

## بررسی تأثیر عصاره آزاد و نانوریز پوشانی شده شاهدانه در پایداری اکسایشی روغن سویا

تهمینه بخشنده<sup>۱</sup>، رضا اسماعیل زاده کناری<sup>۲\*</sup>، زینب رفتنی امیری<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۷/۰۵)

### چکیده

این مطالعه با هدف بررسی اثر عصاره شاهدانه به صورت آزاد و نانوریز پوشانی شده در کپسول‌های با جنس مالتودکسترین: کیتوزان، مالتودکسترین: صمغ دانه ریحان و کیتوزان: صمغ دانه ریحان با نسبت ۱:۱ در پایداری اکسایشی روغن سویا طی دوره نگهداری انجام شد. عصاره شاهدانه با استفاده از دو روش حلالی و استخراج با کمک اولتراسوند استخراج شد. سپس فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره در غلظت‌های مختلف با استفاده از آزمون‌های مهار رادیکال آزاد DPPH<sup>۱</sup> و احیا آهن با آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQ<sup>۲</sup> مقایسه شد. نتایج نشان داد در هر دو روش، با افزایش غلظت عصاره فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره افزایش یافت. عصاره شاهدانه با نسبت ۱ به ۵ به مواد پوشش اضافه شد. اندازه کپسول‌ها بین ۱۵۰/۷۱ تا ۱۷۱/۴۲ نانومتر متغیر بود. عصاره ریزپوشانی شده و آزاد به میزان ۲۰۰۰ ppm به روغن سویا بدون آنتی‌اکسیدان افزوده شدند و روغن به مدت ۴۰ روز در آن با دمای ۶۰ درجه سانتیگراد نگهداری شد. آزمون‌های اندازه‌گیری عدد پراکسید و عدد اسید تیوباریتوریک در فواصل زمانی ۸ روزه بر روی روغن انجام شد. بر اساس نتایج بدست آمده روغن‌های حاوی عصاره شاهدانه نانوریز پوشانی شده کمترین میزان اکسایش چربی در طی نگهداری را در مقایسه با نمونه‌های شاهد، نمونه‌های حاوی TBHQ و نمونه‌های حاوی عصاره خالص داشتند و نمونه‌های روغن حاوی عصاره ریزپوشانی شده با مالتودکسترین: کیتوزان کمترین میزان شاخص‌های اکسایشی (عدد پراکسید و عدد اسید تیوباریتوریک) را داشتند.

کلید واژگان: روغن سویا، ریزپوشانی، اکسایش، شاهدانه

\* مسئول مکاتبات: reza\_kenari@yahoo.com

1. 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl  
2. Tert-Butylhydroquinone

## ۱- مقدمه

مایکروویو، سیال فوق بحرانی و امواج فراصوت (اولتراسوند) روش‌های جدیدی هستند که از نظر کوتاه شدن زمان استخراج، کاهش مقدار حلال مصرف شده و حفظ خاصیت ترکیبات آنتی اکسیدانی نسبت به روش‌های سنتی مزیت‌های زیادی دارند [۵]. شاهدانه (*Cannabis sativa L*) گیاهی یکساله است که در سال‌های اخیر به عنوان یک ترکیب آنتی اکسیدان غذایی مورد بررسی قرار گرفته است و نشان داده شده است که عصاره شاهدانه به دلیل دارا بودن ترکیبات فنولی دارای فعالیت آنتی رادیکالی بالایی است [۶]. به منظور حفاظت بیشتر از ترکیبات فعال عصاره شاهدانه در سیستم‌های غذایی لازم است از روش‌هایی برای محافظت بیشتر آن‌ها استفاده شود. یکی از این روش‌ها استفاده از درون پوشانی است. درون پوشانی، یکی از تکنولوژی‌های مهم در صنایع غذایی است که به وسیله آن ترکیبات فعال و با ارزش و یا ذرات بسیار ریز به صورت یک قطره پوشش‌دهی شده با کپسول‌های کوچک در می‌آیند. این تکنیک منجر به افزایش پایداری ترکیبات فعال علیه اکسایش، تخریب، واکنش و مهاجرت آن‌ها طی فرآیند می‌شود. گرما و زمان نگهداری منجر به آزاد شدن ترکیبات ریزپوشانی شده می‌شوند [۷]. از مطالعات انجام شده در این زمینه می‌توان به ریزپوشانی پلی‌فنول‌ها و آنتوسیانین‌های انار [۸]، ریزپوشانی روغن دانه کتان [۹]، ریزپوشانی عصاره برگ زیتون [۱۰ و ۱۱]، ریزپوشانی عصاره بلوبری [۱۲] و بررسی اثر عصاره رازیانه بصورت آزاد و انکپسوله شده در افزایش عمرماندگاری ماهی کیلکا چرخ شده [۱۳] اشاره نمود. نتایج جستجو در مطالعات کتابخانه‌ای نشان می‌دهد تا کنون پژوهشی مبنی بر مقایسه فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره شاهدانه به طور آزاد و ریزپوشانی شده در جلوگیری از اکسایش روغن سویا و افزایش پایداری آن انجام نشده است. لذا این پژوهش با هدف بررسی اثرات آنتی اکسیدانی عصاره شاهدانه بصورت آزاد و ریزپوشانی شده با کپسول‌های مختلف و همچنین مقایسه فعالیت آنتی اکسیدانی ترکیبات مذکور با آنتی اکسیدان سنتزی TBHQ انجام خواهد شد.

## ۲- مواد و روش‌ها

## ۲-۱- مواد

شاهدانه از عطاری در شهرستان ساری تهیه شد و سپس در آون تحت خلاء در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک و سپس آسیاب شد. نمونه‌ها پس از آسیاب در

روغن سویا، روغن گیاهی است که از سویا گرفته می‌شود و کاربرد خوراکی دارد و دارای اسیدهای چرب غیر اشباع و آنتی اکسیدان طبیعی توکفرول است که برای سلامتی مفیدند. روغن سویا برای مصارف خانگی و در صنعت برای تولید محصولات سرخ شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. روغن سویای خام یکی از مهمترین روغن‌های نباتی می‌باشد که به دلیل کیفیت خوب روغن، و فرآورده پروتیین حاصل از روغن کشتی اهمیت آن چندین برابر شده است [۱]. اکسیداسیون چربی‌ها و روغن‌ها یکی از دلایل اصلی توسعه بوی بد و مزه نامطبوع در روغن است که در نتیجه عمر ماندگاری آن را کاهش می‌دهد. علاوه بر کاهش کیفیت تغذیه‌ای روغن، ترکیبات سمی مانند رادیکال‌های آزاد و اشکال فعال اکسیژن که برای سلامتی انسان مضر هستند ایجاد و منجر به بیماری‌هایی همچون سرطان و پیری زود رس می‌شوند [۲]. همگام با نگرانی اثرات مضر اکسیداسیون چربی‌ها بر سلامت انسان و تخریب غذاها، نیاز به استفاده از آنتی اکسیدان‌ها برای جلوگیری از اثرات رادیکال‌های آزاد بر بدن و نیز جلوگیری از تخریب چربی‌ها ضروری می‌باشد. آنتی اکسیدان‌های تجاری از قبیل آنتی اکسیدان‌های سنتزی و مکمل‌های آنتی اکسیدانی مانند بوتیلد هیدروکسی تولوئن (BHT<sup>۳</sup>) و بوتیلد هیدروکسی آنیزول (BHA<sup>۴</sup>) به وفور در بازار موجود هستند و به میزان بسیار زیادی در دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از آنتی اکسیدان‌های سنتزی ممکن است خطر ابتلا به سرطان را افزایش دهد و اثرات منفی بر مصرف کننده داشته باشد. امروزه استفاده از مشتقات گیاهان به عنوان آنتی اکسیدان‌های طبیعی توسعه یافته است [۳]. عصاره‌های گیاهی طیف منحصر به فردی از کاربردهای سلامتی بخشی را ارائه می‌دهند. متابولیت‌های ثانویه گیاهان از قبیل ترکیبات فنولی منشا گرفته از منابع گیاهی نقش مهمی در نگهداری مواد غذایی به عنوان آنتی اکسیدان دارند [۲]. برای استخراج عصاره‌های گیاهی روش‌های مختلفی وجود دارد. استخراج با دستگاه سوکسله و خیساندن روش‌های رایجی هستند که به کمک حلال‌هایی با قطبیت‌های مختلف انجام می‌گیرد. این امر نیاز به صرف زمانی طولانی دارد و باعث استخراج طیف وسیعی از مواد شیمیایی می‌شود [۴]، اما استخراج با کمک

3. butylated hydroxytoluene

4. butylated hydroxyanisole

استفاده مدل Agilent 5973 با ولتاژ ۷۰ الکترون ولت، روش یونیزاسیون EI و دمای منبع یونیزاسیون ۲۲۰ درجه سانتیگراد بود. شناسایی طیف‌ها به کمک شاخص بازداری آن‌ها شناسایی شدند [۱۶ و ۱۷].

#### ۲-۲-۳- اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره

برای اندازه‌گیری میزان مهار رادیکال آزاد DPPH از روش بیم و همکاران [۱۸] استفاده شد. بدین منظور ۰/۳ میلی لیتر از عصاره شاهدانه با غلظت‌های مختلف با ۲/۷ میلی لیتر محلول متانولی ( $6 \times 10^{-5}$ ) DPPH مخلوط و به مدت ۶۰ دقیقه در دمای اتاق در مکان تاریک نگهداری شده و جذب در ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. برای نمونه شاهد از تمام ترکیبات و شرایط ذکر شده بدون افزودن عصاره استفاده شد. قدرت احیا کنندگی آهن<sup>۲+</sup> FRAP از روش آکول و همکاران [۱۹] با اندکی تغییر اندازه‌گیری شد. در لوله آزمایش به ۰/۲ میلی لیتر عصاره (با غلظت‌های مختلف بر حسب میلی گرم بر میلی لیتر) با محلول استاندارد آبی سولفات آهن (غلظت ۰/۳۷-۰/۱۸۵ میکرومول)، ۱ میلی لیتر از محلول کاری اضافه و مخلوط شد. مخلوط فوق ۵ دقیقه در دمای محیط قرار داده شد. دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۹۳ نانومتر توسط محلول کاری گردید و سپس جذب نوری نمونه‌ها قرائت شد. آنتی‌اکسیدانی سنتزی TBHQ به میزان ۱۰۰ ppm در هر دو روش به عنوان کنترل مثبت استفاده شد.

#### ۲-۲-۴- استخراج صمغ دانه ریحان، اندازه‌گیری

##### ویسکوزیته صمغ، تهیه کپسول و خشک کردن

برای استخراج صمغ دانه ریحان از روش کاراژیان و همکاران [۲۰] استفاده شد. دانه‌ها به صورت دستی از الک عبور داده شدند تا ناخالصی‌های آن‌ها جدا شود. صمغ از دانه کامل ریحان و با استفاده از آب مقطر با نسبت ۳۰ به ۱، pH=۱۰ و دمای ۳۵°C استخراج شد. مخلوط حاضر به مدت ۱۵ دقیقه به طور مداوم هم زده شد. جداسازی صمغ از دانه‌های متورم با عبور دانه‌ها از یک اکستراکتور مجهز به صفحه چرخنده صورت گرفت و سپس در آن در دمای ۶۰°C خشک گردید. توده استخراجی خشک شده آسیاب و برای تهیه کپسول مورد استفاده قرار گرفت. ویسکوزیته صمغ دانه ریحان با استفاده از یک دستگاه ویسکومتر چرخشی بروکفیلد (RVD-II+pro) ساخت

بسته‌های نایلونی منظور جلوگیری از نفوذ رطوبت بسته‌بندی و تا زمان انجام آزمایش در فریزر در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند [۱۴]. سایر مواد شیمیایی از شرکت مرک آلمان خریداری شدند.

#### ۲-۱- روش‌ها

##### ۲-۲-۱- استخراج عصاره، اندازه‌گیری فنول کل عصاره

##### و تعیین فراکسیون ترکیبات فنولی عصاره

به منظور استخراج عصاره با حلال، ده گرم پودر شاهدانه با حلال اتانول-آب (۲۰:۸۰) به نسبت ۱:۱۰ وزنی/حجمی ترکیب و دور از نور به مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق قرار داده شد. برای استخراج عصاره با استفاده از فراصوت از حمام فراصوت استفاده شد. ده گرم نمونه خرد شده شاهدانه با ۱۰۰ میلی لیتر از اتانول:آب (۵۰ درصد) در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲۰ دقیقه در ۲۰ KHz عصاره‌گیری شد. سپس هر دو محلول با کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف و حلال‌ها توسط تبخیر گردان تحت خلاء تبخیر شد. عصاره حاصله تا زمان انجام آزمایش در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد [۱۴]. اندازه‌گیری ترکیبات فنولی مطابق روش وجیک و همکاران [۱۵] انجام شد. ۰/۱ میلی لیتر از محلول عصاره (با غلظت ۱ mg/ml) با ۰/۵ میلی لیتر معرف فولین سیوکالتو (رقیق شده با آب مقطر به نسبت ۱ به ۱۰) مخلوط شد. بعد از گذشت ۱ تا ۸ دقیقه، ۰/۴ میلی لیتر محلول کربنات سدیم (۷/۵ درصد وزنی/حجمی) به محتوای لوله آزمایش افزوده شد. لوله‌های آزمایش بعد از تکان دادن، درون حمام آب با دمای ۴۰ درجه سانتیگراد، قرار گرفتند و پس از گذشت ۳۰ دقیقه، جذب نوری آن‌ها در طول موج ۷۶۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. برای شناسایی ترکیبات فنولی عصاره از دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف سنج جرمی از نوع Agilent 6890 استفاده شد. ستون دستگاه به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه ۰/۲۵ میکرومتر از نوع HP-5MS بود. برنامه دمایی ستون به این نحو تنظیم شد: دمای ابتدایی آن ۵۰ درجه سانتیگراد، توقف در این دما ۵ دقیقه و دمای انتهایی ۲۴۰ درجه سانتیگراد و گرادیان حرارتی ۳ درجه سانتیگراد در هر دقیقه، افزایش دما تا ۳۰۰ درجه سانتیگراد با سرعت ۳ دقیقه بود. دمای اتاق تزریق ۲۹۰ درجه سانتیگراد بود و از گاز هلیوم به عنوان گاز حامل با سرعت جریان ۰/۸ میلی‌متر در دقیقه استفاده شد. طیف سنج جرمی مورد

بود که با استفاده از نیروی اتمی ساختار مورد بررسی قرار گرفت. برای لایه‌گذاری طلا و پالادیوم مورد استفاده در این پژوهش از دستگاه ساخت شرکت Bal-Tec استفاده شد [۲۴].

#### ۲-۷-آزمون‌های روغن

برای اندازه‌گیری عدد پراکسید و عدد اسید تیوباریتوریک از روش AOCs به ترتیب به شماره (Cd 8-53) و (Cd 19-) (90) استفاده شد. عدد پراکسید بر حسب میلی اکسید تیوباریتوریک در ۱۰۰۰ گرم روغن و عدد اسید تیوباریتوریک بر حسب میلی گرم مالون آلدئید در ۱۰۰۰ گرم روغن بیان شد [۲۵].

#### ۲-۳-تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه تحلیل آماری داده‌های بدست آمده از روش‌های مختلف در این پژوهش در قالب طرح آزمایشی کاملاً تصادفی و با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ و نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل نسخه ۲۰۱۳ استفاده شد. به منظور کاهش خطا کلیه آزمایشات در سه تکرار انجام شد.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱-ترکیبات فنولی

حضور ترکیبات فنولی در تمام گیاهان روغنی به اثبات رسیده است و وجود این ترکیبات برای افزایش پایداری اسیدهای چرب چند غیر اشباع در این روغن‌ها ضروری می‌باشد [۲۶]. میزان ترکیبات فنولی در روش استخراج با امواج اولتراسوند بسیار بالاتر است و دو روش با هم اختلاف معنی دار آماری داشتند (جدول ۱). فنولیک اسیدها به صورت استرها، گلیکوزیدها و کمپلکس‌های باند شده در گیاهان وجود دارند همین امر منجر می‌شود که این ترکیبات در روش‌های معمولی استخراج به سختی خارج شوند و نیاز به زمان طولانی‌تری داشته باشند. در حالیکه روش استخراج با کمک امواج فراصوت روشی اقتصادی، با مصرف انرژی پایین و دوست دار محیط زیست است و باعث افزایش انتقال جرم مواد در بافت‌های سلولی گیاهی می‌شوند [۲۷]. امواج فراصوت با ایجاد نیروی کاویتاسیون منجر به افزایش میزان جابجایی جرم می‌شوند و با

کشور آمریکا) در محدوده سرعت برشی ۶/۱۲ تا ۲۵ بر ثانیه در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری شدند. ۱۶ میلیلیتر صمغ دانه ریحان درون محفظه استوانه ای دستگاه ریخته شد و با استفاده از اسپندل شماره ۱۵ ویسکوزیته ظاهری، سرعت برشی و تنش برشی نمونه‌ها اندازه‌گیری شد [۲۱]. دیواره پوشش یا کپسول با نسبت ۱:۱ از ترکیبات مالتودکسترین، کیتوزان و صمغ دانه ریحان (مالتودکسترین: کیتوزان، مالتودکسترین: صمغ دانه ریحان، کیتوزان: صمغ دانه ریحان) و با استفاده از روش کارنیرو و همکاران [۹] تهیه شد. محلول بدست آمده یک شب در دمای ۳۰- درجه سانتیگراد قرار گرفت تا منجمد شود سپس در فشار ۰/۰۱۷ میلی بار و دمای ۵۷- درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت در دستگاه خشک کن انجمادی لیوفیلیزه شد. عصاره‌های انکپسوله شده خارج شده از فریز درایر با استفاده از هاون و بوتله چینی به پودر تبدیل شدند [۲۲].

#### ۲-۲-۵-اندازه کپسول و پتانسیل زتا

اندازه‌گیری قطر کپسول‌ها با استفاده از دستگاه پارتیکل سائز آنالایزر و بر اساس روش تفرق نور لیزر اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری پتانسیل زتا از دستگاه زتاسایزر استفاده شد. دمای محلول آزمایش ۲۵ درجه سانتیگراد بود [۲۳]. سپس TBHQ به میزان ۱۰۰ ppm و عصاره اولتراسوندی شاهدانه بصورت آزاد و ریزپوشانی شده در غلظت ۲۰۰۰ ppm (که بالاترین فعالیت آنتی رادیکالی را داشت) به روغن سویا اضافه شد و روغن به مدت ۴۰ روز در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد نگهداری و آزمون‌های اکسایش روغن عدد پراکسید و عدد اسید تیوباریتوریک برای تمام نمونه‌های روغن در فواصل زمانی ۸ روز و در سه تکرار انجام شد.

#### ۲-۲-۶-مورفولوژی نانو کپسول‌ها

مقداری از نانو کپسول‌های خشک شده توسط چسب مخصوص روی پین‌های آلومینیومی چسبانده شدند. موادی که جز دسته فلزات نیستند باید به وسیله یک لایه نازک رسانا (طلا و پالادیوم) پوشانده شوند. این کار به کمک ابزاری به نام پوشش دهنده و با استفاده از میدان الکتریکی و گاز آرگون انجام شد. دستگاه SEM<sup>۱</sup> مورد استفاده در این پژوهش مدل XL30 ساخت شرکت فیلیپس کشور هلند و ولتاژ دستگاه ۲۶ کیلو ولت

6. Scanning electron microscope

**Table 2** Analysis of phenolic compounds in hemp seed extract

Compounds	Rt	GC peak area (%)
$\alpha$ -Pinene	936	12.21
Camphene	949	0.16
$\beta$ -Pinene	977	4.11
Myrcene	983	24.01
Terpinolene	1065	10.02
Caryophyllene	1215	27.71

**۲-۲-۲-اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره****۲-۲-۱-مهار رادیکال DPPH**

رادیکال‌های آزاد تولید شده از فرآیند اکسیداسیون، برای تولید انرژی فرآیندهای سوخت و ساز بیولوژیکی در بدن موجودات زنده مورد نیاز هستند. اما تولید بیش از اندازه رادیکال‌های آزاد از قبیل سوپراکسید، هیدروکسیل و رادیکال‌های پروکسی باعث آسیب به چربی‌ها، پروتئین‌ها و DNA سلول‌ها و در نتیجه بیماری‌هایی مانند آماس، بیماری‌های قلبی، سرطان، دیابت و ... میشوند [۳۴]. ترکیبات آنتی اکسیدانی نقش مهمی در دفاع از بدن علیه رادیکال‌های آزاد ایفا می‌کنند که این عمل را با استفاده از خنثی سازی یا مهار مولکول‌های اکسید شده و حفظ تعادل اکسایش-کاهش انجام می‌دهند. هر دو نوع آنتی اکسیدان‌های طبیعی و سنتزی می‌توانند بدین منظور در غذاها مورد استفاده قرار بگیرند [۳۵]. با افزایش غلظت عصاره، میزان مهار رادیکال‌های آزاد DPPH افزایش یافته است و اختلاف معنی دار آماری ایجاد شده است. عصاره شاهدانه به دلیل دارا بودن ترکیبات فنولی قدرت آنتی رادیکالی بالایی نشان داد. منوترپن-های فنولیک موجود در عصاره قدرت هیدروژن دهنده بالایی دارند و توان احیای رادیکال‌های آزاد DPPH را دارا می‌باشند [۳۶]. با افزایش غلظت عصاره و یا درجه هیدروکسیلاسیون ترکیبات فنولی، فعالیت مهار رادیکال آزاد DPPH افزایش می‌یابد (شکل ۱) که به عنوان فعالیت آنتی اکسیدانی تعریف می‌شود [۳۷]. نتایج مطالعه کیندلسید و همکاران [۳۸] نشان می‌دهد عصاره‌ها در اغلب موارد فعالیت آنتی اکسیدانی بالاتری نسبت به آنتی اکسیدان سنتزی BHT دارند. این نتایج با نتایج هانگ و همکاران [۳۹] مطابقت دارد. آن‌ها عصاره شاهدانه را با دو روش استخراج با سیال فوق بحرانی و معمولی با استفاده از حلال اتانول استخراج نمودند و فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره‌های حاصل را با استفاده از روش مهار رادیکال آزاد DPPH اندازه گیری نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که با افزایش غلظت عصاره میزان مهار رادیکال افزایش یافته است.

ترکیدن حباب‌ها در سطح مایع جامد منجر به خروج ترکیبات فعال از سلول‌های گیاهی می‌شود [۲۸]. مطالعات مختلف نشان داده است که میزان خروج ترکیبات فعال از شاهدانه [۲۹] در روش استخراج با امواج فراصوت بالاتر از روش‌های معمولی استخراج بوده است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

**Table 1** Total phenolic content of different extracts

Extraction method	Total phenol (mg GA/100 g hemp seed)
Solvent	951.01±30.86 <sup>b</sup>
Ultrasonic assisted	1267.85±64.79 <sup>a</sup>

Different letters in columns indicate significant statistical difference ( $P < 0.05$ ).

مقدار ترکیبات فنولی یک گیاه به محیط زیست، آب و هوا، فاکتورهای ژنتیکی و روش‌های استخراج بستگی دارد و بر کمیت و کیفیت ترکیبات موثره در شاهدانه تأثیر می‌گذارد [۳۰]. ته و بیرج [۳۱] مقادیر ترکیبات فنولی شاهدانه را با دو روش استخراج با فراصوت و استخراج معمولی حلال اندازه گیری نمودند که به ترتیب ۹۵۲ و ۴۷۰ میلی گرم اسیدگالیک بر ۱۰۰ گرم شاهدانه بدست آمد. این نتایج نشان می‌دهد که روش استخراج با فراصوت توانسته به میزان بیشتری ترکیبات فنولی شاهدانه را خارج نماید که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. همچنین دلیل اختلاف در مقادیر بدست آمده در پژوهش حاضر به دلیل تفاوت در شرایط استخراج و نوع حلال مورد استفاده بوده است. در این پژوهش از حلال اتانول: آب استفاده شد ولی ته و بیرج [۳۱] از حلال آب:استون:متانول استفاده نمودند. ترکیبات فنولی موجود در دانه شاهدانه در داخل ساختاری سخت و نامحلول از قبیل واکوئل، لیپوپروتئین، لیگنین، پوست و دیواره سلولی قرار دارند [۳۲]. استفاده از روش فراصوت برای استخراج ترکیبات فعال علاوه بر افزایش بازده استخراج منجر به کاهش مصرف حلال نیز می‌شود [۳۱]. در جدول ۲ ترکیبات فنولی سازنده عصاره شاهدانه به تفکیک نشان داده شده است. در یک پژوهش داپورتو و همکاران [۳۳] وجود آلفا و بتا پینن و کامفن در عصاره شاهدانه را به اثبات رسانند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

۳-۲-۴- رتولوژی صمغ دانه ریحان

اکثر صمغ‌های دانه‌ای رفتار شل شونده با زمان از خود نشان می‌دهند [۴۱]. همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود صمغ دانه ریحان رفتار شل شونده با برش داشته است و با افزایش سرعت برشی، ویسکوزیته ظاهری صمغ کاهش یافته است. این نتایج با نتایج صالحی و کاشانی نژاد [۴۲] مطابقت دارد. پارامترهای  $R$ ،  $k_p(Pa.s^n)$  و  $n_p$  بر اساس قانون توان به ترتیب ۰/۹۰۶، ۰/۱۳۸ و ۰/۳۲ بدست آمد. ناجی طبسی و رضوی [۴۳] و رضوی و همکاران [۴۴] نیز رفتار رقیق شونده با برش در صمغ دانه ریحان را گزارش نمودند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

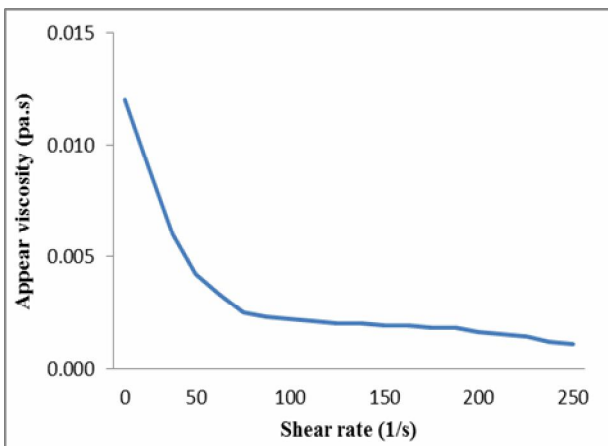


Fig 3 Appear viscosity of Basil seed gum

۳-۲-۵- خصوصیات ریزپوشینه

یکی از مهمترین ویژگی‌های ترکیبات پودری و انکپسوله شده، اندازه و توزیع ذرات است که بر خصوصیات کپسول اثر می‌گذارد. نمونه‌های مالتودکسترین: کیتوزان کوچکترین اندازه کپسول را داشتند (جدول ۳).

Table 3 Size and zeta potential of nanocapsule

Capsule type	Diameter (nm)	Zeta potential (mV)
M:C	150.71±1.59c	17.13±1.25b
C:G	165.99±1.79b	18.22±1.07a
M:G	171.42±0.99a	18.45±0.44a

Different letters in columns indicate significant statistical difference ( $P < 0.05$ ), M:C (Maltodextrin:Chitosan), C:G (Chitosan:Gum), M:G (Maltodextrin:Gum)

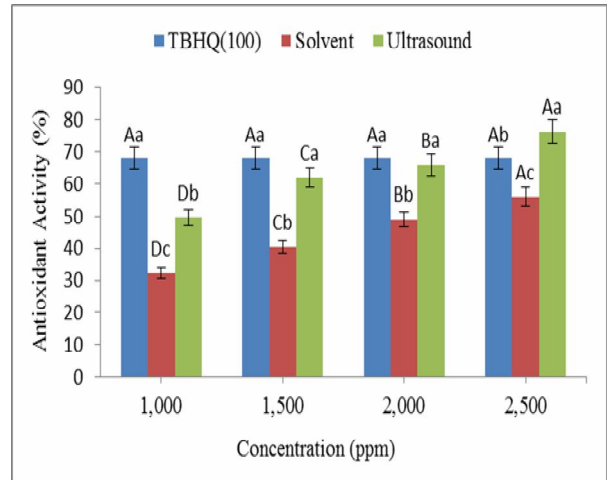


Fig 1 DPPH radical scavenging of different concentration of extract and TBHQ

۳-۲-۲- قدرت احیا کنندگی آهن FRAP

سنجش قدرت احیا کنندگی (آنتی اکسیدان) در نمونه ناشی از احیا آهن III به آهن II با اهدا الکترون می‌باشد. میزان کمپلکس آهن با اندازه‌گیری میزان تشکیل رنگی آبی پروس در ۷۰۰ نانومتر قابل اندازه‌گیری است. با افزایش غلظت عصاره شاهدانه میزان احیا آهن و فعالیت آنتی اکسیدانی افزایش یافت و بین غلظت‌های مختلف از عصاره اختلاف معنی دار آماری مشاهده شد (شکل ۲). پریمانان و همکاران [۴۰] ضمن بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره برگ‌های شنبلله با استفاده از روش احیا آهن اعلام کردند که با افزایش غلظت عصاره فعالیت آنتی اکسیدانی آن افزایش می‌یابد که مطابق با نتایج این پژوهش است. هانگ و همکاران [۳۹] نشان دادند که با افزایش غلظت عصاره شاهدانه فعالیت آنتی رادیکالی و میزان مهار رادیکال‌های آزاد در عصاره افزایش می‌یابد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

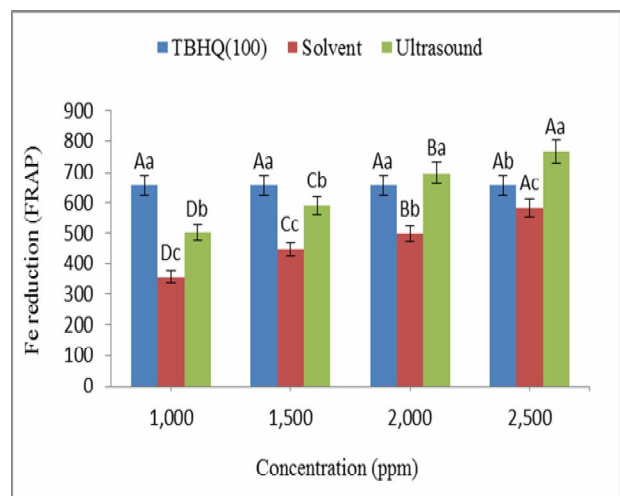


Fig 2 Antioxidant activity of Fe reduction of different concentration of extract and TBHQ

باتسترین و سالایون [۴۷] میزان پتانسیل زتا را برای نمونه‌های مختلف کیتوزان و صمغ عربی را برابر ۱۵-۲۲ میلی ولت اعلام نمودند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. ترکیب تشکیل دهنده کپسول با اندازه پتانسیل زتا اندازه‌گیری شده مرتبط است و با کاهش اندازه کپسول‌ها میزان پتانسیل زتا کاهش می‌یابد [۴۸].

### ۳-۲-۵- مورفولوژی نانوکپسول‌ها

شکل ۴ مورفولوژی نانوکپسول‌های تهیه شده را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود نانوکپسول‌های تهیه شده از مالتودکسترین: کیتوزان دارای ساختار منسجم تر و یکنواخت‌تری بودند و اندازه کوچکتری داشتند. همچنین راندمان ریزپوشانی در نمونه‌های مالتودکسترین: صمغ دانه ریحان کمتر بود که فواصل بیشتری در بین نانوکپسول‌ها دیده می‌شود. این نتایج با نتایج بالکائو و همکاران [۴۸]، چان [۴۹]، کیم و همکاران [۵۰] مطابقت دارد.

ژانگ و همکاران [۴۵] اندازه نانوکپسول‌های کیتوزان را بطور متوسط ۱۵۳ تا ۵۰۰ نانومتر اعلام کردند که با نتایج بدست آمده از این پژوهش مطابقت دارد. بنظر می‌رسد تفاوت در روش خشک کردن کپسول‌ها بر اندازه کپسول موثر است. آن‌ها از آون برای خشک کردن استفاده نمودند در حالیکه در این پژوهش از خشک کن انجمادی استفاده شد. رضوی زاده و همکاران [۴۶] ضمن بررسی اثرات استفاده از ترکیبات مختلف بر اندازه کپسول‌ها اعلام نمودند که نوع ترکیبات سازنده کپسول بر اندازه تاثیر دارد. همانطور که مشاهده می‌شود اندازه کپسول‌های بدست آمده از مواد مختلف با هم اختلاف معنی دار آماری داشته و نمونه‌های مالتودکسترین: صمغ دانه ریحان بیشترین اندازه را داشتند. جوی و همکاران [۲۳] اندازه کپسول‌های تهیه شده از زئین و کازئینات برای ریزپوشانی رسوراترول را ۱۰۰ و ۱۷۰ نانومتر اعلام نمودند که دارای اندازه ای برابر با کپسول‌های بدست آمده از مالتودکسترین: صمغ می‌باشد.

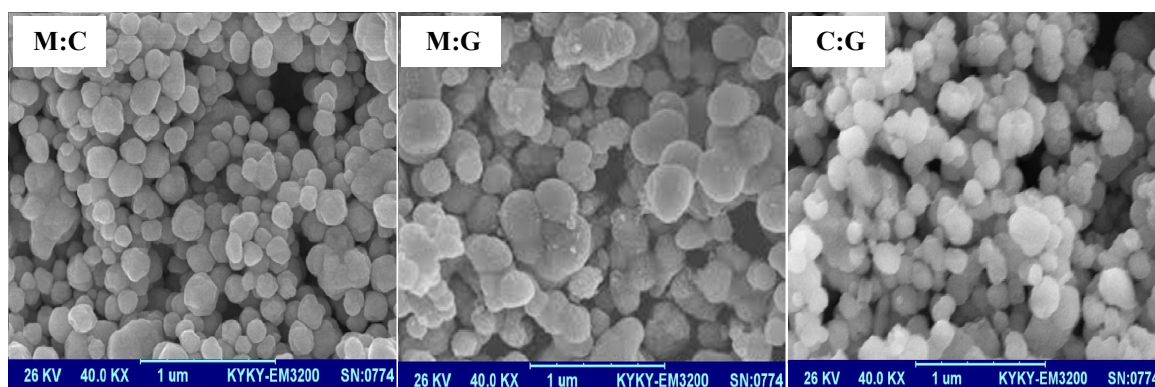


Fig 4 Nano Capsules structure. 1) Maltodextrin:Chitosan (M:C) 2) Maltodextrin: Gum (M:G), and 3) Chitosan:Gum (C:G)

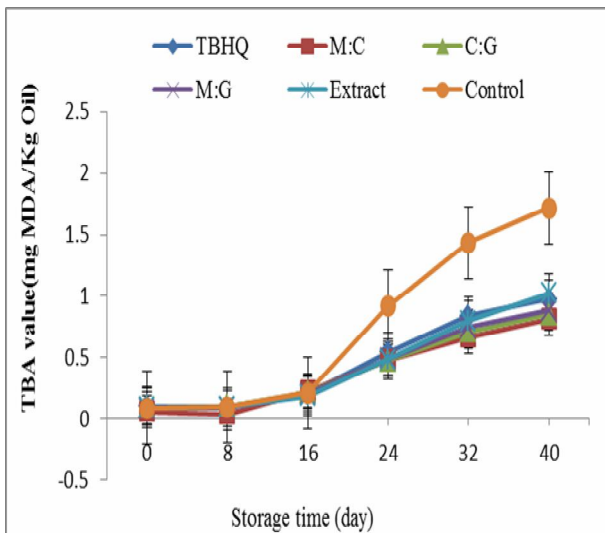
### ۳-۲-۶- اندازه گیری عدد پراکسید

پراکسید محصول اولیه اکسایش مواد چرب است و به طور کلی هر اندازه که درجه غیراشباعی روغن‌ها بیشتر باشد روغن‌ها و چربی‌ها آمادگی بیشتری برای اکسیداسیون دارا می‌باشند. عدد پراکسید یکی از پارامترهای کیفی و شاخص‌های در ارتباط با فساد شیمیایی روغن‌ها محسوب می‌شود و غلظت پراکسیدها و هیدروپراکسیدها را طی دوره نگهداری اندازه گیری می‌کند [۵۱]. در تمام نمونه‌های مورد بررسی با افزایش زمان نگهداری روغن، عدد پراکسید افزایش یافته است (شکل ۵). نمونه شاهد بالاترین میزان عدد پراکسید را داشت. علت کاهش میزان پراکسید برای تیمار شاهد در انتهای دوره به دلیل تجزیه هیدروپراکسیدها واکنش‌های ثانویه اکسیداسیون و تولید کربونیل‌ها و ترکیبات فرار باشد [۵۲].

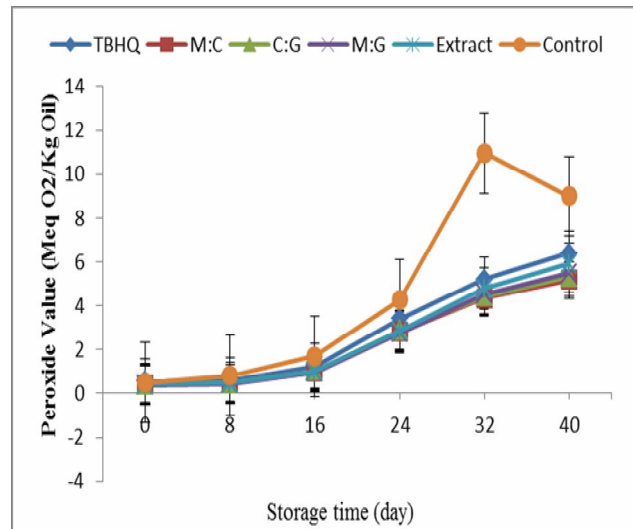
### ۳-۲-۶- آزمون‌های روغن

با توجه به نتایج مربوط به میزان فنول کل عصاره و فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره با استفاده از روش مهار رادیکال آزاد DPPH و نیز خاصیت احیا کنندگی آهن، مشخص شد که غلظت ۲۵۰۰ ppm از عصاره اولتراسوندی دارای فعالیت آنتی اکسیدانی بالاتر از TBHQ است و همچنین بین فعالیت آنتی اکسیدانی TBHQ و ۲۰۰۰ ppm از عصاره شاهدانه اختلاف معنی دار آماری مشاهده نشد. لذا عصاره شاهدانه در غلظت ۲۰۰۰ ppm برای عمل ریزپوشانی و تزریق به روغن انتخاب شد.

این نتایج با نتایج میراحمدی و همکاران [۵۵] مطابقت دارد. آنها ضمن بررسی اثرات آنتی اکسیدانی عصاره برگ چای و دو آنتی اکسیدان سنتزی BHT و BHA اعلام نمودند که طی دوره نگهداری عدد اسید تیوباربتوریک در نمونه‌های روغن افزایش یافت در حالیکه در نمونه‌های حاوی عصاره این اندیس کمتر از نمونه‌های حاوی آنتی اکسیدان‌های سنتزی بود. در ابتدای دوره نگهداری مقادیر عدد اسید تیوباربتوریک بسیار ناچیز است زیرا این اندیس در اثر تجزیه هیدروپراکسیدها تشکیل می‌شود و با گذشت دوره نگهداری تبدیل آن‌ها به کتون‌ها و آلدئیدها افزایش می‌یابد [۵۶]. نوشیروانی و همکاران [۵۷]. ضمن بررسی اثرات آنتی اکسیدانی عصاره و پودر پوست سبز گردو در افزایش عمر ماندگاری روغن آفتابگردان اعلام نمودند که با افزایش زمان نگهداری، عدد اسید تیوباربتوریک در تمام نمونه‌های مورد بررسی افزایش می‌یابد و عصاره به دلیل دارا بودن ترکیبات فنولی از اکسایش روغن جلوگیری می‌نماید و در نمونه‌های حاوی عصاره پوست گردو میزان عدد اسید تیوباربتوریک کمتر از نمونه‌های شاهد است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. فانگا و بهانداری [۵۸] اعلام کردند که استفاده از عمل انکپسولاسیون منجر به افزایش کارایی عصاره‌های ریزپوشانی شده می‌شود که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. گرتزی و همکاران [۵۹] نشان دادند که در سیستم‌های غذایی غذایی فعالیت آنتی اکسیدانی در عصاره‌های ریزپوشانی شده بیشتر از عصاره آزاد است.



**Fig 6** Change in thiobarbituric acid value of different samples during storage. Control: Oil without antioxidant, Extract, M:G, C:G, M:C and TBHQ Oil containing free extract, Maltodextrin, Chitosan:Gum, Maltodextrin:Chitosan and TBHQ respectively



**Fig 5** Change in peroxide value of different samples during storage. Control: Oil without antioxidant, extract, M:G, C:G, M:C and TBHQ Oil containing free extract, Maltodextrin, Chitosan:Gum, Maltodextrin:Chitosan and TBHQ respectively

تقوایی و همکاران [۵۳] نشان دادند نمونه روغن سویای شاهد (فاقد آنتی اکسیدان) دارای بالاترین عدد پراکسید طی دوره نگهداری بوده است و با گذشت زمان نگهداری، عدد پراکسید نمونه‌های روغن افزایش می‌یابد که این افزایش ابتدا آرام و سپس به میزان زیادی افزایش می‌یابد و با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. باقری و همکاران [۱۲] ضمن بررسی اثرات آنتی اکسیدانی عصاره آزاد و انکپسوله شده رازیانه در جلوگیری از اکسایش ماهی کیلکا اعلام نمودند که عصاره به دلیل دارا بودن ترکیبات فنولی از اکسایش چربی روغن جلوگیری می‌کند که تاثیر آنتی اکسیدانی عصاره انکپسوله بالاتر است. این نتایج با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. این امر نشان دهنده توانایی کپسول در بهبود فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره و افزایش دسترسی عصاره است که در مطالعات گوناگون نشان داده شده است [۱۲].

### ۳-۲-۵-۲-اندازه گیری عدد اسید تیوباربتوریک

پراکسیدهای تولید شده از مرحله اول اکسایش ترکیبات بسیار ناپایداری هستند و به ویژه تحت اثر حرارت به سرعت تجزیه شده و ترکیبات ثانویه اکسایش را ایجاد می‌نمایند [۵۴]. روند تغییرات عدد اسید تیوباربتوریک در تمام نمونه‌های مورد بررسی افزایشی بود. نمونه‌های حاوی عصاره ریزپوشانی شده کمترین عدد اسید تیوباربتوریک را داشتند (شکل ۶). مطابق با نتایج شهیدی و واناسوندر [۱۳] افزایش در میزان اندیس اسید تیوباربتوریک ممکن است به دلیل اکسیداسیون محصولات ثانویه اکسایش و شکل گیری کربوکسیلیک اسیدها باشد [۱۳].



techniques. First international Food Science and Technology congress. Iran, Tehran.

- [6] Chen, T., He, J., Zhang, J., Li, Z., Zhang, H., Hao, J., and Li, L. (2012). The isolation and identification of two compounds with predominant radical scavenging activity in hempseed (seed of *Cannabis sativa* L.). *Food Chemistry*, 134, 1030–1037.
- [7] Calvo, P., Castano, A. L., Lozano, M., and Gomez, D. G. (2012). Influence of the microencapsulation on the quality parameters and shelf-life of extra-virgin olive oil encapsulated in the presence of BHT and different capsule wall components. *Food Research International*, 45, 256-261.
- [8] Robert, P., Gorena, T., Romero, N., Sepulveda, E., Chavez, J., and Saenz, C. (2010). Encapsulation of polyphenols and anthocyanins from pomegranate (*Punica granatum*) by spray drying. *International journal of food science and technology*, 45:1386-1394.
- [9] Carneiro, H. C., Tonon, R. V., Grosso, C. R., and Hubinger, M. D. (2013). Encapsulation efficiency and oxidative stability of flaxseed oil microencapsulated by spray drying using different combinations of wall materials. *Journal of Food Engineering*, 115:443-451.
- [10] Mohammadi, A., Jafari, S.M., Esfanjani, A.F. and Akhavan, S. (2016). Application of nano-encapsulated olive leaf extract in controlling the oxidative stability of soybean oil. *Food chemistry*, 190:513-519.
- [11] Betz, M. and Kulozik, U. 2011. Microencapsulation of bioactive bilberry anthocyanins by means of whey protein gels. *Procedia Food Science*. 1:2047-2056.
- [12] Bagheri, R., Izadi Amoli, R., Tabari Shahndasht, N., and Shahosseini, S. R. (2016). Comparing the effect of encapsulated and unencapsulated fennel extracts on the shelf life of minced common kilka (*Clupeonella cultriventris caspia*) and *Pseudomonas aeruginosa* inoculated in the mince. *Food Science and Nutrition*, 4(2): 216-222.
- [13] Shahidi, F., and Wanasundara, U. N. (2002). Methods for measuring oxidative rancidity in oils. In: Akon CC., Min DB (eds) *Food Lipids: Chemistry, nutrition and biotechnology*, pp: 387-403.
- [14] Esmaeilzadeh Kenari, R., Mohsenzadeh F., and Raftani Amiri Z. (2014). Antioxidant activity and total phenolic compounds of Dezful sesame cake extracts obtained by

## ۴- نتیجه گیری

در این پژوهش اثرات افزودن عصاره خالص و ریزپوشانی شده شاهدانه و آنتی اکسیدان سنتزی TBHQ بر افزایش عمر ماندگاری روغن سویا بدون آنتی اکسیدان طی شرایط نگهداری در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۰ روز مورد بررسی قرار گرفت. کیسول‌های بدست آمده اندازه ای در محدوده نانو داشتند. نمونه شاهد بالاترین میزان اکسیداسیون روغن را داشته و در بین نمونه‌های حاوی آنتی اکسیدان نمونه‌های ریزپوشانی کمترین میزان اکسایش را داشته اند. استفاده از عمل ریزپوشانی با محافظت عصاره، منجر به افزایش توان آنتی اکسیدانی عصاره می‌شود و لذا فعالیت آنتی اکسیدانی این عصاره بالاتر از سایر آنتی اکسیدان‌ها بود و طی مدت نگهداری با رهایش ترکیبات فنولی از کیسول به درون روغن باعث افزایش عمرماندگاری روغن شد. در مجموع نتایج این تحقیق پیشنهاد می‌کند با توجه به مضرات آنتی اکسیدان‌های سنتزی و اثرات آنتی اکسیدانی قویتر عصاره شاهدانه به صورت ریزپوشانی شده در مقایسه با TBHQ، میتوان از عصاره ریزپوشانی شده شاهدانه در کیسول مالتودکسترین:کیتوزان به عنوان یک نگهدارنده طبیعی به منظور افزایش عمر ماندگاری روغن استفاده نمود.

## ۵- منابع

- [1] Lee, S. Y., Dangaran, K. L., Guinard, J. X., and Krochta, J. M. (2002). Consumer acceptance of whey-protein-coated versus shellac-coated chocolates. *Journal of food science*, 67:2764–2769.
- [2] Sikwese, F. E., and Duodu, K. G. (2007). Antioxidant effect of a crude phenolic extract from sorghum bran in sunflower oil in the presence of ferric ions. *Food Chemistry*, 104: 324-331.
- [3] Krishnaiah, D., Sarbatly, R., and Nithyanandam, R. (2010). A review of the antioxidant potential of medicinal plant species. *Food and Bioproducts Processing*, 157: 1-17.
- [4] Pokorny, J., Yanishlieva, N., and Gordon, M. (2001). *Antioxidants in food*. 1th ed. New York. CRC. Press, USA. pP:107.
- [5] Razavi, R., Esmaeilzadeh kenari, R. (2016). Antioxidant activity of red onion (*Allium cepa* L.) peel extract produced by maceration, ultrasonic assisted and supercritical extraction

- [24] Raei, M., Rajabzadeha, G., Zibaei, S., Jafari, S. M. and Sani, A. M. (2015). Nano-encapsulation of isolated lactoferrin from camel milk by calcium alginate and evaluation of its release. *International Journal of Biological Macromolecules*, 79: 669-673.
- [25] AOCS. (1990). *Official Methods and Recommended Practices of American Oil Chemists' Society*, edited by David Firestone, Methods. 15th ed. Washington, DC.
- [26] Siger, A., Nogala-Kalucka, M., and Lampart-Szczapa, E. (2008). The Content and Antioxidant Activity of Phenolic Compounds in Cold-Pressed Plant Oils. *Journal of Food Lipids*, 15: 137-149.
- [27] Toepfl, S., Mathys, A., Heinz, V., and Knorr, D. (2006). Review: potential of high hydrostatic pressure and pulsed electric fields for energy efficient and environmentally friendly food processing. *Food Reviews International*, 22: 405-423.
- [28] Knorr, D., Ade-Omowaye, B. I. O., and Heinz, V. (2002). Nutritional improvement of plant foods by non-thermal processing. *Proceedings of the Nutrition Society*. 61:311-318.
- [29] Lin, J. Y., Zeng, Q. X., An, Q. I., Zeng, Q. Z., Jian, L. X., and Zhu, Z. W. (2012). Ultrasonic extraction of hempseed oil. *Journal of Food Process Engineering*, 35: 76-90.
- [30] Semih, O., and Buket, Y. (2012). Phenolic Compounds Analysis of Root, Stalk and Leaves of Nettle. *The Scientific World Journal*, 1-12.
- [31] The, S., and Brich, J. B. (2014). Effect of ultrasonic treatment on the polyphenol content and antioxidant capacity of extract from defatted hemp, flax and canola seed cakes. *Ultrasonics Sonochemistry*, 21(1): 346-353.
- [32] Rodrigues, S., and Pinto, G.A.S. (2007). Ultrasound extraction of phenolic compounds from coconut (*Cocos nucifera*) shell powder. *Journal of Food Engineering*, 80: 869-872.
- [33] Da Porto, C., Decorti, D. and Natolino A. (2014). Separation of aroma compounds from industrial hemp inflorescences (*Cannabis sativa* L.) by supercritical CO<sub>2</sub> extraction and on-line fractionation. *Industrial Crops and Products*, 58: 99-103.
- [34] Tachakittirungrod, S., Okonogi, S., and Chowwanapoonpohn, S. (2007). Study on antioxidant activity of certain plants in Thailand: Mechanism of antioxidant action of guava leaf extract. *Food Chemistry*, 103: 381-388.
- classical and ultrasound-assisted extraction methods. *Food science and nutrition*, 2(4):426-435.
- [15] Vajić, U. J., Grujić-Milanović, J., Živković, J., Šavikin, K., Gođevac, D., Miloradović, Z., Bugarski, B., and Mihailović-Stanojević, N. (2015). Optimization of extraction of stinging nettle leaf phenolic compounds using response surface methodology. *Industrial Crops and Products*, 74: 912-917.
- [16] Adams, R.P. (2000). *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy*. Allured Publishing Corporation. Illinois.
- [17] Marriott, P.J., Shellie, R. and Cornwell, C. (2001). Gas chromatographic technologies for the analysis of essential oils. *Journal of Chromatography*, 93: 1-22.
- [18] Yim, H. S., Chye, F. Y., Koo, S. M., Matanjun, P., How, S. E., and Ho, C.W. (2012). Optimization of extraction time and temperature for antioxidant activity of edible wild mushroom, *Pleurotus porrigens*. *Food and Bioproducts Processing*, 49: 920-923
- [19] Akkol, E.K., Orhan, I.E., and Yeşilada, E. (2012). Anticholinesterase and antioxidant effects of the ethanol extract, ethanol fractions and isolated flavonoids from *Cistus laurifolius* L. leaves. *Food Chemistry*, 131: 626-631.
- [20] Karazhiyan, H., Razavi, S. M. A., Phillips, G. O., Fang, Y., Al-Assaf, S., and Nishinari, K. (2011). Physicochemical aspects of hydrocolloid extract from the seeds of *Lepidium sativum*. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(5): 1066-1072.
- [21] Rao, M. A. and Kenny, J. F. (1975). Flow properties of selected food gums. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 8: 142-148.
- [22] Chranioti, C., Nikoloudaki, A., and Tzia, C. (2015). Saffron and beetroot extracts encapsulated in maltodextrin, gum Arabic, modified starch and chitosan: Incorporation in a chewing gum system. *Carbohydrate polymers*, 127: 252-263.
- [23] Joye, I.J., Davidov-Pardo, G., and McClements, D.J. (2015) Encapsulation of resveratrol in biopolymer particles produced using liquid antisolvent precipitation. Part 2: Stability and functionality. *Food Hydrocolloids*, 49:127-134.

- journal of food Science and Technology, 44:1755-1762.
- [45] Zhang, H., Oh, M., Allen, C., and Kumacheva, E. (2004). Monodisperse Chitosan Nanoparticles for Mucosal Drug Delivery. *Biomacromolecules*, 5, 2461-2468.
- [46] Razavizadeh, B.M., Kadkhodae, R., Zaferani, Z. (2015). Extraction and encapsulation of capsaicinoids of red pepper oleoresin. *Research and innovation in Food Science and Technology*, 4 (3): 219-232.
- [47] Butstraena, C., and Salaüna F. (2014). Preparation of microcapsules by complex coacervation of gum Arabic and chitosan. *Carbohydrate Polymers* 99, 608– 616.
- [48] Balcão, V. M., Costa, C. I., Matos, C. M., Moutinho, C. G., Amorim, M., Pintado, E., Gomes, A. P., Vila, M. M. and Teixeira, J. A. (2013). Nanoencapsulation of bovine lactoferrin for food and biopharmaceutical applications. *Food Hydrocolloids*, 32: 425-431.
- [49] Chan, E.-S. (2011). Preparation of Calcium alginate beads containing high oil content: Influence of process variables on encapsulation efficiency and bead properties. *Carbohydrate Polymers*, 84:1267-1275
- [50] Kim, W.-T., Chung, H., Shin, I.-S., Yam, K. L., and Chung, D. (2008). Characterization of calcium alginate and chitosan-treated calcium alginate gel beads entrapping allyl isothiocyanate. *Carbohydrate Polymers*, 71: 566-573.
- [51] Albo, A. P. (2001). Effect of sesame seed flour on millet biscuit characteristics. *Plant Foods Human Nutrition*, 56: 195-202.
- [52] Vidya, S. R. G., and Srikar, L. N. (1996). Effect of preprocess ice storage on the lipid changes of Japanese threadfin bream (*Nemipterus japonicus*) mince during frozen. *Asian Fishery Science*, 9: 109-114.
- [53] Taghvaei, M., Jafari, S. M., Mahoonak, A. S., Nikoo, A. M., Rahmanian, N., Hajitabar, J. and Meshginfar, N. (2014). The effect of natural antioxidants extracted from plant and animal resources on the oxidative stability of soybean oil. *LWT-Food Science and Technology*, 56:124-130.
- [54] Whitaker, J. 2003. *Current protocols in food analytical chemistry*. John Wiley and Sons, Inc. pp: 4-5.
- [55] Mirahmadi, F., Fatemi, H., and Sahari, M. (2005). The effect of poly phenol of green tea extract in preventing sunflower oil oxidation.
- [35] Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T., Mazur, M., and Telser, J. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *International Journal of Biochemistry and Cell Biology*, 39: 44-84.
- [36] Hashemi, M. B., Niakousari, M., Saharkhiz, M. J., and Eskandari, M. H. (2012). Effect of *Satureja khuzestanica* essential oil on oxidative stability of sunflower oil during accelerated storage. *Natural Product Research*, 26(15): 1458-1463.
- [37] Ferreres, F., Sousa, C., Valente, P., Seabra, R. M., Pereira, J. A., and Andrade, P. B. (2007). Tronchuda cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *costata* DC) seeds: phytochemical characterization and antioxidant potential. *Food Chemistry*, 101: 549-558.
- [38] Kindleysides, S., Quek, S.Y., and Miller, M. R. (2012). Inhibition of fish oil oxidation and the radical scavenging activity of New Zealand seaweed extracts. *Food Chemistry*, 133: 1624–1631.
- [39] Hong, S. H., Sowndhararajan, K., Hoo, T., Lim, C., Cho, H., Kim, S., Kim, G.Y., and Ghoo, J.W. (2015). Ethanol and supercritical fluid extracts of hemp seed (*Cannabis sativa* L.) increase gene expression of antioxidant enzymes in HepG2 cells. *Asian Pacific Journal of Reproduction*, 4(2): 147-152.
- [40] Premanath, R., Sudisha, J., Lakshmi Devi, N., and Aradhya, S.M. (2011). Antibacterial and Anti-oxidant Activities of Fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.) Leaves. *Research Journal of Medicinal Plants*, 5(6): 695-705.
- [41] Amin, A.M., Ahmad, A.S., Yin Yin, Y., Yahya, N. and Ibrahim, N. (2007). Extraction, purification and characterization of durian (*Durio zibethinus*) seed gum. *Food Hydrocolloids*, 2: 273–279
- [42] Salehi, F. and Kashaninejad, M. (2014). The effect of sodium and calcium chloride salts on basil seed gum properties. *Food Technology and Nutrition*, 11:75-82.
- [43] Naji-Tabasi, S., & Razavi, S. M. A. (2015). New studies on basil (*Ocimum bacilicum* L.) seed gum: Part III e Steady and dynamic shear rheology. *Food Hydrocolloid*, 12:1-8.
- [44] Razavi, S., Mortazavi, S.A., Matia Merino, L., Hosseini Parvar, S.H., Motamedzadegan, A. and Khanipour, E. (2009). Optimisation study of gum extraction from Basil seeds (*Ocimum basilicum* L.). (2009). *International*

- Nutrition Sciences and Food Technology. 24: 72-90.
- [58] Fanga, Z., and Bhandari, B. (2010). Encapsulation of polyphenols – a review. Trends in Food Science and Technology, 21:510–523.
- [59] Gortzi, O., Lalas, S., Tsaknis, J., and Chinou, I. (2006). Reevaluation of antimicrobial and antioxidant activity of Thymus spp. extracts before and after encapsulation in liposomes. Journal of Food Protection, 69:2998–3005.
- Iranian Journal of Food Science and Technology. 2(4): 61-70.
- [56] Salmanian, S. H., Sadeghi Mahoonak, A. R., Alami, M., and Ghorbani, M. (2013). Evaluation total flavonoid and antioxidant-Antiradical activity of Hawthorn (*Crataegus elbursensis*) fruit. Iranian Journal of Food Science and Technology, 8(1):177-185.
- [57] Noshirvani, N., Fasihi, H., and Moradi payam, A. (2015). The antioxidant effect of extract and green skin powder of walnut on sunflower oil oxidation. Iranian Journal of

## The effect of free and nano-encapsulated extract of hemp seed on the oxidative stability of soy bean oil

Bakhshandeh, T.<sup>1</sup>, Esmailzadeh Kenari, R.<sup>2\*</sup>, Raftani Amiri, Z.<sup>2</sup>

1. PhD student of food science and technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

2. Associate professor, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

(Received: 2017/04/09 Accepted: 2017/07/29)

This study aimed to investigate the effect of hemp seed extract (HSE) in two forms free and nanoencapsulated forms in maltodextrin:chitosan maltodextrin:basil seed gum and chitosan:basil seed gum in ratio 1:1 capsules to oxidative stability of soybean oil during storage. The hemp seed was extracted using ultrasonic assisted (UE) method and solvent extraction (SE) techniques. Then antioxidant activity of extract in different concentration were compared to synthetic antioxidant TBHQ using DPPH free radical scavenging method and ferric reduction antioxidant power assay test. The results showed that by increasing in extract concentration in both techniques antioxidant activity increased. The HSE was added to coating material in 1:5 ratios. The particle size of capsules ranged 150.71 to 171.42 nm. The encapsulated and unencapsulated extract added to soybean oil without antioxidant at 2000 ppm and oils were storage at 60°C for 40 days. The peroxide value (PV) and thiobarbituric value (TBA) tests were done in 8 days intervals. According to the results, oils containing encapsulated HSE showed the lowest amount of lipid oxidation during storage period compared with the control, oils containing TBHQ and free HSE and oil samples containing extract which capsulated with maltodextrin:chitosan had the least oxidative indexes (Peroxide value and Thiobarbituric acid value).

**Keywords:** Soybean oil, Encapsulation, Oxidation, Hemp seed

---

\* Corresponding Author Email Address: reza\_kenari@yahoo.com