مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

کاربرد ترکیبات فیتوشیمیایی استخراج شده از عصاره پوست لیموشیرین از طریق جذب و واجذب توسط گرافن اکساید به‌عنوان آنتی‌اکسیدان در روغن سرخ‌کردنی

واله شریف نصیریان[۱]، سید احمد شهیدی[۲*]، حسن طاهر منصوری[۳]، فرشته چکین[٤]

۱- دانشجوی دکترا، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت ا... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.

۲-دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت ا... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.

۳- دانشیار، گروه شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت ا... آملی، آمل، ایران.

٤- دانشیار، گروه شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت ا... آملی، آمل، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۷

کلمات کلیدی:

آنتی‌اکسیدان،

پوست لیموشیرین،

عصاره واجذبی،

فلاونوئیدها،

نانوجاذب.

DOI: 10.52547/fsct.19.122.236

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.122.27.0

* مسئول مکاتبات:

sashahidy@yahoo.com

چکیده

در این پژوهش، فلاونوئیدهای پوست لیموشیرین توسط جاذب گرافن اکساید از طریق جذب و سپس واجذب استخراج شدند و ویژگی‌های عصاره واجذبی شامل تعیین محتوای فنلی کل، محتوای کل فلاونوئیدها و قابلیت روبندگی رادیکال‌های آزاد DPPH ارزیابی شدند. سپس اثر فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره واجذبی در روغن فرموله شده که شامل روغن حاوی عصاره‌ی واجذبی از نانو جاذب‌ها در غلظت‌های ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ppm بود مورد بررسی قرار گرفت و با روغن حاوی آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT در غلظت ppm و نمونه شاهد مقایسه گردید. نتایج نشان داد میزان فنل کل برای عصاره اصلی پوست لیموشیرین و عصاره واجذبی به ترتیب ۱۹۷۶۷/۲۰ و ۵۸۶۱/۵۶ میکروگرم بر عصاره بود و میزان فلاونوئید کل برای عصاره اصلی پوست لیموشیرین و عصاره واجذبی به ترتیب ۳۳/۵۵۲ و ۳/٤٤٦ میکروگرم بر عصاره به دست آمد. اندیس پراکسید، عدد تیوباربیتوریک اسید، دیان مزدوج و شاخص رنگی روغن با افزایش زمان حرارت دهی افزایش‌یافته و بیشترین میزان افزایش در تیمار شاهد فاقد آنتی‌اکسیدان مشاهده گردید و تیمارهای حاوی عصاره واجذبی (فلاونوئید جذب‌شده توسط گرافن اکساید از عصاره پوست لیمو شیرین)۵۰۰ و ۱۰۰۰ ppm، قابل رقابت با آنتی‌اکسیدانBHT بودند. درنهایت می‌توان بیان داشت عصاره واجذبی پوست لیموشیرین به‌عنوان منبعی غنی از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی قابلیت جایگزینی آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی در فرمولاسیون روغن‌های خوراکی را دارد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-12]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.122.27.0]

[DOI: 10.52547/fsct.19.122.236]

۱- مقدمه

مدت ماندگاری اغلب غذاها به دلیل واکنش‌هایی مانند اکسیداسیون چربی‌ها محدود شده است زیرا اکسیداسیون چربی نه‌تنها، بو و طعم‌های تند تولید می‌کند بلکه باعث کاهش کیفیت تغذیه‌ای و تنزل ایمنی محصول با تشکیل محصولات ثانویه در غذا پس از پخت‌وپز و فراوری می‌شود. پایداری اکسایشی عامل مهمی در کیفیت روغن به‌ویژه روغن‌های مخصوص سرخ‌کردنی در نظر گرفته می‌شود. ازاین‌رو برای مقابله با فساد اکسایشی از آنتی‌اکسیدان‌ها استفاده می‌گردد [۱].اضافه کردن آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی مانند بوتیل هیدروکسی آنیزول (BHA)، بوتیل هیدروکسی تولوئن (BHT) و بوتیل هیدرو کینون (TBHQ) می‌توانند اکسیداسیون لیپیدها را در غذاها کنترل کنند اما ازآنجایی‌که برخی آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی دارای اثرات تهاجمی، موتاژنیک و سرطان‌زا می‌باشند، این ضرورت را ایجاب می‌کند که آنتی‌اکسیدان‌های مؤثر از منابع طبیعی که اثرات سوء نداشته باشند، استفاده گردد [۱].

پوست لیمو بین ۵۰ تا ٦۵ درصد از وزنکلمیوه راتشکیل می‌دهد که یکمنبع آلودگی مهم زیستی به شمار می‌رود [۲]. پوست مرکبات به‌طور بالقوه یک منبع غنی از ترکیبات فنلی و فیبر غذایی می‌باشد، در نتیجه به‌جای دور ریختن پوست مرکبات به‌عنوان ضایعات به دلیل در دسترس بودن،هزینه کم و سازگار بودن با محیط‌زیست می‌توان از آن برای تولید مکمل‌های غذای دام، ملاس، عطرمایه و پکتین استفاده کرد و یا ترکیبات زیست فعال آن را استخراج نمود. همچنین می‌توان از آن برای بهبود امولسیون و جلوگیری از بیماری‌های ناشی از استرس اکسیداتیو استفاده نمود [۳].

سورش و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی که از گرافن اکساید و عصاره دارچین (*Cinnamomum zeylanicum*) برای آماده‌سازیگرافن اکساید کاهش‌یافته استفاده کردند و به این نتایج دست یافتند که گرافن اکساید کاهش‌یافته با عصاره دارچین به‌طور قابل‌توجهی خاصیت حذف رنگ در رنگ‌های مالاچیت گرین (MG) و متیلن بلو در غیاب نور خورشید یا اشعه UV را داراست و نیز خاصیت حذف رنگ از محلول آبی با گرافن اکساید کاهش یافته به دلیل سطح گسترده و گروه‌های کربوکسیل، اپوکسی، کتون و گروه‌های هیدروکسیل روی گرافن اکساید می‌باشد. همچنین این ترکیب فعالیت آنتی‌اکسیدانی قابل‌توجهی علیه رادیکال‌های آزاد را نشان داد [٤].

آکارانتا و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی که اثر آنتی‌اکسیدانی اسیدسیتریک و عصاره پوست پیاز در پایداری اکسیداتیو روغن گیاهی را انجام دادند به این نتیجه رسیدند که در آزمون اندیس پراکسید، اسیدسیتریک به عنوان بهترین آنتی‌اکسیدان در غلظت 2g/100g در روغن گیاهی مؤثر است. همچنین مخلوط ۰/۱گرم اسیدسیتریک و ۰/۱ گرم عصاره پوست پیاز در ۱۰۰ گرم روغنگیاهی نیز اثر آنتی‌اکسیدانی دارد و استفاده از این مخلوط اثر آنتی‌اکسیدانی بهتری نسبت به عصاره پوست پیاز به‌تنهایی دارد که به دلیل اثر سینرژیک اسیدسیتریک بر روی عصاره پوست پیاز می‌باشد [۵].

موهادالی و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی اثر آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های پوست سیب‌زمینی و پالپ چغندرقند را در مقایسه با آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی روغن گیاهی موردبررسی قرار دادند و به این نتایج رسیدند که رابطه معکوس بین ارزش پراکسید و پایداری اکسیداتیو و همچنین بین محصولات اکسیداسیون ثانویه با اندازه‌گیری ارزش p-anisidine وجود دارد. جذب در ۲۳۲ و ۲۷۰ نانومتر به تدریج با افزایش زمان، به دلیل تشکیل دی‌ان‌های کنژوگه و پلی انها افزایش یافت. ترکیبات فنولی کلروژنیک و اسیدگالیک توسط کروماتوگرافی لایه نازک در پوست سیب‌زمینی و پالپ چغندر قند نشان داده شد [٦].

در بررسی‌های صورت گرفته توسط سینق و امانوئل (۲۰۱۸) که بر روی پوست‌های پرتقال، لیموشیرین و انار به‌عنوان منبع آنتی‌اکسیدانی انجام شد، نتایج نشان داد که عصاره پوست لیموشیرین بیشترین محتوای ترکیبات فنولیک را داراست (۰/۹ میلی‌گرم در گرم)؛ و نیز با افزودن این عصاره‌ها به نمونه‌های کشک، به‌طور قابل‌توجهی از تشکیل پراکسید و تندشدگی کشک جلوگیری نمود و نیز میزان ۲ درصد سطح پذیرش آن افزایش یافت [۷].

در این پژوهش، ارزیابی آزمون‌های فنل کل، فلاونوئید کل، DPPH بر روی عصاره واجذبی و عصاره اصلی پوست لیموشیرین و ارزیابی اثر عصاره واجذبی بر پایداری اکسایشی روغن سویا طی حرارت دهی، با اندازه‌گیری آزمون‌های پراکسید، شاخص رنگی، عدد تیوباربیتوریک اسید و اندیس دی ان مزدوج انجام شد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-12]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.122.27.0]
[DOI: 10.52547/fsct.19.122.236]

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

نانو گرافن اکساید با اندازه ذرات ۷-۳/٤ نانومتر از شرکت پیشگامان نانو مواد ایرانیان، اسیدگالیک بدون آب (مرک-۸٤۲٦٤۹ آلمان)، پتاسیم استات (مرک-۸٤۲٦٤۹ آلمان)، روتین تری هیدرات ۹۵٪ (آلفا-A۱۳۵۷۰)، DPPH سیگما (ایالات متحده آمریکا)، فولین سیوکالتو، کوئرستین دی هیدرات ۹۷٪، کربنات سدیم، کلرید آلومینیوم، یدید پتاسیم، اسید استیک، کلروفرم، تیوسولفات، اسیدنیتریک، سود (مرک، آلمان)، نشاسته، اتانول ۹٦ درصد، متانول، هگزان مرک، آب مقطر، BHT و تیوباربیتوریک اسید سیگما(ایالات متحده آمریکا)و روغن سویا فاقد آنتی‌اکسیدان سنتزی از کارخانه کشت و صنعت شمال خریداری گردیدند.

۲-۲- آماده‌سازی عصاره خام پوست لیموبا امواج فراصوت

لیموشیرین از بازار محلی خریداری گردید. پوست لیمو طی ٤۸ ساعت با جریان هوای خشک در آون در دمای ٤۰ درجه‌ی سانتی‌گراد خشک گردید و با استفاده از یک آسیاب آزمایشگاهی، آسیاب شد. سپس پوست لیمو خشک‌شده در بسته‌بندی‌های پلی‌اتیلنی (زیپ کیپ) قرار داده شد و در دمایچهار درجه‌ی سانتی‌گراد در یخچال نگهداری گردید. برای تهیه عصاره، پوست خشک‌شده (۵ گرم) با استفاده از یک دستگاه خردکننده آسیاب شده و با افزودن ۳۰ میلی‌لیتر حلال اتانول- آب(۷۰:۳۰، V/V) در مخزن در دار قرار گرفت. مخزن در حمام اولتراسونیک (الماسونیک، آلمان)به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شد. سوسپانسیون پالایه شده و پودر باقی‌مانده دو بار دیگر با استفاده از ۲۵ میلی‌لیتر حلال اتانول- آب(۷۰:۳۰، V/V) استخراج شد. پس از تصفیه، عصاره پالایه شده به ۱۰۰ میلی‌لیتر در یک بالن ژوژه توسط حلال اتانول-آب(۷۰:۳۰، V/V)رقیق شد و قبل از مصرف در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد [۸].

۲-۳- آماده‌سازی عصاره جذبی و عصاره واجذبی

۵۰ میلی‌گرم گرافن اکساید و ۱۵ میلی‌لیتر عصاره خام در دمای محیط ۱±۲۵ مخلوط و به مدت ۱۰ دقیقه تحت امواج فراصوت قرار گرفت و سپس ۵ دقیقه همزده گردید. بعد از جداسازی و شستشوی گرافن اکساید با آب مقطر و خشک‌کردن آن در آون، گرافن اکساید حاوی فلاونوئید در ۱۵ میلی‌لیتر محلول آب-اتانول (۳۰ به۷۰ حجمی/حجمی) با ۹= pH مخلوط گردید. سپس گرافن اکساید از محلول جدا گردید و درنهایت مقدار فلاونوئید آزادشده در محلول با UV-Vis و HPLC تعیین گردید [۹].

۲-٤- نحوه اضافه کردن به روغن

محلول جداسازی شده از گرافن اکساید در مرحله واجذب در آون ٤۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید و پودر خشک نهایی در مقادیر مختلف به‌عنوانآنتی‌اکسیدان طبیعی به نمونه‌های روغن اضافه گردید.

۲-۵- ارزیابی خصوصیات آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها

۲-۵-۱- اندازه‌گیری محتوای فنلی کل

محتوی فنولی کل عصاره‌ها اندازه‌گیری شد. رقت‌های مناسب عصاره با ۲/۵ میلی‌لیتر معرففولین-سیوکالتیو۱۰ درصد (V/V) اکسید شده و با ۲/۰ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد خنثی شدند. مخلوط واکنش به مدت ٤۰ دقیقه در دمای ٤۵ درجه سانتی‌گراد انکوباتور شده و جذب در ناحیه ۷٦۵ نانومتر با استفاده از یک اسپکتروفتومتر (مدل UV1900، شیمادزو، ژاپن) اندازه‌گیری شد. محتوای کلی فنول بر مبنای اسید گالیک محاسبه شد. جهت رسممنحنی استاندارد از اسید گالیک استفاده گردیده و نتایج بر اساس میکروگرم اسید گالیک در گرم عصاره بیان گردید [۱۰].

۲-۵-۲- اندازه‌گیری محتوای کل فلاونوئیدها

مقدار کل فلاونوئید عصاره‌ها با استفاده از روش رنگ سنجی انجام شد. حدود نیم میلی‌لیتر عصاره رقیق با ۰/۵ میلی‌لیتر متانول، ۵۰ میکرو لیتر AlCl3، ۵۰ میکرو لیتر پتاسیم استات یک مولار و ۱/٤ میلی‌لیتر آب مخلوط شد و در دمای اتاق به مدت ۳۰ دقیقه انکوبه شد. سپس جذب مخلوط واکنش در محدوده‌ی ٤۱۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد؛ مقدار کل فلاونوئیدها محاسبه شد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-12]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.122.27.0]
[DOI: 10.52547/fsct.19.122.236]

پلی فنول‌های غیر فلاونوئیدی به‌عنوان تفاوت بین فنل کل و محتوای کل فلاونوئیدها می‌باشند [۱۱].

۲-۵-۳- قابلیت روبندگی رادیکال‌های آزاد DPPH

توانایی تخلیه رادیکال آزاد عصاره‌ها در برابر رادیکال آزاد DPPH(1-1دیفنیل-۲ پیکریل هیدرازیل) انجام شد. به‌طور خلاصه محلول رقیق عصاره (۱ میلی‌لیتر) با ۰/٤ میلی مولار محلول متانولیک حاوی رادیکال‌های DDPH مخلوط، مخلوط حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در مکان تاریک قرار داده شد و جذب در محدوده ٥١٦ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر خوانده شد. قدرت روبندگی رادیکال‌های آزاد DPPH برحسب نرخ جذب نمونه‌ی دوباره فعال‌شده به نمونه‌ی شاهد (۰/۱ میلی مولار محلول DPPH بدون عصاره) محاسبه شد. فعالیت پراکنش رادیکال به‌عنوان درصد مهار بیان شد [۱۲].

۲-٦- ارزیابی تأثیر عصاره‌های واجذبی بر پایداری اکسایشی روغن سویا طی حرارت دهی

روغن حاوی آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT در غلظت‌های ppm۲۰۰ و روغن حاوی عصاره‌ی واجذبی از نانو جاذب‌ها در غلظت‌های ۲۵۰، ۵۰۰ و ppm۱۰۰۰ مورد بررسی قرار گرفت. روغن فرموله شده به مدت ۲٤ ساعت در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد در سرخ‌کن حرارت داده و طیف واصل زمانی چهار ساعت نمونه‌برداری شده و نمونه‌ها تا زمان انجام آزمایش‌ها در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. ارزیابی‌های زیر روی نمونه‌ها انجام شد.

۲-٦-۱- اندیس پراکسید

اندازه‌گیری اندیس پراکسید با روش AOCS انجام گردید. از محلول یدید پتاسیم اشباع و محلول چسب نشاستهیک درصد استفاده گردید.پنج گرم روغن در ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری وزن گردیده و ۳۰ میلی‌لیتر محلول اسیداستیک و کلروفرم با نسبت سه به دو به آن افزوده شد و با هم مخلوط گردید. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر محلول یدید پتاسیم اشباع به آن اضافه شده و یک دقیقه در تاریکی قرار داده شد. بعدازآن،۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید. سپس با تیترازول تیوسولفات ۰/۱ نرمال تیتر شده تا رنگ زرد از بین رود. در هنگام تیتر کردن مخلوط به‌طور مداوم هم زده شده تا ید از لایه کلروفرم جدا گردد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر معرف شناساگر نشاسته به آن افزوده شد و تیتراسیون تا زایل شدن رنگ آبی انجام شد. همراه با نمونه، تیتراسیون شاهد (مخلوط اسید استیک و کلروفرم بدون روغن) نیز انجام گردید. درنهایت، عدد پراکسید برحسب میلی اکی والان پراکسید در ۱۰۰۰ گرم روغن بیان شد [۱۳].

۲-٦-۲- تعیین شاخص رنگی

شاخص رنگی نمونه‌های روغن با اندازه‌گیری جذب در ٤۲۰ نانومتر در مقابل آب مقطر به‌عنوان شاهدتعیین شد [١٤].

۲-٦-۳- عدد تیوباربیتوریک اسید

اندازه‌گیری عددتیوباربیتوریک اسید با روش AOCS انجام گردید. در این روش ۲۰۰ میلی‌گرم روغندر یکبالنحجمی ۲۵میلی‌لیتری وزنگردیده و یک میلی‌لیتر محلول ۱-بوتانول بهنمونه‌ها افزوده و نمونه‌ها به‌خوبی در آن حل گردید. سپس به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد.۵ میلی‌لیتر از محلول نمونه به همراهپنج میلی‌لیتر از واکنشگر TBA در لوله مخصوص ریخته و با شیکر کاملاً هم زده شدند، سپس لوله‌ها به مدت ۲ ساعت در بن ماری با دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری و جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۵۳۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد و درنهایت محاسبه گردید [۱۳].

۲-٦-٤- اندازه‌گیری دی‌ان مزدوج

برای این منظور نمونه‌های روغن با هگزان به نسبت (۱:٦۰۰ gr/ml) رقیق شدند. سپس جذب نمونه‌های رقیق‌شده در طول‌موج ۲۳٤ نانومتر در برابر هگزان به‌عنوان شاهد اندازه‌گیری شد. برای تعیین غلظت دی ان مزدوج شکل گرفته طی اکسیداسیون از ضریب ثابت ۲۹۰۰۰ مول بر لیتر استفاده شد [١٤].

۲-۷- تجزیه‌وتحلیل آماری

در بخش ارزیابی ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی عصاره واجذبی، جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و مقایسه عصاره واجذبی و عصاره از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) استفاده گردید. مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح ۵ درصد انجام شد. در بخش بررسی اثر عصاره‌واجذبی بر پایداری اکسایشی روغن، طرح کاملاً تصادفی در قالب آزمایش‌های فاکتوریل ٦×۵ با سه تکرار بود. متغیرها شامل پنج سطح از تیمار (شاهد، BHT، عصاره‌ی واجذبی از نانوجاذب گرافن اکساید با غلظت ۲۵۰، ۵۰۰ و ppm۱۰۰۰) و شش سطح از زمان (٤، ۸، ۱۲، ١٦، ۲۰ و ۲٤ ساعت) بودند. مقایسه میانگین در سطح اطمینان ۹۵ درصد به روش توکی با نرم‌افزار

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-12]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.122.27.0]
[DOI: 10.52547/fsct.19.122.236]

مینی‌تب نسخه ۱۹ انجام پذیرفت. رسم نمودارها با نرم‌افزار اکسل انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مکانیسم جذب سطحی ترکیبات زیست فعال عصاره پوست لیموشیرین توسط گرافن اکساید

تعداد زیادی از گروه‌های عاملی قطبی مانند هیدروکسیل وکربونیل درروتین، نارینجین، گالیک اسید و گرافن اکساید وجود دارند. از این‌رو، آنها تمایل به ایجاد پیوندهای هیدروژنی با هم دارند. در حقیقت، یکی از مکانیسم‌های مهم برای جذب سطحی ترکیبات زیست فعال از عصاره، پیوند هیدروژنی است. براین اساس، فرآیند جذب سطحی ترکیبات زیست فعال از عصاره توسط گرافن اکساید می‌تواند به برهمکنش‌های پیوند هیدروژنی بین اکسیژن یک ترکیب زیست فعال و هیدروژنیک الکل یا گروه کربوکسیلیک مربوط به گرافن اکساید یا بالعکس نسبتداد [۱۵]. علاوه بر این، برهمکنش‌های π-π بین پیوندهای دوگانه گرافن و حلقه آروماتیک ترکیبات زیست فعال می‌تواند عامل دیگری برای فرآیند جذب سطحی باشد؛ بنابراین، این مکانیسم‌های پیشنهادی می‌توانند منجر به جذب سطحی روتین، نارینجین و گالیک اسید توسط گرافن اکساید شوند. به عبارت دیگر، حداکثر جذب سطحی ترکیبات زیست فعال توسط گرافن اکساید در pH=1 قابل‌توجه بود. علاوه بر این،وقتی‌که pH از ۹ به ۱ تغییر یافت، درصد جذب فلاونوئیدها از ۲/٤ تا ٤٦ درصد به دست آمد. مقادیر pH نقش مهمی در فرایند جذب سطحی ایفا می‌کند از آنجایی‌که بر روی فلاونوئیدهای مورد بررسی تعداد زیادی گروه‌های هیدروکسیل وجود داشت. گروه‌های عاملی سطح مربوط به فلاونوئیدها در مقادیر pH بالا، از نظر الکتریکی خنثیا منفی می‌باشد زیرا آنها به آنیون‌های خودشان تفکیک می‌شوند [۱٦]. در نتیجه، کاهش ظرفیت‌های جذب به دلیل دافعه الکترواستاتیکی بین بارهای همنام قابل‌فهم و مشاهده است. در ضمن، محلول‌تر بودن آنیون‌ها در pH=9 باعث برهمکنش قوی بین جذب‌شونده و آب می‌شود که از جذب سطحی فلاونوئیدها بر روی گرافن اکساید جلوگیری می‌کند؛ بنابراین، جذب سطحی فلاونوئیدها در pH بالاتر، کاهش یافت. بر همین مبنا فرایند واجذب در pH=9 انجام شد.

۳-۲- نتایج ارزیابی آزمون‌های فنل کل، فلاونوئید کل، DPPH بر روی عصاره واجذبی و عصاره اصلی پوست لیموشیرین

۳-۲-۱- فنل کل

ترکیبات فنولی توسط روش فولین سیوکالتیو، برحسب اسید گالیک و منحنی استاندارد (y=0.0431x -0.0463, R^2=0.9983) گزارش گردید. بر اساس شکل ۱، میزان فنل کل برای عصاره اصلی پوست لیموشیرین و عصاره واجذبی در محلول اتانول-آب (V/V,۳۰/۷۰) به ترتیب ۱۹۷٦۷/۲۰ و ۵۸٦۱/۵٦ میکروگرم بر گرم عصاره (برحسب وزن خشک) بودند. بین سطح فنل کلعصاره اصلی و عصاره واجذبی اختلاف معنی‌دار آماری وجود داشت($P<0.05$) و این نتایج،توانایی جذب ترکیبات فنولی توسط گرافن اکساید و واجذب آنها را به میزان ۲۹/٦۵ درصد نشان می‌دهد.

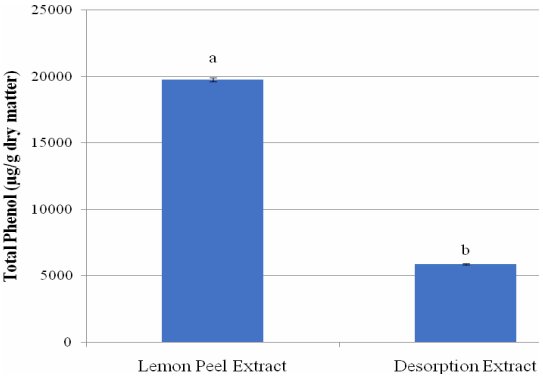

Fig 1 Total phenol of the lemon peel extract and desorption extract. Different letters showed significant differences ($P<0.05$).

۳-۲-۲-فلاونوئید کل

میزان فلاونوئید عصاره‌ها طبق منحنی استاندارد روتین، معادله y=(0/0371 x +0/2122) به دست آمد که در شکل ۲ نشان داده شده است. میزان فلاونوئید کل برای عصاره اصلی پوست لیموشیرین و عصاره واجذبی در محلول اتانول-آب (V/V,۳۰/۷۰) به ترتیب ۳۳/۵۵۲ و ۳/٤٤٦ میکروگرم بر عصاره (بر حسب وزن خشک) می‌باشند. بین سطح فلاونوئید کل عصاره اصلی و عصاره واجذبی اختلاف معنی‌دار آماری وجود دارد ($P<0.05$). کل فلاونوئیدهای مرکبات، اثر

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-12]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.122.27.0]
[DOI: 10.52547/fsct.19.122.236]

آنتی‌اکسیدانی دارند ولی با هیدروفیلیک و لیپوفیلیک بودن محیط، می‌تواند میزان فعالیت آن‌ها با هم متفاوت باشد. برخی مانند نئوهسپریدین[1]، هسپریدین[2] و دیدایمین[3] در محیط لیپوفیلیک، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کمتری داشته، به‌طوری‌که ترکیباتی مانند نارینجین[4]، نارینجنین[5]، نئواریوسیترین[6] و ناریروتین[7] در این محیط، اثر آنتی‌اکسیدانی بیشتری دارند. به‌طورکلی مقدار و نوع ترکیبات فلاونوئیدی با توجه به رقم و مرحله رشدی متفاوت می‌باشد [۱۷]. فلاونوئیدها بر روی کیفیت و پایداری غذاها به عنوان طعم‌دهنده‌ها، رنگ‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها اثر دارند [۱۸].

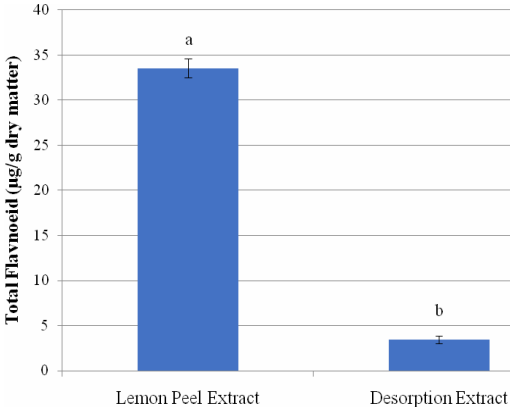

Fig 2 Total flavonoids of the lemon peel extract and desorption extract. Different letters showed significant differences (P<0.05).

۳-۲-۳- قابلیت روبندگی رادیکال‌های آزاد DPPH

بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانیبا قابلیت روبندگی رادیکال‌های آزاد DPPHاز روش‌های سریع برای ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها می‌باشد. توانایی مهارکنندگی انواع عصاره به تعداد و موقعیت گروه‌های هیدروکسیل و وزن مولکولی ترکیبات وابسته می‌باشد، به‌طوری‌که در ترکیبات فنولی با وزن مولکولی پایین‌تر، گروه‌های هیدروکسیل آسان‌تر در دسترس قرار می‌گیرند. توانایی مهار رادیکال آزاد DPPH عصاره‌ها با غلظت عصاره‌ها اثر مستقیم دارد [۱۹]. رادیکال آزاد با اتم مرکزی نیتروژن که با احیاء توسط گرفتن هیدروژن یا الکترون از رنگ بنفش به رنگ زرد تغییریافته و جذب را در طول‌موج ۵۱۷ نانومتر نشان می‌دهد شکل (۳).

1. Neohesperidin
2. Hesperidin
3. Didymin
4. Naringin
5. Naringenin
6. Neoeriocitrin
7. Narirutin

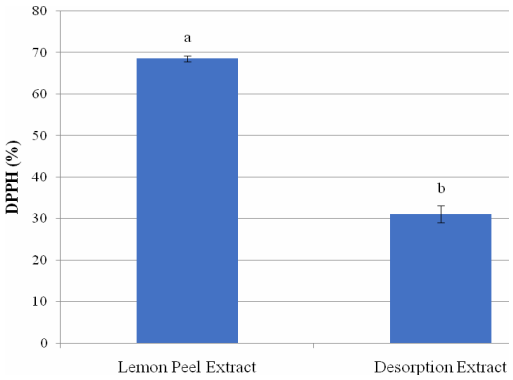

Fig 3 Scavenging effect of desorption extract on DPPH radicals compared with lemon peel extract. Different letters showed significant differences (P<0.05).

ترکیباتی که توانایی انجام این عمل را دارند، یک ترکیب آنتی‌اکسیدانی شناخته می‌گردند. اکثر عصاره‌های گیاهی نیز به دلیل ترکیبات فنولی و ظرفیت زیادی که برای اهدای اتم هیدروژن و الکترون آزاد می‌باشند، این ویژگی را دارند [۲۰].

۳-٤-نتایج ارزیابی اثر عصاره واجذبی بر پایداری اکسایشی روغن سویا طی حرارت دهی

۳-٤-۱- اندیس پراکسید

آنتی‌اکسیدان‌های فنولی با به دام انداختن رادیکال آلکوکسی چربی‌ها از فرایند اکسایش لیپیدها جلوگیری کرده که اثر مستقیم با ساختار مولکولی ترکیب فنولی، تعداد و موقعیت گروه‌های هیدروکسیل آن‌ها دارد. تعیین عدد پراکسید یکی از مهم‌ترینفاکتورهای کنترل کیفیت روغن خوراکی به شمار می‌رود. سنجش اندیس پراکسید، شاخصی برای شناسایی محصولات اولیه اکسیداسیون می‌باشد و از اتصال اکسیژن به باندهای دوگانه اسیدهای چرب غیراشباع به وجود می‌آید. هیدروپراکسیدها، بی‌رنگ و بی‌بو و نیز بسیار ناپایدار هستند و با تجزیه آنزیمی و غیر آنزیمی به محصولات ثانویه اکسایشی مانند آلدهیدها وکتون‌ها تجزیه می‌گردند [۲۱]. نتایج نشان داد که افزایش زمان حرارت دهی موجب افزایش اکسیداسیون روغن و به دنبال آن، افزایش اندیس پراکسید می‌گردد، به‌طوری که در کلیه تیمارهای مورد بررسی، با افزایش زمان حرارت دهی، مقادیر عدد پراکسید روند صعودی داشته و اثر غلظت آنتی‌اکسیدان طبیعی در مهار اکسیداسیون معنادار بوده و با افزایش غلظت، اکسیداسیون بیشتر به تأخیر افتاد به‌طوری که در نمونه شاهد که حاوی آنتی‌اکسیدان نبوده در مقایسه با بقیه

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-12]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.122.27.0]
[DOI: 10.52547/fsct.19.122.236]

تیمارها بیشترین و تیمار حاوی آنتی‌اکسیدان طبیعی (عصاره واجذبی)۵۰۰ ppm و ۱۰۰۰ ppm کمترین مقادیر عدد پراکسید را به خود اختصاص دادند (P<0/05)؛ زیرا ترکیبات پلی فنولی به دلیل دارا بودن خاصیت آنتی‌اکسیدانی و دادن اتم هیدروژن به رادیکال‌های آزاد تولیدشده در حین فرایند باعث جلوگیریاز پیشرفت اکسیداسیون می‌شوند. در مقایسه بین تیمارها، اندیس پراکسید نمونه شاهد در بازه زمانی ۸ ساعت معادل با نمونه حاوی عصاره ۱۰۰۰ ppm در بازه زمانی ۱۶ ساعت می‌باشد و نیز اندیس پراکسید نمونه شاهد در بازه زمانی ٤ ساعت معادل با نمونه حاوی عصاره ۵۰۰ ppm در بازه زمانی ۱۲ ساعت می‌باشد (شکل ٤).

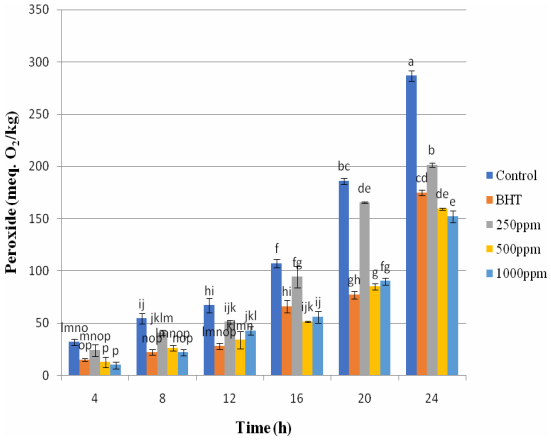

Fig 4 Effect of extract type and time on soybean oil peroxide index. Different letters showed significant differences (P<0.05).

۳-٤-۲- شاخص رنگی

عوامل تغییر رنگ روغن می‌تواند شامل برهمکنش‌های اسیدهای چرب، دیمرها و پلیمرها و سایر ترکیبات موجود در روغن و نیز ترکیبات عصاره باشند. روند افزایش رنگ را می‌توان به تجزیه ترکیبات غیر فرار تولید شده مانند تری گلیسیرید اکسید شده و اسید چرب آزاد مربوط دانست و رنگ روغن‌ها یک شاخص مربوط به کیفیت روغن‌ها می‌باشد و افزایش شاخص رنگی به انجام فرایند اکسایشی مربوط می‌باشد و تغییرات رنگی با تشکیل هیدروپراکسیدها، کتون‌ها و دی‌ان‌های مزدوج در ارتباط می‌باشد [۲۲]. تیمارهای حاوی آنتی‌اکسیدان طبیعی، عصاره واجذبی (دارای رنگ زرد) و تیمار حاوی آنتی‌اکسیدان BHT، دارای امولسیفایر (پودر سفید رنگ) و تیمار شاهد فاقد هرگونه آنتی‌اکسیدان و امولسیفایر بوده است و وجود این عوامل بر روی رنگ روغن تأثیرگذار بوده‌اند. نتایج شاخص رنگی در شکل ۵ نشان‌دهنده تغییرات رنگی در بازه‌های زمانی ٤ الی ۲٤ ساعت می‌باشد که بیشترین تغییر رنگ برای نمونه شاهد بوده و در نمونه تیمار ppm۱۰۰۰، تغییرات رنگی کمتری در مقایسه با سایر تیمارها ایجاد شده است.

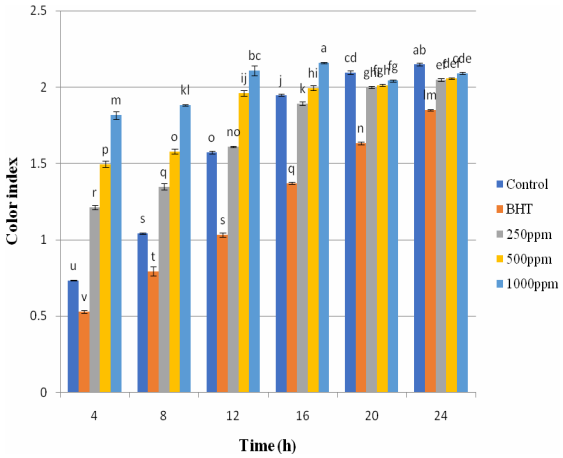

Fig 5 The effect of extract type and time on soybean oil color index. Different letters showed significant differences (P<0.05).

بر اساس نتایج، میزان شاخص رنگی در تیمارها و زمان‌های مختلف حرارت دادن، روند افزایشی دارد به‌طوری که شاخص رنگی نمونه شاهد در بازه زمانی ٤ ساعت از ۰/۷۳٤ به ۲/۱٤۸ در بازه زمانی ۲٤ ساعت رسید درحالی‌که نمونه حاوی آنتی‌اکسیدان طبیعی ppm۱۰۰۰ در بازه زمانی ٤ ساعت از ۱/۸۱٦ به ۲/۰۹ در بازه زمانی ۲٤ ساعت رسید.

۳-٤-۳- عدد تیوباربیتوریک اسید

برای اندازه‌گیری ترکیبات ثانویه حاصل از اکسیداسیون مانند آلدهیدها و کتون‌ها، آزمایش تیوباربیتوریک اسید انجام می‌گردد. مالون دی آلدئید MDA (Malondealdehyde) با وزن مولکولی پایین، یکی از فراوان‌ترین آلدئیدهایی می‌باشد که به علت اکسیداسیون لیپیدی ایجاد می‌شود و این ترکیب بسیار سمی می‌باشد [۲۳]. به‌طور کلی، هر چه درجه غیراشباع روغن‌ها بیشتر باشد، روغن آمادگی بیشتری برای اکسیداسیون دارد و زمانی که پراکسید به مقدار معینی برسد به مواد فرار آلدهیدی و کتونی تبدیل‌شده که موجب بو و طعم نامطلوب روغن و بالا رفتن اندیس تیوباربیتوریک اسید می‌گردد.مالون آلدهید، آلدهیدی می‌باشد که عمدتاً در اثر تجزیه اسیدهای چرب چند غیراشباع به وجود می‌آید. در اندازه‌گیری اندیس تیوباربیتوریک اسید، مالون آلدهید با تیوباربیتوریک اسید واکنش می‌دهد، درنتیجه مقدار تیوباربیتوریک اسید طی

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-12]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.122.27.0]
[DOI: 10.52547/fsct.19.122.236]

اکسیداسیون افزایش می‌یابد. البته طی اکسیداسیون ممکن است آلدهیدها خود اکسید گردیده و به اسیدهای کربوکسیلیک تبدیل شده که در این حالت مقدار تیوباربیتوریک اسید، کاهش پیدا می‌کند [۲٤]. نتایج نشان داد نمونه‌های مورد بررسی ازنظر عدد تیوباربیتوریک اسید اختلاف معناداری بانمونه شاهد داشتند بنابراین نمونه‌های حاوی آنتی‌اکسیدان در مقابل اکسیداسیون پایدارتر از نمونه شاهد عمل کردند. با افزایش مقدار مصرفی عصاره واجذبی، مقدار اندیس تیوباربیتوریک اسید کاهش می‌یابد، درواقع با افزایش غلظت، ترکیبات فلاونوئیدی افزایش یافته که باعث افزایش گروه‌های فعال برای مهار رادیکال آزاد می‌گردد. این ترکیبات با داشتن گروه‌های هیدروکسیل توانایی خنثی‌سازی رادیکال آزاد را دارند و نیزاندیس تیوباربیتوریک اسید عصاره واجذبی ppm۱۰۰۰ و BHT در بازه زمانی ۱٦ ساعت و عصاره واجذبی ppm۵۰۰ در بازه زمانی ۱۲ ساعت معادل با نمونه شاهد در بازه زمانی ٤ ساعت می‌باشد(شکل ٦). با افزایش زمان حرارت دادن، اندیس تیوباربیتوریک اسید و درنتیجه ترکیبات ثانویه اکسیداسیون روند افزایشی داشته استکه با نتایج مقصودلو و همکاران (۲۰۱۷)و رفیعی وهمکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد [۲٦ و ۲۵].

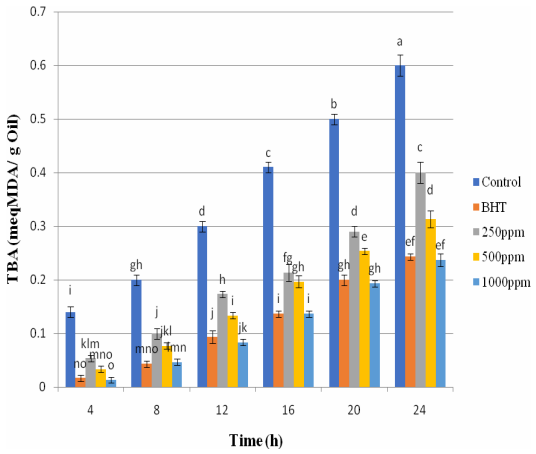

Fig 6 Effect of extract type and time on thiobarbituric acid of soybean oil. Different letters showed significant differences (P<0.05).

۳-٤-٤- اندیس دی‌ان مزدوج

اندازه‌گیری اندیس دی‌ان مزدوج یکی از آزمون‌های مناسب جهت ارزیابی اکسیداسیون روغن است زیرا دی‌ان‌های مزدوج، ترکیبات پایداری بوده و در روغن باقی می‌مانند. هر چه اکسیژن دریافتی بیشتر، عدد دی‌ان مزدوج نیز افزایش می‌یابد. به‌طور کلی سطوح بیشتر عدد دی‌ان مزدوج حاکی از پایداری کمتر روغن به اکسیداسیون است. افزایش مقدار دی‌انمزدوج در شرایط حرارت دهی را می‌توان به تماس با اکسیژن و تشکیل پراکسید در مراحل اولیه اکسیداسیون و وجود میزان بالای اسیدهای چرب غیراشباع در روغن سویا نسبت داد که به‌صورت هیدروپراکسید کنژوگه تجزیه می‌گردد [۲۷]. هنگامی‌که اسیدهای چرب غیراشباع اکسید شوند، موجب جابجایی اتصالات مضاعف، در نتیجه دی‌ان مزدوج افزایش پیدا می‌کند. عدد دی‌ان مزدوج، شاخص مناسبی برای اثبات میزان اکسایش لیپیدی بوده و با جذب اکسیژن و ایجاد پراکسیدهای لیپیدی افزایش می‌یابد. مقدار دی ان مزدوج با نوع روغن، درجه اکسایش آن و حضور آنتی‌اکسیدان‌ها رابطه مستقیم دارد [۲۸]. وجود دی‌ان مزدوج در چربی‌ها نشان‌دهنده اکسایش در روغن است.روش دی‌ان مزدوج در مقایسه با اندیس پراکسید، سریع‌تر، مستقل از واکنش‌های شیمیایی و توسعه رنگ بوده وبه مقدار نمونه کمتری نیاز دارد [۲۹].تغییرات عدد دی ان مزدوج یا عدد کنژوگه طی فرایند حرارتی در شکل ۷ مشاهده می‌گردد.

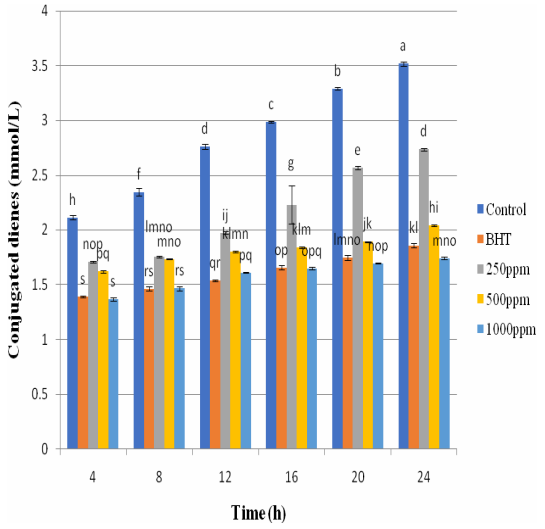

Fig 7 Effect of extract type and time on soybean oil Conjugated dienes index. Different letters showed significant differences (P<0.05).

نتایج در مورد مقادیر عدد کنژوگه نشان داد که تمامی تیمارها طی حرارت دادن با گذشت زمان به‌طور معنی‌داری افزایش‌یافته است (P<0/05). تیمار حاوی ppm ۱۰۰۰ عصاره واجذبی با آنتی‌اکسیدان BHT قابل رقابت می‌باشد و مقادیر عدد کنژوگه در تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری از سایر تیمارها بیشتر بوده است (P<0/05). نتایج باپیانا و همکاران

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-12]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.122.27.0]
[DOI: 10.52547/fsct.19.122.236]

(۲۰۱۲) و کاروئی و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد [۳۱ و ۳۰].

٤- نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از آزمون‌های آنتی‌اکسیدانی نشان داد که عصاره واجذبی از پوست لیموشیرین توسط گرافن اکساید دارای ترکیبات فلاونوئیدی بوده و این امر نشان‌دهنده پتانسیل بالای این ترکیبات در به‌کارگیری در فرمولاسیون‌های غذایی می‌باشد. نتایج ارزیابی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره واجذبینیز پایداری اکسایشی روغن سویا طی حرارت دهی را نشان داد، بنابراین عصاره واجذبی توانایی رقابت با آنتی‌اکسیدان صنعتی مانند BHT را دارا می‌باشند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که با توجه به اندازه‌گیری آزمون‌ها، اندیس پراکسید، تیوباربیتوریک اسید و دی ان مزدوج با افزایش زمان حرارت دهی، افزایش‌یافته و همچنین اندیس تیوباربیتوریک اسید و دی‌ان مزدوج نمونه حاویppm۱۰۰۰ عصاره واجذبیو اندیس پراکسید نمونه حاوی عصاره واجذبی ۵۰۰ و ppm۱۰۰۰ قابلیت رقابت با نمونه حاوی آنتی‌اکسیدان سنتزی را داراست و این نشانگر خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره واجذبی می‌باشد.

٥- منابع

[1] El Bedawey, A. A., Mansour, E. H., Zaky, M. S., & Hassan, A. A. (2010). Characteristics of antioxidant isolated from some plant sources. *Food and Nutrition Sciences*, *1*(01), 5.

[2] González-Molina, E., Domínguez-Perles, R., Moreno, D. A., & García-Viguera, C. (2010). Natural bioactive compounds of Citrus limon for food and health. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, *51*(2), 327-345.

[3] Rafiq, S., Kaul, R., Sofi, S. A., Bashir, N., Nazir, F., & Nayik, G. A. (2018). Citrus peel as a source of functional ingredient: a review. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, *17*(4), 351-358.

[4] Suresh, D., Kumar, M. P., Nagabhushana, H., & Sharma, S. C. (2015). Cinnamon supported facile green reduction of graphene oxide, its dye elimination and antioxidant activities. *Materials Letters*, *151*, 93-95.

[5] Akaranta, O., & Akaho, A. A. (2012). Synergic effect of Citric Acid and Red Onion skin extract on the Oxidative stability of Vegetable Oil. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, *16*(4).

[6] Mohdaly, A. A. A., Sarhan, M. A., Mahmoud, A., Ramadan, M. F., & Smetanska, I. (2010). Antioxidant efficacy of potato peels and sugar beet pulp extracts in vegetable oils protection. *Food chemistry*, *123*(4), 1019-1026.

[7] Singh, S., & Immanuel, G. (2014). Extraction of antioxidants from fruit peels and its utilization in paneer. *Journal of Food* Processing & Technology, 5(7), 1.

[8] Huang, X., Lu, J., Lu, C., Wei, L., & Li, Q. (2014). Separation and enrichment of flavonoids from orange peel using magnetic nanoparticles. Asian Journal of Chemistry, 26(4), 1189-1194.

[9] Gholizadeh, H., Ghorbani-HasanSaraei, A., Tahermansouri, H., & Shahidi, S. A. (2020). The mechanism studies of the adsorption–desorption process of rutin from water/ethanol solution and the extract of bitter orange peel by the carboxylated multiwalled carbon nanotubes. *Journal of the Chinese Chemical Society*, *67*(4), 546-557.

[10] Pereira, R. P., Boligon, A. A., Appel, A. S., Fachinetto, R., Ceron, C. S., Tanus-Santos, J. E., ... & Rocha, J. B. T. (2014). Chemical composition, antioxidant and anticholinesterase activity of Melissa officinalis. *Industrial Crops and Products*, *53*, 34-45.

[11] Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in enzymology*, *299*, 152-178.

[12] Gyamfi, M. A., Yonamine, M., & Aniya, Y. (1999). Free-radical scavenging action of medicinal herbs from Ghana: Thonningia sanguinea on experimentally-induced liver injuries. *General Pharmacology: The Vascular System*, *32*(6), 661-667.

[13] AOCS. (1990). Official Methods and Recommended Practices of American Oil Chemists' Society, edited by David Firestone, Methods. 15th ed. Washington, DC.

[14] Saguy, I. S., Shani, A., Weinberg, P., & Garti, N. (1996). Utilization of jojoba oil for deep-fat frying of foods. *LWT-Food Science and Technology*, *29*(5-6), 573-577.

[15] Nasirian, V. S., Shahidi, S. A., Tahermansouri, H., & Chekin, F. (2021).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-12]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.122.27.0]
[DOI: 10.52547/fsct.19.122.236]

Application of graphene oxide in the adsorption and extraction of bioactive compounds from lemon peel. *Food science & nutrition*, *9*(7), 3852.

[16] Gholizadeh, H., Ghorbani-HasanSaraei, A., Tahermansouri, H., & Shahidi, S. A. (2019). The simultaneous adsorption and desorption of flavonoids from bitter orange peel by the carboxylated multi-walled carbon nanotubes. *Carbon Letters*, *29*(3), 273-279.

[17] Tripoli, E., La Guardia, M., Giammanco, S., Di Majo, D., & Giammanco, M. (2007). Citrus flavonoids: Molecular structure, biological activity and nutritional properties: A review. *Food chemistry*, *104*(2), 466-479.

[18] Kumar, S., Sharma, U. K., Sharma, A. K., & Pandey, A. K. (2012). Protective efficacy of Solanum xanthocarpum root extracts against free radical damage: phytochemical analysis and antioxidant effect. *Cellular and Molecular Biology*, *58*(1), 174-181.

[19] Sharififar, F., Dehghn-Nudeh, G., & Mirtajaldini, M. (2009). Major flavonoids with antioxidant activity from Teucrium polium L. *Food chemistry*, *112*(4), 885-888.

[20] Shon, M. Y., Kim, T. H., & Sung, N. J. (2003). Antioxidants and free radical scavenging activity of Phellinus baumii (Phellinus of Hymenochaetaceae) extracts. *Food chemistry*, *82*(4), 593-597.

[21] Ali, R. F. (2010). Improvement the stability of fried sunflower oil by using different levels of Pomposia (Syzyygium Cumini). *Elec. J. Environ. Agric. Food Chem*, *9*(2), 396-403.

[22] Yaghmur, A., Aserin, A., Mizrahi, Y., Nerd, A., & Garti, N. (2001). Evaluation of argan oil for deep-fat frying. *LWT-Food Science and Technology*, *34*(3), 124-130.

[23] Celi, P. (2010). The role of oxidative stress in small ruminants' health and production. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *39*, 348-363.

[24] Damodaran, S., Parkin, K. L., & Fennema, O. R. (Eds.). (2007). *Fennema's food chemistry*. CRC press.

[25] Maghsoudlou, E., Esmaeilzadeh Kenari, R., & Raftani Amiri, Z. (2017). Evaluation of antioxidant activity of fig (Ficus carica) pulp and skin extract and its application in enhancing oxidative stability of canola oil. *Journal of Food Processing and Preservation*, *41*(4), e13077.

[26] Rafiee, Z., Jafari, S. M., Alami, M., & Khomeiri, M. (2012). Antioxidant effect of microwave-assisted extracts of olive leaves on sunflower oil. 1497-1509.

[27] Iqbal, S., & Bhanger, M. I. (2007). Stabilization of sunflower oil by garlic extract during accelerated storage. *Food Chemistry*, *100*(1), 246-254.

[28] Huang, D., Ou, B., & Prior, R. L. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of agricultural and food chemistry*, *53*(6), 1841-1856.

[29] Sayyari, Z., & Farahmandfar, R. (2017). Stabilization of sunflower oil with pussy willow (Salix aegyptiaca) extract and essential oil. *Food science & nutrition*, *5*(2), 266-272.

[30] 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.

[31] Karoui, I. J., Dhifi, W., Ben Jemia, M., & Marzouk, B. (2011). Thermal stability of corn oil flavoured with Thymus capitatus under heating and deep-frying conditions. Journal of the Science of Food and Agriculture, 91(5), 927-933.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-12]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.122.27.0]
[DOI: 10.52547/fsct.19.122.236]

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

The adsorption and desorption of phytochemicalfrom lemon peel extract by the graphene oxide and its application as antioxidant in frying oil

Sharif Nasirian, V. [1], Shahidi, S. A. [2]*, Tahermansouri, H. [3], Chekin, F. [4]

1. Department of Food Science and Technology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.
3. Department of Chemistry, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.
4. Department of Chemistry, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.

ABSTRACT

In this study, the graphene oxidewas used as adsorbent for the separation (adsorption and desorption) of flavonoids from lemon peel. Properties of desorption extract (total phenolic content, total flavonoid content, scavenging ability of DPPH free radicals) were determined. Antioxidant activity of desorption extract at three levels of 250, 500 and 1000 ppm and BHT synthetic antioxidant at 200 ppm in antioxidant-free frying oil were evaluated by measuring peroxide value, thiobarbituric acid test, conjugated DN and color index. Each gram of lemon peel extract contained 19767.20 µg phenolic compounds and 33.552 µg flavonoids on dry matter. Each gram of desorption extract contained 5861.56 µg phenolic compounds and 3.446 µg flavonoids on dry matter. Peroxide value, thiobarbituric acid, conjugated DN and color index of oil increased with increasing heating time and the highest increase was observed in the control treatment without antioxidants. Treatments containing desorption extract at 500 and 1000 ppm, can compete with BHT antioxidant. The results of this study indicated that desorption extract can be used as a replacement for synthetic antioxidants in oil.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2021/ 11/ 18
Accepted 2021/ 12/ 18

Keywords:

Antioxidants,
Desorption extract,
Flavonoids,
Nanosorbent,
Sweet lemon peel.

DOI: 10.52547/fsct.19.122.236

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.122.27.0

*Corresponding Author E-Mail:
sashahidy@yahoo.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-12]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.122.27.0]
[DOI: 10.52547/fsct.19.122.236]