh Ghasemi Afshar^{2*}, Maryam Gharachorloo³

1- MSc Student of the Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- Assistant Professor of the Department of Food Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

3- Associate Professor of the Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

ABSTRACT

The use of plant extracts containing natural antioxidants to increase the oxidative stability of edible oils has received more attention. The purpose of this research was to investigate the antioxidant properties of methanol and acetone extracts of Iranian mustard seed sprouts extracted by maceration and ultrasound methods and its effect on the oxidative stability of soybean oil. The antioxidant properties of the extracts were investigated by determining the total phenolic contents, DPPH free radical scavenging capacity and also the Ferric Reducing Power, and the stability of soybean oil samples containing 0.5% and 1% of the extracts was evaluated after oven test on the 5th, 10th, 15th, 20th, 25th, and 30th days of storage by peroxide, anisidine, thiobarbituric acid values and oxidative stability tests. The results showed that during the storage, the amount of peroxide, anisidine and thiobarbituric acid values of the samples increased and the oxidative stability index decreased significantly ($p \leq 0.05$). There was no statistically significant difference between the oxidative stability of samples containing methanolic and acetone extracts. Increasing the concentration of the extract significantly reduced the rate of oil oxidation ($p \leq 0.05$). The rate of decreasing stability in samples containing 1% concentration of ultrasound assisted extract due to having higher phenolic compounds and antioxidant properties was significantly slower compared to the control and other samples ($p \leq 0.05$). This extract was effective as a natural antioxidant in increasing the stability of soybean oil.

ARTICLE INFO**Article History:**

Received: 2023/4/14

Accepted: 2023/9/30

Keywords:

methanol extract,

acetone extract

ultrasound waves,

soybean oil,

mustard seed sprout

DOI: 10.22034/FSCT.20.144.153**DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.144.9.3**

*Corresponding Author E-Mail:

dr.ghasemiafshar@gmail.com