مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی پودر روغن بزرک تولید شده با سلولز ریزبلور و برگ رزماری

مهسا فرهودپور[۱]، صدیف آزادمرد دمیرچی[۲*]، مهدی قره خانی[۳]، نارملا آصفی[٤]

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

۲-استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۳- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، تبریز، ایران.

٤- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، تبریز، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰ /۰۵/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱۱

کلمات کلیدی:

پودر روغن،

رزماری،

روغن بزرک،

سلولز ریزبلور.

DOI: 10.52547/fsct.19.123.201

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.123.8.3

* مسئول مکاتبات:

sodeifazadmard@yahoo.com

چکیده

امروزه تمایل به مصرف روغن بزرک به عنوان منبع گیاهی غنی از اسیدهای چرب امگا-۳ افزایش یافته است. اما مقدار اسیدهای چرب غیراشباع زیاد روغن بزرک، آن را شدیداً مستعد اکسیداسیون می‌کند. در این پژوهش، برای تولید پودر روغن بزرک با پایداری بیشتر، پودر برگ رزماری در ۳ سطح (۵، ۱۰ و ۱۵ ٪ روغن (w/w)) و ۳ نسبت مختلف از روغن بزرک و سلولز ریزبلور (۵۰:۵۰، ۵۰:۷۵ و ۵۰:۱۰۰) با هم مخلوط شدند. نتایج نشان دادند که با پودر کردن روغن و با افزودن برگ رزماری، سرعت افزایش عدد پراکسید، تیوباربیتوریک اسید و اسیدیته در طول نگهداری به طور معنی‌داری ($p < ۰/۰۵$) کاهش یافت. نگهداری در یخچال (٤ °C) نسبت به دمای محیط (۲۵ °C)، در افزایش پایداری اکسیداسیونی نمونه‌ها در طول نگهداری مؤثرتر بود. با افزایش غلظت سلولز ریزبلور و نیز برگ رزماری، پایداری اکسیداسیونی افزایش یافت. برگ رزماری همچنین موجب افزایش ترکیبات فنلی، کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها در نمونه‌ها شد. مخلوط کردن روغن با سلولز ریزبلور باعث کاهش معنی‌دار ($p < ۰/۰۵$) سرعت تجزیه ترکیبات فنلی، کلروفیل و کاروتنوئید شد. نتایج این پژوهش نشان داد که با مخلوط کردن روغن بزرک با سلولز ریزبلور و برگ رزماری، می‌توان محصولی پودری با پایداری اکسیداسیونی مناسب تهیه کرد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-28]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.123.8.3]

[DOI: 10.52547/fsct.19.123.201]

۱- مقدمه

امروزه توجه ویژه‌ای به بزرک و روغن بزرک می‌شود. روغن بزرک به عنوان یکی از غنی‌ترین منابع گیاهی در میان منابع محدود برای اسیدهای چرب امگا-۳ می‌باشد. بزرک با نام علمی *Linum usitatissimum* از تیره کتانیان (Linaceae) است که دانه‌هایی به رنگ قهوه‌ای و یا طلایی دارد [۱]. دانه بزرک حاوی ٪ ۴۰-۳۰ روغن است که حدود ٪۹۰ آن را اسیدهای چرب غیراشباع تشکیل می‌دهد. در حدود ٪۶۰ از اسیدهای چرب روغن بزرک را اسید چرب ضروری α-لینولنیک اسید (امگا-۳) تشکیل می‌دهد [۲]. روغن بزرک همچنین دارای ترکیبات زیست فعال با خاصیت آنتی‌اکسیدانی همچون ترکیبات فنلی، توکوفرول‌ها (۷۰-۲۰ mg/100 g) و کاروتنوئیدها (در حدود ۵۵ ppm) است که این روغن را به عنوان ماده غذایی کاربردی با ویژگی‌های سلامت‌بخشی معرفی می‌کند [۳].

روغن بزرک همانند سایر روغن‌های با درجه غیراشباعیت بالا، مستعد اکسیداسیون است. یکی از روش‌هایی که برای افزایش پایداری اکسیداسیونی آن پیشنهاد می‌شود استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی و سنتزی است [۴]. گزارش شده است که آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی مانند BHA، BHT و TBHQ خاصیت سرطان‌زا دارند و در بسیاری از کشورها استفاده از آنها ممنوع شده است [۵]. امروزه با توجه به خطر احتمالی آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی بر سلامتی، تمایل بیشتری به استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی وجود دارد. از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی که روز به روز محبوبیت بیشتری می‌یابند می‌توان به گیاهان، ادویه‌ها و عصاره طبیعی آنها اشاره کرد. رزماری یا اکلیل کوهی با نام علمی *Rosmarinus officinalis* از خانواده نعناعیان (Labiatae) و گیاهی دارویی است که به عنوان طعم‌دهنده و نیز آنتی‌اکسیدان طبیعی نیز استفاده می‌شود. اسانس روغنی رزماری داری ترکیبات فنلی (مانند اسید کارنوسیک و رزمارینیک اسید) است که با اسکونج رادیکال آزاد خاصیت آنتی‌اکسیدانی خود رانشان می‌دهد و چرخه اکسیداسیون چربی را در مواد غذایی قطع می‌کند [۶].

تبدیل روغن به ژل امولسیونی و نیز ریزپوشانی و تبدیل روغن به پودر از روش‌های دیگر مطالعه شده برای افزایش پایداری اکسیداسیونی روغن بزرک می‌باشد [۷, ۸]. با این وجود باید توجه داشت که پودر کردن روغن با روش‌هایی مانند ریزپوشانی، انرژی‌بر و زمان‌بر بوده و مقرون به صرفه نیست. تبدیل روغن به شکل پودر به طور سنتی نیز برای تولید محصولی فراسودمند با کاربرد راحت‌تر و چند منظوره صورت می‌گیرد [۹]. برای این منظور روش ساده مخلوط کردن با یک پودر جاذب مانند مالتودکسترین و سلولز ریزبلور به عنوان روشی جایگزین با هزینه و زمان کمتر پیشنهاد شده است. طی مطالعه ای، روغن زیتون با مالتودکسترین مخلوط و پودر روغن زیتون تولید شده است. و از گیاه پونه کوهی، جعفری، سیر و فلفل قرمز به عنوان افزودنی و طعم دهنده استفاده شده است. با توجه به اینکه روغن زیتون علاوه بر ارزش تغذیه ای بالایی که دارد، بو و طعم خاصی نیز دارد، که تولید پودر روغن زیتون قابلیت استفاده از این روغن را در انواع غذا و سالاد فراهم می‌کند [۱۰]. در این مطالعه از سلولز ریزبلور به عنوان ماده جاذب برای تبدیل روغن بزرک به پودر استفاده شد. از برگ رزماری نیز به عنوان منبعی از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی استفاده شد و پایداری اکسیداسیونی، ترکیبات فنلی و تغییرات پیگمنت‌ها در پودر حاصل در طول ۳ ماه نگهداری بررسی شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد مورد استفاده

دانه بزرک و برگ رزماری از بازار محلی (تبریز، ایران) خریداری شدند. سلولز ریزبلور از شرکت پیشگامان شیمی (تهران، ایران) تهیه شد. سایر ترکیبات شیمیایی مورد استفاده در این مطالعه از شرکت سیگما-آلدریچ (اشتاینهایم، آلمان) خریداری شدند.

۲-۲- استخراج روغن بزرک

پس از تمیز کردن و جدا کردن سنگ و ناخالصی‌ها، دانه‌های بزرک با استفاده از پرس مارپیچ (مدل ۸۵ mm) تحت فشار ۱۰ MPa و در دمای زیر ۴۰ °C روغن‌گیری شدند [۸].

۲-۳- تهیه پودر روغن بزرک

برای تهیه پودر روغن بزرک، برگ رزماری پودر شده در ۳ سطح ۵٪، ۱۰٪ و ۱۵٪ (w/w) از روغن بزرک (به عنوان منبع

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-28]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.123.8.3]
[DOI: 10.52547/fsct.19.123.201]

آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی) و نیز روغن بزرک و سلولز ریزبلور در نسبت‌های ۵۰:۵۰، ۵۰:۷۵ و ۵۰:۱۰۰ با کمک یک همزن دستی و اسپاتول مخلوط شدند [۱۱]. نمونه‌های تهیه شده (شکل ۱) در ظروف PET پر شده و به صورت دو گروه در دمای اتاق (۲۵ °C) و در یخچال (٤ °C) نگهداری شدند. روغن بزرک به عنوان نمونه کنترل A و روغن بزرک مخلوط شده با سلولز ریزبلور با نسبت ۵۰:۷۵ (بدون افزودن برگ رزماری) به عنوان نمونه شاهد B استفاده شد.

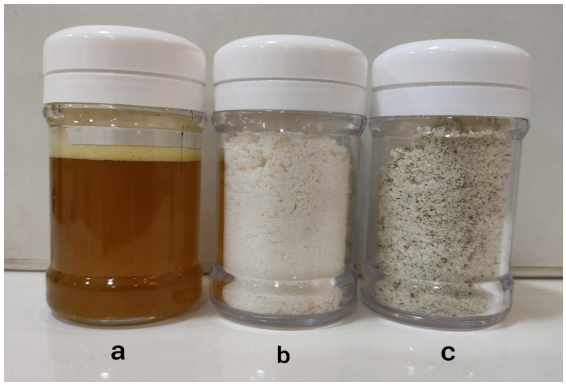


Fig 1 a) Flaxseed oil (control A), b) cellulose and flaxseed oil, c) cellulose and flaxseed oil and thymus (50:75:7.5)

۲-٤-استخراج روغن از نمونه‌ها برای انجام آزمایش‌ها

برای اندازه‌گیری عدد پراکسید، عدد اسیدی، تیوباربیتوریک اسید، مقدار کلروفیل، کاروتنوئید و ترکیبات فنلی، ابتدا روغن از نمونه‌ها در روزهای ۱، ۳۰، ٦۰ و ۹۰ با استفاده از حلال پترولیوم بنزن استخراج شد. در مرحله بعد، حلال با استفاده از اواپراتور چرخشی از روغن حذف شد.

۲-۵-اندازه‌گیری عدد پراکسید

عدد پراکسید هر ۳۰ روز یکبار، مطابق با روش استاندارد AOCS (۱۹۹۷) اندازه‌گیری شد [۱۲].

۲-٦-اندازه‌گیری تیوباربیتوریک اسید

مقدار تیوباربیتوریک اسید در روغن استخراج شده از نمونه‌ها در روزهای ۱، ۳۰، ٦۰ و ۹۰ مطابق با روش هو و زونگ (۲۰۱۰) اندازه‌گیری شد [۱۳].

۲-۷- اندازه‌گیری اسیدیته

اسیدیته نمونه‌های پودر روغن بزرک، پس از استخراج روغن از آنها در روزهای ۱، ۳۰، ٦۰ و ۹۰ مطابق با روش استاندارد AOCS (۱۹۹۷) اندازه‌گیری شد [۱۲].

۲-۸- اندازه‌گیری ترکیبات فنلی

ترکیبات فنلی نمونه‌ها هر ۳۰ روز یکبار، با استفاده از روش فولین-سیوکالتیو اندازه‌گیری شد و بر اساس میلی‌گرم اسید گالیک در هر کیلوگرم روغن محاسبه شد [١٤].

۲-۹- اندازه‌گیری مقدار کلروفیل و کاروتنوئید

اندازه‌گیری مقدار پیگمنت‌های کلروفیل و کاروتنوئید با حل کردن روغن استخراج شده در سیکلوهگزان و قرائت جذب در ٤۷۰ nm برای کاروتنوئید و ٦۷۰ nm برای کلروفیل توسط اسپکتروفتومتر (UNICO، مدل ۲۱۰۰، امریکا) انجام گرفت [۱۵].

۲-۱۰- آنالیز آماری

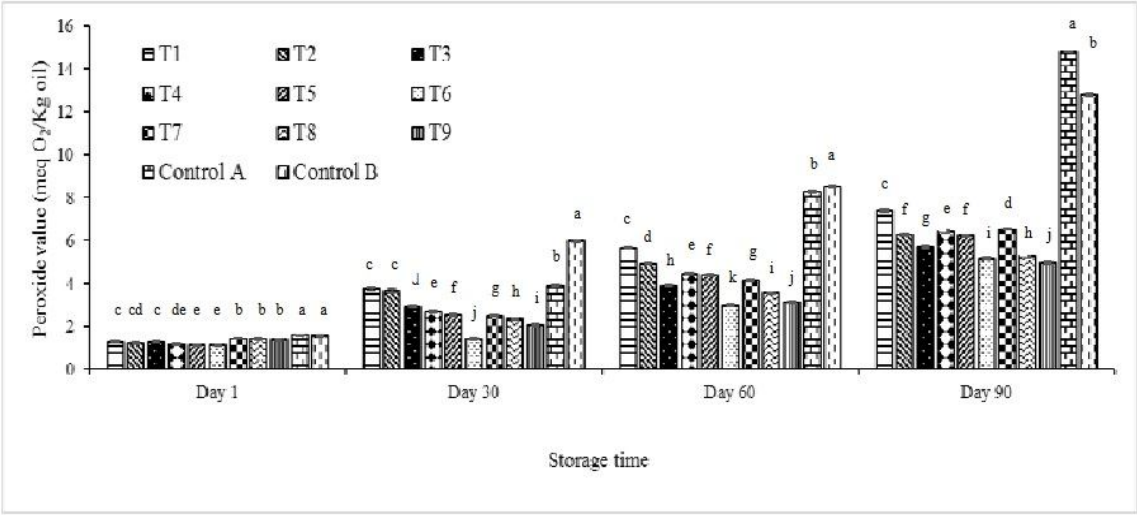
نتایج به صورت میانگین ۳ تکرار گزارش شدند. طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SPSS ورژن ١٦ برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. از آزمون دانکن ($p < ۰/۰۵$) برای بررسی معنی‌داری اختلاف‌ها استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

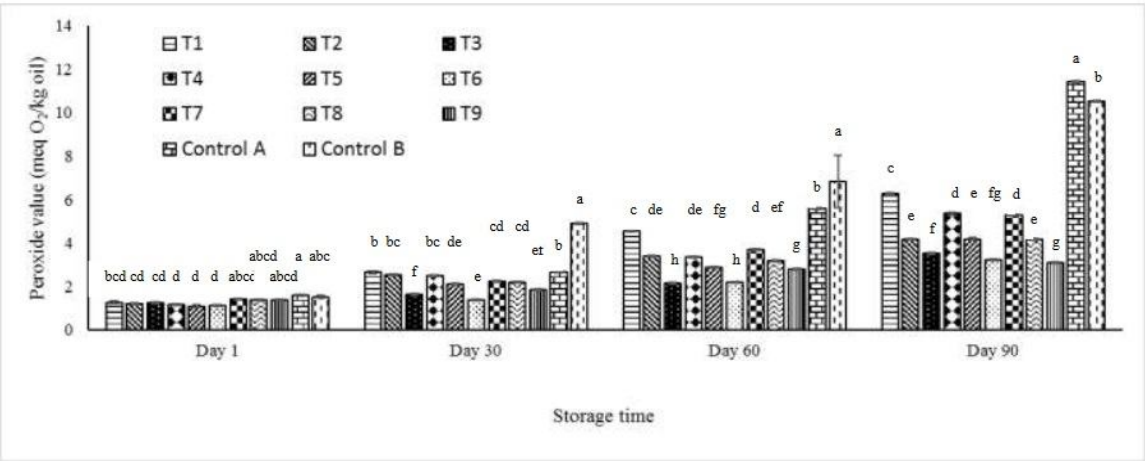
۳-۱- عدد پراکسید

هیدروپراکسیدها محصولات اولیه اکسیداسیون هستند که در کنار محصولات ثانویه، برای تعیین کیفیت روغن مورد استفاده قرار می‌گیرند. هر چه درجه غیراشباعیت روغن بیشتر باشد، بیشتر مستعد اکسیداسیون است. همچنین حضور نور، حرارت و فلزاتی مانند مس و آهن، به عنوان پروکسیدان عمل کرده و عدد پراکسید را در روغن افزایش می‌دهند [١٦]. روغن بزرک به دلیل داشتن مقدار بالای اسیدهای چرب غیراشباع، بسیار مستعد اکسیداسیون است. همان‌طوری که از شکل (۲) مشاهده می‌شود، عدد پراکسید در تمامی نمونه‌ها در طول نگهداری به طور معنی‌داری ($p < ۰/۰۵$) افزایش یافت. با این وجود مقدار عدد پراکسید در نمونه‌های نگهداری شده در دمای یخچال کمتر بود.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-28]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.123.8.3]
[DOI: 10.52547/fsct.19.123.201]



(a)



(b)

Fig 2 Peroxide value change of control and oil powder samples during storage at (a): room temperature (25 ºC) and (b): refrigerator (4 ºC). For treatments see Table 1. Diffeent letters for the same storage time represent significant differences ($p < 0.05$) according to the Duncan test.

نمونه روغن (شاهد A) دارای بیشترین عدد پراکسید نسبت به سایر نمونه‌ها بود. مخلوط کردن روغن بزرک با سلولز ریزبلور و تبدیل آن به پودر، اثر محافظتی بر روغن داشت و سرعت افزایش عدد پراکسید را در نمونه‌های پودری به طور معنی-داری ($p < ۰/۰۵$) کاهش داد. با افزایش مقدار سلولز ریزبلور ، اثر محافظتی آن بر اکسیداسیون روغن بزرک افزایش یافت. این امر می‌تواند مربوط به ایجاد سد فیزیکی توسط سلولز ریزبلور و کاهش تماس اکسیژن با روغن باشد. نتایج مشابهی برای روغن بزرک ریزپوشانی شده با ژلاتین–صمغ عربی در مقایسه با روغن شاهد گزارش شده است [۱۷]. نشان داده شده است که ریزپوشانی روغن ماهی با متیل‌سلولز باعث کنترل سرعت افزایش عدد پراکسید در نمونه‌ها شد و همچنین نمونه‌های نگهداری شده در یخچال نسبت به نمونه‌های نگهداری شده در دمای محیط دارای عدد پراکسید پایین‌تری بودند [۱۸]. همچنین گزارش شده است که خشک کردن پاششی امولسیون روغن بزرک و پروتئین سرمی و تبدیل آن به فرم پودر باعث تأخیر در فرآیند اکسیداسیون و کاهش سرعت تولید پراکسیدها در نمونه‌ها شد [۱۹].

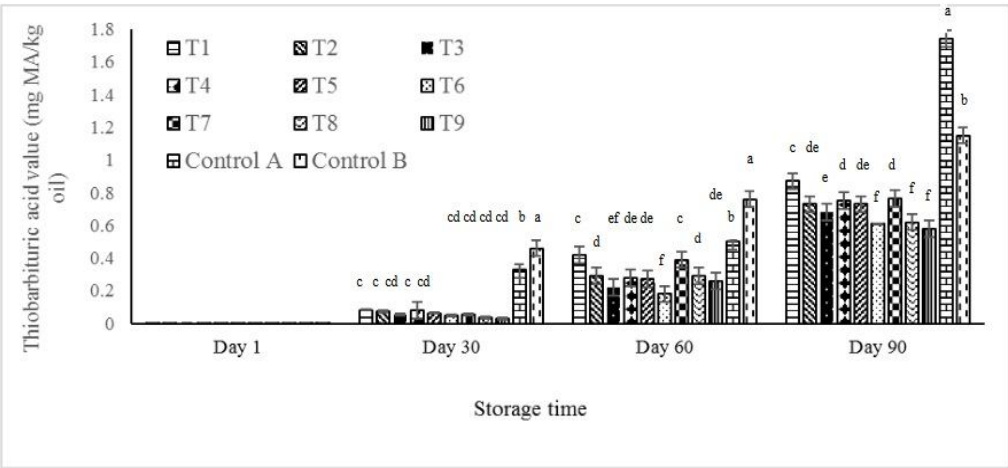
نمونه شاهد B نسبت به نمونه‌های مشابه دارای برگ رزماری (T4، T5 و T6) دارای عدد پراکسید بسیار بالاتری بود. این امر ثابت می‌کند که با افزودن رزماری به نمونه‌ها عدد پراکسید کاهش یافت و با افزایش مقدار رزماری افزوده شده، کنترل عدد پراکسید میسرتر بود. گزارش شده است که عصاره رزماری به جهت داشتن ترکیبات فنلی با خاصیت آنتی-اکسیدانی و توانایی اسکونج رادیکال آزاد (مانند کارنوزول و رزمارینیک اسید) و نیز به دلیل اثر سینرژیستی با توکوفرول‌های

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-28]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.123.8.3]
[DOI: 10.52547/fsct.19.123.201]

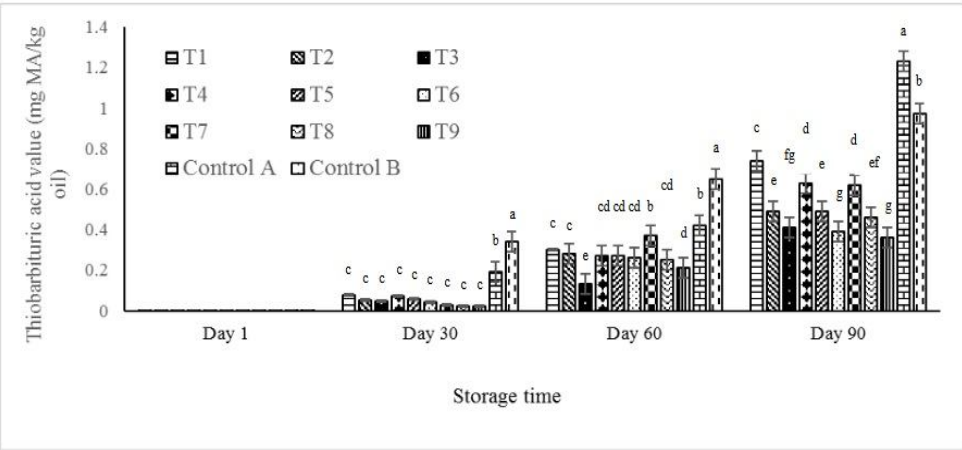
طبیعی موجود در روغن بزرک، قادر است اکسیداسیون را در روغن بزرک به تأخیر بیاندازد. به این صورت که ترکیبات فنلی موجود در رزماری، با دادن اتم اکسیژن به رادیکال‌های α-توکوفرول و احیای α-توکوفرول اکسید شده در روغن بزرک، باعث تأخیر در رانسید و فاسد شدن روغن می‌شود [٦]. تمامی نمونه‌های پودر روغن بزرک حاوی سلولز ریزبلور با نسبت ۵۰:۵۰ و ۵۰:۱۰۰ با هر مقداری از رزماری تا انتهای ۳ ماه نگهداری در دمای اتاق و نیز دمای یخچال دارای مقدار عدد پراکسید کمتر از حداکثر مقدار مجاز تعیین شده برای محصولات امگا-۳ (≤ ۵ meq/kg oil) بودند. نمونه روغن (شاهد A) و نیز پودر روغن فاقد رزماری (نمونه شاهد B) تنها تا روز ٤٠ دارای عدد پراکسید در محدوده مجاز بودند [۱۱].

۳- ۲-تیوباربیتوریک اسید

تیوباربیتوریک اسید در کنار عدد پراکسید برای ارزیابی کیفیت روغن مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقدار عدد تیوباربیتوریک اسید در تمامی نمونه‌ها در طول نگهداری افزایش یافت. نمونه‌های نگهداری شده در یخچال دارای عدد تیوباربیتوریک اسید کمتری نسبت به نمونه‌های نگهداری شده در یخچال بودند. نمونه روغن (شاهد A) دارای بیشترین مقدار عدد تیوباربیتوریک اسید بود و پودر کردن روغن بوسیله مخلوط کردن آن با سلولز ریزبلور در کنترل تولید محصولات ثانویه اکسیداسیون مؤثر بود (شکل ۳).



(a)



(b)

Fig 3 Thiobarbituric acid value change of control and oil powder samples during storage at (a): room temperature (25 ºC) and (b): refrigerator (4 ºC). For treatments see Table 1. Diffeent letters for the same storage time represent significant differences ($p < 0.05$) according to the Duncan test.

با افزایش نسبت سلولز ریزبلور ، اثر محافظتی آن بر روی اکسیداسیون روغن بزرک افزایش یافت. گزارش شده است که ریزپوشانی روغن بزرک با مخلوطی از مالتودکسترین با ایزوله پروتئین نخود یا عدس و تبدیل کردن آن به پودر در کنترل

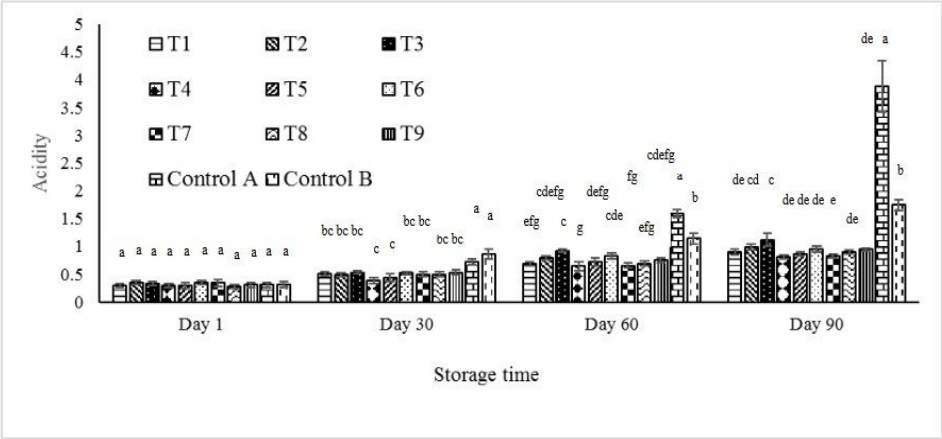
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-28]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.123.8.3]
[DOI: 10.52547/fsct.19.123.201]

اکسیداسیون و تولید محصولات ثانویه اکسیداسیون در مقایسه با نمونه شاهد روغن مؤثر بود [۲۰]. نشان داده شده است که با اینکه ریزپوشانی روغن بزرک به روش خشک کردن پاششی باعث کاهش عدد تیوباربیتوریک اسید شد، ولی دمای نگهداری (دمای اتاق، نگهداری سرد و نگهداری به صورت فریز شده) تأثیر معنی‌داری ($p > ۰/۰۵$) در مقدار آن نداشت [۲۱].

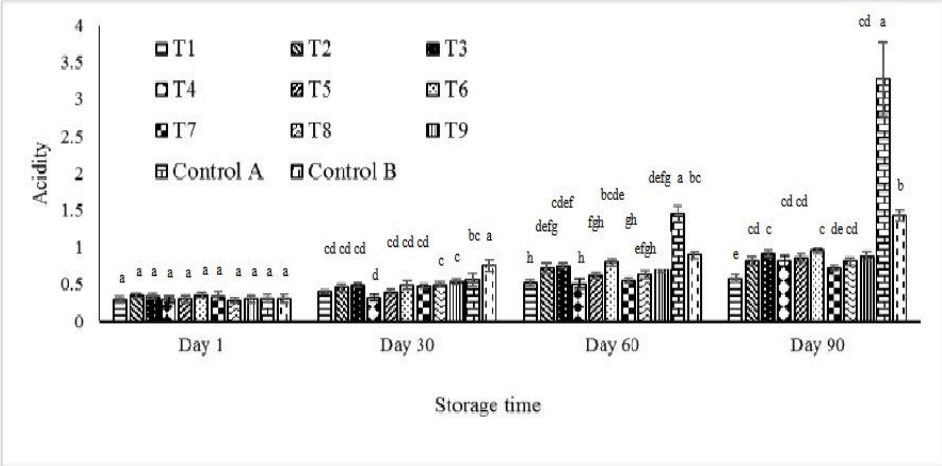
افزودن پودر رزماری به نمونه‌های پودر روغن بزرک، باعث کاهش عدد تیوباربیتوریک اسید نسبت به نمونه فاقد رزماری (شاهد B) شد. با افزایش غلظت پودر رزماری در نمونه‌ها، تولید محصولات ثانویه اکسیداسیون به طور مؤثرتری کنترل شد. گزارش شده است که افزودن عصاره رزماری در غلظت ۱۵۰۰ ppm به روغن ماهی میکروکپسوله شده باعث کاهش عدد تیوباربیتوریک اسید شد، به طوری که در کنترل تولید محصولات ثانویه اکسیداسیون حتی مؤثرتر از آنتی‌اکسیدان BHT در غلظت ۲۵۰ ppm بود. این امر مربوط به خاصیت آنتی‌اکسیدانی فوق‌العاده رزماری است که از اکسیداسیون سطحی روغن جلوگیری می‌کند [۵].

۳- ۳- اسیدیته

اسیدیته یکی دیگر از فاکتورهای مهم در ارزیابی مواد غذایی چرب است. مقدار اسیدیته با هیدرولیز تری‌آسیل‌گلیسرول‌ها و آزاد شدن اسیدهای چرب افزایش می‌یابد. اسیدیته همه نمونه‌ها با افزایش زمان نگهداری، به طور معنی‌داری ($p < ۰/۰۵$) افزایش یافت (شکل ٤). نگهداری در یخچال نسبت به نگهداری در دمای اتاق، سرعت افزایش اسیدیته را در نمونه‌ها به طور معنی‌داری ($p < ۰/۰۵$) کاهش داد. اسیدیته نمونه‌ها به طور معنی‌داری ($p < ۰/۰۵$) در طول نگهداری افزایش یافت.



(a)



(b)

Fig 4 Acidity change of control and oil powder samples during storage at (a): room temperature (25 ºC) and (b): refrigerator (4 ºC). For treatments see Table 1. Diffeent letters for the same storage time represent significant differences ($p < 0.05$) according to the Duncan test.

نمونه روغن (شاهد A) دارای بیشترین اسیدیته در بین نمونه‌ها بود و پس از ۳ ماه نگهداری، به ۱۰/۵ برابر مقدار اولیه در دمای یخچال و ۱۲/۵ برابر مقدار اولیه در دمای محیط رسید. با مقایسه شاهد A (نمونه روغن) و شاهد B (پودر روغن

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-28]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.123.8.3]
[DOI: 10.52547/fsct.19.123.201]

بزرگ) مشخص می‌شود که مخلوط کردن سلولز ریزبلور با روغن بزرگ باعث کاهش معنی‌دار ($p < ۰/۰۵$) اسیدیته شد. به طوری که در انتهای ۹۰ روز نگهداری اسیدیته نمونه روغن، ۲/۳ برابر پودر روغن بزرگ نمونه شاهد B بود. در نتیجه موافقی با این پژوهش، گزارش شده است که انکپسولاسیون روغن بزرگ با کیتوزان یا آلژینات سدیم، باعث کاهش اسیدیته در طول نگهداری شد و نتیجه‌گیری شد که انکپسولاسیون با کیتوزان مؤثرتر از آلژینات سدیم در کنترل افزایش اسیدیته بود [۲۲].

افزودن پودر رزماری به فرمولاسیون پودر روغن بزرگ باعث کاهش سرعت افزایش اسیدیته در طول نگهداری شد. با این وجود با افزایش مقدار پودر رزماری افزوده شده، مقدار اسیدهای چرب آزاد به صورت جزئی افزایش یافت. افزایش عدد اسیدی می‌تواند ناشی از ورود اسیدهای آلی موجود در گیاه رزماری به روغن اتفاق بیافتد یا ممکن است ناشی از وجود آنزیم‌های لیپولتیک در گیاه رزماری باشد [۲۳]. در نتیجه مشابهی با این پژوهش، گزارش شده است که افزودن ٪۵ رزماری خشک به روغن زیتون فوق بکر باعث افزایش اسیدیته روغن شد [۲٤]. همچنین گزارش شده است که افزودن پودر رزماری به روغن بزرگ و معطر کردن آن، باعث افزایش اسیدیته در نمونه روغن شد. پیشنهاد شد که افزایش اسیدیته در نتیجه افزودن رزماری می‌تواند به دلیل تغییرات هیدرولیتیکی ناشی از میکروارگانیسم‌هایی باشد که همراه با پودر رزماری به روغن منتقل شده باشند. همچنین آب موجود در برگ‌ها می‌تواند باعث افزایش فعالیت آنزیمی و در نتیجه افزایش واکنش‌های لیپولیتیک در روغن بزرگ شده باشد. ترکیبات فنلی موجود در برگ رزماری نیز می‌توانند به عنوان پرواکسیدان عمل کرده موجود تشدید واکنش‌های هیدرولیتیک شده باشند [۲۵].

۳-٤- ترکیبات فنلی کل

ترکیبات فنلی کل، مهم‌ترین شاخص برای ارزیابی توانایی آنتی‌اکسیدانی است؛ زیرا فنل‌ها ترکیبات آنتی‌اکسیدانی اصلی هستند که می‌توانند اتم‌های هیدروژن به رادیکال‌های آزاد بدهند [٦]. نتایج نشان دادند که ترکیبات فنلی در نمونه‌ها در طی نگهداری به صورت معنی‌داری ($p < ۰/۰۵$) کاهش یافت (جدول ۱). این امر می‌تواند مربوط به تجزیه و اکسیداسیون ترکیبات فنلی در نتیجه فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک، اکسیژن و دمای نگهداری باشد، که در نمونه‌های نگهداری شده در یخچال، با سرعت نسبتاً پایین‌تری اتفاق افتاد [۲٦]. مقدار ترکیبات فنلی در روغن (شاهد A) در ابتدای نگهداری برابر با mg/kg ۲۳/۹۲ بود که پس از ۳ ماه نگهداری در یخچال، در حدود ٪٤۸ کاهش یافت (mg/kg ۱۲/۳۵). مخلوط کردن روغن بزرگ با سلولز ریزبلور باعث کاهش سرعت تجزیه ترکیبات فنلی در طول نگهداری شد. لیگنان‌ها و اسیدهای فنلی مانند کافئیک اسید، ρ-کوماریک اسید و فرولیک اسید، ترکیبات فنلی غالب در بزرگ هستند [۲۷].

Table 1 Changes in total phenolic compounds (mg/kg) of samples during storage at room temperature and refrigerature.

Treatment (O:MCC, R%)	Day 1	Day 30		Day 60		Day 90	
		25 ºC	4 ºC	25 ºC	4 ºC	25 ºC	4 ºC
T1 (50:50, 5%)	28.32^{gA}	23.18^{gB}	25.15^{gB}	18.43^{ghD}	21.22^{fC}	13.69^{dE}	15.36^{eE}
T2 (50:50, 10%)	45.43^{eA}	37.94^{eB}	38.18^{eB}	29.14^{eC}	29.64^{eC}	25.64^{cD}	26.18^{cdD}
T3 (50:50. 15%)	72.26^{cA}	62.33^{cC}	67.23^{bB}	54.31^{cE}	58.67^{bD}	50.67^{bF}	51.96^{bF}
T4 (50:75, 5%)	31.53^{fA}	26.42^{fC}	28.68^{fB}	20.38^{fD}	21.33^{fD}	14.57^{dE}	16.42^{eE}
T5 (50:75, 10%)	44.78^{eA}	37.26^{eB}	38.41^{eB}	29.53^{eD}	34.24^{dC}	24.74^{cE}	24.51^{dE}
T6 (50:75, 15%)	74.14^{bA}	65.33^{bB}	66.11^{bB}	57.19^{bC}	49.59^{cF}	52.44^{bE}	55.12^{aD}
T7 (50:100, 5%)	29.39^{gA}	23.49^{gB}	23.52^{gB}	20.28^{fgC}	21.16^{fC}	14.02^{dD}	14.82^{eD}
T8 (50:100, 10%)	48.64^{dA}	45.61^{dB}	46.68^{cB}	33.41^{dC}	32.53^{dC}	25.97^{cD}	27.47^{cD}
T9 (50:100, 15%)	76.53^{aA}	69.23^{aC}	71.45^{aB}	62.18^{aE}	65.97^{aD}	54.78^{aF}	56.39^{aF}
Control A (bulk flaxseed oil)	23.92^{hA}	22.85^{gA}	23.12^{gA}	16.68^{hB}	17.41^{gB}	10.52^{eD}	12.35^{fC}
Control B (50:75, 0%)	23.28^{hA}	20.06^{hBC}	20.64^{hB}	16.92^{hD}	18.43^{gCD}	9.26^{eF}	12.85^{fE}

Different lower case letters within the same column and different capital letters within the same row in the same group of storage temperature represent significant differences ($p < 0.05$) according to the Duncan test. O: oil; MCC: microcrystalline cellulose; R: rosemary.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-28]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.123.8.3]
[DOI: 10.52547/fsct.19.123.201]

افزودن برگ رزماری به فرمولاسیون پودر روغن بزرک، باعث افزایش مقدار ترکیبات فنلی شد، که این افزایش ناشی از ترکیبات فنلی برگ رزماری است. در نتیجه، با افزایش مقدار برگ رزماری افزوده شده، مقدار ترکیبات فنلی به طور معنی‌داری (p < ۰/۰۵) افزایش یافت. افزودن ٪۱۵ برگ رزماری به روغن بزرک در فرمولاسیون پودر روغن، باعث افزایش ۳ برابری ترکیبات فنلی نسبت به نمونه روغن شد (از ۷۶/۵۳ mg/kg – ۷۲/۲۶). عمده‌ترین ترکیبات با خاصیت آنتی‌اکسیدانی در عصاره رزماری، کارنوزیک اسید، کارنوزول و رزمارینیک اسید هستند. سایر ترکیبات فنلی موجود در عصاره رزماری عبارت هستند از رزمانول، جنکواین، اوروسیک اسید [۲۸].

۳-۵-پیگمنت‌ها

مقدار کلروفیل و کاروتنوئید در پایداری اکسیداسیونی روغن نقش بسزایی دارد. کلروفیل در حضور نور، به عنوان حساس کننده عمل کرده و موجب فتواکسیداسیون می‌شود؛ اما در تاریکی به عنوان آنتی‌اکسیدان عمل می‌کند [۲٤]. کاروتنوئیدها در مقادیر متفاوتی در روغن‌های خوراکی وجود دارند و می‌توانند با فیلتر کردن نور، غیرفعال کردن حساس کننده‌ها و به دام انداختن رادیکال‌های آزاد، اکسیداسیون در روغن را کاهش دهند [۲٦]. مقدار پیگمنت‌ها در نمونه‌ها در طول نگهداری به طور معنی‌داری (p < ۰/۰۵) کاهش یافت (جدول ۲ و ۳).

Table 2 Changes in chlorophyll content (mg/kg) of samples during storage at room temperature and refrigerature.

Treatment (O:MCC, R%)	Day 1	Day 30		Day 60		Day 90	
		25 ºC	4 ºC	25 ºC	4 ºC	25 ºC	4 ºC
T1 (50:50, 5%)	25.06^{hA}	23.06^{iB}	25.03^{iA}	22.44^{gE}	22.75^{hC}	22.13^{gF}	22.65^{gD}
T2 (50:50, 10%)	39.78^{fA}	35.2^{fC}	35.32^{fB}	29.76^{eE}	31.07^{fD}	23.82^{fG}	25.86^{fF}
T3 (50:50. 15%)	61.29^{bA}	54.39^{bC}	58.61^{cB}	42.41^{bE}	43.46^{cD}	28.61^{dG}	31.16^{eF}
T4 (50:75, 5%)	26.98^{gA}	25.51^{hC}	26.72^{hB}	22.09^{iE}	22.24^{iD}	21.31^{hF}	22.01^{hE}
T5 (50:75, 10%)	48.2^{dA}	38.38^{dD}	42.73^{dB}	33.18^{dF}	41.66^{dC}	31.81^{cG}	37.52^{cE}
T6 (50:75, 15%)	64.74^{aA}	61.63^{aC}	63.86^{aB}	60.23^{aE}	60.34^{aD}	51.69^{aG}	57.19^{aF}
T7 (50:100, 5%)	42.46^{eA}	28.03^{gC}	29.14^{gB}	22.19^{hE}	24.56^{gD}	18.15^{iG}	20.48^{iF}
T8 (50:100, 10%)	48.61^{cA}	35.29^{eD}	40.74^{eB}	27.39^{fF}	39.02^{eC}	26.98^{eG}	32.28^{dE}
T9 (50:100, 15%)	61.28^{bA}	49.64^{cD}	61.03^{bB}	41.16^{cF}	52.27^{bC}	40.52^{bG}	46.85^{bE}
Control A (bulk flaxseed oil)	9.02^{jA}	7.87^{kC}	8.04^{kB}	7.32^{kE}	7.61^{jD}	7.14^{kF}	6.94^{kG}
Control B (50:75, 0%)	10.89^{iA}	9.17^{jB}	8.84^{jC}	8.1^{jD}	7.61^{jE}	7.25^{jF}	7.12^{jG}

Different lower case letters within the same column and different capital letters within the same row in the same group of storage temperature represent significant differences (p < 0.05) according to the Duncan test. O: oil; MCC: microcrystalline cellulose; R: rosemary.

Table 3 Changes in carotenoid content (mg/kg) of samples during storage at room temperature and refrigerature.

Treatment (O:MCC, R%)	Day 1	Day 30		Day 60		Day 90	
		25 ºC	4 ºC	25 ºC	4 ºC	25 ºC	4 ºC
T1 (50:50, 5%)	7.06^{fA}	5.81^{eB}	6.89^{eA}	5.73^{eB}	5.07^{ghC}	5.69^{cB}	4.79^{D}
T2 (50:50, 10%)	7.84^{dA}	6.76^{cB}	7.8^{dA}	6.23^{dC}	5.96^{fD}	5.99^{bD}	5.96^{bcD}
T3 (50:50. 15%)	9.12^{bA}	8.9^{aA}	9.05^{bA}	7.91^{aC}	8.43^{aB}	7.66^{aD}	6.18^{bE}
T4 (50:75, 5%)	9.32^{bA}	8.9^{aB}	8.62^{cC}	6.8^{cD}	6.51^{eE}	6.03^{bF}	5.07^{eG}
T5 (50:75, 10%)	8.82^{cA}	8.37^{bB}	7.65^{dC}	7.66^{bC}	7.19^{cD}	5.69^{cE}	5.82^{cE}
T6 (50:75, 15%)	9.96^{aA}	8.99^{aC}	9.63^{aB}	7.86^{abD}	7.78^{bD}	7.73^{aD}	7.44^{aE}
T7 (50:100, 5%)	5.48^{hA}	4.81^{fB}	4.47^{gD}	4.74^{fBC}	4.93^{hB}	4.57^{eCD}	4.41^{gD}
T8 (50:100, 10%)	7.35^{eA}	6.34^{dB}	6.11^{fC}	5.69^{eD}	5.24^{gE}	5.31^{dE}	4.86^{efF}
T9 (50:100, 15%)	7.67^{dA}	6.98^{cB}	6.99^{eB}	6.07^{dC}	6.9^{dB}	5.88^{bcC}	5.45^{dD}
Control A (bulk flaxseed oil)	4.46^{iA}	3.86^{gB}	3.43^{hC}	3.27^{hC}	2.98^{jD}	2.88^{fD}	2.59^{hE}
Control B (50:75, 0%)	5.91^{gA}	4.94^{fB}	4.64^{gC}	3.92^{gD}	3.66^{iE}	2.76^{fF}	2.57^{hF}

Different lower case letters within the same column and different capital letters within the same row in the same group of storage temperature represent significant differences (p < 0.05) according to the Duncan test. O: oil; MCC: microcrystalline cellulose; R: rosemary.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-28]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.123.8.3]
[DOI: 10.52547/fsct.19.123.201]

مقدار کلروفیل روغن بزرک (شاهد A) بعد از ۳ ماه نگهداری در یخچال، ٪۲۳ کاهش یافت و از mg/kg ۹/۰۲ به mg/kg ٦/٩٤ تغییر کرد. مقدار کاروتنوئید نمونه شاهد A در انتهای ۹۰ روز نگهداری در یخچال، با ٪٤٢/٣٨ کاهش، از mg/kg ٤/٤٦ به mg/kg ۲/۵۷ تغییر کرد. این امر می‌تواند به دلیل اکسیداسیون و تجزیه این ترکیبات اتفاق افتاده باشد. با افزودن برگ رزماری به فرمولاسیون، مقادیر کلروفیل و کاروتنوئید در نمونه‌ها به طور معنی‌داری ($p < ۰/۰۵$) افزایش یافت. با افزایش مقدار برگ رزماری در فرمولاسیون، افزایش بیشتری در مقدار کلروفیل و کاروتنوئید مشاهده شد. مقایسه نمونه T6 و نمونه شاهد B نشان داد که با افزودن ٪۱۵ برگ رزماری به فرمولاسیون مقدار کلروفیل در حدود ٦ برابر و مقدار کاروتنوئید در حدود ۱/۷ برابر افزایش یافت. گزارش شده است که معطر کردن روغن زیتون فوق بکر با رزماری موجب افزایش کلروفیل و کاروتنوئید در محصول نهایی شد [٢٤].

٤- نتیجه‌گیری

پودر کردن روغن بزرک به روش مخلوط کردن آن با سلولز ریزبلور و استفاده از برگ رزماری به عنوان آنتی‌اکسیدان طبیعی، به طور مؤثری پایداری اکسیداسیونی را نسبت به روغن افزایش داد. با افزایش غلظت سلولز ریزبلور و نیز برگ رزماری، عدد پراکسید و تیوباربیتوریک اسید کاهش یافت. نگهداری نمونه‌ها در دمای یخچال نسبت به دمای محیط، در پایداری اکسیداسیونی مؤثرتر بود. افزودن برگ رزماری به نمونه‌ها باعث افزایش مقدار ترکیبات فنلی، کلروفیل و کاروتنوئید شد. عمدتا از روغن زیتون و آفتابگردان و غیره جهت مصرف به همراه سالاد استفاده می‌شود. روغن بزرک نیز با توجه به این که منبع عالی امگا-۳ است جهت مصرف توصیه می‌شود. اما بدلیل اینکه روغن بزرک خیلی سریع اکسید شده و بد طعم می‌شود، لذا پودر روغن بزرک تولید شده دارای پتانسیل مصرف به عنوان محصولی غنی از اسیدهای چرب ضروری امگا-۳ و نیز آنتی‌اکسیدان طبیعی است که می‌تواند به صورت مستقیم بر روی سالادها و یا در فرمولاسیون‌های غذایی استفاده شود.

۵- منابع

[1] Lan, Y., Ohm, J.-B., Chen, B., and Rao, J., 2020. Physicochemical properties and aroma profiles of flaxseed proteins extracted from whole flaxseed and flaxseed meal. Food Hydrocolloids, 104, 105731.

[2] Nasirpour-Tabrizi, P., Azadmard-Damirchi, S., Hesari, J., Khakbaz Heshmati, M., and Savage, G.P., 2020. Production of a spreadable emulsion gel using flaxseed oil in a matrix of hydrocolloids. Journal of Food Processing and Preservation, 44 (8), e14588.

[3] Suri, K., Singh, B., Kaur, A., Yadav, M.P., and Singh, N., 2020. Influence of microwave roasting on chemical composition, oxidative stability and fatty acid composition of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) oil. Food Chemistry, 326, 126974.

[4] Shahidi, F. and Zhong, Y., 2010. Lipid oxidation and improving the oxidative stability. Chemical Society Reviews, 39 (11), 4067-4079.

[5] Yeşilsu, A.F. and Özyurt, G., 2019. Oxidative stability of microencapsulated fish oil with rosemary, thyme and laurel extracts: A kinetic assessment. Journal of Food Engineering, 240, 171-182.

[6] 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.

[7] 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.

[8] Nasirpour-Tabrizi, P., Azadmard-Damirchi, S., Hesari, J., Heshmati, M.K., and Savage, G.P., 2020. Rheological and physicochemical properties of novel low-fat emulgels containing flaxseed oil as a rich source of ω-3 fatty acids. LWT, 133, 110107.

[9] Salimzadeh, S. and Azadmard-Damirchi, S., 2018. Production of mixture of flaxseed and sesame seeds powder incorporated with olive oil and evaluation of its qualitative properties during storage. Food Science and Technology, 14 (73), 317-311.

[10] Raquel P.F. Guine, Ana Dias, Ana Peixoto, Maria Matos, Marta Gonzaga, Margarida Silvia., 2012. Application of molecular gastronomy principles to the development of a powdered olive oil and market study aiming at its

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-28]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.123.8.3]

[DOI: 10.52547/fsct.19.123.201]

commercialization. international journal of gastronomy and food science, 1, 101-106.

[11] Saga, L.C., Rukke, E.O., Liland, K.H., Kirkhus, B., Egelandsdal, B., Karlsen, J., and Volden, J., 2011. Oxidative stability of polyunsaturated edible oils mixed with microcrystalline cellulose. Journal of the American Oil Chemists' Society, 88 (12), 1883-1895.

[12] AOCS, 1997. Official methods and recommended practices of the AOCS. Champaign, IL: American Oil Chemists' Society.

[13] Hu, Z. and Zhong, Q., 2010. Determination of thiobarbituric acid reactive substances in microencapsulated products. Food Chemistry, 123 (3), 794-799.

[14] Gouvinhas, I., Machado, J., Gomes, S., Lopes, J., Martins-Lopes, P., and Barros, A.I., 2014. Phenolic composition and antioxidant activity of monovarietal and commercial Portuguese olive oils. Journal of the American Oil Chemists' Society, 91 (7), 1197-1203.

[15] Isabel Minguez□Mosquera, M., Rejano-Navarro, L., Gandul□Rojas, B., SanchezGomez, A.H., and Garrido-Fernandez, J., 1991. Color-pigment correlation in virgin olive oil. Journal of the American Oil Chemists' Society, 68 (5), 332-336.

[16] Choe, E. and Min, D.B., 2006. Mechanisms and factors for edible oil oxidation. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 5 (4), 169-186.

[17] Liu, S., Low, N., and Nickerson, M.T., 2010. Entrapment of flaxseed oil within gelatin□gum arabic capsules. Journal of the American Oil Chemists' Society, 87 (7), 809-815.

[18] Kolanowski, W., Laufenberg, G., and Kunz, B., 2004. Fish oil stabilisation by microencapsulation with modified cellulose. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 55 (4), 333-343.

[19] Partanen, R., Raula, J., SEPPAnen, R., Buchert, J., Kauppinen, E., and Forssell, P., 2008. Effect of relative humidity on oxidation of flaxseed oil in spray dried whey protein emulsions. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56 (14), 5717-5722.

[20] Karaca, A.C., Nickerson, M., and Low, N.H., 2013. Microcapsule production employing chickpea or lentil protein isolates and maltodextrin: Physicochemical properties and oxidative protection of encapsulated flaxseed oil. Food Chemistry, 139 (1-4), 448-457.

[21] Onsaard, E., Putthanimon, J., Singthong, J., and Thammarutwasik, P., 2018. Oxidation stability of sesame oil encapsulated by spray drying. International Food Research Journal, 25 (2), 784-792.

[22] Mania, S., Tylingo, R., and Michałowska, A., 2018. The drop-in-drop encapsulation in chitosan and sodium alginate as a method of prolonging the quality of linseed oil. Polymers, 10 (12), 1355.

[23] Ahmadi-Aghdam, E., Hesari, J., Azadmard-Damirchi, S., Jahangiry, F., and Bodbodak, S., 2016. Effect of rosemary extract on physicochemical properties and stability of buuter from sour cream. Journal of Food Science and Technology, 13 (50), 33-39.

[24] Ayadi, M., Grati-Kamoun, N., and Attia, H., 2009. Physico-chemical change and heat stability of extra virgin olive oils flavoured by selected Tunisian aromatic plants. Food and Chemical Toxicology, 47 (10), 2613-2619.

[25] Odeh, D., Kraljić, K., Benussi Skukan, A., and Škevin, D., 2021. Oxidative stability, microbial safety, and sensory properties of flaxseed (Linum usitatissimum L.) oil infused with spices and herbs. Antioxidants, 10 (5), 785.

[26] Mazaheri, Y., Torbati, M., Azadmard-Damirchi, S., and Savage, G.P., 2019. Oil extraction from blends of sunflower and black cumin seeds by cold press and evaluation of its physicochemical properties. Journal of Food Processing and Preservation, 43 (10), e14154.

[27] Wang, H., Qiu, C., Abbasi, A.M., Chen, G., You, L., Li, T., Fu, X., Wang, Y., Guo, X., and Liu, R.H., 2015. Effect of germination on vitamin C, phenolic compounds and antioxidant activity in flaxseed (Linum usitatissimum L.). International Journal of Food Science & Technology, 50 (12), 2545-2553.

[28] Borrás-Linares, I., Stojanović, Z., Quirantes-Piné, R., Arráez-Román, D., Švarc-Gajić, J., Fernández-Gutiérrez, A., and Segura-Carretero, A., 2014. *Rosmarinus officinalis* leaves as a natural source of bioactive compounds. International Journal of Molecular Sciences, 15 (11), 20585-20606.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-28]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.123.8.3]

[DOI: 10.52547/fsct.19.123.201]

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Physical and chemical properties of linseed oil powder produced with microcrystalline cellulose and rosemary leaves

Farhoudpour, M. [1], Azadmard-damirchi, S. [2]*, Gharekhani, M. [3], Asefi, N. [4]

1. PhD student, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran.
2. Professor, Department of Food Science and Technology, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2021/ 08/ 12
Accepted 2022/ 01/ 01

Keywords:

Oil powder,
Rosemary,
Flaxseed oil,
Microcrystalline cellulose.

DOI: 10.52547/fsct.19.123.201

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.123.8.3

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

ABSTRACT

Today, the tendency to use flaxseed oil as a rich plant source of ω-3 fatty acids has increased. But the high content of unsaturated fatty acids in flaxseed oil makes it highly susceptible to oxidation. In this study, to produce flaxseed oil powder with more stability than oil, rosemary leaf powder (as a natural source of antioxidants) in 3 levels (5, 10 and 15% of oil) and 3 different proportions of flaxseed oil and Microcrystalline cellulose (50:50, 50:75 and 50: 100) were mixed together. The results showed that by transporting the oil to the powder form and addition of rosemary leaves, the rate of increase in peroxide, thiobarbituric acid and acidity during storage was decreased significantly ($p < 0.05$). Storage at refrigerator (4 ºC) was more effective than room temperature (25 ºC) in increasing oxidative stability of samples during storage. Oxidative stability increased with increasing the concentration of microcrystalline cellulose and rosemary leaves. Addition of rosemary leaves caused a slight increase in acidity in the samples. Rosemary leaves also increased phenolic compounds, chlorophylls and carotenoids in the samples. Mixing the oil with microcrystalline cellulose significantly ($p < 0.05$) reduced the decomposition rate of phenolic compounds, chlorophyll and carotenoid contents. It was concluded that by mixing flaxseed oil with microcrystalline cellulose and rosemary leaves, a new powder product with suitable oxidative stability is introduced, which has the potential to be applied directly on foods such as salads or to be used in different food formulations to fortify them with natural antioxidants and ω-3 essential fatty acids.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-28]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.123.8.3]

[DOI: 10.52547/fsct.19.123.201]