**مجله علوم و صنایع غذایی ایران**

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

# بهینه‌سازی فرایند استخراج عصاره میوه هندوانه کوهی به روش سطح پاسخ و بررسی اثر آنتی‌اکسیدانی آن بر پایداری روغن سویا طی مدت‌زمان ماندگاری

مریم ثابت قدم [۱*]، زهرا لطیفی [۲]، پریسا معلمی [۲]، نفیسه محمدی کرتلایی [۳]، الهه رازقندی [٤]

۱- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار.

۲- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری.

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

٤- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، خراسان رضوی، ایران.

**اطلاعات مقاله**

**تاریخ های مقاله :**

**تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/ ۱۱/۱۳**

**تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۰۷/۲۲**

**کلمات کلیدی:**

ترکیبات فنولی،

هندوانه کوهی،

سطح پاسخ،

قدرت رادیکال گیرندگی.

**DOI: 10.52547/fsct.18.120.5**

**DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.5.7**

مسئول مکاتبات:

m.sabetghadam.m.s@gmail.com

**چکیده**

**اکسایش چربی و روغن موجب تولید مواد مضر می‌گردد که سلامت مصرف‌کننده را به خطر می‌اندازد. ازجمله روغن‌های مستعد اکسایش روغن سویا است که به دلیل وجود مقدار نسبتاً زیاد اسیدهای چرب غیراشباع در این روغن، پایداری آن در برابر اکسایش کم می‌باشد. از این‌رو هدف پژوهش حاضر، بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره میوه هندوانه کوهی و تأثیر عصاره این میوه در افزایش پایداری روغن سویا است. عصاره‌گیری با روش استخراج فراصوت با کمک اتانول به عنوان حلال با سه فاکتور (زمان، شدت و دما) در ۳ سطح و ٦ تکرار در نقطه مرکزی طرح با روش سطح پاسخ انجام شد. نتایج حاصل از آنالیز آماری در شرایط بهینه، میزان زمان ۱۸/٦۲ دقیقه، شدت صوت ٥٦/۸٤ kHz و دما ٥۲/٤۹ درجه سانتی‌گراد و میزان بازده استخراج ۸٤/۳٤ درصد گزارش شد. در این شرایط بهینه میزان ترکیبات فنولی و قدرت مهار رادیکال‌های آزاد عصاره‌ها در غلظت‌های (۱۰۰ ppm، ۲۰۰، ٤۰۰، ۸۰۰) با آزمون فولین و DPPH مورد سنجش قرار گرفت و سپس عصاره در غلظت‌های (۱۰۰ ppm، ۲۰۰، ٤۰۰، ۸۰۰) به نمونه روغن سویا بدون آنتی‌اکسیدان اضافه شده و پارامترهای اندیس پراکسید، شاخص تیوباربیوتیک اسید (TBA) با نمونه روغن سویا حاوی ۲۰۰ppm آنتی‌اکسیدان سنتزی (BHT) و نمونه شاهد مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد با افزایش غلظت عصاره میوه هندوانه کوهی در روغن سویا ppm ۸۰۰ تا ۱۰۰ میزان اندیس پراکسید، شاخص تیوباربیوتیک اسید (TBA) کاهش پیدا می‌کند و غلظت ppm ۸۰۰ عصاره به دلیل داشتن مقادیر بالاتر ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از نظر فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد مؤثرتر عمل نموده است.**

## ۱- مقدمه

اکسیداسیون روغن‌ها و لیپیدها علاوه بر نقشی که در فساد مواد غذایی ایفاء می‌کند، اهمیت آن در سلامت انسان به‌ویژه در ایجاد و پیشرفت بیماری‌هایی همچون سرطان، قلبی- عروقی، تصلب شرایین و فرآیند پیری بسیار مورد توجه و مطالعه قرار گرفته است. این پدیده نه‌تنها اثرات نامطلوبی بر عمر انبارداری بسیاری از فرآورده‌های غذایی دارد، بلکه در کاهش کیفیت تغذیه‌ای آن‌ها نیز مؤثر است [۱]. در صنعت روغن برای جلوگیری از اکسیداسیون روش‌های متعددی وجود دارد که یکی از این موارد افزودن آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی به‌منظور پایداری اکسایشی روغن‌ها است. اما با توجه به این‌که آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی اثرات نامطلوبی مانند اثر جهش‌زایی و سرطان‌زایی در بدن انسان دارند به‌تدریج از لیست آنتی‌اکسیدان‌های مصرفی حذف می‌شوند. در سال‌های اخیر مواد غذایی طبیعی و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی گیاهی مانند ویتامین‌ها و ترکیبات فنولی به دلیل عملکردهای مفید فراوان بر سلامت انسان و جلوگیری از آسیب‌های اکسیداتیو، توجه رو به رشدی را دریافت نموده‌اند [۲]. هندوانه کوهی یکی از گیاهان دارویی است که به خاطر ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی خود شناخته‌شده است. گیاه کبر (داغ قار پوزی) یا هندوانه کوهی با نام علمی کاپرس (*capers*) که در کوه‌ها و ارتفاعات و تپه‌های پلدشت آذربایجان شرقی، غربی و دشت مغان (اصلاندوز) استان اردبیل رشد می‌کند. این گیاه بومی مناطق گرمسیری غرب و مرکز آسیاست، پراکندگی آن از اقیانوس اطلس، مراکش، تونس تا دریای سیاه، ارمنستان، نواحی شرقی دریای خزر تا افغانستان و هند امتداد دارد. پوست این گیاه مزه‌ی تند و گس و اثر آرام‌کننده، معرق و نرم‌کننده دارد و در رفع سرفه و آرام کردن حملات آسم و دفع کرم، کارساز بوده و در درمان دانه‌های پوستی سودمند است [۳،٤]. برای تولید ترکیبات طبیعی باارزش از گیاهان و تجاری‌سازی آن‌ها، روش‌های مختلفی بررسی شده است. دامنه کاربرد استخراج گیاهان با فراصوت در استخراج روغن، پروتئین، مواد مؤثره گیاهی، ترکیبات فعال زیستی (فلاونوئیدها، اسانس‌ها، آلکالوئیدها، پلی ساکاریدها، استرهای اسید چرب، استروئیدها، ...) است [۵]. استخراج مولکول‌ها از مواد بیولوژیک توسط روش‌های معمول به‌طور مثال غرقابی، نیاز به‌صرف زمان طولانی و مقدار حلال زیادی دارد. بنابراین نیاز به روش‌های استخراج جدید با زمان استخراج کوتاه‌تر و مصرف حلال آلی کمتر و ایجاد آلودگی کمتر افزایش یافته است [٦]. روش‌های جدید استخراج مانند استخراج به کمک فراصوت و استخراج به کمک مایکروویو از روش‌های سریع و مؤثر برای استخراج ترکیبات مؤثر از بافت‌های گیاهی هستند. امروزه استفاده از امواج فراصوت با توجه به اثرات مؤثر آن در نگهداری و فرایند مواد غذایی رو به گسترش است. اثرات مکانیکی امواج فراصوت و پدیده کاویتاسیون ایجاد شده در اثر این امواج سبب افزایش نفوذپذیری حلال به داخل سلول‌های گیاهی، افزایش انتقال جرم و به دنبال آن افزایش بازدهی استخراج در دماهای پایین‌تر می‌شود [۵].

کامران خان[1] و همکاران (۲۰۱۰)، در مطالعه‌ای با بررسی استخراج پلی‌فنولی از پوست پرتقال به‌وسیله فراصوت دریافتند بین میزان پلی فنول‌های استخراجی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی رابطه مستقیم وجود دارد. یعنی با افزایش پلی فنولی استخراجی فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز افزایش می‌یابد [۷].

غفور و همکاران[2] (۲۰۰۹)، در پژوهشی که روی استخراج پلی فنول‌ها از هسته انگور به کمک فراصوت صورت گرفت، مشاهده کردند با افزایش دما تا ٥٦ درجه سانتی‌گراد، میزان استخراج ترکیبات پلی فنولی افزایش یافت [۸].

در این مطالعه بهینه‌سازی بازده استخراج عصاره میوه هندوانه

1. Kamran Khan
2. Ghafoor et al.

کوهی تحت شدت و زمان و دماهای مختلف در روش استخراج به کمک فراصوت صورت گرفته است. در این شرایط بهینه میزان ترکیبات فنولی و قدرت مهار رادیکال‌های آزاد عصاره‌ها در غلظت‌های (ppm ۸۰۰، ۴۰۰، ۲۰۰، ۱۰۰) با آزمون فولین و DPPH مورد سنجش قرار گرفت و سپس عصاره در غلظت‌های (ppm ۸۰۰، ۴۰۰، ۲۰۰، ۱۰۰) به نمونه روغن سویا بدون آنتی‌اکسیدان اضافه شده و پارامترهای اندیس پراکسید، شاخص تیوباربیوتیک اسید (TBA) با نمونه روغن سویا حاوی ppm ۲۰۰ آنتی‌اکسیدان سنتزی (BHT) و نمونه شاهد مورد مقایسه قرار گرفتند.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱-آماده‌سازی نمونه

در این پژوهش، هندوانه کوهی از بازار محلی در تهران از یک نوع واریته تهیه گردید و به‌منظور کاهش فعالیت‌های تنفسی و بیولوژیکی تا زمان آزمایش در یخچال، در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد. پس از انجام مراحل پاکسازی و حذف هر گونه آلودگی از میوه‌های هندوانه کوهی تهیه شده، با رعایت مقررات و ضوابط بهداشتی به وسیله چاقو به قطعات کوچک برش داده و به مدت یک روز (٢٤ ساعت) در آون (شرکت بهداد، مدل ٣٤٩٤، ساخت کشور ایران) در دمای ٦٠ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. سپس ورقه‌های میوه خشک شده توسط آسیاب برقی پودر و از الکی با مش ٤٠ عبور داده شد و برای آزمایش‌ها بعدی در محلی تاریک، سرد و خشک نگهداری گردید.

### ۲-۲-استخراج با امواج فراصوت

نمونه پودر شده با اتانول ۷۰ درصد به نسبت ۱ به ۱۰ مخلوط گردید و سپس در معرض امواج فراصوت در دمای محیط در سه زمان ۱۰، ۲۰، ۳۰ دقیقه و سه شدت (kHz) ۲۰، ۶۰، ۱۰۰ و دمای (۳۵، ٤٥، ٥٥ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفت. عمل فراصوت با استفاده از دستگاه فراصوت ساخت شرکت هلشر آلمان مدل ۱۰۰LMS انجام شد [۹]. پس از آن تحت شرایط خلاء توسط قیف بوخنر با کاغذ صافی واتمن صاف گردید و در ادامه به‌وسیله تبخیرکننده چرخان (مدل ٤٠٠ Laborata) در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد تغلیظ و در نهایت عصاره‌ها توسط خشک‌کن تحت خلاء در دمای ٤٠ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و تا زمان استفاده در ظرف سربسته و غیرقابل نفوذ به هوا در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. تمامی مواد مورد استفاده در این تحقیق از شرکت‌های مرک و سیگما با درصد خلوص بالا تهیه شدند.

### ۲-۳-آزمون‌های شیمیایی

#### ۲-۳-۱- اندازه‌گیری مقدار ترکیبات فنولی عصاره هندوانه کوهی

میزان کل ترکیبات فنولی با روش فولین سیوکالتو انجام گرفت. جهت رسم منحنی استاندارد از اسید گالیک استفاده گردید. میزان کل ترکیبات فنلی موجود در عصاره برحسب اسید گالیک و با استفاده از معادله به‌دست‌آمده از منحنی استاندارد محاسبه و نتایج برحسب میلی‌گرم اسید گالیک در هر گرم عصاره بیان شد [۱۰].

#### ۲-۳-۲-اندازه‌گیری فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد (DPPH) عصاره هندوانه کوهی

ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی با بررسی فعالیت مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH اندازه‌گیری شد. ماده ۲ و ۲ دی فنیل ۱- پیکرید هیدرازیل یا DPPH یک ترکیب رادیکالی پایدار با رنگ بنفش است که با احیاء شدن توسط عناصر دهنده الکترون یا هیدروژن (ترکیبات آنتی‌اکسیدانی) به دی فنیل پیکریل هیدرازیل زرد رنگ تبدیل می‌شود. توانایی دادن اتم هیدروژن یا الکترون توسط ترکیبات و عصاره‌های مختلف در این آزمون با میزان

بی‌رنگ کردن یا کاهش میزان جذب نوری محلول بنفش DPPH در متانول مورد سنجش قرار گرفت. در این روش به‌عنوان ترکیب رادیکالی پایدار از ماده DPPH به‌عنوان معرف استفاده شد. بدین ترتیب که ۵۰ میکرولیتر از غلظت‌های مختلف عصاره در متانول به‌طور جداگانه هرکدام به ۲ میلی‌لیتر محلول ۰/٤ درصد DPPH اضافه گردید. بعد از ۹۰ دقیقه گرم‌خانه- گذاری در دمای اتاق، جذب نوری نمونه در طول موج ۵۱۷ نانومتر در مقابل شاهد قرائت شد. درصد مهار رادیکال‌های آزاد DPPH با استفاده از معادله (۱) محاسبه گردید. [۱۱].

معادله (۱) $I\% = (ABlank - \div ABlank) \times ASample \quad 100$

در این فرمول جذب نوری شاهد منفی را که فاقد عصاره است، نشان داده و میزان جذب نوری غلظت‌های مختلف عصاره را بیان کرده است [۱۱].

### ۲-۳-۳-اندازه‌گیری عدد پراکسید

عدد پراکسید به روش متداول اندازه‌گیری و با استفاده از محلول اسیداستیک کلروفرمی (نسبت کلروفرم به اسید استیک ۲: ۳) و تیتراسیون آن با تیوسولفات سدیم ۰/۱ نرمال و برحسب میلی اکی والان پراکسید در ۱۰۰ گرم روغن بیان گردید. [۱۲].

معادله (۲) = عددپراکسید

(حجم نمونه) ÷ (حجم تیتراسیون مصرفی ×نرمالیته× ۱۰۰۰)

### ۲-۳-٤-محاسبه شاخص تیوباربیتوریک اسید (TBA)

یک گرم روغن در تترا کلرید کربن حل‌شده و به آن محلول اسید تیوباربیتوریک اضافه گردید، سپس سانتریفوژ شده و قسمت آبی آن جدا شد و در حمام آب جوش قرار گرفت و پس از آن، میزان جذب در طول موج ۵۳۲ نانومتر اندازه‌گیری گردید [۱۳].

## ۲-٤-طراحی آزمایش و تجزیه و تحلیل نتایج

RSM مجموع‌هایی از تکنیک‌هایی آماری است که در بهینه‌سازی فرایندهایی به کار می رود که پاسخ مورد نظر توسط تعدادی از متغیرها تحت تأثیر قرار می‌گیرد. از مزایای این طرح می‌توان به کاهش تعداد آزمایش‌ها و به دست آوردن مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در یک فرایند و برهم‌کنش‌های احتمالی بین آن‌ها اشاره کرد. از این رو در این مطالعه از طرح آماری سطح پاسخ با به‌کارگیری نرم‌افزار Design Expert نسخه ۷ استفاده شده است. به‌طوری‌که زمان (A) و شدت صوت (B) و دما (C) به‌عنوان متغیرهای مستقل فرآیند انتخاب گردید درحالی‌که درصد استخراج ($Y_1$) به‌عنوان پاسخ مورد ارزیابی قرار گرفته شده است. هر یک از متغیرهای مستقل در سه سطح مورد بررسی قرار گرفته‌اند که در جدول ۱ نشان داده شده است.

**Table 1** Independent variables

| variable | Actual values | | |
|---|---|---|---|
| | -1 | -1 | +1 |
| Temperature (°C) (A) | 35 | 35 | 55 |
| Sound Intensity (kHz) (B) | 20 | 20 | 100 |
| Time (minutes) (C) | 10 | 10 | 30 |

برای تجزیه تحلیل آماری از طرح باکس-بنکن[1] شامل ۱۸ آزمایش با ٦ تکرار در نقاط مرکزی، استفاده شد. تعداد تیمارهای مربوط به استخراج طراحی شده توسط نرم‌افزار و همچنین پاسخ‌های به دست آمده در جدول ۲ نشان داده شده است.

برای بررسی صحت مدل و میزان تأثیرگذاری هر کدام از متغیرها بر پاسخ استخراج از جدول آنالیز واریانس استفاده شد. جدول ۳ نتایج آنالیز واریانس را نشان می‌دهد.

1. Box-Benhken

**Table 2** Treatments used to optimize the extraction efficiency of chestnut bark

| alignment | time | oultrasound intensity | temperature | Edge extraction efficiency |
|---|---|---|---|---|
| **1** | 20 | 100 | 55 | 33.42 |
| **2** | 10 | 60 | 55 | 30.37 |
| **3** | 20 | 60 | 45 | 32.76 |
| **4** | 10 | 60 | 35 | 25.39 |
| **5** | 30 | 60 | 55 | 27.74 |
| **6** | 20 | 60 | 45 | 32.76 |
| **7** | 20 | 20 | 35 | 19.33 |
| **8** | 20 | 60 | 45 | 32.76 |
| **9** | 10 | 100 | 45 | 30.09 |
| **10** | 20 | 60 | 45 | 35.76 |
| **11** | 20 | 60 | 45 | 31.36 |
| **12** | 30 | 20 | 45 | 18.25 |
| **13** | 30 | 100 | 45 | 27.82 |
| **14** | 20 | 20 | 55 | 22.55 |
| **15** | 20 | 100 | 35 | 32.21 |
| **16** | 10 | 20 | 45 | 20.04 |
| **17** | 30 | 60 | 35 | 23.29 |
| **18** | 20 | 60 | 45 | 30.87 |

**Table 3** Analysis of variance of the effects of independent variables on extraction efficiency

| Sources Change | sum of squares | Degrees of freedom | average of squares | F Value | Prob > F | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **model** | 476.94 | 9 | 52.99 | 21.38 | < 0.0001 | significant |
| **(A)time** | 9.66 | 1 | 9.66 | 3.9 | 0.0836 | |
| **Sound Intensity (B)** | 235.12 | 1 | 235.12 | 94.85 | 0.0001 | |
| **temperature (C)** | 24.01 | 1 | 24.01 | 9.69 | 0.0144 | |
| **Residual** | 19.83 | 8 | 2.48 | | | |
| **Lack of Fit** | 5.31 | 3 | 1.77 | 0.61 | 0.627 | not significant |
| | R-Squared | 0.9601 | | | | |
| | Adj R-Squared | 0.9152 | | | | |

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱-بازده استخراج

نتایج آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ مرکب مرکزی نشان داد که اثرات خطی (A، B و C) و درجه دوم ($A_2$ و $C_2$ $A_2$ ) تأثیر معناداری روی درصد استخراج میوه هندوانه کوهی داشت. در بین اثرات درجه دوم و اثرات متقابل پارامتر $B_2$ و بیشترین تأثیر را روی بازده استخراج داشت (جدول ۳).

شکل ۱ نمایش سه بعدی اثر زمان و شدت استخراج را نشان می‌دهد. با افزایش زمان و شدت، مقدار بازده استخراج به صورت معنی‌دار افزایش یافته است. با افزایش شدت و زمان از ۱۰ تا ۲۰ دقیقه، بازده استخراج افزایش یافت، اما در زمان ۳۰ دقیقه این روند کاهش یافت.

شکل ۲ نمایش سه‌بعدی اثر زمان و دما و استخراج را نشان می‌دهد. با افزایش زمان و دما مقدار بازده استخراج به‌صورت معنی‌دار افزایش یافته است.

نتایج نشان داد بازده استخراج با افزایش زمان و فرکانس، افزایش می‌یابد. این مسئله احتمالاً به علّت استفاده از فراصوت است که به‌واسطه افزایش انتقال جرم بین حلال و مواد گیاهی می‌تواند فرایند استخراج را افزایش دهد. پدیده کاویتاسیون منجر به شکستن بهتر سلول و تسهیل آزادسازی محتوای آن می‌شود [۱۴].

در امواج فراصوت، افزایش شدت، سبب افزایش تغییر مکان یا جابجایی ذرات می‌گردد؛ بنابراین در نتیجه کاربرد امواج فراصوت، فاصله مولکول‌ها بیشتر از فاصله بحرانی خواهد بود که برای نگه‌داشتن مولکول‌های مایع در کنار هم ضروری است. به این ترتیب زمانی خواهد رسید که فاصله مولکول‌های جابجایی در حدی خواهد شد که باعث خروج یک مولکول از دایره ارتباطی مولکول مجاورش و ایجاد حباب می‌گردد، که به این پدیده کاویتاسیون گفته می‌شود. مولکول‌ها از جای اصلی خود جدا شده و به‌عنوان موج صوتی عبور می‌کنند که می‌توانند با مولکول‌های اطراف برخورد کنند. سپس در طی مرحله انبساط، اولین گروه مولکولی به عقب و سمت موقع اصلی خود کشیده می‌شود و انرژی جنبشی آن‌ها را بیشتر به عقب می‌کشند و بنابراین مناطق انبساطی در محیط ایجاد می‌شود. حفره‌های ایجاد شده در محیط، حباب‌های حفره‌زایی ناشی از فراصوت بوده که قادر به رشد در طول مراحل انبساط و کاهش اندازه در چرخه-های انقباض هستند. وقتی اندازه حباب‌ها به نقطه بحرانی می‌رسد در طول چرخه انقباض متلاشی شده و تغییرات ناگهانی در فشار و دما سبب تجزیه بافت و متلاشی کردن آن و همچنین نازک کردن غشای سلولی می‌گردد که باعث می‌شود از این امواج در استخراج استفاده شود [۸].

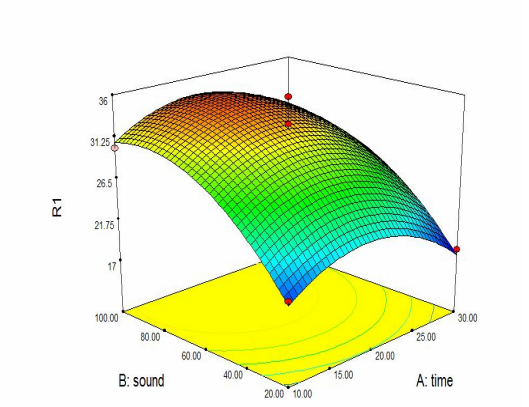


**Fig 1** Simultaneous effect of sound intensity and time on extraction efficiency

انفجار حباب‌ها سبب ایجاد اغتشاشات شدید موضعی می‌شود و از این طریق انتقال جرم را افزایش می‌دهد. انفجار حباب‌ها در مجاورت ذرات جامد نامتقارن است به‌طوری‌که موجب می‌شود جریانی از مایع با سرعت بسیار زیاد به سمت سطح ذرات کشیده شود. اصابت میکروجت‌ها به سطح سبب سایش سبب شکستگی و تخریب آن می‌شود [۷، ۱۵].

جیمنز و همکاران[1] (۲۰۰۷)، در مطالعه‌ای تأثیر استفاده از امواج فراصوت با قدرت بالا بر استخراج روغن از دانه‌های آسیاب شده زیتون را بررسی کرد و بیان نمود در حضور این امواج، دیواره سلول‌ها و بافت گیاهی تخریب‌شده و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی (توکفرول‌ها و پلی فنول‌ها) و رنگدانه‌های (کلروفیل و کاروتنوئید) بیشتر به داخل روغن راه یافتند و باعث افزایش ارزش تغذیه‌ای روغن شدند [۱۶].

در پژوهشی، هررا و لوک[2] (۲۰۰۵) گزارش کردند افزایش زمان فراصوت تا ۲۰ دقیقه منجر به افزایش بازده استخراج شد اما به‌کارگیری زمان‌های بیشتر از ٤٠ دقیقه منجر به ظهور روند کاهشی در فرایند استخراج گردید. بهینه‌سازی استخراج ترکیبات فلاونوئیدی میوه سنجد نشان داد دلیل افزایش عملکرد با افزایش توان در روش فراصوت، تولید انرژی بیشتری است که خروج ترکیبات از بافت گیاهی به حلال را از طریق تخلخل و منافذ در دیواره سلولی و بهبود انتشار و انتقال جرم، تسهیل می‌کند؛ بنابراین می‌تواند موجب خروج بیشتر مواد مؤثره و در نهایت افزایش درصد عصاره خشک گردد [۱۷].

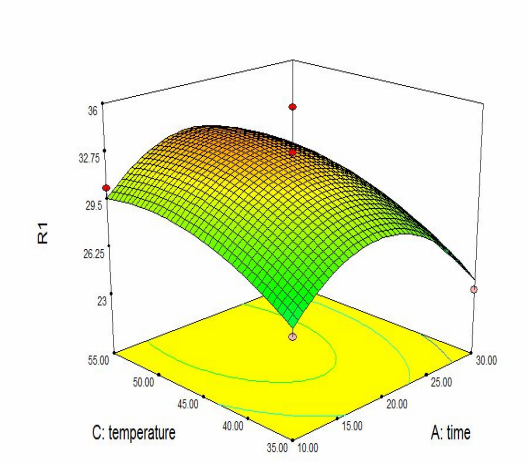


**Fig 2** Simultaneous effect of temperature and time on extraction efficiency

دونگ رویی[3] و همکاران (۲۰۱۱)، تأثیر دماهای ۳۰ تا ۷۰ درجه

1. Jiménez et al.
2. Herrera & Luque de Castro
3. Dong-rui

سلسیوس را روی دانه گیلاس بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد قدرت مهار رادیکال‌های آزاد تا دمای ٦٠ درجه سلسیوس زیاد می‌شود و بعد از آن به دلیل تجزیه شدن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، کاهش را در مقدار مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد خواهیم داشت. طول مدت عصاره‌گیری در این روش اهمیت خاصی داشته و افزایش بیش از حد آن موجب تغییر در کیفیت عصاره حاصل خواهد شد. استفاده از امواج فراصوت سبب شکستن فیزیکی دیواره و غشای سلول می شود و این پدیده فرایند نفوذ حلال به داخل سلول را سرعت می‌بخشد و جریان انتقال جرم بین بافت و انتقال ذرات از داخل سلول به داخل حلال را آسان می‌کند. در نتیجه فرایند استخراج در مدت کوتاه‌تری نسبت به روش‌های دیگر به انجام می‌رسد [۱۸]. سیواکومار[1] و همکاران (۲۰۱۱)، به استخراج ترکیبات رنگی از مواد گیاهی مختلف با استفاده از فراصوت پرداخت و عنوان کرد به‌کارگیری فراصوت با افزایش دما و زمان به میزان ٤٥ تا ۱۰۰ درصد موجب بهبود راندمان استخراج ترکیبات رنگی در مقایسه با استخراج متداول با هم‌زدن است [۱۹]. لوکی[2] و همکاران (۲۰۰۳)، بازده استخراج انگور توسط امواج فراصوت را مورد بررسی قرار دادند که مشخص شد با افزایش زمان و دما، بازده استخراج افزایش پیدا کرد. که دمای بهینه را ٧٤ درجه سانتی‌گراد و زمان بهینه را ۱۳ دقیقه عنوان کردند [۲۰]. ذوالفقاری[3] و همکاران (۲۰۰۹)، در مطالعه‌ای اثر سه روش عصاره‌گیری همراه با فراصوت و امواج مایکروویو و عصاره‌گیری همراه با مایع فوق بحرانی به‌منظور استخراج ترکیبات گیاهی را بررسی نمودند که نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد تخریب مؤثر بافت گیاهی و نفوذ حلال به داخل آن از خصوصیات روش عصاره‌گیری همراه با امواج فراصوت است [۲۱]. غفور[4] (۲۰۰۹)، در پژوهشی که روی استخراج پلی فنول‌ها از هسته انگور به کمک امواج فراصوت انجام داد، نتیجه تقریباً مشابهی گزارش نمود. بدین ترتیب که با افزایش دما تا ٥٦ درجه سانتی‌گراد، میزان استخراج ترکیبات پلی فنولی افزایش یافت [۸]. معادله پیشگویی زیر برای بازده استخراج و با استفاده از جدول ۳ و برازش داده‌ها به دست آمد.

بازده استخراج = +32.72-1.1 * A+5.42 * B+1.73 * C-0.12 * A * B -0.13 * A * C-0.5*B * C -4.42 * $A_2$-4.24 * $B_2$-1.59 * $C_2$

## ۳-۲-بهینه‌سازی

با توجه به تحلیل نمودارها و این نکته که شرایط بهینه‌ی یک پاسخ، ممکن است برای پاسخ دیگر نامساعد باشد. بنابراین باید الگوی ساختی را معرفی کرد که تا حد امکان تمامی پاسخ‌ها را به نحو رضایت‌بخشی بهینه نماید. برای این منظور کانتور پلات‌های مختلف روی هم قرار گرفتند و منطقه‌ای که مشخصات تمامی پاسخ‌ها را برآورد کرد، به‌عنوان منطقه بهینه معرفی گردید. مدل-های برازش استفاده شده برای فرآیند بهینه‌سازی در استخراج عصاره با سه فاکتور زمان، شدت و دما، عصاره‌هایی که دارای بالاترین بازده استخراج بودند در نظر گرفته شد. نتیجه به دست آمده با تابعیت مطلوب، مورد ارزیابی قرار گرفت که تابعیت مطلوب بالاتر از ۰/۷ بیانگر شرایط بهینه است. همانطور که در شکل (۳) مشاهده می‌گردد در شرایط بهینه، میزان زمان ۱۸/٦۲ دقیقه، شدت صوت ۸٤/٥٦ kHz و دما ٤۹/٥۲ درجه سانتی‌گراد میوه هندوانه تعیین گردید. در این شرایط میزان بازده استخراج ۳٤/۸٤٥٦ با میزان مطلوبیت ۰/۹٤ تعیین شد. در این تحقیق هدف از بهینه‌سازی، به حداکثر رساندن میزان بازده استخراج بود. در جدول ٤ دامنه مقادیر به‌دست‌آمده برای فرآیند بهینه‌سازی و هدف آن مشخص گردیده است. در نهایت، نتیجه به‌دست‌آمده از نمونه بهینه از عصاره میوه هندوانه کوهی انتخاب گردید و میزان ترکیبات فنولی و فعالیت مهارکنندگی بر رادیکال آزاد تحت غلظت‌های مختلف نمونه بهینه و آنتی‌اکسیدان سنتزی (BHT) نسبت به نمونه شاهد مورد بررسی قرار گرفت و این نمونه بهینه همراه با آنتی‌اکسیدان سنتزی (BHT) به روغن سویا افزوده شد و با نمونه شاهد مورد بررسی قرار گرفت.

1. Sivakumar
2. Luque
3. Zolfaghari
4. Ghafoor

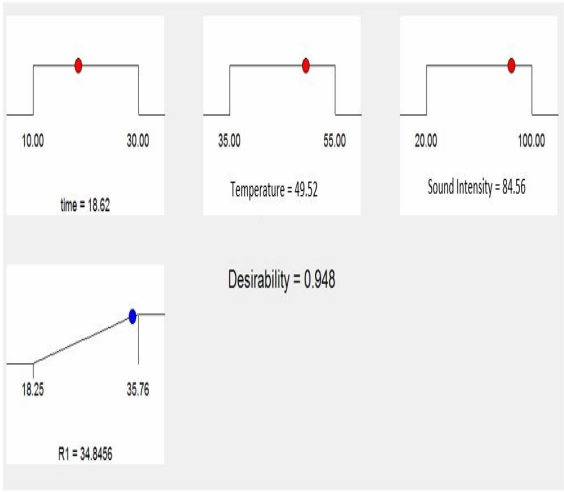


**Fig 3** Optimization of mountain watermelon extraction by ultrasound process

## ۳-۳-اندازه‌گیری ترکیبات فنلی عصاره میوه هندوانه کوهی

با توجه به بررسی‌های انجام‌شده، بیشینه‌ی ترکیبات پلی فنلی با اختلاف معنی‌دار در غلظت ppm ۸۰۰ عصاره میوه هندوانه کوهی مشاهده گردید (شکل ٤). نتایج نشان داد کمترین مقدار ترکیبات پلی فنلی در نمونه شاهد مشاهده شد. در مورد عصاره میوه هندوانه کوهی همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت عصاره از ppm ۱۰۰ تا ۸۰۰ میزان ترکیبات پلی‌فنلی موجود در عصاره افزایش یافت که این امر منجر به افزایش خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌شود. بر اساس نتایج به دست آمده، با افزایش غلظت‌های مختلف عصاره هندوانه کوهی میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدان از ۲٦/۲۲ (میلی‌گرم اسیدگالیک در لیتر عصاره) در غلظت ppm ۱۰۰ تا ۵۵/۵ (میلی‌گرم اسید گالیک در لیتر عصاره) ppm ۸۰۰ افزایش یافت و این افزایش در تمام غلظت‌های عصاره در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار بود.

آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT در غلظت ppm ۲۰۰، دارای میزان ترکیبات فنولی بالاتری نسبت به نمونه‌های حاوی عصاره هندوانه کوهی بود و این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$).

با توجه نتایج مقایسات میانگین، بیشترین میزان ترکیبات فنولی مربوط به نمونه آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT با مقدار ۵۸/٦٦ و کمترین میزان برای نمونه دارای ppm ۱۰۰ عصاره با میزان ۲٦/۲۲ بود.

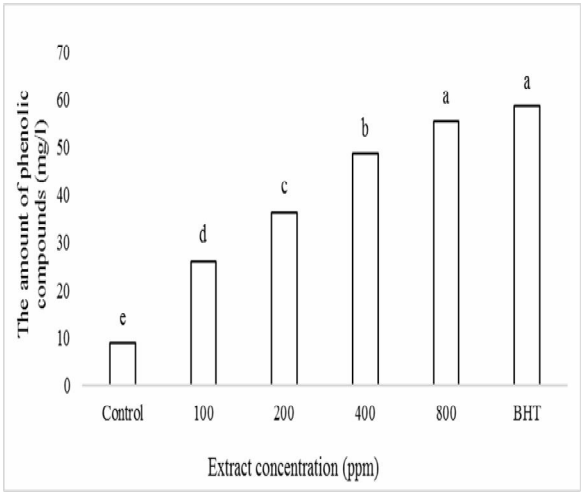


**Fig 4** The effect of different concentrations of mountain watermelon extract on the total amount of phenolic compounds

## ۳-٤-بررسی فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد DPPH عصاره

نتایج مقایسه میانگین تأثیر غلظت‌های مختلف عصاره میوه هندوانه کوهی بر فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد که با استفاده از آزمون DPPH اندازه‌گیری شده است را در شکل ۵، نشان می‌دهد.

با بررسی اثر غلظت‌های مختلف عصاره هندوانه کوهی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی مشاهده شد که با افزایش غلظت عصاره، فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد توسط عصاره به‌طور چشم‌گیری افزایش یافت به‌طوری‌که فعالیت مهارکنندگی عصاره از ٦۰/۸٦ درصد برای غلظت ppm ۱۰۰ تا ۸۳/٦۲ درصد در سطح ppm ۸۰۰ افزایش یافت (شکل ۵)، که این نتیجه حاکی از این واقعیت بود که توانائی عصاره در مهار رادیکال‌های آزاد وابسته به غلظت بوده و با افزایش غلظت فعالیت ضد رادیکالی آن افزایش می‌یابد.

با مقایسه فعالیت مهارکنندگی غلظت‌های مختلف عصاره هندوانه کوهی با نمونه آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT با غلظت ppm ۲۰۰ و فعالیت آنتی‌اکسیدانی برابر ۸۰/۵۱ درصد مشخص شد که به‌جزء غلظت ppm ۸۰۰ عصاره، سایر غلظت‌ها به‌طور معنی‌داری فعالیت آنتی‌اکسیدانی کمتری نسبت به آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT با غلظت ppm ۲۰۰ داشتند (شکل ۵).

افزایش غلظت ترکیبات فنولی به‌طور مستقیم میزان توانائی

عصاره‌های مختلف را در مهار رادیکال‌های آزاد افزایش می‌دهد. در غلظت‌های بالاتر، ترکیبات فنولی به دلیل افزایش تعداد گروه‌های هیدروکسیل موجود در محیط واکنش، احتمال اهداء هیدروژن به رادیکال‌های آزاد و به دنبال آن قدرت مهارکنندگی عصاره افزایش می‌یابد [۲۲]. قدرت مهارکنندگی عصاره‌های مختلف به میزان زیادی به تعداد و موقعیت گروه‌های هیدروکسیل وزن مولکولی ترکیبات فنولی بستگی دارد. در ترکیبات فنولی با وزن مولکولی پائین‌تر، گروه‌های هیدروکسیل راحت‌تر در دسترس قرار می‌گیرند [۱۵].

فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی قارچ ترامتس جیبوزا (*Trametes gibbosa*) توسط جونسی و کاوی‌یاراسان [1] (۲۰۱۱)، بررسی شد. دو روش آنتی‌اکسیدانی DPPH و RP توسط دو حلال متانول و آب انجام و همچنین میزان فنل و فلاونوئید نیز مشخص شد. نتایج آن‌ها نشان داد که با افزایش غلظت، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی افزایش یافت [۲۳].

تهامی و همکاران (۲۰۱۳)، اثر آنتی‌اکسیدانی عصاره دانه رازیانه (*Foeniculum vulgare*)را بر پایداری روغن آفتابگردان بررسی کردند. عصاره‌گیری دانه رازیانه با دستگاه کلونجر به مدت ۵ ساعت و در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد انجام گردید. عصاره حاصل به‌طور جداگانه و در شش سطح و آنتی‌اکسیدان سنتزی بررسی شد. آزمایشات انجام گرفته نشان دادند که فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره دانه رازیانه، وابسته به غلظت بوده و در محدوده تحت بررسی با افزایش غلظت، افزایش یافت [۲۴].

عرب شاهی [2](۲۰۰۷)، مقدار ترکیبات فنولی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های مختلف برگ شاه‌توت را مورد بررسی قراردادند. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های متانولی، استونی و آبی و آنتس اکسیدان سنتزی BHT به ترتیب: ۱/۹۳، ۱/۳۸۶، ۰/۶۶، ۳/۹۲۱ معادل میکرومول آلفا توکوفرول در گرم عصاره بود. همچنین مقدار ترکیبات فنولی به ترتیب در عصاره‌ی متانولی >استونی > آبی بود [۲۵]. نتایج به‌دست آمده در تحقیق حاضر از نظر وجود ارتباط بین مقدار ترکیبات فنولی عصاره‌ها با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها با نتایج به‌دست‌آمده توسط سایر محققین دیگر مطابقت داشت.

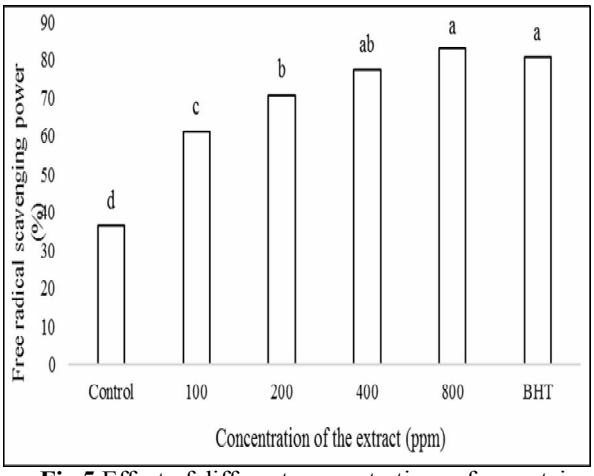


**Fig 5** Effect of different concentrations of mountain watermelon extract on free radical scavenging activity

## ۳-۵-عدد پراکسید

نتایج بررسی حاکی از معنی‌دار بودن اثر عصاره هندوانه کوهی در کنترل و کاهش سرعت اکسیداسیون روغن سویا در طول زمان نگهداری در مقایسه با نمونه فاقد آنتی‌اکسیدان بود ($p<۰/۰۵$). همان‌طور که در شکل (۶) مشاهده می‌شود در نمونه کنترل (فاقد آنتی‌اکسیدان) میزان عدد پراکسید از مقدار اولیه ۴/۲ تا مقدار ۷/۲ میلی‌اکی والان اکسیژن بر کیلوگرم روغن پس از ۷۲ ساعت نگهداری روغن در دمای ۶۵ درجه افزایش یافت در حالی که برای نمونه‌های روغن حاوی ppm ۸۰۰، ۴۰۰، ۲۰۰ و ۱۰۰ عصاره هندوانه کوهی، عدد پراکسید پس از ۳ روز نگهداری در آون ۶۵ درجه افزایش یافت که از نظر آماری نیز اختلاف معنی‌داری بین این غلظت‌ها مشاهده گردید. همان‌طور که از نتایج پیداست، افزودن ppm ۸۰۰ عصاره هندوانه کوهی به روغن سویا منجر به کاهش عدد پرکسید نسبت به نمونه‌های فاقد آنتی‌اکسیدان پس از ۷۲ ساعت آون گذاری شد که به دلیل وجود ترکیبات فنولی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی در عصاره مذکور است و این موضوع نشان‌دهنده این است که فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره وابسته به غلظت است، چرا که با افزایش غلظت عصاره در روغن سویا به دلیل افزایش ترکیبات فنولیک موجود در آن، خاصیت آنتی‌اکسیدانی در روغن افزایش یافته که به نوبه خود باعث کاهش اندیس پروکسید و در نتیجه افزایش پایداری حرارتی روغن سویا می‌شود.

1. Kaviyarasan and Johnsy
2. Arabshahi

پوپوویچ[1] (۲۰۰۸)، به بررسی ویژگی آنتی‌اکسیدانی جعفری، آویشن و رازیانه روی روغن آفتابگردان غنی‌شده پرداختند. نتایج نشان داد که آنتی اکسیدانهای طبیعی گیاهان تحت بررسی، در پایداری روغن آفتابگردان مؤثر می‌باشند [۲۶].

توکلی و همکاران (۱۳۸۷)، به مقایسه‌ی روغن زیتون و بنه پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که بین ساختار اسید چرب روغن‌زیتون و بنه تفاوت معنی‌داری وجود دارد و در مجموع، روغن بنه به خاطر وجود اسیدهای چرب ضروری بیشتر، دارای ارزش تغذیه‌ای بالاتر و به خاطر سرشار بودن از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، دارای پایداری اکسایشی بهتری نسبت به روغن زیتون بود [۲۷].

کرامت جو و همکاران (۱۳۹۲)، اثر افزودن عصاره برگ زیتون به‌عنوان منبع غنی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی روی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کره و پایداری اکسیداسیونی آن را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که نمونه‌های حاوی عصاره برگ زیتون در مقایسه با نمونه کنترل عدد اسیدی، عدد پروکسید، سفتی و شمارش میکروبی کمتر و پایداری اکسیداسیونی و میزان ترکیبات پلی فنولی بیشتری داشتند. در طول نگهداری، عدد اسیدی نمونه‌ها افزایش، عدد پروکسید و میزان ترکیبات پلی فنولی کاهش یافت [۲۸].

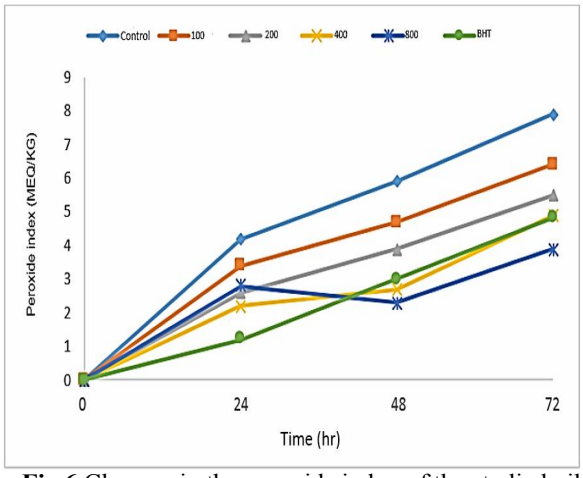


**Fig 6** Changes in the peroxide index of the studied oil samples during the period of 3 days storage at 65°C

در تحقیقی مشابه، طاهر نژاد و همکاران (۱۳۹۱)، در بررسی اثر آنتی‌اکسیدانی عصاره پنیرک در روغن سویا با غلظت‌های ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام و همچنین آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی BHA و BHT در دو سطح ppm ۱۰۰ و ۲۰۰ در روغن سویا اعلام کردند که در آزمون پراکسید، غلظت‌های ppm ۴۰۰ و ۸۰۰ بیشترین خاصیت آنتی‌اکسیدانی را داشته و معادل با آنتی‌اکسیدان سنتزی BHA در هر دو سطح غلظتی ppm ۱۰۰ و ۲۰۰ عمل کرده است ولی نسبت به آنتی‌اکسیدان BHT در هر دو سطح بهتر عمل نموده است [۲۹].

## ۳-۶--شاخص تیوباربیتوریک اسید (TBA)

نتایج نشان داد که تغییرات اندیس تیوباربیتوریک اسید (TBA) روغن سویای نگهداری شده در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر عصاره هندوانه کوهی قرار گرفت ($p<۰/۰۵$). نتایج مقایسه میانگین اندیس تیوباربیتوریک اسید (TBA) حاصل از اثر غلظت‌های مختلف عصاره هندوانه کوهی در شکل ۷ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود در روزهای ابتدایی مقدار این اندیس بسیار پایین است، زیرا این اندیس در اثر تجزیه هیدروپراکسیدهای تشکیل‌شده در روزهای اول و تبدیل آن‌ها به آلدئیدها و کتون افزایش می‌یابد. در نتیجه با پیشرفت روزهای آزمایش و در روزهای پایانی مقدار این اندیس بیشتر افزایش می‌یابد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، نمونه شاهد در تمام مراحل نگهداری افزایش بیشتری نسبت به نمونه‌های تیمار شده داشت. بیشترین میزان عدد تیوباربیتوریک اسید در تمامی روزها متعلق به نمونه شاهد بود به‌طوری‌که پس از ۷۲ ساعت نگهداری روغن سویا در دمای ۶۵ درجه مقدار این اندیس افزایش یافت. از آنجائی که مالون آلدئید از تجزیه هیدروپراکسیدها حاصل می‌گردد. بیشترین توانایی در جلوگیری از تشکیل محصولات ثانویه اکسیداسیون توسط تیمار ppm ۸۰۰ عصاره میوه هندوانه کوهی اعمال گردید، بطوری که مقدار این اندیس در نمونه‌های تحت این تیمار در طول ۷۲ ساعت نگهداری به ترتیب برابر ۰/۲۵۰، ۰/۴۳۸ و ۰/۵۰۶ میلی‌گرم مالون آلدئید بر کیلوگرم به دست آمد (شکل ۷). این در حالی بود که مقدار اندیس تیوباربیتوریک اسید (TBA) برای غلظت‌های ppm ۴۰۰ ،۲۰۰ ،۱۰۰ عصاره پس از ۷۲ ساعت نگهداری در آون ۶۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب برابر ۰/۷۳۷، ۰/۶۸۷ و ۰/۶۲۹ میلی‌گرم مالون آلدئید بر کیلوگرم بود. این نتایج

1. Popovich

نشان می‌دهد که در روزهای پایانی آزمایش، تشکیل محصولات ثانویه اکسیداسیون با سرعت بیشتری صورت می‌گیرد و مقدار زیادی از پراکسیدهای تشکیل‌شده در مراحل اولیه طی روزهای پایانی آزمایش، تجزیه و به مالون آلدئید تبدیل‌شده‌اند.

یاسوبی [1] و همکاران (۲۰۰۷)، فعالیت آنتی‌اکسیدانی پوست انار را روی روغن سویا بررسی کردند نتایج نشان داد عصاره استونی در غلظت بالاتر، اثرات آنتی‌اکسیدانی بالاتری در مقایسه آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی BHA و BHT در غلظت ۰/۲ درصد داشت [۳۰].

سینگ [2] و همکاران (۲۰۰۶)، به بررسی ترکیبات شیمیایی روغن فرار رازیانه پرداخته و در ادامه ویژگی‌های ضد قارچی و آنتی‌اکسیدانی مربوط به روغن فرار رازیانه و عصاره استونی آن را در روغن کتان مورد بررسی قرار دادند. خواص آنتی‌اکسیدانی با اندازه‌گیری مقادیر اندیس پراکسید و تیوباربیتوریک اسید روغن کتان در فواصل زمانی ثابت ارزیابی شد. آزمایش‌ها نشان دادند که هم روغن فرار و هم عصاره استونی رازیانه دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری در مقایسه با آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی BHA و BHT است [۳۱].

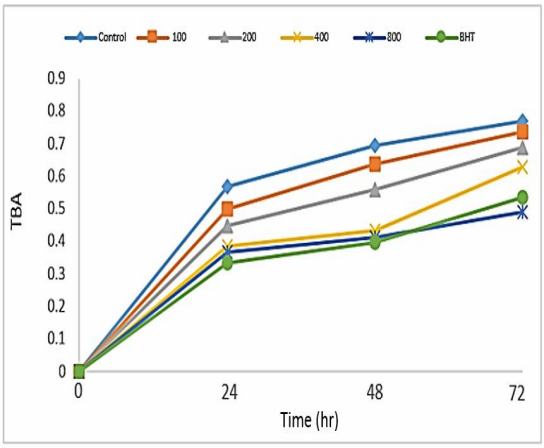


**Fig 7** Changes in thiobarbituric acid index of soybean oil samples during 3 days of storage at 65°C

## ٤-نتیجه‌گیری

امروزه نیاز مداوم جامع بشری به استخراج ترکیبات مؤثره گیاهی سبب انجام پژوهش‌های زیادی در زمینه معرفی یک فرایند استخراج کارآمدتر و اقتصادی‌تر شده است و استفاده از منابع عظیم گیاهی کشور با روش‌های اقتصادی همواره مورد نظر بوده است. امروزه برای جایگزینی این روش‌ها، شیوه‌های استخراجی نوینی معرفی‌شده است که باعث کاهش مقدار حلال مصرفی و کوتاه‌تر شدن زمان فرایند، افزایش بازدهی و بهبود کیفیت ترکیبات استخراج‌شده نسبت به روش‌های متداول مانند سوکسله و خیساندن می‌شود. استخراج با کمک فراصوت به‌عنوان روشی اثبات‌شده و به صورت جایگزینی مناسب برای شیوه‌های استخراج قدیمی برای بسیاری از گیاهان می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. در پژوهش حاضر، عصاره‌گیری با روش استخراج فراصوت با کمک حلال هیدرواتانول انجام شد. نتایج حاصل از آنالیز آماری در شرایط بهینه، میزان زمان ۱۸/۶۲ دقیقه، شدت صوت ٥٦/٨٤ kHz و دما ٥٢/٤٩ درجه سانتی‌گراد و میزان بازده استخراج ٨٤/٣٤ درصد گزارش شد. در این شرایط بهینه میزان ترکیبات فنولی و قدرت مهار رادیکال‌های آزاد عصاره‌ها در غلظت‌های (۸۰۰ ppm، ٤٠٠، ۲۰۰، ۱۰۰) با آزمون فولین و DPPH مورد سنجش قرار گرفت و سپس عصاره در غلظت‌های (۸۰۰ ppm، ٤٠٠، ۲۰۰، ۱۰۰) به نمونه روغن سویا بدون آنتی‌اکسیدان اضافه‌شده و پارامترهای اندیس پراکسید، شاخص تیوباربیوتیک اسید (TBA) با نمونه روغن سویا حاوی ppm ۲۰۰ آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT و نمونه شاهد مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد با افزایش غلظت عصاره میوه هندوانه کوهی (از ۱۰۰ تا ۸۰۰ پی‌پی‌ام) در روغن سویا، میزان اندیس پر اکسید و شاخص تیوباربیوتیک اسید (TBA) کاهش پیدا می‌کند و غلظت ppm ۸۰۰ عصاره به دلیل داشتن مقادیر بالاتر ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از نظر فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد مؤثرتر عمل نموده است. نتایج این تحقیق نشان داد که می‌توان از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی به‌عنوان جایگزین آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی در فرمولاسیون روغن‌های خوراکی استفاده نمود.

## ٥- منابع

[1] Shukla Sh, Mehta A, Bajpai VK and Shukla S. In vitro antioxidant activity and total phenolic content of ethanolic leaf extract of Stevia rebaudiana Bert. Food and Chemical Toxicology. 2009; 47: 2338–2347.

1 Yasoubi
2 Sing

[2] Kim S Y, Jeong S M, Kim S J, Jeon K I, Park E, park H R, et al. Effect of Heat Treatment on the Antioxidative and Antigenotoxic Activity of Extracts from persimmon (Diospyros kakiL.) peel. Bioscience Biotechnological Biochemistry. 2006; 70: 999 - 1002.

[3] Zargari Ali. Medicinal plants. Sixth Edition, Volume 2, University of Tehran Press.1993; 155-153.

[4] Mir Haider, Hussein. Plant Education: The Use of Plants in the Prevention and Treatment of Diseases, Second Edition, Volume 3, Tehran: Islamic Culture Publishing Office. 1996; 182-176.

[5] Qarakhani M, Ghorbani M, Rasoul Nejad N, Jabraili Sh. New methods of extracting effective compounds from medicinal plants: extraction by ultrasound and microwave and extraction with compressed solvent. Iranian Chemical Engineering.2011; 10 (59), 24-36.

[6] Betancourt A O. Analysis, extraction and recovery of poly-3-hydroxybutyrate in the biomass. University of Quebec at Montreal Thesis. 2008; pp. 45-55.

[7] Kamran Khan M, Abert-Vian M, Fabiano-Tixier A, Dangles O and Chemat F. "Ultrasound-assisted extraction of polyphenols (flavanone glycosides) from orange (*Citrus sinensis* L.) Peel". Food Chemistry. 2010; 119 (2): 851-858.

[8] Ghafoor K, Choi Y H, Jeon J Y, Jo I H. Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds, antioxidants, and anthocyanins from grape (Vitis vinifera) seeds. J. Agric. Food. Chem.2009. 57 (11), 4988-4994.

[9] Farhoosh R, and Moosavi S M R. Determination of carbonylvalue in rancid oils: a critical reconsideration .Journal of Food Lipids. 2006; 13: 298–305.

[10] Stoilova I, Krastanov A, Stoyanova A, Denev P, Gargova S. Antioxidant actirity of ginger extract (*Zingiber officinale*). Food Chemistry. 2007; 70-102.

[11] Burits M, and Bucar F. Antioxidant activity of Nigella sativa essential oil. Phytotheraphy Research. 2000; 14, 323–328.

[12] Horwitz W. Official methods ofanalysis of the association of official analytical chemist (AOAC). 1975; 13th ed

[13] Seabury k. The effect of antioxidants in preventing farther oxidation in TBA analysis. California state science fair. 2002; Project number, Jo404.

[14] Vilkhu K, Mawsona R, Simons L, Bates D. "Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry-A review." Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2008; Vol. 9, No. 2, pp. 161-169.

[15] Jung CH, Seog HM, Choi IW, Park MW and Cho HY. Antioxidant properties of various solvent extracts from wild ginseng leaves. LWT. 2006; 39: 266-27.

[16] Jiménez A, Beltran G, UcedaT M. "Highpower ultrasound in olive paste pretreatment. Effect on process yield and virgin olive oil characteristics." Ultrasonics Sonochemistry. 2007; Vol. 14, No. 6,, pp. 725-731.

[17] Herrera M C, Luque de Castro M D. "Ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from strawberries prior to liquid chromatographic separation and photodiode array ultraviolet detection." Journal of Chromatography. 2005; A, Vol. 1100, No. 1, pp. 1-7.

[18] Dong-rui Y, Leil G, Shu-jun W, Fu-quanl X. "Response surface optimization of Extraction process for DPPH Free Radical scavenging components from cherry seed." Food Science. 2011; Vol. 32, No. 22,, pp. 46-50.

[19] Sivakumar V, Vijaeeswarri J and Lakshmi Anna J. "Effective natural dye extraction from different plant materials using ultrasound". Journal of Industrial Crops and Products. 2011; 33 (1): 116–122.

[20] Luque-Garcia J L and Luque de Castro M D. Where is microwave based analytical treatment for solid sample pretreatment going? Trends Analays Chemistry. 203; 22: pp. 90–99.

[21] Zolfaghari B, Ykdanh A. Recentadvances in extraction techniques herbal combined, Journal herbal medicine ،Shahrekord Branch, Islamic Azad University. 2009; p: 51-55.

[22] Sanchez-Moreno C, Larrauri JA and Saura-Calixto F. Free radical scavenging capacity

andinhibition of lipid oxidation of wines, grape juices and related polyphenolic constituents. FoodResearch International. 1999; 32: 407–412.

[23] Johnsy G & Kaviyarasan V. Antimicrobial and Antioxidant Properties of Trametes gibbosa. Journal of pharmacy research, 2011; 4(11): 3939-3942.

[24] Tahami F, Basiri A, Ghiasi Tarzi B, Mahasti P. Antioxidant effect of Fennel seed extract (Foeniculum vulgare) on the stability of sunflower oil. Food Science and Nutrition. 2012; 10 (1 (37 consecutive)), 71-78.

[25] Arabshahi DS. Studies on selected plant extracts with reference to their nutritional and pharmacological characteristics, PhD Thesis. University of Mysore, Department of Studies in Food Science and Nutrition. 2006.

[26] Popovich K M. The Influence of Natural Antioxidants on the Oxidative Stability of Iodine-Fortified Sunflower Oil in the Process of Storage. Surface Engineering and Applied Electrochemistry. 2008; 44 (5), 415-421.

[27] Tavakoli J, Najafi Z, Haddad Khodaparast M H. Increasing the oxidative stability of olive oil using Motica and Atlantica coriander oil, the first specialized conference on olive oil. 2008; 46-37.

[28] Keramat Jo E, Hesaree J, Azad Mard Mirchi S, Peyghambar Dost H, Nemate H. Antioxidant effect of olive leaf extract on butter stability, Journal of Food Processing and Storage. 2013; Volume 5, Number One.

[29] Tahernejad M, Barzegar MA, Naqdi Badi H. Evaluation of anti-radical activity of Malva sylvestris L. extract and its application in the oil system of Medicinal Plants Quarterly. 2012; 11 (2), 86-97.

[30] Yasoubi P, Barzegar M, Sahari M A & Aziz M A. Total phenolic content and antioxidant activity of pomegranate (Punica ngranatum) peel extract. Journal of Agricultural Science. 2007; 35-42.

[31] Singh G S, Maurya M P & de Lampasona C. Chemical constituents, antifungal and antioxidative potential of Foeniculum vulgare volatile oil and its acetone extract. Food Control. 2006; 745–752.

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

# Optimization of mountain watermelon fruit extract extraction process by response surface method and evaluation of its antioxidant effect on the stability of soybean oil during shelf life

**Sabetgadam, M. [1*], Latifi, Z. [2], Moallemi, P. [2], Mohammadi kartalaei, N. [3], Razghandi, E.[4]**

1. Young Researchers and Elites Researchers Club, Islamic Azad University, Sabzvar Branch.
2. Young Researchers and Elites Researchers Club, Islamic Azad University, Sari Branch.
3. M.Sc. Graduate, Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
4. PhD Student, Department of Food Science and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Khorasan Razavi, Iran.

**ARTICLE INFO**

**Article History:**

Received 2021/ 02/ 01
Accepted 2021/ 10/ 14

**Keywords:**

Phenolic compounds,
Mountain Watermelon,
Response level,
Radical receptor power.

**DOI: 10.52547/fsct.18.120.5**

**DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.5.7**

*Corresponding Author E-Mail:
m.sabetghadam.m.s@gmail.com

**ABSTRACT**

Oxidation of fats and oils leads to the production of harmful substances that endanger the health of the consumer. One of the oils disposed to oxidation is soybean oil, which due to the relatively high amount of unsaturated fatty acids in this oil, its stability against oxidation is low. Therefore, the aim of this study was to investigate the antioxidant activity of mountain watermelon fruit extract and the effect of this fruit extract on increasing the stability of soybean oil. Extraction was performed by solvent extraction method with the help of ethanol as solvent with three factors (time, intensity and temperature) at 3 levels and 6 replications at the center point of the design by the response surface method. The results of statistical analysis were reported in optimal conditions, time of 18.62 minutes, sound intensity of 84.56 kHz and temperature of 49.52°C and extraction efficiency of 34.84%. Under these optimal conditions, the amount of phenolic compounds and free radical scavenging power of the extracts at concentrations (100, 200, 200, 400, 800 ppm) were measured by Folin and DPPH tests, and then the extract was concentrated at concentrations (100, 200, 400, 800, 800 ppm). Samples of soybean oil without added antioxidants and parameters of peroxide index, thiobarbiotic acid index (TBA) were compared with samples of soybean oil containing 200 ppm synthetic antioxidants (BHT) and control sample. The results showed that with increasing the concentration of mountain watermelon extract in soybean oil from 800 to 100 ppm, the index of peroxide, thiobarbiotic acid index (TBA) decreases and the concentration of 800 ppm of the extract due to higher levels of antioxidant compounds is more effective in inhibiting free radicals.