



بررسی اثر پاداکسندگی عصاره برگ رزماری نانوریزپوشانی شده در صمغ دانه ریحان بر پایداری اکسایشی روغن

آفتابگردان و خصوصیات حسی خلال سیب زمینی سرخ شده در آن

سیده زینب جعفری<sup>۱</sup>، سارا جعفریان<sup>۲\*</sup>، محمد حجتی<sup>۳</sup>، لیلا نجفیان<sup>۴</sup>

۱-دانشجوی دکتری گروه علوم و صنایع غذایی، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور.

۲-استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور.

۳-استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز.

۴-استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری.

## چکیده

## اطلاعات مقاله

### تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۲

در این پژوهش ویژگی‌های پاداکسندگی عصاره برگ رزماری نانوریزپوشانی شده در پوشش بیوپلیمری صمغ دانه ریحان جهت کنترل پایداری اکسایشی روغن آفتابگردان و خصوصیات حسی خلال سیب زمینی سرخ شده در آن مورد مطالعه قرار گرفت. عصاره برگ رزماری استخراج شده به روش‌حمام فراصوت دارای ترکیبات فنولی ( $174/25 \pm 4/9$  میلی گرم گالیک اسید بر گرم عصاره) و فلاونوئیدی ( $78/30 \pm 3/2$  میلی گرم روتین بر گرم عصاره) بود. میزان فعالیت پاداکسندگی مهار رادیکال آزاد DPPH با روش IC50 برابر  $98/16$  ppm و پایداری اکسایشی عصاره در غلظت  $200$  ppm برابر  $0/8$  ساعت بود. اندازه نانوکپسول‌های عصاره برگ رزماری ( $200$  ppm) در پوشش صمغ دانه ریحان  $284/2$  نانومتر بود. عدد پراکسید و اسید تیوباربتوریک نمونه‌های روغن در فواصل زمانی ۴ روزه (صفر، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰ و ۲۴ روز) اندازه گیری شد. نتایج نشان داد اکسایش روغن در نمونه های حاوی عصاره نانوریزپوشانی شده برگ رزماری کمتر از نمونه شاهد، نمونه عصاره آزاد و نمونه های TBHQ است. به طوریکه در پایان روز ۲۴ دوره نگهداری مقدار عدد پراکسید در نمونه های روغن حاوی پاداکسندگی سنتزی TBHQ و روغن حاوی عصاره رزماری نانوریزپوشانی شده در دیواره صمغ دانه ریحان به ترتیب برابر  $23/4$  و  $17/80$  میلی اکسیژن بر کیلوگرم روغن و عدد اسید تیوباربتوریک ترتیب  $0/16$  و  $0/06$  میلی گرم مالون دی آلدنید بر کیلوگرم روغن بود. همچنین بالاترین امتیاز حسی رنگ، بو، مزه و پذیرش کلی مربوط به خلال‌های سیب زمینی سرخ شده در روغن حاوی عصاره برگ رزماری نانوریزپوشانی شده بود. نتایج این تحقیق استفاده از نانوکپسول‌های عصاره رزماری در صمغ دانه ریحان را جهت افزایش ماندگاری روغن آفتابگردان پیشنهاد می‌کند.

### کلمات کلیدی:

امولسیون،

خلال سیب زمینی،

ریزپوشانی،

فنول،

نانوکپسول.

DOI: 10.22034/FSCT.19.128.133

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.128.11.6

\* مسئول مکاتبات:

s\_jafarian@iaunour.ac.ir

## ۱- مقدمه

در دهه‌های اخیر تولید و استفاده از آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) افزایش یافته است. آفتابگردان حاوی ۱۸-۱۴ درصد پروتئین، ۳۰-۲۵ درصد کربوهیدرات و ۴۵-۴۰ درصد روغن می‌باشد [۱]. روغن آفتابگردان به دلیل دارا بودن اسیدهای چرب تک غیر اشباع امگا۹، اسیدهای چرب چند غیر اشباع امگا۶ و مقادیر بسیار پائین اسیدهای چرب اشباع در مقایسه با سایر روغن‌های گیاهی مانند روغن پالم و چربی‌های هیدروژنه یک روغن سالم برای آشپزی محسوب می‌شود [۲].

فواید مذکور باعث شده است تا روغن آفتابگردان به عنوان یک روغن متداول در محصولات غذایی، آرایشی و دارویی استفاده می‌شود [۳].

طی نگهداری و انبارداری غذاهای چرب، فرآیندهای اکسیداتیو منجر به خسارت‌های اقتصادی هنگفت در صنعت غذا می‌شود. تخریب پارامترهای رنگی، چربی و پروتئین منجر به زوال رنگ، بافت، مزه و خصوصیات تغذیه‌ای محصول می‌شود که به یکی از بزرگترین چالش‌های صنعت غذا تبدیل شده است [۴]. استفاده از پاداکسنده‌های سنتزی نظیر BHA، BHT و TBHQ متداول ترین روش به منظور محدود کردن این فرآیندهای تخریبی است ولی امروزه به دلیل آشکار شدن خطرات سمی و سرطان زایی این ترکیبات استفاده از آن‌ها محدود شده و تلاش برای یافتن ترکیبات پاداکسنده طبیعی با پایه گیاهی به عنوان جایگزین برای پاداکسنده‌های سنتزی افزایش یافته است [۵]. گیاهان منبع غنی از پاداکسنده‌های طبیعی هستند. ترکیبات فنولی موجود در گیاهان با مکانیسم‌های مختلفی از اکسایش روغن‌ها جلوگیری می‌کنند که متداول ترین آن‌ها غیرفعال کردن رادیکال‌های آزاد و تشکیل کمپلکس با یون‌های فلزی می‌باشد [۶].

رزماری با نام علمی *Rosmarinus officinalis* L. گیاهی از تیره نعناعیان *Lamiaceae* یکی از گیاهان حاوی اسانس و عصاره است که در بسیاری از مناطق جهان به عنوان گیاه دارویی و زینتی پرورش داده می‌شود. رزماری در برگ‌ها و سرشاخه‌های گل دار خود دارای اسانس‌های فرار می‌باشد که شامل استرهای مانند بورنتول، استات، لینالول، کامفور، کامفته و سیئول می‌باشد. رزماری همچنین شامل فلاونوئیدهایی مانند دیوسمین، اپیزین و

دی‌ترین‌هایی مانند کارنوسیک اسید و تری‌ترین‌هایی مثل اورسولیک اسید و اولثانیک اسید می‌باشد [۷].

عصاره گیاهان به علت حضور ترکیبات مؤثره از جمله پلی‌فنول‌ها دارای فعالیت پاداکسنده‌گی هستند، لذا محققان کاربرد آن‌ها را برای پایدارسازی روغن‌های خوراکی تحت شرایط نگهداری و حرارت‌دهی مورد بررسی قرار داده‌اند. مشکلاتی مانند عدم انحلال عصاره‌ها در روغن به علت ماهیت قطبی آن‌ها، مصرف مقدار بالایی از عصاره برای رسیدن به پایداری مطلوب، اکسید شدن سریع آن‌ها در حضور نور و اکسیژن و نیز تغییر در رنگ و طعم روغن توجه محققان را به روش‌هایی مثل ریزپوشانی جلب کرده است [۸].

ریزپوشانی فناوری است که در آن ذرات و قطرات مایع، جامد و گاز در غشایی از جنس مواد غذایی مجاز به دام می‌افتند. این فرآیند یکی از روش‌های رهاسازی کنترل شده می‌باشد که کپسول حاصله محتویات خود را تحت سرعت کنترل شده، با یک تحریک خاص و در یک زمان مشخص رها می‌کند [۹]. ریزپوشانی کردن عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی باعث افزایش پایداری مواد ریزپوشانی شده بوسیله محافظت آن‌ها از تغییرات محیطی، آنزیمی و شیمیایی، فراهم کردن حالت بافری در برابر تغییرات pH، مقابله با تغییرات حرارتی و تغییرات یونی، محافظت در برابر طعم‌ها و بوهای ناخوشایند و آزاد شدن کنترل شده ماده ریزپوشانی شده می‌شود [۱۰]. برای ریزپوشانی عصاره‌ها، روش‌های مختلفی وجود دارد که مهمترین آن‌ها استفاده از روش تولید امولسیون است [۱۱].

ماده ای که به عنوان دیواره استفاده میشود باید قادر باشد مواد هسته را در ساختاری کروی با بیشترین راندمان پوشش دهی کرده و به صورت دیواره‌ای حفاظتی از فرآیندهایی نامطلوب مثل اکسیداسیون، هسته را محافظت کند که این امر سبب افزایش مدت ماندگاری مواد هسته می‌گردد [۱۲، ۱۳]. در این راستا مواد گوناگونی مورد استفاده قرار گرفته و بیوپلیمرها به دلیل داشتن خصوصیات امولسیفایری مناسب، افزایش ویسکوزیته، قابلیت تشکیل فیلم، انحلال پذیریدر آب خوراکی بودن بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. بررسی‌های اخیر نشان داد ریزپوشانی ترکیبات مؤثره در نانوامولسیون‌های دولایه W/O/W با پوشش‌های بیوپلیمری به طور موفقیت آمیزی توانست باعث حفظ ترکیبات هسته و رهایش

کنترل شده‌ان‌ها شود [۱۴، ۱۵].

ایران به دلیل دارا بودن پوشش گیاهی متنوع و غنی، قابلیت تولید انواع بی‌شماری از صمغ‌های گیاهی را دارا می‌باشد و بسیاری از دانه‌های بومی ایران حاوی صمغ‌های با ارزشی هستند. از جمله این صمغ‌ها، صمغ حاصل از دانه ریحان است. ریحان (*Ocimum bacilicum*) گیاهی از خانواده نعنائیان است. این گیاه در مناطق گرمسیری جهان مانند آسیا، آفریقا و آمریکای جنوبی و مرکزی یافت شده است. صمغ دانه ریحان یک هیدروکلوئید جدید، استخراج شده از دانه‌های گیاه ریحان است که در سال‌های اخیر بخاطر رفتار خاص رئولوژیکی و راحتی استخراج محققان سعی در به کار برن آن به عنوان یک عامل تغلیظ کننده و تشکیل دهنده ژلدر صنعت غذا داشتند [۱۶].

یکی از مشکلات اصلی روش تولید امولسیون، عدم پایداری حرارتی و رهاسازی به موقع و تدریجی ترکیبات مؤثره از دیواره در محصولات مختلف می‌باشد. بنابراین تأثیر پوشش‌های مختلف در کارایی ترکیبات مؤثره در روغن باید بررسی شود تا بتوان با توجه به هدف کاهش اکسایش، به پوششی مناسب برای آن‌ها رسید. با وجود مطالعات صورت گرفته بر تأثیر این روش بر بروز فعالیت پاداکسندگی پلی‌فنول‌ها در پایدارسازی روغن‌های خوراکی نظیر استفاده از برگ بو [۱۷]، برگ زیتون [۱۸]، متکا [۱۹]، گلپر ایرانی [۲۰]، زنجبیل [۲۱]، زوفا [۲۲]، پوست انار [۲۳] و برگ چغندر [۲۴]، این تحقیق می‌تواند نقش بسزایی در وضوح کارایی این سیستم برای پاداکسندگی در محیط‌های لیپیدی داشته باشد. چراکه در این پژوهش برای نخستین بار از صمغ دانه ریحان به تنهایی برای ریزپوشانی عصاره رزماری استفاده شده است و همچنین تأثیر اندازه کپسول‌ها به عنوان یک عامل مهم در رهایش ترکیبات مؤثره و اعمال خصوصیات پاداکسندگی در روغن مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به آنچه گفته شد هدف این پژوهش استخراج عصاره برگ رزماری، بررسی خاصیت پاداکسندگی عصاره رزماری به صورت آزاد و نانوریزپوشانی شده جهت افزایش پایداری اکسایشی روغن آفتابگردان و بهبود خصوصیات حسی خلال سیب زمینی سرخ شده در آن است.

## ۲- مواد و روش‌ها

گیاه رزماری از رویشگاه طبیعی آن در بهشهر استان مازندران جمع آوری شد و سپس توسط هربراریوم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری شناسایی شد. صمغ دانه ریحان از شرکت کاراگام پارسیان (تهران، ایران) تهیه شد. روغن آفتابگردان بدون پاداکسندگی از شرکت کشت و صنعت شمال تهیه شد. سایر مواد شیمیایی از شرکت شارلو اسپانیا و مرک آلمان تهیه شدند.

### ۲-۱- استخراج عصاره برگ رزماری

رزماری پس از تمیز کردن در سایه خشک گردید. گیاه خشک شده در آسیاب خرد شد و برای افزایش راندمان استخراج به جهت یکسان شدن اندازه از الک عبور داده شد. در بسته‌های نایلونی به منظور جلوگیری از نفوذ رطوبت بسته‌بندی و تا زمان انجام آزمایش در فریزر در دمای ۱۸- درجه سلسیوس نگهداری شد [۵]. ۵۰ گرم نمونه خشک شده رزماری با ۲۵۰ میلی‌لیتر از حلال اتانول:آب (۸۰:۲۰) در دمای ۳۵ درجه سلسیوس و به مدت ۳۰ دقیقه در حمام فراصوت (6.51200 H, Dakshin, India) در فرکانس ۳۵ کیلوهرتز عصاره‌گیری شد. سپس محلول‌ها با کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف و حلال‌ها توسط آون تحت خلاء تبخیر شد. عصاره‌های حاصله تا زمان انجام آزمایش در دمای ۱۸- درجه سلسیوس نگهداری شدند [۲۵].

### ۲-۲- اندازه‌گیری ترکیبات فنولی کل

برای اندازه‌گیری ترکیبات فنولی کل عصاره، مقدار ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره با ۱۲۵ میکرولیتر معرف فولین سیوکالچو که به نسبت ۱ به ۴ با آب مقطر رقیق شده بود، مخلوط گردید. سپس ۲۵۰ میکرولیتر سدیم کربنات (۲۵٪) به آن اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آبی با دمای ۴۰ درجه سلسیوس قرار گرفت تا فاز آبی گسترش یابد و سپس جذب آن در ۷۶۰ نانومتر توسط طیف سنج نوری (UV-Vis; Jasco, Japan; UV-550) خوانده شد [۵].

### ۲-۳- اندازه‌گیری ترکیبات فلاونوئیدی کل

برای اندازه‌گیری ترکیبات فلاونوئیدی، به ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره، ۰/۱ میلی‌لیتر کلرید آلومینیوم ۱۰ درصد افزوده شد. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر استات پتاسیم ۱ مولار، ۱/۵ میلی‌لیتر متانول و در پایان

بیشتر اندازه ذرات از دستگاه اولتراسوند نوع پروبی در شدت ۲۵ درصد، فرکانس ۳۷ کیلوهرتز و در دمای اتاق (HD 2200, Bandelin Electronic, Berlin, Germany) به مدت ۵۰ دقیقه استفاده شد. همگن‌ساز اولتراتوراکس (IKAT25D, Germany) با سرعت ۱۵۰۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه برای تشکیل نانوامولسیون استفاده شد [۳۰]. نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در فشار ۰/۰۱۷ میلی‌پاسکال در دمای ۵۷- درجه سلسیوس توسط خشک کردن انجمادی (L101, Liotop, São Carlos, Brazil) خشک شدند [۲۴]. قطر متوسط کپسول‌ها با استفاده از دستگاه سنجش اندازه ذرات (SALD-2101, Shimadzu, Japan) و بر اساس روش تفرق نور لیزر اندازه گیری شدند. سل حاوی آب دوبار تقطیر شده به عنوان مرجع استفاده شد. [۳۱].

#### ۲-۷- نگهداری روغن در شرایط تسریع شده

به منظور تشدید فرآیند اکسایش، روغن آفتابگردان بدون پاداکسنده، روغن‌های حاوی عصاره نانوریزپوشانی شده، عصاره آزاد در غلظت ۲۰۰ ppm و TBHQ در غلظت ۱۰۰ ppm داخل ظروف شیشه‌ای در بسته ریخته شدند و سپس در آن با دمای ۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ روز نگهداری شدند. جهت بررسی قدرت پاداکسندگی عصاره و عملکرد نانوریزپوشانی در کاهش روند اکسایش روغن، هر ۴ روز یکبار (۰، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰ و ۲۴ روز) از روغن‌ها نمونه‌گیری شد.

#### ۲-۸- اندازه گیری عدد پراکسید

برای اندازه گیری عدد پراکسید محلول اشباع یدید پتاسیم و محلول چسب نشاسته ۱٪ تهیه شد. ۵ گرم روغن در یک ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری وزن شد و سپس ۳۰ میلی‌لیتر محلول اسید استیک و کلروفرم (با نسبت ۳ به ۲) به آن اضافه شد و کاملاً باهم مخلوط گردیدند. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر محلول یدید پتاسیم اشباع به آن اضافه شد و ۱ دقیقه در تاریکی قرار گرفت. بعد از خروج از تاریکی، ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید؛ سپس با تیترازول تیوسولفات ۰/۱ نرمال تیتراژ شد تا رنگ زرد زایل شد. در هنگام تیتراژ کردن مخلوط به شدت هم زده شد تا ید از لایه کلروفرم جدا شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر معرف شناساگر نشاسته اضافه شد و تیتراسیون تا از بین رفتن رنگ آبی ادامه یافت. همراه

۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه و بعد از گذشت ۳۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه جذب آن‌ها در ۴۱۵ نانومتر قرائت شد و مقدار فلاونوئید بر اساس منحنی استاندارد کوئرستین بر حسب میلی‌گرم کوئرستین بر ۱۰۰ گرم عصاره گزارش گردید [۲۶].

#### ۲-۴- اندازه گیری فعالیت پاداکسندگی عصاره

این آزمون مطابق روش توضیح داده شده توسط بیم و همکاران (۲۰۱۲) انجام شد. به طور خلاصه، ۰/۳ میلی‌لیتر از عصاره با غلظت‌های مختلف با ۲/۷ میلی‌لیتر محلول متانولی DPPH (۱۰- $^{\circ}$  ۶x) میلی‌مولار مخلوط و به مدت ۶۰ دقیقه در دمای اتاق در مکان تاریک نگهداری شد و جذب در ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. نمونه شاهد حاوی تمام ترکیبات و شرایط ذکر شده بدون افزودن عصاره است. پاداکسندهستری TBHQ به میزان ۱۰۰ ppm به عنوان کنترل مثبت استفاده شد. IC50 غلظتی از عصاره است که در آن میزان مهار رادیکال‌های آزاد ۵۰٪ می‌باشد. درصد مهار رادیکال آزاد = (جذب نمونه-جذب DPPH) / جذب DPPH [۲۷].

#### ۲-۵- اندازه گیری شاخص پایداری اکسایشی

شاخص‌پایداری اکسایشی‌بسیار دستگاه رنسیمتاندازه‌گیری‌شد. به این ترتیب که ۳ میلی‌گرم عصاره به ۳ گرم روغن آفتابگردان تصفیه شده فاقد پاداکسنده اضافه می‌شود. سپس شاخص پایداری اکسایشی (ساعت) در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس با سرعت جریان هوا ۱۵ لیتر بر ساعت مورد آزمایش قرار می‌گیرد. پس از انجام آزمایشات مذکور عصاره برگ رزماری با بالاترین میزان ترکیبات فنولی و خاصیت پاداکسندگی جهت نانوریزپوشانی انتخاب شد [۲۸].

#### ۲-۶- نانوریزپوشانی عصاره برگ رزماری

برای تهیه امولسیون‌های آب در روغن (W/O)، آب در روغن در آب (W/O/W)، ابتدا ۱۰ میلی‌لیتر عصاره برگ رزماری با ۴۰ میلی‌لیتر امولسیفایر توئین ۸۰ و ۵۰ میلی‌لیتر روغن آفتابگردان با استفاده از همزن مغناطیسی به مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق مخلوط شدند تا امولسیون پایدار (W/O) ایجاد شود. سپس محلول پوشش صمغ دانه ریحان در غلظت ۰/۰۵ درصد به آرامی به امولسیون (W/O) در حال هم زدن افزوده شد تا امولسیون آب در روغن در آب (W/O/W) تشکیل شود. نسبت محلول پوشش به امولسیون ۱ به ۵ بود [۱۵، ۲۹]. سپس برای کاهش

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 و فلاونوئیدی کل و

#### خاصیت پاداکسندگی عصاره

میزان کل ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی عصاره رزماری که با استفاده از اولتراسوند استخراج شده بود، به ترتیب  $174/25 \pm 4/9$  میلی گرم گالیک اسید بر گرم عصاره و  $78/30 \pm 3/2$  میلی گرم روتین بر گرم عصاره بدست آمد. در سال ۲۰۱۸ وانگ و همکاران تاثیر زمان فرآیند استخراج ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه را بر میزان ترکیبات فنولی عصاره رزماری استخراج شده با حلال اتانول آب ۸۰٪ مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها میزان ترکیبات فنولی را در محدوده  $108/30$  تا  $160/70$  میلی گرم گالیک اسید بر گرم عصاره گزارش نمود [۳۳]. ساینی و همکاران (۲۰۲۰) مقدار ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی عصاره برگ رزماری که به روش شیکر استخراج شده بود را به ترتیب  $136/66$  میلی گرم گالیک اسید بر گرم عصاره و  $37/13$  میلی گرم روتین بر گرم عصاره گزارش نمودند [۳۴]. مقادیر ترکیبات فنولی معادل  $162/0$ ،  $4/99$ ،  $318/0$ ،  $64/71$  و  $23/0$  میلی گرم گالیک اسید بر گرم عصاره توسط سایر محققین نیز گزارش گردیده است [۳۵-۳۸].

فرآیند استخراج عصاره از دو مرحله تشکیل شده است. مرحله اول، که با سرعت بالا انجام می‌شود، شامل نفوذ حلال به درون ساختار سلولی و به دنبال آن انحلال مواد تشکیل دهنده محلول در حلال است، در حالی که مرحله دوم شامل انتشار خارجی مواد تشکیل دهنده محلول از طریق ساختار متخلخل از مواد جامد باقیمانده و انتقال آن از محلول در تماس با ذرات به قسمت عمده محلول است. امواج اولتراسونیک می‌توانند در دیواره‌های سلولی اختلال ایجاد کنند، بنابراین منطقه تماس بیشتری بین حلال و گیاه ایجاد می‌شود و ترکیبات فنولی بیشتری روی سطح ظاهر می‌شوند. با این حال، هرچه فاصله تماس بین حلال و امواج با قسمت‌های داخلی دیواره سلولی بیشتر باشد، این اثر به

با نمونه، تیتراسیون شاهد (مخلوط اسیداستیک و کلروفورم بدون روغن) نیز انجام شد. در نهایت عدد پراکسید با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید و بر حسب میلی اکی والان پراکسید در ۱۰۰۰ گرم روغن بیان شد [۳۲].

رابطه (۱): وزن روغن (g) /  $[1000 \times \text{مولاریت}]$

سدیم تیوسولفات  $\times$  حجم تیوسولفات مصرفی (mL) = عدد

پراکسید

#### ۲-۹- اندازه‌گیری عدد اسید تیوباربتوریک

عدد اسید تیوباربتوریک مطابق با روش چن و همکاران (۲۰۱۴) انجام شد. بدین منظور ۲۰۰ میلی گرم روغن در یک بالن حجمی ۲۵ میلی لیتری توزین شد. ۱ میلی لیتر محلول ۱-بوتانول به نمونه‌ها اضافه شد و نمونه‌ها بخوبی در آن حل شدند. سپس به حجم ۲۵ میلی لیتر رسانده شدند. ۵ میلی لیتر از محلول نمونه به همراه ۵ میلی لیتر از واکنشگر TBA در لوله مخصوص ریخته شد و با شیکر بخوبی به هم زده شدند. سپس لوله‌ها به مدت ۲ ساعت در بن ماری با دمای ۹۵ درجه سلسیوس نگهداری و جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۳۰ نانومتر بوسیله طیف سنج نوری قرائت شد و از طریق رابطه ۲ بدست آمد [۳۲].

رابطه (۲):

= عدد اسید تیوباربتوریک

جذب نوری لوله‌گیری شده / ضحلت سل نوری (cm)  $\times$  وزن نمونه (g)

#### ۲-۱۰- ارزیابی حسی

ویژگی‌های حسی خلال سیب زمینی سرخ شده شامل رنگ، بو، طعم و پذیرش کلی در چهارچوب آزمون هدونیک ۹ نقطه ای انجام شد. از ۷ ارزیاب آموزش دیده (دانشجویان رشته مهندسی علوم و صنایع غذایی) برای ارزیابی نمونه‌ها استفاده شد. نمونه‌ها به صورت کدگذاری شده در اختیار ارزیابان قرار گرفت و از آن‌ها خواسته شد پرسشنامه را تکمیل کنند.

#### ۲-۱۱- تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه تحلیل آماری داده‌های بدست آمده از روش‌های مختلف در این پژوهش با استفاده از مقایسه میانگین ANOVA دو طرفه در قالب طرح آزمایشی کاملاً تصادفی و با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ ( $P < 0/05$ ) انجام شد که با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ صورت گرفت. برای رسم نمودارها

طور فزاینده‌ای روی دیواره‌های داخلی سلول ضعیف خواهد بود. بنابراین، امواج فراصوت بر میزان انتقال جرم عمدتاً در مرحله نفوذ حلال تأثیر می‌گذارد [۲۳]. عوامل متعددی مقدار ترکیبات فنولی موجود در بافت گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهند که از آن جمله می‌توان به فاکتورهای ژنتیک، گونه و واریته، میزان تابش نور خورشید، شرایط خاک، درجه رسیدگی در زمان

برداشت، شرایط محیطی و آب و هوایی، عملیات پس از برداشت و شرایط نگهداری اشاره کرد [۳۹]. فشاری که در نتیجه امواج برشی فراصوت ایجاد می‌شود و کاهش ناگهانی فشار در نزدیکی موج اولتراسونیک باعث ایجاد حباب‌های کوچک می‌شود که این حباب‌ها به استخراج هر چه بیشتر عصاره کمک می‌کنند [۲۳].

**Table 1** Total phenolic, flavonoid, and IC50 of rosemary leaves extract

| IC <sub>50</sub> (ppm) | Total flavonoid content<br>(mg rutin/ g extract) | Total phenolic content<br>(mg acid galic/ g extract) |
|------------------------|--|--|
| 98.16±3.89             | 78.30±2.34                                       | 174.40±5.16  |

همکاران (۲۰۱۳) همبستگی بالا بین میزان ترکیبات فنولی و خاصیت پاداکسندگی عصاره گلپر کوهی در روش مهار رادیکال آزاد DPPH گزارش نمودند. [۴۳]. ترکیبات فنولی گیاهان توانایی مهار رادیکال‌های آزاد را دارند و میزان آن‌ها بستگی به عواملی مانند ژنتیک و منطقه رشد گیاه دارد [۴۳].

آزمون رنسیمت به منظور اندازه‌گیری دوره القاء با تشخیص اسیدهای فرار تشکیل شده در طول دوره‌های اکسایش روغن می‌باشد [۷]. شاخص پایداری اکسایشی نشان دهنده مقاومت طبیعی روغن نسبت به اکسایش است. این روش جایگزین روش قدیمی AOM (روش اکسیژن فعال) شده است. شاخص پایداری اکسایشی می‌تواند برای پیشگویی مدت ماندگاری روغن حاوی عصاره و به منظور مقایسه پایداری اکسایشی عصاره‌ها استفاده شود. نتایج مربوط به پایداری اکسایشی غلظت‌های مختلف عصاره رزماری (۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ ppm) در مقایسه با ۱۰۰ ppm پاداکسندگی سنتزی TBHQ و روغن آفتابگردان بدون پاداکسندگی در شکل ۱ نشان داده شده است. مشاهده میشود با افزایش غلظت عصاره رزماری از ۵۰ تا ۲۰۰ ppm اختلاف معنی دار آماری در پایداری اکسایشی ایجاد شده است. بین غلظت ۲۰۰ و ۴۰۰ ppm از عصاره رزماری اختلاف معنی دار آماری مشاهده نشد. فعالیت پاداکسندگی یک عصاره به مقاومت آن به اکسیداسیون و در واقع همان پایداری اکسیداتیو وابسته است. پایداری اکسیداتیو خود به عواملی مثل مقدار توکوفرول‌ها، فنول‌ها، نوع عصاره، تکنولوژی استخراج آن و غیره وابسته است [۴۴]. پانگ و همکاران (۲۰۱۵) دوره القا برای نمونه‌های روغن سویا، تخم کتان و سیوس برنج بدون پاداکسندگی را با روغن حاوی ۲۰۰ mg/kg عصاره رزماری و روغن حاوی ۲۰۰ mg/kg پاداکسندگی

روش مهار رادیکال آزاد DPPH یکی از متداول ترین روش‌های ارزیابی فعالیت پاداکسندگی عصاره‌های گیاهی می‌باشد. در این روش ترکیبات پاداکسندگی با رادیکال بنفش رنگ DPPH واکنش می‌دهند و به رنگ زرد در می‌آیند که درجه بیرنگ شدن به عنوان فعالیت پاداکسندگی شناخته می‌شود [۳۴]. عصاره‌های گیاهی به علت دارا بودن ترکیبات فنولی دارای فعالیت پاداکسندگی و ظرفیت بالایی برای اهدای اتم هیدروژن با الکترون و الکترون آزاد می‌باشند [۲۲]. نتایج مربوط به اندازه‌گیری فعالیت پاداکسندگی عصاره رزماری با استفاده از آزمون مهار رادیکال آزاد DPPH که به صورت IC<sub>50</sub> محاسبه گردیده است در جدول ۱ نشان داده شده است. مقدار IC<sub>50</sub> برابر ۱۳±۰/۴۴ و ۹۸/۱۶ به دست آمد. گزارش شده است ترکیباتی که دارای گروه‌های عاملی C=O، -OH، -OH، -O-، -NH<sub>2</sub> و -PO<sub>3</sub>H<sub>2</sub> در ساختار خود هستند دارای فعالیت چنگالیکندگی هستند که ترکیبات فنولی از این دست هستند [۴۰]. ساینی و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند با افزایش غلظت عصاره رزماری از ۲۰ تا ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر، میزان مهار رادیکال‌های آزاد DPPH افزایش می‌یابد. تیپل و همکاران (۲۰۱۷) اعلام نمودند که نوع ترکیبات فنولی از نظر ساختار بر میزان فعالیت پاداکسندگی آن‌ها مؤثر است. آن‌ها تفاوت در ساختار ترکیبات فنولی موجود در عصاره گیاه درخت صابون را دلیلی بر بیشتر بودن فعالیت پاداکسندگی آن نسبت به آلفا توکوفرول گزارش نمودند [۴۱]. نتایج مطالعه کیندلید و همکاران (۲۰۱۲) نشان می‌دهد عصاره‌ها در اغلب موارد فعالیت پاداکسندگی بالاتری نسبت به پاداکسندگی سنتزی مانند BHT دارند [۴۲]. پیربالتی و

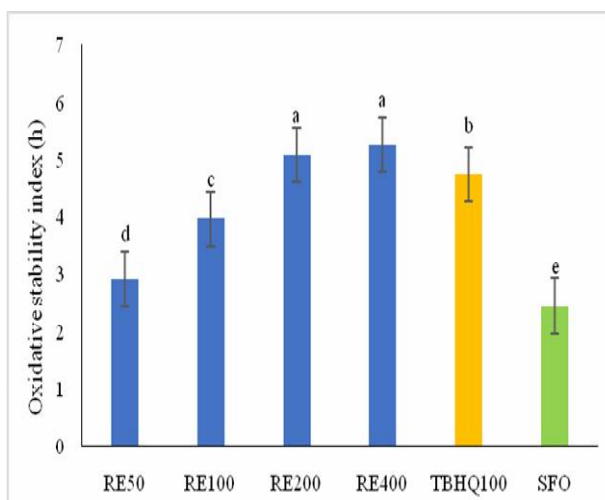
محاسبه گردید. شکل گیری قطرات نانوامولسیون‌ها در نتیجه برهم کنش دو پدیده شکستن قطرات و بهم پیوستگی قطرات تشکیل شده انجام می‌شود. استفاده از فراصوت منجر به فراهم آوردن نیروی برشی لازم برای شکستن قطرات می‌شود [۲۲].

### ۳-۲- اکسایش روغن

عدد پراکسید برای اندازه گیری غلظت هیدروپراکسیدها در مراحل اولیه اکسایش لیپیدها مورد استفاده قرار می‌گیرد و یکی از گسترده ترین آزمایش‌های مورد استفاده برای اندازه‌گیری تندشدگی اکسایشی در روغن‌ها و چربی‌ها است [۲۱]. هیدروپراکسیدها ناپایدار هستند و به راحتی به اجزای با وزن کم مولکولی مانند الکل‌ها، آلدهیدها، اسیدهای چرب آزاد و کتون‌ها تجزیه می‌شوند [۲۱]. اندازه گیری عدد اسید تیوباربتوریک یکی از قدیمی‌ترین روش‌های ارزیابی اکسایش در اسیدهای چرب چند غیر اشباع است [۴۵]. نتایج مربوط به تغییرات عدد پراکسید و اسید تیوباربتوریک نمونه‌های مختلف روغن طی دوره نگهداری در جدول ۲ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود در تمام نمونه‌های مورد بررسی با افزایش زمان نگهداری روغن، عدد پراکسید و اسید تیوباربتوریک افزایش یافته است و اختلاف این پارامتر به استثنای روز صفر و ۴ نگهداری در زمان‌های مختلف نگهداری معنی دار است.

بالاترین عدد پراکسید و اسید تیوباربتوریک مربوط به نمونه روغن شاهد بود. تفاوتی و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند نمونه روغن سویای شاهد (فاقد پاداکسنده) 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 [۴۶]. نمونه شاهد بجز روز صفر در سایر زمان‌های نگهداری با نمونه‌های حاوی پاداکسنده اختلاف معنی دار آماری داشت. بین نمونه‌های حاوی TBHQ و نمونه روغن حاوی عصاره به صورت آزاد و ریزپوشانی شده در روز ۴ دوره نگهداری اختلاف معنی دار آماری مشاهده نشد. نمونه‌های روغن حاوی عصاره آزاد و TBHQ با هم اختلاف معنی دار آماری نداشتند و تا روز ۱۲ دوره نگهداری عدد پراکسید و اسید تیوباربتوریک در نمونه‌های عصاره آزاد بالاتر بود اما از روز ۱۲ تا انتهای دوره

سنتزی BHT و BHA با نسبت ۱ به ۱ مقایسه نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد در تمام نمونه‌های روغن، پایداری اکسایشی برای روغن‌های حاوی عصاره رزماری بیشتر از نمونه‌های روغن حاوی پاداکسنده سنتزی و همچنین روغن بدون پاداکسنده است. نتایج پژوهش آن‌ها با پژوهش حاضر در غلظت‌های ۲۰۰ و ۴۰۰ ppm از عصاره رزماری مطابقت دارد. پائین بودن پایداری اکسایشی نمونه روغن بدون پاداکسنده نشان دهنده این مطلب است که عدم استفاده از پاداکسنده‌ها میزان اکسایش روغن را افزایش می‌دهد [۷].



**Fig 1** Oxidative stability of different concentration of rosemary leaves extract, TBHQ, and SFO. (RE50, RE100, RE200, and RE400 are sunflower oil containing rosemary extract at 50, 100, 200, and 400 ppm of concentration respectively, TBHQ100= Oil containing 100 ppm of TBHQ, SFO= sunflower oil without antioxidant.

با توجه به نتایج بررسی فعالیت پاداکسندگی غلظت ۲۰۰ ppm از عصاره رزماری به دلیل عدم اختلاف معنی دار آماری با پاداکسنده سنتزی و نیز به دلیل دارا بودن فعالیت پاداکسندگی بالاتر برای استفاده در ریزپوشانی استفاده شد. پراکندگی نور پویا (DLS<sup>1</sup>) رایج ترین فناوری برای تعیین اندازه نانو ذرات پخش شده در مایع است. این فناوری به تعامل نور با ذرات متکی است. نوری که توسط نانو ذرات در حالت تعلیق پراکنده می‌شود با گذشت زمان مرتعش می‌شود و می‌توان دوباره قطر ذرات را تصریح کرد [۲۱]. اندازه ذرات نانوامولسیون ۱۸۴/۲ نانومتر

1. Dynamic Light Scattering

نگهداری نمونه روغن TBHQ عدد پراکسید و اسید تیوباریتوریک بالاتری داشت. کمتر بودن عدد پراکسید و اسید تیوباریتوریک در ابتدای دوره نگهداری در نمونه‌های روغن حاوی عصاره ریزپوشانی شده مرتبط با مقادیر ترکیبات فنولی موجود در سطح کپسول‌ها و پس از آن به علت رهائش ترکیبات فنولی طی دوره نگهداری می‌باشد.

آرگران و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند عصاره‌های سه نوع جلبک دریایی بطور معنی داری موثرتر از آنتی اکسیدان سنتزی BHT عمل نمودند و نمونه شاهد دارای بیشترین عدد پراکسید طی ۱۶ روز انبارداری تسریع شده در دمای ۶۰ درجه سلسیوس می باشد [۴۷]. نتایج این پژوهش همراستا با پژوهش‌های سماعیل زاده کناری و همکاران (۲۰۲۰) می‌باشد. آن‌ها خصوصیات پاداکسندگی غلظت‌های ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ ppm عصاره آزاد و نانوریزپوشانی شده گلپر ایرانی در پوشش صمغ دانه مرو و کیتوزان را با پاداکسندگی سنتزی TBHQ مقایسه نمودند. در پژوهش آن‌ها روند تغییرات عدد پراکسید در تمام نمونه‌ها افزایشی بود و بیشترین میزان اکسایش به نمونه شاهد و پس از آن به نمونه روغن سویا حاوی پاداکسندگی سنتزی تعلق داشت [۲۰]. استخر و همکاران (۲۰۲۰) فعالیت پاداکسندگی عصاره نانوریزپوشانی شده گیاه متکا در جلوگیری از اکسایش روغن سویا را موثرتر از پاداکسندگی سنتزی TBHQ دانستند که همراستا با نتایج پژوهش حاضر است [۱۹]. یانگ و همکاران (۲۰۱۶) از عصاره رزماری جهت افزایش عمر ماندگاری روغن‌های گیاهی سویا، سوس برنج و تخم کتان استفاده نمودند و نتایج نشان داد استفاده از عصاره رزماری منجر به کاهش اکسایش روغن در مقایسه با روغن حاوی پاداکسندگی سنتزی BHA و BHT می‌شود. [۷]. چن و همکاران (۲۰۱۴) فعالیت پاداکسندگی عصاره رزماری در روغن آفتابگردان را مشابه با پاداکسندگی سنتزی BHA و BHT اعلام نمودند و عصاره رزماری در غلظت ۲۰۰ ppm را برای محافظت از اکسایش روغن به عنوان یک پاداکسندگی طبیعی معرفی نمودند [۳۲]. وانگ و همکاران (۲۰۱۸) فعالیت پاداکسندگی عصاره رزماری در روغن تخم کتان که در شرایط دمایی ۶۰ درجه سلسیوس نگهداری شده بود را بیشتر از پاداکسندگی‌های آلفاتوکفرول و BHT گزارش نمودند [۳۳].

عصاره‌ها به عنوان پاداکسندگی‌های گیاهی حاوی مولکول‌هایی هستند که دهنده الکترون یا اتم‌های هیدروژن هستند و منجر به تشکیل رادیکال‌های انفعالی کمتری می‌شوند. به همین ترتیب، آن‌ها در متوقف کردن سایر الکترون‌ها یا منابع هیدروژن که به سلول‌ها آسیب می‌رسانند، کاربرد دارند. آن‌ها می‌توانند به خوبی باعث جلوگیری از اکسایش لیپیدها شوند. علاوه بر این، آن‌ها تمایل به به حداقل رساندن تند شدگی، جلوگیری از تشکیل محصولات سمی اکسایش، حفظ ترکیبات مغذی دارند و زمان ماندگاری محصولات غذایی را افزایش می‌دهند [۲۱]. فاریا و همکاران (۲۰۲۰) روند تغییرات روغن آفتابگردان نگهداری شده در دمای ۴۰ درجه سلسیوس طی ۴۵ روز را افزایش اعلام نمودند که همراستا با نتایج پژوهش حاضر است. همچنین عصاره ریزپوشانی شده Arabica کمترین عدد پراکسید را در بین نمونه‌ها داشت که نشان دهنده موثر بودن این عصاره ریزپوشانی شده به عنوان پاداکسندگی طبیعی است [۴۵]. در مطالعه نیشاد و همکاران (۲۰۲۰) بیشترین عدد پراکسید مربوط به نمونه روغن خردل فاقد پاداکسندگی بود و نمونه‌های حاوی نانوامولسیون‌های عصاره مرکبات انکپسوله شده دارای عدد پراکسید کمتری بودند که مطابق با نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر است [۴۸]. این نتایج با نتایج یانگ و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد. آن‌ها ضمن بررسی تاثیر عصاره رزماری در ۳ نمونه روغن سویا، کتان و سوس برنج اعلام نمودند که نمونه‌های شاهد نسبت به نمونه‌های حاوی عصاره و نمونه‌های حاوی پاداکسندگی سنتزی دارای عدد پراکسید بالاتری هستند [۷].

گنجی و همکاران (۲۰۱۷) روند تغییرات عدد اسید تیوباریتوریک در تمام نمونه‌های روغن آفتابگردان طی ۱۲ روز نگهداری در دمای ۶۳ درجه سلسیوس را افزایش اعلام نمودند که عدد TBA در نمونه‌های روغن حاوی پاداکسندگی سنتزی BHT، عصاره آزاد و عصاره انکپسوله شده زنجبیل کمتر از نمونه شاهد فاقد پاداکسندگی بود [۲۱]. نتایج مشابهی توسط محمدی و همکاران (۲۰۱۶) در مورد عدد اسید تیوباریتوریک در روغن سویای حاوی عصاره برگ زیتون ارائه شده است. در مطالعه آن‌ها عدد اسید تیوباریتوریک در نمونه‌های روغن حاوی عصاره برگ زیتون ریزپوشانی شده کمتر از پاداکسندگی سنتزی بود [۱۸]. فاریا و همکاران (۲۰۲۰) فعالیت پاداکسندگی عصاره قهوه



TBA در نمونه‌های حاوی نانوامولسیون‌های عصاره پوست مرکبات کمتر از نمونه‌های روغن حاوی نانوامولسیون‌های عصاره پوست مرکبات، نمونه‌های حاوی TBHQ (۲۰۰ پی پی ام) و نمونه شاهد بود [۴۸].

کانفورا و قهوه عربیکا انکپسوله شده در نمونه‌های روغن آفتابگردان را موثرتر از پاداکسنده سنتزی BHT دانستند [۴۵]. نیشاد و همکاران (۲۰۲۰) اثرات پاداکسندگی نانوامولسیون و میکروامولسیون عصاره پوست مرکبات بر جلوگیری از اکسایش روغن خردل را مورد بررسی قرار دادند. مطابق با نتایج آن‌ها عدد

**Table 2** Peroxide value and thiobarbituric acid value of different oil samples during incubation period.

| Peroxide value (meq O <sub>2</sub> /kg) | 0                     | 4                      | 8                      | 12                     | 16                     | 20                     | 24                     |
|---|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| CNTL                                    | 1.7±0.0 <sup>Fa</sup> | 6.3±0.4 <sup>Ea</sup>  | 12.7±1.2 <sup>Da</sup> | 19.1±3.1 <sup>Ca</sup> | 23.5±4.2 <sup>Ba</sup> | 27.5±5.5 <sup>Aa</sup> | 26.4±4.8 <sup>Aa</sup> |
| TBHQ                                    | 1.7±0.0 <sup>Ga</sup> | 2.6±0.1 <sup>Fc</sup>  | 5.7±0.8 <sup>Ec</sup>  | 7.5±1.0 <sup>Dc</sup>  | 14.9±3.1 <sup>Cb</sup> | 19.4±4.3 <sup>Bb</sup> | 23.4±3.2 <sup>Ab</sup> |
| FREE                                    | 1.7±0.0 <sup>Ga</sup> | 3.1±0.1 <sup>Fb</sup>  | 7.0±0.5 <sup>Eb</sup>  | 8.8±0.9 <sup>Db</sup>  | 12.5±3.3 <sup>Cc</sup> | 18.0±3.5 <sup>Bc</sup> | 21.1±1.9 <sup>Ac</sup> |
| NBSG                                    | 1.7±0.0 <sup>Ga</sup> | 2.4±0.1 <sup>Fd</sup>  | 3.6±0.4 <sup>Ed</sup>  | 4.3±0.6 <sup>Dd</sup>  | 8.1±2.5 <sup>Cd</sup>  | 12.7±1.5 <sup>Bd</sup> | 17.8±1.2 <sup>Ad</sup> |
| Thiobarbituric acid value (µg/ml)       | 0                     | 4                      | 8                      | 12                     | 16                     | 20                     | 24                     |
| CNTL                                    | 0.0±0.0 <sup>Ea</sup> | 0.0±0.0 <sup>Fa</sup>  | 0.0±0.0 <sup>Ea</sup>  | 0.1±0.0 <sup>Da</sup>  | 0.1±0.0 <sup>Ca</sup>  | 0.2±0.0 <sup>Ba</sup>  | 0.3±0.0 <sup>Aa</sup>  |
| TBHQ                                    | 0.0±0.0 <sup>Fa</sup> | 0.0±0.0 <sup>EFb</sup> | 0.0±0.0 <sup>Ebc</sup> | 0.0±0.0 <sup>Db</sup>  | 0.1±0.0 <sup>Cb</sup>  | 0.1±0.0 <sup>Bb</sup>  | 0.1±0.0 <sup>Ab</sup>  |
| FREE                                    | 0.0±0.0 <sup>Fa</sup> | 0.0±0.0 <sup>Eab</sup> | 0.0±0.0 <sup>Eb</sup>  | 0.0±0.0 <sup>Db</sup>  | 0.0±0.0 <sup>Cb</sup>  | 0.1±0.0 <sup>Bc</sup>  | 0.1±0.0 <sup>Ac</sup>  |
| NBSG                                    | 0.0±0.0 <sup>Da</sup> | 0.0±0.0 <sup>CDb</sup> | 0.0±0.0 <sup>CDc</sup> | 0.0±0.0 <sup>BCc</sup> | 0.0±0.0 <sup>Bc</sup>  | 0.0±0.0 <sup>ABd</sup> | 0.0±0.0 <sup>Ad</sup>  |

Different lower-case letters indicate the significant statistical differences at  $p < 0.05$  between samples. Different upper-case letters indicate the significant statistical differences at  $p < 0.05$  during incubation period. CNTL= Oil without antioxidant, TBHQ= Oil containing 100 ppm TBHQ, FREE= Oil containing free extract, and NBSG= Oil containing nanoemcapsulated extract

تحت تاثیر بو نیز قرار دارد، نمونه‌هایی که امتیاز کمتری از نظر بو عصاره و نیز تغییرات شیمیایی که آروما تولید می‌کنند؛ داشتند امتیاز حسی مزه کمتری داشتند. از بین تمام نمونه‌های تیمار شده، نمونه خلال سیب زمینی سرخ شده در روغن حاوی عصاره آزاد رزماری نسبت به بقیه از میانگین طعم کمتری برخوردار بود که مشابه سایر مطالعات گزارش شده است که استفاده از عصاره و اسانس باعث کاهش میانگین نمره حسی نمونه تیمار شده می‌شود [۱۷، ۵۰]. این مساله به ترکیبات موثره فرار رزماری نسبت داده می‌شود که عامل اصلی طعم و بوی مشخص رزماری است که بر خواص حسی نمونه‌های خلال سیب زمینی تیمار شده با غلظت بالاتر عصاره تأثیر می‌گذارد [۵۱، ۵۲]. ریزپوشانی از عطر و طعم ناخواسته ترکیبات فنولی جلوگیری می‌کند [۱۷]. نمونه‌های خلال سیب زمینی سرخ شده در روغن حاوی نانوامولسیون بالاترین امتیاز پذیرش کلی شامل رنگ، بو و طعم را داشتند. برای تمام صفات حسی، نمونه شاهد در هنگام ذخیره‌سازی کمترین امتیاز را داشت [۵۳].

### ۳-۳- ارزیابی حسی

خصوصیات حسی مهم‌ترین عوامل پذیرش محصول توسط مصرف‌کننده هستند. نتایج تغییر در خصوصیات حسی نمونه‌های مختلف خلال سیب زمینی سرخ شده در روغن آفتابگردان در زمان‌های مختلف دوره نگهداری در جدول ۳ نمایش داده شده است. خصوصیات حسی همه نمونه‌ها با گذشت زمان کاهش یافت. افزودن عصاره آزاد رزماری در مقایسه با نمونه حاوی پاداکسنده سنتزی میزان پذیرش رنگ نمونه‌های خلال سیب زمینی را کاهش داد. عصاره رزماری می‌تواند با حفظ یا تشدید رنگ، بر رنگ خلال سیب زمینی تأثیر بگذارد. عصاره با تأثیر بر فعل و انفعالات بین اکسایش لیپیدها باعث تغییر رنگ می‌شود [۴۹].

روند تغییرات امتیاز حسی بو در تمام نمونه‌های مورد بررسی طی دوره نگهداری کاهش یافته است. تغییرات شیمیایی منجر به تولید متابولیت‌های ثانویه و ترکیبات شیمیایی می‌شود که امتیاز حسی بو را کاهش می‌دهد. با توجه به اینکه مزه پارامتری است که

**Table 3** Sensorial score of fried potato strips in oil at different incubation period

| Color              | 0                     | 4                      | 8                       | 12                      | 16                     | 20                     | 24                     |
|--------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| CNTL               | 5.0±0.0 <sup>Aa</sup> | 4.0±0.3 <sup>Ba</sup>  | 3.0±0.4 <sup>Cc</sup>   | 2.5±0.8 <sup>Db</sup>   | 2.0±0.5 <sup>Ec</sup>  | 1.0±0.0 <sup>Fc</sup>  | 1.0±0.0 <sup>Eb</sup>  |
| FREE               | 4.0±0.4 <sup>Ab</sup> | 4.0±0.7 <sup>Aa</sup>  | 3.6±0.3 <sup>ABb</sup>  | 3.3±0.7 <sup>BCa</sup>  | 2.9±0.3 <sup>CDb</sup> | 1.5±0.3 <sup>Db</sup>  | 1.0±0.0 <sup>Db</sup>  |
| TBHQ               | 5.0±0.0 <sup>Aa</sup> | 4.0±0.3 <sup>Aa</sup>  | 4.0±0.4 <sup>Ab</sup>   | 3.7±0.5 <sup>ABa</sup>  | 3.5±0.6 <sup>Ba</sup>  | 2.0±0.3 <sup>Ca</sup>  | 1.0±0.0 <sup>Eb</sup>  |
| NBSG               | 4.3±0.4 <sup>Ab</sup> | 4.2±0.5 <sup>Aa</sup>  | 3.8±0.6 <sup>ABb</sup>  | 3.7±0.6 <sup>Ba</sup>   | 3.7±0.5 <sup>Ba</sup>  | 2.5±0.3 <sup>Ba</sup>  | 1.5±0.3 <sup>Ca</sup>  |
| Odor               |                       |                        |                         |                         |                        |                        |                        |
| CNTL               | 5.0±0.0 <sup>Aa</sup> | 4.5±0.4 <sup>Bb</sup>  | 2.5±0.6 <sup>Cd</sup>   | 2.0±0.4 <sup>Db</sup>   | 1.4±0.3 <sup>Ed</sup>  | 1.0±0.0 <sup>Ec</sup>  | 1.0±0.0 <sup>Fb</sup>  |
| FREE               | 4.2±0.3 <sup>Ab</sup> | 4.0±0.7 <sup>Ac</sup>  | 3.9±0.7 <sup>Ac</sup>   | 3.0±0.5 <sup>Bb</sup>   | 2.6±0.4 <sup>Bc</sup>  | 1.2±0.3 <sup>Cc</sup>  | 1.2±0.3 <sup>Eb</sup>  |
| TBHQ               | 5.0±0.0 <sup>Aa</sup> | 4.5±0.3 <sup>Bb</sup>  | 4.0±0.7 <sup>Bbc</sup>  | 4.0±0.3 <sup>Ba</sup>   | 3.9±0.4 <sup>Bab</sup> | 2.3±0.4 <sup>Cab</sup> | 1.4±0.3 <sup>Fab</sup> |
| NBSG               | 5.0±0.0 <sup>Aa</sup> | 5.0±0.0 <sup>Aa</sup>  | 4.5±0.4 <sup>Ba</sup>   | 4.3±0.3 <sup>Ba</sup>   | 4.0±0.5 <sup>CDa</sup> | 2.5±0.5 <sup>Da</sup>  | 1.7±0.4 <sup>Da</sup>  |
| Taste              |                       |                        |                         |                         |                        |                        |                        |
| CNTL               | 5.0±0.0 <sup>Aa</sup> | 4.0±0.4 <sup>Bb</sup>  | 3.5±0.3 <sup>Cb</sup>   | 3.0±0.4 <sup>Db</sup>   | 2.4±0.3 <sup>Ec</sup>  | 1.5±0.3 <sup>Dc</sup>  | 1.1±0.3 <sup>Ec</sup>  |
| FREE               | 5.0±0.0 <sup>Aa</sup> | 4.5±0.3 <sup>Ba</sup>  | 4.3±0.3 <sup>Ba</sup>   | 3.6±0.3 <sup>Ca</sup>   | 3.2±0.4 <sup>Cab</sup> | 2.0±0.3 <sup>Cb</sup>  | 1.6±0.4 <sup>Bab</sup> |
| TBHQ               | 3.5±0.3 <sup>Ac</sup> | 3.2±0.5 <sup>ABc</sup> | 3.0±0.4 <sup>Bc</sup>   | 3.0±0.5 <sup>Bb</sup>   | 3.0±0.4 <sup>Bb</sup>  | 2.5±0.4 <sup>Da</sup>  | 1.3±0.3 <sup>Dbc</sup> |
| NBSG               | 4.6±0.3 <sup>Ab</sup> | 4.4±0.7 <sup>ABb</sup> | 4.2±0.5 <sup>ABa</sup>  | 3.9±0.6 <sup>BCa</sup>  | 3.5±0.5 <sup>CDa</sup> | 2.7±0.3 <sup>Ba</sup>  | 2.0±0.3 <sup>Da</sup>  |
| Overall acceptance |                       |                        |                         |                         |                        |                        |                        |
| CNTL               | 5.0±0.0 <sup>Aa</sup> | 4.2±0.4 <sup>Bab</sup> | 3.6±0.3 <sup>Cb</sup>   | 3.0±0.5 <sup>Db</sup>   | 2.5±0.3 <sup>Ec</sup>  | 1.4±0.3 <sup>Fc</sup>  | 1.0±0.0 <sup>Cb</sup>  |
| FREE               | 4.0±0.4 <sup>Ac</sup> | 3.9±0.3 <sup>Ab</sup>  | 3.8±0.4 <sup>ABb</sup>  | 3.7±0.4 <sup>ABba</sup> | 3.3±0.4 <sup>Bb</sup>  | 2.1±0.4 <sup>Cb</sup>  | 1.4±0.3 <sup>Cb</sup>  |
| TBHQ               | 5.0±0.0 <sup>Aa</sup> | 4.4±0.4 <sup>Ba</sup>  | 4.2±0.2 <sup>Ba</sup>   | 3.7±0.3 <sup>Ca</sup>   | 3.3±0.3 <sup>Cb</sup>  | 1.8±0.4 <sup>Db</sup>  | 2.0±0.4 <sup>Ca</sup>  |
| NBSG               | 4.6±0.4 <sup>Ab</sup> | 4.5±0.3 <sup>Aa</sup>  | 4.2±0.3 <sup>ABba</sup> | 4.0±0.4 <sup>Ba</sup>   | 3.5±0.5 <sup>Cab</sup> | 2.5±0.4 <sup>Da</sup>  | 2.2±0.3 <sup>Aa</sup>  |

Different lower-case letters indicate the significant statistical differences at  $p < 0.05$  between samples. Different upper-case letters indicate the significant statistical differences at  $p < 0.05$  during incubation period. CNTL= Oil without antioxidant, TBHQ= Oil containing 100 ppm TBHQ, FREE= Oil containing free extract, and NBSG= Oil containing nanoemulsified extract

نگهداری در روغن شد و ریزپوشانی روش مؤثری در افزایش فعالیت پاداکسندگی عصاره محسوب شد. از این حیث پاداکسنده سنتزی TBHQ در کاهش اکسایش روغن آفتابگردان ضعیفتر از عصاره رزماری نانوریزپوشانی شده عمل نمود. نتایج این تحقیق استفاده از عمل نانوریزپوشانی عصاره رزماری را جهت افزایش پایداری اکسایشی روغن آفتابگردان و همچنین بهبود خصوصیات حسی خلال سیب زمینی سرخ شده در آن مناسب ارزیابی می کند.

## ۵- منابع

- [1] Obadahun, J., Agho, O., Enyeribe, C., & Okele, A. (2015). Efficacy of guajavarin as a coupler in the synthesis of azo dyes and its application on chrome tanned leather.
- [2] Arshad, M., & Amjad, M. (2012). Medicinal use of sunflower oil and present status of sunflower in Pakistan: A review study. *Sci., Tech. and Dev*, 31(2): 99-106.

## ۴- نتیجه گیری

با پیشرفت تکنولوژی، آگاهی بشر از مضرات پاداکسندها و نگهدارنده‌های سنتزی افزایش یافته است و تمایل مصرف‌کنندگان به استفاده از ترکیبات طبیعی و نگهدارنده‌های گیاهی افزایش یافته است. در این پژوهش خاصیت پاداکسندگی عصاره گیاه رزماری به شکل آزاد و ریزپوشانی شده در افزایش ماندگاری روغن آفتابگردان در شرایط دمایی تسریع شده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد عصاره گیاه رزماری حاوی ترکیبات فنولی ( $174/25 \pm 4/9$ ) میلی گرم گالیک اسید بر گرم عصاره) و فلاونوئیدی ( $78/30 \pm 3/2$ ) میلی گرم روتین بر گرم عصاره) است و در روش مهار رادیکال آزاد DPPH و پایداری اکسایشی خاصیت پاداکسندگی نشان داد. روند افزایش پایداری اکسایشی از غلظت ۵۰ تا ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر عصاره از ۲/۹۱ ساعت تا ۵/۲۶ ساعت بود. انجام عمل ریزپوشانی با استفاده از صمغ دانه ریحان منجر به محافظت از عصاره رزماری طی

- [12] Lim, H.-K., Tan, C.-P., Bakar, J., Ng, S.-P. J. F., & Technology, B. (2012). Effects of different wall materials on the physicochemical properties and oxidative stability of spray-dried microencapsulated red-fleshed pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) seed oil. *5*(4): 1220-1227.
- [13] Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., & Saurel, R. J. F. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *40*(9): 1107-1121.
- [14] Esfanjani, A. F., Jafari, S. M., Assadpour, E., & Mohammadi, A. (2015). Nano-encapsulation of saffron extract through double-layered multiple emulsions of pectin and whey protein concentrate. *Journal of Food Engineering*, *165*: 149-155.
- [15] Mohammadi, A., Jafari, S. M., Esfanjani, A. F., & Akhavan, S. (2016). Application of nano-encapsulated olive leaf extract in controlling the oxidative stability of soybean oil. *Food chemistry*, *190*: 513-519.
- [16] Rafe, A., & Razavi, S. M. (2013). Dynamic viscoelastic study on the gelation of basil seed gum. *International Journal of Food Science & Technology*, *48*(3): 556-563.
- [17] Tometri, S. S., Ahmady, M., Ariaii, P., & Soltani, M. S. (2020). Extraction and encapsulation of *Laurus nobilis* leaf extract with nano-liposome and its effect on oxidative, microbial, bacterial and sensory properties of minced beef. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-12.
- [18] Mohammadi, A., Jafari, S. M., Assadpour, E., & Esfanjani, A. F. (2016). Nano-encapsulation of olive leaf phenolic compounds through WPC-pectin complexes and evaluating their release rate. *International journal of biological macromolecules*, *82*: 816-822.
- [19] Estakhr, P., Tavakoli, J., Beigmohammadi, F., Alaei, S., and Mousavi Khaneghah, A. (2020). Incorporation of the nanoencapsulated polyphenolic extract of *Ferula persica* into soybean oil: Assessment of oil oxidative stability. *Food Science & Nutrition*.
- [20] Kenari, R. E., Amiri, Z. R., Motamedzadegan, A., Milani, J. M., Farmani, J., and Farahmandfar, R. (2020). Optimization of Iranian golpar (*Heracleum persicum*) extract encapsulation using sage (*Salvia macrosiphon*)
- [3] Moradi, N., & Rahimi, M. (2019). Effect of ultrasound-and pulsed electric field-assisted enzymatic treatment on the recovery and quality of sunflower oil. *Separation Science and Technology*, *54*(6): 1043-1054.
- [4] Agregán, R., Lorenzo, J. M., Munekata, P. E., Dominguez, R., Carballo, J., & Franco, D. (2017). Assessment of the antioxidant activity of *Bifurcaria bifurcata* aqueous extract on canola oil. Effect of extract concentration on the oxidation stability and volatile compound generation during oil storage. *Food Research International*, *99*: 1095-1102.
- [5] Razavi, R., & Kenari, R. E. (2021). Antioxidant evaluation of *Fumaria parviflora* L. extract loaded nanocapsules obtained by green extraction methods in oxidative stability of sunflower oil. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-10.
- [6] Duthie, G. G., Gardner, P. T., Morrice, P. C., & McPhail, D. B. J. N. S. (2016). The Contribution of  $\alpha$ -Tocopherol and  $\gamma$ -Tocopherol to the Antioxidant Capacity of Several Edible Plant Oils. *8*(02): 41.
- [7] Yang, Y., Song, X., Sui, X., Qi, B., Wang, Z., Li, Y., et al. (2016). Rosemary extract can be used as a synthetic antioxidant to improve vegetable oil oxidative stability. *Industrial Crops and Products*, *80*: 141-147.
- [8] Khazaei, K. M., Jafari, S., Ghorbani, M., & Kakhki, A. H. (2014). Application of maltodextrin and gum Arabic in microencapsulation of saffron petal's anthocyanins and evaluating their storage stability and color. *Carbohydrate polymers*, *105*: 57-62.
- [9] Ezhilarasi, P., Karthik, P., Chhanwal, N. and Anandharamakrishnan, C. (2013). Nanoencapsulation techniques for food bioactive components: a review. *Food and Bioprocess Technology*, *6*: 628-47.
- [10] Manojlović, V., Nedović, V. A., Kailasapathy, K., & Zuidam, N. J. (2010). Encapsulation of probiotics for use in food products. In *Encapsulation technologies for active food ingredients and food processing*, 269-302): Springer.
- [11] Jafari, S. M., He, Y., & Bhandari, B. (2007). Optimization of nano-emulsions production by microfluidization. *European Food Research and Technology*, *225*(5-6): 733-741.

- Mortazavi, S. A. (2011). Effect of drying process and wall material on the properties of encapsulated cardamom oil. *Food biophysics*, 6(1): 68-76.
- [30] 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(4): 443-451.
- [31] 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.
- [32] Chen, X., Zhang, Y., Zu, Y., Yang, L., Lu, Q., and Wang, W. (2014). Antioxidant effects of rosemary extracts on sunflower oil compared with synthetic antioxidants. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(2): 385-391.
- [33] Wang, Y.-Z., Fu, S.-G., Wang, S.-Y., Yang, D.-J., Wu, Y.-H. S., and Chen, Y.-C. (2018). Effects of a natural antioxidant, polyphenol-rich rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract, on lipid stability of plant-derived omega-3 fatty-acid rich oil. *LWT*, 89, 210-216.
- [34] Saini, A., Pandey, A., Sharma, S., Suradkar, U. S., Ambedkar, Y. R., Meena, P., et al. (2020). Assessment of antioxidant activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) leaves extract. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(3): 14-17.
- [35] Abramovič, H., Terpinč, P., Generalić, I., Skroza, D., Klančnik, A., Katalinić, V. 2012. Antioxidant and antimicrobial activity of extracts obtained from rosemary (*Rosmarinus officinalis*) and vine (*Vitis vinifera*) leaves. *Croatian journal of food science and technology*, 4(1): 1-8.
- [36] Albayrak, S., Aksoy, A., Albayrak, S., and Sagdic, O. (2013). In vitro antioxidant and antimicrobial activity of some Lamiaceae species. *Iranian Journal of Science and Technology (Sciences)*, 37(1): 1-9.
- [37] Erkan, N., Ayranci, G., and Ayranci, E. (2008). Antioxidant activities of rosemary (*Rosmarinus Officinalis* L.) extract, blackseed (*Nigella sativa* L.) essential oil, carnosic acid, rosmarinic acid and sesamol. *Food chemistry*, seed gum: chitosan as a wall materials and its effect on the shelf life of soybean oil during storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-12.
- [21] Ganji, S., and Sayyed-Alangi, S. Z. (2017). Encapsulation of ginger ethanolic extract in nanoliposome and evaluation of its antioxidant activity on sunflower oil. *Chemical Papers*, 71(9): 1781-1789.
- [22] Rezaei Savadkouhi, N., Ariaii, P., and Charmchian Langerodi, M. (2020). The effect of encapsulated plant extract of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) in biopolymer nanoemulsions of *Lepidium perfoliatum* and *Orchis mascula* on controlling oxidative stability of soybean oil. *Food Science & Nutrition*, 8(2): 1264-1271.
- [23] Kaderides, K., Goula, A. M., and Adamopoulos, K. G. (2015). A process for turning pomegranate peels into a valuable food ingredient using ultrasound-assisted extraction and encapsulation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 31: 204-215.
- [24] 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.
- [25] Hammi, K. M., Jdey, A., Abdelly, C., Majdoub, H., and Ksouri, R. (2015). Optimization of ultrasound-assisted extraction of antioxidant compounds from Tunisian *Zizyphus lotus* fruits using response surface methodology. *Food chemistry*, 184, 80-89.
- [26] Chang, C.-C., Yang, M.-H., Wen, H.-M., and Chern, J.-C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of food and drug analysis*, 10(3).
- [27] 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*, 90(2): 235-242.
- [28] Farhoosh, R., and Tavassoli-Kafrani, M. H. (2011). Simultaneous monitoring of the conventional qualitative indicators during frying of sunflower oil. *Food Chemistry*, 125(1): 209-213.
- [29] Najafi, M. N., Kadkhodae, R., and

- Science and Technology*, 56(1): 124-130.
- [47] Agregán, R., Munekata, P. E., Domínguez, R., Carballo, J., Franco, D., and Lorenzo, J. M. (2017). Proximate composition, phenolic content and in vitro antioxidant activity of aqueous extracts of the seaweeds *Ascophyllum nodosum*, *Bifurcaria bifurcata* and *Fucus vesiculosus*. Effect of addition of the extracts on the oxidative stability of canola oil under accelerated storage conditions. *Food Research International*, 99, 986-994.
- [48] Nishad, J., Dutta, A., Saha, S., Rudra, S. G., Varghese, E., Sharma, R., et al. (2020). Ultrasound-assisted development of stable grapefruit peel polyphenolic nano-emulsion: Optimization and application in improving oxidative stability of mustard oil. *Food Chemistry*, 127561.
- [49] Alexandre, S., Vital, A. C. P., Mottin, C., do Prado, R. M., Ornaghi, M. G., Ramos, T. R., et al. (2020). Use of alginate edible coating and basil (*Ocimum spp*) extracts on beef characteristics during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 1-9.
- [50] Mahdavi, V., Hosseini, S. E., and Sharifan, A. (2018). Effect of edible chitosan film enriched with anise (*Pimpinella anisum L.*) essential oil on shelf life and quality of the chicken burger. *Food Science & Nutrition*, 6(2): 269-279.
- [51] Manohar, C. M., Xue, J., Murayyan, A., Neethirajan, S., and Shi, J. (2017). Antioxidant activity of polyphenols from Ontario grown onion varieties using pressurized low polarity water technology. *Journal of Functional Foods*, 31: 52-62.
- [52] Santas, J., Almajano, M. P., and Carbó, R. (2010). Antimicrobial and antioxidant activity of crude onion (*Allium cepa, L.*) extracts. *International Journal of Food Science & Technology*, 45(2): 403-409.
- [53] Jouki, M., Yazdi, F. T., Mortazavi, S. A., Koocheki, A., and Khazaei, N. (2014). Effect of quince seed mucilage edible films incorporated with oregano or thyme essential oil on shelf life extension of refrigerated rainbow trout fillets. *International Journal of Food Microbiology*, 174: 88-97.
- 110(1): 76-82.
- [38] Tavassoli, S., and Djomeh, Z. E. (2011). Total phenols, antioxidant potential and antimicrobial activity of methanol extract of rosemary (*Rosmarinus officinalis L.*). *Global Veterinaria*, 7(4): 337-341.
- [39] Ghaderi, G. M., Alami, M., Sadeghi, M. A., Azizi, M., and Ghorbani, M. (2012). Study on antioxidant activities of methanolic extracts from fruit of two variety of acorn Q. *Castaneifolia var Castaneifolia* and Q. *Branti var Persica* in sunflower oil.
- [40] Gülçin, İ. (2006). Antioxidant activity of caffeic acid (3, 4-dihydroxycinnamic acid). *Toxicology*, 217(2-3): 213-220.
- [41] Toppel, J., Gies, K., Harbaum-Piayda, B., Steffen-Heins, A., and Drusch, S. (2017). Composition of Quillaja saponin extract affects lipid oxidation in oil-in-water emulsions. *Food chemistry*, 221:386-394.
- [42] 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(4): 1624-1631.
- [43] Pirbalouti, A. G., Setayesh, M., Siahpoosh, A., and Mashayekhi, H. (2013). Antioxidant activity, total phenolic and flavonoids contents of three herbs used as condiments and additives in pickles products. *Herba Polonica*, 59(3): 51-62.
- [44] Farahmandfar, R., Asnaashari, M., and Sayyad, R. (2017). Antioxidant activity and total phenolic content of *Capsicum frutescens* extracted by supercritical CO<sub>2</sub>, ultrasound and traditional solvent extraction methods. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(1): 196-204.
- [45] Faria, W. C. S., Oliveira, M. G., da Conceição, E. C., Silva, V. B., Veggi, N., Converti, A., et al. (2020). Antioxidant efficacy and in silico toxicity prediction of free and spray-dried extracts of green Arabica and Robusta coffee fruits and their application in edible oil. *Food Hydrocolloids*, 106004.
- [46] Taghvaei, M., Jafari, S. M., Mahoonak, A. S., Nikoo, A. M., Rahmanian, N., Hajitabar, J., et al. (2014). The effect of natural antioxidants extracted from plant and animal resources on the oxidative stability of soybean oil. *LWT-Food*



## Investigation the antioxidant effect of nano encapsulated rosemary leaf extract in basil (*Ocimumbasilicum*) seed gum on oxidative stability of sunflower oil and sensory properties of fried potato strips in it

Jafari, S. Z. <sup>1</sup>, Jafarian, S. <sup>2</sup>, Hojjati, M. <sup>3</sup>, Najafian, L. <sup>4</sup>

1. PhD Candidate, Department of Food Science & Technology, Nour Branch, Islamic Azad University, Nour, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Food Science & Technology, Nour Branch, Islamic Azad University, Nour, Iran.
3. Professor, Department of Food Science & Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Food Science & Technology, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran.

### ABSTRACT

In this study, the antioxidant properties of nanoencapsulated rosemary leaf extract in biopolymer basil (*Ocimumbasilicum*) seed gum coating to control the oxidative stability of sunflower oil and sensorial properties of fried potato strips were studied. The rosemary leaves extract obtained by ultrasonic bath has phenolic compounds ( $174.4 \pm 25.9$  mg gallic acid / g extract) and flavonoid ( $78.30 \pm 3.2$  mg rutin / g extract). Antioxidant activity of DPPH free radical scavenging by IC<sub>50</sub> was 98.16 ppm and oxidative stability at 200 ppm was 5.08 h. The average size of nanoparticles in basil seed gum coating was 284.2 nm. The peroxide value and thiobarbituric acid value of oil samples were calculated every 4 days (0, 4, 8, 12, 16, 20, and 24 days). The results showed that oil oxidation in samples containing nanoencapsulated rosemary extract was less than the control sample, oil containing free extract or TBHQ. At the end of 24 days of incubation period, the peroxide value of oil samples containing synthetic antioxidant TBHQ and oil samples containing nanoencapsulated rosemary extract in the basil seed gum were 23.4 and 17.80 mEq O<sub>2</sub>/ kg oil and thiobarbituric acid value were 0.16 and 0.06 mg of malondialdehyde/kg oil respectively. In addition, the higher sensorial score of color, odor, taste and overall acceptance was related to potato strips fried in oil containing nanoencapsulated rosemary extract. The results of this study suggest the use of nanoencapsulated rosemary extract in basil seed gum coating to increase shelf life of sunflower oil.

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 2022/ 01/ 20  
Accepted 2022/ 03/ 03

#### Keywords:

Emulsion,  
Encapsulation,  
Nanocapsule,  
Phenolic,  
Potato strips.

DOI: 10.22034/FSCT.19.128.133  
DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.128.11.6

\*Corresponding Author E-Mail:  
s\_jafarian@iaunour.ac.ir