مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

تاثیر نوع پوشش بیوپلیمری بر خصوصیات پاداکسندگی عصاره مریم گلی نانوریزپوشانی شده جهت افزایش پایداری روغن آفتابگردان در شرایط دمایی تسریع شده

بهناز صفرپور[۱]، رضا اسماعیل زاده کناری[۲*]، جمشید فرمانی[۳]

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی ،دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

۲- استاد گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

۳- دانشیار گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱ /۰۳/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۲

کلمات کلیدی:

ایزوله پروتئینی آب پنیر،

صمغ قدومه شهری،

نانوامولسیون،

اکسایش، پاداکسنده.

DOI: 10.22034/FSCT.19.135.89

DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.135.8.4

* مسئول مکاتبات:

Reza_kenari@yahoo.com

چکیده

روغن آفتابگردان یکی از مهم‌ترین روغن‌های گیاهی و با ارزش تغذیه‌ای بالا است که متاسفانه به دلیل غیر اشباعیت به اکسایش حساس می‌باشد. در این پژوهش عصاره برگ مریم گلی با استفاده از فراصوت حمام و حلال اتانول:آب (۷۰:۳۰) در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد و به مدت ۳۰ دقیقه در ۳۵KHz عصاره‌گیری شد. میزان ترکیبات فنولی عصاره ۳۱/۱۲ میلی گرم گالیک اسید بر گرم بود. فعالیت پاداکسندگی غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ ppm از عصاره برگ مریم گلی از طریق روش بیرنگ شدن بتاکاروتن/لینولئیک اسید و پایداری اکسایشی اندازه گیری شد. نتایج نشان داد با افزایش غلظت عصاره فعالیت پاداکسندگی و پایداری اکسایشی افزایش یافت. عصاره برگ گیاه مریم گلی (۲۵۰ ppm) برای ریزپوشانی در دیواره صمغ دانه قدومه شهری/ایزوله پروتئینی آب پنیر با نسبت‌های ۱:۰، ۱:۱ و ۰:۱ مورد استفاده قرار گرفت. اندازه ذرات نانوکپسول بین ۲۱۷/٤ و ۲۷۰/۰ نانومتر متغیر بود و نانوکپسول تهیه شده از قدومه شهری بزرگ‌ترین اندازه و نانوکپسول تهیه شده از پوشش صمغ و ایزوله پروتئینی کوچک‌ترین اندازه را داشتند. به منظور تشدید فرآیند اکسایش، روغن آفتابگردان بدون پاداکسنده، روغن‌های حاوی عصاره آزاد، ریزپوشانی شده و TBHQدر آون در دمای ٦۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲٤ روز قرار گرفت. اندیس پراکسید، پارا آنیزیدین و توتوکس نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد اکسیداسیون روغن در نمونه‌های حاوی عصاره ریزپوشانی شده برگ گیاه مریم گلی کمتر از نمونه شاهد، نمونه حاوی عصاره آزاد و TBHQاست. به طوریکه در پایان روز ۲٤ دوره نگهداری مقدار اندیس پراکسید، پاراآنیزیدین و توتوکس در نمونه‌های روغن حاوی عصاره نانوریزپوشانی شده کمتر از روغن حاوی پاداکسنده سنتزی TBHQ و عصاره آزاد بود. همچنین در بین دیواره‌های استفاده شده برای ریزپوشانی عصاره مریم گلی، دیواره ترکیبی از جنس صمغ قدومه شهری و ایزوله پروتئینی آب پنیر بهترین پوشش برای ریزپوشانی عصاره به منظور افزایش عمر ماندگاری روغن آفتابگردان می‌باشد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.135.8.4]

[DOI: 10.22034/FSCT.19.135.89]

۱-مقدمه

روغن‌های گیاهی به عنوان منابع انرژی و تامین کننده اسیدهای چرب ضروری بدن مطرح بوده و به واسطه اینکه از پیش سازهای مهم هورمون‌ها هستند، در تغذیه انسان نقش مهمی دارند. روغن‌های گیاهی همچنین حاوی تری آسیل گلیسرول ها و مقادیر اندکی توکوفرول، استرول و رنگدانه‌ها هستند [۱]. استفاده از دانه‌های روغنی در مصارف صنایع غذایی انسان‌ها و نیز استفاده از کنجاله آن‌ها برای غذای دام و نیز کاربرد در صنایع داروسازی، آرایشی و بهداشتی باعث شده است تا کشاورزان تمایل زیادی به کاشت آن‌ها داشته باشند. در این میان آفتابگردان یکی از عمده‌ترین دانه‌های روغنی در جهان می‌باشد که به دلیل مناسب بودن نیازهای زراعی، عملکرد بالای روغن، بالا بودن ارزش تغذیه‌ای و فقدان عوامل ضدتغذیه‌ای سطح زیر کشت آن افزایش یافته است [۲].

آفتابگردان با نام علمی (*Helianthusannuus*) گیاهی یکساله و دارای ساقه راست، خشن و به ارتفاع ۲ متر که پیوسته در بخش‌های پهناوری از کشورهای مختلف کشت می‌شود. این گیاه یکی از مهم‌ترین محصولات روغنی در جهان می‌باشد. تخمه آفتابگردان سرشار از فسفر، منگنز، روی، پتاسیم و اسیدهای چرب اشباع نشده و امگا ٦ (اسید لینولئیک) می‌باشد[۳]. اهمیت چربی‌ها از منظر تولید انرژی که بیش از دو برابر پروتئین‌ها و کربوهیدارت‌ها انرژی تولید می‌کنند و همچنین تامین ویتامین‌های محلول در چربی می‌باشد [٤]. روغن‌های گیاهی طی فرایندهای حرارتی مثل سرخ کردن، تخریب می‌شوند و ارزش کیفی و تغذیه‌ای خود را از دست می دهند. با پیشرفت اکسیداسیون، ترکیبات سمی و خطرناکی تولید می‌کنند که برای سلامتی انسان مضر است. بنابراین ضروری است که با افزایش پایداری روغن از این فرآیند جلوگیری کرد و یا شروع فرآیند را به تعویق انداخت. متداول‌ترین روش جهت جلوگیری از فرایند اکسیداسیون، استفاده از پاداکسنده‌ها است. مطالعات نشان داده است که پاداکسنده‌های سنتزی عوارض نامطلوبی دارند و به همین دلیل امروزه سعی می‌شود که از منابع گیاهی به عنوان پاداکسنده استفاده شود [۵].

سمیت احتمالی و سرطان زایی پاداکسنده‌های متداول سنتزی یعنی BHA، BHT، PGو TBHQ توجه محققین را به سمت استفاده از پاداکسنده‌های طبیعی سوق داده است. از مهم‌ترین ترکیبات پاداکسنده در طبیعی مورد استفاده در مواد غذایی می‌توان به توکفرول‌ها، ترکیبات فنولی، گلوتاتیون‌ها، اسید آسکوربیک، کاروتئنوئیدها و آنتوسیانین‌ها اشاره نمود [٦]. ترکیبات فنولی با مکانیسم‌های مختلفی از اکسیداسیون روغن‌ها جلوگیری می‌نمایند که متداول‌ترین آن‌ها غیرفعال کردن رادیکال‌های آزاد و تشکیل کمپلکس با یون‌های فلزی می‌باشد [۷]. گیاهان منبع غنی از پاداکسنده‌های طبیعی هستند. بنابراین مطالعات زیادی برای افزایش امنیت غذا و کاهش خطرات ابتلا به سرطان بر روی گیاهان انجام شده است تا از آن‌ها به عنوان ترکیبات پاداکسنده طبیعی استفاده شود.گیاهان دارویی حاوی طیف وسیعی از ترکیبات فنولی از جمله فنولیک اسیدها، فلاونوئیدها و تانن‌ها می‌باشند و وجود همین ترکیبات فنولی، خاصیت پاداکسندگی بالایی به آن‌ها بخشیده است [۸].

ادغام ترکیبات زیست فعال طبیعی در محصولات غذایی، به منظور به دست آوردن غذاهای کاربردی جدید (مانند روغن‌ها، نوشیدنی‌ها، محصولات پخت و لبنی) به یک بازار به سرعت در حال رشد در سراسر جهان تبدیل شده است و دسته روغن‌های گیاهی دارای سریع‌ترین رشد هستند. در نتیجه، مطالعات اخیر بر روی پتانسیل فیتوکمیکال ها به عنوان منابع طبیعی ترکیبات ارتقا دهنده سلامت، برای طراحی و تولید غذاهای کاربردی متمرکز شده است [۹]. در حال حاضر مهم‌ترین چالش پیشرو در زمینه افزودن ترکیبات زیست فعال به محصولات غذایی، مساله 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 می‌باشد [۱۰]. یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای محافظت از ترکیبات زیست فعال در سامانه‌های غذایی استفاده از فرآیند ریزپوشانی است. به وسیله این فناوری، یک پوشش در اطراف ماده غذایی قرار می‌گیرد و از ترکیبات هسته در برابر تنش‌های محیطی نظیر اکسایش، نور، حرارت و pH جلوگیری می‌شود [۱۱].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.135.8.4]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.135.89]

یکی از انواع گیاهانی که همواره مورد توجه بوده است گیاه مریم گلی با نام علمی (*Salviaofficinalis*) از خانواده نعناع است. از هزار گونه این گیاه حدود ۱۷ گونه آن مختص ایران است. مریم گلی گیاهی است پر شاخه، به ارتفاع ۳۰ تا ۶۰ سانتیمتر است که دارای ظاهری پرپشت است. ریشه گیاه مایل به قهوه‌ای و ساقه‌های متعدد، منشعب، چهار گوش و پوشیده از کرک دارد [۱۲]. از گذشته‌های دور مریم گلی به دلیل خواص دارویی در طب سنتی کاربرد دارد. این گیاه به شکل خودرو در اماکن خشک و سنگلاخی و دامنه‌های بایر بیشتر نواحی آسیا و شمال آفریقا می‌روید. اندام‌های هوایی گیاه به ویژه برگ‌های مریم گلیحاوی ترکیبات با خاصیت پاداکسندگی هستند که مهم‌ترین آن‌ها تانن‌ها، فلاونوئیدها، توکفرول، اسید رزمارینیک و اسید آسکوربیک است. اسید رزمارینیک یک ترکیب فنولی با فعالیت بیولوژیکی و پاداکسندگی بالا است [۱۳].

ترکیبات فنولی به تنش‌های محیطی نظیر اکسیژن، رطوبت، حرارت، نور، آنزیم، pH و نظیر آن حساس هستند و ریزپوشانی باعث محافظت از این ترکیبات در برابر تنش‌های مذکور، رهایش کنترل شده، جلوگیری از طعم‌ها و بوهای شدید ترکیبات فنولی و کارایی بالاتر ترکیبات فنولی طی نگهداری می‌شود [۱۴].

طیف گسترده‌ای از فناوری‌ها برای محصور کردن پلی‌فنول‌ها، از جمله خشک‌کردن پاششی، کواسرواسیون، امولسیون‌ها، لیپوزوم‌ها، میسل، نانوذرات، خشک‌کردن انجمادی، و ریزپوشانی توسط مخمر توسعه داده شده‌اند. هر کدام از این‌ها نقاط قوت و ضعف خاصی در ریزپوشانی، حفاظت، تحویل، سهولت استفاده، زیست تخریب پذیری و زیست سازگاری دارند. در این میان، امولسیون‌ها به دلیل خصوصیاتی نظیر راندمان ریزپوشانی بالا، حفظ پایداری شیمیایی مولکول‌های محصور شده و رهایش کنترل شده به طور گسترده به عنوان یکی از محبوب‌ترین سیستم‌های ریزپوشانی و تحویل برای طیف وسیعی از مولکول‌های زیست فعال چربی دوست، آب دوست و آمفوتر در نظر گرفته می‌شوند. علاوه بر این، برخی از پلی‌فنول‌های محصور شده توسط امولسیون در مقایسه با مولکول‌های آزاد خالص، فعالیت‌های بیولوژیکی بالاتری را نشان دادند [۱۵].

ریزپوشانی ترکیبات مؤثره در نانوامولسیون‌های آب در روغن (W/O) یا روغن در آب (O/W) می‌تواند سبب افزایش حفاظت از ترکیبات و خصوصیات آن‌ها از قبیل فعالیت پاداکسندگی، حلالیت و پایداری شود. از پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدها به‌عنوان امولسیفایرهای آب‌دوست در تولید امولسیون‌های آب در روغن در آب (W/O/W) می‌توان استفاده کرد که این امولسیون‌ها به نوبه خود باعث افزایش ویژگی‌های عملکردی ترکیبات مؤثره و بهبود رهایش کنترلی آنها می‌شود [۱۶].

ماده‌ای که به عنوان دیواره استفاده می‌شود باید قادر باشد مواد هسته را در ساختاری کروی با بیشینه راندمان پوشش‌دهی کرده و به صورت دیواره‌ای حفاظتی، از فرآیندهای نامناسبی مانند اکسیداسیون مواد هسته در برابر اکسیژن ممانعت نماید. این امر سبب افزایش مدت ماندگاری مواد هسته می‌گردد [۱۷, ۱۸]. در این راستا مواد گوناگونی مورد استفاده قرارگرفته‌اند که در این بین بیوپلیمرها به دلیل داشتن ویژگی‌هایی مانند خصوصیات امولسفایری مناسب، افزایش ویسکوزیته، قابلیت تشکیل فیلم، انحلال پذیریدرآبوخوراکیبودنبسیارموردتوجهقرار گرفته اند [۱۹, ۲۰]. بررسی‌هایی اخیر نشان داد ریزپوشانی ترکیبات مؤثره در نانوامولسیون‌های دو لایه W/O/Wبا پوشش‌های بیوپلیمری به طور موفقیت‌آمیزی توانست باعث حفظ ترکیبات هسته و رهایش کنترلی آنها شود [۱۶, ۲۱].

انتخاب ماده دیواره مناسب برای رسیدن به ریزپوشانی موفق، ضروری می‌باشد. پروتئین های آب پنیر به عنوان محصول فرعی صنعت پنیرسازی به طور وسیعی در فرمولاسیون‌های غذایی استفاده شده‌اند. اجزای اصلی پروتئین‌های آب پنیر، بتا لاکتو گلوبولین، آلفا لاکتا آلبومین، سرم آلبومین گاوی و ایمینوگلوبولین‌ها هستند. خواص فعالیت سطحی قابل توجه کنسانتره پروتئین آب پنیر و ایزوله پروتئین آب پنیر، آن‌ها را به عنوان مواد دیواره مناسب برای درون پوشانی معرفی می‌کند. گزارش‌های متعددی در مورد استفاده از کنسانتره و ایزوله پروتئین آب پنیر به تنهایی یا در ترکیب با بیوپلیمرهای دیگر برای درون پوشانی ترکیبات زیست فعال موجود هستند [۲۲]. با توجه به استفاده گسترده از صمغ ها در صنعت و هزینه بالای این ترکیبات، یافتن منابع جدید برای تولید هیدروکلوئیدها همواره از اهمیت بالایی برخوردار بوده است. بسیاری از دانه‌های بومی ایران حاوی صمغ‌های با ارزشی هستند. از جمله این صمغ‌ها،

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.135.8.4]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.135.89]

صمغ حاصل از دانه قدومه شهری است. دانه قدومه شهری به شکل تخم مرغی و قهوه‌ای رنگ با پوششی نازک و موسیلاژی است. این دانه به هنگام خیساندن در آب موسیلاژی تولید می‌کند که گرانروی نسبتاً بالایی داشته و قادر به تثبیت و پایداری قطرات فاز پراکنده در امولسیون روغن در آب می‌باشد [۲۳]. اگر چه تا کنون پژوهش‌های متعددی در زمینه استفاده از عصاره های ریزپوشانی شده جهت افزایش عمر ماندگاری روغن های گیاهی انجام شده است ولی تا کنون خصوصیات عصاره مریم گلی نانوریزپوشانی شده در دیواره ایزوله پروتئینی آب پنیر و صمغ دانه قدومه شهری به عنوان یک پاداکسنده طبیعی مورد مطالعه قرار نگرفته است. با استفاده از نتایج این تحقیق می‌توان از پتانسیل گیاهان مختلف به عنوان پاداکسنده‌های طبیعی و همچنین ریزپوشانی به عنوان روشی برای افزایش کارایی پاداکسندگی گیاهان استفاده نمود. لذا هدف این پژوهش استخراج عصاره مریم گلیبا استفاده از فراصوت و بررسی خاصیت پاداکسندگی عصاره، نانوریزپوشانی عصاره مریم گلی با استفاده از پوشش ترکیبی پروتئین/پلی ساکارید و بررسی تاثیر پاداکسندگی عصاره مریم گلی در افزایش عمر ماندگاری روغن آفتابگردان به عنوان یک پاداکسنده طبیعی می‌باشد.

۲-مواد و روش ها

۲-۱-مواد

برگ گیاه مریم گلی از رویشگاه طبیعی آن در استان مازندران جمع آوری شد. روغن آفتابگردان فاقد پاداکسنده از کارخانه روغن کشت و صنعت شمال تهیه شد. معرف‌ها و مواد شیمیایی از شرکت مرک (Darmstadt, Germany) و حلال‌های مصرفی از شرکت شارلو (بارسلونا، اسپانیا) خریداری شدند. صمغ دانه قدومه شهری از شرکت ریحان گام پارسیان تهران تهیه شد.

۲-۲-روش‌ها

۲-۲-۱-استخراج عصاره برگ مریم گلی

برگ‌های گیاه مریم گلی بلافاصله بعد از تهیه به مدت ۱ هفته در سایه خشک شد تا محتوی رطوبت آن به زیر ۱۰ درصد برسد. مریم گلی خشک شده با استفاده از آسیاب (Habi, Pars-Khazar, Iran) به پودر تبدیل شد. پودر حاصل از الک با مش ۲۰۰ میکرومتر عبور داده شد تا ذرات درشت جدا شود. ۵۰ گرم از برگ مریم گلی پودر شده با ۲۵۰ میلی لیتر حلال اتانول:آب (۷۰:۳۰) ترکیب شد. استخراج با استفاده از حمام فراصوت (6.5l200 H, Dakshin, India) در دمای ۳۵ رجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه و فرکانس ۳۵ کیلوهرتز انجام شد. ترکیب حاصل با استفاده از کاغذ واتمن شماره ۱ صاف شد و سپس درون تبخیر کننده چرخشی (RE 120, Flowil, Switzerland) قرار گرفت تا حلال پرانی در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد انجام شود. عصاره نهایی در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد نگهداری شد [۱۱].

۲-۲-۲-سنجش فنول کل عصاره مریم گلی

برای سنجش فنول کل عصاره، ابتدا مقدار ۲/۵ میلی لیتر از معرف فنولی فولین سیوکالتیو (۰/۲ نرمال) به ۰/۵ میلی لیتر عصاره اضافه شد و به خوبی ترکیب شد و سپس ۲ میلی لیتر از سدیم کربنات ۷/۵ درصد به آن اضافه شد. این مخلوط به مدت ۲۰ دقیقه در دمای اتاق و مکان تاریک نگهداری شد. پس از سپری شدن این زمان جذب مخلوط توسط دستگاه طیف سنج نوری (Cintra 6, GBS scientific, Australia) در طول موج ۷٦۰ نانومتر قرائت شد. مقدار کل ترکیبات فنولی بر اساس منحنی استاندارد اسید گالیک محاسبه گردید[۲٤].

۲-۲-۳-سنجش خاصیت پاداکسندگی عصاره مریم گلی

برای سنجش فعالیت پاداکسندگی عصاره مریم گلی از روش بیرنگ شدن بتاکاروتن:لینولئیک اسید استفاده شد. بدین منظور ابتدا یک محلول پایه از بتاکاروتن- لینولئیک اسید به صورت زیر تهیه گردید: ۵ میلی گرم از بتاکاروتن در ۱۰ میلی لیتر کلروفرم حل شد، ٦۰۰ میکرو لیتر از محلول تهیه شده به مخلوط ٤۰ میلی گرم لینولئیک اسید و ٤۰۰ میلی گرم توئین ٤۰ اضافه شد. سپس با روش تبخیر در خلا کلروفرم جدا گردید و ۱۰۰ میلی لیتر آب اکسیژنه به آن اضافه و شدیدا به هم زده شد. ۵ میلی لیتر از امولسیون تهیه شده فوق به لوله آزمایش منتقل و ۲۰۰ میکرولیتر از عصاره به لوله آزمایش اضافه گردید. یک نمونه بدون عصاره نیز به عنوان ترکیب شاهد در نظر گرفته شد. تمامی مراحل در مورد TBHQبه عنوان پاداکسنده استاندارد انجام شد. جذب

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.135.8.4]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.135.89]

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.135.8.4]

[DOI: 10.22034/FSCT.19.135.89]

نوری نمونه‌ها با طیف سنج نوری در طول موج ۴۷۰ نانومتر در زمان صفر و همچنین بعد از ۲۴ ساعت گرمخانه گذاری در دمای اتاق قرائت شد. ظرفیت پاداکسندگی عصاره به عنوان درصد بازداری بیان شد [۲۵]

۲-۲-۴-اندازه‌گیری شاخص پایداری اکسایشی

شاخص پایداری اکسایشی عصاره مریم گلی در روغن آفتابگردان با دستگاه رنسیمت (MetrohmRancimat model 743 Herisau, Switzerland) اندازه‌گیری شد. به این ترتیب که پنج میلی‌گرم عصاره مریم گلی به پنج گرم روغن آفتابگردان تصفیه شده فاقد پاداکسنده اضافه شد. سپس شاخص پایداری اکسایشی بر حسب (ساعت) در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت جریان هوا ۱۵ لیتر بر ساعت مورد آزمایش قرار گرفت[۲۶]. پس از انجام آزمایشات مذکور عصاره برگ مریم گلی در غلظت ۲۵۰ ppm که بالاترین میزان ترکیبات فنولی و خاصیت پاداکسندگی را داشت جهت نانوریزپوشانی انتخاب شد.

۲-۲-۵-نانوریزپوشانی عصاره برگ مریم گلی

از ایزوله پروتئین آب پنیر و محلول صمغ بذر قدومه شهری در نسبت‌های مختلف (۰:۱، ۱:۱ و ۱:۰) به عنوان پوشش استفاده شد. ابتدا ۰/۰۵ گرم پودر پوشش در آب دیونیزه شده در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد پراکنده شد و پس از خنک شدن یک شبانه روز مخلوط شد تا هیدراتاسیون انجام شود. سپس ۱۰ میلی‌لیتر عصاره مریم گلی با ۴۰ میلی‌لیتر توئین ۸۰ و ۵۰ میلی‌لیتر روغن آفتابگردان با همزن مغناطیسی با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه ترکیب شد. پس از آن، امولسیون تشکیل شده دوباره با استفاده از هموژنایزر اولتراتوراکس (IKA Labortechnik, Selangor, Malaysia) در ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه همگن شد و سپس محلول پوششی در نسبت۵ به ۱ به نانوامولسیون افزوده شد [۲]. نانوامولسیون‌ها با استفاده از خشک کن انجمادی (SP Scientific, Gardiner, NY, USA) در دمای ۵۰-درجه سانتیگراد و فشار ۰/۰۱۷ میلی پاسگال به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. اندازه ذرات نانوامولسیون‌ها با استفاده از روش تفرق نور لیزر توسط دستگاه مسترسایزر (Malvern instrument Ltd.UK) اندازه‌گیری شد.

۲-۲-۶-نگهداری روغن در شرایط تسریع شده

به منظور تشدید فرآیند اکسایش، روغن آفتابگردان بدون پاداکسنده، روغن‌های حاوی عصاره نانوریزپوشانی شده، عصاره آزاد در غلظت ۲۵۰ ppm و TBHQدر غلظت ۱۰۰ ppmدر داخل بطری شیشه‌ای تیره در بسته ریخته شدند و سپس در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد 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. جدول ۱ کد تیمارهای مورد بررسی در پژوهش را نشان می‌دهد.

Table 1 Code and formulation of sunflower oil samples.

Concentration (ppm)	Type of antioxidant	Code of oil samples
-	Without antioxidant	CONT
100	TBHQ	TBHQ
250	Free sage extract	FREE
250	Encapsulated sage extract in qodumeh seed gum	SGUM
250	Encapsulated sage extract in whey protein isolate	WHEY
250	Encapsulated sage extract in qodumeh seed gum and whey protein isolate	COMP

۲-۲-۷-اندازه‌گیری اندیس پراکسید

برای اندازه‌گیری اندیس پراکسید محلول اشباع یدید پتاسیم و محلول چسب نشاسته۱٪ 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 کاملا 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 تیتر شد تا رنگ زرد زایل شد. در

هنگام تیتر 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 با نمونه، تیتراسیون شاهد (مخلوط اسیداستیک و کلروفرم بدون روغن) نیز انجام شد. در نهایت عدد پراکسید با استفاده از رابطه عدد پراکسید= (حجم تیوسولفات مصرفی بر حسب میلی‌لیتر× مولاریته سدیم تیوسولفات×۱۰۰۰)/ وزن روغن بر حسب گرم محاسبه و بر حسب میلی‌اکی والان پراکسید در ۱۰۰۰ گرم روغن بیان شد [۲۷].

۲-۲-۸-اندازه گیری اندیس پاراآنیزیدین

آزمون پاراآنیزیدین محصولات ثانویه اکسیداسیون را اندازه‌گیری می‌کند. ٤ گرم نمونه روغن در بالن حجمی ۲۵ میلی لیتری توزین شد و سپس در مقداری ایزواکتان حل شد و با آن به حجم رسانده شد. طول موج دستگاه بر روی ۳۵۰ نانومتر تنظیم گردید. سپس سل حاوی ایزواکتان (شاهد) در دستگاه قرار داده شد و جذب روی صفر تنظیم شد. جذب محلول روغن در ۳۵۰ نانومتر در طیف سنج نوری خوانده شد (A_b). در یک لوله آزمایش درب دار (لوله A)، ۵ میلی‌لیتر از محلول روغن ریخته شد و در لوله آزمایش دوم (لوله B)، ۵ میلی لیتر ایزواکتان ریخته، سپس ۱ میلی‌لیتر از واکنشگر آنیزیدین به هر کدام از لوله‌ها اضافه شد و لوله‌ها به خوبی تکان داده شدند. بعد از ۱۰ دقیقه، ابتدا جذب در ۳۵۰ نانومتر با قرار دادن سل حاوی محول لوله آزمایش B (محلول شاهد) در طیف سنج نوری روی صفر تنظیم شد. سپس جذب محلول لوله آزمایش A (محلول روغن کاهش یافته)، در طیف سنج نوری خوانده شد و جذب آن با As نشان داده شد. اندیس آنیزیدین مطابق با رابطه زیر محاسبه شد:

$$25 \times \frac{\frac{1}{2(As - Ab)}}{W}$$

As= جذب محلول چربی بعد از واکنش با پاراآنیزیدین

Ab= جذب محلول چربی

W= وزن نمونه

۱/۲ ضریب تصحیح برای رقیق سازی محلول نمونه با یک میلی لیتر واکنشگر می‌باشد. برای تهیه معرف پاراآنیزیدین، ۰/۱۲۵ گرم از آن در بالن حجمی ۵۰ میلی لیتری با اسید استیک گلایسیال حل نموده و به حجم رسانده شد [۲۷].

۲-۲-۹-اندازه گیری اندیس توتوکس

اکسایش کل با استفاده از اندیس پاراآنیزیدین و اندیس پراکسید محاسبه شد و از طریق رابطه زیر محاسبه گردید:

اندیس آنیزیدین+اندیس پراکسید×۲=اندیس توتوکس

۲-۳-تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه تحلیل آماری نتایج به دست آمده از آزمون‌های مختلف مطالعه حاضر با استفاده از مقایسه میانگین آنووا، در قالب طرح آزمایشی کاملا تصادفی و با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ ($P<۰/۰۵$) انجام شد. نتایج حاصله به منظور کاهش خطا در سه تکرار با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ با یکدیگر مقایسه شدند. برای رسم نمودار ها از نرم افزار اکسل نسخه ۲۰۱۳ استفاده شد.

۳-نتایج و بحث

۳-۱-مقدار ترکیبات فنولی و خاصیت پاداکسندگی عصاره مریم گلی

مقدار کل ترکیبات فنولی عصاره مریم گلی ۳۱/۱۲ میلی گرم اسید گالیک بر گرم محاسبه گردید. نوتریزیو و همکاران (۲۰۲۰) تخلیه الکتریکی ولتاژ بالا و روش متداول برای استخراج ترکیبات زیست فعال از مریم گلی را بررسی کردند. آن‌ها مقدار ترکیبات فنولی را به ترتیب معادل ۱۹/٦۷ و ٤۲/۱۳ میلی گرم اسید گالیک بر گرم را به ترتیب برای استخراج به روش معمولی و الکتریکی گزارش کردند [۱۳]. در یک پژوهش مقدار ترکیبات فنولی عصاره آبی مریم گلی که با روش استخراج به روش آب گرم تهیه شده بود، ۸۹/٦۵ میلی‌گرم بر گرم بود و این مقدار ترکیبات فنولی برای عصاره مریم گلی استخراج شده با روش متداول ۷۳/۷ میلی گرم کاتچین بر گرم خشک گزارش نمودند [۲۸].

در روش بیرنگ کردن بتاکاروتن:لینولئیک اسید فعالیت پاداکسندگی ترکیب مورد نظر، با میزان مهار اکسیداسیون لینولئیک اسید مورد سنجش قرار می‌گیرد. در سیستم مدل بتاکاروتن لینولئیک اسید، بتاکاروتن در غیاب پاداکسنده سریعاً بی‌رنگ می‌شود که به دلیل اکسیداسیون بتاکاروتن و لینولئیک اسید و تشکیل رادیکال آزاد می‌باشد. رادیکال آزاد لینولئیک اسید پس از

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.135.8.4]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.135.89]

جدا شدن اتم هیدروژن توسط مولکول های غیر اشباع بتاکاروتن ایجاد می‌گردد. سپس خود بتاکاروتن اکسید و تا حدودی تجزیه گردیده و رنگ نارنجی آن از بین می‌رود که این رویداد توسط طبف سنج قابل ارزیابی می‌باشد [۲۹, ۳۰]. نتایج مربوط به بیرنگ شدن بتاکاروتن:لینولئیک اسید غلظت‌های مختلف عصاره مریم گلی در شکل ۱ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت عصاره مریم گلی از ۵۰ تا ۲۵۰ پی‌پی‌ام میزان خاصیت پاداکسندگی افزایش یافته است و اختلاف از نظر آماری معنی‌دار است. در غلظت ۲۵۰ ppm بین پاداکسنده سنتزی TBHQو عصاره مریم گلی اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نشد. لذا این غلظت برای نانوریزپوشانی انتخاب شد. در مطالعات مختلف از روش بیرنگ شدن بتاکاروتن:لینولئیک اسید برای ارزیابی فعالیت پاداکسندگی عصاره‌های شاه‌تره گل ریز [۱۱]، چای سبز [۳۱] استفاده شده است که نتایج پژوهش حاضر با آنها مطابقت دارد.

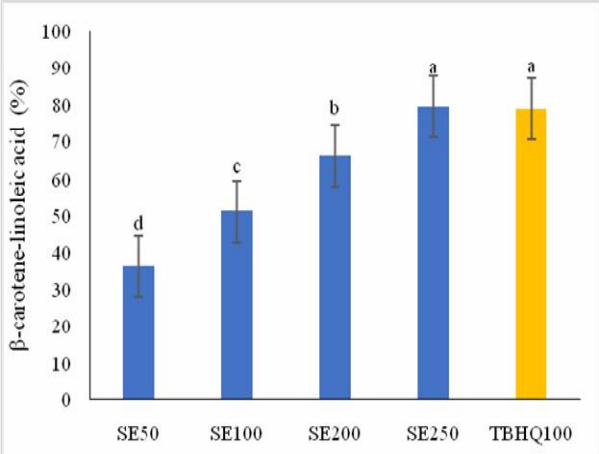

Fig 1 The rate of discoloration of β-carotene: linoleic acid of sage extract

۳-۲-پایداری اکسایشی

پایداری اکسایشی یک پارامتر مهم برای اندازه‌گیری روغن‌ها و چربی‌های گیاهی و حیوانی است. ارزیابی پایداری اکسایشی روغن با دوره القا با استفاده از دستگاه رنسیمت بر اساس هدایت الکتریکی آب، منجر به شکل‌گیری ترکیبات کوتاه زنجیر از روغن‌های حرارت دیده در دماهای بالاتر از ۱۱۰ درجه سانتیگراد می‌شود [۲۶]. نتایج مربوط به پایداری اکسایشی عصاره مریم گلی در غلظت‌های مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت عصاره، پایداری اکسایشی آن افزایش یافته است و اختلاف معنی دار آماری ایجاد شده است. نتایج سایر پژوهش‌ها نیز نشان می‌دهد که استفاده از عصاره مریم گلی [۲۶] و شاتره گل ریز [۱۱]در روغن آفتابگردان منجر به افزایش پایداری اکسایشی روغن می‌شود. در یک پژوهش اثر روغن بنه بر افزایش پایداری اکسایشی روغن آفتابگردان مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد وجود ترکیبات زیست فعال در روغن بنه منجر به افزایش پایداری اکسایشی روغن می‌شود که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد [۳۲].

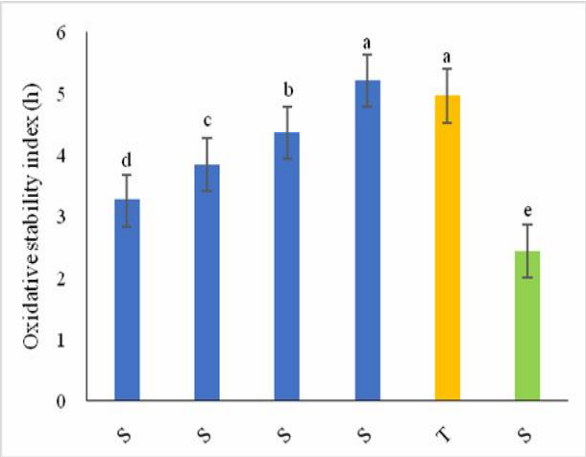

Fig 2 Oxidative stability index (OSI) of sage extract

۳-۳-اندازه ذرات نانوکپسول

پراکندگی نور پویا رایج‌ترین فناوری برای تعیین اندازه نانو ذرات و زیر میکرون‌های پخش شده در مایع است. این فناوری به تعامل نور با ذرات متکی است. نوری که توسط نانوذرات در حالت تعلیق پراکنده می‌شود با گذشت زمان مرتعش می‌شود و می توان دوباره قطر ذرات را تصریح کرد[۳۳]. نتایج مربوط به اندازه ذرات نانوکپسول‌های مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود بزرگترین اندازه ذرات (۲۷۰ نانومتر) مربوط به نانوکپسول با دیواره صمغ قدومه شهری است و کوچکترین اندازه (۲۱۷/٤ نانومتر) مربوط به پوشش ترکیبی است. اعمال فرآیند فراصوت و همچنین هموژنایزر با فشار بالا منجر به ایجاد ذرات با اندازه نانومتری می‌شود [۱٤]. پژوهش‌های دیگر نیز اندازه نانومتری برای نانوکسپول‌های عصاره‌های گیاهی مختلف در دیواره‌های از جنس صمغ دانه‌های بومی و یا

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.135.8.4]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.135.89]

دیواره‌های ترکیبی صمغ پروتئین را گزارش نموده‌اند [۲, ۱۱, ۳٤-۳٦].

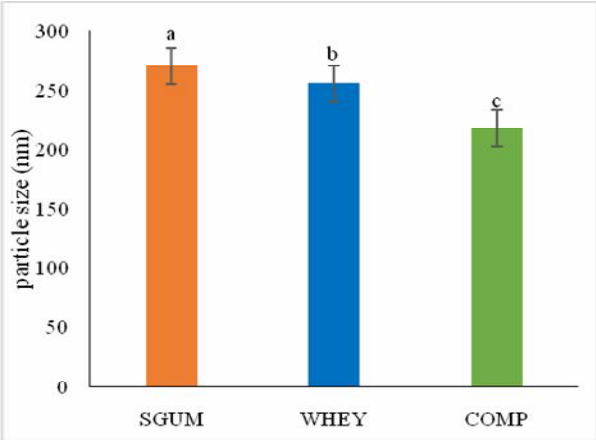

Fig 3 Particle size of nanocapsules. SGUM, WHEY and COMP are encapsulated sage extract in qodumeh seed gum,whey protein isolate and composite of qodumeh seed gum and whey protein isolate, respectively.

۳-٤-اندیس پراکسید

اندیس پراکسید معیاری از پراکسیدها و هیدروپراکسیدهای ایجاد شده در مرحله آغازین تغییرات اکسایش روغن است. هیدروپراکسیدها به عنوان محصول اولیه اکسایش روغن ها می‌توانند به محصولات فرار و یا غیر فرار ثانویه تبدیل شوند که باعث از بین رفتن خصوصیات تغذیه‌ای روغن خواهند شد[۳۷].نتایج مربوط به تغییرات عدد پراکسید نمونه‌های مختلف روغن طی دوره نگهداری در شکل ٤ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که در تمام نمونه‌های مورد بررسی با افزایش زمان نگهداری روغن، عدد پراکسید افزایش یافته است و اختلاف این پارامتر بجز روز صفر و ٤ نگهداری در زمان‌های مختلف نگهداری معنی‌دار است. بالاترین عدد پراکسید مربوط به نمونه روغن شاهد بود. نمونه شاهد به‌جز روز صفر در سایر زمان‌های نگهداری با نمونه‌های حاوی پاداکسنده اختلاف معنی‌دار آماری داشت. بین نمونه‌های حاوی TBHQو نمونه روغن حاوی عصاره به صورت آزاد و ریزپوشانی شده در روز ٤ دوره نگهداری اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نشد. نمونه‌های روغن حاوی عصاره ریزپوشانی شده از نظر عدد پراکسید با هم اختلاف معنی‌دار آماری نداشتند اما نمونه روغن حاوی عصاره نانوریزپوشانی شده در پوشش ترکیبی عدد پراکسید کمتری داشت. نمونه‌های روغن حاوی عصاره آزاد و TBHQتا روز ۱۲ با هم اختلاف معنی‌دار آماری نداشتند و پس از آن اختلاف معنی‌دار شد. عدد پراکسید در نمونه FREEهمواره بالاتر ار نمونه روغن حاوی بود. کمتر بودن عدد پراکسید در ابتدای دوره نگهداری در نمونه های روغن حاوی عصاره ریزپوشانی شده مرتبط با مقادیر ترکیبات فنولی موجود در سطح کپسول‌ها و پس از آن به علت رهایش ترکیبات فنولی طی دوره نگهداری می‌باشد. جعفری و همکاران (۲۰۲۲) روندی افزایشی برای نمونه‌های روغن آفتابگردان طی دوره گرمخانه گذاری نشان دادند. همچنین نمونه‌های روغن حاوی عصاره رزماری نانوریزپوشانی شده عدد پراکسید کمتری داشتند که همراستا با نتایج پژوهش حاضر است [۲]. احمدی کمازانی و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند زمانیکه از ضایعات کاهو در روغن تالواولئین استفاده می‌شود، میزان اکسایش روغن کمتر و در نتیجه عدد پراکسید روغن پایین تر است [۳۸]. نتایج سایر پژوهش‌ها نیز نشان می‌دهد استفاده از عصاره‌های ریزپوشانی شده گلپر ایرانی [۳٤]، شاتره گل ریز [۱۱]، برگ رزماری [۲] و کنجد [۳۹] و عصاره ضایعات کاهو [۳۸]، غلاف نخود فرنگی [۳۷]، برگ سکبینه [٤۰] و پوست بالنگ [٤۱] منجر به کاهش عدد پراکسید در نمونه‌های روغن شده است.

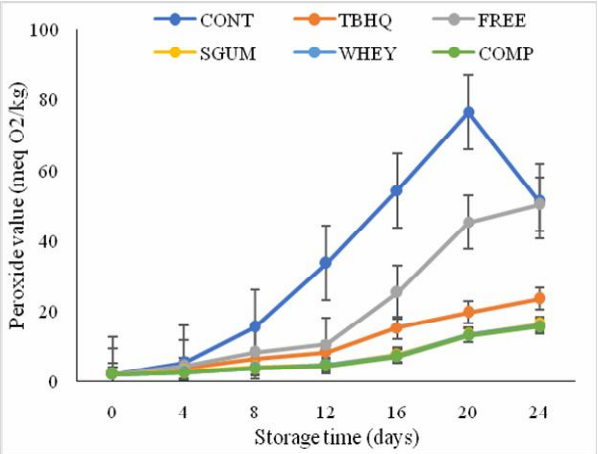

Fig 4 Change in the peroxide value of sunflower oil during storage.

۳-۵-اندیس پاراآنیزیدین

اندیس پارا-آنیزیدین محصولات ثانویه اکسیداسیون ناشی از تجزیه لیپیدها توسط هیدروپراکسیداز به ترکیبات کربونیل، کتون و آلدئیدها، عمدتاً ۲-آلکنال و ۲،٤ آلکینینال را اندازه گیری

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.135.8.4]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.135.89]

می‌کند [۴۲]. این محصولات در نهایت منجر به ایجاد عطر تندشدگی در روغن می‌شوند [۳۷]. نتایج مربوط به تغییرات اندیس پاراآنیزیدین نمونه‌های مختلف روغن طی دوره نگهداری در شکل ۵نشان داده شده است. مشاهده می شود که در تمام نمونه های مورد بررسی با افزایش زمان نگهداری روغن، اندیس پاراآنیزیدین افزایش یافته است و اختلاف معنی‌دار آماری ایجاد شد. نمونه شاهد بیشترین اندیس پارا آنیزیدین را داشت. در میان نمونه‌های حاوی پاداکسنده، نمونه روغن حاوی پاداکسنده طبیعی عصاره آزاد مریم گلی بیشترین اندیس پارا آنیزیدین را طی دوره نگهداری داشت. نمونه شاهد بالاترین میزان اندیس پاراآنیزیدین را داشت و بجز روز صفر در سایر زمان های نگهداری با نمونه های حاوی پاداکسنده اختلاف معنی‌دار آماری داشت. اگرچه نمونه روغن حاوی عصاره مریم گلی به صورت نانوریزپوشانی شده در دیواره ترکیبی دارای عدد پاراآنیزیدین کمتری بود اما اختلاف معنی‌دار آماری با نمونه روغن حاوی عصاره نانوریزپوشانی شده در دیواره صمغ قدومه شهری یا ایزوله پروتئینی آب پنیر نداشت.

فاریا و همکاران (۲۰۲۰) نتایج مشابهی همراستا با نتایج این پژوهش گزارش نمودند. در پژوهش آن‌ها فعالیت پاداکسندگی عصاره قهوه کانفورا و قهوه عربیکا انکپسوله شده در نمونه‌های روغن آفتابگردان بیشتر از نمونه شاهد و نمونه‌های روغن حاوی پاداکسنده سنتزی BHTبود [۴۲]. در حالیکه چانگ و همکاران (۲۰۱۵) تاثیر استفاده از عصاره پوست مانگو در کاهش اکسیداسیون روغن آفتابگردان در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد و زمان ۲۴ روز را منفی اعلام نموده بودند [۴۳]. در پژوهشی دیگر ژانگ و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی اثرات پاداکسندگی عصاره رزماری در کاهش اکسایش در روغن آفتابگردان پرداختند و مشخص گردید فعالیت پاداکسندگی عصاره رزماری در روغن بیشتر از پاداکسنده‌های سنتزی است [۴۴].جعفری و همکاران (۲۰۲۲) اندیش پاراآنیزیدن در نمونه‌های روغن آفتابگردان حاوی عصاره رزماری نانو و میکروریزپوشانی شده را کمتر از نمونه‌های شاهد، حاوی پاداکسنده سنتزی و عصاره آزاد بود [۲] که همراستا با نتایج پژوهش حاضر است. افزایش اندیس پاراآنیزیدین نشان دهنده گسترش واکنش اکسایش خود به خودی و افزایش محصولات ثانویه حاصل از تجزیه هیدروپراکسیدها و ترکیبات کربونیل دار با گذشت زمان می‌باشد. یکی از دلایل بالاتر بودن اندیس پاراآنیزیدین در نمونه‌های روغن حاوی عصاره آزاد مریم گلی می‌تواند مرتبط با حضور ذرات معلق عصاره در روغن و ایجاد خطا در هنگام سنجش شدت جذب باشد. گنجلو و همکاران (۲۰۱۸) نیز عدد پاراآنیزیدین در نمونه روغن آفتابگردان حاوی عصاره غلاف نخود فرنگی را کمتر از نمونه شاهد گزارش نمودند [۳۷].

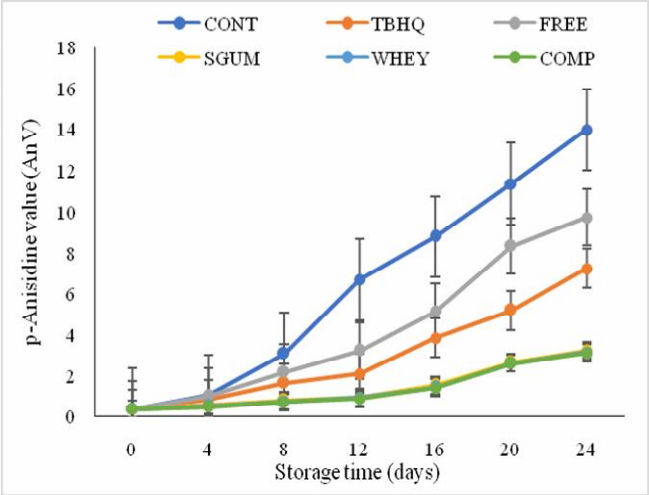

Fig 5 Change in the p-Anisidine value of sunflower oil during storage.

۳-۶-اندیس توتوکس

اندیس توتوکس معیاری از مجموع محصولات اولیه و ثانویه فرآیند اکسایش چربی‌ها و روغن‌های خوراکی است. هرچه اندیس توتوکس پایین‌تر باشد نشان دهنده پایداری بالاتر روغن در برابر اکسایش است [۳۷]. نتایج مربوط به تغییرات اندیس توتوکس نمونه‌های مختلف روغن در شکل ۶ روند افزایش در تمام نمونه‌ها را نشان می‌دهد. نمونه شاهد بالاترین اندیس توتوکس و نمونه روغن حاوی عصاره مریم گلی ریزپوشانی شده در دیواره ترکیبی کمترین اندیس توتوکس را داشت. با توجه به اینکه اندیس توتوکس از دو برابر اندیس پراکسید و اندیس پاراآنیزیدین به دست می‌آید نتایج به دست آمده با مقادیر ترکیبات حاصل از اکسایش اولیه و ثانویه روغن مطابقت دارد. نتایج مشابهی برای عصاره رازیانه در روغن سویا[۴۵]، عصاره غلاف نخود فرنگی در روغن آفتابگردان[۳۷]، عصاره ضایعات کاهو در تالواولئیمن [۳۸] و عصاره پوست بالنگ در روغن آفتابگردان [۴۱] گزارش شده است.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.135.8.4]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.135.89]

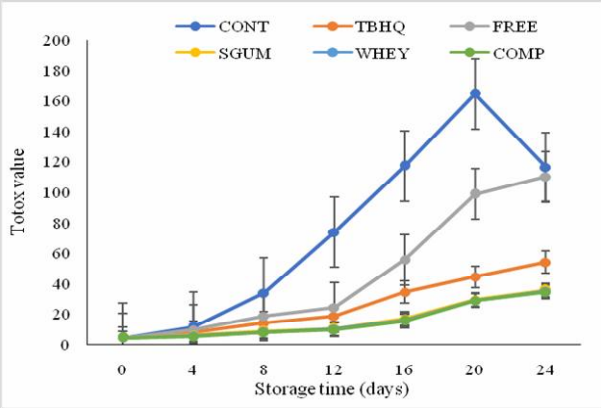

Fig 6 Change in the Totoxvalue of sunflower oil during storage.

٤-نتیجه گیری نهایی

خاصیت پاداکسندگی عصاره برگ گیاه مریم گلی به شکل آزاد و ریزپوشانی شده در پوشش‌های صمغ دانه قدومه شهری، ایزوله پروتئینی آب پنیر و ترکیب برابر آن‌ها در جهت افزایش ماندگاری روغن آفتابگردان در شرایط دمایی تسریع شده (٦٠ درجه سانتیگراد طی ٢٤ روز) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد عصاره برگ گیاه مریم گلی حاوی ترکیبات فنولی برابر ٣١/١٢ میلی گرم گالیک اسید بر گرم است و در روش‌هایبیرنگ شدن بتاکاروتن:لینولئیک اسید و پایداری اکسایشی خاصیت پاداکسندگی نشان داد. در آزمون بیرنگ شدن بتاکاروتن نیز میزان فعالیت پاداکسندگی عصاره برگ گیاه مریم گلی از ٣٦/١٩ درصد تا ٧٩/٣٢ درصد در غلظت‌های ٥٠ و ٢٥٠ افزایش یافت. روند افزایش پایداری اکسایشی از غلظت ٥٠ تا ٢٥٠ میلی گرم بر لیتر عصاره از ٣/٢٥ ساعت تا ٤/٩٦ ساعت بود. انجام عمل ریزپوشانی با استفاده از صمغ دانه قدومه شهری، ایزوله پروتئینی آب پنیر و ترکیب آن‌ها منجر به محافظت از عصاره برگ مریم گلی طی گرمخانه گذاری روغن در شرایط تسریع شده گردید و ریزپوشانی روش موثری در افزایش فعالیت پاداکسندگی عصاره محسوب شد. از این حیث پاداکسنده سنتزی TBHQدر کاهش اکسیداسیون روغن آفتابگردان ضعیفتر از عصاره مریم گلی ریزپوشانی شده عمل نمود ولی از عصاره آزاد بهتر بود. به طوریکه در پایان روز ٢٤ دوره نگهداری مقدار عدد پراکسید و عدد پاراآنیزیدین در نمونه‌های روغن حاوی پاداکسنده سنتزی TBHQبه ترتیب برابر ٣٥/ ٢٣ میلی اکی والان اکسیژن بر کیلوگرم روغن، و ٧/٢٣ بود. در حالیکه این مقادیر برای نمونه‌های روغن حاوی عصاره مریم گلی نانوریزپوشانی شده در دیواره صمغ دانه قدومه شهری به ترتیب برابر ١٩/ ١٦ میلی‌اکی والان اکسیژن بر کیلوگرم روغنو ٣/٢٣ و برای نمونه های روغن حاوی عصاره مریم گلی ریزپوشانی شده در دیواره ایزوله پروتئینی آب پنیر به ترتیب برابر ١٥/٧٦ میلی اکی والان اکسیژن بر کیلوگرم روغن و ٣/١٥ و برای نمونه‌های روغن حاوی عصاره مریم گلی ریزپوشانی شده در دیواره ترکیبی صمغ دانه قدومه شهری و ایزوله پروتئینی آب پنیر به ترتیب برابر ١٥/٥٠ میلی اکی والان اکسیژن بر کیلوگرم روغن و ٣/١٠ بود. نتایج این تحقیق استفاده از عصاره برگ مریم گلی ریزپوشانی شده در صمغ دانه قدومه شهری و ایزوله پروتئینی آب پنیر را به عنوان یک پاداکسنده طبیعی معرفی می‌نماید.

٥-منابع

[1] Hojjati, M. (2021). Quality characteristics of oils prepared in lubrication stores in the presence of the customer. *Journal of Food Science & Technology (2008-8787), 17*(108), 1-15.

[2]Jafari, S. Z., Jafarian, S., Hojjati, M., Najafian, L. (2022). Evaluation of antioxidant activity of nano-and microencapsulated rosemary (Rosmarinus officinalis L.) leaves extract in cress (Lepidium sativum) and basil (Ocimum basilicum) seed gums for enhancing oxidative stability of sunflower oil. *Food science & nutrition*, 1-9.

[3] Seiler, G. J., Qi, L. L., Marek, L. F. (2017). Utilization of sunflower crop wild relatives for cultivated sunflower improvement. *Crop Science, 57*(3), 1083-1101.

[4] Deshpande, S. S. New York, USA. (2002). Toxic metals, radionuclides, and food packaging contaminants. 783-810.

[5] Ansari Vida, Amiri Sedigheh, Radi Mohsen, Foroud., B. (2020). Antioxidant activity of microemulsion extract of green tea in rapeseed oil. *Innovation in Food Science and Technology (Food Science and Technology, 11*(1), 97-110.

[6] Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. J. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods,

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.135.8.4]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.135.89]

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.135.8.4]

[DOI: 10.22034/FSCT.19.135.89]

journal of biological macromolecules, 165, 3123-3134.

[15] Lu, W., Kelly, A. L., Miao, S. (2016). Emulsion-based encapsulation and delivery systems for polyphenols. *Trends in food science & technology, 47*, 1-9.

[16] Esfanjani, A. F., Jafari, S. M., Assadpoor, E., Mohammadi, A. (2015). Nano-encapsulation of saffron extract through double-layered multiple emulsions of pectin and whey protein concentrate. *Journal ofFood Engineering, 165*, 149-155.

[17] Lim, H.-K., Tan, C.-P., Bakar, J., (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.

[18] 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.

[19] Shu, B ,.Yu, W., Zhao, Y., Liu, X. (2006). Study on microencapsulation of lycopene by spray-drying. *76*(4), 664-669.

[20] Sun, C., Gunasekaran, S., Richards, M. P (2007). Effect of xanthan gum on physicochemical properties of whey proteinisolate stabilized oil-in-water emulsions. *21*(4), 555-564.

[21] Mohammadi, A., Jafari, S. M., Esfanjani, A. F., Akhavan, S. (2016). Application of nano-encapsulated olive leaf extract in controlling theoxidative stability of soybean oil. *Food Chemistry, 190*, 513-519.

[22] Tavares, L., Noreña, C. P. Z. (2019). Encapsulation of garlic extract using complex coacervation with whey protein isolate and chitosan as wall materials followed by spray drying. *Food Hydrocolloids, 89*, 360-369.

[23] Ghobadi, M., Koocheki, A., Varidi, M. J., Varidi, M. (2021). Encapsulation of curcumin using grass pea (Lathyrus sativus) protein isolate/Alyssum homolocarpum seed gum complex nanoparticles. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 102728.

[24] Doymaz, İ., Karasu, S. (2018). Effect of air temperature on drying kinetics, colour changes and total phenolic content of sage leaves beverages and spices: Antioxidant activity and health effects–A review. *18*, 820-897.

[7] Duthie, G. G., Gardner, P. T., Morrice, P. C., McPhail, D. B. (2016). The Contribution of dα-Tocopherol and dγ-Tocopherol to the AntioxidantCapacity of Several Edible Plant Oils. *8*(02), 41.

[8] Hojjati, M., & Alizadeh Behbahani, B. (2021). . Investigation of the effect of extraction method with water and methanol solvents on antioxidant and antimicrobial properties of red plant extract: In vitro study. . *Iranian Food Science & Technology Research Journal, 17*(2)*, 83-91.*

[9] Blasi, F., & Cossignani, L. (2020). An overview of natural extracts with antioxidant activity for the improvement of the oxidative stability and shelf life of edible oils. *Processes, 8*(8), 956.

[10] Khazaei, K. M., Jafari, S., Ghorbani, M., Kakhki, A. H. (2014). Application of maltodextrin and gumArabic in microencapsulation of saffron petal's anthocyanins and evaluating their storage stability and color. *Carbohydrate polymers, 105*, 57-62.

[11] 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*, *15*, 2448-2457.

[12] Ghasemloo, E., Rahnema, M., Bigdeli, M. (2015). The effect of hydroalcoholic extract of salvia officinalis on brain edema and neurologic deficits in rat stroke model.*Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*, *15* (2), 139-150.

[13] Nutrizio, M., Kljusurić, J. G., Sabolović, M. B., Kovačević, D. B., Šupljika, F., Putnik, P., Maltar-Strmečki, N. (2020). Valorization of sage extracts (Salvia officinalis L.) obtained by high voltage electrical discharges: Process control and antioxidant properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies, 60*, 102284.

[14] Razavi, R., Kenari, R. E., Farmani, J., Jahanshahi, M. (2020). Fabrication of zein/alginate delivery system for nanofood model based on pumpkin. *International*

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.135.8.4]

[DOI: 10.22034/FSCT.19.135.89]

nanoliposome and evaluation of its antioxidant activity on sunflower oil. *Chemical Papers, 71*(9), 1781-1789.

[34] Esmaeilzadeh Kenari, R., Amiri, Z. R., Motamedzadegan, A., Milani, J. M., Farmani, J., & Farahmandfar, R. (2020). Optimization of Iranian golpar (Heracleum persicum) extract encapsulation using sage (Salvia macrosiphon) 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.

[35] Rezaei Savadkouhi, N., Ariaii, P., 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.

[36] Roshanpour, S., Tavakoli, J., Beigmohammadi, F., Alae, SH. (2021). Improving antioxidant effect of phenolic extract of Mentha piperita using nanoencapsulation process. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(1): p. 23-32.

[37] Ganjloo, A., Bi Maker, M., Ghorbani, M. (2018). Investigation of the effect of pea pod extract on the oxidative stability of sunflower oil under accelerated conditions. . *Journal of Food Processing and Storage, 10*(2), 19-32.

[38] Elhami Rad, A. H., Ghavami, M., Moridi Farimani, M., Armin, M. (2017). Extraction of antioxidant extract from lettuce waste by ultrasound and evaluation of its antioxidant activity. *Food Science and Nutrition, 14*(1), 21-38.

[39] Esmaeilzadeh Kenari, R., Razavi, R. (2022). Phenolic profile and antioxidant activity of free/bound phenolic compounds of sesame and properties of encapsulated nanoparticles in different wall materials. *Food science & nutrition*, *10*(2), 525-535.

[40] Estakhr, P., Tavakoli, J., Beigmohammadi, F., Alae, SH (2020). Incorporation of the nanoencapsulated polyphenolic extract of Ferula persica into soybean oil: Assessment of oil oxidative stability. Food Science & Nutrition, 1(2), 1-10..

(Salvia officinalis). *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods, 10*(3), 269-276.

[25] Dias, L. S., Menis, M. E., Jorge, N. (2015). Effect of rosemary (Rosmarinus officinalis) extractson the oxidative stability and sensory acceptability of soybean oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 95*(10), 2021-2027.

[26] Upadhyay, R., Mishra, H. N. (2015). Multivariate analysis for kinetic modeling of oxidative stability and shelf life estimation of sunflower oil blended with sage (Salvia officinalis) extract under Rancimat conditions. *Food and Bioprocess Technology, 8*(4), 801-810.

[27] Chen, X., Zhang, Y., Zu, Y., Yang, L., Lu, Q., 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.

[28] Kontogianni, V. G., Kasapidou, E., Mitlianga, P., Mataragas, M., Pappa, E., Kondyli, E., Bosnea, L. (2022). Production, characteristics and application of whey protein films activated with rosemary and sage extract in preserving soft cheese. *LWT, 155*, 112996.

[29] Bahramikia, S., Yazdanparast, R. (2008). Effect of hydroalcoholic extracts of Nasturtium officinale leaves on lipid profile in high-fat diet rats. *115*(1), 116-121.

[30] Farhoosh, R., Tavakoli, J., Khodaparast, M. H. H. (2008). Chemical composition and oxidative stability of kernel oils from two current subspecies of Pistacia atlantica in Iran. Joural of American oil chemistrysociety, 85(8), 723.

[31] Kaviarasan, S., Sivakumar, A., Barik, A., Kunwar, A., Naik, G., Priyadarsini, K. (2011). Potent radical scavenging ability of sunphenon: a green tea extract. Journalof Food Biochemistry, 35(2), 596-612.

[32] Tavakoli, J., Hajpour Soq, K., Yousefi, A., Estakhr, P., Dalvi, M., Mousavi Khaneghah, A. (2019). Antioxidant activity of Pistacia atlantica var mutica kernel oil and it's unsaponifiable matters. *Journal of Food Science and Technology,* 56(12): p. 5336-5345.

[33] Ganji, S., Sayyed-Alangi, S. Z. (2017). Encapsulation of ginger ethanolic extract in

[41] Akhli Somayeh, Mirzaei Habibullah, Ibrahim., H. S. (2022). "Study of extraction of cranberry fruit extract by two methods of massage and ultrasound and its use in sunflower oil stabilization. Food Science and Nutrition, 19(1), 15-36.

[42] Faria, W. C. S., Oliveira, M .G., da Conceição, E. C., Silva, V. B., Veggi, N., Converti, A. Bragagnolo, N. (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.

[43] Chong, Y. M., Chang, S. K., Sia, W. C. M., Yim, H. S. (2015). Antioxidant efficacy of mangosteen (Garcinia mangostana Linn.) peel extracts in sunflower oil during accelerated storage. *Food bioscience, 12*, 18-25.

[44] Zhang, Y., Yang, L., Zu, Y., Chen, X., Wang, F., Liu, F. (2010). Oxidative stability of sunflower oil supplemented with carnosic acid compared with synthetic antioxidants during accelerated storage. *Food Chemistry, 11*(۳)۸(3)8, 6256-662.

[45] Mazaheri Kalhoroodi, M., Basiri, A., Jalali Hossein. (2014). Investigation of antioxidant properties of fennel seed essential oil (Foeniculum vulgare) and its effect on oxidative stability of soybean oil. *Iranian Biosystems Engineering (Iranian Agricultural Sciences). 45*(2), 131-139 [In Persian].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.135.8.4]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.135.89]

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-08-03]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.135.8.4]

[DOI: 10.22034/FSCT.19.135.89]

The effect of biopolymer coating on the antioxidant properties of nanoencapsulated sage extract to increase the stability of sunflower oil under accelerated temperature conditions

Safarpour, B. [1], Esmailzadeh Kenari, R.[2*], Farmani, J. [3]

1. PhD student , Department of Food Science & Technology, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
2. Professor, Department of Food Science & Technology, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
3. Associated Professor. Student of Food Science and Technology, Department of Food Science & Technology, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

ABSTRACT

Sunflower oil is one of the most important vegetable oils with high nutritional value, which is unfortunately sensitive to oxidation due to unsaturated fatty acids. In this study, sage leaf extract was obtained using ultrasound bath and ethanol solvent: water (70:30) at 35 ° C for 30 min at 35 KHz. The total phenolic content of extract was 31.12 mg GA/g. Antioxidant activity of 50, 100, 200 and 250 ppm of sage extract was measured by beta-carotene/linoleic acid bleaching assay and oxidative stability index. The results showed that increasing in the concentration of extract increased the antioxidant activity and oxidative stability index. Sage extract (250 ppm) was used for encapsualtion in the wall of qadomehshahri seed gum/whey protein isolate at 1: 0, 1: 1 and 0: 1 ratio. The particle size of the nanocapsule varied between 217.4 and 0.270 nm, and the nanocapsule prepared withqodomehshahrihad the largest size and the nanocapsule prepared with composition of gum and protein isolate had the smallest size. In order to intensify the oxidation process, sunflower oil without antioxidants, oils containing free extracts and TBHQ was placed in an oven at 60 ° C for 24 days. Peroxide, para-anisidine and Totox value of the samples were measured. The results showed that oil oxidation in samples containing encapsulated extract was less than the control, and oil containing free extract and TBHQ. At the end of storage time, the peroxide and paraanisidine value in oil samples containing encapsulated extract was less than oil containing synthetic TBHQ antioxidant and free extract. Also, among the walls used for encapsulating of sage extract, a composite wall made of qodomehshahri seed gum and whey protein isolate is the best coating for encapsulation the extract to increase the shelf life of sunflower oil.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2022/ 04/ 30
Accepted 2022/ 06/ 14

Keywords:

Whey protein isolate,
Qadoomeh seed gum,
Nanoemulsion,
Oxidation,
Antioxidant

DOI: 10.22034/FSCT.19.135.89
DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.135.8.4

*Corresponding Author E-Mail:
Reza_kenari@yahoo.com