استفاده از عصاره استونی زنجبیل برای افزایش قابلیت انبارمانی روغن سویا

سید حسین احمدتبار کله‌بستی[۱]، رضا فرهمندفر[۲*]، رضا اسماعیل‌زاده کناری[۳]

۱- کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
۳- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
(تاریخ دریافت: ۹٦ /۱۰/۰٦ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۱٦)

چکیده

عامل اصلی تخریب کیفیت روغن‌ها و چربی‌ها طی فرآیند و نگهداری، اکسیداسیون می‌باشد به طوری که منجر به تولید بوهای تند و طعم‌های غیرمطبوع، تغییرات رنگ و در نتیجه کاهش ارزش تغذیه‌ای روغن‌ها می‌شود. در این پژوهش، تاثیر آنتی‌اکسیدانی عصاره استونی زنجبیل بر پایداری اکسایشی روغن سویا طی دوره نگهداری (۳۰ روز) مورد بررسی قرار گرفت. بازده استخراج عصاره استونی زنجبیل که با استفاده از روش غوطه‌وری استخراج شد ۲۱/۲٤ درصد و میزان ترکیبات فنولی آن ۳۵/٦۷ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم عصاره به‌دست آمد. با افزایش غلظت عصاره تا ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام، فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن به صورت مهار رادیکال آزاد DPPH افزایش یافت. عصاره استونی زنجبیل سپس در سه غلظت ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام که روند افزایشی فعالیت آنتی‌اکسیدانی را داشتند به روغن اضافه شدند و نمونه‌های روغن به مدت ۳۰ روز در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد جهت بررسی فرآیند اکسایشی نگهداری شدند. نتایج نشان داد با گذشت زمان نگهداری میزان عدد پراکسید، ترکیبات قطبی، دی‌ان‌های مزدوج، عدد کربونیل و عدد اسیدی روغن افزایش و میزان ترکیبات فنولی، پایداری اکسایشی روغن و عدد یدی روغن کاهش یافت. بیشترین میزان اکسیداسیون در نمونه‌های فاقد آنتی‌اکسیدان و عصاره مشاهده شد. در نهایت می‌توان بیان داشت که عصاره استونی زنجبیل به دلیل دارا بودن ترکیبات فنولی، میزان واکنش‌های مخرب اکسیداسیون چربی را کاهش و عمر ماندگاری روغن سویا طی دوره نگهداری را بهبود می‌دهد.

کلید واژگان: اکسیداسیون، روغن سویا، زنجبیل، عصاره استونی

*مسئول مکاتبات: r.farahmandfar@sanru.ac.ir

۱- مقدمه

اکسیداسیون عامل اصلی تخریب کیفیت روغن‌ها و چربی‌ها طی فرآیند و نگهداری می‌باشد به طوری که منجر به توسعه بو و طعم تندشدگی و کاهش عمر ماندگاری روغن‌ها و چربی‌ها می‌شود. اکسایش همچنین منجر به کاهش ارزش تغذیه‌ای روغن‌ها و چربی‌ها و همچنین شکل گیری محصولات سمی در غذاها بعد از فرآیند پخت می‌گردد [۱]. روغن‌های گیاهی با محتوای بالا اسیدهای چرب غیراشباع، بسیار به اکسایش حساس هستند [۲]. خصوصاً زمانیکه این روغن‌ها در معرض اکسیژن، نور و حرارت‌های بالا قرار می‌گیرند، خصوصیات ارگانولپتیکی آنها دستخوش تغییر می‌شود و عمر ماندگاری و ارزش تغذیه‌ای آنها کاهش می‌یابد [۳]. در اکسایش خود به خودی چربی‌ها، رادیکال‌های آزاد و محصولات حد واسط تولید می‌شود [٤]. دانشمندان بر این باورند که رادیکال‌های آزاد نقش عمده‌ای در توسعه بیماری‌های مربوط به پیری مانند پارکینسون، اختلال التهابی، بیماری‌های قلبی و عروقی، سرطان، ورم مفاصل، آلزایمر و پیری زودرس بر عهده دارند. رادیکال‌های آزاد در طول فرآیندهای اکسایشی در موجود زنده بوجود آمده و به عنوان تهدیدی برای سلامت به شمار می‌روند [۵].

سویا (*Glycine max* L.) یکی از مهمترین محصولات زراعی برای انسان و حیوان است که به دلیل ترکیبات آلی مفید یعنی روغن و پروتئین کشت می‌شود. روغن سویا یکی از روغن‌های شاخص گیاهی است که اهمیت آن به دلیل فراوانی، ارزانی و کیفیت مناسب آن است. سویا یکی از شش گیاه اصلی روغنی به همراه پالم، کلزا، آفتابگردان، پنبه دانه و بادام زمینی است که ۸٤ درصد روغن خوراکی تولید شده در جهان را تشکیل می‌دهند. دانه سویا دارای ۱٤ تا ۲۳ درصد روغن می‌باشد. در روغن سویا اسیدهای چرب اشباع همچون پالمیتیک و استئاریک و اسیدهای چرب غیراشباع مثل اولئیک، لینولئیک و لینولنیک وجود دارد. اسیدهای چرب اشباع پایداری روغن را افزایش می‌دهند ولی اسیدهای چرب اشباع نشده ارزش تغذیه‌ای بالاتری دارند. روغن سویا به دلیل دارا بودن اسیدهای چرب غیراشباع به اکسایش حساس می‌باشد [٦].

در میان روش‌های بسیاری که برای کنترل اکسایش روغن‌ها وجود دارد، استفاده از آنتی‌اکسیدان‌ها یکی از روش‌های موثر، مناسب و اقتصادی است. آنتی‌اکسیدان‌ها ترکیبات شیمیایی هستند که مانع اکسایش و تخریب روغن‌ها، چربی‌ها و غذاهای چرب می‌شوند و یا آن را به تاخیر می‌اندازند. آنتی‌اکسیدان‌ها به دو دسته طبیعی و سنتزی تقسیم بندی می‌شوند و هر دو نوع آنتی‌اکسیدان به میزان گسترده‌ای به منظور محافظت از روغن در برابر اکسایش مورد استفاده قرار می‌گیرند [۷]. مهمترین آنتی‌اکسیدان‌هایی که در صنعت غذا استفاده می‌شوند شامل هیدروکسی آنیزول بوتیلات[1] (BHA)، هیدروکسی تولوئن بوتیلات[2] (BHT)، ترتیاری بوتیل هیدروکینون[3] (TBHQ) و پروپیل گالات[4] (PG) می‌باشد که در بین آنها TBHQ بیشترین اثر آنتی‌اکسیدانی را دارد [۸]. اثرات سرطان‌زایی آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی در حیوانات آزمایشگاهی به اثبات رسیده است [۸و۹]. آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی استخراج شده از منابع گیاهی، حاوی مقادیر بالایی از ترکیبات فنولی هستند و با حذف رادیکال و چلات کنندگی فلزات منجر به تاخیر اکسایش روغن‌ها می‌شوند [۹].

گیاه زنجبیل با نام علمی (*Zingiber officinale Rosceo*) به عنوان ادویه و دارو از زمان‌های باستان مورد استفاده قرار گرفته است. پراکندگی گیاه زنجبیل از آسیا تا نواحی گرمسیری استرالیا می‌باشد [۱۰]. ریزوم زنجبیل به عنوان ادویه‌ای مطبوع و اشتها آور در صنایع غذایی و برای ساخت اسانس و تأمین اولئورزین مورد نیاز در صنایع عطر سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۱]. از طرف دیگر، زنجبیل به دلیل داشتن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی فرار و غیرفرار در قسمت‌های مختلف به خصوص ریزوم آن می‌تواند به عنوان آنتی‌اکسیدان طبیعی به کار رود [۱۲]. کامفن[5]، گاما ترگینن[6] و ترپینن-٤-اُل[7] از ترکیبات فرار ریزوم زنجبیل محسوب می‌شوند [۱۳]. از میان ترکیبات غیرفرار آنتی‌اکسیدانی ریزوم زنجبیل (که فنولیک نیز می‌باشند) می‌توان به گینگرول[8]،

1 Butylated hydroxyanisole
2 Butylated hydroxytoluene
3 Tertiary butylhydroquinone
4 Propyl gallate
5. Camphene
6. Gamma terpinene
7. Terpinene-4-ol
8. Gingerol

شوگول[1]، زینگرون[2]، پارادول[3]، آلفا ترپینول[4] و اسید پنتادکانوئیک[5] اشاره کرد [۱۲و۱۳]. محققین دیگر اثبات کرده‌اند که زنجبیل حاوی ترکیبات پلی فنولی است که مهمترین آن ٦-جینگرول و مشتقات آن می‌باشد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالایی دارند [١٤].

در تحقیقی Habib و Shah (۲۰۰٤) تأثیر عصاره حلال‌های متانول، اتانول، استون، هگزان، پترولیوم اتر و دی اتیل اتر پوست سیب زمینی را در پایدارسازی روغن سویا در شرایط ذخیره سازی (٦۰ روز) در دماهای ۲۵ و ٤۵ درجه سانتی‌گراد ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که عصاره پترولیوم اتر، دی اتیل اتر و متانول پوست سیب زمینی در غلظت‌های مختلف تقریباً عملکردی مشابه BHA و BHT دارند [۱۵]. Mohdaly و همکاران (۲۰۱۱) پتانسیل آنتی‌اکسیدانی عصاره کیک کنجد در پایداری روغن آفتابگردان و روغن سویا را در طول نگهداری در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق، عصاره کیک کنجد در غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام اثر آنتی-اکسیدانی موثری نسبت به آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی BHA و BHTداشت اما در مقابل TBHQ اثر کمتری را از خود نشان داد [١٦]. Nguyen و همکاران (۲۰۱۵)، اثر عصاره متانولی پوست و برگ گیاه *Terminalia nigrovenulosa* و *Premna integrifolia* را در پایداری روغن سویا مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از آزمایشات نشان داد عصاره برگ گیاه *Terminalia nigrovenulosa* در مهار اکسیداسیون اسید لینولئیک موثرتر بود و پس از آن به ترتیب پوست *Terminalia nigrovenulosa* و *Premna integrifolia* قرار داشت. فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره برگ گیاه *Terminalia nigrovenulosa* بیشتر از فعالیت آنتی-اکسیدان سنتزی BHA در کاهش شکل گیری محصولات اولیه (عدد پراکسید و عدد اسیدی) و ثانویه اکسیداسیون (اندیس تیوباربیتوریک اسید، اندیس آنیزیدین و هگزانال) در غلظت برابر ۰/۲ گرم بر کیلوگرم بود. عصاره پوست گیاه *Terminalia nigrovenulosa* و *Premna integrifolia* اثر آنتی‌اکسیدانی مشابه با BHA داشت [۱۷].

با توجه به مواد مؤثره موجود در عصاره زنجبیل، هدف از این مطالعه بررسی کارایی آنتی‌اکسیدانی عصاره حاصل از این گیاه به عنوان یک منبع گیاهی جدید بر میزان پایداری روغن سویا (به عنوان یکی از متداول‌ترین روغن‌های مورد مصرف در کشور) بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- استخراج عصاره استونی زنجبیل

کلیه مواد شیمیایی و حلال‌های مصرفی از شرکت‌های مرک آلمان و سیگما الدریچ آمریکا خریداری شدند. در ابتدا ریزوم خشک شده زنجبیل، آسیاب و از الک شماره ٤۰ عبور داده شد. پودر زنجبیل و استون به نسبت ۱ به ۱۰ با هم مخلوط و به مدت ۲٤ ساعت در شیکر قرار داده شد و به کمک کاغذ صافی و شرایط خلاء صاف گردید و سپس برای خروج حلال از تبخیر کننده چرخشی تحت خلاء ۲۵ میلی‌متر جیوه و دمای ۵۰ درجه سانتی-گراد استفاده شد [۱۸].

۲-۲- راندمان استخراج عصاره

راندمان استخراج در روش غوطه‌وری براساس روش Tian و همکاران (۲۰۱۲) و با فرمول زیر محاسبه شد [۱۹]:

$$Y = \left(\frac{W_{de}}{W_{dp}}\right) \times 100 \qquad (۱)$$

که Y درصد راندمان استخراج، W_{de} جرم پودر عصاره زنجبیل و W_{dp} جرم پودر گیاه زنجبیل خشک شده (قبل از استخراج) است.

۲-۳- محتوای فنولی کل در عصاره

عصاره با غلظت ۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر تهیه و ۰/۵ میلی‌لیتر از آن به فالکون منتقل شد و سپس با ۰/۵ میلی‌لیتر از معرف سیوکالچیو رقیق شده با آب (نسبت ۱ به ۱۰) و ٤ میلی‌لیتر محلول آبی کربنات سدیم ۱ مولار مخلوط شد و به مدت نیم ساعت در دمای اتاق قرار گرفت و سپس جذب آن در طول موج ۷٦۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر (UV-VIS T80+، انگلستان)

1. Shogaol
2. Zingerone
3. Paradol
4. α-terpineol
5. Pentadecanoic acid

خوانده شد. محاسبات بر اساس منحنی کالیبراسیون به دست آمده از گالیک اسید انجام پذیرفت [۲۰].

۲-٤- فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره به روش مهار رادیکال آزاد DPPH

در این روش به عنوان ترکیب رادیکالی پایدار از DPPH به عنوان معرف استفاده شد، بدین ترتیب که ۵۰ میکرولیتر از عصاره با رقت‌های ۱۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام از عصاره استونی زنجبیل و ۱۰۰ پی‌پی‌ام از آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQ به ۵ میلی‌لیتر محلول ۰/۰۰٤ درصد DPPH در متانول اضافه گردید و بعد از ۳۰ دقیقه گرمخانه گذاری در دمای معمولی اتاق، جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ nm مقابل شاهد خوانده شد. درصد مهار (I%) رادیکال‌های آزاد DPPH با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید [۲۱]:

$$I\% = \frac{(A_{blank} - A_{sample})}{A_{blank}} \times 100 \qquad (۲)$$

در این فرمول، A_{blank} جذب نوری کنترل منفی (فاقد عصاره) و A_{sample} میزان جذب نوری غلظت‌های مختلف عصاره را بیان می‌کند.

۲-۵- آماده سازی روغن

غلظت‌های ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰پی‌پی‌ام از عصاره استونی زنجبیل و ۱۰۰ پی‌پی‌ام آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQ با استفاده از همزن مغناطیسی و توئین ۸۰ به روغن سویای بدون آنتی‌اکسیدان (تهیه شده از کارخانجات روغن نباتی کشت و صنعت شمال) اضافه شدند. نمونه‌ها به مدت ۳۰ روز در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون نگهداری و آزمون‌های اکسایشی روغن در فواصل زمانی ۵ روزه بر روی روغن انجام شد.

۲-٦- آزمون‌های روغن

۲-٦-۱- عدد اسیدی

برای اندازه گیری عدد اسیدی، ۱۵ گرم نمونه روغن در داخل ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری توزین و ۷۰ میلی‌لیتر حلال الکلی حل گردید. سپس چند قطره فنول فتالئین به عنوان معرف به آن اضافه و با پتاسیم هیدروکسید ۰/۱ نرمال تیتر شد. عدد اسیدی طبق فرمول زیر به‌دست آمد [۲۲]:

$$Acid\ value = \frac{N \times V \times 56.11}{W} \qquad (۳)$$

که W وزن نمونه روغن (گرم)، V حجم هیدروکسید پتاسیم مصرفی (میلی‌لیتر) و N غلظت هیدروکسید پتاسیم (نرمال) است.

۲-٦-۲- عدد پراکسید

عدد پراکسید بر اساس روش cd 8-53 انجمن شیمیدانان روغن آمریکا[1] (AOCS) انجام شد [۲۳]. عدد پراکسید نمونه‌های روغن سویا حاوی غلظت‌های مختلف عصاره و TBHQ به کمک اسپکتروفتومتر (UV-VIS T80+، انگلستان) در طول موج ۵۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. عدد پراکسید نمونه‌ها طبق فرمول زیر محاسبه گردید:

$$PV = \frac{(As - Ab) \times m}{55.84 \times W \times 2} \qquad (٤)$$

که As، جذب نمونه و Ab جذب شاهد است. m شیب به دست آمده از منحنی کالیبراسیون و W وزن نمونه روغن می‌باشد.

۲-٦-۳- عدد دی‌ان مزدوج

اندازه گیری عدد دی‌ان مزدوج با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر و در طول موج ۲۳۳ نانومتر انجام شد. ۲۰ میکرولیتر از نمونه روغن با هگزان در یک بالن حجمی ۲۵ میلی‌لیتری رقیق شد. مقدار دی‌ان‌های مزدوج (CD) بر اساس رابطه ۵ محاسبه شد. در این معادله A_s جذب در ۲۳۳ نانومتر، b طول سل برحسب سانتیمتر، c غلظت نمونه رقیق شده بر حسب g/L و K_0 میزان جذب اسید و یا گروه‌های استری است [۲٤].

$$CD = \frac{A_s}{(b.c - K_0)} \times 0.84 \qquad (۵)$$

۲-٦-٤- اندازه‌گیری عددکربونیل

جهت بررسی عدد کربونیل از روش اسپکتروفتومتری و واکنشگر ۲و٤-دی نیترو فنیل هیدرازین طبق روش Farahmandfar و همکاران (۲۰۱۵) و بر اساس فرمول زیر تعیین شد [۲۲]:

$$CV = \frac{A - 0.306752}{100 \times W \times M} \qquad (٦)$$

که A، W، M و CV به ترتیب نشان دهنده میزان جذب نمونه روغن در طول موج ٤۲۰ نانومتر، وزن نمونه به گرم، شیب منحنی استاندارد و عدد کربونیل بر اساس میکروگرم بر مول می‌باشد.

1. American oil chemist's society

۲-٦-۵- اندازه گیری ترکیبات قطبی

درصد ترکیبات قطبی کل بر اساس روش Schulte (۲۰۰۰) و از رابطه زیر محاسبه گردید [۲۵]:

$$Cp = \left(\frac{Ws - Wn}{Ws}\right) \times 100 \qquad (۷)$$

که C_p مقدار کل ترکیبات قطبی (درصد)، W_s جرم نمونه (گرم) و W_n جرم ترکیبات غیر قطبی (برحسب گرم) است.

۲-٦-٦- شاخص پایداری اکسایشی

پایداری اکسایشی نمونه‌های روغن با اندازه گیری زمان القا اکسیداسیون و با استفاده از دستگاه رنسیمت (مدل ۷٤۳، سوئیس) اندازه گیری گردید. هوای تمیز، فیلتر شده و خشک با حجم ۲۰ لیتر بر ساعت به صورت حباب وارد روغن و در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و بازه زمانی ۱۰ ساعت حرارت‌دهی شد و شاخص پایداری اکسایشی بر حسب زمان مشخص گردید [۲٦].

۲-۷- آنالیز آماری

کلیه آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار صورت پذیرفت. میانگین‌ها با نرم افزار SPSS 21 و بر اساس آزمون‌های دانکن در سطح پنج درصد مقایسه شدند. نمودارهای حاصل در نرم افزار اکسل ۲۰۱٦ رسم گردید و مورد مقایسه و بررسی قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- راندمان استخراج و فنول کل عصاره

راندمان استخراج عصاره استونی زنجبیل ۱/۲۵±۱۱/۲٤ درصد محاسبه شد. Andriyani و همکاران (۲۰۱۵) عصاره زنجبیل را با استفاده از روش ماسراسیون و دو حلال اتانول و آب به مدت ۲٤ ساعت استخراج نمودند که بازده استخراج عصاره ۷/۵۹ درصد در روش اتانول و ۱۰/٤۵ درصد در روش استفاده از آب به عنوان حلال به‌دست آمد [۲۷]. کمالی روستا و همکاران (۱۳۹۳) بازده استخراج عصاره از ریزوم زنجبیل را که با استفاده از دو حلال متانول و استون جداسازی شده بود به ترتیب ۱۲/۸ و ٤/۸ درصد گزارش نمودند [۲۸و۲۹]. به نظر می‌رسد دلیل اختلاف در مقادیر به‌دست آمده، اختلاف در نوع زنجبیل و حلال بوده است.

فنول کل عصاره استونی زنجبیل ۱/۸۹±۳۵/٦۷ میلی‌گرم اسید گالیک بر گرم عصاره به‌دست آمد. کمالی روستا و همکاران (۱۳۹۳) مقدار ترکیبات فنولی عصاره متانولی و استونی ریزوم زنجبیل را به ترتیب ۱۵/۸۹ و ۱۳/٤۹ میلی‌گرم بر گرم نمونه گزارش نمودند [۲۸]. Andriyani و همکاران (۲۰۱۵) مقدار فنول کل عصاره زنجبیل که با دو حلال آب و اتانول جداسازی شده بود را به ترتیب ۳۱٤ و ۵۰٤ میکروگرم بر میلی‌لیتر گزارش نمودند [۲۷]. عصاره به‌دست آمده از ریزوم زنجبیل محتوای ترکیبات پلی فنولی است که مهمترین آنها ٦-جینگرول و مشتقات آن می‌باشد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالایی دارد [۳۰]. El-Ghorab و همکاران (۲۰۱۰) میزان ترکیبات فنولی به‌دست آمده از عصاره متانولی زنجبیل را ۷۱/۱ میلی‌گرم بر گرم محاسبه نمودند. به نظر می‌رسد نوع حلال استفاده شده نقش مهمی در جداسازی ترکیبات فنولی از زنجبیل خشک داشته است [۱۲].

۳-۲- خاصیت آنتی‌اکسیدانی مهار رادیکال آزاد DPPH

روش مهار رادیکال آزاد DPPH یکی از سریع ترین آزمون‌ها در جهت اندازه گیری پتانسیل ترکیبات شیمیایی برای اهدا هیدروژن است که در نتیجه آن فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره مشخص می‌شود [۳۱]. نتایج مربوط به اندازه گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی غلظت‌های مختلف عصاره استونی زنجبیل و TBHQ با استفاده از روش مهار رادیکال آزاد DPPH در جدول ۱ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت عصاره استونی زنجبیل از ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره افزایش یافته است و در غلظت‌های بالاتر یعنی ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام با افزایش غلظت عصاره استونی زنجبیل فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره کاهش می‌یابد ($P<۰/۰۵$). Saeed و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که با افزایش غلظت عصاره استونی زنجبیل تا ۱۰۰ پی‌پی‌ام (یعنی در غلظت‌های پایین) فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره با افزایش غلظت عصاره افزایش می‌یابد [۳۲] که همراستا با نتایج به‌دست آمده از این پژوهش است. لازم به ذکر است که

Table 1 DPPH radical scavenging of *g*inger extract and TBHQ

Concentration	Extract Concentration (ppm)					TBHQ
	100	500	1000	1500	2000	100
Inhibitation (%)	25.40± 1.82^{F}	43.27 ±1.14^{D}	52.66 ±1.67^{B}	47.26 ±1.48^{C}	40.03 ±1.46^{E}	67.22 ±1.61^{A}

Different letters indicate statistically significant differences (P<0.05).

دلیل افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره با افزایش غلظت را می‌توان به افزایش میزان ترکیبات فنولی نسبت داد.

Farahmandfar و همکاران (۲۰۱۵) فعالیت آنتی‌اکسیدانی مهار رادیکال آزاد DPPH را به صورت تابعی از غلظت–جذب نشان دادند و مشخص شد که با افزایش غلظت عصاره میزان جذب کاهش یافت که نشان دهنده میزان بالاتر مهار و افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره بود [۲۲]. Stoilova و همکاران (۲۰۰٤) خاصیت چلات کنندگی عصاره زنجبیل استخراج شده با روش کربن دی اکسید فوق بحرانی را در سیستم داوکسی ریبوز بررسی کردند و ترکیب EDTA به عنوان شاهد استفاده شد. نتایج حاصل از آزمون آنها نشان داد که عصاره زنجبیل فعالیت چلات کنندگی بالایی بر Fe^{+3} داشته و این فعالیت، بالاتر از فعالیت چلات کنندگی EDTA روی Fe^{+3} بوده است که تایید کننده خصوصیات مهار کنندگی و آنتی‌اکسیدانی عصاره زنجبیل می‌باشد [۳۰]. در پژوهش دیگر، El-Ghorab و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که میزان مهار رادیکال‌های آزاد DPPH با افزایش غلظت عصاره زنجبیل از ٤۰ به ۲٤۰ میکروگرم بر میلی-لیتر، افزایش می‌یابد [۱۲] که تائید کننده نتایج پژوهش حاضر است. در غلظت‌های بالاتر احتمالاً عصاره به صورت پراکسیدان عمل می‌کند و منجر به کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌گردد [۳۳]. Ling و همکاران (۲۰۱۰) گزارش دادند که غلظت‌های بالای عصاره برگ سبز چای در آزمون مهار رادیکال آزاد DPPH به عنوان یک پراکسیدان عمل می‌نماید و خاصیت آنتی-اکسیدانی آن را کاهش می‌دهد که با نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر همخوانی داشت [۳٤].

۳-۳- آزمون‌های روغن

۳-۳-۱- عدد پراکسید

اندیس پراکسید نشان دهنده غلظت پراکسیدها و هیدروپراکسیدهای شکل گرفته در مرحله اول اکسیداسیون روغن است. اندازه گیری عدد پراکسید راهی برای ارزیابی محصولات اولیه اکسیداسیون در روغن می‌باشد [۳۵]. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، در تمام نمونه‌های مورد بررسی عدد پراکسید روغن افزایش یافته است. نمونه شاهد فاقد آنتی‌اکسیدان بالاترین عدد پراکسید (۸/۰۸ میلی‌اکی والان گرم اکسیژن بر کیلوگرم روغن) را طی دوره نگهداری داشته است، که مطابق با نتایج پژوهش Nguyen و همکاران (۲۰۱۵) در مورد استفاده از عصاره‌های گیاه *Terminalia nigrovenulosa* و *Premna integrifolia* در افزایش پایداری روغن سویا است. این محققین بیان کردند که در تمام نمونه‌های مورد بررسی با گذشت زمان نگهداری روغن، عدد پراکسید افزایش یافت. لازم به ذکر است که در نمونه‌های حاوی آنتی‌اکسیدان، نمونه‌های روغن دارای TBHQ کمترین عدد پراکسید را داشتند [۳۵].

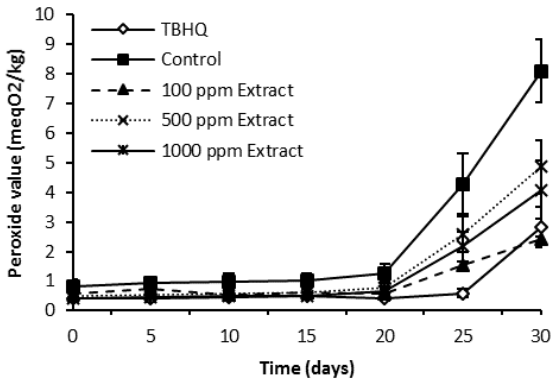

Fig 1 Change in peroxide value of different samples of soybean oil during storage

همانطور که در بخش مهار رادیکال آزاد DPPH نشان داده شد، ۱۰۰ پی‌پی‌ام آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQ بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را داشت که این رفتار در سامانه روغن طی دوره نگهداری نیز مشاهده شد. بطور کلی تا روز ۱۵ نگهداری، نمونه‌ها تفاوت معنی داری نسبت به یکدیگر نداشتند و کمترین عدد پراکسید متعلق به نمونه‌های حاوی ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام عصاره استونی

زنجبیل بود. به عبارت دیگر، با افزایش غلظت عصاره، عدد پراکسید روغن کاهش یافت که نشان دهنده کاهش فرآیند اکسایش است. از روز ۲۰ تا پایان دوره نگهداری نمونه روغن حاوی ۱۰۰ پی‌پی‌ام عصاره استونی زنجبیل کمترین عدد پراکسید را به خود اختصاص دادند ($P<0/05$). احتمالاً در غلظت کم عصاره، ترکیبات فنولی دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشند ولی با گذشت زمان و افزایش غلظت عصاره، خاصیت پرواکسیدانی از خود نشان می‌دهند. Sikwese و Duodu (۲۰۰۷) در اضافه کردن عصاره سبوس سورگوم به روغن آفتابگردان دریافتند که افزایش غلظت عصاره (از ۱۰۰۰ به ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام) می‌تواند باعث افزایش و نیز کاهش عدد پراکسید گردد [۳٦].

اسید لینولئیک، به عنوان اسید چرب غالب در روغن سویا می‌باشد [۳۷]. محققین نشان دادند که استفاده از عصاره گیاه *Cortex fraxini* از پراکسیداسیون اسید لینولئیک و درنتیجه تولید محصولات اکسیداسیون جلوگیری می‌نماید [۳۸]. Agregán و همکاران (۲۰۱۷) گزارش دادند که روند تغییرات عدد پراکسید در نمونه‌های روغن کانولا طی ۱٦ روز نگهداری دارای روند افزایشی بود و نمونه‌های فاقد آنتی‌اکسیدان بالاترین عدد پراکسید را داشتند [۲٤] که تائید کننده نتایج این پژوهش است. Singh و همکاران (۲۰۰۸) اولئورزین زنجبیل را با استفاده از حلال‌های اتانول، متانول، تتراکلرید کربن و به روش سوکسله استخراج و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن را با استفاده از آزمون اندازه گیری عدد پراکسید ارزیابی نمودند و مشخص کردند که اولئورزین زنجبیل در روغن خردل دارای اثرات آنتی‌اکسیدانی است [۳۹].

۳-۳-۲- عدد اسیدی

اسیدهای چرب آزاد از تجزیه تری گلیسریدهای روغن طی نگهداری روغن ایجاد می‌شوند و اندازه گیری عدد اسیدی و در نتیجه میزان اسیدهای چرب آزاد یک پارامتر مهم جهت اندازه گیری تند شدگی در غذاها می‌باشد [۳۵]. نتایج مربوط به تغییرات عدد اسیدی نمونه‌های مختلف روغن طی دوره نگهداری در شکل ۲ نشان داده شده است. روند تغییرات عدد اسیدی در تمام نمونه‌های مورد بررسی طی دوره نگهداری افزایشی بود. Nguyen و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که با گذشت زمان نگهداری عدد اسیدی در تمام نمونه‌های روغن افزایش می‌یابد که با نتایج به‌دست آمده از این پژوهش همخوانی دارد [۳۵].

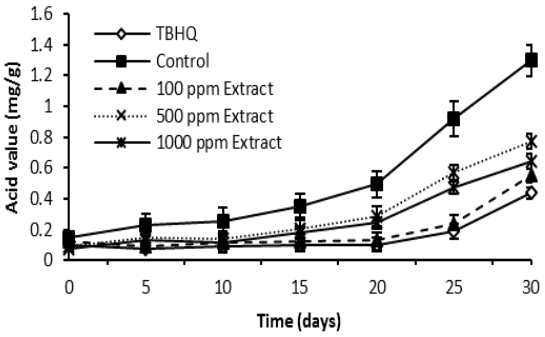

Fig 2 Change in acid value of different samples of soybean oil during storage

نمونه شاهد فاقد آنتی‌اکسیدان بالاترین عدد اسیدی را داشت و کمترین عدد اسیدی مربوط به نمونه روغن حاوی آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQ بود. در بین نمونه‌های حاوی عصاره نیز نمونه‌های روغن حاوی ۱۰۰ پی‌پی‌ام عصاره استونی زنجبیل کمترین عدد اسیدی را داشتند و بیشترین عدد اسیدی در نمونه‌های روغن حاوی ۵۰۰ پی‌پی‌ام عصاره استونی زنجبیل مشاهده شد. وجود مقادیر بالای ترکیبات فنولی در عصاره مسئول کاهش عدد اسیدی در نمونه‌های حاوی عصاره نسبت به نمونه شاهد بوده است [٤۰]. این نتایج با یافته‌های Asnaashari و همکاران (۲۰۱۵) که اعلام نمودند ترکیبات فنولی تاثیر مهمی بر پایداری اکسایشی روغن دارد [٤۱]، مطابقت دارد. ترکیبات فنولی با دادن اتم‌های هیدروژن منجر به پایداری رادیکال‌های چربی می‌شوند [٤۲]. Zhang و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که عصاره رزماری در آزمون DPPH مهار رادیکال آزاد بالایی نشان داد و منجر به افزایش پایداری نمونه‌های روغن طی نگهداری شد [٤۳]. فرهمندفر و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی تاثیر عصاره نعنا فلفلی بر پایداری اکسایشی روغن سویا تحت تاثیر فرآیند مایکروویو پرداختند و نشان دادند در نمونه‌های حاوی عصاره، میزان عدد اسیدی روغن کمتر از نمونه شاهد فاقد عصاره بود که با نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر مطابقت دارد [٤٤]. لازم به ذکر است که در تحقیقی با افزایش غلظت عصاره سبوس سورگوم از

۱۰۰۰ به ۱۵۰۰ پی‌پی‌ام، عدد اسیدی روغن آفتابگردان افزایش ولی از ۱۵۰۰ به ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام، عدد اسیدی روغن کاهش یافت [۳۶].

۳-۳-۳- عدد کربونیل

اندیس کربونیل جهت تخمین محصولات ثانویه اکسیداسیون چربی اندازه گیری می‌شود. در تمام نمونه‌های مورد بررسی، روند تغییرات عدد کربنیل طی دوره نگهداری افزایشی بود (شکل ۳).

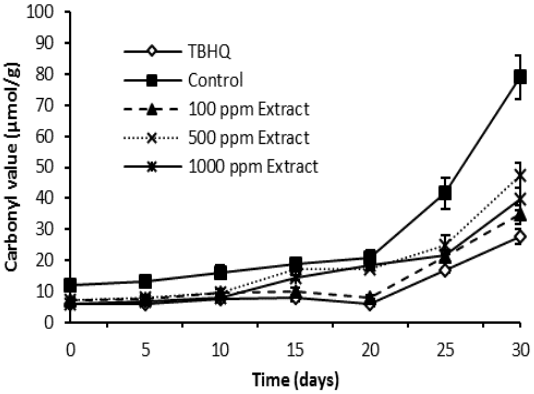

Fig 3 Change in carbonyl value of different samples of soybean oil during storage

بیشترین مقدار عدد کربونیل (۷۸/۹۳ -۱۱/۹۹ میکرومول بر گرم) در نمونه شاهد مشاهده شد، در حالی که نمونه حاوی TBHQ کمترین عدد کربونیل (۲۷/۶۸-۵/۸۶ میکرومول بر گرم) را در بین نمونه‌های مورد بررسی داشت. عدد کربونیل در نمونه‌های حاوی عصاره استونی زنجبیل کمتر از نمونه شاهد فاقد آنتی‌اکسیدان و عصاره بود. Farahmandfar و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند در نمونه‌های روغن کانولا که حاوی عصاره سبوس برنج طارم محلی می‌باشند، عدد کربونیل از نمونه‌های روغن شاهد فاقد آنتی‌اکسیدان پائین‌تر است. آنها همچنین گزارش نمودند که استفاده از TBHQ در روغن منجر به بهبود پایداری اکسایشی روغن و کاهش عدد کربونیل نسبت به نمونه شاهد می‌شود [۲۲] که مطابق با نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر است.

۳-۳-٤- عدد دی‌ان مزدوج

اندازه گیری اندیس دی‌ان مزدوج یکی از روش‌های مناسب جهت ارزیابی اکسیداسیون روغن است چون دی‌ان‌های مزدوج ترکیبات پایداری هستند و در روغن باقی می‌مانند [٤٥]. شکل ٤، تغییرات دی‌ان مزدوج نمونه‌های مختلف روغن طی دوره نگهداری را نشان می‌دهد. به طور کلی، با افزایش مدت زمان انبارداری، مقدار عدد دی‌ان مزدوج افزایش یافت هر چند که در برخی از زمان‌های نگهداری کاهش عدد دی‌ان مزدوج مشاهده شد ولی تغییرات کاهشی قابل چشم پوشی و روند کلی تغییرات افزایشی است، به طوریکه نمونه شاهد با بالاترین میزان دی‌ان‌های مزدوج در ابتدای دوره نگهداری دارای عدد دی‌ان مزدوج ۷/۰۳ بود و در انتهای دوره نگهداری به ۲۵/۸۵ رسید.

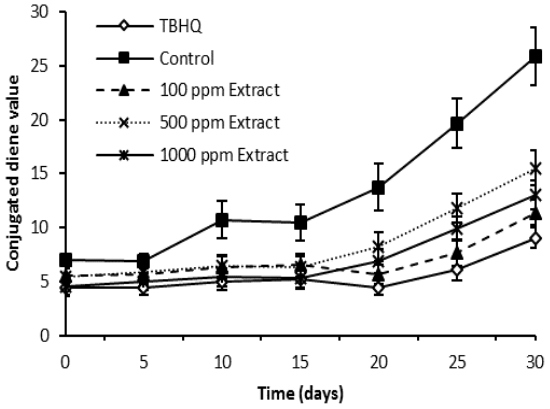

Fig 4 Change in Conjugated diene value of different samples of soybean oil during storage

این نتایج با گزارش Agregán و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد. آنها با بررسی تاثیر عصاره سه نوع جلبک دریای بر میزان دی‌ان‌های مزدوج روغن کانولا طی ١٦ روز نگهداری نشان دادند که با گذشت زمان نگهداری روند تغییرات دی‌ان مزدوج افزایشی بوده و نمونه شاهد فاقد آنتی‌اکسیدان بالاترین میزان دی‌ان‌های مزدوج را داشته است [٢٤]. کمترین میزان دی‌ان‌های مزدوج در نمونه‌های روغن کانولا حاوی آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQ مشاهده شد. میزان دی‌ان‌های مزدوج در نمونه‌های حاوی عصاره کمتر از نمونه شاهد فاقد آنتی‌اکسیدان و عصاره بود. جلوگیری از شکل گیری دی‌ان‌های مزدوج به منظور کاهش تشکیل رادیکال-های چربی، یکی از مراحل مهم در واکنش‌های اکسیداسیون چربی است [٢٤]. Poiana و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که استفاده از عصاره دانه انگور در روغن آفتابگردان منجر به کاهش شکل گیری دی‌ان‌های مزدوج نسبت به نمونه شاهد می‌گردد [٤٦] که هم راستا با نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر است.

۳-۳-۵- پایداری اکسایشی

رنسیمت یک ابزار خودکار است که قابلیت هدایت مولکول‌های اسیدهای چرب با وزن مولکولی پایین را در دماهای بالاتر از ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد اندازه گیری می‌نماید [۳۷و٤۷]. نتایج مربوط به اندیس پایداری اکسایشی (OSI) نمونه‌های مختلف روغن سویا در شکل ۵ نشان داده شده است. به طور کلی، با گذشت زمان نگهداری در تمام نمونه‌های مورد بررسی پایداری اکسایشی روغن کاهش یافته است. در ابتدای دوره نگهداری نمونه‌های روغن حاوی ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام عصاره استونی زنجبیل بالاترین پایداری اکسایشی را داشتند (٦/٤۸ ساعت) اما در پایان دوره نگهداری بالاترین پایداری اکسایشی متعلق به نمونه‌های حاوی آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQ (۲/۲٦ ساعت) بود.

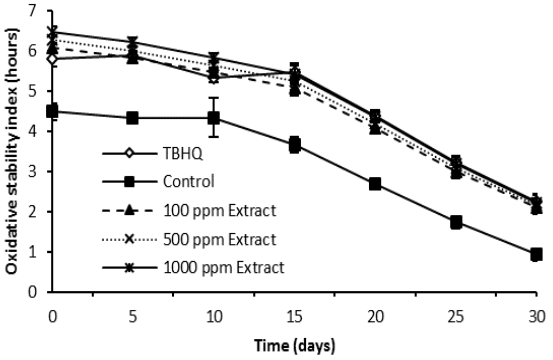

Fig 5 Change in oxidative stability of different samples of soybean oil during storage

کمترین پایداری اکسایشی در نمونه‌های روغن فاقد آنتی‌اکسیدان مشاهده شد (٤/٤۹-۰/۹٤ ساعت). افزودن ترکیبات آنتی‌اکسیدان به هر دو صورت طبیعی و مصنوعی منجر به کاهش تند شدن روغن‌ها، حفظ کیفیت تغذیه‌ای، به تاخیر انداختن شکل گیری ترکیبات سمی و گسترش عمر ماندگاری روغن‌های گیاهی می‌گردد. Farahmandfar و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که پایداری اکسایشی در نمونه‌های روغن که حاوی عصاره سبوس برنج و TBHQ هستند از نمونه شاهد (فاقد آنتی‌اکسیدان) بالاتر است که مطابق با نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر می‌باشد [۲۲]. Murcia و همکاران (۲۰۰٤) خاصیت آنتی‌اکسیدانی عصاره زنجبیل را با استفاده از آزمون رنسیمت سنجیدند و اظهار داشتند که زنجبیل پایداری اکسایشی روغن‌های آفتابگردان، ذرت، زیتون و چربی‌های کره و مارگارین در دمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد را بهبود می‌بخشد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آنها در راستا با فعالیت آنتی‌اکسیدان سنتزی پروپیل گالات است [٤۸]. فرهمندفر و همکاران (۱۳۹۷) نشان دادند پایداری اکسایشی در نمونه شاهد (که فاقد آنتی‌اکسیدان است) از نمونه‌های حاوی عصاره کمتر است [٤٤] که مطابق با نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر است.

۳-۳-٦- ترکیبات قطبی

محتوای ترکیبات قطبی یکی از برجسته ترین مقیاس‌های ارزیابی کیفیت روغن می‌باشد. تعیین مقدار ترکیبات قطبی در روغن‌های سرخ کردنی با توجه به دقت و قابلیت تکرار پذیری بالا یک معیار قابل اطمینان از توسعه واکنش‌های تخریب و تجزیه روغن در اختیار می‌گذارد [٤۹]. نتایج مربوط به تغییرات میزان ترکیبات قطبی در نمونه‌های روغن طی دوره نگهداری در شکل ٦ نشان داده شده است. در تمام نمونه‌های مورد بررسی روند تغییرات ترکیبات قطبی، به صورت افزایش بود. در تمام دوره نگهداری نمونه شاهد بالاترین میزان ترکیبات قطبی (٤٦/۳۰-٤/۸۷ درصد) را داشت. کمترین میزان ترکیبات قطبی طی دوره نگهداری در نمونه‌های روغن حاوی آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQ مشاهده شد که بین ۲/۳۹ تا ۱٦/۲٤ درصد متغیر بود. Farahmandfar و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی تاثیر آنتی‌اکسیدانی عصاره سبوس برنج بر پایداری اکسایشی روغن کانولا پرداختند و نشان دادند که میزان ترکیبات قطبی شاهد بیشتر از نمونه روغن حاوی عصاره و TBHQ است که مطابق با نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر است [۲۲].

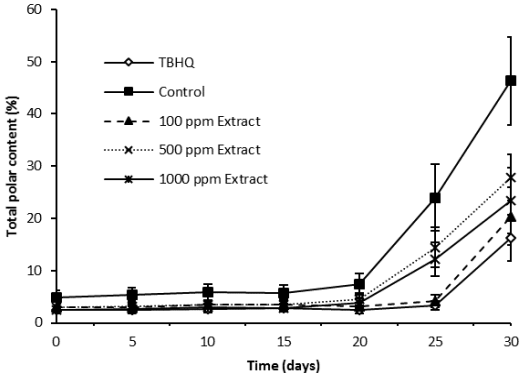

Fig 6 Change in polar content of different samples of soybean oil during storage

٤- نتیجه گیری

در این پژوهش، تاثیر آنتی‌اکسیدانی عصاره استونی زنجبیل بر پایداری اکسایشی روغن سویا طی دوره نگهداری مورد بررسی قرار گرفت. فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره استونی زنجبیل با استفاده از روش مهار رادیکال آزاد DPPH نشان داد که با افزایش غلظت عصاره تا ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن افزایش یافت که به دلیل افزایش میزان ترکیبات فنولی موجود در عصاره بود. انبارداری روغن سویا غنی شده با عصاره استونی زنجبیل نشان داد که با گذشت زمان نگهداری در تمام نمونه‌های مورد بررسی فرآیند اکسایش چربی رخ داده است به طوری که در نمونه‌های شاهد فاقد آنتی‌اکسیدان، روند تغییرات اکسیداسیون بیشتر و در نمونه‌های حاوی عصاره و آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQ با سرعت و شدت کمتری اتفاق افتاده است. همبستگی بسیار بالایی بین نتایج به‌دست آمده از آزمون پراکسید به عنوان ترکیب اولیه اکسایش روغن و ترکیبات ثانویه اکسیداسیون مانند اندیس کربونیل و عدد اسیدی مشاهده شد. با توجه به کارائی بالا عصاره زنجبیل، استفاده از ۱۰۰ پی‌پی‌ام عصاره استونی زنجبیل در روغن سویا به منظور افزایش عمر ماندگاری آن توصیه می‌شود. عصاره زنجبیل به دلیل دارا بودن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در قسمت‌های مختلف می‌تواند به عنوان یک آنتی‌اکسیدان طبیعی در صنعت غذا بکار رود.

٥- منابع

[1] Moure, A., Cruz, J.M., Franco, D., Domínguez, J.M., Sineiro, J., Domínguez, H., Núñez, M.J. and Parajó, J.C., 2001. Natural antioxidants from residual sources. *Food chemistry*, *72*(2), 145-171.

[2] Mohdaly, A.A., Smetanska, I., Ramadan, M.F., Sarhan, M.A. and Mahmoud, A., 2011. Antioxidant potential of sesame (Sesamum indicum) cake extract in stabilization of sunflower and soybean oils. *Industrial Crops and Products*, *34*(1), 952-959.

[3] Katragadda, H.R., Fullana, A., Sidhu, S. and Carbonell-Barrachina, Á.A., 2010. Emissions of volatile aldehydes from heated cooking oils. *Food Chemistry*, *120*(1), 59-65.

[4] Farhoosh, R., Sharif, A., Asnaashari, M., Johnny, S. and Molaahmadibahraseman, N., 2016. Temperature-dependent mechanism of antioxidant activity of o-hydroxyl, o-methoxy, and alkyl ester derivatives of p-hydroxybenzoic acid in fish oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *93*(4), 555-567.

[5] Wang, G., Shi, G., Chen, X., Chen, F., Yao, R. and Wang, Z., 2013. Loading of free radicals on the functional graphene combined with liquid chromatography–tandem mass spectrometry screening method for the detection of radical-scavenging natural antioxidants. *Analytica chimica acta*, *802*, 103-112.

[6] Oliva, M.L., Shannon, J.G., Sleper, D.A., Ellersieck, M.R., Cardinal, A.J., Paris, R.L. and Lee, J.D., 2006. Stability of fatty acid profile in soybean genotypes with modified seed oil composition. *Crop Science*, *46*(5), 2069-2075.

[7] Frutos, M.J. and Hernandez-Herrero, J.A., 2005. Effects of rosemary extract (Rosmarinus officinalis) on the stability of bread with an oil, garlic and parsley dressing. *LWT-Food Science and Technology*, *38*(6), 651-655.

[8] Pimpa, B., Kanjanasopa, D. and Boonlam, S., 2009. Effect of addition of antioxidants on the oxidative stability of refined bleached and deodorized palm olein. *Kasetsart J (Nat Sci)*, *43*, 370-377.

[9] Sikwese, F.E. and Duodu, K.G., 2007. Antioxidant effect of a crude phenolic extract from sorghum bran in sunflower oil in the presence of ferric ions. *Food chemistry*, *104*(1), 324-331.

[10] Shariatzadeh, S.M.A., Hasanvand, A. and Fallah Huseini, H., 2016. The Protective Effect of Ginger Extract Against Bisphenol A-induced Testicular Toxicity in NMRI Mice. *Journal of Medicinal Plants*, *2*(58), 151-163.

[11] Dehghani, I. and Mostajeran, A., 2010. Effect of salinity on vegetative growth, antioxidant and defensive enzymes in ginger (Zingber officinale Roscoe.). *Journal of Herbal Drugs (An International Journal on Medicinal Herbs)*, *1*(1), 1-8.

[12] El-Ghorab, A.H., Nauman, M., Anjum, F.M., Hussain, S. and Nadeem, M., 2010. A comparative study on chemical composition

of endemic Thermopsis turcica. *Saudi journal of biological sciences*, *20*(3), 235-239.

[22] Farahmandfar, R., Asnaashari, M. and Sayyad, R., 2015. Comparison antioxidant activity of Tarom Mahali rice bran extracted from different extraction methods and its effect on canola oil stabilization. *Journal of food science and technology*, *52*(10), 6385-6394.

[23] American Oil Chemists' Society (AOCS) and Firestone, D., 1994. *Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society*. AOCS press.

[24] Agregán, R., Munekata, P.E., Domínguez, R., Carballo, J., Franco, D. and Lorenzo, J.M., 2017. Proximate composition, phenolic content and in vitro antioxidant activity of aqueous extracts of the seaweeds Ascophyllum nodosum, Bifurcaria bifurcata and Fucus vesiculosus. Effect of addition of the extracts on the oxidative stability of canola oil under accelerated storage conditions. Food Research International, 99(3): 986-994.

[25] Schulte, E., 2000. Micromethod for the gravimetric determination of polar components in frying fats with ready for use columns. European journal of lipid science and technology, 102(8‐ 9), 574-579.

[26] Farahmandfar, R., Asnaashari, M. and Sayyad, R., 2017. Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Capsicum frutescens Extracted by Supercritical CO2, Ultrasound and Traditional Solvent Extraction Methods. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 20(1), 196-204.

[27] Andriyani, R., Budiati, T.A. and Pudjiraharti, S., 2015. Effect of Extraction Method on Total Flavonoid, Total Phenolic Content, Antioxidant and Anti-bacterial Activity of Zingiberis Officinale Rhizome. *Procedia Chemistry*, *16*, 149-154.

[28] Kamaliroosta, L., Ghavami, M., Gharachorloo, M. and Azizinezhad, R., 2011. Isolation of cinnamon extract and assessing its effect on the stability of sunflower oil. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, *6*(1), 13-22.

[29] Ekwenye, U.N. and Elegalam, N.N., 2005. Antibacterial activity of Ginger (Zingiber officinale Roscoe and Garlic (Allium sativum L.) extracts on Escherichia coli and Salmonella

and antioxidant activity of ginger (Zingiber officinale) and cumin (Cuminum cyminum). *Journal of agricultural and food chemistry*, *58*(14), 8231-8237.

[13] Suhaj, M., 2006. Spice antioxidants isolation and their antiradical activity: a review. *Journal of food composition and analysis*, *19*(6), 531-537.

[14] Yudthavorasit, S., Wongravee, K. and Leepipatpiboon, N., 2014. Characteristic fingerprint based on gingerol derivative analysis for discrimination of ginger (Zingiber officinale) according to geographical origin using HPLC-DAD combined with chemometrics. *Food chemistry*, *158*, 101-111.

[15] Habib, F. and Shah, W.H., 2004. Utilization of potato peels extract as a natural antioxidant in soy bean oil. *Food Chemistry*, *85*(2), 215-220.

[16] Mohdaly, A.A., Smetanska, I., Ramadan, M.F., Sarhan, M.A. and Mahmoud, A., 2011. Antioxidant potential of sesame (Sesamum indicum) cake extract in stabilization of sunflower and soybean oils. *Industrial Crops and Products*, *34*(1), 952-959.

[17] Nguyen, Q.V., Nguyen, N.H. and Eun, J.B., 2015. Antioxidant activity of Terminalia nigrovenulosa and Premna integrifolia extracts in soybean oil. *International Food Research Journal*, *22*(1), 254-261.

[18] Su, L., Yin, J.J., Charles, D., Zhou, K., Moore, J. and Yu, L.L., 2007. Total phenolic contents, chelating capacities, and radical-scavenging properties of black peppercorn, nutmeg, rosehip, cinnamon and oregano leaf. *Food chemistry*, *100*(3), 990-997.

[19] Tian, Y., Zeng, H., Xu, Z., Zheng, B., Lin, Y., Gan, C. and Lo, Y.M., 2012. Ultrasonic-assisted extraction and antioxidant activity of polysaccharides recovered from white button mushroom (Agaricus bisporus). *Carbohydrate Polymers*, *88*(2), 522-529.

[20] Pourmorad, F., Hosseinimehr, S.J. and Shahabimajd, N., 2006. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. *African journal of biotechnology*, *5*(11), 1142-1145.

[21] Aksoy, L., Kolay, E., Ağılönü, Y., Aslan, Z. and Kargıoğlu, M., 2013. Free radical scavenging activity, total phenolic content, total antioxidant status, and total oxidant status

typhi. *International Journal of Molecular Sciences*, *1*, 411-416.
[30] Stoilova, I., Krastanov, A., Stoyanova, A., Denev, P. and Gargova, S., 2007. Antioxidant activity of a ginger extract (Zingiber officinale). *Food chemistry*, *102*(3), 764-770.
[31] Sayyad, R. and Farahmandfar, R., 2017. Influence of Teucrium polium L. essential oil on the oxidative stability of canola oil during storage. *Journal of food science and technology*, *54*(10), 3073-3081.
[32] Saeed, M.K., Iqbal, Z., Mehmud, S. and Ejaz, N., 2009, April. Antioxidant activity of Zingiber officinale Roscoe's extract, oleoresin and essential oil from Pakistan. In *Complex Medical Engineering, 2009. CME. ICME International Conference on* (1-4). IEEE.
[33] Tian, B. and Hua, Y., 2005. Concentration-dependence of prooxidant and antioxidant effects of aloin and aloe-emodin on DNA. *Food Chemistry*, *91*(3), 413-418.
[34] Ling, L.T., Palanisamy, U.D. and Cheng, H.M., 2010. Prooxidant/antioxidant ratio (ProAntidex) as a better index of net free radical scavenging potential. *Molecules*, *15*(11), 7884-7892.
[35] Nguyen, Q.V., Nguyen, N.H. and Eun, J.B., 2015. Antioxidant activity of Terminalia nigrovenulosa and Premna integrifolia extracts in soybean oil. *International Food Research Journal*, *22*(1). pp254-261.
[36] Sikwese, F.E. and Duodu, K.G., 2007. Antioxidant effect of a crude phenolic extract from sorghum bran in sunflower oil in the presence of ferric ions. *Food chemistry*, *104*(1), 324-331.
[37] Farahmandfar, R., 1391. Comprehensive chemistry and technology of edible oils. Sahra press, Iran.
[38] Frank, D. G. 2005. Vegetable Oils. In Fereidoon, S. (Ed). Bailey's industrial oil and fat products, p. 213-267. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken
[39] Singh, G., Kapoor, I.P.S., Singh, P., de Heluani, C.S., De Lampasona, M.P. and Catalan, C.A., 2008. Chemistry, antioxidant and antimicrobial investigations on essential oil and oleoresins of Zingiber officinale. *Food and Chemical Toxicology*, *46*(10), 3295-3302.
[40] Nguyen, Q.V. and Eun, J.B., 2011. Antioxidant activity of solvent extracts from Vietnamese medicinal plants. *Journal of Medicinal Plants Research*, *5*(13), 2798-2811.
[41] Asnaashari, M., Hashemi, B., Mohammad, S., Mehr, H.M. and Asadi Yousefabad, S.H., 2015. Kolkhoung (Pistacia khinjuk) Hull oil and Kernel oil as antioxidative vegetable oils with high oxidative stability and nutritional value. *Food technology and biotechnology*, *53*(1), 81-86.
[42] Asnaashari, M., Farhoosh, R. and Sharif, A., 2014. Antioxidant activity of gallic acid and methyl gallate in triacylglycerols of Kilka fish oil and its oil-in-water emulsion. *Food chemistry*, *159*, 439-444.
[43] Zhang, Y., Yang, L., Zu, Y., Chen, X., Wang, F. and Liu, F., 2010. Oxidative stability of sunflower oil supplemented with carnosic acid compared with synthetic antioxidants during accelerated storage. *Food Chemistry*, *118*(3), 656-662.
[44] Farahmandfar, R., Amini, A., Faghih Nasiri, S. and Asnaashari, M. 2018. Influence of Mentha piperita L. extract in the quality of soybean oil during microwave heating. Iranian Journal of food science and technology. 75(15): 201-216.
[45] Sulieman, A.E.R.M., El‐Makhzangy, A.T.T.Y.A. and Ramadan, M.F., 2006. Antiradical performance and physicochemical characteristics of vegetable oils upon frying of French fries: a preliminary comparative study. *Journal of Food Lipids*, *13*(3), 259-276.
[46] Poiana, M.A., 2012. Enhancing oxidative stability of sunflower oil during convective and microwave heating using grape seed extract. *International journal of molecular sciences*, *13*(7), 9240-9259.
[47] Asnaashari, M., Tajik, R. and Khodaparast, M.H.H., 2015. Antioxidant activity of raspberry (Rubus fruticosus) leaves extract and its effect on oxidative stability of sunflower oil. *Journal of food science and technology*, *52*(8), 5180-5187.
[48] Murcia, M.A., Egea, I., Romojaro, F., Parras, P., Jiménez, A.M. and Martínez-Tomé, M., 2004. Antioxidant evaluation in dessert spices compared with common food additives. Influence of irradiation procedure. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *52*(7), 1872-1881.

[49] Koidis, A. and Boskou, D., 2015. Virgin olive oil: losses of antioxidant polar phenolic compounds due to storage, packaging, and culinary uses. In *Processing and Impact on Active Components in Food*, 267-274.

Utilization of acetonic extract of ginger for increasing storability of soybean oil

Ahmadtabar Kalebasti, S. H. [1], Farahmandfar, R. [2*], Esmaeilzadeh Kenari, R. [3]

1. MSc, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Iran
2. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Iran
*Corresponding Author E-Mail Address: r.farahmandfar@sanru.ac.ir
3. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Iran

(Received: 2017/12/27 Accepted:2018/06/06)

Principal cause of quality deterioration in oils and fats during processing and storage, is oxidation and resulting in the production of rancid odours and unpleasant flavours, changes of colour, and reduction of nutritional value. In this study, the antioxidant effects of acetonic ginger extract on oxidative stability of soybean oil during the storage period (30 days) were investigated. The extraction efficiency of the acetonic extract obtained by maceration method was 24.21% and the phenolic compounds were 35.67 mg gallic acid per gram of extract. By increasing the concentration of the extract to 1000 ppm, its antioxidant activity increased as DPPH-free radical scavenging technique. Ginger acetonic extract was then added to oil at 3 concentration levels of 100, 500 and 1000, which had increasing trend of antioxidant activity, and oil samples were stored at 70 °C in 30 days for investigating the oxidative process. The results showed that during storage time, the amount of peroxide, the amount of polar compounds, conjugated diene, carbonyl value and acid value of oil increased and phenolic compounds, oxidative stability of oil and iodine value decreased. The highest amount of oxidation was observed in samples without antioxidant and extract. Finally, it could be say that the ginger acetonic extract reduces fat oxidation due to phenolic compounds and improves the shelf life of soybean oil during storage.

Keywords: Oxidation, Soybean oil, Ginger, Acetonic extract

∗ Corresponding Author E-Mail Address: r.farahmandfar@sanru.ac.ir