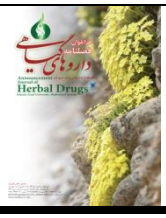


فصل‌نامه داروهای گیاهی

journal homepage: www.jhd.iaushk.ac.ir

ارزیابی ترکیبات شیمیایی و خصوصیات آنتی‌اکسیدانی گیاهان پاغازه و والک سوری بر روغن سویا

مائده گل احمد[۱]، محمد حجت الاسلامی[۱*]،مریم جعفری[۲،۱]، لیلا صداقت بروجنی[۱]

۱. گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران؛

** مسئول مکاتبات* (E-mail:*mohojjat@gmail.com*)

۲. مرکز تحقیقات تغذیه و محصولات ارگانیک، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران؛

شناسه مقاله

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۱/۱۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۰۸

نوع مقاله: علمی - پژوهشی

موضوع: صنایع غذایی

کلید *واژگان*:

- ✓ *عصاره هیدروالکی*
- ✓ *گیاه پاغازه*
- ✓ *گیاه والک سوری*
- ✓ *خصوصیات آنتی‌اکسیدانی*
- ✓ *روغن*

چکیده

مقدمه و هدف: پاغازه و والک سوری دو گیاه بومی ایران هستند که کمتر مورد توجه قرار گرفته اند. ظرفیت بالای آنتی‌اکسیدانی آنها در کنار مصارف خوراکی سبب می‌شود تا از آنها بتوان در بسیاری از مواد غذایی استفاده کرد. مطالعه حاضر به منظور شناسایی ترکیبات شیمیایی و بررسی خصوصیات آنتی-اکسیدانی عصاره گیاهان پاغازه و والک سوری در روغن سویا انجام شد.

روش تحقیق: پس از جمع آوری و خشک کردن گیاهان، عصاره هیدروالکی آنها استخراج شد. عصاره گیاهان با استفاده از دستگاه GC-MS به منظور شناسایی ترکیبات شیمیایی مورد استفاده قرار گرفت. درصد به دم اندازی رادیکال‌های آزاد DPPH و میزان ترکیبات فنولی کل در هر کدام از عصاره‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس عصاره‌های گیاهی با غلظت‌های۲۰۰، ۶۰۰ و ۱۰۰۰ ppm به روغن سویا افزوده شده و شاخص‌هایی همچون اندیس پراکسید، تیوباربیتوریک اسید، دی ان و تری ان‌های مزدوج و عدد اسیدی پس از حرارت دهی در دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد مورد ازیابی قرار گرفتند.

نتایج و بحث: تیمول در عصاره والک سوری و استیل تیمول در عصاره پاغازه به عنوان فراوان‌ترین ترکیبات شیمیایی شناسایی شدند. مشخص شد که درصد به دام اندازی DPPH در هر دو نوع عصاره با افزایش غلظت، افزایش پیدا کرد. درصد به دام اندازی در عصاره گیاه پاغازه بیشتر از والک سوری بود. میزان ترکیبات فنولی کل موجود در عصاره گیاهان پاغازه و والک سوری به ترتیب ۷۰/۱۲ و ۴۰/۳۲ میلی گرم گالیک اسید در هر گرم عصاره بود. میزان اسیدیته روغن سویا در طی ۳ روز حرارت دهی در ۱۲۰ درجه سانتیگراد در تمامی تیمارها افزایش پیدا کرد و در تیمار حاوی عصاره والک سوری بیشتر بود. میزان دی‌ان و تری‌ان‌های مزدوج، اندیس تیوباربیتوریک اسید و پراکسید در روزهای مختلف در روغن حاوی عصاره گیاه پاغازه به مراتب کمتر از والک سوری بود.

توصیه کاربردی/صنعتی: کاربرد عصاره پاغازه به عنوان یک ترکیب طبیعی در مواد غذایی حاوی روغن و چربی، به جهت اثرات آنتی‌اکسیدانی بالا و به تعویق انداختن فساد اکسیداتیو پیشنهاد می‌گردد.

۱. مقدمه

امروزه با صنعتی شدن زندگی ها و افزایش آگاهی اکثر اقشار جامعه، استفاده از مواد غذایی سالم بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. سویا یکی از پرمصرف ترین دانه های روغنی است. سویا حاوی پروتئین، اسید های چرب ضروری و طیف وسیعی از ویتامین‌ها است.میزان چربی موجود در دانه سویا ۱۸ تا ۲۰ درصد است. این دانه روغنی بیشترین سهم تولید را در بین دانه های روغنی دارد (۵۸/۲۹ درصد). روغن سویا دارای اسیدهای چرب غیر اشباع و آنتی اکسیدان طبیعی توکوفرول است که برای سلامتی انسان بسیار مفید است. روغن سویا در محدوده نسبتا وسیعی از دما، به صورت مایع بوده و ترکیبات غیر اشباع آن زیاد است. فراوانی بالا، قیمت پایین، کیفیت خوب روغن، محصول پروتئینی با ارزش به جا مانده از روغنکشی و بازده بالای تولید روغن عواملی هستند که سبب افزایش اهمیت روغن سویا شده‌اند (Deol *et al.*, 2015; Messina, 2016).

وجود مقدار نسبتا زیاد اسید لینولنیک (۷ تا ۸ درصد) در روغن سویا، سبب کاهش پایداری روغن در مقابل اکسیداسیون شده است. بنابراین، پایداری اکسایشی این روغن بسیار پایین است که این امر موجب کاهش کیفیت و افت خواص تغذیه‌ای آن به خصوص در هنگام سرخ کردن می‌شود (Deol *et al.*, 2015; Peng *et al.*, 2016).

اکسیداسیون روغنها در حین نگهداری و فرآوری غذاها نه تنها باعث از دست رفتن کیفیت تغذیه ای و هضمی غذا می‌شود، بلکه سبب تولید محصولات اکسید شده‌ای مانند رادیکال‌های آزاد می‌گردد. رادیکال‌های آزاد تولید شده در مواد غذایی باعث اکسیداسیون خود به خودی و تولید ترکیبات شیمیایی نامطلوب و بروز بسیاری از بیماری‌ها به خصوص سرطان می‌شوند. از این رو کارخانجات تولید روغن های خوراکی و به خصوص روغن سویا، از آنتی اکسیدان‌های سنتزی برای جلوگیری از اکسیداسیون این روغن‌ها، استفاده می‌کنند. امروزه در صنعت روغن بیشتر از آنتی اکسیدانهای سنتزی مانند BHT، BHA و TBHQ برای به تأخیر انداختن اکسیداسیون استفاده می‌شود. با این وجود، این آنتی اکسیدان‌ها معمولا سبب کاهش کیفیت تغذیه ای روغن شده و اثرات سرطان زایی و جهش زایی آنها به اثبات رسیده است. بنابراین با توجه به اثرات نامطلوب آنتی اکسیدان های سنتزی و همچنین با توجه به گرایش اغلب مصرف کنندگان به استفاده از ترکیبات طبیعی، استفاده از ترکیبات طبیعی دارای اثرات آنتی‌اکسیدانی، بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است (Ravi Kiran., 2015; Peng *et al.*, 2016; Taghvaei & Jafari, 2015).

یکی از مهمترین منابع آنتی اکسیدانهای طبیعی، ترکیبات فنلی موجود در عصاره های گیاهی است. عصاره های استخراج شده از گیاهان در صنایع مختلف از جمله غذایی، دارویی، آرایشی و بهداشتی استفاده می‌شود.

دو گیاه پاغازه (*Falcaria vulgaris*) و والک سوری (*Allium noeanum*) گیاهان بومی ایران و استان کرمانشاه هستند که به دلیل داشتن ترکیبات فنولی می‌توانند خصوصیات زیستی فراوانی از جمله اثرات آنتی‌اکسیدانی ، ضد میکروبی و پیش گیری کننده از بروز سرطان داشته باشند. گیاه پاغازه یا غازیاقی، گیاه علفی دو ساله یا چند ساله منحصر به فرد از تیره چتریان است که موطن آن غرب ایران است. ارتفاع آن حدود بیست تا سی سانتیمتر و گاهی تا صد سانتیمتر نیز می‌باشد. برگ‌های آن سه قسمتی است و به صورت پای زاغ یا کلاغ است، طعم برگ‌ها قدری تند و قابض و کمی شیرین مزه و مختصری رنگ زرد دارد. گل‌های آن سفید یا صورتی و کوچک هستند و ریشه آن متمایل به زرد، دایره‌ای شکل و گره‌دار است. این گیاه بیشتر در کنار آب‌بندها، نهرها و مرداب‌ها به صورت خودرو می‌روید. مواد مؤثره این گیاه در درمان زخم‌های پوستی، مشکلات معدوی، بیماریهای کبدی، سنگ کلیه و کیسه صفرا به کار می‌رود (Shafaghat., 2010; Choobkar *et al.*, 2017; Altmetric *et al.*, 2012).

والک سوری گیاهی از خانواده لیلیاسه و شبیه سیر است اما بوی آن ملایم‌تر و طعم آن شیرین‌تر از سیر است. ارتفاع این گیاه به ۳۰ سانتی‌متر می‌رسد. این گیاه دارای ۳ تا ۴ برگ بلندتر از ساقه گل بوده و عرض آن‌ها به ۲ سانتی متر می‌رسد. قطعات گلپوش ارغوانی مایل به صورتی آن تا ۱۴ میلی متر طول دارند. زمان گلدهی این گیاه در فصل اردیبهشت است. موطن اصلی این گیاه استان های کردستان و کرمانشاه است. استفاده از این گیاه به شکل سنتی برای تصفیه خون، درمان ناراحتی های گوارشی، کاهش کلسترول و قند خون مفید است. این گیاه همچنین دارای خواص آنتی‌اکسیدانی،

ضد میکروبی، مهار تجمع پلاکتی و جلوگیری از حساسیت‌های پوستی است (Bahraminejad., 2013; Friesen *et al*., 2006; Firat, 2015).

با توجه به فقدان مطالعات بر روی گیاهان پاغازه و والک سوری و همچنین اهمیت بالای جلوگیری از اکسیداسیون روغن‌ها و چربی‌ها، مطالعه حاضر به منظور بررسی ترکیبات شیمیایی موجود در عصاره پاغازه و والک سوری و همچنین ارزیابی اثرات آنتی‌اکسیدانی عصاره این گیاهان روی پایداری روغن سویا، انجام گرفته است.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. جمع آوری گیاهان و عصاره‌گیری

قسمتهای هوایی خشک شده گیاهان پاغازه و والک سوری از عطاری های استان کرمانشاه خریداری شد و با یک دور آسیاب کردن، نمونه‌ها برای عصاره‌گیری آماده گردید. سپس ۱۰۰ گرم پودر گیاه در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر مخلوط اتانول به آب با نسبت ۷۵ به ۲۵ ریخته و به مدت ۴۸ ساعت داخل ارلن‌هایی که با فویل آلومینیومی درب آن بسته شده بود همراه با همزدن قرار داده شد. سپس محتویات را از کاغذ صافی عبور داده و در اواپراتور چرخان تحت خلاء با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد تغلیظ شد. سپس در آون تحت خلاء با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد کاملا خشک شد(Tahami *et al*., 2012;Gharekhani *et al*., 2009).

۲-۲. ارزیابی ترکیبات شیمیایی موجود در عصاره‌ها

به منظور بررسی ترکیبات شیمیایی موجود در عصاره هر دو گیاه والک سوری و پاغازه، از دستگاه کروماتوگرافی گازی (Agilent GC-MassTechnologies-7890A) مجهز به طیف سنج جرمی (Agilent Technologies-5975C) و ستون با مشخصات، HP5MS، طول ۳۰ متر، قطر بیرونی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت فیلم داخلی ۰/۲۵ میکرومتر استفاده شد. برنامه دمایی ستون به این نحو تنظیم گردید که دمای ابتدایی آون ۶۰ درجه سانتی‌گراد و توقف در این دما به مدت ۲ دقیقه، گرادیان حرارتی ۴ درجه سانتی‌گراد در هر دقیقه و دما تا ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت. از گاز نیتروژن به عنوان گاز حامل با سرعت جریان ۲ میلی‌لیتر در دقیقه استفاده شد. عصاره گیاهان مورد نظر پس از آماده سازی و فیلتر کردن، به میزان ۰/۱ میکرولیتر به دستگاه GC/MS تزریق گردید تا نوع ترکیبات تشکیل دهنده آنها مشخص شود (Sedaghat Boroujeni *et al*, 2013).

۲-۳. اندازه گیری ترکیبات فنولی کل

مقدار ۵۰ میلی‌گرم عصاره را با ۱ میلی‌لیتر متانول مخلوط کرده و ۵۰ میکرولیتر از آن با ۱ میلی‌لیتر آب مقطر و ۵ میلی لیتر معرف فولین سیوکالتو ترکیب شد. محلول فوق به مدت ۲۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفت و سپس ۵/۲ میلی‌لیتر کربنات سدیم به آن افزوده و میزان جذب در طول موج ۷۳۵ نانو متر قرائت شد (Shahsavari *et al*., 2010). منحنی استاندارد با استفاده از گالیک اسید در غلظت‌های ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ ppm تهیه و میزان جذب آنها در طول موج ۷۶۰ نانومتر قرائت گردید. سپس منحنی استاندارد رسم و مورد استفاده قرار گرفت (Shahsavari *et al*., 2010).

۲-۴. ارزیابی میزان به دام اندازی رادیکالی های آزاد DPPH

به مقدار ۳۹۰۰ میکرو لیتر از محلول استاندارد DPPH مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره با غلظت مشخص اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه در محل تاریک قرار گرفت و در نهایت جذب نمونه را با دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۵۱۵ نانومتر قرائت شد. همچنین میزان جذب استوک در طول موج ۵۱۷ نانومتر نیز قرائت شد.

در نهایت درصد مهار رادیکال‌های آزاد DPPH با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (Shyamala *et al*., 2005):

درصد به دام اندازی رادیکال آزاد $= (A_c - A_s)/ A_c \times 100$

دراین رابطه Ac و As به ترتیب جذب کنترل و جذب نمونه می‌باشند.

۲-۵. افزودن عصاره‌ها به روغن سویا

ابتدا عصاره‌ها در پروپروپیلن گلایکول حل شده و با غلظت‌های مورد نظر در این تحقیق به روغن سویا اضافه شده و با همزن به شدت هم زده شد. این فرآیند موجب شد تا عصاره‌ها به طور

یکنواخت در روغن حل شوند. تیمارهای مورد مطالعه در بررسی حاضر عبارت اند از:

۱- تیمار شاهد: روغن سویا بدون آنتی‌اکسیدان

۲- روغن سویا حاوی ppm ۱۰۰ آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQ

۳- روغن سویا حاوی ppm۲۰۰ عصاره پاغازه

۴- روغن‌سویا حاوی ppm ۶۰۰ عصاره پاغازه

۵- روغن سویا حاوی ppm۱۰۰۰ عصاره پاغازه

۶- روغن سویا حاوی ppm ۲۰۰ عصاره والک سوری

۷- روغن سویا حاوی ppm ۶۰۰ عصاره والک سوری

۸- روغن سویا حاوی ppm ۱۰۰۰ عصاره والک سوری

۲-۶. بررسی پایداری اکسیداتیو تیمارها با دستگاه رنسیمت

میزان پایداری روغن در برابر اکسیداسیون مطابق AOCS روش Cd 12b-92 اندازه گیری شد (AOCS, 2005). برای تعیین مدت زمان مقاومت نمونه‌های روغن به شرایط اکسایش تسریع شده از دستگاه رنسیمت استفاده شد که در آن روغن تحت دمای بالا و درجه حرارت ۱۱۰ درجه سانتیگراد و در معرض اکسیژن با جریان ۲۰ میلی‌لیتر بر ساعت قرار گرفته و تغییرات هدایت الکتریکی آب کنترل شد.

۲-۷. فرآیند سرخ کردن

۲ لیتر روغن (شاهد و نمونه‌های حاوی آنتی‌اکسیدان و عصاره) به مدت ۲ ساعت در سرخ‌کن خانگی (گاستروبک، آلمان) با دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد شرایط کنترل دمایی حرارت داده شد. سپس روغن در دمای محیط سرد و دوباره به مدت ۲ ساعت با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد و در دمای محیط سرد گردید. به فاصله هر یک ساعت از روغن‌ها نمونه‌گیری شد و بر روی نمونه‌ها آزمایش پراکسید، اسیدیته، تیوباربیتوریک اسید، دی ان و تری ان مزدوج و رنگ انجام گرفت. این عملیات تا سه روز انجام پذیرفت. نمونه‌ها پس از هر بار نمونه‌گیری در فریزر با دمای ۱۸- درجه سانتیگراد، تا زمان انجام آزمایشات نگهداری شدند.

۲-۸. اندازه گیری عدد پراکسید

عدد پراکسید با روش یدومتری مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۱۹۷ و تیتراسیون با تیوسولفات سدیم ۰/۱ نرمال انجام پذیرفت. در مواردی که کمتر از ۰/۵ میلی‌لیتر تیوسولفات سدیم ۰/۱ نرمال مصرف شد، آزمایش با تیوسولفات سدیم ۰/۰۱ نرمال تکرار شد. در پایان، عدد پراکسید بر اساس حجم مصرفی تیوسولفات سدیم برای نمونه‌ها و شاهد و وزن نمونه روغن محاسبه شد.

۲-۹. عدد اسیدی

اندازه‌گیری عدد اسیدی مطابق با روش مصوب AOCS به شماره Cd 3d-63 انجام پذیرفت (AOCS, 2005).

۲-۱۰. اندازه‌گیری دی‌ان‌های مزدوج و تری‌ان‌های مزدوج

اندازه‌گیری دی‌ان و تری‌ان‌های مزدوج مطابق با روش مصوب AOCS به شماره Ch 5- 91 انجام پذیرفت (AOCS, 2009). ۰/۲۵گرم نمونه روغن را در بالن حجمی ۲۵ میلی‌لیتری وزن شد. سپس با استفاده از حلال 1- بوتانل، محتویات به حجم رسانده شد و به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر، در دو طول موج ۲۳۲و ۲۷۰ نانومترجذب نمونه‌ها قرائت شد.. برای به‌دست آوردن عدد دی ان مزدوج از معادله زیراستفاده شد:

$$E_{1cm}^{1\%} = k = \frac{A}{c \times l}$$

در این رابطه:

عدد K: میزان Specific extraction برای طول موج مورد نظر؛ A: میزان جذب اندازه گیری شده در طول موج مورد نظر؛ C: غلظت محلول برحسب گرم بر 100 میلی‌لیتر؛ L: طول سل بر حسب سانتیمتر

۲-۱۱. تعیین ترکیب اسیدهای چرب

ابتدا نمونه‌های روغن از طریق متیلاسیون تبدیل به مشتقات متیله اسید چرب شدند و سپس با استفاده از کروماتوگرافی گازی مجهز به ستون HP-88 (طول ۱۰۰ متر، قطر ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت فیلم ۰/۲۰ میکرومتر) و دتکتور FID در دمای ۲۶۰ درجه سانتیگراد پروفایل اسید چرب در نمونه‌ها تعیین شد. همچنین تغییرات اسیدچرب نمونه‌ها در اول و پایان دوره سرخ کردن مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲-۱۲. سنجش میزان تیوباربیتوریک اسید

مقدار ۰/۰۵ تا ۰/۲گرم از TBA به دقت وزن و سپس با n-بوتانول به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. در یک بالن ۲۵ میلی‌لیتری، ۰/۱ گرم از نمونه روغن توزین و سپس با n- بوتانول به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس در یک لوله آزمایش درب دار، ۵ میلی‌لیتر از نمونه و ۵ میلی‌لیتر از محلول TBA اضافه شد. لوله‌های آزمایش در بن ماری در دمای ۹۰ درجه به مدت ۱۲۰ دقیقه قرار داده شد و پس از سرد کردن، جذب نمونه ها در طول موج ۵۳۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (Gudej, 1977).

۲-۱۳. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

نمونه برداری‌ها در ۳ روز متوالی و در هر روز ۴ ساعت انجام پذیرفت، از آنجا که اختلافات معنی دار و تغییرات شدید در پارامترهای مورد ارزیابی در روز سوم بروز پیدا کرد در تحقیق حاضر تنها نتایج روز سوم ذکر شده است. آزمایشات در سه تکرار انجام شده و نتایج به صورت میانگین ±SD گزارش شدند. جهت بررسی وجود اختلاف معنی‌دار در میان نتایج از آنالیز واریانس یک طرفه و آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

۳-۱. ترکیبات شیمیایی عصاره‌های گیاهی

فراوان‌ترین ترکیبات شیمیایی موجود در عصاره پاغازه و والک سوری در جدول ۱ نمایش داده شده است. در کل ۹۳ ترکیب شیمیایی در عصاره گیاه پاغازه شناسایی شد. فراوان‌ترین ترکیب شیمیایی در این عصاره طبق جدول ۱ شامل thymol ۱۳ درصد، carvacrol ۱۶/۵ درصد، acetylthymol ۱۷/۷ درصد، Caryophyllene ۴/۰۱ درصد، Beta-cuvebene ۸/۶۳ درصد، Lepidozene bicyclogermacrene ۳/۵۵ درصد، spathulenol ۱۰/۷ درصد، و Caryophyllene oxide ۳/۰۹ درصد بود. در عصاره گیاه والک سوری نیز در کل ۱۰ ترکیب شیمیایی با فراوانی بیشتر شناسایی شدند. فراوان‌ترین ترکیبات شیمیایی تشخیص داده شده در عصاره گیاه والک سوری به ترتیب Carvacrol ۶/۴۲ درصد، Thymol ۳۰/۳۲ درصد، Spathulenol ۳/۷۹ درصد، Caryophyllene ۸/۵۴ درصد و مقدار Germacrene-D ۴ درصد بود.

جدول۱. مهمترین ترکیبات شیمیایی موجود در عصاره گیاه پاغازه

گیاه پاغازه			گیاه والک سوری		
شماره	RT (min)	ترکیب شیمیایی	فراوانی (٪)	شماره	RT (min)	ترکیب شیمیایی	فراوانی (٪)
۱	۱۵/۸۱	Thymol	۱۳/۰۰	۱	۷/۴۲	p-Cymene	۱/۷۶
۲	۱۶/۱۵	Carvacrol	۱۶/۵۰	۲	۷/۵۳	Limonene	۲/۷۰
۳	۱۷/۷۴	Acetylthymol	۱۷/۷۰	۳	۱۵/۸۱	Thymol	۳۰/۳۲
۴	۱۹/۸۴	Caryophyllene	۴/۰۱	۴	۱۶/۱۵	Carvacrol	۶/۴۲
۵	۲۱/۷۵	Beta-cuvebene	۸/۶۳	۵	۱۹/۸۴	Caryophyllene	۸/۵۴
۶	۲۲/۱۹	Lepidozene bicyclogermacrene	۳/۵۵	۶	۲۱/۷۱	Germacrene-D	۴/۰۰
۷	۲۴/۶۳	Ent-spathulenol	۱۰/۷۰	۷	۲۲/۱۷	Germacrene	۳/۰۴
۸	۲۱/۷۶	Caryophyllene oxide	۳/۰۹	۸	۲۲/۹۶	Delta-Cadinene	۱۵/۰۲
				۹	۲۴/۵۷	Spathulenol	۳/۷۹
				۱۰	۲۴/۷۳	Caryophylene oxide	

۳-۲. میزان ترکیبات فنل کل و درصد مهار رادیکال آزاد در عصاره‌های گیاهی

جدول ۲ محتوی کل فنولی موجود در عصاره‌های گیاهان پاغازه و والک سوری را نمایش می‌دهد. میزان ترکیبات فنولی کل موجود در عصاره گیاهان پاغازه و والک سوری به ترتیب ۷۰/۱۲ و ۴۰/۳۲ میلی گرم گالیک اسید در هر گرم عصاره است.

جدول۲. ارزیابی ترکیبات کل فنولی موجود در عصاره گیاه پاغازه و والک سوری

تیمار	میزان ترکیبات کل فنولی (میلی گرم گالیک اسید در گرم عصاره)
گیاه پاغازه	۷۰/۱۲±۵/۸۵ A
گیاه والک سوری	۴۰/۳۲ ±۳/۷۷ B

حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنادار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

درصد به دام اندازی رادیکال‌های آزاد DPPH برای نمونه‌های مختلف روغن تیمار شده با عصاره پاغازه و والک سوری در جدول ۳ نمایش داده شده است. نتایج نشان داد که درصد به دام اندازی رادیکال‌های آزاد DPPH در عصاره گیاه پاغازه بیشتر از گیاه والک سوری بود که دلیل آن حضور ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و فنولی بیشتر در عصاره این گیاه است. نتایج درصد به دام اندازی رادیکال-های آزاد DPPH همچنین وابسته به دوز عصاره بود. در این رابطه مطالعات مختلفی انجام پذیرفته است و تماما نشان دهنده بالاتر بودن قدرت فعالیت آنتی‌اکسیدانی و به دام اندازی رادیکال‌های آزاد DPPH در غلظت‌های بالاتر گیاهان دارویی بوده اند (Pereira *et al.*, 2009).

همبستگی میان فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات موجود در عصاره‌ها به آسانی امکان پذیر نیست که می‌توان به تفاوت در نوع و مقدار ترکیبات مؤثر موجود در آنها نسبت داد. تعداد گروه‌های هیدروکسیل موجود در ساختار آنتی اکسیدان به طور معمول فاکتور تعیین کننده نیست. موقعیت گروه‌های هیدورکسیل، حضور گروه‌های عاملی دیگر مانند پیوندهای دوگانه و ترکیب گروه‌های هیدروکسیل و گروه‌های کتونی نقش مهمی در فعالیت آنتی‌اکسیدانی ایفا می‌کند. بنابراین تفاوت در این فاکتورها که معمولاً به وسیله نوع گیاه و روش استخراج عصاره ایجاد می‌شود، دلیل اصلی بروز تفاوت در اثرات آنتی‌اکسیدانی عصاره گیاهان پاغازه و والک سوری می‌باشد. در مجموع، بر اساس نتایج به دست آمده گیاه پاغازه در مقایسه با والک سوری محتویات فنلی بیشتر و خاصیت مهار رادیکال آزاد بالاتری را نشان داده است.

جدول ۳. ارزیابی درصد به دام اندازی رادیکال‌های آزاد DPPH برای غلظت‌های مختلف عصاره پاغازه و والک سوری

غلظت‌های عصاره (mg/ml)	درصد به دام اندازی رادیکال آزاد DPPH	
	پاغازه	والک سوری
۱۰۰۰	۷۶/۴۶ ± ۶//۳۳ A	۶۰/۱۳ ± ۰/۰۲ A
۵۰۰	۵۹/۸۴ ± ۵/۵۱ B	۴۶/۸۵ ± ۳/۸۳ B
۲۵۰	۴۰/۳۷ ± ۳/۲۷ B	۳۱/۳۶ ± ۲/۵۶ B
۱۲۵	۳۲/۸۱ ± ۲/۹۱ B	۲۴/۷۰ ± ۲/۱۵ B
۶۲/۵	۱۹/۴۸ ± ۱/۳۴ C	۱۲/۳۴ ± ۰/۹۴ C
۳۱/۲۵	۱۴/۱۲ ± ۰/۹۸ C	۹/۳۲ ± ۰/۷۱ C

حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنا دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

۳-۳. تغییرات اسیدیته در نمونه‌های روغن طی حرارت دهی

مقایسه میانگین اسیدیته روغن سویا حاوی غلظت‌های مختلف عصاره پاغازه و والک سوری در مقایسه با روغن حاوی TBHQ و شاهد در روز سوم در جدول ۴ نمایش داده شده است. همانگونه که قبلا نیز اشاره شد به دلیل اینکه تغییرات شدید در پارامترهای مورد ارزیابی در روز سوم مشاهده شد بنابراین نتایج مربوط به این روز دربین نمونه‌های مختلف مورد مقایسه قرار گرفتند. میزان اسیدیته روغن سویا در طی ۳ روز نگهداری در تمامی تیمارها افزایش پیدا کرد اما میزان این افزایش در روغن حاوی عصاره پاغازه و والک سوری با یکدیگر تفاوت معنادار داشت. کمترین میزان اسیدیته در هر روز به ترتیب مربوط به عصاره گیاه پاغازه با غلظت ۲۰۰ppm، آنتی‌اکسیدان TBHQ و سپس عصاره والک سوری با غلظت ۲۰۰ppm می‌باشد (جدول ۴).

جدول۴. مقایسه میانگین اسیدیته روغن سویا حاوی غلظت‌های مختلف عصاره پاغازه و والک سوری درمقایسه با روغن حاوی TBHQ و شاهد در روزسوم

تیمار/غلظت		میزان اسیدیته بر اساس اسید اولئیک			
		ساعت اول	ساعت دوم	ساعت سوم	ساعت چهارم
پاغازه	۲۰۰	۰/۹۱ ± ۰/۰۵ ^{Ad}	۰/۲۶ ± ۰/۰۷ ^{Cc}	۰/۴۸ ± ۰/۰۲ ^{Cb}	۰/۶۶ ± ۰/۰۶ ^{Da}
	۶۰۰	۰/۳۰ ± ۰/۰۸ ^{Ac}	۰/۳۷ ± ۰/۰۶ ^{Cc}	۰/۵۲ ± ۰/۰۱ ^{Cb}	۰/۷۳ ± ۰/۰۴ ^{Ca}
	۱۰۰۰	۰/۳۸ ± ۰/۰۴ ^{Ac}	۰/۲۴ ± ۰/۰۸ ^{Ac}	۰/۵۸ ± ۰/۰۶ ^{Ab}	۰/۸۸ ± ۰/۰۱ ^{Ba}
والک سوری	۲۰۰	۰/۲۱ ± ۰/۰۲ ^{Ac}	۰/۲۸ ± ۰/۰۶ ^{Cb}	۰/۵۳ ± ۰/۰۷ ^{Bb}	۰/۷۶ ± ۰/۰۹ ^{Ca}
	۶۰۰	۰/۳۹ ± ۰/۰۸ ^{Ac}	۰/±۴۲ ۰/۰۶ ^{Ac}	۰/۶۹ ± ۰/۰۵ ^{Ab}	۰/۸۵ ± ۰/۰۷ ^{Ba}
	۱۰۰۰	۰/۴۰ ± ۰/۰۲ ^{Ac}	۰/۴۴ ± ۰/۰۳ ^{Ac}	۰/۶۲ ± ۰/۰۵ ^{Ab}	۰/۹۶ ± ۰/۰۳ ^{Aa}
TBHQ		۰/±۲۹ ۰/۰۳ ^{Ad}	۰/۳۸ ±۰/۰۵ ^{Bc}	۰/۴۸ ± ۰/۰۶ ^{Cb}	۰/۷۱ ± ۰/۰۲ ^{Ca}
شاهد		۰/±۲۰ ۰/۰۳ ^{Ac}	۰/۲۹ ± ۰/۰۵ ^{Bc}	۰/۶۶ ± ۰/۰۶ ^{Ab}	۰/۸۲ ± ۰/۰۲ ^{Ba}

حروف غیر مشابه بزرگ در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنا دار در سطح احتمال ۵ درصد خطا می‌باشند.

حروف غیر مشابه کوچک در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنا دار در سطح احتمال ۵ درصد خطا می‌باشند.

افزایش میزان اسیدیته روغن نشان دهنده پیشرفت فساد هیدرولیتیکی روغن است. بدیهی است که با افزایش مدت زمان نگهداری روغنها، میزان اسیدیته روغن نیز افزایش می‌یابد. با گذشت زمان میزان اسیدیته تیمارهای مختلف روغن افزایش معناداری را نشان داد که دلیل آن پیشرفت فرایند اکسیداسیون چربیها است. با این وجود استفاده از عصاره‌های پاغازه و والک سوری و همچنین آنتی‌اکسیدان های سنتزی می‌توانند این نوع فساد را به تعویق اندازند. نتایج نشان داد که با افزایش میزان غلظت عصاره‌ها، میزان اسیدیته روغن افزایش پیدا می‌کند. بنابراین کمترین میزان اسیدیته به ترتیب مربوط به عصاره گیاه پاغازه با غلظت ۲۰۰ppm، آنتی-اکسیدان TBHQ و سپس عصاره والک سوری با غلظت ۲۰۰ppm می‌باشد. مطالعات نشان می‌دهد که میزان استفاده از ترکیبات فنولی به دلیل حضور در شکل گلیکوزیدی و نامحلول بودن در روغن محدود می‌باشد و به علاوه بعضی فلاونوئیدها می‌توانند سبب ایجاد ترکیبات مضر در روغن و در نتیجه افزایش برخی از فرایندهای اکسیداسیونی ضعیف شوند که منجر به افزایش اسیدیته می‌شود (Akoh & Min, 2008).

۳-۴. تغییرات پراکسید در روغن

مقایسه میانگین میزان پراکسید در روغن سویا حاوی غلظت‌های مختلف عصاره پاغازه و والک سوری درمقایسه با روغن حاوی TBHQ و شاهد پس از گذشت ۳ روز به ترتیب در جدول ۵ نمایش داده شده است. نتایج نشان داد که میزان پراکسید با افزایش میزان غلظت عصاره‌ها، کاهش پیدا کرد. میزان پراکسید در روزهای مختلف در نمونه‌های حاوی عصاره گیاه پاغازه به مراتب کمتر از والک سوری بود. میزان پراکسید نیز در طول دوره حرارت دهی روغن افزایش پیدا کرد. نتایج نشان داد که نمونه روغن حاوی آنتی-اکسیدان TBHQ، دارای میزان پراکسید کمتری نسبت به تمامی تیمارهای حاوی عصاره پاغازه و والک سوری است. این یافته در تمامی روزهای انجام آزمون صادق بود.

جدول۵. مقایسه میانگین پراکسید (meq Q2/kg oil) در روغن سویا حاوی غلظتهای مختلف عصاره پاغازه و والک سوری در مقایسه با روغن حاوی TBHQو شاهد در روز سوم.

تیمار/غلظت		میزان پراکسید (meq Q_2/kg oil)			
		ساعت اول	ساعت دوم	ساعت سوم	ساعت چهارم
پاغازه	۲۰۰	۲۶/۰ ±۴/۷ ^{Bc}	۳۳/۰ ± ۶/۶ ^{Bc}	۴۶/۰ ± ۲/۳ ^{Bb}	۰/۶۶ ± ۰/۰۶ ^{Da}
	۶۰۰	۱۳/۰ ±۴/۸ ^{Cc}	۲۰/۰± ۰/۶ ^{Bb}	۲۹/۰ ± ۲/۳ ^{Cb}	۰/۷۳ ± ۰/۰۴ ^{Ca}
	۱۰۰۰	۱۳/۰ ± ۰/۶^{Cc}	۱۸/۰ ± ۰/۵ ^{Bc}	۳۰/۳ ±۲/۷ ^{Cb}	۰/۸۸ ± ۰/۰۱ ^{Ba}
والک سوری	۲۰۰	۱۶/۰ ±۸/۶ ^{Cc}	۳۶/۰ ±۰/۴ ^{Bb}	۳۹/۰ ± ۲/۸ ^{Cb}	۰/۷۶ ± ۰/۰۹^{Ca}
	۶۰۰	۱۲/۲ ±۸/۶ ^{Cc}	۲۰/۱ ±۸/۹ ^{Bb}	۲۳/۱ ±۴/۳^{Db}	۰/۸۵ ± ۰/۰۷ ^{Ba}
	۱۰۰۰	۱۲/۳ ±۶/۷ ^{Cc}	۲۲/۱ ±۵/۴ ^{Bb}	۲۴/۰ ±۰/۳ ^{Db}	۰/۹۶ ± ۰/۰۳ ^{Aa}
TBHQ		۱۲/۰ ±۶/۵ ^{Cc}	۱۷/۰ ±۴/۶ ^{Bb}	۲۳/۰± ۶/۹ ^{Db}	۳۳/۰ ±۶/۲ ^{Da}
شاهد		۴۰/۰ ±۶/۸ ^{Ac}	۶۳/۰ ±۶/۶ ^{Ab}	۸۴/۰ ±۴/۴ ^{Ab}	۱۰۹/۰ ±۸/۸ ^{Aa}

حروف غیر مشابه بزرگ در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنا دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

حروف غیر مشابه کوچک در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنا دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

میزان پراکسید در روزهای مختلف در عصاره گیاه پاغازه به مراتب کمتر از والک سوری بود که با توجه به بالاتر بودن میزان ترکیبات فنولی در آن و همچنین بیشتر بودن خاصیت آنتی‌اکسیدان ی در عصاره آن کاملاً قابل توجیه است. میزان پراکسید نیز در طول دوره نگهداری روغن افزایش پیدا کرد که به دلیل پیشرفت روند اکسیداسیون روغن است. نمونه شاهد که حاوی هیچ آنتی‌اکسیدانی نبوده بیش ترین مقدار عدد پراکسید را در همه روزها دارا بود. در واقع افزایش در مقدار پراکسید را می توان به تشکیل هیدروپراکسیدها نسبت داد. قره خانی و همکاران در سال ۱۳۸۸، نشان دادند که میزان اندیس پراکسید نمونه‌های مختلف روغن سویا در اثر نگهداری روغن افزایش می‌یابد و میزان این افزایش در تیمارهای با غلظت پایین تر از عصاره گیاه گزنه، کمتر است. نتایج آنها نشان دهنده میزان پراکسید کمتر در نمونه‌های روغن حاوی عصاره گزنه نسبت به آنتی‌اکسیدان‌های BHA و BHT بود (Gharekhani *et al.*, 2009) که با نتایج حاضر همخوانی دارد. نعمت شاهی در سال ۱۳۹۲، نشان داد که عصاره برگ گیاه برگ بو سبب افزایش ماندگاری و پایداری اکسیداتیو روغن کانولا می‌شود. نتایج وی نشان داد که با افزایش غلظت عصاره برگ گیاه برگ بو در روغن کانولا از ۲۰۰ تا ۱۶۰۰ppm، در یک زمان نگه داری ثابت، شاخص پایداری اکسایشی، میزان ترکیبات پلی فنلی و فعالیت مهارکنندگی رادیکال های آزاد در روغن افزایش یافته در حالی که روند افزایش اندیس پر اکسید، اندیس تیوباربیتوریک اسید و عدد دی ان مزدوج کاهش پیدا کرد (Nematshahi, 2013). همچنین صداقت بروجنی و همکاران با مطالعه اثر اسانس گلپر برفی بر عمر ماندگاری روغن نشان دادند که با اضافه نمودن ۳۰۰۰ppm اسانس این گیاه عمر ماندگاری روغن به طور معنی داری افزایش یافته و عدد پراکسید آن کاهش معنی‌داری نشان داده است (Sedaghat Boroujeni *et al.*, 2013).

۳-۵. تغییرات اندیس تیوباربیتوریک در نمونه‌های روغن

مقایسه میانگین میزان تیوباربیتوریک اسید در روغن سویا حاوی غلظتهای مختلف عصاره پاغازه و والک سوری درمقایسه با روغن حاوی TBHQو شاهد در روز سوم به ترتیب در جدول ۶ نمایش داده شده است. نتایج نشان داد که میزان تیوباربیتوریک اسید در طول دوره نگهداری روغن افزایش داشته ولی روند افزایش میزان تیوباربیتوریک اسید با افزایش میزان غلظت عصاره‌ها، کاهش پیدا کرد. نتایج نشان داد که نمونه روغن حاوی آنتی‌اکسیدان TBHQ، دارای میزان تیوباربیتوریک اسید کمتری نسبت به تمامی

نمونه‌های حاوی عصاره پاغازه و والک سوری است. این یافته در تمامی روزهای انجام آزمون صادق بود. نتایج نشان داد که گیاهان پاغازه و والک سوری توانایی بالایی برای کاهش اکسیداسیون در روغن سویا دارند. ترکیبات شیمیایی ردیابی شده در این دو گیاه جز ترکیباتی فنلی و فلاونوئیدی با خواص آنتی‌اکسیدانی بالا هستند. ترکیبات فنلی با دادن یک اتم هیدروژن به رادیکال آزاد که مسئول اصلی بروز اکسیداسیون در روغن‌ها است، سبب توقف پیشروی واکنش‌های زنجیره ای در روند اکسیداسیون چربی‌ها و روغن‌ها می‌شوند. تیمول و کارواکرول که در عصاره های استخراج شده از پاغازه و والک سوری جز فراوان ترین ترکیبات بودند، جزء اصلی ترین ترکیبات با خاصیت آنتی‌اکسیدانی محسوب می‌شوند (Ravi Kiran., 2015; Peng *et al.*, 2016; Taghvaei & Jafari, 2015).

حضور میزان بالاتر از ترکیبات فنلی در عصاره پاغازه متضمن اثرات آنتی‌اکسیدانی بالاتر عصاره این گیاه نسبت به والک سوری است که این موضوع در نتایج پایداری نمونه های روغن به شرایط اکسایش تسریع شده و همچنین در قدرت مهارکنندگی رادیکال های آزاد DPPH مورد تایید قرار گرفت. فعالیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنلی در گیاهان عمدتاً به دلیل ویژگی‌های اکسایش-کاهش و ساختار شیمیایی آنهاست که می‌توانند نقش‌های مهمی را در خنثی کردن رادیکال‌های آزاد، احاطه کردن فلزات پرواکسیدان و فرو نشاندن مولکولهای اکسیژن یگانه داشته باشند. آنتی‌اکسیدان-های سنتزی نسبت به آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی فراریت کمتری داشته و مقاومت بیشتری در دماهای بالاتر دارند. ولیکن در مطالعه حاضر، استفاده از عصاره‌های این دو گیاه از نظر قدرت اثر بر پایداری روغن به طور مشابه با آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی همچون TBHQ عمل کرده به طوری‌که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای حاوی عصاره و آنتی‌اکسیدان در ساعات مختلف حرارت‌دهی در روز سوم مشاهده نمی‌شود.

جدول۶. مقایسه میانگین تیوباربیتوریک اسید در روغن سویا حاوی غلظتهای مختلف عصاره پاغازه و والک سوری درمقایسه با روغن حاوی TBHQ و شاهد در روز سوم

تیمار/غلظت		میزان TBA(mg/kg)			
		ساعت اول	ساعت دوم	ساعت سوم	ساعت چهارم
پاغازه	۲۰۰	۰/۰۶۵ ± ۰/۰۰۱ ^{Ad}	۰/۱۸۸ ± ۰/۰۱۶ ^{Bc}	۰/۲۹۹ ± ۰/۰۲۷ ^{Bb}	۰/۴۳۶ ± ۰/۰۳۲ ^{Ba}
	۶۰۰	۰/۰۵۷ ± ۰/۰۰۱ ^{Ad}	۰/۱۶۵ ± ۰/۰۱۷ ^{Bc}	۰/۲۳۴ ± ۰/۰۳۱ ^{Bb}	۰/۳۸۹ ± ۰/۰۴۵ ^{Ba}
	۱۰۰۰	۰/۰۵۶ ± ۰/۰۰۲ ^{Ad}	۰/۱۵۸ ± ۰/۰۲۲ ^{Bc}	۰/۲۲۵ ± ۰/۰۳۳ ^{Bb}	۰/۳۷۰ ± ۰/۰۳۱ ^{Ba}
والک سوری	۲۰۰	۰/۰۶۶ ± ۰/۰۰۱ ^{Ad}	۰/۱۶۵ ± ۰/۰۱۴ ^{Bc}	۰/۳۲۱ ± ۰/۰۴۳ ^{Bb}	۰/۴۰۰ ± ۰/۰۲۲ ^{Ba}
	۶۰۰	۰/۰۸۲ ± ۰/۰۰۲ ^{Ad}	۰/۱۴۶ ± ۰/۰۲۲ ^{Bc}	۰/۲۸۶ ± ۰/۰۲۷ ^{Bb}	۰/۳۲۶ ± ۰/۰۴۱ ^{Ba}
	۱۰۰۰	۰/۰۶۹ ± ۰/۰۰۲ ^{Ad}	۰/۱۵۶ ± ۰/۰۱۲ ^{Bc}	۰/۲۲۷ ± ۰/۰۳۵ ^{Bb}	۰/۳۱۲ ± ۰/۰۳۷ ^{Ba}
TBHQ		۰/۰۳۵ ± ۰/۰۰۲ ^{Ac}	۰/۰۹۷ ± ۰/۰۲۳ ^{Bc}	۰/۱۲۲ ± ۰/۰۱۷ ^{Bb}	۰/۲۵۹ ± ۰/۰۲۸ ^{Ba}
شاهد		۰/۰۹۲ ±۰/۰۰۱ ^{Ad}	۰/۳۷۲ ± ۰/۰۲۳ ^{Ac}	۰/۵۲۱ ± ۰/۰۴۵ ^{Ab}	۰/۶۴۵ ± ۰/۰۴۱ ^{Aa}

حروف غیر مشابه بزرگ در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنادار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

حروف غیر مشابه کوچک در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنادار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

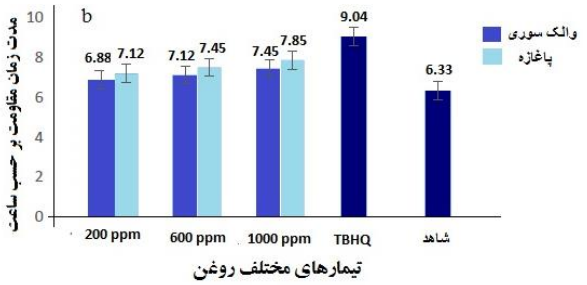
اندیس تیوباربیتوریک در اثر تجزیه هیدروپراکسیدهای تشکیل شده در روزهای اول و تبدیل آنها به آلدئیدها و کتون با گذشت زمان افزایش می یابد. در نتیجه با پیشرفت روزهای آزمایش و در روزهای پایانی مقدار این اندیس بیشتر افزایش می‌یابد. این نتایج نشان می‌دهد که در روزهای پایانی آزمایش، تشکیل محصولات ثانویه اکسیداسیون با سرعت بیشتری صورت می‌گیرد و مقدار زیادی از پراکسیدهای تشکیل شده در مراحل اولیه طی روزهای پایانی آزمایش، تجزیه و به مالون آلدئید تبدیل شده‌اند. همانطورکه

مشاهده شد، توانایی آنتی‌اکسیدان‌ها در مهار اکسیداسیون وابسته به غلظت بود. اگرچه در روزهای ابتدایی اختلاف بین غلظت‌های مختلف کم بود اما با گذشت زمان این اختلاف افزایش پیدا کرد. به عبارت دیگر نمونه‌های روغن حاوی مقادیر بیشتری از عصاره یا آنتی‌اکسیدان سنتزی ثبات اکسیداتیو بیشتری نشان دادند. افزایش قدرت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنلی در نتیجه افزایش غلظت را می‌توان به افزایش تعداد جایگاه‌های فعال این ترکیبات برای واکنش با رادیکال های آزاد نسبت داد. نتایج به دست آمده در راستای نتایج صداقت بروجنی و حجت الاسلامی (۲۰۱۸) است که نشان دادند با استفاده از اسانس آویشن می‌توان عمر نگهداری و مقاومت چیپس سیب زمینی و روغن آن را نسبت به اکسایش افزایش داد (Sedaghat Boroujeni and Hojjatoleslamy, 2018).

۳-۶. شاخص پایداری اکسایشی (OSI)

مدت زمان مقاومت تیمارهای مختلف روغن نسبت به شرایط اکسایش تسریع شده با استفاده از دستگاه رنسمیت مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج در شکل۱ قابل مشاهده است. بر طبق نتایج به دست آمده از این تحقیق، نمونه روغن حاوی آنتی اکسیدان TBHQ بیشترین مدت زمان مقاومت به شرایط اکسایش تسریع شده و نمونه شاهد کمترین مدت زمان مقاومت به شرایط اکسایش تسریع شده را داشت. لازم به ذکر است که نمونه‌های روغن حاوی عصاره پاغازه در تمامی غلظت‌ها در مقایسه با غلظت‌های مشابه خود در نمونه‌های روغن حاوی عصاره والک سوری، مقاومت بیشتری نسبت به شرایط اکسایش تسریع شده داشتند. یزدان پناه و همکاران در سال ۱۳۸۸ نشان دادند که در دمای ۹۰ درجه سانتیگراد، نمونه روغن آفتابگردان حاوی ۱۰۰۰ppm عصاره متانولی پوست انار دارای بالاترین زمان القا بوده است. به عبارت دیگر مدت زمان مقاومت عصاره متانولی پوست انار در غلظت ۱۰۰۰ppm نسبت به شرایط اکسایش تسریع شده، در دماهای ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ درجه سانتیگراد به ترتیب ۱۰ ساعت و۳۳ دقیقه، ۴ ساعت و ۲۱ دقیقه و ۱۵ دقیقه بوده است (Yazdanpanah *et al.*, 2009).

کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در دماهای بالا به دلیل فراریت آنها بوده که باعث می‌شود از فعالیت و کارایی آنها کاسته شود. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که میزان مقاومت نمونه‌های روغن حاوی آنتی اکسیدان‌های BHA و BHT، کمتر از برخی از عصاره‌های طبیعی است. دلیل این یافته این است که با افزایش دما، آنتی اکسیدانهای BHA و BHT با رادیکال‌های آزاد ترکیب می‌شوند و کمپلکس‌هایی را ایجاد می‌کند که خود می‌توانند به عنوان پراکسیدان عمل کنند و اکسیداسیون را افزایش دهند. با این وجود این موضوع در ارتباط با آنتی اکسیدان سنتزی TBHQ در این پژوهش صادق نیست (Prieto *et al.*, 1999).



شکل ۱. مدت زمان مقاومت نمونه‌های روغن حاوی عصاره پاغازه و والک سوری در غلظت‌های مختلف در مقایسه با TBHQ و شاهد نسبت به شرایط اکسایش تسریع شده

۳-۷. تغییرات دی‌ان و تری‌ان‌های مزدوج در نمونه‌ها

مقایسه میانگین دی‌ان‌های مزدوج در روغن سویا حاوی غلظت‌های مختلف عصاره پاغازه و والک سوری درمقایسه با روغن حاوی TBHQ و شاهد در روز سوم به ترتیب در جدول۸ نمایش داده شده است. میزان دی ان‌های مزدوج با افزایش میزان غلظت عصاره‌ها، کاهش پیدا کرد. میزان دی ان‌های مزدوج در روزهای مختلف در عصاره گیاه پاغازه به مراتب کمتر از والک سوری بود. میزان این دی ان‌های مزدوج نیز در طول دوره نگهداری روغن افزایش پیدا کرد. نمونه روغن تیمار شده با آنتی اکسیدان TBHQ، دارای میزان دی ان مزدوج کمتری نسبت به تمامی تیمارهای پاغازه و والک سوری است.

جدول۸. مقایسه میزان دی‌ان‌های مزدوج در پاغازه و والک سوری در مقایسه با روغن حاوی TBHQو شاهد در روز سوم

تیمار/غلظت		میزان TBA(mg/kg)			
		ساعت اول	ساعت دوم	ساعت سوم	ساعت چهارم
پاغازه	۲۰۰	۱۲/۱۴ ±۰/۱۸ Aa	۱۴/۰۰ ± ۰/۱۹ Aa	۱۳/۸۵ ± ۰/۱۳ Aa	۱۴/۰۰ ± ۰/۲۱ Ba
	۶۰۰	۸/۸۵ ± ۰/۱۱ Bc	۱۲/۰۵ ± ۰/۱۷ Bb	۱۳/۶۲ ± ۰/۲۱ Ab	۱۶/۱۹ ± ۰/۱۷ Ba
	۱۰۰۰	۶/۰۸ ± ۰/۱۴ Cd	۸/۲۲ ± ۰/۱۶ Cc	۱۱/۷۷ ± ۰/۲۳ Bb	۱۵/۲۰ ± ۰/۲۱ Ba
والک سوری	۲۰۰	۱۱/۶۰ ± ۰/۲۵ Ab	۱۲/۷۸ ± ۰/۱۲ Bb	۱۴/۵۷ ± ۰/۱۴ Aa	۱۵/۷۱ ± ۰/۱۹ Ba
	۶۰۰	۹/۴۲ ± ۰/۱۹ Bd	۱۱/۰۴ ± ۰/۱۶ Bc	۱۵/۴۷ ± ۰/۱۳ Ab	۱۷/۵۷ ± ۰/۱۷ Ba
	۱۰۰۰	۸/۰۸ ± ۰/۱۸ ABb	۱۰/۶۳ ± ۰/۱۷ Bb	۱۴/۷۱ ± ۰/۲۷ Aa	۱۶/۴۳ ± ۰/۲۵ Ba
TBHQ		۳/۵۷ ± ۰/۲۷ Dd	۵/۶۵ ± ۰/۲۱ Cc	۷/۶۵ ± ۰/۱۶ Cb	۱۰/۵۱ ± ۰/۱۹ Ca
شاهد		۶/۶۵ ± ۰/۱۸ Cd	۱۰/۰۵ ± ۰/۱۳ Bc	۱۶/۶۲ ± ۰/۲۲ Ab	۲۲/۴۵ ± ۰/۲۴ Aa

حروف غیر مشابه بزرگ در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنا دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

هیدروپراکسیدها از دیدگاه ساختمان شیمیایی در زمره دی ان‌های مزدوج قرار می‌گیرند. دی ان‌های مزدوج جز ترکیبات اولیه ایجاد شده در اثر اکسیداسیون اسیدهای چرب هستند. با این وجود دی‌ان‌های مزدوج محصولات اولیه اکسایش لیپیدی هستند که به دلیل پایداری اندک بلافاصله پس از تولید به طیف وسیعی از محصولات ثانویه بخصوص ترکیبات کربونیل تجزیه می‌شوند. محاسبه دی‌ان‌های مزدوج نمی‌تواند به تنهایی نشان دهنده روند اکسیداسیون اسیدهای چرب باشد. دلیل این موضوع علاوه بر آنچه در بالا گفته شد، این است که تنها اکسیداسیون اسیدهای چرب چند غیر اشباعی می‌تواند سبب تولید دی ان‌های مزدوج گردد. مطالعه تورانی و همکاران (۱۳۹۲) نشان داد که میزان دی ان‌های مزدوج در روغن‌های سویا، ذرت و پالم به مرور زمان افزایش پیدا می‌کند و بیشترین میزان دی ان‌های مزدوج در بین روغن‌های ذکر شده، مربوط به روغن سویا بود.

۴. نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر به منظور شناسایی ترکیبات شمیایی و اثرات آنتی‌اکسیدانی عصاره گیاهان پاغازه و والک سوری که بومی ایران هستند بر روی پایداری اکسایشی روغن سویا انجام پذیرفت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که عصاره هیدروالکلی گیاه پاغازه توانایی بالاتری نسبت به عصاره هیدروالکلی گیاه والک سوری برای به تعویق انداختن روند اکسیداسیون در روغن سویا دارد. در مقایسه اثرات آنتی‌اکسیدانی این دو گیاه با آنتی اکسیدان سنتزی TBHQ مشخص شد که اثرات این آنتی اکسیدان سنتزی از هر دو عصاره بیشتر ولیکن در برخی از آزمایشات از غلظت ۱۰۰۰ppm عصاره هیدروالکلی گیاه پاغازه کمتر بود. اثرات آنتی‌اکسیدانی هر دو گیاه در نمونه‌های روغن از نمونه شاهد بهتر بود. نتایج نشان داد که عصاره گیاه پاغازه دارای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و محتوای کل فنلی بسیار بیشتری نسبت به عصاره گیاه والک سوری است. کاهش روند افزایش در شاخص پراکسید، دی ان و تری ان‌های مزدوج، اسیدیته روغن و تیوباربیتوریک اسید در کنار توانایی بالا برای به دام اندازی رادیکال‌های آزاد DPPH نتایج دیگری هستند که متضمن اثرات آنتی‌اکسیدانی بالایی عصاره گیاه پاغازه می‌باشند. استفاده از این عصاره در روغن سویا سبب شد تا مدت زمان مقاومت روغن نسبت به شرایط اکسایش تسریع شده در دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد افزایش چشمگیری نسبت به نمونه شاهد داشته باشد. با وجود این که اثرات آنتی اکسیدان TBHQ بیشتر از عصاره هیدروالکلی گیاه پاغازه بود اما با توجه به اثرات جهش زایی و سرطان زایی آنتی اکسیدان سنتزی TBHQ، استفاده از عصاره پاغازه برای تعویق فساد اکسیداتیو در روغن و محصولات روغنی می‌تواند مورد توجه و بررسی بیشتری قرار بگیرد.

۵. منابع

Akoh, C.C. and Min, D.B. 2008. *Food lipids: chemistry, nutrition, and biotechnology*. CRC Press.

AOCS (Official methods and recommended practices of the AOCS). 2009. 5th ed edition. Determination of Specific Extinction of Oils and Fats, Ultraviolet Absorption (ch 5-91).

AOCS (Official methods and recommended practices of the AOCS). 2005. 5th ed edition. Stability of oil against oxidation (cd 12b-92).

Altmetric, K. Ebrahimi Monfared, Z. Rafiee S.M. Jafari. Phenolic Content and Antioxidant Activity of *Falcaria vulgaris* Extracts. *Analytical Chemistry Letters*, 2: 2102.

Choobkar, N., Kakoolaki, S., Mohammadi, F. 2017. The biological effects of herbal medicine, Falcaria vulgaris: An article review. *Iranian Journal of Aquatic Animal Health*, 3:74-.38

Deol, P., Evans, J.R., Dhahbi, J., Chellappa, K., Han, D.S., Spindler, S., Sladek, F.M. 2015. Soybean Oil Is More Obesogenic and Diabetogenic than Coconut Oil and Fructose in Mouse: Potential Role for the Liver. *PLoS One*, 10(7): 0132672.

Farag, R.S., Mahmoud, E.A. and Basuny, A.M. 2007. Use crude olive leaf juice as a natural antioxidant for the stability of sunflower oil during heating. *International Journal of Food Science and. Technology*, 42: 107-511.

Firat, M. 2015. The ethnobotanical usage of swome east Anatolian (Turkey) Allium L. species. *Manas Journal of Agriculture and Life Science*. 5:80-86.

Gharekhani, M., Ghorbani, M., Ebrahimzadeh, M.A. Jafari, S.M. and Sadeghi Mahoonak, A.R. 2011. The effect of nettle leaves extract on the inhibition of soybean oxidation. *Journal of Food Processing and Preservation*, 1(2): 85-102.

Gudej, J. 1977. Study of the volatile oils of the Falcaria vulgaris Bernh. herb (Ubelliferae). *Acta Pol Pharm*, 34(3): 299-304.

Messina, M. 2016. Soy and Health Update: Evaluation of the Clinical and Epidemiologic Literature. *Nutrients*, 8(12): E754.

Nematshahi, M.M. 2013. Antioxidant effect of *Laurus nobilis* essence on canola oil stability. M.Sc. Thesis. Ferdowsi Uni., Mashahd, Iran.

Nikolai, F., Reinhard, M. Fritsch, F., Blattner, R. 2006. Phylogeny and New Intrageneric Classification of *Allium* (Alliaceae) Based on Nuclear Ribosomal DNA ITS Sequences. *Aliso*, 22:372-593.

Peng, Y., Wang, J., Lin, J., Liu, J. 2016. Effect of dietary soybean oil and antioxidants on fatty acids and volatile compounds of tail subcutaneous and perirenal fat tissues in fattening lambs. *Journal of Animal Science Biotechnology*, 7: 24.

Pereira, R.P., Fachinetto, R., de Souza Prestes, A., Puntel, R.L., Santos da Silva, G.N., Heinzmann, B. M., Boschetti, T.K., Athayde, M.L., Bürger, M.E., Morel, A.F., Morsch, V.M. and Rocha, J.B. 2009. Antioxidant effects of different extracts from Melissa officinalis, Matricaria recutita and Cymbopogon citratus. *Neurochem Research*, 34(5):973-983.

Prieto, P., Pineda, M. and Aguilar, M. 1999. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Analytical Biochemistry*, 269(2): 33741.

Ravi Kiran, C., Sasidharan, I., Soban Kumar, D.R., Sundaresan, A. 2015. Influence of natural and synthetic antioxidants on the degradation of Soybean oil at frying temperature. *Journal of Food Science and Technology*, 52(8):5370-5.

Sedaghat Boroujeni, L., Hojjatoleslamy, M., Keramat, J., Ghasemi Pirbalouti, A. 2013. Antioxidant activity of essential oil of Heracleum lasiopetalum on chemical properties of potato chips. *Journal of Herbal drugs*, 2(1): 249-256.

Sedaghat Boroujeni, L., Hojjatoleslamy, M., Ghasemi Pirbalouti, A., Molavi, H. 2013. Phytochemistry analysis of essential oils of Heracleum lasiopetalum fruits, Thymus carmanicus aerial parts and Myrtus communis leaves. *Journal of Herbal drugs*, 4(2): 101-108.

Sedaghat Boroujeni, L., Hojjatoleslamy, M. 2018. Using Thymus carmanicus and Myrtus communis essential oils to enhance the physicochemical properties of potato chips. *Food Science and Nutrition*, 6(4): 1006-1014.

Shafaghat, A. 2010. Free radical scavenging and antibacterial activities, and GC/MS analysis of essential oils from different parts of Falcaria vulgaris from two regions. *Natural Products Communication*, 5(6):981-.4.

Shahsavari, N., Barzegar, M., Shahri, M.A. and Naghdiabadi, H.A. 2008. An investigation on the

activity of essential oil of *Zataria multiflora* Boiss. in soybean oil. *Journal of Medicinal Plants*, 7(28): 56-68.

Shyamala, B.N., Gupta, S., Lakshmi, A.J. and Prakash, J. 2005. Leafy vegetable extracts– antioxidant activity and effect on storage stability of heated oils. *Innovative Food Science and Emerging Technology*, 6(7): 239–245.

Sohbat Bahraminejad, R., Amiri, S., Ghasemi, N. 2013. Inhibitory effect of some Iranian plant species against three plant pathogenic fungi. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(9): 1002-8001.

Taghvaei, M., Jafari, S.M. 2015. Application and stability of natural antioxidants in edible oils in order to substitute synthetic additives. *Journal of Food Science and Technology*, 52(3):1272-1282.

Tahami, F., Basiri, A., Ghiasi Tarzi, B. and Mahasti, P. 2013. The effect of *Foenicalum vulgare* essence on the stability of sunflower oil. *Journal of Food Science and nutrition*, 3(10): 71-78.

Yazdanpanah, S., Arjmand, P., Pourazarang, H. and Mohammadi Jafari, M. 2009. Investigation of pomegranate peel extract on the heat stability of sunflower oil. *Journal of Water and Soil Science*, 13(47): 95-102.