

(مقاله پژوهشی)

اثر ضد اکسایشی عصاره پوست مرکبات بر کنترل اکسایش روغن کانولا

حسین عالی^۱، مریم عزیزخانی^{۲*}، فهیمه توریان^۲

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تخصصی فناوری های نوین آمل، آمل، ایران.

۲-دانشیار، گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تخصصی فناوری های نوین آمل، آمل، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۰۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۰۷

DOI: 10.30495/jfst.2022.1950916.1777

چکیده

هدف از این پژوهش مقایسه فعالیت ضد اکسایشی عصاره پوست مرکبات (کشت شده در شمال و جنوب ایران) بر اکسایش روغن کانولا در شرایط تسریع شده طی ۵ روز بود. عصاره های اتانولی پوست مرکبات تهیه شده با روش فراصوت (توان ۱۵۰ وات، دمای ۴۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه) در مقایسه با عصاره های تولید شده از طریق روش استخراج معمولی، راندمان استخراج و ترکیبات فنلی بالاتری را نشان دادند. پوست نارنج جنوبی بیشترین مقدار ترکیبات فنلی کل (۱/۷۸ میلی گرم اسید گالیک در گرم) را داشت و پس از آن پوست نارنج شمالی (۱/۴۶ میلی گرم اسید گالیک در گرم)، لیموی جنوبی (۱/۲۵ میلی گرم اسید گالیک در گرم)، لیموی شمالی (۱/۰۲ میلی گرم اسید گالیک در گرم)، پرتقال جنوبی (۱/۳۲ میلی گرم اسید گالیک در گرم) و پوست پرتقال شمالی (۱/۱۰ میلی گرم اسید گالیک در گرم) قرار گرفتند. ترکیبات فنلی عصاره پوست مرکبات جنوب ایران بیشتر از میزان ترکیبات فنلی در عصاره پوست مرکبات شمال بود. پایداری اکسایشی و نیز فعالیت جذب رادیکال آزاد (DPPH) عصاره پوست نارنج جنوبی از سایر تیمارها بالاتر بود و به دنبال آن عصاره نارنج شمالی، پرتقال جنوبی، پرتقال شمالی، لیموی جنوبی و لیموی شمالی قرار گرفتند. با توجه به نتایج، عصاره های پوست مرکبات حاوی مقدار قابل توجهی ترکیبات فنلی بوده و به عنوان آنتی اکسیدان های طبیعی پتانسیل واکنش با رادیکال های آزاد و جلوگیری از اکسایش چربی ها را دارند.

واژه های کلیدی: آنتی اکسیدان، پایداری اکسایشی، عصاره، روغن کانولا، مرکبات.

۱- مقدمه

آنتی اکسیدان ها یکی از پرکاربردترین گروه های افزودنی های خوراکی به شمار می روند و نقش کلیدی در جلوگیری از ایجاد طعم های تند و فساد ناشی از اکسایش اسیدهای چرب اشباع نشده ایفا می کنند. با این حال، استفاده تجاری از آنتی اکسیدان های مصنوعی (سنتزی) به شدت توسط مراجع قانونی کنترل می شود، آگاهی مصرف کنندگان در مورد افزودنی های غذایی افزایش می یابد و توجه به بحث ایمنی مواد غذایی باعث افزایش تمایل به استفاده از آنتی اکسیدان های طبیعی به عنوان جایگزین ترکیبات مصنوعی شده است. گزارش شده است که اسانس ها و عصاره بسیاری از گیاهان دارای درجات مختلف فعالیت های از آنتی اکسیدانی هستند که باعث پایداری اکسایشی چربی ها و روغن های می شود (۴). پایداری اکسایشی روغن ها در طول فرایند سرخ کردن عمیق مسئله مهمی در حفظ کیفیت آنها به شمار می رود. سرخ کردن روشی متداول برای تولید و تهیه غذاها در سراسر جهان محسوب می شود. نزدیک به نیمی از سفارشات غذا برای وعده های روزانه شامل یک یا چند وعده از محصولات سرخ شده در رستوران ها و مراکز تهیه غذا می باشد. در طول سرخ کردن عمیق، روغن در معرض دمای بالا در مجاورت هوا و رطوبت قرار می گیرد و دچار فساد اکسایشی می گردد (۷). اثبات شده است که اکسایش چربی می تواند منجر به تغییرات در ارزش عملکردی، حسی، تغذیه ای و حتی ایمنی غذاهای سرخ شده گردد (۴). علاوه بر این، واکنش بین لیپیدهای پراکسید شده و پروتئین ها باعث پلیمریزاسیون، تسریع تشکیل رنگدانه های قهوه ای و برخی عوارض مانند پیری زودرس، سرطان زایی، آسیب به DNA، پارکینسون، تشکیل تومور و بیماری های کرونری قلب می شود (۱). اگرچه پوست و محصولات جانبی مرکبات معمولاً به عنوان زباله های کشاورزی محسوب می شوند اما منابع غنی از آنتی اکسیدان های طبیعی می باشند. چندین مطالعه کارایی آنتی اکسیدانی عصاره های پوست انار، پوست سیب زمینی، تفاله چغندر قند و غیره را در روغن های گیاهی مورد بررسی قرار داده اند (۱۰، ۱۶). فرآورده های جانبی فرآوری مرکبات به طور طبیعی منبع غنی فلاونوئیدها هستند. پوست که تقریباً نیمی از جرم

میوه را تشکیل می دهد حاوی بیشترین مقدار فلاونوئیدها در مرکبات است. عصاره هایی که از پوست میوه مرکبات استخراج می شود دارای پتانسیل بالایی به عنوان منبع آنتی اکسیدان در جلوگیری از واکنش های اکسایشی می باشند (۲۵). در یک مطالعه، Londono-Londono و همکاران (۲۰۱۰) عصاره و ترکیبات فلاونوئیدی پوست مرکبات (لیمو ترش، پرتقال نارنگی) آمریکای جنوبی را از طریق بهینه سازی استخراج با کمک امواج فراصوت با کارایی بالا استخراج نموده و فعالیت آنتی اکسیدانی این اجزا را گزارش کردند (۱۴). Hegazy و Ibrahim (۲۰۱۲) به ارزیابی کارایی حلال های آلی مختلف مانند متانول، اتانول، دی کلرومتان، استون، هگزان و اتیل استات برای استخراج عصاره و فلاونوئیدها از پوست پرتقال و بررسی ظرفیت آنتی اکسیدانی و ضدرادیکالی آن ها پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که عصاره اتانولی پوست پرتقال دارای بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی می باشد (۱۱). در مطالعه Singh و همکاران (۲۰۲۰) اعلام شد که عصاره پوست مرکبات را می توان به عنوان منبع ترکیبات نگهدارنده آنتی اکسیدانی برای تولید محصولات غذایی جدید مورد استفاده قرار داد چرا که نه تنها بی خطر و ایمن هستند بلکه دارای فعالیت های ارتقا دهنده سلامت نیز می باشند (۲۱). در شمال و جنوب ایران مرکبات (به ویژه پرتقال، نارنج و لیمو) در مقیاس وسیع تولید شده، ماده اولیه واحدهای تولیدی و کارخانجات تولید آبمیوه، کنساتره و کنسرو میوه را تشکیل داده و در نهایت ضایعات این کارخانجات بدون فرآوری دور ریخته می شوند. با توجه به ضرورت افزایش تولید داخلی و خودکفایی در زمینه مواد اولیه و نیز تاکید مقامات و مراجع غذایی کشور بر پیشرفت صنایع تبدیلی در حوزه کشاورزی و غذا، استفاده از ضایعات مربوط به پوست مرکبات جهت استخراج ترکیبات آنتی اکسیدانی با قیمت مناسب و کارایی بالا برای حصول اهداف فوق مفید به نظر می رسد. عمده مطالعات انجام شده در خصوص استخراج و ارزیابی فعالیت ضد اکسایشی و یا ضد میکروبی اسانس پوست مرکبات انجام گرفته است. لذا، در این پژوهش به بررسی و مقایسه فعالیت ضد اکسایشی عصاره پوست مرکبات (پرتقال، نارنج و لیمو) شمال (مازندران)

(Iranevaporator RV10 V-C model, Azin Co.,) در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد تغلیظ، به روش انجمادی خشک Iran(Dorsatech Co.,) و تا زمان انجام آزمون‌ها در دمای منفی ۲۰ درجه سانتی گراد نگهداری شدند.

۲-۳-اندازه گیری ترکیبات فنلی کل

میزان ترکیبات فنلی عصاره لیوفیلیزه به روش فولین-سیوکالچو تعیین شد. به طور خلاصه، ۰/۲ میلی لیتر نمونه عصاره با ۱/۵ میلی لیتر معرف فولین-سیوکالچو مخلوط و پس از ۵ دقیقه، ۱/۵ میلی لیتر محلول کربنات سدیم (غلظت ۶۰ گرم در لیتر) به مخلوط اضافه شد. پس از ۹۰ دقیقه نگهداری در دمای اتاق میزان جذب با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (T80 model, PG Instrument Co., Australia) در طول موج ۷۶۵ نانومتر اندازه گیری شد. نتایج نمونه‌ها بر اساس معادل اسید گالیک در گرم بیان شد. منحنی استاندارد با تهیه غلظت‌های مختلف اسید گالیک و قرائت جذب برای هر غلظت در ۷۶۵ نانومتر ترسیم گردید (۱۸).

۲-۴-آزمون ارزیابی فعالیت ضد اکسایشی به روش گیرندگی

رادیکال آزاد DPPH^۱

در این مطالعه، فعالیت مهار رادیکال آزاد عصاره‌ها با توجه به روش Okhli و همکاران (۲۰۲۰) اندازه گیری شد (۱۹). عصاره در متانول آبی ۵۰ درصد (حجمی/حجمی) با غلظت نهایی ۵ گرم در لیتر حل شد. سپس، ۰/۱ میلی لیتر از محلول عصاره با ۲ میلی لیتر از محلول ۰/۱ میلی مولار DPPH در متانول مخلوط و در دمای اتاق در تاریکی به مدت ۶۰ دقیقه نگهداری شد. جذب این محلول در ۵۱۷ نانومتر اندازه گیری شد. میزان فعالیت مهار رادیکال آزاد هر نمونه عصاره با استفاده از معادله صورت زیر محاسبه گردید:

$$100 \times \left(\frac{\text{جذب اولیه}}{\text{جذب نهایی}} - \text{جذب اولیه} \right) = \text{مهار رادیکال آزاد} (\%)$$

جذب اولیه و جذب نهایی، به ترتیب، مقادیر جذب DPPH در زمان صفر و پس از ۶۰ دقیقه می‌باشند

و جنوب (کرمان) ایران در پایدارسازی اکسایشی روغن کانولا پرداخته خواهد شد.

۲-مواد و روش

۲-۱-مواد اولیه

کلیه مواد شیمیایی و محلول‌ها (با درجه آزمایشگاهی) جهت انجام آزمایشات از شرکت شارلو (شارلو، اسپانیا) تهیه شد. پرتقال، نارنج و لیمو از بازار محلی شهرهای تنکابن و بم تهیه شدند. میوه‌ها پس از شستشوی سطحی، پوست گیری شدند. پوست میوه‌ها، پس از قطعه‌قطعه کردن به تکه‌هایی با ابعاد حدود ۱ در ۱ سانتی‌متر، بلافاصله در دمای منفی ۲۳ درجه سانتی گراد ذخیره شد تا اکسایش ترکیبات زیست فعال به حداقل برسد. روغن کانولای تصفیه شده فاقد آنتی‌اکسیدان از شرکت کشت و صنعت شمال تهیه شد.

۲-۲-تهیه عصاره اتانولی پوست مرکبات

جهت استخراج عصاره، پوست مرکبات (برای هر نمونه از مرکبات ۱۰۰ گرم پوست تهیه شد) با حلال اتانول (۸۰ درصد حجمی/حجمی و نسبت نمونه به حلال ۱ گرم به ۲۰ میلی لیتر) مخلوط شده و با استفاده از همزن مخلوط کن (MCL-HX model, MeCan Co., China) جهت افزایش بازده استخراج، استخراج در حمام فراصوت انجام شد. نمونه‌ها به یک بالن ژوژه (۱۰۰ میلی لیتری) منتقل شدند و به مدت ۱ ساعت در دمای اتاق تحت فراصوت (توان ۱۵۰ وات، دمای ۴۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه) (S30H model, Alma Co., Germany) قرار گرفتند. سپس، با استفاده از کاغذ واتمن شماره ۱ تحت خلاء فیلتر شدند. به منظور حذف مواد روغنی و افزایش کارایی فرایند تغلیظ، عصاره‌ها با آن-هگزان مخلوط و به مدت ۲۰ دقیقه در حمام فراصوت (۱۵۰ وات در دمای اتاق) نگهداری شدند. پس از تیمار با فراصوت، فاز هیدروالکلی از محلول جدا و با دور ۹۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ (RF Iran) عصاره‌های حاصل با استفاده از اوپراتور دوار تحت خلاء

۲-۵-افزودن عصاره‌ها به روغن

برای تهیه محیط سرخ کردن، عصاره پوست مرکبات و آنتی‌اکسیدان مصنوعی BHT (بوتیل هیدروکسی تولوئن^۱) به ترتیب با غلظت‌های ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام و ۲۰۰ پی‌پی‌ام به روغن کانولا افزوده شد. غلظت‌های عصاره‌ها بر اساس پیش‌آزمون‌های انجام شده جهت تعیین غلظت نهایی آزمون مشخص گردید. سپس نمونه با اولتراتوراکس با سرعت ۹۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱ دقیقه همگن شد.

۲-۶-آزمون ارزیابی پایداری اکسایشی

ارزیابی پایداری اکسایشی نمونه‌های روغن با استفاده از دستگاه رنسیمت (مدل Metrohm Rancimat 743، سوئیس) انجام شد (۱۹).

۲-۷-ارزش توتوکس

ارزش توتوکس با استفاده از ارزش‌های پراکسید و آنیسیدین مطابق روش AOCs (۱۹۹۸) و بر اساس معادله زیر محاسبه گردید (۲):

$$\text{عدد آنیسیدین} + (\text{عدد پراکسید}) \times ۲ = \text{ارزش توتوکس}$$

۳-نتایج و بحث

۳-۱-ترکیبات فنلی کل

یکی از محصولات فرعی صنایع آب‌میوه، کمپوت و میوه خشک در ایران، پوست میوه به ویژه پوست مرکبات است. این محصول جانبی ارزشمند دارای مقدار قابل توجهی ترکیبات فنلی است. از آن جایی که عوامل متعددی مانند آب و هوا، ترکیب خاک و گونه میوه تأثیر زیادی بر نوع و میزان ترکیبات شیمیایی پوست مرکبات دارند، محتوای فنلی کل پوست نارنج، لیمو و پرتقال کشت شده در شمال و جنوب ایران تعیین شد. با توجه به داده‌های ارائه شده در جدول ۱، عملکرد استخراج لیموی جنوب و نارنج شمال به ترتیب بیشترین (۱/۹۶ درصد وزنی-وزنی) و کمترین (۱/۵۳ درصد وزنی-وزنی) در بین نمونه‌ها بود (۰/۰۱ < p) و تفاوت قابل توجهی بین بازده استخراج پوست مرکبات شمال و جنوب

وجود داشت (۰/۰۱ < p). پوست نارنج دارای بالاترین میزان ترکیبات فنلی کل و پس از آن پوست پرتقال و لیمو در مرتبه‌های بعدی قرار داشتند (۰/۰۱ < p). میزان ترکیبات فنلی به دست آمده برای پوست مرکبات جنوب ایران به طور معنی داری بیشتر از ترکیبات فنلی پوست مرکبات شمال بود (۰/۰۱ < p). تفاوت میزان ترکیبات فنلی نمونه‌های شمالی و جنوبی را می‌توان ناشی از تأثیر دمای بالاتر و اقلیم خشک‌تر جنوب ایران نسبت به نواحی شمالی دانست (۱۳). همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، بازده استخراج نمونه‌های تیمار شده با فراصوت به طور قابل توجهی بالاتر از نمونه‌های شاهد (بدون تیمار فراصوت) بود که بیانگر اثر امواج فراصوت بر تخریب ساختار دیواره سلولی و تسهیل آزادسازی ترکیبات فنلی از سلول‌های تخریب شده است. مطابق تحقیقات قبلی، فراصوت تأثیر مثبتی بر بازده استخراج اسیدهای فنلیک پوست مرکبات دارد و دمای ۴۰ درجه سانتیگراد بهترین حالت برای حفظ پایداری ترکیبات فنلی است (۱۵). مونتر و کالدرون و همکاران (۲۰۱۹) گزارش نمودند که استفاده از تیمار فراصوت (۱۰۰، ۲۵۰ و ۴۰۰ وات طی ۵، ۱۷/۵ و ۳۰ دقیقه در دمای محیط) میزان ترکیبات فعال زیستی استخراج شده از پوست پرتقال را تا ۵۵ درصد افزایش می‌دهد (۱۷). هم‌چنین، دهقان و همکاران (۱۳۹۸) اعلام نمودند که یک گرم اسانس پوست پرتقال حاوی ۰/۱۶ میلی گرم ترکیبات فنلیک بر مبنای اسید گالیک بر حسب ماده خشک می‌باشد (۶). در مطالعه ای که توسط آیدین و همکاران (۲۰۲۱) انجام شد، ترکیبات فنلی پوست پرتقال و لیمو تیمار شده با فراصوت، به ترتیب، ۱/۰۳ و ۰/۹۸ میلی گرم معادل اسید گالیک در گرم بود و بازده استخراج برای پرتقال و لیمو ۱/۶ و ۱/۸ درصد (وزنی-وزنی) بود (۳). ترکیبات فنلی اصلی پوست پرتقال هسپریدین، نارینجین و نئوهسپریدین هستند (۵). پوست نارنج، دارای فلاونوئیدهای پلی متوکسیله و فلاونوئید C- و O- گلیکوزیدها و پوست لیمو حاوی هسپرتین، هسپریدین واریوسیتین به عنوان فراوان‌ترین فلاونوئیدهاست (۲۵)، (۲۳، ۹)

جدول ۱- بازده استخراج و محتوای ترکیبات فنلیک (TPC) در نمونه‌های پوست مرکبات

عصاره پوست مرکبات	بازده استخراج (درصد وزنی/وزنی)	TPC (میلی گرم اسید گالیک در گرم)
پرتقال شمال-شاهد	۱/۲۰ ^c	۰/۷۵ ^a
پرتقال شمال-US*	۱/۶۸ ^f	۱/۱۰ ^d
نارنج شمال-کنترل	۱/۱۴ ^b	۱/۰۵ ^c
نارنج شمال-US	۱/۵۳ ^e	۱/۴۶ ^f
لیمو شمال-کنترل	۱/۰۹ ^b	۰/۶۹ ^a
لیمو شمال-US	۱/۸۵ ^h	۱/۰۲ ^c
پرتقال جنوب-کنترل	۱/۳۱ ^d	۰/۹۶ ^b
پرتقال جنوب-US	۱/۷۴ ^g	۱/۳۲ ^c
نارنج جنوب-کنترل	۰/۹۷ ^a	۱/۲۹ ^c
نارنج جنوب-US	۱/۶۰ ^c	۱/۷۸ ^g
لیمو جنوب-کنترل	۱/۱۷ ^b	۰/۹۰ ^b
لیمو جنوب-US	۱/۹۶ ⁱ	۱/۲۵ ^c

*US: پیش تیمار فراصوت

a-i: نشان دهنده اختلاف آماری معنا دار در هر ستون

۲-۳- جذب رادیکال آزاد DPPH

با توجه به این که پیش تیمار یا فراصوت موجب افزایش قابل توجه در میزان ترکیبات فنلی استخراج شده از پوست مرکبات گردید در آزمون DPPH تنها از عصاره به دست آمده به روش فراصوت جهت بررسی توانایی جذب رادیکال آزاد استفاده شد. واضح است که با افزایش میزان ترکیبات فنلی ظرفیت جذب رادیکال DPPH نیز افزایش می‌یابد. در مطالعه حاضر، مطابق جدول ۲، پتانسیل عصاره‌ها در مقایسه با BHT در به دام انداختن رادیکال آزاد بدین صورت بود: <BHT نارنج جنوب < نارنج شمال < پرتقال جنوب < لیمو جنوب < پرتقال شمال < لیمو شمال (p < ۰/۰۵). در واقع، فلاوانون‌های اصلی پوست پرتقال که نارینجین و هسپرتین هستند آنتی اکسیدان‌های نسبتاً ضعیفی به شمار می‌روند زیرا فاقد گروه کاتکول (۱،۲-دی هیدروکسی بنزن)، که ساختار ضروری و تعیین کننده در آنتی اکسیدان‌های فنلی قوی است می‌باشند (۸). در نتیجه، بسیار آهسته با رادیکال پایدار DPPH واکنش می‌دهند. همچنین لازم به

ذکر است که آنتی اکسیدان‌های غیر فنلی مانند آسکوربات که در لیمو و پرتقال به مقدار قابل توجهی وجود دارند می‌توانند تا حدی مسئول فعالیت ضد اکسایشی عصاره‌ها باشند. از آن جا که میزان ترکیبات فنلی تام در عصاره نارنج بیشتر از سایر عصاره‌ها به دست آمد، پتانسیل جذب رادیکال آزاد نیز در عصاره‌های نارنج بالاتر بود (p < ۰/۰۵). در مطالعه Rehman و همکاران (۲۰۰۶)، فعالیت ضد اکسایشی عصاره الکلی انواع مختلف مرکبات با اندازه‌گیری مقدار پراکسید محتوای اسید چرب آزاد و ارزش یدی طی ۶ ماه نگهداری روغن ذرت تصفیه شده در دمای ۲۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد ارزیابی شد. نتایج نشان داد که عصاره الکلی مرکبات دارای فعالیت ضد اکسایشی بسیار قوی است که تقریباً برابر فعالیت با آنتی اکسیدان BHT می‌باشد. ایشان استفاده از عصاره پوست مرکبات را به عنوان یک آنتی اکسیدان طبیعی برای جلوگیری از تندید در روغن‌ها و چربی‌ها توصیه نمودند (۲۴). همچنین، در مطالعه OU و همکاران (۲۰۱۵) ترکیب شیمیایی و فعالیت‌های عملکردی اسانس‌های پوست مرکبات گونه‌های

استفاده از آنالیز کروماتوگرافی انجام شد. فعالیت ضد اکسایشی توسط روش مهار رادیکال DPPH مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که اجزای اصلی استخراج شده لیمون (۸۵/۲۲ درصد)، بتا- میرسن (۴/۳ درصد) و آلفا-پینن (۱/۲۹ درصد) بودند. با توجه به توانایی جذب رادیکال DPPH، اسانس پوست بیشتر از لیمون تنها فعالیت ضد اکسایشی داشت. اسانس به دست آمده نتایج امیدوارکننده ای را جهت کاربرد به عنوان یک عامل نگهدارنده زیستی نشان داد (۲۲). در مطالعه دهقان و همکاران (۱۳۹۸)، طبق نتایج آزمون PPH و قدرت احیاء کنندگی، اسانس پوست پرتقال فعالیت آنتی اکسیدانی نشان داد، هر چند فعالیت آنتی اکسیدانی کمتری نسبت به TBHQ داشت (۶).

Citrus grandis و *Citrus paradisi* (*C. paradise*) (*C.*) *Osbeck* (L.) مورد بررسی قرار گرفت. لیمون ماده اولیه اسانس پوست *C. grandis* و *C. paradisi* بود. به علاوه، اسانس پوست *C. grandis* غنی از ترکیبات اکسیژن دار یا نیتروژنه بود. ترتیب فعالیت های مهار رادیکال های آزاد اسانس مرکبات بدین صورت بود: اسانس *C. paradisi* < اسانس *C. grandis*. اسانس *grandis* فعالیت ضد میکروبی بهتری نسبت به اسانس *C. paradise* نشان داد (۲۰)، Teneva و همکاران (۲۰۱۹) مطالعه ای با هدف بررسی ترکیب شیمیایی، آنتی اکسیدان و فعالیت ضد میکروبی پوست *Citrus aurantium* L. انجام دادند. شناسایی ترکیبات شیمیایی با

جدول ۲- فعالیت ضد رادیکالی عصاره پوست مرکبات استخراج شده با فراصوت

عصاره پوست مرکبات	فعالیت جذب رادیکال آزاد (درصد)
پرتقال شمال	۱۹/۷۱ ± ۱/۶۵ ^f
نارنج شمال	۴۰/۱۱ ± ۲/۵۰ ^c
لیمو شمال	۱۵/۸۵ ± ۰/۹۲ ^g
پرتقال جنوب	۳۷/۵۰ ± ۴/۲۵ ^d
نارنج جنوب	۵۲/۵ ± ۳/۱۱ ^b
لیمو جنوب	۳۰/۰۵ ± ۲/۷۸ ^e
BHT	۱۰۰ ^a

a-g: نشان دهنده اختلاف آماری معنا دار در هر ستون

مشاهده شد. مطابق جدول ۳، به غیر از BHT که در تمام روزها بالاترین پایداری را نشان داد، کمترین و بیشترین پایداری اکسایشی در روز اول برای روغن کانولای حاوی، به ترتیب، عصاره لیمو شمال (۲/۵ ساعت) و عصاره نارنج جنوب (۳/۹ ساعت) و عصاره پرتقال جنوب (۳/۹ ساعت) ثبت شد ($p < 0/05$). در کل دوره نگهداری، پس از BHT، عصاره نارنج جنوب بالاترین پایداری را در روغن کانولا تحت شرایط تسریع شده ایجاد نمود ($p < 0/05$). با افزایش مدت زمان نگهداری نمونه های روغن پایداری اکسایشی آنها کاهش یافت ($p < 0/05$). در مطالعه Okhli و همکاران (۲۰۲۰) طی بررسی تاثیر اسانس لیمو بر پایداری اکسایشی روغن آفتابگردان، میزان پایداری از مقدار

۳-۳- پایداری اکسایشی در نسیمت

پایداری اکسایشی مدت زمان رسیدن به نقطه ای است که یکی از شاخص های اکسایشی مانند مقدار پراکسید یا کربونیل، به طور ناگهانی طی شرایط تسریع کننده اکسایش افزایش می یابد. در این روش، افزایش سرعت فرآیند اکسایش فراتر از حد طبیعی یکی از ابزارهای مهم کنترل کیفیت برای تعیین زمان ماندگاری محصول حاوی لیپید به شمار می رود. تغییرات در پایداری اکسایشی روغن کانولا تحت تأثیر عصاره اتانولی پوست مرکبات و BHT در طول نگهداری در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد در جدول ۳ نشان داده شده است. کاهش مداوم پایداری اکسایشی با افزایش مدت نگهداری در تمامی نمونه ها

اولیه (۴/۱۳ ساعت) به ۳/۵۱ ساعت طی ۵ روز نگهداری در
 دمای ۶۵ درجه سانتیگراد کاهش یافت (۱۹). تاثیر پایدارکنندگی
 عصاره‌ها طی شرایط تسریع شده اکسایش به صورت زیر بود:

جدول ۳- پایداری اکسایشی (بر حسب ساعت) نمونه‌های روغن کانولا تیمار شده با عصاره پوست مرکبات

عصاره پوست مرکبات	روز ۱	روز ۲	روز ۳	روز ۴	روز ۵
شاهد	۱/۶ ± ۰/۰۵ ^{gA}	۱/۴ ± ۰/۰۰ ^{fB}	۱/۲ ± ۰/۰۶ ^{fC}	۱/۱ ± ۰/۰۰ ^{hD}	۰/۹۵ ± ۰/۰۱ ^{gE}
پرتقال شمال (۱۰۰۰ پی پی ام)	۳/۷ ± ۰/۱۱ ^{dA}	۳/۵ ± ۰/۰۵ ^{dB}	۳/۱ ± ۰/۱۰ ^{bC}	۲/۸ ± ۰/۰۸ ^{eD}	۲/۴ ± ۰/۲۱ ^{dE}
نارنج شمال (۱۰۰۰ پی پی ام)	۳/۸ ± ۰/۱۰ ^{cB}	۳/۹ ± ۰/۲۳ ^{bA}	۳/۴ ± ۰/۱۹ ^{cC}	۳/۳ ± ۰/۴۱ ^{bD}	۲/۶ ± ۰/۲۶ ^{cE}
لیمو شمال (۱۰۰۰ پی پی ام)	۲/۵ ± ۰/۲۷ ^{fA}	۲/۵ ± ۰/۱۲ ^{eA}	۲/۴ ± ۰/۰۸ ^{eB}	۲/۰ ± ۰/۱۵ ^{gC}	۱/۸ ± ۰/۰۵ ^{fD}
پرتقال جنوب (۱۰۰۰ پی پی ام)	۳/۹ ± ۰/۱۶ ^{bA}	۳/۷ ± ۰/۰۹ ^{eB}	۳/۴ ± ۰/۱۸ ^{cC}	۳/۰ ± ۰/۲۳ ^{cD}	۲/۶ ± ۰/۳۱ ^{cE}
نارنج جنوب (۱۰۰۰ پی پی ام)	۳/۹ ± ۰/۲۲ ^{bA}	۳/۹ ± ۰/۱۴ ^{bA}	۳/۵ ± ۰/۲۰ ^{bB}	۳/۱ ± ۰/۱۷ ^{dC}	۲/۸ ± ۰/۱۰ ^{bD}
لیمو جنوب (۱۰۰۰ پی پی ام)	۳/۱ ± ۰/۱۰ ^{eA}	۲/۵ ± ۰/۰۶ ^{eB}	۲/۵ ± ۰/۲۵ ^{dB}	۲/۳ ± ۰/۱۰ ^{fC}	۲/۰ ± ۰/۰۷ ^{eD}
BHT (۲۰۰ پی پی ام)	۴/۵ ± ۰/۲۵ ^{aA}	۴/۱ ± ۰/۳۶ ^{aB}	۴/۵ ± ۰/۱۱ ^{aA}	۴/۰ ± ۰/۲۸ ^{aC}	۴/۲ ± ۰/۱۵ ^{aD}

a-g: نشان دهنده اختلاف آماری معنا دار در هر ستون

A-E: نشان دهنده اختلاف آماری معنا دار در هر سطر

۳-۴- شاخص توتوکس

شاخص پراکسید و شاخص آنیسیدین به ترتیب نشانگر میزان پیشرفت اکسیداسیون اولیه و ثانویه و ارزش توتوکس به طور کلی بیانگر وضعیت پیشرفت اکسایش در چربی‌ها و روغن‌هاست (۱۲). نتایج این مطالعه نشان داد که شاخص پراکسید، آنیسیدین و توتوکس با گذشت زمان افزایش یافت (جدول ۴ الی ۶). پس از BHT، عصاره پوست نارنج جنوب کمترین مقدار پراکسید، آنیسیدین و توتوکس را نشان داد. به طور مثال، شاخص توتوکس در روز اول و پنجم به ترتیب معادل ۸/۶ و ۵۲/۸ میلی اکی والان در کیلوگرم بود ($p < 0/05$) (جدول ۶). در پایان روز پنجم ذخیره سازی، شاخص توتوکس برای نمونه های روغن کانولا حاوی عصاره پوست نارنج شمال، پرتقال جنوب، پرتقال شمال، لیمو جنوب و لیمو شمال به ترتیب ۵۴/۹، ۵۹/۶، ۶۱/۷، ۶۲/۵ و ۶۴/۵ میلی اکی والان در کیلوگرم به دست آمد که به طور معنی داری بیشتر از روز اول بود ($p < 0/05$). طبق نتایج،

عصاره‌های پوست نارنج موثرترین فعالیت ضد اکسایشی را در جلوگیری از اکسایش روغن در مقایسه با سایر تیمارها نشان دادند ($p < 0/05$). عصاره‌های پوست لیمو بالاترین ارزش پراکسید، آنیسیدین و توتوکس را نشان دادند ($p < 0/05$). هم چنین، در روز پنجم شاخص‌های پراکسید، آنیسیدین و توتوکس نمونه‌های روغن کانولا حاوی عصاره پوست پرتقال شمال و لیمو جنوب مشابه بودند ($p > 0/05$). در مطالعه Okhli و همکاران (۲۰۲۰)، در خصوص بررسی فعالیت ضد اکسایشی اسانس و عصاره پوست لیمو در نمونه‌های روغن آفتابگردان اعلام شد که ارزش توتوکس به ترتیب برابر ۸/۴ و ۵۰/۲۱ میلی اکی والان در کیلوگرم در روز اول و پنجم ذخیره سازی بوده است (۱۹). همچنین، Aydin و همکاران (۲۰۲۱) گزارش نمودند که عصاره‌های اتانولی لیمو، پرتقال و نارنگی موجب کاهش شاخص‌های پراکسید و آنیسیدین و در نتیجه ارزش توتوکس در روغن آفتابگردان نسبت به نمونه کنترل شدند (۳).

جدول ۴- شاخص پراکسید (میلی اکی والان در کیلوگرم) نمونه روغن کانولا تیمار شده با عصاره پوست مرکبات

پوست مرکبات	روز ۱	روز ۲	روز ۳	روز ۴	روز ۵
شاهد	۸/۸±۰/۳۱ ^{aA}	۱۳/۹±۰/۱۵ ^{aB}	۱۸/۲±۰/۰۵ ^{aC}	۲۴/۴±۰/۰۸ ^{aD}	۲۷/۹±۰/۰۵ ^{aE}
پرتقال شمال (۱۰۰۰ پی ام)	۴/۱±۰/۰۷ ^{cA}	۷/۸±۰/۰۸۵ ^{eB}	۱۳/۷±۰/۰۱۲ ^{dC}	۱۷/۵±۰/۰۵۱ ^{cD}	۲۲/۰±۰/۰۹۶ ^{eE}
نارنج شمال (۱۰۰۰ پی ام)	۳/۵۵±۰/۱۰ ^{dA}	۷/۷±۰/۰۱۵ ^{dB}	۱۱/۷±۰/۰۴۰ ^{eC}	۱۵/۵±۰/۰۲۰ ^{eD}	۱۹/۲±۰/۰۲۹ ^{eE}
لیمو شمال (۱۰۰۰ پی ام)	۴/۳±۰/۰۹۰ ^{bA}	۹/۵±۰/۰۰۷ ^{bB}	۱۵/۲±۰/۰۳۸ ^{bC}	۱۸/۵±۰/۰۴۵ ^{bD}	۲۲/۴±۰/۰۱۷۱ ^{bE}
پرتقال جنوب (۱۰۰۰ پی ام)	۳/۶±۰/۰۱۴ ^{cdA}	۷/۰±۰/۰۲۰۵۵ ^{eB}	۱۰/۰±۰/۰۱۸ ^{fC}	۱۵/۶±۰/۰۱۷۲ ^{dD}	۲۰/۳۶±۰/۰۶۰ ^{dE}
نارنج جنوب (۱۰۰۰ پی ام)	۳/۳±۰/۰۱۹ ^{eA}	۶/۷±۰/۰۱۰ ^{fB}	۹/۷±۰/۰۲۵ ^{gC}	۱۴/۲±۰/۰۲۱ ^{fD}	۱۸/۳±۰/۰۵۵ ^{fE}
لیموی جنوب (۱۰۰۰ پی ام)	۴/۲±۰/۰۰۸ ^{bA}	۸/۳±۰/۰۱۴ ^{cB}	۱۳/۸±۰/۰۵۹ ^{cC}	۱۷/۱±۰/۰۹۰ ^{cD}	۲۱/۴±۰/۰۲۵ ^{eE}
BHT (۲۰۰ پی ام)	۲/۶±۰/۰۱۵ ^{fA}	۷/۸۵±۰/۰۱۱ ^{gB}	۸/۸±۰/۰۷۲ ^{hC}	۱۳/۹±۰/۰۲۲ ^{gD}	۱۶/۳±۰/۰۳۳ ^{gE}

a-f: نشان دهنده اختلاف آماری معنا دار در هر ستون

A-E: نشان دهنده اختلاف آماری معنا دار در هر سطر

جدول ۵- شاخص آنسیدین نمونه روغن کانولا تیمار شده با عصاره پوست مرکبات

پوست مرکبات	روز ۱	روز ۲	روز ۳	روز ۴	روز ۵
شاهد	۵/۸±۰/۲۷۱ ^{aA}	۱۰/۸±۰/۰۳۳ ^{aB}	۱۴/۰±۰/۰۶۸ ^{aC}	۱۹/۶±۰/۰۱۰ ^{aD}	۲۴/۲±۰/۰۵۷ ^{aE}
پرتقال شمال (۱۰۰۰ پی ام)	۲/۲±۰/۰۰۵ ^{cA}	۵/۶±۰/۰۱۸ ^{eB}	۹/۲±۰/۰۱۶ ^{dC}	۱۲/۹±۰/۰۲۳ ^{cD}	۱۸/۷±۰/۰۴۰ ^{cE}
نارنج شمال (۱۰۰۰ پی ام)	۲/۰±۰/۰۰۸ ^{dA}	۴/۳±۰/۰۱۹ ^{dB}	۷/۸±۰/۰۵۷ ^{eC}	۱۲/۴±۰/۰۶۵ ^{eD}	۱۷/۰±۰/۰۲۵ ^{eE}
لیمو شمال (۱۰۰۰ پی ام)	۳/۶±۰/۰۱۷ ^{bA}	۶/۴±۰/۰۰۰ ^{bB}	۱۲/۴±۰/۰۶۶ ^{bC}	۱۵/۷±۰/۰۹۲ ^{bD}	۱۹/۸±۰/۰۰۷ ^{bE}
پرتقال جنوب (۱۰۰۰ پی ام)	۲/۱±۰/۰۰۹ ^{cA}	۴/۵±۰/۰۰۵ ^{eB}	۸/۵±۰/۰۴۷ ^{fC}	۱۴/۱±۰/۰۷۶ ^{dD}	۱۷/۵±۰/۰۲۹ ^{dE}
نارنج جنوب (۱۰۰۰ پی ام)	۱/۸±۰/۰۱۱ ^{eA}	۴/۰±۰/۰۰۷ ^{fB}	۸/۱±۰/۰۷۵ ^{gC}	۱۲/۰±۰/۰۰۹ ^{fD}	۱۶/۲±۰/۰۴۱ ^{fE}
لیموی جنوب (۱۰۰۰ پی ام)	۲/۷±۰/۰۱۲ ^{bA}	۶/۸±۰/۰۸۵ ^{cB}	۱۲/۳±۰/۰۰۹ ^{cC}	۱۵/۶±۰/۰۸۲ ^{cD}	۱۹/۶±۰/۰۶۷ ^{cE}
BHT (۲۰۰ پی ام)	۱/۸±۰/۰۲۰ ^{fA}	۶/۳۵±۰/۰۲۵ ^{gB}	۷/۱±۰/۰۳۵ ^{hC}	۱۰/۶±۰/۰۰۴ ^{gD}	۱۳/۸±۰/۰۱۰ ^{gE}

a-f: نشان دهنده اختلاف آماری معنا دار در هر ستون

A-E: نشان دهنده اختلاف آماری معنا دار در هر سطر

جدول ۶- شاخص توتوکس (میلی اکی والان در کیلوگرم) نمونه روغن کانولا تیمار شده با عصاره پوست مرکبات

پوست مرکبات	روز ۱	روز ۲	روز ۳	روز ۴	روز ۵
شاهد	۲۳/۵ ± ۲/۷۱ ^{aA}	۳۸/۶ ± ۱/۹۵ ^{aB}	۵۰/۷ ± ۲/۱۸ ^{aC}	۶۸/۵ ± ۳/۱۳ ^{aD}	۸۰/۱ ± ۵/۲۰ ^{aE}
پرتقال شمال (۱۰۰۰ پی پی ام)	۱۰/۵ ± ۰/۲۵ ^{cA}	۲۱/۲ ± ۰/۳۴ ^{eB}	۳۶/۸ ± ۰/۱۰ ^{dC}	۴۹/۶ ± ۰/۴ ^{eD}	۶۲/۷ ± ۰/۵۰ ^{eE}
نارنج شمال (۱۰۰۰ پی پی ام)	۹/۱ ± ۰/۲۰ ^{dA}	۱۶/۷ ± ۰/۸۵ ^{dB}	۳۱/۴ ± ۰/۵۷ ^{eC}	۴۳/۶ ± ۰/۳۱ ^{eD}	۵۵/۴ ± ۰/۷۲ ^{eE}
لیمو شمال (۱۰۰۰ پی پی ام)	۱۲/۲ ± ۰/۹۰ ^{bA}	۲۵/۵ ± ۳/۱۰ ^{bB}	۴۲/۸ ± ۲/۱۰ ^{bC}	۵۲/۹ ± ۱/۷۵ ^{bD}	۶۴/۵ ± ۱/۰۵ ^{bE}
پرتقال جنوب (۱۰۰۰ پی پی ام)	۹/۸ ± ۰/۳۵ ^{cdA}	۱۸/۵ ± ۲/۰۹ ^{eB}	۲۸/۵ ± ۲/۰۶ ^{fC}	۴۵/۵ ± ۱/۳۳ ^{dD}	۵۵/۷ ± ۰/۷۱ ^{dE}
نارنج جنوب (۱۰۰۰ پی پی ام)	۸/۶ ± ۰/۵۲ ^{eA}	۱۷/۵ ± ۰/۴۲ ^{fB}	۲۷/۵ ± ۰/۳۰ ^{gC}	۴۰/۴ ± ۱/۷۵ ^{fD}	۵۲/۸ ± ۰/۱۷ ^{fE}
لیموی جنوب (۱۰۰۰ پی پی ام)	۱۱/۱ ± ۰/۱۰ ^{bA}	۲۳/۵ ± ۰/۲۱ ^{cB}	۳۹/۹ ± ۲/۰۵ ^{cC}	۵۰/۰ ± ۲/۳۹ ^{cD}	۶۲/۵ ± ۳/۱۱ ^{cE}
BHT (۲۰۰ پی پی ام)	۶/۱ ± ۰/۵۰ ^{fA}	۱۵/۷ ± ۰/۹۵ ^{gB}	۲۴/۵ ± ۱/۱۵ ^{hC}	۳۸/۵ ± ۱/۸۵ ^{gD}	۴۶/۵ ± ۱/۵۸ ^{gE}

a-f: نشان دهنده اختلاف آماری معنا دار در هر ستون

A-E: نشان دهنده اختلاف آماری معنا دار در هر سطر

۴- نتیجه گیری

عصاره های اتانولی پوست مرکبات تهیه شده با روش فراصوت در مقایسه با عصاره های تولید شده از طریق روش استخراج مرسوم (بدون استفاده از فراصوت) دارای ترکیبات فنلی بیشتری بودند. پوست نارنج جنوبی بیشترین مقدار TPC را داشت و پس از آن پوست نارنج شمال، لیموی جنوبی، لیموی شمالی، پرتقال جنوبی و پوست پرتقال شمالی قرار گرفتند. میزان ترکیبات فنلی پوست مرکبات جنوب ایران بیشتر از TPC پوست مرکبات شمال بود. فعالیت ضد اکسایشی عصاره پوست نارنج جنوبی در بین تیمارهای دیگر (به جز BHT) بالاترین میزان را داشت و به دنبال آن عصاره نارنج شمالی و لیمو قرار گرفتند. عصاره پوست پرتقال اثر مهارکنندگی ضعیف تری نسبت به سایر عصاره ها در برابر اکسایش لیپید نشان داد. با توجه به نتایج، عصاره های پوست حاوی ترکیبات فنلی به عنوان آنتی اکسیدان های طبیعی پتانسیل واکنش با رادیکال های آزاد تولید شده از اکسایش لیپید را دارند.

۵- منابع

1. Adibhtala, R. M. and Hatcher, J. F., 2010. Lipid oxidation and peroxidation in CNS health and disease: from

- molecular mechanisms to therapeutic opportunities. *Antioxidants and Redox signaling*, 12, pp.125-169.
2. AOCS, F. D., 1998. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. *AOCS*, 5, pp. 2-93.
 3. Aydin, S., Sayin, U., Sezer, M. Ö. and Sayar, S., 2021. Antioxidant efficiency of citrus peels on oxidative stability during repetitive deep-fat frying: Evaluation with EPR and conventional methods. *Journal of Food Processing and Preservation*, e15584.
 4. Brewr, M., 2011. Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and potential applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10, pp. 221-247.
 5. Chen, X.-M., Tait, A. R. and Kitts, D. D. 2017. Flavonoid composition of orange peel and its association with antioxidant and anti-inflammatory activities. *Food Chemistry*, 218, pp. 15-21.
 6. Dehghan, B., Esmailzadeh Kenari, R. and Raftani Amiri, Z., 2019. Investigate the Antioxidant Properties of Orange Peel Essential Oil (Citrus sinensis) on the Stability of Soybean Oil During Storage

- extraction of phenolic compounds of citrus peel extracts: Effect of ultrasound. *Ultrasonics sonochemistry*, 16, pp. 57-62.
16. Mohadaly, A. A. A., Hassanein, M. F. R., Mahmoud, A., Sarhan, M. A. and Smetanska, I., 2013. Phenolics extracted from potato, sugar beet, and sesame processing by-products. *International Journal of Food Properties*, 16, pp.1148-1168.
 17. Montero-Calderon, A., Cortes, C., Zulueta, A., Frigola, A. and Esteve, M. J., 2019. Green solvents and Ultrasound-Assisted Extraction of bioactive orange (*Citrus sinensis*) peel compounds. *Scientific Report*, 9, pp. 1-8.
 18. Noreen, H., Semmar, N., Farman, M. and Mcculiagh, J. S., 2017. Measurement of total phenolic content and antioxidant activity of aerial parts of medicinal plant *Coronopus didymus*. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 10, pp. 792-801.
 19. Okhli, S., Mirzaee, H. and Hosseini, S. E., 2020. Antioxidant activity of citron peel (*Citrus medica* L.) essential oil and extract on stabilization of sunflower oil. *OCL*, 27, 32.
 20. Ou, M.-C., Liu, Y.-H., Sun, Y.-W. and Chan, C.-F., 2015. The composition, antioxidant and antibacterial activities of cold-pressed and distilled essential oils of *Citrus paradisi* and *Citrus grandis* (L.) Osbeck. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015, pp. 11-16.
 21. Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A. and Singh, N., 2020. Phenolic composition, antioxidant potential and health benefits of citrus peel. *Food Research International*, 132, pp. 109-114.
 22. Teneva, D., Denkova-Kostavo, R., Goranov, B., Hristova-Ivanova, Y., Slavchev, A., Denkova, Z. and Kostov, G., 2019. Chemical composition, antioxidant activity and antimicrobial activity of essential oil from *Citrus aurantium* L zest against some pathogenic microorganisms. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 74, pp. 105-111.
 7. Erkan, N., Ayranci, G. and Ayranci, E., 2009. A kinetic study of oxidation development in sunflower oil under microwave heating: effect of natural antioxidants. *Food Research International*, 42, pp. 1171-1177.
 8. Goupy, P., Dufour, C., Loonis, M. and Dangels, O., 2003. Quantitative kinetic analysis of hydrogen transfer reactions from dietary polyphenols to the DPPH radical. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, pp. 615-622.
 9. Haggag, E., Mahmoud, I., Abou-Mostafa, E. and Mabry, T., 1999. Flavonoids from the leaves of *Citrus aurantium* (sour orange) and *Citrus sinensis* (sweet orange). *Asian Journal of Chemistry*, 11, pp. 707-714.
 10. Hasnaoui, N., Wathelet, B. and Jimenez-Araujo, A., 2014. Valorization of pomegranate peel from 12 cultivars: Dietary fibre composition, antioxidant capacity and functional properties. *Food Chemistry*, 160, pp. 196-203.
 11. Hagazy, A. and Ibrahim, M., 2012. Antioxidant activities of orange peel extracts. *World applied sciences journal*, 18, pp. 684-688.
 12. Hyatt, J. R., Zghang, S. and Akoh, C. C., 2021. Comparison of antioxidant activities of selected phenolic compounds in O/W emulsions and bulk oil. *Food Chemistry*, 349, p. 129037.
 13. Kabtni, S., Sdouga, D., Battibrebey, I., Save, M., Trifi-Farah, N., Fauconnier, M.-L. and Marghali, S., 2020. Influence of climate variation on phenolic composition and antioxidant capacity of *Medicago minima* populations. *Scientific Reports*, 10, pp. 1-15.
 14. Londono-Londono, J., De Lima, V. R., Lara, O., Gil, A., Pasa, T. B. C., Arango, G. J. and Pienda, J. R. R., 2010. Clean recovery of antioxidant flavonoids from citrus peel: Optimizing an aqueous ultrasound-assisted extraction method. *Food Chemistry*, 119, pp. 81-87.
 15. Ma, Y.-Q., Chen, J.-C., Liu, D.-H. and Ye, X.-Q., 2009. Simultaneous

24. Ziaur, R., 2006. Citrus peel extract-A natural source of antioxidant. *Food Chemistry*, 99, pp. 450-454.
25. Zou, Z., Xi, W., Hu, Y., Nie, C. and Zhou, Z., 2016. Antioxidant activity of Citrus fruits. *Food Chemistry*, 196, pp. 885-896.
23. Xi, W., Lu, J., Qun, J. and Jiao, B., 2017. Characterization of phenolic profile and antioxidant capacity of different fruit part from lemon (*Citrus limon* Burm.) cultivars. *Journal of Food Science and Technology*, 54, pp. 1108-1118.

(Original Research Paper)
**Antioxidant Effect of Citrus Peel Extract on Oxidation Control of
Canola Oil**

Hossein Aali¹, Maryam Azizkhani^{2*}, Fahimeh Tooryan²

1-M.Sc Student of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran.

2-Associate Professor, Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran.

Received:27/01/2022

Accepted:23/03/2022

Abstract

The aim of this work was to evaluate the effects of extracts of different citrus fruits peel on the oxidation of canola oil during 5-day accelerated condition and compare the antioxidant activity of the peel extracts from citrus fruits (cultivated in north and south of Iran). The citrus peel ethanolic extracts prepared by ultrasound-assisted technique (150 w, 40 °C, and 30 min) showed significantly higher extraction efficiency and phenolic compounds in comparison to the extracts produced through the conventional extraction method. Southern Bitter orange peels had the highest amount of TPC (1.78 mg GAE/g) followed by northern bitter orange (1.46 mg GAE/g), southern lemon (1.25 mg GAE/g), northern lemon (1.02 mg GAE/g), southern orange (1.32 mg GAE/g), and northern orange (1.10 mg GAE/g)peels. TPCs of citrus peels of the south of Iran were higher than TPCs of north-cultivated citrus fruits. The oxidative stability and the free radical scavenging(DPPH) activity of southern bitter orange peel extract was the highest among the other treatments followed by northern bitter orange, southern orange, northern orange, southern lemon, and northern lemon extracts. According to the results, the peel extracts containing phenolic compounds as natural antioxidants have the potential of reacting with the free radicals produced from lipid oxidation.

Keywords: Antioxidant, Canola oil, Citrus, Extract, Oxidative Stability.

*Corresponding Author: azizkhani.maryam@gmail.com

