



اثر عصاره ماکروجلبک کالریا بر کنترل شدت اکسیداسیون روغن ضایعات ماهی قزل‌آلای رنگین کمان طی نگهداری در دمای محیط

نسا موسوی پور^۱، صدیقه بابایی^{۱*}، اسکندر مقیمی پور^۲، مرضیه موسوی نسب^{۳،۴}

۱. دانش آموخته، بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۲. استادیار، بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۳. استاد، گروه داروسازی، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران

۴. استاد، بخش علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۱۲

چکیده

در این مطالعه، اثر پاداکسندهی عصاره آب داغ ماکروجلبک سبز کالریا بومی خلیج فارس بر اکسیداسیون روغن حاصل از امعاء و احشا ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در یک دوره ۴۲ روزه و دمای 1 ± 30 درجه سلسیوس مورد بررسی قرار گرفت. تیمارها به ترتیب کنترل (روغن ماهی بدون نگهدارنده)، روغن ماهی حاوی ۱۰۰ ppm BHT و روغن ماهی حاوی ۱۰۰۰ ppm عصاره آبی کالریا بودند. نتایج آزمون‌های فساد شاخص پراکساید، عدد آنیزیدین، عدد توتوکس و UV₂₇₀ نشان داد که روغن حاوی عصاره کالریا نسبت به تیمار کنترل باعث تاخیر در فساد اکسیداسیون شده است و نسبت به روغن حاوی BHT در برخی تست‌ها عملکرد ضعیف‌تری داشته است. نتایج آزمون‌های پراکساید و عدد توتوکس در تیمار کالریا به ترتیب ۳۸/۶۶ و ۸۸/۲۴ در روز ۳۵، و در تیمار BHT در انتهای دوره به ترتیب ۳۰/۳ و ۷۱/۷۰ در بالاترین مقدار بود، در حالی که برای شاخص آنیزیدین تا انتهای دوره در تیمار کالریا و BHT به ترتیب به ۱۳/۳۸ mg/kg oil و ۱۱/۰۴ mg/kg oil رسید. میزان جذب شاخص k₂₇₀ در تیمار کنترل، کالریا و BHT به ترتیب ۰/۹، ۰/۷ و ۰/۶ در پایان دوره بود. نتایج مربوط به شاخص رنگ L* a* b* روند مشخصی را در تیمارها نشان نداد و به لحاظ آماری معنادار نبوده است. بطور کلی نتایج این تحقیق نشان داد عصاره آب داغ کالریا بعنوان یک پاداکسنده طبیعی به مدت ۱ هفته فساد اولیه (شاخص پراکساید) را به تاخیر انداخته و تا دو هفته از فساد ثانویه (شاخص آنیزیدین) روغن پسماند ماهی جلوگیری کرده است، لذا می‌تواند در صنعت خوراک دام و آبزیان پیشنهاد گردد.

واژگان کلیدی: علف دریا، روغن ماهی، پاداکسنده طبیعی، فساد اکسیداسیون، خلیج فارس



Effect of *Caulerpa* sp. extract on improving the oxidation intensity of rainbow trout waste oil during storage at room temperature

Nesa Mousavipour¹, Sedigheh Babaei^{1,4*}, Eskandar Moghimipour², Marzieh Moosavi-Nasab^{3,4}

1. *I.M.Sc. graduate, Department of Natural Resources and Environmental Engineering, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran*

2. *Assistant professor, Department of Natural Resources and Environmental Engineering, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran*

3. *Professor, Medicinal Plants Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran*

4. *Professor, Department of Food Science and Technology, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran*

Received: 30-Mar-2021

Accepted: 24-May-2021

Abstract

In this study, the effect of antioxidant property of green macroalga *Caulerpa* sp. hot water extract on the prevention of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) viscera oil oxidation at 30°C in a 42-day period, was investigated. The treatments were conducted as a control group (fish oil without preservative), fish oil containing 100 ppm of BHT, and fish oil containing 1000 ppm of aqueous extract of *Caulerpa*. The results of peroxide value, p-Anisidine value, TOTOX value, and UV270 indicated that the oil containing *Caulerpa* extract delayed the oxidation compared to the control group, although it showed a relatively lower efficacy compared to the BHT. The *Caulerpa* treatment showed the highest values of peroxide and TOTOX value on the 35th day which were 38.66 meqO₂/kg and 88.24, respectively. While, the BHT treatment showed 30.3 meqO₂/kg and 71.70 for peroxide and TOTOX value at the end of the experiment, respectively. Moreover, p-Anisidine showed reached 13.38 and 11.04 mg/kg oil in *Caulerpa* and BHT treatments at the end of the experiment, respectively. The highest absorbance in 270 nm was 0.9, 0.7, and 0.6 in control, *Caulerpa*, and BHT treatments, respectively. The results of L* a* b* have not shown a significant difference during the storage period. In general, the results of this study showed that *Caulerpa* hot water extract as a natural antioxidant delayed the primary spoilage (peroxide value) for 1 week and prevented the second spoilage (p-Anisidine index) of fish oil for up to two weeks and can be offered in the feed and aquaculture industry.

Keywords: Seaweed, Fish oil, Natural antioxidant, Oxidative spoilage, Persian Gulf

۱. مقدمه

هستند که از نظر کمی و کیفی در جلبک دریایی قرمز، قهوه‌ای و سبز متفاوت هستند (Rodrigues et al., 2015). این ترکیبات زیست فعال می‌توانند در مواد غذایی، دارویی و محصولات آرایشی استفاده شوند (Yip et al., 2014).

بسیاری از تحقیقات پیرامون ترکیبات پاداکسنده موجود در گیاهان انجام شده است ولی تحقیقات محدودی در رابطه با استفاده از ترکیبات حاصل از جلبک‌ها روی نگهداری روغن انجام شده است. تاثیر عصاره آبی جلبک قهوه‌ای *Bifurcaria bifurcata* بر روغن کلزا در مقایسه با BHT طی ۱۶ روز و دمای ۶۰ درجه سلسیوس نشان داد شاخص‌های فساد (مقدار پراکسید، مقدار آنیزیدین و توتوکس) تا حدی کنترل شده‌اند (Agregán et al., 2017). بر روی عصاره‌های دو جلبک قهوه‌ای *Ecklonia radiata* و *Macrocystis pyrifera* و دو گونه قرمز *Champia sp.* و *Porphyra sp.* بر نگهداری روغن ماهی هوکی *Macruronus novaezelandiae* در دمای ۶۰ درجه سلسیوس طی ۱۲ روز نشان داد جلبک‌های قهوه‌ای ظرفیت پاداکسندگی بهتری نسبت به گونه‌های جلبک دریایی قرمز دارند و عصاره جلبک *E. radiata*، برای استفاده به‌عنوان پاداکسنده در محصولات روغن ماهی عملکرد بهتری دارد (Kindleysides et al., 2012). در بررسی خواص پاداکسندگی دو گونه ماکرو جلبک سواحل نیوزلند *Champia sp.*، *Porphyra sp.* در ۶۰ درجه سلسیوس و طی ۱۲ روز، اثر پاداکسندگی قوی این دو گونه بر ماندگاری روغن ماهی نیز به اثبات رسیده است (Kindleysides et al., 2012).

کالریا *Caulerpa sp.* به‌عنوان یکی از متفاوت‌ترین جنس‌های ماکرو جلبک دریایی سبز در سیستم‌های تالابی و مناطق گرمسیری ساحلی در سراسر جهان شناخته شده است (Williams and Grosholz., 2002)، که معمولاً در ژاپن، کره، فیلیپین و برخی از کشورهای دیگر در جنوب شرقی آسیا به صورت تازه یا به صورت نمک سود مصرف می‌شود (Nguyen et al., 2011). مطالعات انجام شده نشان داد جلبک‌های *C. racemosa*، *C. lentillifera* دارای ترکیبات فنولیک و خاصیت پاداکسندگی هستند

در فرآیند تهیه فیله ماهی تازه، تا ۶۰ درصد از ضایعات ماهیان از جمله سر، پوست، امعا و احشا و استخوان‌ها جدا شده و به‌طور کلی به‌عنوان زباله تلقی می‌شود؛ که این پسماندها پتانسیل عظیمی برای تولید روغن ماهی و امگا ۳ دارند (Ghaly, 2013). به همین جهت، توسعه تولید روغن امگا-۳ از پسماند ماهیان، قادر به بازیابی و انتقال مواد مغذی ضروری از دریا به زنجیره غذایی انسان با مزایای اقتصادی، زیست‌محیطی و بهداشتی است (Ciriminna et al., 2019). اسیدهای چرب غیراشباع در روغن ماهی به راحتی توسط نور، دمای بالا، اکسیژن فعال و پرواکسیدان‌ها، اکسید می‌شوند و سبب ترشیدگی، افت کیفیت در رنگ، طعم، بافت و ایمنی محصولات غذایی می‌گردند (Van Tran et al., 2019; Yue et al., 2008). لذا، به منظور افزایش پایداری این چربی‌ها، پاداکسنده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در حال حاضر برای مهار اکسیداسیون روغن ماهی پاداکسنده‌های مصنوعی از جمله: الفاتوکوفرول استات، BHT، BHA، TBHQ و EDTA مورد استفاده قرار می‌گیرند. این در حالی است که بسیاری از ترکیبات طبیعی خواص پاداکسندگی مشابه دارند. همچنین، تحقیقات سم‌شناسان و متخصصان تغذیه، برخی اثرات مضر از مصرف این ترکیبات مصنوعی را نشان داده‌اند و استفاده از این مواد شیمیایی مصنوعی توسط FDA به دلیل نگرانی در مورد ایمنی مواد غذایی محدود شده است (Yue et al., 2008).

پاداکسنده‌های طبیعی شامل پاداکسنده‌های آنزیمی و غیر آنزیمی اند. از پاداکسنده‌های غیر آنزیمی می‌توان ویتامین‌ها، کوفاکتورها، فنولیک‌اسیدها، کاروتنوئیدها و غیره را نام برد (Carocho and Ferreira, 2013) که ترکیبات فنولی (مانند گالیک اسید، کاتچین، کوماریک اسید، مریستین، کافئیک و...) در ساختار بسیاری از عصاره‌های گیاهی و جلبکی یافت می‌شوند (López et al., 2011; Ebrahimi, 2019). ترکیبات فنولی گروه مهمی از ترکیبات شیمیایی موجود در جلبک دریایی

کامل بسته‌بندی و در فریزر با دمای ۲۰- درجه سلسیوس قرار داده شد.

۲.۲. استخراج عصاره آبی از جلبک

جهت عصاره‌گیری، ۱۰ گرم پودر جلبک در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر (1:20 W:V) مخلوط و در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شد (Yang et al., 2017)، پس از خنک شدن عصاره آبی را از جلبک‌ها فیلتر شده و در دمای ۴۰ درجه سلسیوس در آون خشک شدند. سپس عصاره خشک شده در دمای ۲۰- درجه‌ی سلسیوس نگهداری شدند.

۲.۳. استخراج روغن از ضایعات ماهی

جهت استخراج روغن از پسماند ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، از روش طراحی شده توسط Vafaei و همکاران استفاده شد (Vafaei و همکاران، ۱۳۹۶). پسماند بدون استخوان به کمک چرخ گوشت به طور کامل خرد شد سپس به ۱۰۰ گرم از نمونه ۴۰۰ سی سی دی‌کلرومتان اضافه شد (۴:۱ وزنی/حجمی) و پس از این که به کمک یک هم‌زن شیشه‌ای هم زده شد، میزان ۲ درصد متانول به آن اضافه گردید. سپس نمونه در دکانتور ریخته و در حالت سکون قرار داده شد. پس از تشکیل دو فاز، حلال به کمک یک کاغذ صافی واتمن (اندازه مش ۴۱، ساخت پاکستان) فیلتر شد. از سولفات سدیم (Na_2SO_4) به عنوان رطوبت‌گیر در عمل فیلتراسیون استفاده شد. در ادامه از روتاری اوپراتور (Fara Azma، ایران)، با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد جهت حلال‌پرانی کامل و تغلیظ روغن استفاده شد. روغن استخراج شده در یک ظرف شیشه‌ای کدر در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

۲.۴. تیمار بندی روغن

تیمارهای این آزمایش به ترتیب زیر آماده‌سازی شدند:

- تیمار اول: روغن ماهی بدون نگهدارنده
- تیمار دوم: روغن ماهی + نگهدارنده تجاری (BHT دوز ۱۰۰ ppm) (Yeşilsu et al., 2013)

(Nguyen et al., 2011). بررسی مطالعات پیشین نشان داد عصاره آب گرم استخراج شده از جلبک *Kappaphycus alvarezii* (Gereniu et al., 2017)، جلبک *Caulerpa Lentillifera* (Khairuddin et al., 2020) و جلبک *Sargassum boveanum* (Rastian et al., 2007) خاصیت پاداکسندگی و آنتی‌باکتریال داشته است، همچنین براساس نتایج Ebrahimi (۱۳۹۸)، در بررسی خواص پاداکسندگی عصاره‌ی ماکروجلبک کالریا، حلال آب، بیشترین میزان بازدهی در استخراج عصاره را نشان داد. همچنین نتایج IC_{50} مهار رادیکال آزاد DPPH و میزان فنول کل عصاره‌ی به دست آمده با حلال آب، بالاترین خاصیت پاداکسندگی را نسبت به حلال‌های دیگر داشته که نشان از قدرت حلال آب داغ در جداسازی ترکیبات فنولی و مولکول‌های زیست فعال قطبی است. لذا، در این تحقیق سعی بر آن است از عصاره آبی این ماکروجلبک‌های بومی خلیج فارس در نگهداری روغن ماهی استحصال شده از پسماند ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، به‌منظور جلوگیری از فساد اکسیداسیونی آن استفاده شود و شاخص‌های فساد اولیه، ثانویه و رنگ مورد بررسی قرار گیرد.

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. تهیه مواد خام

ماکروجلبک کالریا از شرکت توسعه ذخایر زیستی جلبک (از سواحل بوشهر) تهیه گردید. ماکروجلبک‌ها تمیز و سپس چند مرحله با آب شیرین شستشو و در آون در دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. سپس با آسیاب (یا مخلوط کن) پودر و در کیسه‌های پلاستیکی در دمای ۲۰- درجه‌ی سانتی‌گراد نگهداری گردید.

امعاء و احشا ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به صورت تازه از فرو شگاه بهشت واقع در میدان اطلسی شیراز، به صورت روزانه تهیه شدند و بعد از انتقال به آزمایشگاه شیلات دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، کاملاً از وجود خون و سایر اجزاء پاکسازی و پس از شستشو و آب‌گیری

اضافه شد و مجدداً جذب آن در طول موج ۳۵۰ نانومتر قرائت شد (جذب دوم). سپس از طریق فرمول زیر محصولات ثانویه فساد چربی اندازه‌گیری شد (Appendini and Hotchkiss, 2002).

$$\text{میزان محصولات ثانویه} = \frac{\text{دوم جذب} - \text{اول جذب}}{\text{وزن چربی (g)}} \times 5 \times \frac{1}{2}$$

۲.۷. اندازه‌گیری شاخص توتوکس

نتایج حاصل از آزمون سنجش آنیزیدین و پراکساید طبق رابطه زیر جهت محاسبه شاخص توتوکس استفاده شد (Deepika et al., 2014).

$$\text{آنیزیدین} + \text{پراکساید} \times 2 = \text{توتوکس}$$

۲.۸. شاخص UV₂₇₀ و UV₂₃₂

این شاخص‌ها برای سنجش محصولات اولیه و ثانویه اکسیداسیون چربی مورد استفاده قرار می‌گیرد که UV₂₃₂ معادل محصولات اولیه اکسیداسیون چربی (pV) و UV₂₇₀ نیز نشان‌دهنده‌ی محصولات ثانویه اکسیداسیون چربی (آنیزیدین) می‌باشد. ۰/۰۴۴ گرم روغن در ۵ سی‌سی ایزو اکتان حل شد سپس جذب نمونه‌ها در هر دو طول موج ۲۳۲ و ۲۷۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر قرائت شد (Topuz et al., 2015).

۲.۹. ارزیابی رنگ روغن با روش L* a* b*

شاخص رنگ L* بیانگر میزان روشنایی بوده و از صفر تا ۱۰۰ متغیر می‌باشد که صفر ضریب تاریکی و ۱۰۰ بالاترین میزان سفیدی است. شاخص رنگ a* نشان‌دهنده‌ی طیف رنگی از قرمز تا سبز و شاخص رنگ b* نشانگر طیف رنگی از آبی تا زرد است. a* و b* دو طیف رنگی کروماتیک می‌باشند که مقادیری بین ۱۲۰- الی ۱۲۰+ را شامل می‌شوند. که با دستگاه رنگ سنج (MAT 2000 ایرانیان طب بارز، ایران)، اندازه‌گیری شد. ۹ نقطه از هر نمونه بطور تصادفی انتخاب و شاخص‌های

• تیمار سوم: روغن ماهی + ۱۰۰۰ ppm عصاره آبی جلبک کالریا

برای آماده‌سازی تیمارها، ابتدا روغن ماهی به میزان مورد نیاز توزین شد سپس عصاره جلبک و BHT به‌طور جداگانه توزین شدند و با هموژنایزر با نمونه روغن هموژن شد. هر کدام از آن‌ها را به‌طور مساوی درون لوله‌های آزمایش اضافه شدند و پس از پوشانده شدن کامل با فویل آلومینیوم، بدون درب، درون انکوباتور در دمای ۱ ± ۳۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. شاخص‌های فساد چربی طی یک دوره زمانی ۴۲ روزه در فواصل زمانی ۷ روز به صورت سه تکرار از هر تیمار بررسی شد (Chatterjee and Bhattacharjee, 2013).

۲.۵. اندازه‌گیری شاخص پراکسید

۱ گرم از نمونه روغن از هر تیمار، در یک ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد سپس به آن ۱۰ میلی‌لیتر مخلوط کلروفرم و استیک اسید (به نسبت ۲ به ۳ به ترتیب) و ۵/۰ میلی‌لیتر یدور پتاسیم اشباع اضافه شد و به مدت ۱ دقیقه در تاریکی نگهداری شد. سپس ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر و چند قطره چسب نشاسته اضافه شد و تا شفاف شدن رنگ نمونه‌ها، با محلول تیوسولفات ۰/۱ نرمال تیترا شد. میزان پراکساید هر یک از نمونه‌ها به کمک فرمول زیر محاسبه شد. برای تهیه چسب نشاسته ابتدا ۱ گرم نشاسته در ۱۰ سی‌سی آب مقطر سرد حل شد. سپس ۳۸ سی‌سی آب مقطر در حال جوش به آن اضافه شد و پس از به جوش آمدن از روی حرارت برداشته شد (AOCS, 2000).

$$\text{حجم تیتراسیون مصرفی (ml)} \times \text{نرمالیه تیوسولفات} \times 1000 = \frac{\text{H}_2\text{O}_2 (\text{meq O}_2/\text{kg oil})}{\text{حجم نمونه}}$$

۲.۶. شاخص آنیزیدین

ابتدا ۰/۱ گرم از روغن در ۵ میلی‌لیتر ایزواکتان حل و جذب آن توسط دستگاه اسپکتوفتومتری در طول موج ۳۵۰ نانومتر قرائت شد. سپس ۰/۰۲۵ گرم معرف آنیزیدین در ۱۰ سی‌سی اسید استیک گلاسیال حل و ۱ سی‌سی از آن به ۵ سی‌سی مخلوط روغن و ایزواکتان

L, a و b آن قرائت شد.

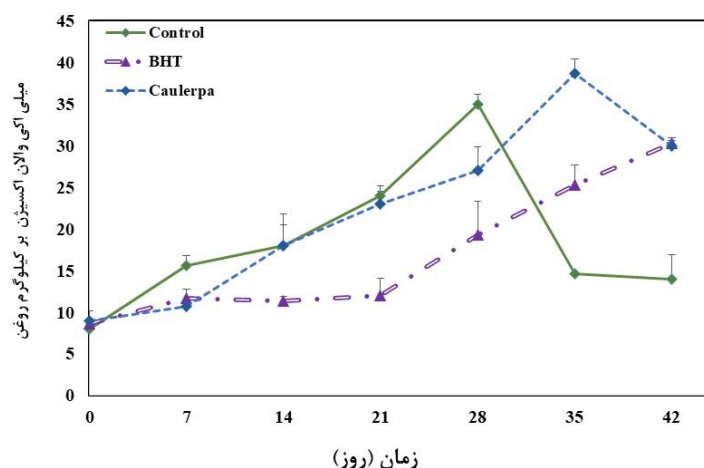
۳. نتایج

۳.۱. شاخص پراکسید (PV)

بر اساس نمودار شکل ۱ روند تغییرات عدد پراکسید تمام نمونه‌ها، در طی دوره نگهداری افزایشی بود. گروه کنترل در زمان زودتری به نقطه اوج خود رسید ($35 \text{ meqO}_2/\text{kg}$) و زودتر از تیمارهای دیگر وارد فساد ثانویه شد. BHT روند افزایشی را تا انتهای دوره ($30/3 \text{ meqO}_2/\text{kg}$)، روز ۴۲ نشان داد، در حالیکه تیمار کالریا روز ۳۵، بالاترین مقدار ($38/66 \text{ meqO}_2/\text{kg}$) پراکسید را نشان داد و سپس کاهش یافت.

۲.۱۰. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

ابتدا بعد از بررسی نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش تجزیه واریانس یک طرفه (One – Way ANOVA) انجام گرفت. برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون آماری دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد استفاده شد. برای مقایسه هر یک از شاخص‌های کیفی چربی با استانداردهای تعیین شده از آزمون One sample t-test استفاده شد. از نرم‌افزار SPSS برای آنالیز آماری و از نرم‌افزار Excel برای رسم نمودارها استفاده گردید.



شکل ۱- نمودار تغییرات شاخص پراکسید روغن پسماند ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در دمای 1 ± 30 درجه سلسیوس. نتایج میانگین سه تکرار \pm انحراف معیار است.

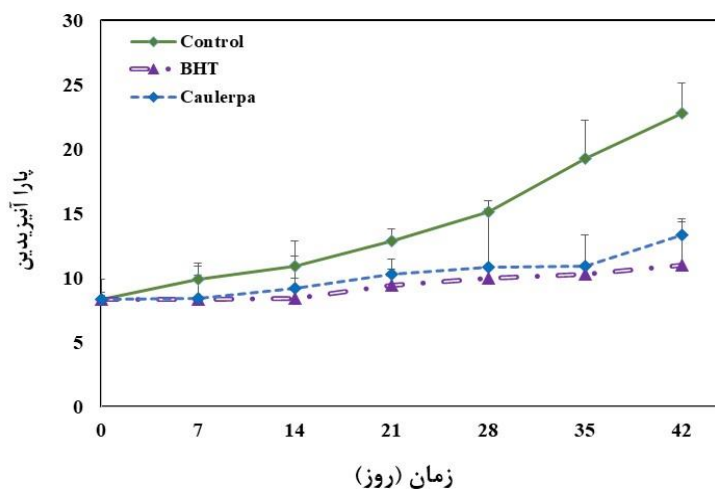
۳.۳. عدد توتوکس

نتایج مربوط به عدد توتوکس در نمودار شکل ۳ نمایش داده شد. مشابه با روند تغییرات شاخص‌های پیشین گروه کنترل بالاترین عدد توتوکس را نشان داد و زودتر از تیمارهای دیگر (در روز ۲۸) به نقطه اوج خود ($85/16$) رسید و پس از آن روند نزولی تا انتهای دوره نشان داد. تیمار حاوی عصاره کالریا در روز ۳۵ بالاترین میزان عدد توتوکس ($88/24$) را نشان داد و سپس روند نزولی نشان داد. در حالیکه تیمار BHT تا انتهای دوره

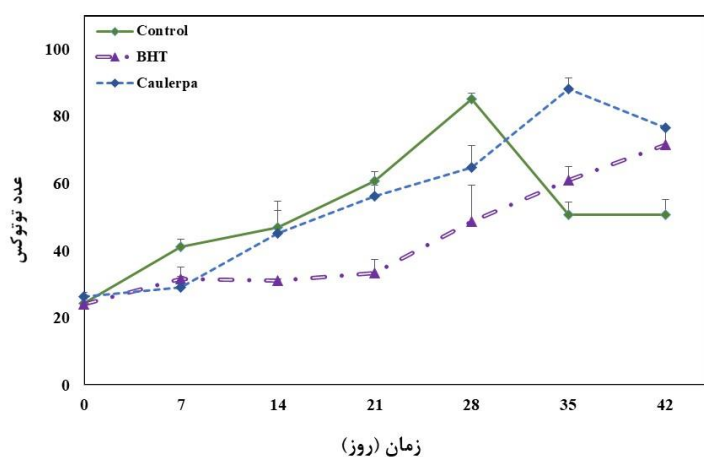
۳.۲. عدد آنیزیدین

نتایج مربوط به عدد آنیزیدین در نمودار شکل ۲ نشان داد گروه کنترل روند کاملاً افزایشی را در طی دوره نشان می‌دهد و پس از ۴۲ روز به $22/78 \text{ mg/kg oil}$ رسید، روند تغییرات کالریا ثابت یا بسیار کند و مشابه با تغییرات BHT بود و در پایان دوره برای کالریا به $11/04 \text{ mg/kg oil}$ و برای BHT به $13/38 \text{ mg/kg oil}$ رسید که نشان تاخیر در روند فساد اولیه و ورود به فساد ثانویه است.

روند آرام و صعودی را نشان داد و میزان عدد توتوکس آن (در روز ۴۲) به $71/70$ رسید.



شکل ۲- نمودار تغییرات عدد آنیزیدین روغن پسماند ماهی قزل آلائی رنگین کمان در دمای 30 ± 1 درجه سلسیوس. نتایج میانگین سه تکرار \pm انحراف معیار است.

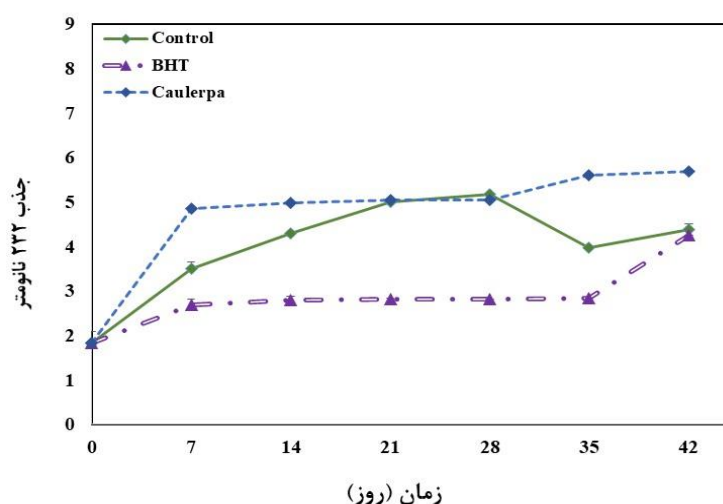


شکل ۳- نمودار تغییرات عدد توتوکس روغن پسماند ماهی قزل آلائی رنگین کمان در دمای 30 ± 1 درجه سلسیوس. نتایج میانگین سه تکرار \pm انحراف معیار است.

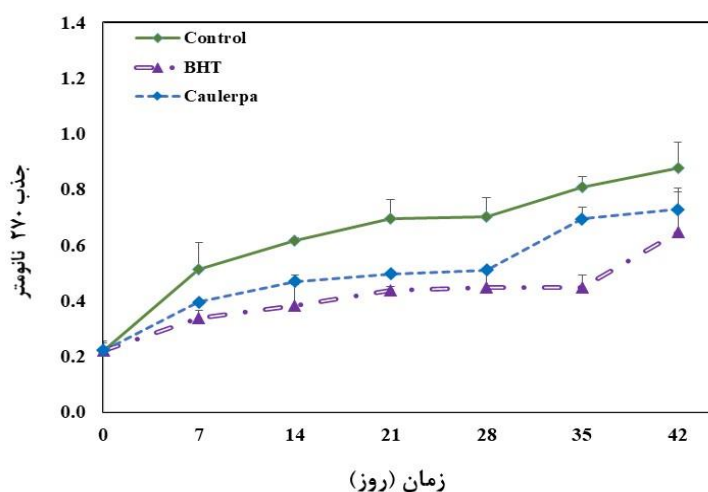
را نشان دادند در حالیکه BHT روند نسبتاً ثابتی را در طول دوره نگهداری نشان داد و به میزان جذب $4/2$ رسید. روند تغییرات k_{270} نشان می‌دهد تیمار کنترل در بالاترین میزان جذب است و تا انتهای دوره روند صعودی داشت و به جذب $0/9$ رسید. روغن حاوی عصاره کالرپا و BHT روند تغییرات آرامتر و مشابهی نشان دادند و در پایان دوره به میزان جذب $0/7$ و $0/6$ رسیدند.

۳.۴. شاخص UV_{270} و UV_{232}

نتایج مربوط به تست ضریب خاموشی ویژه در طول موج 232 نانومتر در نمودار شکل ۴ و نتایج مربوط به طول موج 270 نانومتر در نمودار شکل ۵ نشان داده شده است. روند تغییرات k_{232} ، مشابه نتایج عدد توتوکس، تیمار کالرپا و کنترل به ترتیب $5/7$ و $4/4$ بیشترین میزان جذب



شکل ۴- نمودار تغییرات شاخص K232 (دی ان های مزدوج) روغن پسماند ماهی قزل آلابی رنگین کمان در دمای 30 ± 1 درجه سلسیوس. نتایج میانگین سه تکرار \pm انحراف معیار است.

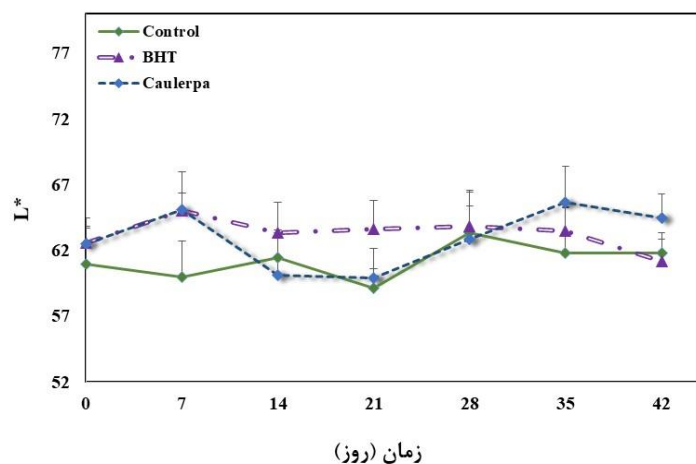


شکل ۵- نمودار تغییرات شاخص K270 (تری ان های مزدوج) روغن پسماند ماهی قزل آلابی رنگین کمان در دمای 30 ± 1 درجه سلسیوس. نتایج میانگین سه تکرار \pm انحراف معیار است.

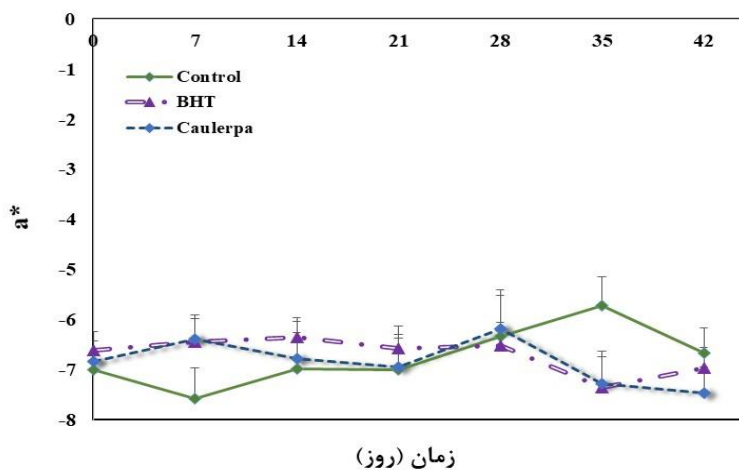
۳.۵. شاخص های $L^*a^*b^*$

نتایج مربوط به شاخص های رنگ $L^*a^*b^*$ در شکل ۶، ۷ و ۸ نمایش داده شده است. شاخص L^* ، a^* و b^* دارای نوساناتی در کل دوره بود و روند مشخصی در یک تیمار نداشته است. براساس نتایج مربوط به تست رنگ عدد L^* در انتهای دوره برای سه تیمار کنترل، کالریا و BHT به ترتیب برابر $61/8$ ، $64/5$ و $61/2$ بود شاخص a^*

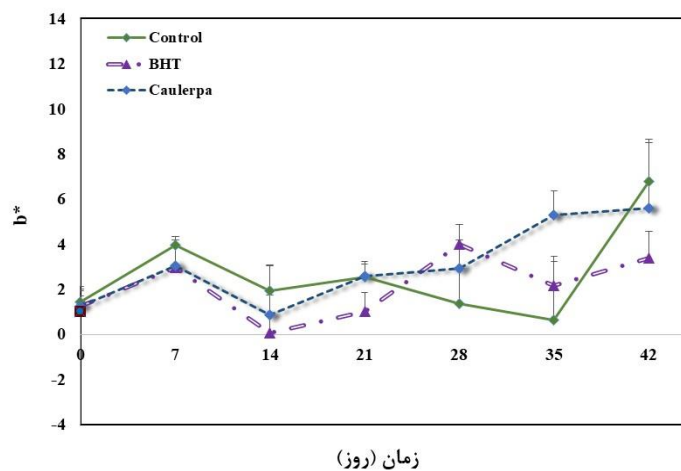
تمام تیمارهای روغن در ابتدای دوره نگهداری دارای عدد منفی بوده و در انتهای دوره برای سه تیمار کنترل، کالریا و BHT به ترتیب برابر $6/7$ ، $7/5$ و 7 بود و از نظر آماری تیمارهای مختلف دارای تفاوت معنادار نبودند ($P < 0/05$). شاخص b^* در نمونه کنترل با پیشرفت اکسیداسیون افزایش یافت و در پایان دوره به $6/80$ رسید در حالی که کالریا به $5/60$ و BHT به $3/37$ رسیده بود. که نشان دهنده پیشرفت اکسیداسیون اولیه است.



شکل ۶- نمودار تغییرات شاخص L* روغن پسماند ماهی قزل آلابی رنگین کمان در دمای 30 ± 1 درجه سلسیوس. نتایج میانگین سه تکرار \pm انحراف معیار است.



شکل ۷- نمودار تغییرات شاخص a* روغن پسماند ماهی قزل آلابی رنگین کمان در دمای 30 ± 1 درجه سلسیوس. نتایج میانگین سه تکرار \pm انحراف معیار است.



شکل ۸- نمودار تغییرات شاخص b* روغن پسماند ماهی قزل آلابی رنگین کمان در دمای 30 ± 1 درجه سلسیوس. نتایج میانگین سه تکرار \pm انحراف معیار است.

۴. بحث و نتیجه گیری

اکسیداسیون لیپید مهمترین دلیل خراب شدن در طول ماندگاری روغن های خوراکی است. در مراحل شروع و انتشار، تشکیل رادیکال های آزاد و مولکول های خنثی مانند پراکسیدها و هیدروپراکسیدها وجود دارد که بدون وقفه منجر به تولید محصولات اکسیداسیون ثانویه مانند اسیدهای کربوکسیلیک با زنجیره کوچک، آلدئیدها و کتون ها می شوند (Nascimento *et al.*, 2016). مکانیزم فرایند اکسیداسیون اساساً بر پایه ی تشکیل رادیکال آزاد قرار دارد. به طور کلی فرایند اکسیداسیون شامل سه مرحله ی شروع، گسترش و مرحله ی پایانی می باشد. شروع اکسیداسیون با جدا شدن هیدروژن و تشکیل رادیکال آزاد همراه است. در مرحله ی بعد، این رادیکال با اکسیژن ترکیب شده و رادیکال پراکسی را به وجود می آورد. رادیکال پراکسی به اسیدهای چرب سالم حمله می کند و هیدرو پراکساید و یک رادیکال آزاد تولید می کند این چرخه می تواند دائماً تکرار شود که به این مرحله، مرحله ی گسترش یا توسعه گفته می شود. در مرحله ی پایانی رادیکال های آزاد با یکدیگر ترکیب شده و از این طریق از زنجیره اکسیداسیون خارج می شوند. یکی از راه های کاهش فرایند اکسیداسیون در روغن ها افزودن پاداکسنده به آنها است. پاداکسنده ها از طریق به اشتراک گذاشتن الکترون مانع از ایجاد اکسیداسیون در مواد غذایی تحت حفاظت می شوند (Fatemi, 1395). بر اساس نتایج مطالعه پیه شین، Ebrahimi (۱۳۹۸)، میزان فنول کل عصاره آب داغ کالریا $8/9 \pm 0/8$ mg GAE/g dw extract گزارش شد که نشان از قدرت حلال آب در جداسازی ترکیبات فنولی و مولکول های زیست فعال قطبی می باشد. نتایج آنالیز HPLC نیز نشان از وجود ترکیبات پلی فنولی از جمله گالیک اسید و میریستین در عصاره ی آبی این ماکرو جلبک بود. لذا با توجه به اینکه آب یک حلال کم هزینه و قابل دسترس است و از طرفی هیچگونه اثر سمی بر بدن انسان ندارد، می تواند گزینه مناسبی در بحث نگهداری مواد غذایی و روغن ماهی باشد.

۴.۱. شاخص پراکسید (PV)

عدد پراکسید نشان دهنده محتوای کل هیدروپراکسیدها ست. هیدروپراکسیدها محصولات اولیه اکسیداسیون هستند و فاقد طعم و بو هستند اما به سرعت منجر به تشکیل مواد غیر واکنشی مانند آلدئیدها، الکل ها، اسیدها و کتون ها می شوند که با طعم و بوی نامطبوع، مهم ترین علت بدتر شدن کیفیت روغن هستند (O'brien, 2009; Jamshidi *et al.*, 2020). حد مجاز میزان این شاخص برای روغن های خوراکی مورد مصرف انسان کمتر از ۱۰ و برای مصارف دام کمتر از ۲۰ (میلی کی والان گرم اکسیژن / کیلو گرم روغن) گزارش شده است (Codex, 1993; Uçak *et al.*, 2011; Deepika *et al.*, 2014). بررسی اختلاف پراکساید در هر یک از تیمارها با استانداردهای تعریف شده، به کمک آزمون One sample t-test نشان داد تیمار کنترل و کالریا در روز ۱۴ و تیمار BHT در روز ۲۸ از حد مجاز خارج شدند.

بررسی عصاره آبی جلبک قهوه ای *Bifurcaria bifurcate* بر روغن کلزا در مقایسه با BHT، در طی ۱۶ روز و دمای ۶۰ درجه سلسیوس و بررسی فرآیند فساد روغن توسط شاخص های شیمیایی (مقدار پراکسید، مقدار آنیزیدین و توتوکس) (Agregán *et al.*, 2017)؛ عصاره متانولی جلبک *Caulerpa sertularoides* در روغن ماهی منهدن در دمای ۵۰ درجه سلسیوس و در زمان ۳ و ۲۴ ساعت (Santoso *et al.*, 2004) همچنین عصاره متانولی جلبک *Hizikia fusiformis* در دمای ۶۰ درجه سلسیوس و طی ۱۲ روز در روغن ماهی (Siriwardhana *et al.*, 2004) تاثیر مثبت عصاره های جلبکی را بر ماندگاری روغن تایید می کند و با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. وجود ترکیبات زیست فعال مختلفی مانند؛ پلی فنول ها، گروه های سولفات، ویتامین E، پلی ساکراید ها، پروتئین ها، پپتیدها و همچنین رنگدانه ها در عصاره های جلبکی دارای خاصیت مهار رادیکال آزاد و فعالیت پاداکسندگی هستند و می توانند باعث تاخیر در شروع و پیشرفت اکسیداسیون چربی و

تجزیه‌ی هیدروپراکسیدها در مواد غذایی شوند (Fernando *et al.*, 2016).

۴.۲. عدد آنیزیدین

محصولات اولیه اکسیداسیون ناپایدار و حساس به تجزیه شدن به محصولات ثانویه اکسیداسیون شامل آلدئیدها، کتون‌ها، الکل‌ها، هیدروکربن‌ها، اسیدهای آلی فرار و ترکیبات اپوکسی اند. یکی از روش‌های ارزیابی اکسیداسیون لیپید، آزمون تعیین عدد آنیزیدین است (Shahidi and Zhaong, 2005; Wang *et al.*, 2018). حد مجاز مقدار آنیزیدین تعیین شده توسط سازمان جهانی برای (GOED) و سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) برای کیفیت قابل قبول روغن‌های ماهی برای مصرف انسان کمتر یا مساوی ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روغن تعریف شده است (Zuo *et al.*, 2017; Dave *et al.*, 2014). بررسی اختلاف آنیزیدین در هر یک از تیمارها با استانداردهای تعریف شده، به کمک آزمون One sample t-test نشان داد تیمار کنترل تنها تا روز ۲۸ از حد مجاز کمتر بود در حالی که باقی تیمارها تا روز ۴۲ نگهداری نیز کمتر از حد مجاز بودند. که با نتایج بررسی عصاره آبی جلبک قهوه‌ای *Bifurcaria bifurcate* بر روغن کلزا و BHT در مقایسه با کنترل، در طی ۱۶ روز و دمای ۶۰ درجه سلسیوس (Agregán *et al.*, 2017)؛ و بررسی استخراج رنگدانه آستازانتین از جلبک *Haematococcus pluvialis* و بررسی خاصیت پاداکسنده آن در روغن آفتابگردان در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس، طی ۳ ساعت در بهبود مقدار عصاره روغن آفتابگردان (Wang *et al.*, 2012) مطابقت داشت. با توجه به ناپایداری محصولات اولیه اکسیداسیون و حساس بودن آن‌ها به تجزیه و تبدیل به محصولات ثانویه (Shahidi and zhong, 2005)، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد گروه کنترل وارد این مرحله شده است و تیمار حاوی عصاره‌ی آبی جلبک کالرپا، سبب حفظ کیفیت روغن در طی دوره نگهداری شد.

۴.۳. عدد توتوکس

عدد توتوکس، مقدار کل اکسیداسیون (محصولات اولیه و ثانویه اکسیداسیون) برای تعیین حضور ترکیبات مختلفی مانند هیدروپراکسیدها و محصولات تجزیه شده آن‌ها (آلدئیدها و کتون‌ها) است که با تخریب اسیدهای چرب غیراشباع با وجود عوامل اکسایار از جمله دمای بالا، اکسیژن، ترکیبات فلزی و نور تولید می‌شود. در واقع عدد توتوکس اندازه‌گیری ترکیبی از عدد پراکساید و عدد آنیزیدین است که تحلیل بهتری از فساد اکسیداسیونی لیپیدها را فراهم می‌کند (Dave *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2018). بررسی اختلاف توتوکس در هر یک از تیمارها با استانداردهای تعریف شده، به کمک آزمون One sample t-test میسر گردید. بر پایه نتایج تجزیه یاد شده با حد مجاز این شاخص توسط سازمان FAO (کمتر یا مساوی ۲۶) (Šimat, 2019; Dave *et al.*, 2014)، تمام تیمارها تا هفته اول نگهداری با حد مجاز اختلاف معنادار نداشتند و از آن کمتر بودند.

اثر نانو ذرات جلبک اسپیروولینا *Platensis arthrospira* در مقایسه با نگهدارنده‌های صنعتی BHT و آلفا توکوفرول بر کیفیت روغن زیتون، در ۴۹ روز در دمای ۶۰ درجه سلسیوس (Morsy *et al.*, 2019)، اثر عصاره آبی گیاه *Bifurcaria bifurcata* در مقایسه با پاداکسنده مصنوعی BHT طی ۱۶ روز در دمای ۶۰ درجه سلسیوس بر ماندگاری روغن کلزا (Agregán *et al.*, 2017) و اثر عصاره‌های پوست پرتقال شیرین *Citrus sinensis* بر پایداری روغن سویا تصفیه شده در دمای اتاق (۲۷-۳۰ درجه سلسیوس) (Arawande *et al.*, 2012) نشان از تاثیر نگهدارنده‌های طبیعی بر کیفیت روغن‌های مختلف است که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

۴.۴. شاخص UV270 و UV232

میزان جذب در ۲۳۲ نشان دهنده‌ی محصولات حد واسط در فرایند اکسیداسیون است که، توسط آنزیم لیپوکسیژناز کاتالیز شده و حاوی مقادیری از

قرمز تا سبز (Redness-Greeness) و آبی تا زرد (Yellowness- Blueness) است که در بازه‌ی ۱۰۰- تا ۱۰۰+ قرار می‌گیرد و با افزایش این شاخص‌ها میزان قرمزی و زردی در نمونه بیشتر می‌شود (Subhashree et al., 2017).

شاخص L^* ، a^* و b^* دارای نوساناتی در کل دوره بود و روند مشخصی در یک تیمار نداشته است. همچنین افزایش این شاخص‌ها در ابتدای دوره برای تیمار دارای عصاره کالریا می‌تواند به دلیل وجود رنگدانه‌های موجود در آن باشد. براساس نتایج مربوط به تست رنگ عدد a^* ، تمام تیمارهای روغن در ابتدای دوره نگهداری دارای عدد منفی بود و از نظر آماری تیمارهای مختلف دارای تفاوت معنادار نبودند ($P < 0.05$). شاخص a^* در نمونه کنترل با پیشرفت اکسیداسیون افزایش یافت که نشان دهنده پیشرفت اکسیداسیون اولیه است و با مطالعه‌ی Sabzipour و همکاران (۲۰۱۹) روی روغن پسماند ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان مطابقت داشت که، با گذشت زمان شاخص L^* کاهش و دو شاخص b^* و a^* افزایش پیدا کرد.

۵. نتیجه‌گیری کلی

ماکرو جلبک‌ها در زیستگاه‌های پیچیده با شرایطی که منجر به تشکیل رادیکال‌های آزاد و دیگر عوامل اکسید کننده می‌شود، زندگی می‌کنند با این حال، عدم وجود ساختار و خسارت ناشی از فوتودینامیک نشان می‌دهد که، سلول‌های آن‌ها دارای مکانیسمی جهت سازگاری سریع و تولید متابولیت‌های ثانویه مانند پلی‌فنول‌ها، رنگدانه‌ها و پلی‌ساکاریدهای سولفاته است که آن‌ها را در برابر استرس اکسیداتیو محافظت می‌کند. نتایج حاصل از شاخص‌های فساد روغن ماهی نشان داد ماکرو جلبک *Caulerpa sp.* به عنوان یک پاداکسنده طبیعی در نگهداری روغن ماهی نسبت به کنترل بهتر عمل می‌کند. بنابراین استفاده از عصاره جلبکی کالریا در نگهداری روغن ضایعات ماهی بویژه در صنعت خوراک دام و آبزیان پیشنهاد می‌گردد و برای استفاده در روغن خوراکی نیاز به تصفیه و مطالعات بیشتر است.

هیدروپراکسیدها است (دی‌ان‌های مزدوج)، در حالی که، جذب در ۲۷۰ نانومتر نشان دهنده‌ی محصولات ثانویه‌ی اکسیداسیون (تری‌ان‌های مزدوج) است. اندازه‌گیری UV_{232} و UV_{270} ، شاخصی مناسب جهت تعیین پیشرفت اکسیداسیون در روغن‌ها است، به همین دلیل نشان دهنده‌ی کارایی آنتی‌اکسیدان‌ها در روغن است (Shahidi and zhang, 2005; Topuz et al., 2015).

در این سنجش افزایش شیب نمودارها طی دوره نگهداری نشان دهنده افزایش فساد اولیه است و دلیل کاهش عدد UV_{232} می‌تواند به دلیل مصرف محصولات اولیه فساد برای تشکیل محصولات ثانویه فساد باشد (Topuz et al., 2014; Gokoglu et al., 2012) که در گروه کنترل دیده می‌شود. جلوگیری از شکل‌گیری دی‌ان‌های مزدوج به منظور کاهش رادیکال‌های آزاد در روغن ضروری است. استفاده از عصاره‌ی دانه‌ی انگور در روغن آفتابگردان در دمای ۶۰ درجه سلسیوس منجر به کاهش شکل‌گیری دی‌ان‌های مزدوج نسبت به نمونه شاهد شد (Poiana, 2012). بررسی تأثیر عصاره پوست انار *Punica granatum* بر اکسیداسیون لیپیدها در روغن ماهی آنچوی *Engraulis encrasicolus* در دمای ۶۰ درجه سلسیوس با بررسی تست k_{270} و k_{232} مطابقت داشت (Topuz et al., 2014). در تحقیق حاضر نیز تیمار BHT و سپس کالریا نتایج بهتری نسبت به کنترل نشان دادند که می‌تواند به دلیل خواص پاداکسندگی BHT و وجود گروه‌های فنولی در عصاره کالریا باشد (Topuz et al., 2015).

۴.۵. شاخص رنگ ($L^*a^*b^*$)

رنگ محصول طی فرآیندهای اکسیداتیو و هیدرولیتیک دلیل تولید ترکیبات ناشی از فساد دچار تغییر خواهد شد. از سوی دیگر اهمیت رنگ در مقبولیت محصول برای مصرف کننده غیر قابل انکار است (Sabzipour et al., 2019). شاخص L^* بیانگر میزان روشنایی (Lightness) است که در بازه‌ی صفر تا ۱۰۰ قرار می‌گیرد و هرچه از صفر به سمت ۱۰۰ پیش برود میزان روشنایی افزایش می‌یابد. شاخص a^* و b^* نیز به ترتیب نشان دهنده‌ی میزان رنگ

تشکر و قدردانی

بدین وسیله، نویسندگان از همکاری پرسنل محترم آزمایشگاه شیلات، پژوهشکده آبیان و بخش علوم و

صنایع غذایی دانشگاه شیراز و حمایت دانشگاه شیراز و بنیاد ملی نخبگان، تشکر و سپاسگزاری می‌نمایند.

۶. منابع

References

- Agregán, R., Lorenzo, J. M., Munekata, P. E., Dominguez, R., Carballo, J., Franco, D., 2017. Assessment of the antioxidant activity of *Bifurcaria bifurcata* aqueous extract on canola oil. Effect of extract concentration on the oxidation stability and volatile compound generation during oil storage. *Food Research International* 99, 1095-1102.
- AOCS. 2000. Official methods and recommended practices of the american oil chemists' society, 5th ed. USA, AOCS Press, Champaign, Illinois.
- Appendini, P., Hotchkiss, J. H., 2002. Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 3(2), 113-126.
- Carocho, M., & Ferreira, I. C., 2013. A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. *Food and chemical toxicology* 51, 15-25.
- Chatterjee, D., Bhattacharjee, P., 2013. Comparative evaluation of the antioxidant efficacy of encapsulated and un-encapsulated eugenol-rich clove extracts in soybean oil: Shelf-life and frying stability of soybean oil. *Journal of Food Engineering* 117(4), 545-550.
- Ciriminna, R., Scurria, A., Avellone, G., Pagliaro, M., 2019. A circular economy approach to fish oil extraction. *ChemistrySelect* 4(17), 5106-5109.
- Codex Alimentarius Commission, 1993. Report of the fourteenth session of the codex committee on fats and oils, London, 27 September - 1 October 1993, Alinorm 95/17. Rome, FAO/WHO
- Dave, D., Ramakrishnan, V. V., Trenholm, S., Manuel, H., Pohling, J., Murphy, W., 2014. Marine oils as potential feedstock for biodiesel production: physicochemical characterization. *Journal of Bioprocessing & Biotechniques* 4(5), 1.
- Deepika, D., Vegneshwaran, V. R., Julia, P., Sukhinder, K. C., Sheila, T., Heather, M., Wade, M., 2014. Investigation on oil extraction methods and its influence on omega-3 content from cultured salmon. *Journal of Food Processing and Technology* 5(12), 1-13..
- Ebrahimi, Sh., 2019. The Antioxidant, Antibacterial Properties and Total Phenolic Content of Extracts of Persian Gulf Macroalgae (*Caulerpa* sp., *Padina* sp. & *Sargassum* sp.). Master Thesis. Faculty of Agriculture. Shiraz University. ?p (in Persian).
- Fatemi, H. 1395. Food Chemistry. Tehran, Iran: Anteshar Co. 470 p. (in Persian).
- Fernando, I. S., Kim, M., Son, K. T., Jeong, Y., Jeon, Y. J., 2016. Antioxidant activity of marine algal polyphenolic compounds: a mechanistic approach. *Journal of medicinal food* 19(7), 615-628.
- Gereniu, C. R. N., Saravana, P. S., Getachew, A. T., Chun, B. S. 2017. Characteristics of functional materials recovered from Solomon Islands red seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) using pressurized hot water extraction. *Journal of Applied Phycology* 29(3), 1609-1621.
- Ghaly, A. E., Ramakrishnan, V. V., Brooks, M. S., Budge, S. M., Dave, D., 2013. Fish processing wastes as a potential source of proteins. Amino acids and oils: a critical review. *J Microb Biochem Technol*, 5(4), 107-129.

- Gokoglu, N., Yerlikaya, P., Topuz, O. K., Buyukbenli, H. A., 2012. Effects of Plant Extracts on Lipid Oxidation in Fish Croquette during Frozen Storage. *Food science and biotechnology* 21(6), 1641–1645.
- Jamshidi, A., Cao, H., Xiao, J., Simal-Gandara, J., 2020. Advantages of techniques to fortify food products with the benefits of fish oil. *Food Research International*, 109353.
- Khairuddin, K., Sudirman, S., Huang, L., Kong, Z. L. 2020. *Caulerpa lentillifera* Polysaccharides-Rich Extract Reduces Oxidative Stress and Proinflammatory Cytokines Levels Associated with Male Reproductive Functions in Diabetic Mice. *Applied Sciences* 10(24), 8768.
- Kindleysides, S., Quek, S. Y., Miller, M. R., 2012. Inhibition of fish oil oxidation and the radical scavenging activity of New Zealand seaweed extracts. *Food Chemistry* 133(4), 1624-1631.
- López, A., Rico, M., Rivero, A., de Tangil, M. S., 2011. The effects of solvents on the phenolic contents and antioxidant activity of *Stypocaulon scoparium* algae extracts. *Food Chemistry* 125(3), 1104-1109.
- Morsy, M. K., Morsy, O. M., Elbarbary, H. A., Saad, M. A., 2019. Enhancing of oxidative stability and quality attributes of olive oil using spirulina (*Arthrospira platensis*) nanoparticles. *LWT* 101, 444-455.
- Nascimento, J. A., Magnani, M., Sousa, J. M., Araújo, K. L., Epaminondas, P. S., Souza, A. S., Souza, A. G. 2016. Assessment of the Antioxidant Effects of *Moringa oleifera* Lam. Extracts in Fish Oil during Storage. *Journal of food processing and preservation* 40(1), 29-36.
- Nguyen, V. T., Ueng, J. P., Tsai, G. J., 2011. Proximate composition, total phenolic content, and antioxidant activity of seagrape (*Caulerpa lentillifera*). *Journal of Food Science* 76(7), C950-C958.
- O'Brien, R. D. (Eds.). 2009. Oils and fats: Formulating and Processing for Applications. New York. 680 p.
- Poiana, M. A., 2012. Enhancing oxidative stability of sunflower oil during convective and microwave heating using grape seed extract. *International Journal of Molecular Sciences* 13(7), 9240-9259.
- Rastian, Z., Mehranian, M., Vahabzadeh, F., Sartavi, K. 2007. Antioxidant activity of extract from a brown alga, *Sargassum boveanum*. *African Journal of Biotechnology* 6(24), 2740–2745.
- Rodrigues, D., Freitas, A. C., Pereira, L., Rocha-Santos, T. A., Vasconcelos, M. W., Roriz, M., Duarte, A. C., 2015. Chemical composition of red, brown and green macroalgae from Buarcos bay in Central West Coast of Portugal. *Food chemistry* 183, 197-207.
- Sabzipour, F., Naseri, M., Babaei, S., & Imani, A., 2019. Effect of various postmortem processing times and blanching methods on quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) waste oil. *Food Science & Nutrition* 7(9), 3093–3102.
- Santoso, J., Yoshie-Stark, Y., Suzuki, T., 2004. Anti-oxidant activity of methanol extracts from Indonesian seaweeds in an oil emulsion model. *Fisheries science* 70(1), 183-188.
- Shahidi, F., & Zhong, Y., 2005. Citrus oils and essences. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. 49-66.
- Šimat, V., Vlahović, J., Soldo, B., Skroza, D., Ljubenković, I., Generalić Mekinić, I., 2019. Production and refinement of omega-3 rich oils from processing by-products of farmed fish species. *Foods* 8(4), 125.
- Siriwardhana, N., Lee, K. W., Kim, S. H., Ha, J. H., Park, G. T., Jeon, Y. J., 2004. Lipid peroxidation inhibitory effects of *Hizikia fusiformis* methanolic extract on fish oil and linoleic acid. *Food Science and Technology International* 10(2), 65-72.
- Subhashree, S. N., Sunoj, S., Xue, J., Bora, G. C., 2017. Quantification of browning in apples using colour and textural features by image analysis. *Food Quality and Safety* 1(3), 221-226.
- Topuz, O. K., Yerlikaya, P., Uçak, İ., Gümüş, B., Büyükbenli, H. A., Gökoğlu, N., 2015. Influence of pomegranate peel (*Punica granatum*) extract on lipid oxidation in anchovy fish oil under heat accelerated conditions. *Journal of Food Science and Technology* 52(1), 625-632.

- Uçak, İ., Özogul, Y., & Durmuş, M., 2011. The effects of rosemary extract combination with vacuum packing on the quality changes of Atlantic mackerel fish burgers. *International Journal of Food Science & Technology* 46(6), 1157-1163.
- Vafaei, M., Naseri, M., Vafa, S., 2017. Extraction Method Effect on Fat Content and Fatty Acid Composition of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fisheries Science and Technology* 6(2), 131-143.
- Van Tran, V., Moon, J. Y., Lee, Y. C., 2019. Liposomes for delivery of antioxidants in cosmeceuticals: Challenges and development strategies. *Journal of controlled release* 300, 114-140.
- Wang, L., Yang, B., Yan, B., Yao, X. 2012. Supercritical fluid extraction of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis* and its antioxidant potential in sun flower oil. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 13, 120–127.
- Wang, Y. Z., Fu, S. G., Wang, S. Y., Yang, D. J., Wu, Y. H. S., 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.
- Williams, E., Grosholz, E., 2002. International *Caulerpa taxifolia* Conference Proceedings. University of California, San Diego La Jolla. California U.S.A.238 p.
- Yang, T. H., Yao, H. T., Chiang, M. T., 2017. Red algae (*Gelidium amansii*) hot-water extract ameliorates lipid metabolism in hamsters fed a high-fat diet. *journal of food and drug analysis* 25(4), 931-938.
- Yeşilsu, A. F., Özyurt, G., 2013. Su ürünlerinin kalite ve güvenliği için Türkiye ve dünyada uygulanan mevzuatlar. *J FisheriesSciences. com* 7(1), 58-71.
- Yip, W. H., Joe, L. S., Mustapha, W. A. W., Maskat, M. Y., Said, M., 2014. Characterisation and stability of pigments extracted from Sargassum binderi obtained from Semporna, Sabah. *Sains Malaysiana* 43(9), 1345-1354.
- Yue, X., Xu, Z., Prinyawiwatkul, W., Losso, J. N., King, J. M., Godber, J. S., 2008. Comparison of soybean oils, gum, and defatted soy flour extract in stabilizing menhaden oil during heating. *Journal of food science* 73(1), C19-C23.
- Zuo, W., Hu, X., Yang, Y., Jiang, L., Ren, L., Huang, H., 2017. Development of an improved method to determine saturated aliphatic aldehydes in docosahexaenoic acid- rich oil: A supplement to p- anisidine value. *European Journal of Lipid Science and Technology* 119(12), 1700243.

