مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال سوم، شماره۳، پاییز ۱۳۸۷ ، صفحات ۳۲-۲۳

فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره پوست سیب‌زمینی راجا

آزاده محققی ثمرین[۱]، هاشم پورآذرنگ[۲]، هاشم اخلاقی[۳]، امیرحسین الهامی راد[۴]، نیما همت یار[۵]

۱- نویسنده مسئول: دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار
پست الکترونیکی: azadeh_mohagheghi7882@yahoo.co.in
۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استادیار گروه علوم پایه ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار
۴- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار
۵- کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی

تاریخ دریافت: ۸۶/۱۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۸۷/۶/۲۰

چکیده

سابقه و هدف: ترکیبات فنلی که در منابع گیاهی وجود دارند، با کاهش سرعت اکسیداسیون چربی‌ها ارزش تغذیه‌ای مواد غذایی را بهبود می‌بخشند. استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی به دلیل سمیت و خطراتی که دارند محدود شده است. در این مطالعه، فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره پوست سیب‌زمینی راجا در روغن سویا بررسی شد در زمینه استخراج ترکیبات فنلی از پوست سیب‌زمینی راجا تحقیقاتی انجام شد.

مواد و روش‌ها: ترکیبات فنلی با استفاده از روش پرکولاسیون با حلال متانول و روش فراصوت با ۵ حلال متانول، اتانول، هگزان، استن و آب از پوست سیب‌زمینی راجا استخراج شد. اندازه‌گیری غلظت ترکیبات فنلی عصاره‌ها با روش فولین سیوکالتو انجام شد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره پوست سیب‌زمینی راجا در روغن سویا با استفاده از دو روش گرمخانه‌گذاری و رنسیمت بررسی شد و اعداد پراکسید و تیوباربیتوریک برای بررسی پیشرفت واکنش اکسیداسیون اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: بیشترین راندمان عصاره‌گیری به حلال‌های آب (۱۵/۵٪) و متانول (۶/۹٪) و بیشترین مقدار ترکیبات فنلی به حلال متانول (۶۸۰/۶۸µg به ازای گرم وزن خشک گیاه) با روش فراصوت مربوط بود. پس از ۱۶ روز گرمخانه‌گذاری در ۶۳°C نمونه‌های روغن سویای حاوی عصاره‌های متانولی پوست سیب‌زمینی راجا اعداد پراکسید و تیوباربیتوریک کمتری نسبت به نمونه روغن شاهد داشتند. بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها با روش رنسیمت نشان داد که روغن‌های حاوی عصاره پوست سیب‌زمینی راجا در غلظت‌های ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ ppm دارای پایداری حرارتی بسیار مناسبی هستند.

نتیجه‌گیری: استفاده از روش فراصوت سبب افزایش مقدار کل ترکیبات فنلی استخراج شده نسبت به روش پرکولاسیون شد و زمان عصاره‌گیری را کاهش داد. عصاره متانولی پوست سیب‌زمینی راجا دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بسیار قوی و قابل مقایسه با آنتی‌اکسیدان‌های تجاری BHA و BHT است.

واژگان کلیدی: پوست سیب‌زمینی، ترکیبات فنلی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، روغن سویا، فراصوت

• مقدمه

روغن‌ها و چربی‌ها طی نگهداری در درجه حرارت‌های بالا اکسیده می‌شوند و کیفیت تغذیه‌ای آنها کاهش می‌یابد (۱). فرایند اکسیداسیون روغن‌ها و چربی‌ها و تشکیل رادیکال‌های آزاد سبب ایجاد و پیشرفت سرطان می‌شود (۲). با مصرف ترکیبات آنتی‌اکسیدانی موجود در میوه‌ها و سبزی‌ها مانند آلفاتوکوفرول (ویتامین E) گلوتاتیون، بتاکاروتن و اسیداسکوربیک (ویتامین C) در رژیم غذایی می‌توان از این آسیب‌ها جلوگیری کرد (۴، ۳)

رژیم‌های غذایی غنی از این ویتامین‌های آنتی‌اکسیدانی موجب حفظ سلامتی شده و خطر ابتلا به

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-22]

بیماری‌های قلبی و سرطان را کاهش می‌دهد(۵). آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی به ویژه بوتیلیتد هیدروکسی آنیزول(BHA) و بوتیلیتد هیدروکسی تولوئن (BHT) معمولا برای ممانعت از واکنش اکسیداسیون استفاده می‌شوند. اثرات سمی و سرطان‌زایی این آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی در انسان شناخته شده است. همچنین، آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی ممکن است باعث تورم کبد شوند و روی فعالیت‌های آنزیمی کبد تاثیر بگذارند (۶).

سیب‌زمینی یک منبع خوب آنتی‌اکسیدانی است و حاوی اسیداسکوربیک و آلفاتوکوفرول است که اثر یکدیگر را تشدید می‌کنند (۷). سیب‌زمینی حاوی فلاوون آگلیکون ها (flavone aglycones) نیز هست که گروه مهمی از ترکیبات فنلی هستند و خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارند. پوست سیب‌زمینی، کوئرستین (Quercetin) دارد که یک فلاوونول با خاصیت آنتی‌اکسیدانی است (۸). همچنین، پوست سیب‌زمینی دارای اسید کلروژنیک است که خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارد. سیب‌زمینی منبع خوبی از گلوتاتیون است که یک آنتی‌اکسیدان محلول در آب و ضدسرطان است و به عملکرد سایر آنتی‌اکسیدان‌ها مانند ویتامین‌های C و E و بتاکاروتن کمک می‌کند (۴).

مطالعات متعددی استفاده از فراصوت را برای استخراج ترکیبات فنلی از منابع گیاهی گزارش کرده‌اند(۹) اما تاکنون استفاده از روش فراصوت برای استخراج فنلیک‌ها از پوست سیب‌زمینی گزارش نشده است. بنابراین، با توجه به اثرات مضر آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی و اثرات سودمند آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در حفظ سلامت و ایمنی غذاها و بدن انسان‌ها دارند، در این مطالعه استفاده از پوست قرمز رنگ سیب‌زمینی راجا (*Raja*) به عنوان یک ماده گیاهی و منبع طبیعی آنتی‌اکسیدان در روغن سویا و برای نخستین بار در گونه‌های سیب‌زمینی کشور مورد بررسی قرار گرفت.

• مواد و روش‌ها

مواد: غده‌های سیب‌زمینی راجا با پوست قرمز به مقدار ۳۰ کیلوگرم از منطقهٔ فریدن اصفهان جمع‌آوری شد. روغن سویای بدون آنتی‌اکسیدان سنتزی از کارخانه *روغن نباتی قو* تهران تهیه شد. مواد شیمیایی با خلوص بالا از شرکت *مرک* آلمان و اسیدگالیک و آنتی‌اکسیدان‌های تجاری BHA، BHT و TBHQ با خلوص ۹۷٪ از شرکت *دانیسکو* دانمارک تهیه شد. غده‌های سیب‌زمینی راجا پوست‌گیری شد و پوست‌ها در شرایط اتاق خشک شد. پوست‌های خشک شده، پودر و از الکی با مش ۴۰ عبور داده شد.

عصاره‌گیری: عصاره پوست سیب‌زمینی راجا با دو روش پرکولاسیون و فراصوت تهیه شد. در روش فراصوت، پوست سیب‌زمینی پودر شده توسط اتانول، متانول، هگزان، استن و آب عصاره‌گیری شد. در این روش، مقدار ۱ گرم پودر پوست سیب‌زمینی با ۲۰ml حلال، مخلوط و به مدت ۱۵ دقیقه تحت امواج فراصوت عصاره‌گیری شد. برای حذف تفاله و مواد غیرمحلول، عصاره‌ها با کاغذ واتمن شماره ۱ صاف شد. بعد از این مرحله، به مدت ۱۰ دقیقه و در دمای ۵ °C در ۳۰۰۰×g سانتریفوژ شد (۱۰). در روش پرکولاسیون ۱۰ گرم پوست سیب‌زمینی پودرشده توسط ۲۰۰ ml متانول به مدت ۲۴ ساعت با استفاده از یک دستگاه همزن مغناطیسی در دمای اتاق عصاره‌گیری شد. عصاره حاصل با کاغذ واتمن شماره ۱ صاف شد و رسوب حاصل تحت همان شرایط دوباره عصاره‌گیری شد. پس از مخلوط کردن عصاره‌های صاف شده، با استفاده از دستگاه تبخیرگردان تحت خلأ، حلال در دمای کمتر از ۴۰°C تبخیر و عصاره تا حد امکان تغلیظ شد. بعد از این مرحله به منظور جداسازی مواد غیرمحلول باقیمانده، عصاره به مدت ۱۰ دقیقه و در دمای ۵°C در g × ۳۰۰۰ سانتریفوژ شد (۱۰). سپس، عصاره‌های حاصل از پوست راجا در دمای کمتر از ۴۰°C تحت خلأ خشک و وزن شد تا راندمان و مقدار کل ترکیبات فنلی آنها تعیین شود. عملیات عصاره‌گیری سه بار تکرار شد و باقیمانده عصاره جهت ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مورد استفاده قرار گرفت.

اندازه‌گیری مقدار کل ترکیبات فنلی: غلظت کل ترکیبات فنلی در عصاره‌ها به روش فولین سیوکالتو (۱۱)تعیین و نتایج بر اساس استاندارد اسیدگالیک بیان

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-22]

شد. اندازه گیری میزان ترکیبات فنلی در عصاره‌ها سه بار تکرار شد و نتایج حاصل به صورت میانگین بیان شد.

استفاده از عصاره پوست سیب‌زمینی راجا در روغن سویا: عصاره متانولی تغلیظ شدهٔ راجا در چهار سطح مختلف (۲۰۰، ۸۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ ppm) به روغن اضافه شد. عمل اختلاط به وسیله همزن مغناطیسی مجهز به سیستم حرارتی در دمای ۶۰°C به مدت ۱۵ دقیقه انجام شد. آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی BHA، BHT و TBHQ در سطح مجاز ۲۰۰ ppm در شرایط کاملاً مشابه به روغن اضافه شد و مقداری از روغن سویای اولیه بدون افزودن هرگونه آنتی‌اکسیدان سنتزی به عنوان شاهد در نظر گرفته شد.

اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی: ظروف نمونه روغن‌ها، شیشه‌های قهوه‌ای با حجم ۱۰۰ml بودند که تا حدود ۸۰ml پرشدند و نمونه‌ها به گرمخانه ۶۳°C منتقل و به مدت ۱۶ روز نگهداری شد. پیشرفت اکسیداسیون در فواصل زمانی معین با اندازه گیری عدد پراکسید و عدد تیوباربیتوریک اسید به ترتیب به روش استاندارد AOCS Cd 8-53 و AOCS Cd 19-90 تعیین شد (۱۲) فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از این فرمول (۱۳) محاسبه شد:

IO =۱۰۰ – (۱۰۰ × عدد پراکسید شاهد/ عدد پراکسید نمونه)

همچنین برای بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره پوست سیب‌زمینی راجا در روغن سویا از روش رنسیمت (دستگاه رنسیمت مدل Metrohm۷۴۳) استفاده شد. ۴ گرم از نمونه‌های روغن در دماهای ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ °C و با سه تکرار، مورد آزمایش قرار گرفتند. سرعت جریان هوا ۲۰ لیتر در ساعت تنظیم شد. داده‌های به دست آمده بر مبنای طول دوره القایی و فاکتور اثربخشی F مقایسه شد. (فاکتور اثربخشی : طول دوره القایی در حضور آنتی‌اکسیدان / طول دوره القایی شاهد).

تجزیه و تحلیل آماری: برای بررسی اثر حلال و روش استخراج بر راندمان عصاره‌گیری و میزان ترکیبات فنلی، آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. برای بررسی توانایی آنتی‌اکسیدانی عصاره پوست راجا در روغن سویا و تعیین اثر غلظت و دما بر آن در روش آون و رنسیمت، آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. میانگین‌ها به روش دانکن و در سطح معنی‌دار ۰/۰۵مقایسه شد. نرم افزار مورد استفاده برای تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها $SPSS_{13}$ بود. نمودارها توسط نرم افزار Excel رسم شدند.

• یافته‌ها

اثر نوع حلال و روش استخراج بر راندمان عصاره‌گیری: مقایسه میانگین راندمان عصاره‌گیری از گونه راجا در حلال‌های مختلف تفاوت معنی‌داری نشان داد. حلال آب، دارای بیشترین راندمان عصاره‌گیری (۱۵/۵ درصد) بود و حلال‌های متانول با ۶/۹ درصد، اتانول با ۲/۲۵ درصد، استن با ۲/۱ درصد و هگزان با راندمان ناچیز به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. جدول ۱ کارایی حلال‌ها در عمل عصاره‌گیری و مقایسه راندمان عصاره‌گیری (توسط متانول) با دو روش استخراج فراصوت و پرکولاسیون را نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود، راندمان عصاره‌گیری با متانول در گونه راجا با دو روش استخراج فراصوت و پرکولاسیون، تفاوت قابل ملاحظه‌ای نداشتند.

جدول ۱ – درصد راندمان استخراج عصاره‌های به دست آمده از پوست سیب‌زمینی راجا با حلال‌های مختلف

روش استخراج / حلال	راندمان (٪)
متانول / پرکولاسیون	a۰/۰۳ ± ۷/۰۴
فراصوت/ آب	b۰/۰۵ ± ۱۵/۵۰
فراصوت/ متانول	a۰/۰۳ ± ۶/۹۰
فراصوت/ اتانول	c۰/۰۵ ± ۲/۲۵
فراصوت/ استن	d۰/۰۱ ± ۲/۱۱
فراصوت/ هگزان	e۰/۰۰ ± ۰

* حروف غیریکسان نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است ($P < ۰/۰۵$)

اثر نوع حلال و روش استخراج بر میزان ترکیبات فنلی: بررسی مقایسه مقدار ترکیبات فنلی استخراج شده با حلال‌های متانول، اتانول، آب، استن و هگزان نشان داد که اختلاف معنی داری میان پنج عصاره در سطح ۵٪ وجود دارد. بیشترین مقدار ترکیبات فنلی مربوط به عصاره متانولی بود و عصاره‌های آبی، اتانولی، استنی و

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-22]

هگزانی به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. عصارهٔ استخراج شده به روش فراصوت با بیشترین مقدار ترکیبات فنلی را داشت (جدول ۲). به عبارت دیگر، استفاده از امواج ماورای صوت به طور معنی‌داری سبب افزایش استخراج ترکیبات فنلی نسبت به روش پرکولاسیون در گونه راجا شد. (P< ۰/۰۵).

جدول ۲ - میزان ترکیبات فنلی استخراج شده از پوست سیب‌زمینی راجا با استفاده از روش‌ها و حلال‌های مختلف

روش استخراج / حلال	میزان ترکیبات فنلیک (میگروگرم اسید گالیک / گرم ماده خشک)
متانول / پرکولاسیون	a۴/۴۰ ± ۵۵۴/۹۰
فراصوت/ آب	c۷/۰۵ ± ۵۱۴/۲۰
فراصوت/ متانول	b۵/۵۰ ± ۶۸۰/۶۸
فراصوت/ اتانول	d۵/۵۰ ± ۳۱۰/۸۰
فراصوت/ استن	e۴/۴۴ ± ۲۷۵/۵۰
فراصوت/ هگزان	۰/۰۰ ± ۰/۰۰f

* حروف غیریکسان نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ است (P < ۰/۰۵)

بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی توسط آزمون گرمخانه: بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق، اعداد پراکسید و تیوباربیتوریک اسید نمونه‌های روغن، طی ۱۶ روز گرمخانه گذاری در ۶۳°C به طور تدریجی افزایش یافت که بسته به غلظت عصاره‌ها و نوع آنتی‌اکسیدان سنتزی متفاوت بود (شکل‌های ۱ و۲). عدد پراکسید روغن سویای بدون آنتی‌اکسیدان (شاهد) پس از ۱۶ روز گرمخانه گذاری از۱/۶۹ meq/kg به ۶۴/۰۸ meq/kg و عدد تیوباربیتوریک اسید از ۵۰/۰ به ۷۷/۳ افزایش یافت. تغییرات این اعداد طی نگهداری روغن سویا در ۶۳°C نشان داد که افزودن BHA ، BHT و TBHQ پیشرفت فساد را به تعویق می‌اندازد، اما اثر حفاظتی TBHQ بهتر از BHT وBHT بهتر از BHA بود، به طوری که عدد پراکسید به ترتیب در نمونه‌های حاوی BHA، BHT و TBHQ برابر ۳۳/۲۴، ۲۸/۷۲ و ۹/۹۶ meq/kg تعیین شد. همچنین، عدد تیوباربیتوریک اسید به ترتیب در نمونه‌های حاوی BHA، BHT و TBHQ برابر۶۳/۳۶، ۶۰/۴۶ و ۵۱/۴۵ تعیین شد که در هر دو مورد، اختلاف قابل توجهی با نمونه شاهد داشت. افزودن عصاره پوست سیب‌زمینی هم اثر قابل ملاحظه‌ای در جلوگیری از افزایش اعداد پراکسید و تیوباربیتوریک اسید روغن سویا طی ۱۶ روز نگهداری در ۶۳°C نشان داد.

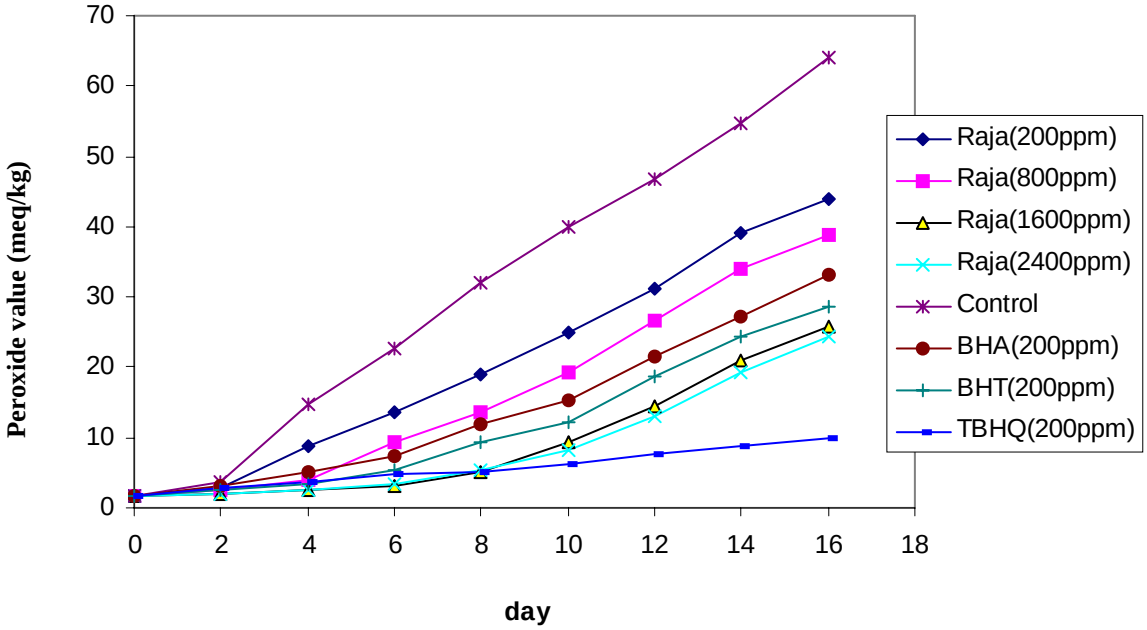
از نتایج به دست آمده چنین برمی‌آید که با افزایش غلظت عصاره پوست سیب‌زمینی، اثرات ممانعت کنندگی از اکسیداسیون به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. پس از ۱۶ روز گرمخانه‌گذاری در ۶۳°C عدد پراکسید روغن‌های سویای حاوی ۲۰۰، ۸۰۰، ۱۶۰۰و ppm ۲۴۰۰ عصاره پوست سیب‌زمینی به ترتیب ۴۳/۸۳، ۳۸/۹۳، ۲۵/۷۴و meq/kg ۲۴/۴۱ و عدد تیوباربیتوریک اسید به ترتیب ۶۸/۰۶، ۶۶/۲، ۶۱/۲۶و ۵۶/۲۳ تعیین شد و تفاوت قابل ملاحظه‌ای از لحاظ آماری وجود داشت. اما تفاوت مهمی بین آنتی‌اکسیدان BHA در غلظت ppm ۲۰۰ و عصاره پوست سیب‌زمینی در غلظت ppm ۸۰۰ و همچنین بین آنتی‌اکسیدان BHT در غلظت ppm ۲۰۰ و عصاره پوست سیب‌زمینی در غلظت‌های ۱۶۰۰ و ppm ۲۴۰۰ وجود نداشت. علاوه بر این، تفاوت قابل ملاحظه‌ای در اعداد پراکسید و تیوباربیتوریک اسید بین غلظت‌های ۲۰۰ و ppm ۸۰۰ و بین غلظت‌های ۱۶۰۰ و ppm ۲۴۰۰ عصاره مشاهده نشد (جدول ۳).

جدول ۳ -فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره پوست سیب‌زمینی راجا , BHA , BHT و TBHQ در روغن سویا پس از ۱۶ روز نگهداری در دمای ۶۳ °C

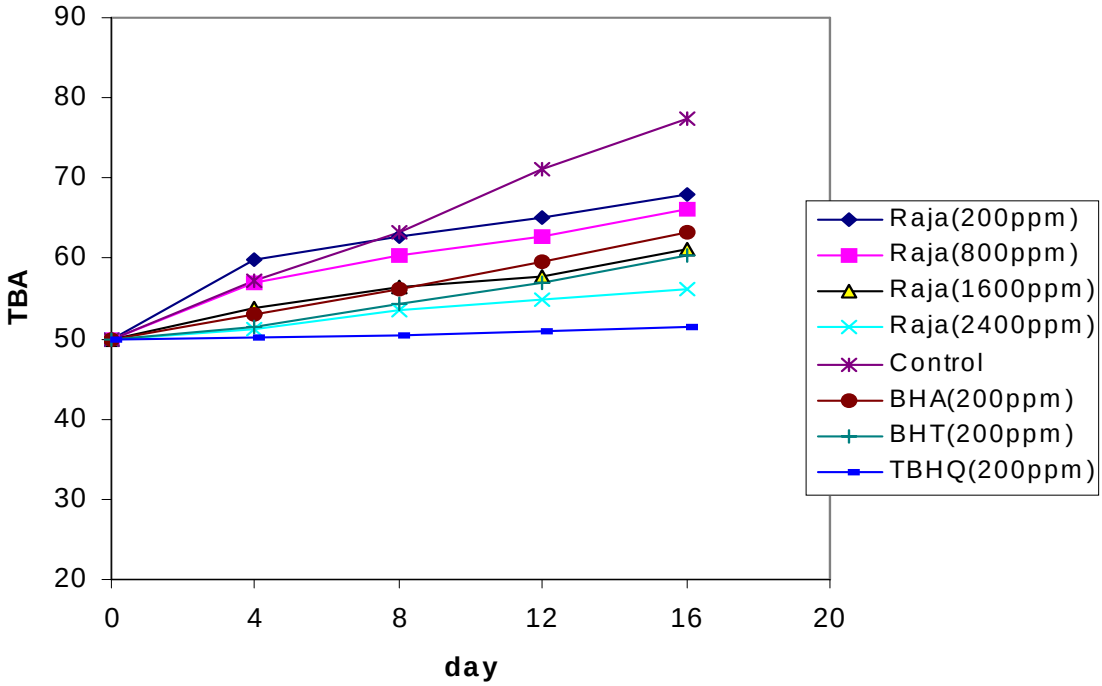
نوع تیمار	فعالیت آنتی‌اکسیدانی(٪)
200 ppm TBHQ	۸۴/۴۵ a
عصاره پوست راجا 2400 ppm	۶۱/۹۱ b
عصاره پوست راجا 1600 ppm	۵۹/۸۲ b
200 ppm BHT	۵۵/۱۸ b
200 ppm BHA	۴۸/۱۲ c
عصاره پوست راجا 800 ppm	۳۹/۲۵ cd
عصاره پوست راجا 200 ppm	۳۱/۶۰ d
شاهد	۰۰/۰۰ e

حروف غیریکسان نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ است (P < ۰/۰۵)

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-22]



شکل ۱ -اثر عصاره پوست سیب‌زمینی راجا بر اکسیداسیون روغن سویا با تعیین تغییرات عدد پراکسید در دمای ۶۳°C



شکل ۲ - روند تغییرات عدد تیوباربیتوریک اسید در ۴ تیمار آنتی‌اکسیدانی روغن سویا (عصاره پوست راجا)، TBHQ, BHT, BHA و شاهد طی نگهداری در دمای ۶۳ °C

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-22]

بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی توسط آزمون رنسیمت: در بررسی نمونه‌های روغن سویای حاوی عصاره پوست سیب‌زمینی گونه راجا در سه دمای ۹۰،۱۲۰ و ۱۵۰°C طول دوره القایی تیمارها به این ترتیب بود: TBHQ > ppm۲۴۰۰ راجا > ppm۱۶۰۰ راجا > BHT > BHA > ppm۸۰۰ راجا > ppm۲۰۰ راجا > شاهد همه تیمارهای آنتی‌اکسیدانی، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند (P< ۰/۰۵) به جز تیمارهای ۲۰۰ وppm۸۰۰ راجا و BHA و همچنین ppm ۸۰۰ راجا و BHT در دمای ۹۰°C که با هم برابر بودند. نتایج حاصل از مقایسه طول دوره القایی در جدول ۴ آورده شده است.

همان طور که مشاهده می‌شود، با افزایش دما، طول دوره القایی نمونه‌ها کاهش یافت. اختلاف میان سطوح مختلف غلظت عصاره معنی‌دار (P< ۰/۰۵) و بیشترین اختلاف مربوط به غلظت‌های ۸۰۰ و ppm ۱۶۰۰ بود.

مقادیر فاکتور اثربخشی F برای غلظت‌های مختلف عصاره و در دماهای مختلف در جدول ۵ نشان داده شده است.

مطابق یافته‌های جدول ۵ مقدار عددی F تحت تاثیر دما تغییر می‌کند؛ به گونه ای که با افزایش دما از ۱۲۰ به ۱۵۰°C اثربخشی F در روغن‌های حاوی عصاره های آنتی اکسیدانی حاصل از پوست سیب‌زمینی، به طور معنی‌داری کاهش یافت البته، اختلاف معنی‌داری بین دماهای ۹۰ و ۱۲۰°C مشاهده نشد. همچنین، با افزایش غلظت، فاکتور F نیز افزایش یافت. بنابراین، غلظت بر کارایی عصاره تأثیرگذار است. بررسی نتایج نشان می دهد که میان غلظت‌های ۲۰۰ و ppm۸۰۰ و همچنین بین مقادیر ۱۶۰۰ و ppm ۲۴۰۰ از عصاره آنتی اکسیدانی پوست سیب‌زمینی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد اما این اختلاف بین غلظت‌های ۸۰۰ و ppm ۱۶۰۰ معنی‌دار بود و F افزایش یافت(P< ۰/۰۵).

جدول ۴ - اثر افزودن عصاره متانولی پوست راجا, BHA , BHT , TBHQ بر دوره القایی (ساعت) روغن سویا به روش رنسیمت

دما(°C)	شاهد	BHA	BHT	TBHQ	عصاره متانولی پوست راجا(ppm) ۲۰۰	۸۰۰	۱۶۰۰	۲۴۰۰
۹۰	۲۵/۷۰± ۰/۰۲f	۲۸/۸۹± ۰/۰۵e	۲۹/۷۰± ۰/۱۲d	۶۰/۲۰± ۰/۱۱a	۲۸/۲۷ ±۰/۱۰e	۲۸/۵۲± ۰/۲۲ ed	۳۱/۱۶± ۰/۲۰c	۳۲/۰۹ ± ۰/۳۲b
۱۲۰	۳/۲۰± ۰/۰۱h	۳/۶۵ ±۰/۰۰e	۳/۷۱± ۰/۰۷ d	۶/۸۶±۰/۰۴a	۳/۴۵± ۰/۰۰g	۳/۵۲ ± ۰/۰۷f	۳/۹۱±۰/۰۳c	۴/۰۵ ± ۰/۰۶ b
۱۵۰	۰/۵۵ ± ۰/۰۰h	۰/۶۲± ۰/۰۰e	۰/۶۳± ۰/۰۰d	۱/۰۱± ۰/۰۲a	۰/۵۶ ±۰/۰۱g	۰/۵۹ ± ۰/۰۰f	۰/۶۰± ۰/۰۰c	۰/۶۱± ۰/۰۰b

* حروف غیریکسان نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ است (P < ۰/۰۵)

جدول ۵ - مقادیر F محاسبه شدهٔ عصاره متانولی پوست راجا و آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی در روغن سویا به روش رنسیمت

	دما (°C)		
آنتی‌اکسیدان (ppm)	۱۵۰c	۱۲۰	۹۰
عصاره راجا ۲۰۰	c۱/۰۲	۱/۰۷ a	a۱/۱۰
عصاره راجا ۸۰۰	۱/۰۷ c	۱/۱۰ a	a۱/۱۱
عصاره راجا ۱۶۰۰	۱/۰۹ d	۱/۲۲ b	۱/۲۱b
عصاره راجا ۲۴۰۰	۱/۱۱ d	۱/۲۶ b	۱/۲۵b
۲۰۰ TBHQ	۱/۸۴	۲/۱۴	۳۴,۲
۲۰۰ BHT	۱/۱۴	۱/۱۶	۱/۱۵
۲۰۰ BHA	۱/۱۳	۱/۱۴	۱/۱۲

* حروف غیریکسان نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ است (P < ۰/۰۵)

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-22]

• بحث

برای اینکه حلالی بتواند یک ماده را در خود حل کند، ابتدا باید برجاذبه بین مولکولی ماده حل شونده غلبه کند و سپس برهم‌کنش‌های مناسبی با ماده حل شونده ایجاد کند. طبق نتایج به دست آمده، به نظر می‌رسد که بازده عصاره‌گیری با افزایش قطبیت حلال افزایش یافته است. در بین حلال‌های مورد استفاده، آب بالاترین قطبیت را دارد که این امر ممکن است در بالابودن راندمان عصاره‌گیری با آب مؤثر باشد. زیرا بخش عمده‌ای از ترکیبات پوست سیب‌زمینی را مواد قطبی تشکیل می‌دهند (۱۴). در مطالعه *ضیا- رحمان* و همکاران در سال ۲۰۰۴ دامنه گزارش شده برای راندمان عصاره‌گیری از پوست سیب‌زمینی با حلال‌های متانول، اتانول، استن و هگزان بین ۵/۸۸ تا ۱۴/۷۵ درصد است. در حالی که راندمان عصاره‌گیری با حلال‌های مذکور در این پژوهش، بین ۰ تا ۶/۹ درصد تعیین شد. علت این تفاوت‌ها به گونه سیب‌زمینی، درجه خلوص حلال‌های مورد استفاده و روش استخراج نسبت داده می‌شود.

در فرایند استخراج با فراصوت، کاویتاسیون (cavitation) ناشی از امواج فراصوت، نیروهایی ایجاد می‌کند که دیواره‌های سلول را به طور مکانیکی تجزیه می‌کند و انتقال مواد را بهبود می‌بخشد. به همین دلیل، راندمان عصاره‌گیری حاصل از روش پرکولاسیون طی ۲۴ ساعت تقریباً برابر با مدت زمان ۱۵ دقیقه در روش استخراج فراصوت است. تاثیر فرایند فراصوت در افزایش راندمان استخراج به تشدید و تقویت انتقال ماده نسبت داده می‌شود که از فروریختگی حباب‌های کاویتاسیون در نزدیک دیواره سلول ناشی می‌شود. همان طور که بیان شد، با شکستن دیواره سلولی، تماس بین حلال و ماده گیاهی افزایش می‌یابد. به علاوه وقتی حباب‌های کاویتاسیون فرومی‌ریزند، جت فراصوت مثل یک پمپ عمل می‌کند و حلال را به داخل سلول می‌فشارد. در نتیجه، دسترسی حلال به سلول گیاهی آسان‌تر می‌شود.

بنابراین، روش فراصوت به دلیل کاهش قابل توجه زمان عصاره‌گیری و افزایش کارایی نسبت به روش پرکولاسیون، ارجح است. *گلی* و همکاران در سال ۲۰۰۵ در بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنلی پوست پسته و جکز و همکاران در سال ۲۰۰۵ در مطالعه راندمان عصاره‌گیری از برگ بلوط با دو روش فراصوت و پرکولاسیون نتایج مشابهی را گزارش کردند(۱۶، ۱۵). به نظر می‌رسد که تغییر شرایط استخراج با فراصوت (زمان، دما، حلال و...) تأثیر فراوانی در راندمان عصاره‌گیری دارد.

در بررسی میزان ترکیبات فنلی می‌توان نتیجه‌گرفت که مقدار ترکیبات فنلی عصاره‌های مذکور با افزایش قطبیت حلال افزایش می‌یابد. حلال آب با وجود راندمان بالا ترکیبات فنلی کمتری نسبت به حلال متانول استخراج کرد. در واقع، حلال آب، مواد جامد قابل استخراج بیشتری را در خود حل کرده، اما همه این ترکیبات لزوماً فنلی نیستند. *رودریگز* و همکاران در سال ۱۹۹۴ استخراج ترکیبات فنلی را از پوست سیب‌زمینی با استفاده از متانول و آب بررسی کردند و دریافتند که استخراج متانولی در دمای ۴°C راندمان بالاتری در مقایسه با استخراج آبی در دمای ۲۵°C دارد (۱۷). پوست سیب‌زمینی حاوی ترکیبات فنلی بسیار زیادی است. بیشترین بخش، شامل اسیدکلروژنیک (CGA) است که مشتق اسید کافئیک (CFA) و اسید کوئینیک (QNA) است (۱۸). تفاوت اندکی در محتوای ترکیبات فنلی بین بخش‌های یک غده سیب‌زمینی وجود دارد، بجز پوست و کورتکس که حاوی مقادیر بیشتری از سایر بخش‌ها هستند (۱۹). ترکیبات فنلی، بیشتر بین پوست و کورتکس سیب‌زمینی توزیع شده‌اند و حدود ۵۰ درصد از کل ترکیبات فنلیک سیب‌زمینی در پوست و بافت‌های مجاور آن قرار گرفته است. میزان باقیمانده از بیرون به طرف مرکز غده سیب‌زمینی کاهش می‌یابد (۲۰). *کریستین الویز* و همکاران در سال ۱۹۹۸ در مطالعه روی آنتوسیانین‌ها، فلاوونوئیدها و اسیدهای فنلی در

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-22]

بخش‌های مختلف گیاه سیب‌زمینی گزارش کردند که مقدار اسیدهای فنلی در غده‌های پوست قرمز تقریباً دو برابر گونه‌های با پوست معمولی است. همچنین، تفاوتی کمتر اما معنی‌دار (P< ۰/۰۵) در غلظت فلاوونوئیدها بین غده‌های پوست قرمز و پوست معمولی مشاهده شد و مقدار بسیار زیادی آنتوسیانین در غده‌های رنگی وجود داشت. در مطالعات انجام شده، همبستگی بسیار زیادی بین غلظت آنتوسیانین‌ها و اسیدهای فنلی وجود دارد که تأیید می‌کند غده‌های رنگی‌تر حاوی مقادیر بیشتری اسیدهای فنلی هستند (۲۱). بنابراین، تفاوت مقدار ترکیبات فنلی به گونه گیاه، وابسته است. بر اساس یافته‌های این پژوهش، روش فراصوت اگرچه از نظر راندمان عصاره‌گیری با روش پرکولاسیون، برابری کرد، اما توانست ترکیبات فنلی بیشتری را استخراج کند. این افزایش توسط *گلی* و همکاران (۱۵) و *چو- تینگ لیو* و همکاران (۲۲) در سال ۲۰۰۵ نیز مشاهده شده است. با توجه به راندمان و میزان زیاد ترکیبات فنلی استخراج شده توسط حلال متانول، این حلال برای ادامه آزمایش‌ها انتخاب شد. زیرا حلال آب با وجود بازده بالا ترکیبات فنلی کمتری استخراج کرد.

بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی تغییرات اعداد پراکسید و تیوباربیتوریک اسید در دمای ۶۳°C پس از ۱۶ روز، اختلاف معنی‌داری از نظر آماری در غلظت ppm ۸۰۰ عصاره پوست سیب‌زمینی با BHA و در غلظت‌های ۱۶۰۰ و ppm ۲۴۰۰ با BHT وجود ندارد(P> ۰/۰۵) که نشان دهنده فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی است، اما این فعالیت در تمام غلظت‌ها کمتر از TBHQ بود. شدت بروز خاصیت آنتی‌اکسیدانی به غلظت عصاره وابسته بود. به طوری که این فعالیت با افزایش غلظت عصاره به طرز معنی‌داری افزایش و اعداد پراکسید و تیوباربیتوریک اسید، کاهش یافت که به تجمع ترکیبات فنلی نسبت داده می‌شود. این ارتباط به صورت خطی نبوده و اختلاف میان غلظت‌های ۲۰۰ و ppm ۸۰۰ و همچنین میان غلظت‌های ۱۶۰۰ و ppm ۲۴۰۰ معنی‌دار نبود؛ اما در فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها در غلظت‌های ۸۰۰ و ppm ۱۶۰۰ اختلاف معنی‌داری مشاهده شد.(P<۰/۰۵)

ضیا-رحمان و همکاران در سال ۲۰۰۴ فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره پترولیوم اتری پوست سیب‌زمینی را در جلوگیری از اکسیداسیون روغن سویا در حد آنتی‌اکسیدان‌های تجاری BHA و BHT و عدم وجود رابطه خطی میان غلظت و فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره پوست سیب‌زمینی را گزارش کردند(۱). علت تفاوت بین نتیجه حاصل از اثر عصاره‌های هگزان در مطالعه حاضر و پترولیوم اتر در مطالعه *ضیا- رحمان* و همکاران، به روش استخراج و گونه سیب‌زمینی نسبت داده می‌شود. زیرا در مطالعه *ضیا- رحمان* سیب‌زمینی پوست قهوه‌ای بررسی شد و ترکیبات متفاوتی دارند. *رودریگز* و همکاران نیز در سال ۱۹۹۴ فعالیت آنتی‌اکسیدانی پوست سیب‌زمینی را با استفاده از آزمون گرمخانه طی ۴ روز نگهداری روغن سویا در ۶۳°C بررسی کردند و آن را برابر با BHT یافتند (۲۳). بررسی تغییرات اکسیداسیون در طول زمان (شکل‌های ۱ و۲) نشان می‌دهد که روند تغییرات اعداد پراکسید و تیوباربیتوریک اسید با یکدیگر متفاوت است و عدد پراکسید، افزایش ناگهانی داشته، اما عدد تیوباربیتوریک به صورت آهسته افزایش یافته است. بنابراین، در دوره زمانی مورد بررسی در این مطالعه میزان تولید مالون آلدئید به عنوان یکی از فراورده‌های ثانویه اکسیداسیون افزایش زیادی نداشته است.

برای بررسی مقاومت حرارتی تیمارها در روش رنسیمت از شرایط تشدید شدهٔ اکسیداسیون مانند دمای بالا و جریان هوا استفاده می‌شود و افزایش هدایت الکتریکی آب به عنوان شاخصی از پیشرفت اکسیداسیون در نظر گرفته می‌شود. زیرا در حین اکسیداسیون روغن‌ها، اسیدهای آلی فرار به خصوص اسیدفرمیک به وجود می‌آید که هدایت الکتریکی را افزایش می‌دهند (۲۴). در آزمون رنسیمت، پایداری حرارتی عصاره متانولی

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-22]

راجا در چهار سطح غلظتی (۲۰۰، ۸۰۰ ، ۱۶۰۰ وppm ۲۴۰۰) و در سه دما (۹۰،۱۲۰ و ۱۵۰ °C) در روغن سویا مورد بررسی قرار گرفت. سطوح مختلف غلظت برای بررسی نحوه تابعیت اثر آنتی‌اکسیدانی عصاره از غلظت و سطوح مختلف دما برای مشاهده اثر دما بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مقاومت حرارتی عصاره به کار رفت. در بررسی مقاومت حرارتی عصاره متانولی پوست راجا در روش رنسیمت بر اساس یافته‌های این پژوهش اختلاف معنی‌داری بین دماهای ۹۰ و ۱۲۰°C وجود نداشت، اما اختلاف معنی‌داری بین دمای ۱۲۰ و ۱۵۰°C مشاهده شد که نشان می‌دهد این عصاره در بالاتر از دمای ۱۲۰°C مقاومت حرارتی مناسبی ندارد. تاثیر مثبت افزایش غلظت بر کارایی عصاره متانولی و غیرخطی بودن این رابطه در روش رنسیمت نیز مانند آزمون گرمخانه مشاهده شد. *مارونیوا* و *یانیش* نیز در سال ۱۹۹۵ عدم وجود رابطه خطی بین غلظت و اثربخشی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی را گزارش کردند (۲۵).

به طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که انتخاب نوع حلال و روش استخراج، تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر راندمان عصاره‌گیری و میزان ترکیبات فنلی استخراج شده دارد. نتایج نشان می‌دهد که عصاره پوست سیب‌زمینی دارای خواص آنتی‌اکسیدانی قوی است و می‌تواند به عنوان یک منبع طبیعی آنتی‌اکسیدان پس از انجام آزمون‌های سم شناسی مورد استفاده قرار بگیرد. مقاومت حرارتی عصارهٔ حاصل از پوست سیب‌زمینی، چندان بالا نیست، اما فعالیت آنتی‌اکسیدانی مناسبی در دماهای پایین‌تر دارد. به این ترتیب، پیشنهاد می‌شود فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنلی پوست سایر گونه‌ها به ویژه گونه‌هایی که سطح زیر کشت بیشتری دارند و در کارخانجات بیشتر استفاده می‌شوند، مورد ارزیابی قرار بگیرد و با گونه حاضر مقایسه شود. همچنین، تخلیص عصاره، تفکیک اجزا تشکیل دهنده، ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی اجزا و بهینه‌سازی شرایط استخراج با فراصوت از نظر متغیرهایی مانند دما، زمان و نسبت ماده اولیه به حلال پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

از جناب آقای مهندس حسن طاهری مسئول محترم بخش سیب‌زمینی دفتر سبزی و صیفی وزارت کشاورزی، جناب آقای مهندس محسن کشمیری (کارخانه روغن نباتی قو) وجناب آقای مهندس محمد سلامی نیا به دلیل همکاری در زمان انجام تحقیق قدردانی می‌شود.

• References

1. Zia-ur R, Habib F, Shah WH. Utilization of potato peels extract as a natural antioxidant in soy bean oil. Food Chem 2004; 85 (2): 215-220.
2. Kinsler TW, Taffe BG. Free radicals in tumor promotion. Adv free radical. Biol Med 1986; 2: 347-388.
3. Machlin LJ, Bendich A. Free radical damage: Protective role of antioxidant nutrients. FASEB J 1987; 1: 441-445.
4. Jones DP, Coates RJ, Flagg EW, Block G, Greenberg RS, Gunter ET, Jackson B. Glutathione in foods listed in the national cancer Institutes health habits and history food frequency questionnaire. Nutr cancer 1992; 17: 57-75.
5. Byers T, Perry G. Dietary carotenes, vitamin C and vitamin E as protective antioxidants in human cancers. Annu. Rev. Nutr 1992; 12: 139-159.
6. Martin AD, Gilbert D. Enzyme change accompanying liver enlargement in rats treated with 3-tert.butyl-4-hydroxyanisol.Biochem J 1968; 106 :22-27.
7. Byers T, Perry G. Dietary carotenes, vitamin C and vitamin E as protective antioxidants in human cancers. Annu Rev Nutr 1992; 12: 139-159.
8. Pratt DE, Watts BM. The antioxidant activity of vagetables extracts I. flavone aglycones. J Food Sci 1964; 29: 27-33.
9. Albu S, Joyce E, Paniwnyk L, Lorime JP, Manson TJ. Potential for the use of ultrasound in the extraction of antioxidants from Rosmarinus officinalis for the food and pharmaceutical industry. Ultrason Sonochem 2004; 11(3-4): 261- 265.
10. Sotillo RD, Hadley M, Holm ET. Phenolics in aqueous potato peel extract: Extraction, identification and degradation. JFood Sci 1994 ;59(2): 649-651.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-22]

11. Singh RP, Murthy KNC, Jayaprakasha GK. Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitro models. J Agr Food Chem 2002 ; 50: 81–86.

12. A.O.C.S, Official methods of analysis 1997; Cd 8-53, Cd 19-90, American Oil Chemists Society.

13. Abdalla AE, Roozen JP. Effect of plant extracts on the oxidative stability of sunflomer oil and emulsion. Food Chem 1999; 64: 323-329.

14. Jones DP, Coates RJ, Flagg EW, Block G, Greenberg RS, Gunter ET, Jackson B. Glutathione in foods listed in the national cancer Institutes health habits and history food frequency questionnaire. Nutr cancer 1992; 17: 57-75.

15. Goli AH, Barzegar M, Sahari MA. Antioxidant activity and total phenolic compounds of pistachio (*Pistachia vera*) hull extracts. Food chem 2005; 92(3) :521-525.

16. Jacques RA, Freitas LS, Pérez VF, Dariva C, Oliveira AP, Oliveira JV, Caramão EB. The use of ultrasound in the exrraction of *Ilex paraguariensis* leaves: A comparison with maceration. Ulrtason sonochem 2007; 14(1) : 6-12.

17. Sotillo RD, Hadley M, Holm ET. Phenolics in aqueous potato peel extract: Extraction, identification and degradation. J Food Sci 1994; 59(2): 649-651.

18. Lisinska G, Leszczynski W. Potato tubers as raw material for processing and nutrition.ch.2 In: G.lisinska, leszczynski W editor. Potato science and technology. London: Elsevier Applied Science; 1987.

19. Saikhan MS, Howard LR, Miller JC. Antioxidant activity and total phenolics in different genotypes of potato (*Solanum tuberosum, L.*). J Food Sci 1995; 60 (2): 341-343.

20. Friedman M. Chemistry, Biochemistry, and dietary role of potato polyphenols. J Agr Food Chem 1997; 45: 1523-1540.

21. Lewis CE, Walker JRL, Lancaster JE, Sutton KH. Determination of anthocyanins, flavonoids and phenolic acids in potatoes: Coloured cultivars of *Solanum tuberosum L*. J Sci Food Agric 1998; 77: 45-57.

22. Liu CT, Wu CY, Weng YM, Tseng CY. Ultrasound-assisted extraction methodology as a tool to improve the antioxidant properties of herbal drug Xiao-chia-hu-tang. J Ethnopharmacol 2005; 99(2): 293-300.

23. Sotillo RD, Hadley M, Holm ET. Potato peel waste: stability and antioxidant activity of a freeze- dried extract. J Food Sci 1994; 59(5): 1031-1033.

24. Pokorny J, Yanishheva N, Gordon M. Antioxidants in food: practical Applications. Boca Raton: CRC Press LLC 2001; Fl.

25. Marinova EM, Yanishlieve NN. Antioxidant activity of extracts from selected species of the family lamiaccae in sunflower oil. Food Chem 1997; 58: 245-248.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-22]