Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Food Processing and Preservation Journal

Print ISSN: 2322 - 2069
Online ISSN: 2322 - 2794

Iranian Association of Food Scientists and Technologists

Evaluation of the antioxidant activity of the extract of red bell peppers in soy oil

Mahmoud Kohneh Poushi[1], Elham Azadfar[2*], Aazam Azadfar[3], Mohammadamin Heidarzadi [4], Zoherh Bahrami[5]

[1] MSc, Food Hygiene and Quality Control, Faculty of Veterinary Medicine, University of Zabol, Zabol, Iran.
[2] PhD, Department of Food Science & Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran.
Email: Elham_az1313@yahoo.com
[3] MSc Student, Department of Food Science & Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran.
[4] PhD Student, Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran
[5] PhD Student, Department of Food Science & Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2022-02-08
Revised: 2022-04-24
Accepted: 2022-07-31

Keywords:
Natural antioxidants,
Red bell pepper,
Soybean oil,
Oxidative stability

ABSTRACT

Background and objectives: Oxidation harms the storage of oils in two ways, which include reduced storage life and nutritional value due to the production of undesirable compounds, as well as the development of Procarcinogenesis properties during high heating. There are several ways to prevent oxidation one of these is the addition of synthetic antioxidants. However, due to the adverse effects of synthetic antioxidants such as mutagenic and carcinogenic effects in the human body, investigating sources of natural antioxidants to replace synthetic ingredients seems essential. Currently, increasing attention is paid to natural antioxidants and preservatives, including plant extracts. The most important positive feature of natural antioxidants compared to synthetic antioxidants is their safety and high acceptance by consumers.

Materials and methods: In this study, ethanolic extract of red bell pepper was extracted by ultrasound. Then, the free radical scavenging power of the extracts at concentrations of 100, 200, 400, 800 and 1600 ppm was measured by DPPH test. To evaluate the results, a completely randomized statistical design was used. Data were analyzed using SAS statistical software and the means were compared using Duncan test at the probability level of 0.01. Microsoft Excel software version 2016 was used to draw the charts.

Results: The results showed that by increasing the concentration of the extract from 100 to 1600 ppm, the antioxidant properties of the extract increased. With increasing the concentration of the extract in soybean oil, the inhibitory activity of free radicals by the oil increased significantly. There was a statistically significant difference between the concentrations of 100, 200, 400, 800, 1600 with the control sample at the level of 0.01. The highest free radical scavenging power was observed at 1600 ppm and the lowest in the control sample; So,at a concentration of 1600 ppm, antioxidant properties increased.

Conclusion: The results of oxidative stability of oil containing different amounts of the extract showed that 1600 ppm of red bell pepper extract in reducing TBA and also increased the index of oxidative stability compared to other conditions and synthetic antioxidant BHT. It had a greater impact at 200 ppm. naturally, the more antioxidant potential of extract at 1600

ppm concntrationcompared to other concentrations, can be attributed to more the phenolic compounds in it.

Cite this article: Azadfar, E., Kohneh Poushi, M., Heidarzadi, M.A., Azadfar, A., Bahrami, Z. 2022. Evaluation of rheological and textural properties of hybrid hydrogel containing Whey protein isolate – *Opuntia*. *Food Processing and Preservation Journal*, 14 (3), 141-152.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/FPPJ.2022.19930.1694
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

فرآوری و نگهداری مواد غذایی
شاپا چاپی: ۳۵٤٤-۲٤۲۳
شاپا الکترونیکی: ۳۸۰۳-۲٤۲۳

ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره فلفل دلمه‌ای قرمز در روغن سویا

محمود کهنه پوشی[۱]، الهام آزادفر[۲*]، اعظم آزادفر[۳]، محمدامین حیدرزادی[٤]، زهره بهرامی[٥]

۱.دانش آموخته کارشناسی‌ارشد بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۲. دکتری تخصصی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار، سبزوار، ایران، رایانامه: Elham_az1313@yahoo.com
۳. دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار، سبزوار، ایران
٤.دانشجوی دکتری، گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
٥.دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار، سبزوار، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۱۱/۱۹
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۱/۲/٤
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/٥/۹

واژه‌های کلیدی:
آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی
فلفل دلمه‌ای قرمز
روغن سویا
پایداری اکسایشی

چکیده

سابقه و هدف: روغن‌های خوراکی و چربی‌ها بخش مهمی از رژیم غذایی انسان را تشکیل می‌دهند. اکسیداسیون، از دو جهت تاثیر نامطلوبی بر نگهداری روغن ها دارد که این دو مورد شامل کاهش عمر انبارمانی و افت ارزش غذایی به دلیل تولید ترکیبات نامطلوب و همچنین ایجاد خاصیت ماده سرطان زا[۱] در حین حرارت دهی بالا می‌باشد. برای جلوگیری ازاکسایش روغن‌ها، روش‌های متعددی وجود دارد که یکی از این موارد، افزودن آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی می‌باشد. با توجه به این که آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی اثرات نامطلوبی مانند اثر جهش‌زایی و سرطان‌زایی در بدن انسان دارند، لذا تحقیق بر روی منابع آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی به منظور جایگزین کردن ترکیبات سنتزی ضروری به نظر می‌رسد. در حال حاضر، توجه به آنتی‌اکسیدان‌ها و نگهدارنده‌های طبیعی از جمله عصاره‌های گیاهی روبه افزایش است. مهم‌ترین ویژگی مثبت آنتی اکسیدان‌های طبیعی در مقایسه با آنتی اکسیدان سنتزی، ایمن بودن آن‌ها و پذیرش بالا توسط مصرف کننده‌ها می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش ابتدا عصاره اتانولی فلفل دلمه‌ای قرمز به روش فراصوت استخراج گردید. سپس قدرت مهار رادیکال‌های آزاد عصاره‌ها در غلظت‌های ۱۰۰، ۲۰۰، ٤۰۰، ۸۰۰ و ۱٦۰۰ پی‌پی‌ام باآزمون DPPH مورد سنجش قرار گرفت. جهت بررسی نتایج، از طرح آماری کاملا تصادفی استفاده گردید. اطلاعات با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۱ انجام شد. برای ترسیم نمودارها نیز از نرم‌افزار Microsoft Excel نسخه ۲۰۱٦ استفاده گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که با افزایش غلظت عصاره از۱۰۰ تا ۱٦۰۰پی‌پی‌ام خاصیت آنتی‌اکسیدانی عصاره افزایش یافت. با افزایش غلظت عصاره در روغن سویا، فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد توسط روغن به طور چشمگیری افزایش یافت اختلاف آماری معنی‌داری بین غلظت‌های ۱۰۰، ۲۰۰، ٤۰۰، ۸۰۰، ۱٦۰۰ با نمونه شاهد در سطح ۰/۰۱ وجود داشت. بیشترین قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد توسط روغن در غلظت ۱٦۰۰ پی پی ام و کمترین میزان آن در نمونه شاهد مشاهده شد؛ به طوری که در غلظت ۱٦۰۰ پی‌پی‌ام خاصیت آنتی‌اکسیدانی افزایش یافت.

1.Procarcinogenesis

نتیجه‌گیری کلی: نتایج حاصل از بررسی پایداری اکسایشی روغن با غلظت‌های مختلف نشان داد که غلظت ۱۶۰۰ پی‌پی‌ام عصاره فلفل دلمه‌ای قرمز در کاهش اندیس TBA و همچنین افزایش شاخص پایداری اکسایشی نسبت به سایر غلظت ها و آنتی اکسیدان سنتزی BHT در غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام تاثیر بیشتری داشت. طبیعتا قابلیت آنتی اکسیدانی بالاتر غلظت ۱۶۰۰پی پی ام عصاره نسبت به سایر غلظت ها را می توان به مقادیر بیشتر ترکیبات فنلی موجود در آن نسبت داد.

استناد: کهنه پوشی، م.، آزادفر، ا.، آزادفر، ا.، حیدرزادی، م.ا.، بهرامی، ز. (۱۴۰۱). ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره فلفل دلمه‌ای قرمز در روغن سویا. *فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۱۴ (۳)،۱۵۲-۱۴۱.

DOI: 10.22069/FPPJ.2022.19930.1694

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

روغن‌های خوراکی و چربی‌ها بخش مهمی از رژیم غذایی انسان را تشکیل می‌دهند. روغن‌های گیاهی به‌علت داشتن میزان بالایی از اسیدهای چرب غیراشباع نسبت به اکسیداسیون، که عامل اصلی فساد آن‌ها در طی نگهداری و فرآیند حرارتی است، حساس می‌باشند (۳). یکی از مهم‌ترین عوامل سادزای مواد غذایی، اکسیداسیون لیپیدها می‌باشد؛ که علاوه بر کاهش عمر انبارمانی روغن‌ها، سبب افت ارزش تغذیه‌ای آن‌ها نیز می‌گردد و خاصیت ارگانولپتیکی غذاها را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۱و ۲۳). نور آفتاب، اکسیژن، دما، فلزات سنگین و نوع اسیدهای چرب بر سرعت پیشرفت اکسیداسیون در مواد غذایی دخالت عمده‌ای دارند (۲،۲۲). سویا در اغلب کشورهای جهان به‌منظور تولید روغن، پروتئین گیاهی و علوفه کشت می‌شود و روغن آن در بین منابع روغنی مقام اول را دارد. روغن سویا را می‌توان یکی از پرمصرف ترین روغن‌های خوراکی که امروزه در ایران مصرف می‌شود دانست. این روغن دارای درجه غیراشباعیت بالایی است، پس به‌طور طبیعی حساسیت زیادی به فساد اکسیداتیو دارد (٤ و ۱۲). امروزه برای نگهداری از روغن‌های با درجه اشباعیت بالا از ترکیبات طبیعی مانند آنتی‌اکسیدان‌ها و اسیدهای فنولیک استفاده می‌کنند.

به‌کارگیری اسیدهای فنولیک طبیعی به‌عنوان ترکیبی که نقش مهمی را در درگیر کردن رادیکال‌های آزاد دارد، به‌شدت مورد توجه محققان قرار گرفته است. رادیکال‌های آزاد نقش مهمی در بیماری‌های مزمنی مانند: گرفتگی عروق قلب و اختلالات مغزی دارند (۱۱، ۸).

به طور عمده آنتی‌اکسیدان‌ها به دو دسته طبیعی و سنتزی تقسیم بندی می‌شوند. آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی عمدتاً ترکیبات فنولیکی بوده که می‌توان به بوتیلات هیدروکسی تولوئن[1]، بوتیلات هیدروکسی آنیزول[2]، ترتیاری بوتیل هیدروکسی کوئینون[3] و گالات[4] اشاره کرد (۱۷، ۱۰). مشکل عمده‌ای که آنتی اکسیدان‌های سنتزی دارند، خاصیت سرطانزایی آن‌ها بوده که با توجه به همین دلیل در سنوات گذشته، استفاده از آن‌ها محدود شده است. اخیرا به دلایلی از جمله تحت تاثیر قرار دادن سلامتی انسان، شامل مختل کردن فعالیت آنزیم‌های کبدی توجه زیادی به سمت آنتی‌اکسیدان-های طبیعی معطوف گردیده و تحقیقات گسترده‌ای جهت بکارگیری این ترکیبات به جای آنتی‌اکسیدان-های سنتزی انجام شده است (۱۳، ۲٤).

نتیجه فعالیت اکسیدان‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها تعادل فیزیولوژیکی در بدن است؛ لذا شناسایی آنتی‌اکسیدان‌ها از منابع طبیعی ضروری به نظر می‌رسد. از جمله آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی می‌توان به آنتی اکسیدان های استخراج شده از فلفل دلمه‌ای قرمزاشاره کرد. فلفل‌دلمه‌ای (*Capsicum annum*)، منبع خوبی از ترکیبات آنتی‌اکسیدان است. فلفل دلمه‌ای دربرگیرنده الگوی پلی‌فنولیک قوی شامل هیدروکسی سینامیدها، فلاونول‌ها و فلاون‌ها می‌باشد. فلفل دلمه‌ای خواص درمانی زیادی دارد و پزشکان مصرف این ماده خوراکی با رنگ های تند زرد، قرمز و سبز را توصیه می کنند. این محصول منبعی غنی از ویتامین A و C است که هر دو آنتی‌اکسیدان هایی قوی به‌شمار می‌آیند که موجب کاهش ابتلا به بیماری‌های قلبی می‌شود. همچنین فلفل دلمه ای، حاوی ویتامین B_6 و اسید فولیک است که برای رفع گرفتگی رگ‌ها در بیماری قلبی و دیابتی تاثیرگذار است. فیبر موجود در فلفل دلمه‌ای می‌تواند سبب کاهش میزان کلسترول

1. Butylated hydroxytoluene(BHT)
2. Butylated hydroxyanisole(BHA)
3. t-butyl-hydroxyquinone(TBHQ)
4. Propyl gallate(PG)

گـردد (۵، ۱٤). مهـم‌تـرین ترکیبـات رنگـی فلفـل کاروتنوئیدها و کاروتنوئید استرازها می‌باشند. از دیگر ترکیبات شیمیایی این گیاه می‌تـوان بـه پلـی فنـل‌هـا، فلاونوئیدها، توکوفرول‌ها و تانن‌ها اشاره کرد (۱۸).

محققی و همکـاران (۲۰۰۹) اثـر عصـاره پوسـت سیب زمینی گونه راموس به‌عنوان یک منـبع طبیـعی آنتی اکسیدانی در روغن سویا با دو روش آزمـون آون ٦۳ درجـه سلسـیوس و رنسـیمت (۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰ درجـه سلسـیوس) مـورد بررسـی قـــرار دادنـد. بیشتریـــن راندمان عصاره‌گیری مربوط به حلـال‌هـای آب (۱۱/۲درصـد) و متـانول(۷/۹درصـد) بـا روش اولتراسوند بود (٦).

بـا توجـه بـه مشـخص شـدن اثـرات سـوء آنتی‌اکسیدان‌های سنتـــزی کـــه اثرات سمـی بـر روی مصرف کنندگان دارد، فعالیت آنزیم‌هـای کبـدی را مختل می‌نماید و منجر به ایجـاد انـواع سـرطان‌هـا می‌گردد. در دنیا کاربرد آنتی اکسیدان‌های سـنتزی در حال محدود شدن است، لذا شناسایی آنتی اکسیدان‌ها از منـابع قابـل دسـترس و ارزان و تعیـین اثـرات پایدارسازی آن‌ها بـر روی روغـن‌هـا تحـت شـرایط مختلف جزء مهم اهداف این تحقیق می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه: روغن سویا بدون آنتی‌اکسیدان از کارخانه روغن نباتی سه گل خراسان تهیه و تا زمان انـجـــام آزمایش در دمای ٤ درجه سلسیوس نگهداری گردید. فلفل دلمه‌ای قرمز از بازار محلی شهرستـــان سبـــزوار تهیـه و قسـمت‌هـای زائـد آن جـدا شـده و پـس از شستشـو، جهـت خشـک‌کـردن از شـیوه آون‌گـذاری استفاده شد؛ به‌طوری‌که نمونه‌ها به‌مـدت ۵ ساعـــت در آون (Memert UFE500, Germany) در دمای ۸۵ درجه سلسیوس قرار گرفت. خشک کردن فلفل دلمـه ای به روش آون گذاری در دمای ۸۰ درجه به مدت ۳ ساعت و پس از آن تا رسیدن بـه وزن ثابـت هـر ۱۰ دقیقه مجدد وزن شده است روش عصاره گیـری نیـز استخراج با حلال به روش پرکولاسیون بوده است.

تهیه عصاره فلفل دلمه‌ای قرمز: فلفل دلمـه‌ای قرمـز خشک شده با آسـیاب (Kenwood, England) خـرد شده و پس از الک‌کـردن بـا مـش ٤۰ ،٤۲۰ میکـرون برای تهیه عصاره بـه روش اسـتخراج از پـیش تیمـار فراصوت استفاده گردید. بدین منظور از حلال اتـانول به نسبت ۱۰: ۱ (وزنی/حجمی) مخلوط گردیـده و در دسـتگاه فراصـوت و بـن‌مـاری بـا دمـای ۳۵ درجـه سلسیوس و با شدت فرکانس ۵۰ هرتـز بـه صـورت نیمه‌مداوم و به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفته و پس از آن توسط کاغذ صافی واتمـن صـاف شـده و بـه‌وسـیله تبخیرکننـده چرخـان (Laborata 4000 efficient, England) در دمای ٤۳ درجه سلسیوس تغلـیظ و در نهایت عصاره‌ها توسط خشک‌کن تحت خلاء دردمای ٤۵ درجه سلسیوس خشک شد و تا زمان اسـتفاده در ظرف سربسته شیشه‌ای و غیر قابـل نفـوذ بـه هـوا در دمای ٤ درجه سلسیوس قرار گرفت (۱۵).

اندازه‌گیـری فعالیـت مهـارکننـدگی رادیکـال آزاد (DPPH): ارزیابی فعالیت آنتـی‌اکسـیدانی بـا بررسـی فعالیـــت مهـــارکننـــدگی رادیکـــال آزاد (DPPH) اندازه‌گیری شد. ۲ و۲ دی فنیل۱- پیکریـل هیـدرازیل یا (DPPH) یک ترکیب رادیکالی پایدار با رنگ بنفش می‌باشد که با احیا شدن توسط عناصر دهنده الکترون یا هیدروژن (ترکیبات آنتـی اکسـیدانی) بـه دی فنیـل پیکریل هیدرازیل زرد رنـگ تبـدیل مـی‌شـود. میـزان ترکیبـات فنلـی و قـدرت مهـار رادیکـال‌هـای آزاد عصـاره‌هـا در غلظـت‌هـای ۱۰۰، ۲۰۰، ٤۰۰، ۸۰۰ و ۱٦۰۰ppm با آزمون فولین و DPPH مـورد سـنجش قرار گرفت. با افزایش غلظت عصاره از ۱۰۰ ppm تـا ۱٦۰۰ ppm نسبت به نمونه شـاهد بـه دلیـل افـزایش میـــزان ترکیبـــات فنلـــی و فعالیـــت مهارکننـــدگی

رادیکال‌های آزاد به تبع آن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی عصاره افزایش می‌یابد. در مرحله بعد غلظت‌های ۱۶۰۰ ppm عصاره و ۲۰۰ ppm BHT به روغن سویا تصفیه شده فاقد آنتی‌اکسیدان افزوده شد و فعالیت مهارکنندگی رادیکال های آزاد (DPPH) با استفاده از رابطه (۱) بررسی گردید.

رابطه ۱ $I\% = (A_{Blank} - A_{Sample} \div A_{Blank}) \times 100$

در این فرمول A_{Blank} جذب نوری شاهد منفی (فاقد عصاره) و A_{Sample} میزان جذب نوری غلظت های مختلف عصاره را نشان می دهد. در این آزمایش از آنتی اکسیدان سنتزیBHT برای مقایسه استفاده گردید (۲).

محاسبه شاخص تیوباربیتوریک اسید: برای اندازه‌گیری شاخص تیوباربیتوریک اسید، به یک گرم نمونه شاهد روغن بدون عصاره، یک میلی‌لیتر محلول ۰/۷۵ درصد اسید تیوباربیتوریک و۲ میلی‌لیتر محلول ۳۵ درصد اسید تری کلرواستیک اضافه شد. مخلوط حاصل به‌مدت۲۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفت. جذب نمونه با دستگاه اسپکتروفتومتر (Cary UV-Vis 4000) ساخت شرکت (Agilent) در طول موج ۵۳۲ نانومتر قرائت شد. به این ترتیب مقدار جذب نمونه در طول موج مذکور به عنوان شاخص تیوباربیتوریک اسید در نظرگرفته شد (۲۱).

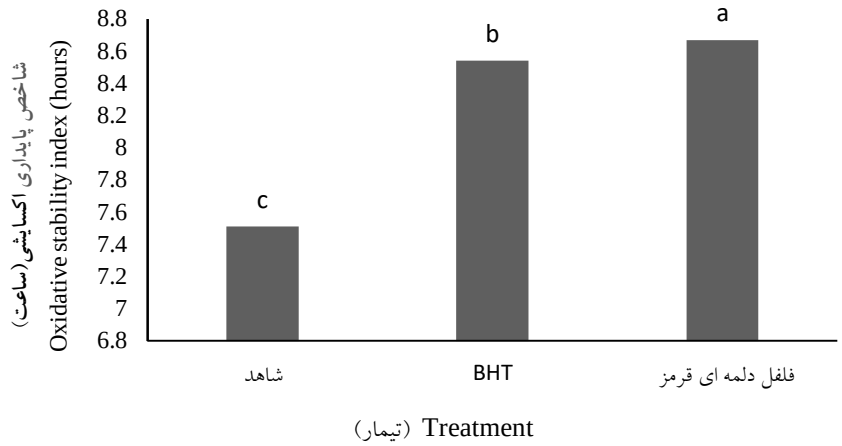
شاخص پایداری اکسایشی: برای تعیین پایداری اکسایشی از دستگاه (Ranciment, England) استفاده شد. به این منظور، ۳ گرم از هر نمونه روغن در دماهای ۱۱۰، ۱۲۰ و ۱۳۰ درجه سلسیوس مورد آزمایش قرار گرفت (۸).

تجزیه و تحلیل آماری: جهت بررسی نتایج، از طرح آماری کاملا تصادفی استفاده گردید. اطلاعات با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۱ انجام شد. برای ترسیم نمودارها نیز از نرم‌افزار Microsoft Excel نسخه ۲۰۱۶ استفاده گردید.

نتایج و بحث

بررسی قدرت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد (DPPH) عصاره فلفل دلمه‌ای قرمز: نتایج نشان داد، با افزایش غلظت عصاره در روغن سویا، فعالیت مهارکنندگی رادیکال های آزاد توسط روغن به طور چشمگیری افزایش یافته است ($p<0.05$). اختلاف آماری معنی‌داری بین غلظت‌های ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰، ۸۰۰، ۱۶۰۰ با نمونه شاهد در سطح ۰/۰۱ وجود دارد. بیشترین قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد توسط روغن در غلظت ۱۶۰۰ پی پی ام و کمترین میزان آن در نمونه شاهد مشاهده شد.

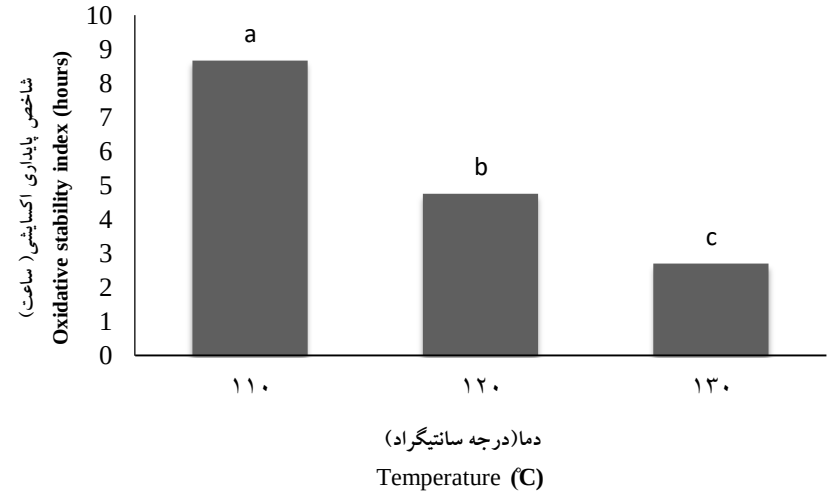
تعیین شاخص پایداری اکسایشی: نتایج نشان داد اختلاف آماری معنی‌داری بین نمونه شاهد، BHT و نمونه حاوی عصاره فلفل دلمه‌ای قرمز در سطح ۰/۰۱ وجود دارد. شاخص پایداری اکسایشی در نمونه حاوی عصاره فلفل دلمه‌ای قرمز با مقدار ۸/۶۷ ساعت بیشتر از نمونه شاهد با مقدار ۷/۵۱ ساعت بود که این افزایش به دلیل ترکیبات آنتی‌اکسیدانی موجود در عصاره فلفل دلمه ای قرمز است؛ که در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل۱- تغییرات شاخص پایداری اکسایشی روغن سویا در تیمارهای مختلف

Figure 1- The oxidative stability index changes of soybean oil in different treatments

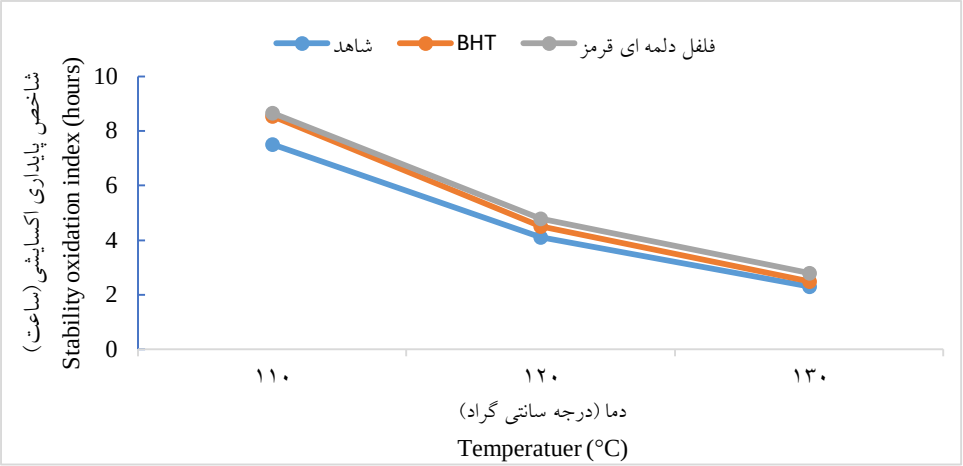
در تمامی نمونه‌ها با افزایش دما طول دوره القا کاهش یافته و در دماهای مختلف اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ وجود داشت که در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل۲۰- تغییرات دما و تغییرات دوره القا

Figure 2. Temperature changes and induction period changes

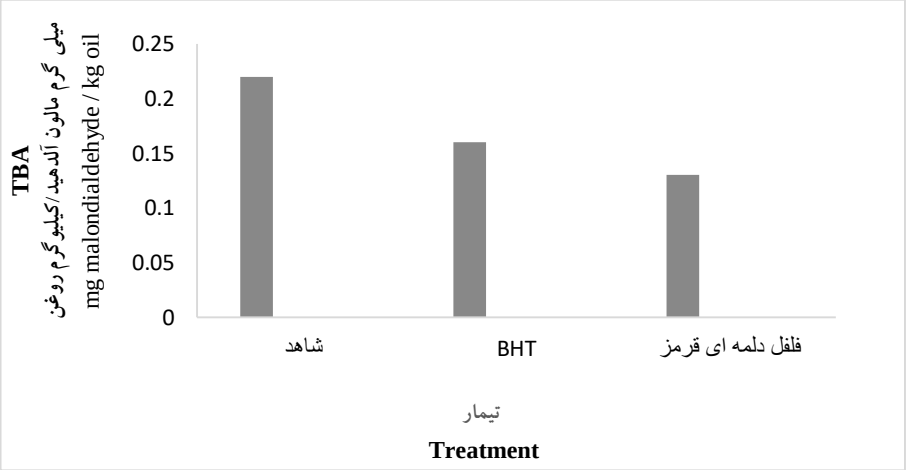
در شکل زیر اثر متقابل تیمار و دما را بر تغییرات شاخص پایداری اکسایشی روغن سویا آورده شده است. در بین تمامی دماها (۱۱۰، ۱۲۰، ۱۳۰ درجه سانتی گراد) شاخص پایداری روغن حاوی عصاره فلفل دلمه‌ای قرم به‌دلیل وجود ترکیبات مختلف آنتی‌اکسیدانی بالاتر نسبت به سایر نمونه‌ها پایداری بیشتری داشته و طول دوره القا را افزایش داد (شکل ۳).



شکل ۳- تغییرات شاخص پایداری اکسایشی در غلظت و دماهای مختلف

Figure 3. Changes in oxidative stability index at different concentration and temperatures

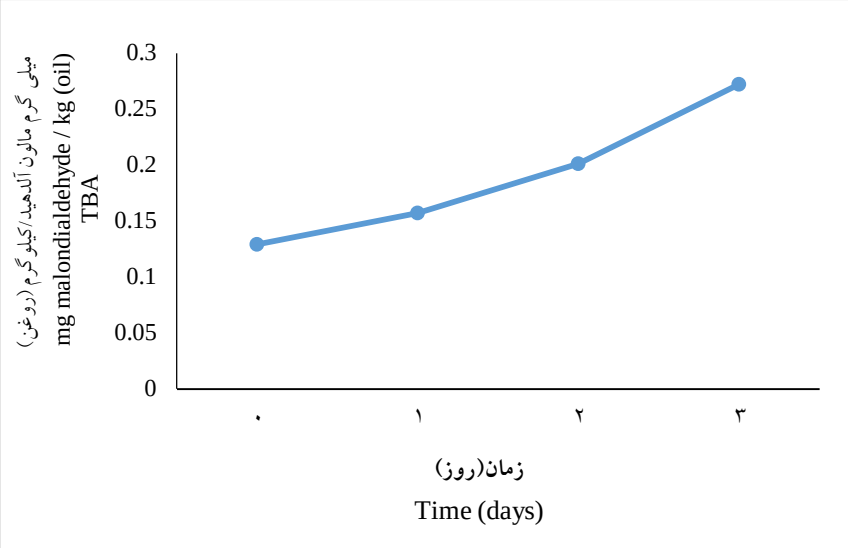
محاسبه شاخص تیوباربیتوریک اسید (TBA) در طی زمان‌های مختلف نگهداری: نتایج نشان داد اختلاف آماری معنی‌داری بین نمونه شاهد، BHT و نمونه حاوی عصاره فلفل دلمه‌ای قرمز در سطح ۰/۰۱ وجود دارد. اندیس TBA نمونه حاوی BHT، ۰/۱۲ بود که کمتر از نمونه شاهد و بیشتر از نمونه حاوی عصاره فلفل دلمه‌ای قرمز است (شکل ٤).



شکل ٤- تغییرات مقدار شاخص TBA روغن سویا در تیمارهای مختلف

Figure 4. Changes in the TBA index value of soybean oil in different treatments

نتایج نشان داد با گذشت زمان، اندیس TBA افزایش پیدا کرده است (در اینجا منظور تاثیر مستقیم زمان و اندیس TBA می‌باشد ولی وجود عصاره با غلظت بالا (۱٦۰۰ ppm) سبب کند شدن روند اکسایش طی مدت نگهداری در نمونه حاوی عصاره نسبت به شاهد و آنتی اکسیدان سنتزی می‌باشد و در بازه زمانی ۰ تا ۷۲ ساعت اختلاف آماری معنی داری مشاهده شد ($p<0.05$) (شکل-۵).



شکل ۵- اثر زمان بر شاخص TBA در روغن سویا

Figure 5. Effect of time on TBA index in of soybean oil

صمدلویی و همکاران (۲۰۰۸) در کاری مشابه، اثرات آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنولیک هسته انار بر روغن سویا را با کنترل تغییرات عدد پراکسید و تیوباربیتوریک اسید را بررسی کردند. نتایج نشان داد تیمار (۳۵۰ ppm) از ترکیبات فنولیک استخراج شده از هسته انار، بیشترین اثر آنتی‌اکسیدانی را دارد، که مشابه تحقیق حاضر می‌باشد (۲۰). تحقیقات عیوقی و همکارانش در سال ۱۳۸۸، فعالیت آنتی اکسیدانی اسانس شوید را با اندازه گیری اعداد پراکسید و تیوباربیوتوریک اسید در روغن اندازه‌گیری سویا را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که اسانس شوید توانایی جلوگیری از تولید محصولات اولیه و ثانویه اکسیداسیون در روغن سویای خام در سطح غلظتی ۰/٦ میلی‌گرم در میلی‌لیتر دارد. بر مبنای گزارش این محققان، اسانس شوید می‌تواند به عنوان آنتی‌اکسیدانی طبیعی عمل کرده و پس از آزمایشات تکمیلی به مواد غذایی اضافه گردد که هم‌جهت با تحقیق حاضر می‌باشد (۹). عزیزخانی و عطایی در سال ۱۳۹۱ بر روی فعالیت آنتی اکسیدانی و فعالیت ضد میکروبی عصاره و اسانس نعناع پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که عصاره متانولی نعناع سیستم رادیکال آزاد ۲ و ۲ دی فنیل پیکریل هیدرازیل، بتاکاروتن و لینولئیک اسید نشان داد. همچنین آن‌ها گزارش دادند که فعالیت عصاره متانولی نعناع باعث کاهش پایداری رادیکال آزاد آنتی‌اکسیدانی DPPH با غلظت ۵۵/۳ گرم بر میلی‌لیتر عصاره که ۵۱ درصد بازداری را نشان داد که از نظر وسعت بازدارندگی با مطالعه حاضر ارتباط نزدیکی دارد. در سیستم بتاکاروتن اسید لینولئیک، اسانس و عصاره نعناع، قادر به بازداری اسید لینولئیک شد و در غلظت SI ۲ هر کدام به‌ترتیب، ۲٤ و ۳٦ درصد بازداری را نشان دادند که نسبت به فعالیت آنتی‌رادیکالی بسیار کمتر بود (۱۹). در تحقیق دیگری، اسماعیل‌زاده‌کناری و همکارانش(۲۰۱۸) به بررسی اثر آنتی اکسیدانی عصاره متانولی پوست کیوی پرداختند و گزارش دادند که غلظت ۸۰۰ پی‌پی‌ام، به دلیل داشتن مقادیر بالاتر ترکیبات فنولیک و توکوفرول‌ها همچنین پایدارسازی روغن آفتابگردان در طی نگهداری به عنوان بهترین غلظت انتخاب گردید (۱٦). تحقیقات عشرت آبادی و همکاران در سال ۱۳۸٦ نشان داده شد که

فسفولیپیدها بـه دلـیـل خاصـیت سینرژیسـتی کـه در حضور آنتی اکسیدان‌های اولیه دارنـد زمـان مقاومـت روغـن را در ارتبـاط بـا فسـاد اکسـیداتیو افـزایش می‌دهند (٤). مطالعه‌ای در مورد اثرات آنتـی‌اکسـیدانی عصاره پوست و دانه انگور توسط عماد و همکاران در سال ٢٠٠٦ بر روی روغن آفتابگردان انجام گرفت که نتایج نشـانگر فعالیـت آنتـی‌اکسـیدانی بالـاتر عصـاره پوست، به علت وجود ترکیبات فنولیـک بیشـتر در آن بود. به عبارت دیگر اثـرات پرواکسـیدانی در عصـاره دانه بیشتر دیده شد، که همسو با مطالعه حاضر بوده و نشان دهنده تـاثیر بالـای فعالیـت آنتـی‌اکسـیدانی بـر اکسیداسون لیپید است (٧).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از بررسی پایداری اکسایشی روغـن حاوی غلظت‌های مختلف عصاره نشان داد که غلظت ١٦٠٠ پی‌پی‌ام عصاره فلفل دلمـه‌ای قرمـز در کـاهش اندیس TBA و همچنـین افـزایش شـاخص پایـداری اکسایشی نسبت به سایر غلظت هـا و آنتـی اکسـیدان سنتزی BHT در غلظت ٢٠٠ پی‌پـی‌ام تـاثیر بیشـتری داشته است. به‌طور طبیعی قابلیت آنتی‌اکسیدانی بالـاتر غلظت ١٦٠٠پی‌پی‌ام عصاره نسبت به سایر غلظت‌هـا را طی فرآیند حرارتی می‌توان بـه مقـادیر بـاقی‌مانـده بیشتر ترکیبات فنلی موجود در آن در دمای ٦٥ درجـه سلسیوس و همچنین مقـدار بالـای ایـن ترکیبـات در عصاره نسبت داد.

References

1.Taimur Mohammadi, Mohammad Hossein Azizi and Aghdas Taslimi. 2016. Iranian Journal of Food Science and Industry. 4 (2): 67-75.

2.Burits, M., and Bucar, F. 2000. Antioxidant activity of *Nigella sativa* essential oil. Phytotheraphy Research 14: 323-328.

3.Choe, E. and Min D.B. 2006. Mechanisms and factors for edible oil oxidation. Comprehensive Reviews in Food Science and Nutrition 5: 169–186.

4.Daryayee, E., and Shahriari, S. 2020. The Antioxidant Activity of Black Tea Extract and its Synergism with Soyabean Oil Phospholipids. Journal of Food Technology and Nutrition, 17(66): 55-68.

5.Deepaa, N., Kaura, C., Georgea, B., Singhb, B. and Kapoor, H.C. 2007. Antioxidant constituents in some sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes during maturity. Swiss Society of Food Science and Technology 40: 121-129.

6.Elhami Rad, A., H. Researcher Samarin, A., Poorazrang, H., Dezashibi, H. and Hemmat Yar, N. 2008. Extraction of phenolic compounds of Ramos potato skin by two methods of ultrasound and percolation and evaluation of antioxidant activity of its extract in soybean oil. 8: 81-91.

7.Emad, S. 2006. Antioxidant effect of extracts from red grape seed and peel on lipid oxidation in oils of sunflower. LWT. 39: 883-92.

8.Farhoosh, R. 2007. The effect of operational parameters of the rancimat method on the determination of the oxidative stability measures and shelf life of soybean oil. Journal of the American Oil Chemist's Society, 84: 205-209.

9.Farnoosh, A. 2008. Medicinal plants: Investigation of antioxidant activity of dill essential oil (*Anethum graveolens*) in soybean oil and its comparison with chemical antioxidants. Period: 9. 30: 71-83

10.Goli, A.H., Barzegar, M. and sahari, M.A. 2005.Antioxidant activity and total phenolic compounds of pistachio (*pistachio vera*) hull extracts. Journal of Food chemistry, 92: 521-525.

11.Gordon, M.H. 1996. Dietry antioxidants in disease prevention. Natural Product Report. 265-273.

12.Gunstone, D.F. 2011. Vegetable oils in food technology: Composition, properties and uses. 2nd edition pp. 125-136. John Wiley & Sons, Chichester.

13.Horwitz, W., Senze, A., Reynolds, H., Park, D.L. 1975. Official methods of analysis of the association of anaytical chemists. Washington: Associat Official Analytic Chemist.
14.Ahn, J.H., Kim, Y.P., Seo, E.M., Choi, Y.K. and Kim, H.S. 2008. Antioxidant effect of natural plant extracts on the microencapsulated high oleic sunflower oil. Journal of Food Engineering, 84(2): 327-334.
15.Kang, H.J., and Chawla, S.P. 2006. Studies on the development of functional powder from citrus peel.biortech, 614-620.
16.Kenari, E., Kenari, E. and Shoormasti, K. 2018. The effects of locast bean and Avicennia marina seed gums on oil uptake and texture of fried potato strips and the effect of them on used oil quality. Food Science and Technology. 14 (11): 273-281.
17.Mahdavi, D.L., Deshpande, S.S., and Salunkhe, D.K. 1995. Food Antioxidant. 1 edn. New York: Marcel Dekker, Inc, U.S.A. 378p.
18.Qavami, M., Ghrachorlom, M., and Ghiasi Tarzi, B. 2009. Laboratory Techniques of Oils and Fats, Islamic Azad University, Science and Research Branch Publications, First Edition, 226 pages.
19.Rajaei, A., Barzgar, M. and Sahari, M. 2011. Antioxidant and antimicrobial properties of Pistachia vera methanolic extract. Iranian Food Science and Technology. 8 (1): 111-120.
20.Samadloiy, H.R., Azizi, M.H. and Barzegar, M. 2008. Physico-chemical quality of seeds of pomegranate cultivars (*Punica granatum* L.) grown in Iran and antioxidative activity of their phenolic component. J. Food Sci. Technol. 45: 190-2.
21.Seabury, K. 2002. The effect of antioxidants in preventing farther oxidation in TBA analysis. California state science fair. Project number, 404.
22.Sikwase, F.E., and Duodu, K.G. 2007. Antioxidant effect of a crude phenolic extract from Sorghum bran in sunflower oil in the presence of ferric ions. Food Chemistry.10: 32-331.
23.Yin, M.C., and Cheng, W.S. 1997. Oxymyoglobin and lipid oxidation in phosphatidylcholine liposomes retarded by α-tocopherol and β-caroten Journal of Food Science 62:1095-1097.
24.Zainol, M.K., Abd-hamid, A., Yusof, S., and Muse, R. 2003. Antioxidant activity and total phenolic compounds of leaf, root and petiole of four accessions of *Centella asiatica* (L.) urban. Journal of Food Chemistry. 81: 575-581.