

استخراج ترکیبات فنولیک پوست سیب زمینی راموس با دو روش اولتراسوند و پرکولاسیون و ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره آن در روغن سویا

آزاده محققى ثمرین^{1*}، هاشم پورآذرنگ²، امیرحسین الهامی راد³، زینب دزاشیی¹،
نیما همت یار⁴

1- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرقدس، گروه علوم و صنایع غذایی، شهرقدس، ایران

2- دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه عاوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران

3- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، گروه عاوم و صنایع غذایی، سبزوار، ایران

4- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آیت الله آملی، گروه علوم و صنایع غذایی، آمل، ایران
(تاریخ دریافت: 86/6/25 تاریخ پذیرش: 87/7/14)

چکیده

در این مطالعه اثر عصاره پوست سیب زمینی گونه را موس به عنوان یک منبع طبیعی آنتی اکسیدانی در روغن سویا با دو روش آزمون آون (63°C) و رنسیمت (90°C ، 120، 150) مورد بررسی قرار گرفت و ترکیبات فنولیک پوست سیب زمینی با دو روش مختلف استخراج با حلال یعنی روش پرکولاسیون (با حلال متانول) و روش اولتراسوند (با 5 حلال متانول، اتانول، هگزان، استن و آب) استخراج شدند. بیشترین راندمان عصاره گیری مربوط به حلال های آب (11/2%) و متانول (7/9%) با روش اولتراسوند بود و نتایج راندمان عصاره گیری با حلال های مختلف به صورت آب < متانول < اتانول < استن < هگزان بودند. میزان کل ترکیبات فنولیک عصاره ها به روش فولین سیوکالتو و بر اساس اسید گالیک تعیین شد و نتایج نشان داد که بیشترین مقدار ترکیبات فنولیک مربوط به حلال متانول (589/2 میکرو گرم به ازاء گرم وزن خشک گیاه) و به ترتیب به صورت متانول < آب < اتانول < استن < هگزان با روش اولتراسوند بود. روش اولتراسوند میزان کل ترکیبات فنولیک استخراج شده را نسبت به روش پرکولاسیون بهبود بخشید و مدت زمان عصاره گیری را کاهش داد.

عدد پراکسید و عدد تیوباربیتوریک نمونه ها به ترتیب برای ارزیابی محصولات اولیه و ثانویه اکسیداسیون، اندازه گیری شدند. پس از 16 روز نگهداری در 63°C روغن های سویای حاوی 200، 800، 1600 و 2400 ppm از عصاره متانولی پوست سیب زمینی را موس اعداد پراکسید کمتری را (به ترتیب 42/67، 37/35، 24/65، 19/09، 19/09، 64/08 meq/kg) نشان دادند که دلالت بر فعالیت آنتی اکسیدانی دارد. روغن های حاوی 200 ppm از آنتی اکسیدان های سنتزی BHT، BHA، TBHQ به ترتیب دارای اعداد پراکسید 33/20، 28/88 و 9/96 بودند.

همچنین نتایج حاصل از بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره ها با روش رنسیمت نشان داد که طول دوره القا در دمای 120°C در نمونه های حاوی 200، 800، 1600 و 2400 ppm از عصاره پوست سیب زمینی راموس به ترتیب 3/51، 3/59، 3/98 و 4/28 ساعت نسبت به نمونه شاهد (3/20 ساعت) می باشد و در غلظت های 1600 و 2400 ppm دارای فعالیت آنتی اکسیدانی مشابه با آنتی اکسیدان های سنتزی BHT و BHA است.

کلید واژگان: پوست سیب زمینی، ترکیبات فنولیک، فعالیت آنتی اکسیدانی، روغن سویا، اولتراسوند

* مسئول مکاتبات: azadeh_mohagheghi7882@yahoo.co.in

1- مقدمه

اکسیداسیون چربی ها از مهمترین دلایل فساد مواد غذایی به حساب می آید که بر روی رنگ، طعم، بافت و ارزش تغذیه ای تأثیر می گذارد [1، 2]. در غذاها این واکنش ها می تواند منجر به فساد و از دست رفتن ارزش تغذیه ای (از طریق نابودی ویتامین های A و D و E و اسیدهای چرب ضروری) و ایجاد ترکیبات سمی و محصولات رنگی گردد. واکنش های اکسیداسیون متضمن مولکول های واکنش دهنده قوی هستند که رادیکال آزاد نامیده می شود. رادیکال های آزاد اجزایی هستند که به دلیل وضعیت خاص الکترونی در مدار خارجی خود آمادگی زیادی برای جدا کردن یک الکترون از ترکیبات دیگر - همراه با ناپایدار کردن آن ها - دارند. این وضع دلیل اصلی اکسیداسیون و فساد روغن ها می باشد. در بدن ما نیز چنین حالتی ممکن است یک دلیل ابتدایی برای ایجاد سرطان باشد. از این رو با توجه به اهمیت چربی ها در سیستم های زیستی و تغذیه ای و همچنین واکنش های نامطلوب اکسیداسیون که خواه ناخواه رخ خواهند داد، افزودن برخی آنتی اکسیدان های مناسب در روغن ها و چربی ها، فرایند اکسیداسیون را کند کرده و آن را به تعویق می اندازد [3]. آنتی اکسیدان ها ممکن است به صورت یک عامل درونی در داخل غذا وجود داشته باشند و یا آنکه برای جلوگیری از افت کیفیت ترکیبات لیپیدی غذاها به آن ها اضافه شوند. افزودن آنتی اکسیدان های سنتزی مانند بوتیلات هیدروکسی آنیزول (BHA)، بوتیلات هیدروکسی تولوئن (BHT) و ترشیری بوتیل هیدروکینون (TBHQ) می تواند اکسیداسیون چربی را در مواد غذایی کنترل کند [4]. اما استفاده از این آنتی اکسیدان های سنتزی به دلیل خطراتی که در سلامتی دارند و به دلیل سمیت احتمالی آن ها محدود شده است [5]. ترکیبات فنولیک که به طور معمول در منابع خوراکی و غیرخوراکی یافت می شوند، دارای اثرات بیولوژیکی چندگانه ای مانند فعالیت آنتی اکسیدانی هستند. عصاره های میوه ها، علف ها، سبزیجات و غلات و سایر مواد گیاهی که غنی از ترکیبات فنولیک هستند، در صنعت مواد غذایی بسیار قابل توجه شده اند به این دلیل که قادرند تغییرات اکسیداتیو چربی ها را آهسته کرده و بنابراین کیفیت و ارزش تغذیه ای مواد غذایی را بهبود می بخشند [6].

بنابراین اهمیت جایگزین کردن مواد طبیعی بدست آمده از دانه های روغنی، ادویه جات و سایر مواد گیاهی به جای آنتی-اکسیدان های سنتزی بسیار افزایش یافته است [7]. تحقیقات و مطالعه های انجام شده نشان می دهند عصاره های بدست آمده از منابع طبیعی دارای فعالیت آنتی اکسیدانی قوی می باشند [8]. پوست سیب زمینی حاوی اسیدهای فنولیک می باشد که بیشترین بخش شامل اسیدکلروژنیک است (CGA). سایر فنولیک ها نیز شامل گالیک اسید (GAC) و کافئیک اسید (CFA) و پروتوکاتکوئیک اسید (PCA) در سیب زمینی در مقادیر کمتری وجود دارند [9]. شناسایی و تعیین میزان اسیدکلروژنیک و سایر اسیدهای فنولیک در بیشتر گونه های سیب زمینی با HPLC گزارش شده است [10، 11، 12، 13]. به همین دلیل امکان استفاده از پوست سیب زمینی به عنوان منبعی مفید در صنعت غذا وجود دارد [14].

بنابراین با توجه به لزوم استفاده از آنتی اکسیدان ها در سامانه های غذایی و بیولوژیکی و اثرات مضر آنتی اکسیدان های سنتزی، در این مطالعه استفاده از یک ماده گیاهی اقتصادی با کشت فراوان در تمام فصول و نقاط مانند پوست سیب زمینی که در واقع جزء ضایعات کارخانجات چیپس سازی و سیب زمینی محسوب می شود، به عنوان منبع طبیعی آنتی اکسیدانی در روغن سویا مورد بررسی قرار گرفت. اهداف ما در این مطالعه عبارتند از:

- (1) آماده کردن عصاره پوست سیب زمینی با استفاده از حلال های آبی و آلی مختلف
- (2) مطالعه استخراج فنولیک ها از پوست سیب زمینی گونه راموس با استفاده از دو روش اولتراسوند و پرکولاسیون و ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی آن
- (3) بررسی این فعالیت در غلظت های مختلف عصاره
- (4) مقایسه فعالیت آنتی اکسیدانی آن با آنتی اکسیدان های تجاری موجود (TBHQ, BHT, BHA)

2- مواد و روش ها

2-1- مواد اولیه

روغن سویای خالص تصفیه و بوگیری شده عاری از آنتی-اکسیدان از کارخانه روغن نباتی قو تهران تهیه گردید و غده های سیب زمینی راموس با رنگ پوست قهوه ای از منطقه فریدن

تا راندمان و محتوی کل ترکیبات فنلیک آن تعیین گردد و عملیات عصاره‌گیری با سه تکرار انجام شد.

2-4- اندازه‌گیری میزان ترکیبات فنلیک عصاره‌ها

غلظت کل ترکیبات فنلیک در عصاره‌ها بر اساس روش فولین سیوکالتو [16] تعیین شد و نتایج بر اساس استاندارد اسیدگالیک بیان شد. مقدار 0/005 گرم از هریک از عصاره‌های خشک شده پوست سیب‌زمینی توزین و در 10 میلی‌لیتر مخلوط متانول و آب (4:6 حجمی/حجمی) حل شد. در یک لوله آزمایش بوسیله پیپت 0/2 میلی‌لیتر از محلول فوق وارد شد و به آن 1 میلی‌لیتر معرف فولین سیوکالتو که به نسبت 1 به 10 رقیق شده بود و 0/8 میلی‌لیتر محلول کربنات سدیم 7/5 درصد اضافه شد. سپس لوله آزمایش با چوب‌پنبه درگذاری شد. مخلوط حاصل به مدت 30 دقیقه در دمای اتاق باقی ماند و پس از 30 دقیقه نمونه درون سل طیف نورسنج ریخته شد و جذب آن در طول موج 765 نانومتر خوانده شد. سپس با تطبیق دادن عدد جذب بدست آمده با منحنی استاندارد اسیدگالیک غلظت کل ترکیبات فنلیک بر مبنای اسیدگالیک بیان شد. اندازه‌گیری میزان ترکیبات فنلیک در عصاره‌ها با سه تکرار انجام شد و نتایج حاصل به صورت میانگین بیان شدند. به این ترتیب جهت تعیین مناسبترین حلال و روش استخراج، داده‌های حاصل از پنج نوع حلال برای گونه راموس و دو روش استخراج در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند و بر اساس مقایسه میانگین‌ها حلال متانول با داشتن راندمان بالا و همچنین بیشترین ترکیبات فنلیک به عنوان مناسبترین حلال جهت بررسی فعالیت آنتی-اکسیدانی انتخاب شد. همچنین عصاره متانولی بدست آمده از روش پرکولاسیون جهت تعیین فعالیت آنتی-اکسیدانی و ادامه آزمایش انتخاب گردید.

2-5- ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی

عصاره تغلیظ شده پوست سیب زمینی راموس در چهار سطح مختلف 200، 800، 1600 و 2400 ppm به روغن اضافه شد. عمل اختلاط بوسیله همزن مغناطیسی مجهز به سیستم حرارتی در دمای 60°C به مدت 15 دقیقه انجام شد. آنتی اکسیدان های سنتزی BHA، BHT و TBHQ در سطح 200 ppm در شرایط کاملاً مشابه به روغن اضافه شدند. همچنین مقداری از

اصفهان جمع‌آوری شدند. غده‌ها پس از برداشت چندین بار شسته شدند. سپس به صورتی که فقط پوست آن‌ها برداشته شود پوست‌گیری و پوست حاصل خشک گردید. پوست‌های خشک شده بوسیله آسیاب برقی پودر و از الک‌ی با مش 40 عبور داده شدند. تمامی مواد شیمیایی و حلال‌های مورد استفاده از نوع آزمایشگاهی بودند و از شرکت مرک آلمان و آنتی‌اکسیدان‌های تجاری BHA، BHT و TBHQ نیز از شرکت دانپسکو دانمارک تهیه شدند.

2-2- استخراج با روش اولتراسوند

به منظور بررسی اثر حلال، عملیات استخراج با حلال‌هایی با قطبیت متفاوت انجام شد و پوست سیب‌زمینی پودر شده توسط اتانول، متانول، هگزان، استن و آب به روش اولتراسوند عصاره‌گیری شد. دستگاه اولتراسوند مدل Dr. Hielscher ساخت کشور آلمان با فرکانس 20 کیلوهرتز برای استخراج با اولتراسوند استفاده شد. در این روش مقدار 1 گرم پوست سیب‌زمینی پودر شده توسط 20 میلی‌لیتر حلال و به مدت 15 دقیقه در 25°C به کمک اولتراسوند عصاره‌گیری شد. برای حذف تغال و مواد غیرمحلول عصاره‌ها با کاغذ واتمن شماره یک صاف شدند. بعد از این مرحله، عصاره‌ها به مدت 10 دقیقه و در دمای 5°C در 3000xg سانتریفوژ شدند [15]. سپس عصاره‌های حاصل از پنج حلال مختلف در دمای کمتر از 40°C تحت خلأ تا مرز خشکی تبخیر و وزن گردید تا راندمان و محتوی کل ترکیبات فنلیک آن‌ها تعیین گردد و عملیات عصاره‌گیری با سه تکرار انجام شد.

2-3- استخراج با روش پرکولاسیون

در این روش 10 گرم پوست سیب‌زمینی پودر شده توسط 200 میلی‌لیتر متانول طی یک شبانه‌روز با استفاده از یک دستگاه همزن مغناطیسی در دمای اتاق عصاره‌گیری شد. عصاره حاصل با کاغذ واتمن شماره یک صاف شد و رسوب حاصل تحت همان شرایط دوباره عصاره‌گیری شد. پس از مخلوط کردن عصاره‌های صاف شده، حلال با استفاده از دستگاه تبخیرگردان تحت خلأ در دمای کمتر از 40°C حذف شد و عصاره تا حد امکان تغلیظ گردید. بعد از این مرحله به منظور جداسازی مواد غیرمحلول باقی‌مانده، عصاره به مدت 10 دقیقه و در دمای 5°C در 3000xg سانتریفوژ شد [15]. سپس مقداری از عصاره بدست آمده از پوست راموس با حلال متانول در دمای کمتر از 40°C تحت خلأ تا مرز خشکی تبخیر و وزن گردید

0/05 مقايسه شدند. نرم افزار مورد استفاده برای تجزيه واريانس و مقايسه ميانگين ها SPSS بود. نمودارها با نرم افزار اكسل ترسيم شدند.

3- نتايج و بحث

3-1- راندمان عصاره گيرى

جدول 1 بازده استخراج عصاره هاى بدست آمده از پوست سيب زمينى را پس از اثر اولتراسوند بر پوست هاى پودر شده با حلال هاى متانول ، اتانول ، هگزان ، استن و آب و نيز پس از پركوله كردن پوست هاى پودر شده سيب زمينى با حلال متانول نشان مى دهد. از ميان حلال هاى مورد استفاده برای پوست سيب زمينى حلال آب داراى بيشترين راندمان عصاره- گيرى بود و حلال هاى متانول ، اتانول ، استن و هگزان به ترتيب در رتبه هاى بعدى قرار گرفتند. به نظر مى رسد كه بازده عصاره گيرى با افزايش قطبيت حلال افزايش يافته است. در بين حلال هاى مورد استفاده آب بالاترين شاخص قطبيت را دارد كه اين امر ممكن است در بالا بودن راندمان عصاره گيرى با آب مؤثر باشد چرا كه بخش عمده اى از تركيبات پوست سيب- زمينى را مواد قطبى تشكيل مى دهند. سيب زمينى داراى آنتى- اكسيدان هاى محلول در آب است كه به عنوان پذيرنده راديكال آزاد عمل مى كنند و شامل گلو تاتيون ، اسيداسكوربيك، كوئرسيتين و اسيدكلروژنيك هستند [19 ، 20]. پاتاتين يك گليكوپروتئين محلول در آب است كه فعاليت آنتى اكسيدانى دارد و بيش از 40% كل پروتئين هاى محلول در آب سيب زمينى را تشكيل مى دهد. گزارش شده كه بافت كورتكس يا پوست داراى پروتئين هاى محلول در آب بيشترى نسبت به مغز است و اين پروتئين ها داراى فعاليت آنتى اكسيدانى هستند [21]. كاتچين و ابي كاتچين نيز كه در پوست سيب زمينى وجود دارند گزارش شده است كه حلاليت بالايى در آب دارند. شرايط بهينه استخراج اسيدكلروژنيك از سيب زمينى با استفاده از استن، اتانول و متانول كه توسط مندل فردمن در سال 1997 بررسى شد نيز ، ترتيب تأثير را به صورت متانول < اتانول < استن نشان داد [22].

روغن سويى خالص اوليه بدون افزودن هرگونه آنتى اكسيدان توسط همزن مغناطيسى در همان شرايط هم زده شد تا شرايط برای تمامى تيمارها يكسان باشد.

2-1-5- روش آزمون آون

نمونه ها به آون Airflow در دماى 63°C به مدت 16 روز انتقال داده شدند. اكسيداسيون در فواصل زمانى معين با اندازه گيرى انديس پراكسيد و انديس تيوباربيتوريك اسيد به ترتيب به روش استاندارد AOCS Cd 8-53 و AOCS Cd 19- به 90 تعيين گرديد [17]. به اين ترتيب نمونه ها در فواصل يك روز در ميان در هشت نوبت با سه تكرار مورد آزمون انديس پراكسيد و در فواصل چهار روز و در چهار نوبت با سه تكرار مورد آزمون انديس تيوباربيتوريك اسيد قرار گرفتند. برای مقايسه قدرت آنتى اكسيدانى از شاخص ممانعت از اكسايش چربى ها يا IO مطابق فرمول استفاده شد [18].

$$IO=100-(\text{عدد پراكسيد شاهد} / \text{عدد پراكسيد نمونه})$$

2-2-5- روش رنسيمت

برای تعيين كارايى آنتى اكسيدانى عصاره از يك دستگاه رنسيمت مدل 743 استفاده شد. به اين منظور 4 گرم نمونه روغن سويى تصفيه و بوگيرى شده عارى از آنتى اكسيدان در دماهاى 90، 120 و 150 درجه سانتى گراد مورد آزايش قرار گرفت. عصاره در غلظت هاى 200، 800، 1600 و 2400ppm به كار رفت. سرعت جريان هوا 20 ليتر بر ساعت تنظيم شد. برای مقايسه از آنتى اكسيدان هاى سنتزى BHA، BAT و TBHQ در سطح 200 ppm استفاده شد. داده هاى بدست آمده بر مبنای طول دوره القاء و فاكتر اثربخشى F مورد مقايسه قرار گرفت (فاكتور اثربخشى : طول دوره القا در حضور آنتى اكسيدان / طول دوره القا شاهد).

2-6- تجزيه آمارى

برای بررسى اثر حلال و روش استخراج بر راندمان عصاره گيرى و ميزان تركيبات فنوليك، آزايش به صورت فاكتريل در قالب طرح كاملا تصادفى با سه تكرار انجام شد. در بررسى توانايى آنتى اكسيدانى عصاره پوست راموس در روغن سويى و تعيين اثر غلظت و دما بر آن در روش آزمون آون و رنسيمت ، آزايش فاكتريل در قالب طرح كاملا تصادفى با سه تكرار انجام شد. ميانگين ها به روش دانكن و در سطح معنى دار

دریافت که تفاوت قابل ملاحظه‌ای در راندمان استخراج توسط حلال متانول وجود ندارد [23]. گلی و همکاران نیز در سال 2005 فعالیت آنتی اکسیدانی پوست پسته را بررسی کردند و نتایج مشابهی را در این زمینه گزارش کردند [24]. به نظر می‌رسد که تغییر شرایط استخراج با اولتراسوند (زمان، دما، حلال و ...) تأثیر زیادی در راندمان عصاره‌گیری دارد.

3-2- میزان ترکیبات فنولیک

همانطور که در جدول 2 مشاهده می‌شود نتایج حاصل از آزمایش های اندازه‌گیری ترکیبات فنولیک با پنج حلال مختلف، تأثیر معنی‌دار نوع حلال و نوع روش استخراج را بر میزان ترکیبات فنولیک استخراج شده نشان داد ($P < 0/05$). عصاره متانولی دارای بیشترین مقدار ترکیبات فنولیک بود و میزان ترکیبات فنولیک اندازه‌گیری شده در عصاره‌ها به ترتیب مقابل می‌باشد: متانول < آب < اتانول < استن < هگزان

براین اساس می‌توان نتیجه‌گیری کرد که میزان ترکیبات فنولیک عصاره‌های مذکور با افزایش قطبیت حلال افزایش می‌یابد. حلال آب علیرغم راندمان بالا ترکیبات فنولیک کمتری را نسبت به حلال متانول استخراج کرد. در واقع حلال آب مواد جامد قابل استخراج بیشتری را در خود حل کرده است اما همه این ترکیبات لزوماً ترکیبات فنولیک نیستند. در سال 1994 رد ریگر و همکاران استخراج فنولیک‌ها را از پوست سیب‌زمینی با استفاده از متانول و آب بررسی کردند و دریافتند که حلال متانول در 4°C عصاره‌گیر کارآمدتری از آب در 25°C است [15]. فنولیک‌ها به طور معمول با استفاده از حلال های آبی یا حلال های آلی ایزوله و جداسازی می‌شوند. پوست سیب‌زمینی حاوی ترکیبات فنولیک بسیار زیادی است که برخی به شکل آزاد و برخی دیگر به صورت ترکیب وجود دارند. مهمترین و اصلی‌ترین فنولیک‌ها در عصاره پوست سیب‌زمینی اسیدکلروژنیک (GCA)، اسیدگالیک (GAC)، اسیدپروتوکاتوئیک (PCA) و اسیدکافئیک (CFA) گزارش شده‌اند. مطالعه های گوناگون انجام شده در این زمینه همگی اسیدهای فنولیک را به این صورت گزارش کرده‌اند [9 - 13].

همچنین مقایسه میانگین میزان ترکیبات فنولیک استخراج شده با دو روش اولتراسوند و پرکولاسیون نشان داد که روش استخراج اولتراسوند به طور معنی‌داری سبب افزایش میزان

جدول 1 درصد راندمان عصاره های بدست آمده از پوست

سیب زمینی با حلال های مختلف	
روش استخراج - حلال	راندمان عصاره پوست سیب زمینی (%)
پرکولاسیون - متانول	$8/03 \pm 0/03b$
اولتراسوند - آب	$11/20 \pm 0/01c$
اولتراسوند - متانول	$7/90 \pm 0/04 b$
اولتراسوند - اتانول	$5/65 \pm 0/08d$
اولتراسوند - استن	$2/88 \pm 0/04e$
اولتراسوند - هگزان	$1/00 \pm 0/01f$

a میانگین سه تکرار با انحراف معیار

حروف مختلف f, ..., b نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح 5% می باشد.

همانطور که در جدول 1 مشاهده می‌شود، راندمان عصاره‌گیری با دو روش استخراج اولتراسوند و پرکولاسیون تفاوت قابل ملاحظه‌ای را نشان ندادند. اولتراسوند احتمالاً آسانترین روش برای تخریب سلول ها و تولید عصاره می‌باشد. روش اولتراسوند بسیار کارآمد، ایمن و قابل اعتماد است. به منظور استخراج مواد، غشاء سلول‌ها باید شکسته شود. حفره سازی اولتراسوند، نیروهای برشی را ایجاد می‌کند که دیواره‌های سلول را به طور مکانیکی می‌شکند و انتقال مواد را بهبود می‌بخشد. از این اثر در استخراج مواد از سلول ها استفاده می‌شود. به همین دلیل روش اولتراسوند سریع‌تر و کامل‌تر از روش پرکولاسیون و سایر روش های غرقابی است. اولتراسوند همچنین سبب کاهش اندازه ذرات می‌شود که سطح تماس را افزایش داده و در نتیجه انتشار حلال در بافت افزایش می‌یابد. بنابراین راندمان عصاره‌گیری در طی 24 ساعت با روش پرکولاسیون تقریباً برابر با 15 دقیقه با روش اولتراسوند است. در هر حال، روش اولتراسوند به دلیل کاستن قابل توجه زمان عصاره‌گیری و افزایش کارایی نسبت به روش پرکولاسیون ارجح می‌باشد. نتایج بدست آمده از این مقایسه با گزارش جکز و همکاران در سال 2005 مطابقت دارد. وی راندمان عصاره‌گیری از برگ بلوط را توسط حلال های متانول و هگزان با دو روش اولتراسوند و پرکولاسیون مقایسه کرد و

تركيبات فنوليك نسبت به روش پركولاسيون مى شود ($P < 0/05$). در واقع همان طور كه در جدول 2 مشاهده مى شود روش اولتراسوند اگرچه كه از نظر راندمان عصاره گيرى با روش پركولاسيون برابرى كرده اما توانسته است تركيبات فنوليك بيشترى را استخراج كند. در سال 2004 اس آلبو و همكاران گزارش كردند كه روش اولتراسوند سبب افزايش ميزان كارنوسيك اسيد استخراج شده از گياه رزمارى با همه حلال هاى مورد استفاده مى شود و مدت زمان عصاره گيرى را به شدت كاهش مى دهد [25]. افزايش مقدار تركيبات فنوليك استخراج شده توسط اولتراسوند و كاهش زمان عصاره گيرى، توسط گلى و همكاران در مطالعه بر روى خواص آنتى اكسيدانى پوست پسته در سال 2005 نيز گزارش شده است [24].

جدول 2 ميزان تركيبات فنوليك استخراج شده از پوست سيب زمينى با استفاده از روش ها و حلال هاى مختلف a

روش استخراج - حلال	ميزان تركيبات فنوليك (ميكروگرم / گرم ماده خشك) b اسيد گاليك
پركولاسيون - متانول	$522/1 \pm 2/14c$
اولتراسوند - آب	$312/2 \pm 2/10e$
اولتراسوند - متانول	$593/3 \pm 4/2d$
اولتراسوند - اتانول	$280/32 \pm 5/21f$
اولتراسوند - استن	$155/6 \pm 4/20g$
اولتراسوند - هگزان	$0/00 \pm 0/00h$

a ميانگين سه تكرر $\pm$ انحراف معيار

b استاندارد اسيد گاليك (GAC)

حروف مختلف c, ..., h نشان دهنده وجود اختلاف معنى دار در سطح 5% مى باشد.

3-3- اثر افزودن عصاره پوست سيب زمينى

بر پايدارى روغن سويا

عصاره پوست سيب زمينى در سطوح 200، 800، 1600 و 2400 ppm استفاده شد و آنتى اكسيدان هاى سنتتيزى BHA، TBHQ، BHT، در غلظت 200 ppm به روغن اضافه

شدند به اين دليل كه تركيبات اخير تركيباتى خالص هستند اما عصاره مخلوطى از تركيبات مختلف استخراج شده به همراه تركيبات آنتى اكسيدانى مى باشد. افزودن آنتى اكسيدان هاى طبيعى و سنتزى به روغن سبب بروز تغييراتى در اعداد پراكسيد و تيوباريتوريك اسيد در طى نگهدارى آن به مدت 16 روز در 63°C گرديد (شكل 1 و شكل 2). عدد پراكسيد، تركيبات اوليه و عدد تيوباريتوريك، تركيبات ثانويه اكسيداسيون بويژه مالون آلديد را كه سبب بروز تغييراتى در طعم روغن هاى اكسيده مى شود اندازه گيرى مى كنند [26]

مقايسه ميانگين نتايج حاصل از اندازه گيرى انديس هاى پراكسيد (شكل 1) و تيوباريتوريك اسيد (شكل 2) بين چهار غلظت عصاره پوست سيب زمينى (200، 800، 1600 و 2400 ppm) TBHQ، BHT، BHA، و نمونه شاهد نشان دهنده وجود اثرات آنتى اكسيدانى در همه غلظت هاى مورد استفاده بود. همانطورى كه در جدول 3 مشاهده مى شود، اثر عصاره پوست سيب زمينى بر اكسيداسيون روغن سويا پس از 16 روز نگهدارى در 63°C در غلظت 800 ppm معادل BHA و در غلظت 1600 ppm معادل BHT بود و همواره TBHQ فعاليت آنتى اكسيدانى بالاترى نسبت به همه غلظت هاى عصاره سيب زمينى داشت. اين نتيجه با گزارش انينچو و هتارچى در سال 1993 مطابقت دارد. اين محققان فعاليت آنتى اكسيدانى عصاره پوست سيب زمينى را در غلظت 500ppm با آنتى اكسيدان هاى سنتزى BHA - BHT و TBHQ در غلظت مشابه مقايسه كردند و دريافتند كه عصاره پوست سيب زمينى مساوى با BHT و BHA عمل مى كند [27]. ميراحمدى و همكاران در سال 1384 فعاليت آنتى اكسيدانى عصاره آبى خالص سازى شده برگ سبز چاى را در غلظت هاى 200 و 500ppm بيشتر از آنتى اكسيدانهاى تجارى BHA و BHT در غلظت هاى 100 و 200 ppm گزارش كردند [28]. بنابراين فعاليت آنتى اكسيدانى عصاره آبى خالص سازى شده برگ سبز چاى بيشتر از عصاره متانولى پوست سيب زمينى مى باشد. البته در پژوهش حاضر هيچ گونه عمليات تخليص بر روى عصاره انجام نشده و فعاليت آنتى اكسيدانى كل عصاره بررسى شد. همچنين با افزايش غلظت عصاره، فعاليت آنتى اكسيدانى نيز افزايش و هر دو انديس

جدول 3 فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره پوست سیب زمینی راموس، BAH، BHT و TBHQ در روغن سویا پس از 16 روز نگهداری در 63°C

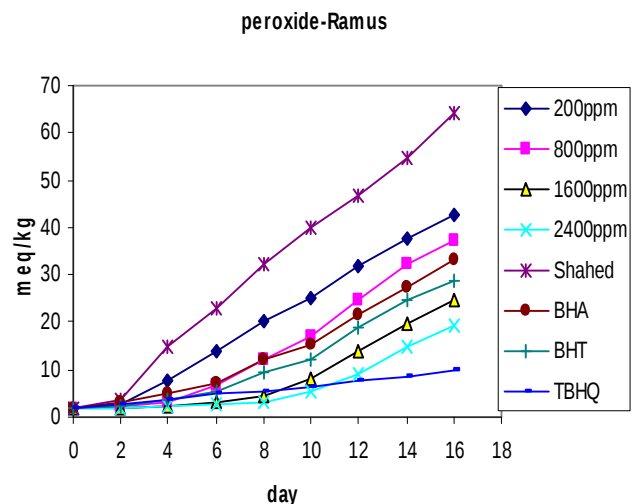
نوع تیمار	فعالیت آنتی اکسیدانی (%)
200 ppm TBHQ	84/45
عصاره پوست راموس 2400 ppm	70/20
عصاره پوست راموس 1600 ppm	61/52
200 ppm BHT	55/18
200 ppm BHA	48/12
عصاره پوست راموس 800 ppm	41/71
عصاره پوست راموس 200 ppm	33/40
شاهد	00/00

3-4- بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی با آزمون رنسیمت

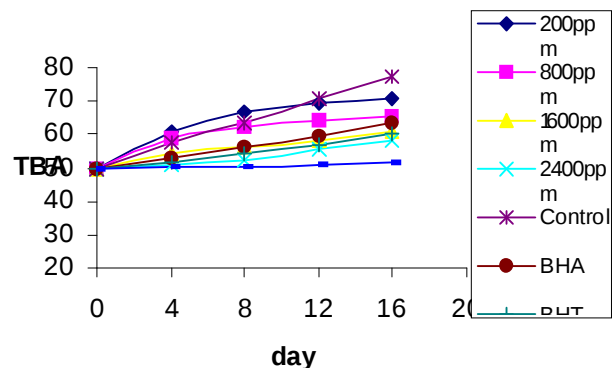
با توجه به راندمان عصاره‌گیری و میزان ترکیبات فنولیک بالای استخراج شده توسط عصاره متانولی، این عصاره برای ارزیابی مقاومت حرارتی با آزمون رنسیمت انتخاب شد. به این منظور عصاره متانولی پوست سیب زمینی راموس در چهار سطح غلظتی (200، 800، 1600 و 2400 ppm) و در سه دما (90، 120 و 150°C) در روغن سویا مورد بررسی آزمون رنسیمت قرار گرفت. در آزمون رنسیمت عصاره پوست سیب زمینی از اکسیداسیون روغن سویا ممانعت نمود و طول دوره القا پراکسیداسیون روغن را افزایش داد. بیشتر بودن طول دوره القا نشان دهنده بالاتر بودن فعالیت آنتی اکسیدانی می باشد. نتایج حاصل از مقایسه طول دوره القا در جدول 4 آورده شده است.

مطابق جدول 4 در بررسی نمونه‌های روغن سویای حاوی عصاره پوست سیب‌زمینی در سه دمای 90، 120 و 150°C بیشترین طول دوره القا به ترتیب مربوط به تیمارهای TBHQ < 2400 ppm پوست راموس < 1600 ppm پوست راموس < BHT < BHA < 800 ppm پوست راموس < 200 ppm پوست راموس < شاهد بود و با افزایش دما، طول دوره القا نمونه‌ها کاهش یافت و اختلاف میان سطوح مختلف غلظت عصاره معنی‌دار و بیشترین اختلاف مربوط به غلظت های 800 و 1600 ppm بود. ($P < 0/05$) عصاره متانولی در غلظت 2400 ppm طول دوره القا را 1/4 برابر نسبت به نمونه شاهد افزایش بخشید

پراکسید و تیوباریتوریک اسید کاهش یافتند. در این بررسی اختلاف بین غلظت های 200 و 800 ppm عصاره و نیز بین غلظت های 1600 و 2400 ppm عصاره معنی دار نبود ($P > 0/05$) و لیکن اختلاف معنی‌دار بسیار مهمی میان فعالیت آنتی-اکسیدانی عصاره‌ها در غلظت های 800 و 1600 ppm مشاهده شد ($P < 0/05$). ضیا- رحمان و همکاران نیز در سال 2004، عدم وجود رابطه خطی را میان غلظت و فعالیت آنتی-اکسیدانی عصاره پوست سیب‌زمینی گزارش کردند [3].



شکل 1 اثر عصاره پوست سیب زمینی بر اکسیداسیون روغن سویا با تعیین تغییرات پراکسید در 63°C



شکل 2 تغییرات عدد تیوباریتوریک روغن های حاوی عصاره پوست سیب زمینی در طی نگهداری در 63°C

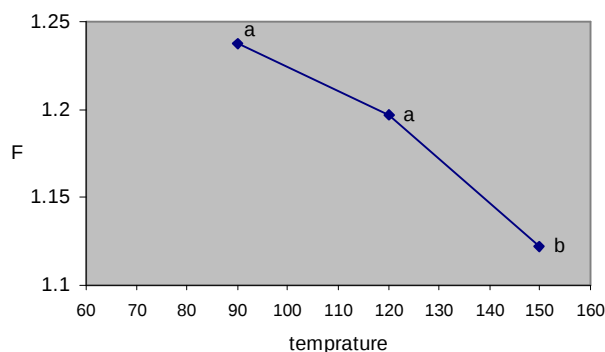
جدول 4 اثر افزودن عصاره متانولی پوست راموس BHA , BHT , TBHQ بر دوره القاء (ساعت) روغن سویا به روش رنسیمت

تیمار	دما	(ppm)200	(ppm)800	(ppm)1600	(ppm)2400	شاهد	BHA	BHT	TBHQ
90	28/48±0/31	28/71±0/28	33/64±0/18	36/34±0/22	25/70±0/02		28/89±0/05	29/70±0/12	60/20±0/11
120	35/1±0/01	35/9±0/04	39/8±0/07	42/8±0/08	3/20±0/01		36/5±0/00	37/1±0/07	6/86±0/04
150	0/60±0/00	0/61±0/00	0/62±0/00	0/64±0/00	0/55±0/00		0/62±0/00	0/63±0/00	1/01±0/02

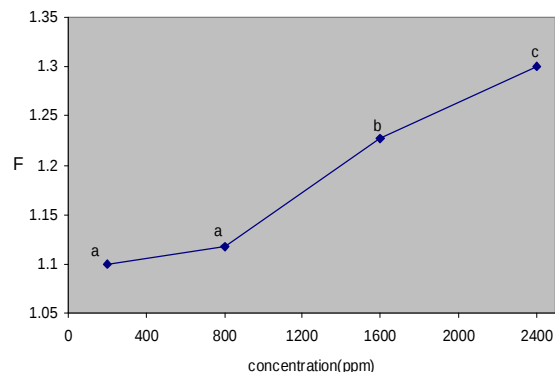
میزان فاکتور اثر بخشی F

غلظت (ppm)	150	120	90
دما			
200	1/09	1/10	1/11
800	1/11	1/12	1/12
1600	1/13	1/24	1/31

فاکتور اثربخشی: طول دوره القا در حضور آنتی اکسیدان / طول دوره القا شاهد



شکل 3 اثر دما بر فاکتور اثربخشی F عصاره متانولی پوست راموس در ممانعت از اکسایش روغن سویا در روش رنسیمت



شکل 4 اثر غلظت بر فاکتور اثربخشی F عصاره متانولی پوست راموس در ممانعت از اکسایش روغن سویا در روش رنسیمت

مقادیر فاکتور اثربخشی F برای غلظت های مختلف عصاره و در دماهای مختلف با استفاده از مدت زمان های القا بدست آمده به روش رنسیمت محاسبه شد. نتایج نشان داد دما بر فاکتور اثربخشی F تأثیرگذار است به طوری که میزان F با افزایش دما کاهش می یابد (شکل 3). همچنین اختلاف معنی داری بین دماهای 90 و 120 درجه سانتی گراد وجود نداشت اما یک اختلاف معنی دار بسیار مهمی بین دماهای 120 و 150 درجه سانتی گراد مشاهده شد که نشان دهنده آن است که این عصاره پس از دمای 120°C از مقاومت حرارتی مناسبی برخوردار نیست. علاوه بر این با افزایش غلظت فاکتور F نیز افزایش پیدا کرد (شکل 4). در گونه راموس اختلاف بین غلظت های 200 و 800 ppm معنی دار نبود اما بین غلظت های 800 و 1600 ppm و همچنین بین 1600 و 2400 ppm معنی دار بود و شاخص F افزایش یافت که به علت افزایش پلی فنل ها می باشد. مارونیوا و یانیش در سال 1997 عدم وجود رابطه خطی بین غلظت و اثربخشی ترکیبات آنتی-اکسیدانی را گزارش کردند [29].

- [3] Zia-ur. R, Habib. F, Shah. W. H., 2004. Utilization of potato peels extract as a natural antioxidant in soy bean oil. *Food Chem*, 85 (2): 215-220.
- [4] Khalil. A. H, Mansour. E. M., 1998. Control of lipid oxidation in cooked and uncooked refrigerated crap fillets by antioxidant and packaging combinations. *J Agr Food Chem*, 46: 1158-1162.
- [5] Buxiang. S, Fukuhara. M., 1997. Effects of co-administration of butylated hydroxytoluene, butylated hydroxyanisole and flavonoid on the activation of mutagens and drug-metabolizing enzymes in mice. *Toxicology*, 122: 61-72.
- [6] Kähkönen. M. P, Hopia. A. I, Vuorela. H. J, Rauha. J. P, Pihlaja. K, Kujala. T. S and Heinonen. M., 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J Agr Food Chem*, 47: 3954-3962.
- [7] Mansour. E. H, Khalil. A. H., 2000. Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their application to ground beef patties. *Food Chem*, 69: 135-141.
- [8] Alexander. P, Ritsuko. M, Miechal. S, Bat-Sheva. C, Fostk- Magyar. C and Dubinsley. Z., 1998. Natural antioxidant activity in some microalgal species. *J Plant Sci*, 46: 169-176.
- [9] Lisinska. G, Leszczynski. W., 1987. Potato tubers as raw material for processing and nutrition. ch.2 In potato science and technology, G. Lisinska and W. Leszczynski (Ed.): 34-38. Elsevier applied science., London, England.
- [10] Lyon. G. D, Barker. H., 1984. The measurement of chlorogenic acid in potato leaf extracts by high pressure liquid chromatography. *Potato Research*, 27: 291-295.
- [11] Malmberg. A. G, Theander. O., 1985. Determination of chlorogenic acid in potato tubers. *J Agric Food Chem*, 53: 549-551.
- [12] Kumar. A, Pundhir. V. S, Gupta. K. C., 1991. The role of phenols in potato tuber resistance against soft rot by *Erwinia carotouora* ssp. *Carotora*. *Potato. Res*, 34: 9-16.
- [13] Ramamurthy. M, Maiti. B, Thomas. P, Nair. M., 1992. High performance liquid chromatography determination of phenolic acids in potato tubers (*solanum tuberosum*) during wound healing. *J Agric Food Chem*, 40: 569-572.

5- نتیجه گیری

ترکیبات فنولیک به طور گسترده ای در منابع طبیعی یافت می شوند و در این مطالعه پوست سیب زمینی راموس به عنوان یک منبع طبیعی ترکیبات فنولیک مورد ارزیابی قرار گرفت. بر این اساس انتخاب نوع حلال و روش استخراج تاثیر قابل ملاحظه ای بر راندمان عصاره گیری و میزان ترکیبات فنولیک استخراج شده دارد. از میان حلال های مورد استفاده حلال متانول با داشتن راندمان بالا و نیز بیشترین میزان ترکیبات فنولیک به عنوان مناسبترین حلال در نظر گرفته شد. در بین روش های استخراج روش اولتراسوند به دلیل کاستن قابل ملاحظه زمان عصاره گیری و همچنین استخراج ترکیبات فنولیک بالاتر بهترین روش استخراج تشخیص داده شد. این نتایج نشان می دهد که می توان از عصاره پوست سیب زمینی راموس به عنوان یک منبع طبیعی آنتی اکسیدانی استفاده نمود. مقاومت حرارتی عصاره حاصل از پوست سیب زمینی بالا نیست اما فعالیت بسیار مناسبی در دماهای پایین تر دارد. پیشنهاد می شود فعالیت آنتی اکسیدانی و ترکیبات فنولیک پوست سایر گونه ها مورد ارزیابی قرار بگیرد و شرایط استخراج با اولتراسوند از نظر متغیرهایی مانند دما، زمان و نسبت ماده اولیه به حلال بهینه سازی گردد.

6- سپاسگزاری

از همکاری های جناب آقای مهندس محمد سلامی نیا در زمان انجام تحقیق تشکر می گردد. همچنین از جناب آقای مهندس حسن طاهری مسوول محترم بخش سیب زمینی دفتر سبزی و صیفی وزارت کشاورزی به جهت همکاری های ایشان سپاسگزاری می نمایم.

7- منابع

- [1] Chan. K. M, Decker. E. A, Means. W. J., 1993. Extraction and activity of carnosine. a naturally occurring antioxidant in beef muscle. *J Food Sci*, 58: 1-4.
- [2] Yin. M. C, Cheng. W. S., 1997. Oxymyoglobin and lipid oxidation in phosphatidylcholine liposomes retarded by α -tocopherol and β - caroten. *J Food Sci*, 62: 1095-1097.

- [23] Jacques. R. A, Freitas. L. S, Pérez. V. F, Dariva. C, Oliveira. A. P, Oliveira. J. V, Caramão. E. B., 2005. The use of ultrasound in the extraction of *Ilex paraguariensis* leaves: A comparison with maceration. Ultrasonics Sonochem. Article in Press, Corrected Proof.
- [24] Goli. A. H, Barzegar. M, Sahari. M. A., 2005. Antioxidant activity and total phenolic compounds of pistachio (*Pistachia vera*) hull extracts. Food chem., 92(3) :521-525.
- [25] Albu. S, Joyce. E, Paniwnyk. L, Lorime. J. P, Manson. T. J., 2004. Potential for the use of ultrasound in the extraction of antioxidants from *Rosmarinus officinalis* for the food and pharmaceutical industry. Ultrasonics Sonochem, 11(3-4): 261- 265.
- [26] Rossel. J. B., 1994. Measurements of rancidity. In: J.C. Allen and R.J. Hamilton, Editors, Rancidity in foods (third ed.), Blackie, UK. 22–53.
- [27] Onyencho. S-N, Hettiarachchy. N. S., 1993. Antioxidant activity, Fatty acid and phenolic acid composition of potato peels. J Sci Food Agr, 62: 345-350.
- [28] Mir-Ahmadi. F, Fatemi. H, Sahari. M.A., 2006. Effect of green tea extract on the inhibition of sunflower oil oxidation. IJFST, 2(4) : 61-70
- [29] Marinova. E. M, Yanishlieve. N.N., 1997. Antioxidant activity of selected species of the family lamiacae in oil. Food Chem, 58: 245-248. sunflower
- [14] Sotillo. R. D, Hadley. M, Holm. E. T., 1994. Potato peel waste: Stability and antioxidant activity of a Freeze- Dried Extract. J Food Sci, 59(5): 1031-1033.
- [15] Sotillo. R. D, Hadley. M, Holm. E. T., 1994. Phenolics in aqueous potato peel extract: Extraction, identification and degradation. J Food Sci, 59(2): 649-651.
- [16] Singh. R.P, Murthy. K.N.C, Jayaprakasha. G.K., 2002. Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitro models. J Agr Food Chem, 50: 81–86.
- [17] A.O.C.S, 1997. Official methods of analysis; Cd 8-53, Cd 19-90, American Oil Chemists Society.
- [18] Abdalla. A. E, Roozen. J. P., 1999. Effect of plant extracts on the oxidative stability of sunflower oil and emulsion. Food Chem, 64: 323-329.
- [19] Pratt. D. E, Watts. B. M., 1964. The antioxidant activity of vegetables extracts I. flavone aglycones. J Food Sci, 29: 27-33.
- [20] Jones. D. P, Coates. R. J, Flagge. E. W, Block. G, Greenberg. R. S, Gunter. E.T, Jackson. B., 1992. Glutathione in foods listed in the national cancer Institutes health habits and history food frequency questionnaire. Nutr cancer, 17: 57-75.
- [21] Saikhan. M. S, Howard. L. R, Miller. J. C., 1995. Antioxidant activity and total phenolics in different Genotypes of potato (*solanum tuberosum*, L.). J Food Sci, 60 (2): 341-343.
- [22] Friedman. M., 1997. Chemistry, Biochemistry, and dietary role of potato polyphenols. J Agric Food Chem, 45: 1523-1540.

Extraction of phenolic compounds from potato peel (*Ramus* variety) with solvent and ultrasound-assisted methods and evaluation of its antioxidant activity in soybean oil

Mohagheghi Samarin, A. ^{1*}, Poorazarang, H. ², Elhamirad, A. H. ³, Dezashibi1, Z. ¹, Hematyar, N. ⁴

1. Department of food science, Shahreghods Branch, Islamic Azad University, Shahreghods, Iran.

2. Faculty of Food Science, University of Ferdosi, Mashhad, Iran

3. Department of food science, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran.

4. Department of food science, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.

(Received:86/6/25 Accepted: 87/7/14)

In the present study the effects of extract from the peels of *Ramus* potato variety as a natural antioxidant in refined soybean oil were investigated using the Schaal oven and Rancimat methods. Phenolic antioxidants of potato peels were extracted by two different solvent extraction methods (Solvent with methanol and ultrasound-assisted method with different solvents including methanol, ethanol, hexane, acetone and water). The total phenolic compounds were determined according to the Folin-Ciocalteu method. Maximum amount of extract was obtained with water, followed by methanol and ethanol but maximum amount of phenolics was obtained with methanol, followed by water and ethanol by ultrasound method. Sonication improved the total phenolic compounds of the potato peel extract and shortened the extraction times. After 16 days storage at 63°C, soy bean oil containing 200, 800, 1600, and 2400 ppm of methanolic extract of potato peels, attained lower peroxide values (PV , 42.67 , 37.35 , 24.65 and 19.09 meq/kg, respectively) than the control sample (PV , 64.08 meq/kg) indicating strong antioxidant activity. Oils treated with 200 ppm of BHA, BHT and TBHQ attained PVs of 33.20 , 28.88 and 9.96 meq/kg, respectively, after 16 days storage at 63°C. Also, results Rancimat (at 90,120,150°C) showed that potato peel extract, at concentrations of 1600 and 2400 ppm exhibited strong antioxidant activity which was almost equal to synthetic antioxidants (BHA & BHT).

Keywords: Potato peel, Phenolic compounds, Antioxidant activity, Soybean oil, Sonication

*Corresponding author E-mail address: azadeh_mohagheghi7882@yahoo.co.in