شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۴، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰
صفحات ۲۹۳-۲۸۱

اثرات آنتی‌اکسیداسیونی عصاره اتانولی جلبک قرمز (*Gracilaria corticata*) بر زمان ماندگاری فیله ماهی قباد (*Scomberomorus guttatus*) ذخیره شده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد

امین اوجی فرد[1*]، دارا باقری[1]، لیلا زمانی[2]

۱.دانشیار گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران
۲.استادیار گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران
۳ .کارشناس مهندسی علوم و صنایع غذایی، شرکت فرآوری و بسته بندی آبزیان. بوشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/ ۱۰/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۴

چکیده

اثرات آنتی اکسیدانی عصاره جلبک قرمز (*Gracilaria corticata*) بر کیفیت و زمان ماندگاری فیله ماهی قباد (*Scomberomorus guttatus*) در سه تیمار؛ با دو غلظت (A) ۳۰۰ ppm و (B) ۶۰۰ ppm از عصارهٔ اتانولی و یک تیمار شاهد غوطه‌ور در آب مقطر بدون استفاده از هیچ افزودنی برر سی شد. نمونه‌ها به مدت ۱۲ روز در دمای یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند و نمونه‌برداری در روزهای صفر، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ انجام شد. نتایج نشان داد که محتوای فنل کل و توانایی مهار رادیکال‌های آزاد عصاره اتانولی جلبک قرمز به ترتیب برابر با ۰/۳۴±۳/۷۴ میلی‌گرم گالیک اسید در گرم وزن خشک عصاره و ۲/۰۷±۲۴/۷ در صد است. بطور کلی میزان تیوباربیتوریک اسید (TBA)، بازهای ازته فرار (TVN)، اسیدهای چرب فرار (FFA) و pH با افزایش دوره نگهداری افزایش و چربی کاهش یافت، اما میزان پراکسید (PV) و رطوبت در ابتدا افزایش ولی در انتهای دوره کاهش یافت ($P<0.05$). نتایج بیانگر برتری کیفیت گروه تیمارها در مقایسه با شاهد بود و از این میان تیمار A دارای خاصیت آنتی اکسیدانی بهتری بود و زمان ماندگاری بیشتر محصول را موجب شد.

واژگان کلیدی: آنتی‌اکسیدان طبیعی، اکسیداسیون چربی، خلیج فارس، عصاره جلبک، ماهی قباد

* نویسنده مسئول: امین اوجی فرد
Email: oujifard@pgu.ac.ir

Journal of Fisheries
Vol. 74, No. 2, Summer 2021
pp. 281-293

Antioxidant effects of red alga (*Gracilaria corticata*) ethanol extract on the Shelf-life of *Scomberomorus guttatus* fish fillet stored at 4 ºC

Amin Oujifard[1*], Dara Bagheri[1], Leila Zamani[2]

1. Associate Professor, Department of Fisheries, Faculty of Marine Science and Technology, Persian Gulf University, Bushehr, Iran
2. Assistant Professor, Department of Fisheries, Faculty of Marine Science and Technology, Persian Gulf University, Bushehr, Iran
3. Bsc. Food Industry Engineering, Aquatic processing and packaging company, Bushehr, Iran.

Received: 30-Jan-2021 **Accepted: 04-May-2021**

Abstract
The antioxidant effects of red algae (*Gracilaria corticata*) extract on the quality and shelf life of *Scomberomorus guttatus* fish fillet in three treatments; two concentrations of (A) 300 ppm and (B) 600 ppm of ethanol extract and one control sample immersed in distilled water without any additive was investigated. The samples were stored at refrigerator (4ºC) for 12 days. The measurements were undertaken at 0, 3, 6, 9 and12 days at the beginning of the experiment. The results showed that the total phenolic content and the ability of the red algae extract to prevent the free radicals were 3.74±0.34 mg Gallic acid/g dry weight of extract and 24.7±2.07%, respectively. Generally, thiobarbituric acid (TBA), total volatile base nitrogen (TVN), free fatty acid (FFA) and pH values were significantly increased and lipid content decreased with storage time, whereas the peroxide value (PV) and moisture content increased at the beginning but decreased at the end of the period ($P<0.05$). The treatments maintained better quality in comparison to the control group and A treatment had better antioxidant properties and resulted in the longer shelf life of the product.

Keywords: Natural Antioxidan, Lipid oxidation, Persian Gulf, Algae Extract, *Scomberomorus guttatus*

Corresponding author: Amin Oujifard Email: oujifard@pgu.ac.ir

۱. مقدمه

چربی ماهیان به دلیل داشتن مقدار قابل توجهی از اسیدهای چرب چند غیر اشباع در مقابل فسادهای ناشی از اکسیداسیون بسیار حساس‌اند. به منظور کاهش آسیب به بدن انسان و طولانی شدن ذخیره مواد غذایی از آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی استفاده می‌شود (Souza *et al.*, 2012). در حال حاضر در صنعت آنتی‌اکسیدان‌های مورد استفاده بیشتر بوتیل هیدروکسی آنیزول، بوتیل هیدروکسی تولوئن، پروپیل گالات و تری بوتیل هیدروکونیون اند. اخیرا عوارض نامطلوبی از جمله سرطان‌زایی و آسیب‌های کبدی در حیوانات آزمایشگاهی ناشی از مصرف این آنتی‌اکسیدان‌ها گزارش شده است (Ruberto and Baratta, 2000).

امروزه، جهت دست‌یابی به ترکیبات فعال زیستی برای توسعه داروهای جدید و غذاهای سالم توجه زیادی به منابع دریایی از جمله جلبک‌ها شده است (Qi *et al.*, 2005). در میان موجودات دریایی جلبک‌ها یکی از غنی‌ترین منابع آنتی‌اکسیدانی طبیعی بوده و نیز دارای خواص ضد میکروبی‌اند (Gupta and Abu-Ghannam, 2011). جلبک‌های دریایی در محل زیست خود با استرس‌های محیطی بسیاری روبرو می‌شوند که این عوامل می‌تواند منجر به شکل‌گیری رادیکال‌های آزاد شود، درنتیجه سلول‌های جلبک دریایی دارای برخی از مکانیسم‌ها و ترکیبات محافظ هستند (Matsukawa *et al.*, 1997). ترکیبات پلی‌فنولیک، کاروتنوئیدها و پلی‌ساکاریدها انواعی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی شناسایی شده از انواع مختلف جلبک‌ها می‌باشند (Farvin and Jacobsen, 2013). این ترکیبات متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که با اهداء الکترون و هیدروژن و حذف ترکیبات پراکسیداسیون مانع از اکسیداسیون سلول می‌شوند (Gupta and Abu-Ghannam, 2011). جلبک‌های قرمز با داشتن حدود ۴۰۰۰ گونه بیشترین تنوع جلبک‌ها را دارایند و فقط ۲۰۰ گونه از آنها در آب‌های شیرین یافت می‌شود، از طرفی جلبک‌های قرمز مقادیر فراوانی پروتئین، کربوهیدرات، عناصر معدنی، ویتامین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها دارند. همچنین باید توجه داشت که ترکیبات شیمیایی جلبک‌ها با توجه به فصل، سن، عوامل آب و هوایی و محیطی، توزیع جغرافیایی و تنوع فیزیولوژیکی آنها متغیر است (Aguilera-Morales *et al.*, 2005).

محققان بسیاری در تحقیقات خود به خواص آنتی اکسیدانی جلبک‌ها اشاره کرده‌اند. خصوصیات شیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی پلی ساکارید سولفاته از جلبک در یایی *Gracilaria birdiae* بررسی شده است (Souza *et al.*, 2012). این محققین به این نتیجه رسیدند که پلی ساکاریدهای سولفاته حاصل از این جلبک دریایی دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی قابل توجه ای است و می‌توانند برای کاربرد در صنایع غذایی مورد ارزیابی قرار گیرند. پژوهشگران دیگری نیز عصاره اتانولی و آبی دو گونه جلبک دریایی *Polysiphonia fucoides* و *Fucus serratus* را در به تاخیر انداختن اکسیداسیون چربی در ماهی ماکرل (*Scomber scombrus*) بررسی کردند (Babakhani *et al.*, 2016). نتایج نشان داد که عصاره آبی با کمترین محتوای فنلی هیچ اثر آنتی‌اکسیدانی در ماهی ماکرل ندارد؛ ولی عصاره اتانولی ۵۰ درصد جلبک *Polysiphonia fucoides* یک منبع بالقوه آنتی‌اکسیدانی طبیعی است که عملکردی شبیه به BHT در جلوگیری از اکسیداسیون در ماهی ماکرل دارد.

ماهی قباد (*Scomberomorus guttatus*) از خانواده تن ماهیان (Scombridae) بوده و در آب‌های سطحی اپی پلاژیک، یا نزدیک سطح آب، آب های مناطق حاره محسوب می شوند و نقش مهمی در برنامه غذایی انسانی دارند. در بین جلبک‌های دریایی، گراسیلاریا سومین جنس با بیشتر از ۱۵۰ گونه در سراسر دنیا بوده و شامل بسیاری از آگروفیت‌های مهم تجاری است. همچنین در حال حاضر بیش از نیمی از نیاز صنعت جهانی آگار را جنس گراسیلاریا تامین می‌کند (Byrne *et al.*, 2002). لذا در این تحقیق از عصاره استخراج شده جلبک قرمز گراسیلاریا (*Gracilaria corticata*) برای پیشگیری از فساد در فیله ماهی قباد استفاده شده است تا اثر آنتی‌اکسیدانی این جلبک مورد بررسی قرار گیرد.

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. تهیه عصاره جلبک

نمونه‌های جلبک از منطقهٔ ساحلی شهر ستان بو شهر در فصل پاییز و زمستان جمع‌آوری گردید. شست‌وشوی نمونه‌ها نخ ست با آب دریا و سپس با آب شیرین صورت گرفت. سپس نمونه‌ها در سایه و در دمای محیط به مدت ۵ روز خ شک شد و با خردکن پودر شدند. پس از آن ۵ گرم از پودر در ظرف مرتبط با اس تخراج ریخته شد و با ن سبت ۵۰ به ۱ وزنی حجمی اتانول ۹۶ در صد به جلبک قرمز گرا سیلاریا کورتیکا افزوده شد و در شیکر انکوباتور در دمای محیط به مدت ۴۸ ساعت فرآیند عصاره‌گیری انجام پذیرفت. پس از اتمام زمان اس تخراج، عصاره‌ها با اس تفاده از دس تگاه روتاری تا حد امکان تغلیظ شد و در نهایت در پتری‌دیش خشک گردید. با استفاده از آب مقطر غلظت‌های ۳۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه شد و با اس تفاده از کاغذ صافی (واتمن ۴) فیلتر و تا هنگام آزمایش‌ها (حداکثر ۲۴ ساعت) در ظروف شیشه‌ای تیره و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. مقداری از عصاره جهت انجام آزمون‌های مربوطه به آزمایشگاه ارسال شد.

۲.۱.۱. آماده‌سازی نمونه ماهی

ماهی قباد با وزن متوسط ۱۵۰±۱۴۵۰ گرم از محل صیدگاه بندرگاه شهرستان بوشهر خریداری و سپس در حضور مقادیر کافی یخ (نسبت ۱ به ۱) پس از گذراندن مراحل سر زنی و تخلیه امعاء و احشاء به صورت فیله‌های ۱۰۰ گرمی قطعه‌بندی شد. نمونه‌های ۱۰۰ گرمی فیله ماهی در دو غل ظت ۳۰۰ ppm (A) و ۶۰۰ ppm (B) از عصاره اس تخراج شده و نمونه شاهد (۱۰۰ گرمی) در آب مقطر (با دمای محیط) به مدت ۹۰ دقیقه غوطه‌ور گردید. نمونه‌ها در کیسه‌های ا ستریل بسته‌بندی و به مدت ۱۲ روز درون یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند (دستگاه ترموگراف نیز جهت ثبت نوسانات دمایی در یخچال قرار داده شد). نمونه‌برداری در روزهای صفر، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ انجام گردید. نمونه‌ها جهت سنجش‌های آزمایشگاهی در کنار پودر یخ به آزمایشگاه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه خلیج فارس ارسال گردید.

۲.۱.۲. برآورد فنل کل

محتوای فنلی کل هر عصاره با روش Folin-ciocatteu تعیین گرد ید. برای این منظور ۲۰ میکرولیتر از محلول عصاره با ۱/۱۶ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۰۰ میکرولیتر معرف Folin-ciocatteu مخلوط شد. در مدت ۳ تا ۱۰ دقیقه ۳۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۲۰ درصد به مخلوط حاصله اضافه شد. پس از آن، مخلوط حاصله در یک انکوباتور تاریک در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه انکوبه و سپس میزان جذب محلول در طول موج ۷۶۰ نانومتر با استفاده از دستگاه میکروپلیت ریدر (Biotek synergy2) اندازه‌گیری شد. از گالیک اسید به عنوان ا ستاندارد فنل کل ا ستفاده شد، محتوای فنل کل براساس میلی‌گرم گالیک اسید در گرم وزن خشک عصاره بیان گردید (Arabshahi-Delouee and Urooj, 2007).

۲.۱.۳. سنجش فعالیت مهارکنندگی رادیکال DPPH

سنجش قدرت مهار رادیکال DPPH با استفاده از روش بر ند -ویلیامز با ا ندکی تغییر مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور ۵۰ میکرولیتر از عصاره اتانولی جلبک گراسیلاریا (با غلظت ۱۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر) در یک میلی‌لیتر محلول DPPH ۰/۱ میلی‌مولار اضافه گردید. محلول حاصله به مدت ۳۰ دقیقه در محیط تاریک انکوبه شد و سپس میزان تغییر رنگ محلول ۲ و۲ – دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH) با ا ستفاده از جذب در طول موج ۵۱۸ نانومتر سنجش شد (Brand-Williams *et al.*, 1995). از محلول DPPH ۰/۱ میلی‌مولار بدون عصاره جلبکی به عنوان کنترل منفی استفاده شد. میزان فعالیت عصاره در مهار رادیکال DPPH براساس رابطه زیر محاسبه گردید:

$$\text{DPPH scavenging \%} = \frac{\text{میزان جذب نمونه‌ها–جذب کنترل منفی در طول موج ۵۱۸ نانومتر}}{\text{میزان کنترل منفی در طول موج ۵۱۸ نانو متر}} \times ۱۰۰$$

۲.۲. اندازه‌گیری pH

۵ گرم نمونه چرخ شـــده از هر تیمار با ۴۵ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۳۰ ثانیه در یک مخلوط کن قرار داده شـد و سـپس pH نمونه‌ها با pH متر دیجیتالی (SP-vol، آلمان) اندازه‌گیری گردید (Tsironi *et al.*, 2009).

۲.۳. اندازه‌گیری تیوباربیتوریک اسید (TBA)

اندازه‌گیری تیوباربیتور یک اســید نمونه به روش رنگ‌ســنجی صـورت گرفت. مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم از نمونه چرخ شـده ماهی به یک بالن ۲۵ میلی‌لیتری انتقال یافت و ســپس با ۱-بوتانل به حجم رســانده شــد. مقدار ۰/۵ میلی‌لیتر از مخلوط فوق به لوله‌های خشــک درب‌دار وارد شـــده و به آن ۵ میلی‌لیتر از معرف TBA افزوده گردید (معرف TBA به وسیله حل شدن ۲۰۰ میلی‌گرم از TBA در ۱۰۰ میلی‌لیتر حلال ۱-بوتانل پس از فیلتر شـــدن به دســـت آمد). لوله‌های دربدار در حمام آب با دمای ۹۵ درجه ســانتی‌گراد به مدت ۲ ســاعت قرار گرفت و پس از آن در دمای محیط سرد شدند. سپس مقدار جذب (As) در ۵۳۰ نانومتر در مقابل شـــاهد آب مقطر (Ab) خوانده شد. مقدار TBA (میلی‌گرم مالون دی آلدئید در کیلوگرم بافت ماهی) بر اســـاس رابطه زیر محاســـبه گردید (Egan *et al.*,1981).

$$TBA = (As-Ab)\ 50/\ 200$$

As= مقدار جذب نمونه

Ab= مقدار جذب آب مقطر

۲.۴. سنجش مقادیر عدد پراکسید (PV)

ابتدا روغن نمونه موردنظر اســـتخراج گردید. بدین منظور مقدار ۱۵ گرم نمونه را وزن کرده و به همراه ۶۰ میلی‌لیتر متانول در دکانتور ریخته و به خوبی هموژن شد. سپس مقدار ۳۰ میلی‌لیتر کلروفرم افزوده و دکانتور تکان داده شـــد. پس از ۵ دقیقه دوباره ۳۰ میلی‌لیتر کلروفرم اضافه شد و به مدت ۲۴ ساعت در این حالت قرار گرفت تا چربی استخراج شود. پس از ۲۴ ساعت برای جدا سازی فازها ۳۶ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. بعد از ۲ ساعت فاز زیرین جدا شـــده و با اســـتفاده از گاز ازت حلال پراکنی صـورت گرفت و روغن اســـتخراج شـــده برای اندازه‌گیری سنجش میزان پراکسید استفاده شد. به منظور تعیین میزان پراکسید نمونه‌های برر سی شده، ۲۰ میلی‌لیتر از فاز پایینی دکانتور که از آن جهت استخراج روغن استفاده می‌شـــود به دقت به ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری منتقل و ۲۵ میلی‌لیتر محلول اسید استیک کلروفرمی (نسبت کلر فرم به اسید استیک ۳:۲) به محتویات ارلن اضافه شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول یدور پتاسیم اشباع، ۳۰ میلی‌لیتر از آب مقطر و ۰/۵ میلی‌لیتر محلول نشاسته یک درصد به مجموعه افزوده و مقدار ید آزاد شده با محلول تیوسولفات ســـدیم ۰/۰۱ نرمال تیتر گردید (Egan *et al.*, 1981). سپس میزان پراکسید براساس رابطه زیر محاسبه شد:

PV = وزن نمونه روغن/۱۰۰×نرمالیته×حجم مصرفی تیوسولفات

۲,۵. سنجش مقادیر عدد اسیدهای چرب آزاد (FFA)

ســـنجش اســـیدهای چرب آزاد به روش رنگ‌ســـنجی مطابق با روش تاکیونگ‌ونگ‌تراکول و همکاران صـــورت گـرفـت (Takeungwongtrakul *et al.*, 2012). بـدیـن منظور، ۰/۱ گرم نمونه روغن استخراج شده از بافت ماهی با ۵ میلی‌لیتر ایزواکتان ترکیب و با اسـتفاده از ورتکس به طور کامل مخلوط شـــد. پس از حل شـــدن روغن در ایزواکتان، ۱ میلی‌لیتر محلول ۵ درصـــد اســـتات مس– پیریدین (جهت ســاخت آن ۵ گرم اســتات مس در ۱۰۰ میلی لیتر آب حل شـد ســپس فیلتر شـد و در ادامه pH مخلوط فوق با پیریدین به ۶/۲ – ۶ رســـید) به مخلوط اضـافه شـد. ترکیب فوق به مدت ۹۰ ثانیه با اسـتفاده از ورتکس مخلوط شـد و سـپس ۲۰ ثانیه در حالت سـکون قرار گرفت. پس از ۲۰ ثانیه جذب لایه رویی با استفاده از دستگاه رنگ سنج در طول موج ۷۱۵ نانومتر خوانده شد. همچنین به منظور رســـم منحنی اســـتاندارد از مخلوط پالمیتیک اســـید و ایزواکتان در غلظت های ۰ تا ۵۰ µmol/5ml استفاده شد. محتویات اسیدهای چرب آزاد بر

حسب گرم FFA در ۱۰۰ گرم روغن گزارش گردید.

۲.۶. اندازه‌گیری میزان کل بازهای نیتروژنی فرار (TVN)

میزان TVN نمونه‌ها به روش تقطیر و تیتراسیون اندازه‌گیری شد (Gao *et al.*, 2010). عصاره بدست آمده از تقطیر با محلول اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال تیتر گردید و غلظت بازهای نیتروژنی فرار بر اساس میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه بدست آمد.

۲.۷. آزمون حسی

ارزیابی نمونه‌ها توسط ۱۰ فرد نیمه آموزش دیده و با ارزیابی ۵ امتیازی انجام شد. امتیاز هر یک از نمونه‌ها به صورت زیر محاسبه گردید: بافت (۵، بافت محکم و سفت؛ ۱، بافت خیلی نرم)، رنگ (۵، بدون تغییر رنگ؛ ۱، کاملاً بی‌رنگ)، بو (۵، کاملاً مطبوع؛ ۱، بوی فساد)، مقبولیت کلی (۵، کاملاً مقبول؛ ۱، کاملاً نامقبول). نقطه بحرانی مقبولیت هر یک از ویژگی‌ها ۳ در نظر گرفته شد و پایین‌تر از آن به معنای رد خصوصیات حسی مورد نظر بود (Yingyuad *et al.*, 2006; Fan *et al.*, 2008).

۲.۸. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ انجام شد. ابتدا بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف-اسمیرنوف و سپس همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون صورت پذیرفت. جهت تعیین اختلاف معنی‌دار بین تیمارها از روش مدل خطی عمومی (GLM: General linear model) استفاده گردید. برای مقایسه میانگین‌ها در مواردی که اثر کلی تیمارها معنی‌دار شناخته شد از آزمون دانکن استفاده شد. همچنین آنالیز داده‌های حسی با استفاده از آزمون فریدمن و مقایسات میانگین با بنفرونی انجام شد.

۳. نتایج

۳.۱. فعالیت آنتی‌اکسیدانی

نتایج حاصل از بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره متانولی جلبک قرمز گراسیلاریا در جدول ۱. نشان داده شده است. نتایج نشان داد که محتوای فنل کل در عصاره اتانولی جلبک قرمز گراسیلار یا برابر با ۳/۷۴±۰/۳۴ (میلی‌گرم گالیک اسید در گرم وزن خشک عصاره) است و این عصاره دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی مناسبی است. همچنین توانایی مهار رادیکال‌های آزاد توسط عصاره اتانولی جلبک قرمز گراسیلاریا با استفاده از رادیکال آزاد DPPH مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که عصاره مورد آزمایش قادر به مهار رادیکال‌های آزاد می‌باشد، به نحوی که غلظت ۱۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر عصاره قادر به مهار۷/۰۷±۲۴/۲ درصد رادیکال‌های آزاد شد (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج حاصل از بررسی خاصیت آنتی‌اکسیدانی جلبک قرمز گراسیلاریا

عصاره	قدرت مهار رادیکال DPPH (٪)	محتوای فنل کل (میلی‌گرم گالیک اسید در گرم وزن خشک عصاره)
عصاره اتانولی جلبک قرمز گراسیلاریا (۱۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر)	۷/۰۷±۲۴/۲	۰/۳۴±۳/۷۴

نتایج حاصل از ۳ تکرار است.

۳.۲. شاخص‌های بیوشیمیایی

با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق، کمترین میزان ثبت شده pH در روز صفر و در تمامی تیمارها مشاهده گردید و در ادامه میزان pH تا روز دوازدهم در کلیه تیمارها روند افزایشی داشت ($P< 0.05$). در نهایت در روز دوازدهم نگهداری بیشترین میزان pH در تیمار A

(۷/۱۱) و کمترین آن در تیمار B (۷/۰۵) مشاهده شد. در نهایت در مقایسه بین نمونه شاهد و دیگر تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۲).

از نظر پراکسید، با گذشت مدت زمان نگهداری تا پایان روز نهم میزان پراکسید در همه تیمارها افزایش یافت اما در روز دوازدهم کاهش یافت که در نمونه شاهد بیشتر از سایر نمونه‌ها بود ($P<0.05$). روند افزایشی میزان پراکسید تیمار شاهد در مقایسه با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت و تیمار A به طور کلی دارای وضعیت بهتری بود.

با توجه به نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر (جدول ۲) در روز صفر تمامی تیمارها کمترین مقدار TBA را داشتند که این مقدار با گذشت زمان روند افزایشی داشت و البته این افزایش در تیمار شاهد با شدت بیشتری صورت گرفت، به طوری که از روز سوم به بعد بین تیمار شاهد با تیمارهای غوطه‌ور شده در محلول عصاره جلبک اختلاف معنی‌داری وجود دا شت ($P< 0.05$). در نهایت در روز دوازدهم نگهداری بیشترین میزان TBA در نمونه شاهد (۲/۸۹ میلی‌گرم مالون دی آلدئید در کیلوگرم بافت ماهی) و کمترین در تیمار A (۱/۸۶ میلی‌گرم مالون دی آلدئید در کیلوگرم بافت ماهی) مشاهده شد.

میزان اسید های چرب فرار همه تیمار ها نیز طی نگهداری افزایش یافت. اما کمترین افزایش در تیمار A و بیشترین مقدار آن در تیمار شاهد مشاهده شد.

در همه نمونه‌ها شاخص TVN با گذشت زمان در طی نگهداری افزایش یافت که در نمونه شاهد این افزایش در تمام روزها معنی‌دار بود ولی در نمونه‌های A و B تنها از روز ششم تا دوازدهم افزایش معنی‌داری مشاهده شد ($P< 0.05$). بیشترین میزان ثبت شده این شاخص در روز دوازدهم و مربوط به نمونه شاهد (۳۲/۳۰ میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم گوشت ماهی) بود (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های (میانگین± sd) اثر غلظت عصاره اتانولی جلبک قرمز و زمان بر شاخص‌های شیمیایی ماهی قباد طی نگهداری سرد

تیمار/روز	روزصفر	روز سوم	روز ششم	روز نهم	روز دوازدهم
			pH		
شاهد	۶/۳۳±۰/۰۶^{aE}	۶/۵۳±۰/۰۸^{aD}	۶/۷۲±۰/۰۲^{aC}	۶/۸۰±۰/۰۴^{abB}	۷/۰۷±۰/۰۷^{aA}
A	۶/۲۹±۰/۰۶^{aE}	۶/۴۵±۰/۰۳^{aD}	۶/۶۴±۰/۰۷^{abC}	۶/۸۱±۰/۰۸^{aB}	۷/۱۱±۰/۹۰^{aA}
B	۶/۳۶±۰/۰۳^{aD}	۶/۴۵±۰/۰۶^{aCD}	۶/۵۴±۰/۵۰^{bC}	۶/۷۱±۰/۰۷^{bB}	۷/۰۵±۰/۰۹^{aA}
			PV(میلی اکی والان گرم اکسیژن بر کیلوگرم چربی)		
شاهد	۱/۱۹±۰/۱۳^{aE}	۳/۰۹±۰/۱۲^{aD}	۶/۲۷±۰/۲۴^{aC}	۱۰/۳۳±۰/۴۸^{aA}	۷/۴۳±۰/۳۵^{aB}
A	۱/۲۷±۰/۰۷^{aE}	۲/۸۳±۰/۰۹^{aD}	۳/۲۷±۰/۰۷^{cC}	۵/۷۰±۰/۱۷^{cA}	۵/۳۰±۰/۲۳^{bB}
B	۱/۲۰±۰/۰۲^{aE}	۲/۷۶±۰/۰۶^{aD}	۳/۸۳±۰/۱۲^{bC}	۶/۸۲±۰/۱۰^{bA}	۵/۶۲±۰/۲۰^{bB}
			TBA (میلی‌گرم مالون دی آلدئید در کیلوگرم بافت ماهی)		
شاهد	۰/۳۱±۰/۰۲^{aE}	۰/۵۷±۰/۰۵^{aD}	۱/۲۲±۰/۱۱^{aC}	۱/۹۸±۰/۰۶^{aB}	۲/۸۹±۰/۱۵^{aA}
A	۰/۳۲±۰/۰۲^{aD}	۰/۴۰±۰/۰۴^{bD}	۰/۸۱±۰/۰۶^{bC}	۱/۱۹±۰/۰۸^{cB}	۱/۸۶±۰/۱۰^{cA}
B	۰/۳۱±۰/۰۲^{aE}	۰/۴۶±۰/۰۶^{abD}	۰/۸۹±۰/۰۷^{bC}	۱/۵۴±۰/۰۷^{bB}	۲/۱۸±۰/۰۷^{bA}
			FFA (درصد)		
شاهد	۰/۴۴±۰/۰۱^{aE}	۲/۲۹±۰/۳۴^{aD}	۳/۱۸±۰/۰۴^{aC}	۴/۷۴±۰/۰۶^{aB}	۵/۸۳±۰/۰۶^{aA}
A	۰/۴۴±۰/۰۱^{aE}	۱/۷۷±۰/۰۲^{bD}	۲/۴۳±۰/۰۲^{bC}	۳/۳۷±۰/۰۳^{cB}	۴/۷۵±۰/۰۵^{cA}
B	۰/۴۴±۰/۰۱^{aE}	۱/۷۶±۰/۰۱^{bD}	۲/۴۲±۰/۰۲^{bC}	۳/۶۵±۰/۰۱^{bB}	۵/۰۰±۰/۰۹^{bA}
			TVB-N(میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم گوشت ماهی)		
شاهد	۹/۱۱±۰/۱۳^{aE}	۰۹/۸۹±۰/۱۳^{aD}	۱۱/۹۸±۰/۵۵^{aC}	۲۱/۷۹±۰/۶۳^{aB}	۳۲/۳۰±۰/۸۷^{aA}
A	۹/۰۹±۰/۰۶^{aC}	۹/۱۹±۰/۰۱۴^{aC}	۹/۴۷±۰/۲۷^{bC}	۱۸/۳۱±۰/۵۷^{bB}	۳۱/۷۴±۰/۷۴^{abA}
B	۹/۲۲±۰/۰۶^{aC}	۹/۵۷±۰/۰۹^{aC}	۹/۷۴±۰/۱۷^{bC}	۱۸/۱۷±۰/۰۸^{bB}	۳۱/۴۱±۰/۳۵^{bA}

حروف بزرگ انگلیسی برای مقایسه میانگین‌های یک ردیف و حروف کوچک انگلیسی برای مقایسه میانگین‌های یک ستون قابل استفاده است. داده‌ها حاصل میانگین سه تکرار می‌باشد. A (عصاره جلبک قرمز با غلظت ppm ۳۰۰) و B (عصاره جلبک قرمز با غلظت ppm ۶۰۰).

۳.۳. ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های ماهی نگهداری شده در یخچال در جدول ۳ آمده است. مشخص شد که در ابتدای دوره نگهداری همه نمونه‌ها از رنگ، بو و بافت و پذیرش کلی قابل قبولی برخوردار بودند. در طول دوره نگهداری از میزان مقبولیت نمونه‌ها از نظر مصرف کننده کاسته شد. با توجه به اینکه در این تحقیق نقطه بحرانی مقبولیت هر یک از ویژگی‌ها ۳ در نظر گرفته شد؛ نمونه شاهد از روز نهم در کلیه شاخص‌های حسی به نقطه بحرانی نزدیک و یا از آن عبور کرد در حالی که در نمونه‌های A و B این اتفاق در روز دوازدهم نگهداری صورت پذیرفت.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های (میانگین± sd) اثر غلظت عصاره اتانولی جلبک قرمز و زمان بر شاخص‌های حسی ماهی قباد طی نگهداری سرد

تیمار/روز	روزصفر	روز سوم	روز ششم	روز نهم	روز دوازدهم
بافت					
شاهد	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۴/۹۳±۰/۱۱^{aA}	۴/۰۷±۰/۱۱^{bB}	۳/۱۳±۰/۱۱^{bC}	۱/۵۷±۰/۱۱^{cD}
A	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۴/۹۳±۰/۱۱^{aA}	۴/۳۰±۰/۰۰^{aB}	۳/۵۷±۰/۱۱^{aC}	۲/۱۰±۰/۱۷^{aD}
B	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۴/۳۷±۰/۱۱^{aB}	۳/۶۳±۰/۱۱^{aC}	۱/۸۷±۰/۱۱^{bD}
بو					
شاهد	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۴/۸۳±۰/۱۵^{aA}	۴/۲۳±۰/۴۶^{bB}	۲/۵۳±۰/۲۵^{bC}	۱/۱۷±۰/۱۵^{cD}
A	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۴/۶۰±۰/۲۶^{aB}	۳/۱۳±۰/۱۱^{aC}	۱/۷۰±۰/۱۷^{aD}
B	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۴/۹۳±۰/۱۱^{aA}	۴/۵۷±۰/۲۳^{aB}	۳/۰۰±۰/۰۰^{aC}	۱/۴۰±۰/۱۷^{bD}
رنگ					
شاهد	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۳/۹۰±۰/۱۷^{bB}	۲/۷۰±۰/۱۷^{cC}	۱/۶۳±۰/۱۱^{cD}
A	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۴/۱۷±۰/۱۵^{aB}	۳/۵۷±۰/۱۱^{aC}	۲/۵۰±۰/۲۰^{aD}
B	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۴/۲۰±۰/۰۰^{aB}	۳/۳۳±۰/۱۵^{bC}	۲/۳۰±۰/۱۷^{bD}
پذیرش کلی					
شاهد	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۴/۸۷±۰/۱۱^{aA}	۴/۰۷±۰/۱۱^{bB}	۲/۸۷±۰/۱۱^{bC}	۱/۵۰±۰/۰۰^{cD}
A	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۵/۰۰±۰/۱۱^{aA}	۴/۴۰±۰/۱۷^{aB}	۳/۴۳±۰/۱۱^{aC}	۲/۲۰±۰/۱۷^{aD}
B	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۴/۳۷±۰/۱۱^{aB}	۳/۴۳±۰/۱۱^{aC}	۱/۸۷±۰/۱۱^{bD}

حروف بزرگ انگلیسی برای مقایسه میانگین‌های یک ردیف و حروف کوچک انگلیسی برای مقایسه میانگین‌های یک ستون قابل استفاده است. داده‌ها حاصل میانگین ده تکرار می‌باشد. A (عصاره جلبک قرمز با غلظت ppm ۳۰۰) و B (عصاره جلبک قرمز با غلظت ppm ۶۰۰).

۴. بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی خاصیت آنتی‌اکسیدانی عصاره اتانولی جلبک قرمز گراسیلاریا نشان داد که این جلبک دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی مناسبی است (جدول ۱). مطالعات مختلف نیز وجود خاصیت آنتی اکسیدانی در این جلبک‌ها را مورد تایید قرار داده‌اند (Pang *et al.*, 2018; Thiruchelvi and Balashanmugam, 2018).

یکی از تغییرات شیمیایی اولیه در گوشت ماهی تغییرات pH است که بر حسب گونه ماهی متغیر است. pH از جمله فاکتورهای موثر بر رشد میکروبی و فساد غذاها است (Ersoy *et al.*, 2008). با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق بطور کلی میزان pH با افزایش دوره نگهداری افزایش یافت، اما در نهایت در روز دوازدهم نگهداری اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نگردید. با گذشت زمان در اثر تولید ترکیبات قلیایی از قبیل آمونیاک، تری متیل آمین و بازهای آلی فرار توسط باکتری‌ها، pH

افزایش می‌یابد (Goulas and Kontominas, 2005).

گزارش شده است که میزان پراکسید در ماهی بسیار تازه باید کمتر از ۲ میلی اکی والان گرم اکسیژن بر کیلوگرم چربی باشد و در ماهی تازه نباید از ۵ میلی اکی والان گرم اکسیژن بر کیلوگرم چربی تجاوز کند (Karaçam and Boran, 1996). از اینرو، با اندازه‌گیری میزان پراکسید تولیدی می‌توان به تازگی و قابل مصرف بودن یا نبودن گوشت پی برد (Lin and Lin, 2005). از آنجا که پراکسیدها ترکیباتی بدون طعم و بو هستند، مصرف‌کنندگان نمی‌توانند آنها را تشخیص دهند (Özyurt *et al.*, 2007). میزان پراکسید کمتر در تیمارهای A و B در مقایسه با شاهد نشان دهنده اثرات آنتی‌اکسیدانی عصاره جلبک بود. در روز دوازدهم نگهداری میزان پراکسید در کلیه نمونه‌ها کاهش معنی‌داری یافت که این امر می‌تواند گویای این مطلب باشد که پراکسیدهای تولیدشده، شکسته شده و به ترکیبات ثانویه تبدیل شده‌اند. پراکسید تولیدی در طی فرایند اکسیداسیون ناپایدار بوده و به ترکیبات دیگر از جمله آلدئیدها، الکل‌ها و کتون‌ها تبدیل می‌شود. به همین دلیل اندازه‌گیری پراکسید به تنهایی برای ارزیابی فساد کافی نیست و استفاده از دیگر روش‌ها ضروری به نظر می‌رسد. افزایش مقادیر پراکسید طی دورهٔ نگهداری در همهٔ تیمارها معنی‌دار بود که با نتایج گزارش شده روی ماهی اروپایی و ماهیچه ساردین توسط پژوهشگران دیگر مطابقت دارد (Pacheco-Aguilar *et al.*, 2000; Özogul *et al.*, 2005). در مطالعه دیگری نیز از بین دو غلظت ۲۰۰ و ۵۰۰ قسمت در میلیون عصارهٔ چای در نگهداری ماهی ماکرل منجمد، نمونه‌های حاوی عصاره‌های کمتر دارای قدرت بیشتر جلوگیری از اکسیداسیون بودند (Alghazeer *et al.*, 2008).

شاخص TBA نتیجه ایجاد رنگ قرمز بین مالون آلدهید با معرف TBA است. مالون آلدهید در اثر اکسیداسیون اسیدهای چرب به وجود می‌آید (Orak and Kayisoglu, 2008). اندازه‌گیری تیوباربیتوریک اسید شاخص مناسبی برای تعیین پیشرفت اکسیداسیونی چربی و تولید ترکیبات کربونیل است (Eun *et al.*, 1994). وجود چنین ترکیباتی در گوشت ماهی سبب تغییراتی در ویژگی‌های حسی آن از جمله طعم و بو می‌شود (Ladikos and Lougovois, 1990). تیوباربیتوریک اسید به طور گسترده به عنوان شاخص نشان دهنده میزان اکسیداسیون ثانویه چربی مورداستفاده قرار می‌گیرد و ناشی از وجود مواد واکنش‌دهنده با TBA به دست آمده از مرحله دوم اتواکسیداسیون است که طی آن پراکسیدها به موادی چون آلدئیدها و کتون‌ها اکسید می‌شوند. در تحقیق حاضر در نهایت در روز دوازدهم نگهداری بیشترین میزان TBA در نمونه شاهد و کمترین در تیمار A مشاهده شد (جدول ۲). میزان مجاز این شاخص برای ماهی ۲ میلی گرم مالون دی آلدئید است (Connell, 1975) که تیمار شاهد و B در روز دوازدهم نگهداری از این حد مجاز گذشتند. در نهایت نتایج نشان داد که استفاده از عصاره جلبک گلاسیلاریا کورتیکاتا در هر دو غلظت A و B سبب کند شدن روند افزایش شاخص TBA در فیله ماهی قباد طی نگهداری در یخچال می‌شوند که استفاده از غلظت A تاثیر بیشتری داشت. نتایج مطالعه حال حاضر با نتایج مطالعه دیگران در ارتباط با افزودن عصاره نانوکپسول رازیانه بر فیله ماهی فیتوفاگ و افزودن عصاره نانوکپسول رازیانه بر کیلکای چرخ شده همخوانی دارد (Bagheri *et al.*, 2016; Mazandrani *et al.*, 2016). در مطالعه دیگری اثر انتی آکسیدانی عصاره جلبک قهوه‌ای (*Sargassum angustifolium*) بر گوشت چرخ شدهٔ ماهی کیلکای معمولی بررسی شد و به این نتیجه رسیدند که عصاره ۳۰۰ قسمت در میلیون نسبت به غلظت ۶۰۰ قسمت در میلیون و تیمارشاهد تاثیر بیشتری در جلوگیری از روند افزایشی میزان TBA دارد که این نتایج با نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر مطابقت دارد (Babakkhani *et al.*, 2013).

مشخص شده است که مقادیر بسیار زیاد عصاره به دلیل تولید مقادیر بیش از حد رادیکال های آزاد آنتی اکسیدانی، به عنوان یک پرواکسیدان عمل می‌کند

(Halliwell and Chirico, 1993). در تحقیق حاضر نیز احتمالاً عصاره ۳۰۰ قسمت در میلیون برای ازبین بردن رادیکال‌های آزاد کافی می‌باشد. علاوه بر این، اشاره شده است که غلظت بالای چای باعث آپوپتوز در بسیاری از سلول‌ها می‌شود (Raza and John, 2005) که از دیگر اثرات مخرب عصاره‌ها در دوز بالا است.

اسیدهای چرب آزاد (FFA) شاخصی برای سنجش فساد چربی بوده و در طی نگهداری بدلیل هیدروز آنزیمی (لیپاز و فسفولیپاز) گلیسیرید ها، گلیکولیپید ها و فسفولیپیدها ایجاد می شوند و می‌توانند به ترکیبات بدبو فرار تبدیل شوند (Hamilton *et al.*, 1997). در تحقیق حاضر نیز با گذشت زمان میزان اسیدهای چرب آزاد افزایش یافت؛ اما در تیمارها نسبت به شاهد کمتر بود و کمترین میزان افزایش در تیمار A مشاهده شد (جدول ۲). این اختلاف می‌تواند به دلیل عملکرد عصاره در محدود کردن فعالیت آنزیم‌های کاتالیز کننده هیدرولیز چربی باشد (Fan *et al.*, 2008). نتایج تحقیق حاضر با تحقیق دیگران که تاثیر عصاره جلبک قهوه‌ای را روی گوشت چرخ شده کیلکای معمولی طی نگهداری در یخچال را بررسی نمودند مطابقت دارد (Babakkhani *et al.*, 2013).

مجموع بازهای نیتروژنی فرار (TVN) به طور عمومی وابسته به فعالیت و فساد میکروبی اند، به این صورت که بازهای فرار با جدا شدن آمین‌ها از اسیدها توسط آنزیم‌های میکروبی تولید می شوند (Cakli *et al.*, 2005). محتوی TVN شامل دامنه وسیعی از ترکیبات پایه‌ای فرار از جمله آمونیاک، متیل‌آمین، دی متیل آمین، تری متیل آمین و دیگر ترکیبات مشابه است که در اثر فعالیت‌های میکروبی تولید می‌شوند (Rodríguez *et al.*, 2008). TVN برای تعیین سطوح فساد و کیفیت ماهی در طی نگهداری استفاده می‌شود (Rehbein and Oehlenschlager, 2009). حداکثر میزان قابل قبول TVN، ۲۵ میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم گوشت ماهی است (Ojagh *et al.*, 2010). در تحقیق حاضر بیشترین میزان ثبت شده این شاخص در روز دوازدهم و مربوط به نمونه شاهد (۳۲/۳۰ میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم گوشت ماهی) بود که با نمونه‌ها با غلظت‌های A و B اختلاف معنی‌داری داشت. در نهایت نتایج بدست آمده از این مطالعه نشان داد که استفاده از عصاره جلبک گراسیلاریا کورتیکاتا در غلظت‌های A و B روی فیله ماهی قباد نگهداری شده در یخچال باعث جلوگیری از روند افزایشی در شاخص TVN می‌گردد. نتایج به دست آمده با گزارش‌های دیگری که از اسانس پونه کوهی (*Origanum vulgare*) برای نگهداری قزل‌آلای رنگین‌کمان استفاده کردند، مطابقت دارد (Mexis *et al.*, 2009). همچنین نتایج بدست آمده با مطالعه اثر عصاره پوست پرتقال با دو غلظت متفاوت روی فیله ماهی کپور و نیز تاثیر پوشش آلژینات سدیم با عصاره جلبک *Entromorpha spp.* روی فیله ماهی کپور مطابقت دارد (Alibeyghi *et al.*, 2013; Javadian *et al.*, 2015).

همانطور که در جداول ۳ مشخص است، در ابتدای دوره نگهداری همه نمونه‌ها از رنگ، بو و بافت خوب و پذیرش کلی قابل قبولی برخوردار بودند. در طول دوره نگهداری، از میزان مقبولیت نمونه‌ها از نظر مصرف کننده کاسته شد. با توجه به اینکه در این تحقیق نقطه بحرانی مقبولیت هر یک از ویژگی‌ها ۳ در نظر گرفته شد نمونه شاهد از روز نهم در کلیه شاخص‌های حسی به نقطه بحرانی نزد یک و یا از آن عبور کرد در حالی که در نمونه های A و B این اتفاق در روز دوازدهم نگهداری صورت پذیرفت (جدول ۳). در این تحقیق نتایج حاصل از ارزیابی حسی و تحلیل آن نشانگر این مطلب است که استفاده از عصاره جلبک گراسیلاریا کورتیکاتا در افزایش مقبولیت فیله ماهی موثر بوده و بین تیمارها با گروه شاهد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. گزارش شده است که امتیاز حسی در نمونه‌های ماهی کپور نقره‌ای همزمان با افزایش طول دوره کاهش می‌یابد اما ویژگی‌های حسی نمونه‌های تیمار شده با پلی‌فنول‌های چای نمره بالاتری را در مقایسه با تیمارهای غوطه‌ور شده در آب مقطر داشتند (Fan *et al.*, 2008).

نتیجه‌گیری کلی

بطور کلی نتایج این پژوهش نشـــان داد که از میان تیمارهای مختلف (آب مقطر، عصاره ۳۰۰ و ۶۰۰ قسمت در میلیون) عصـــاره ۳۰۰ قســـمت در میلیون جلبک قرمز عملکرد آنتی‌اکسیدانی بهتری دارد و باعث خواص حسی بهتری نیز می‌شـــود. درنتیجه اســـتفاده از این مقدار آن جهت نگهداری ماهی قباد در یخچال توصـــیه می‌شـــود. با این‌حال بررســـی مکانیســـم دقیق این ماده به عنوان آنتی‌اکســـیدان طبیعی و آزمایش‌های تکمیلی توصـــیه می‌شود.

تقدیر و تشکر

از دانشگاه خلیج فارس بخاطر حمایت‌های مالی تشکر می‌شود.

۵. منابع

References

Aguilera-Morales, M., Casas-Valdez, M., Carrillo-Domınguez, S., González-Acosta, B., Pérez-Gil, F. 2005. Chemical composition and microbiological assays of marine algae Enteromorpha spp. as a potential food source. *Journal of food composition and analysis* 18, 79-88.

Alghazeer, R., Saeed, S., Howell, N.K. 2008. Aldehyde formation in frozen mackerel (*Scomber scombrus*) in the presence and absence of instant green tea. *Food chemistry* 108, 801-10.

Alibeyghi, T., Alizadeh, D.E., Zakipour, R.E. 2013. Antioxidant effect of orange peel extract on the quality of common carp (*Cyprinus carpio*) filet during refrigerated storage (4^0C). *Journal of fisheries* 66(2), 185-197.

Arabshahi-Delouee, S., Urooj, A. 2007. Antioxidant properties of various solvent extracts of mulberry (*Morus indica* L.) leaves. *Food chemistry* 102, 1233-40.

Babakhani, A., Farvin, K.S., Jacobsen, C. 2016. Antioxidative effect of seaweed extracts in chilled storage of minced Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*): effect on lipid and protein oxidation. *Food and bioprocess technology* 9, 352-64.

Babakhani, L.A., Rezaei, M., Rezaei, K., Seifabadi, S.J. 2013. The Application of Sargassum (*Sargassum angustifolium*) Extract as a Natural Antioxidant in Chilled Storage of Minced Kilka (*Cultiventris clupeonella*). *Journal of fisheries* 66 (1), 1-13.

Bagheri, R., Izadi Amoli, R., Tabari Shahndasht, N., Shahosseini, S.R. 2016. Comparing the effect of encapsulated and unencapsulated fennel extracts on the shelf life of minced common kilka (*Clupeonella cultriventris caspia*) and *Pseudomonas aeruginosa* inoculated in the mince. *Food science & nutrition* 4, 216-22.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.-E., Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology* 28, 25-30.

Byrne, K., Zuccarello, G.C., West, J., Liao, M.L., Kraft, G.T. 2002. Gracilaria species (Gracilariaceae, Rhodophyta) from southeastern Australia, including a new species, *Gracilaria perplexa* sp. nov.: morphology, molecular relationships and agar content. *Phycological research* 50, 295-311.

Cakli, S., Taskaya, L., Kisla, D., Çelik, U., Ataman, C.A., Cadun, A., Kilinc, B., Maleki, R.H. 2005. Production and quality of fish fingers from different fish species. *European Food Research and Technology* 220, 526-30.

Connell, J.J. 1975. Control of fish quality. Fishing News (Books) Limited. From: Anybook Ltd. (Lincoln, United Kingdom). Published by Wiley-Blackwell.

Egan, H., Kirk, R.S., Sawyer, R. 1981. Pearson's Chemical Analysis of Foods. 8th Edition, Churchill Livingstone, London, New York.

Ersoy, B., Aksan, E., Özeren, A. 2008. The effect of thawing methods on the quality of eels (*Anguilla anguilla*). *Food chemistry* 111, 377-80.

Eun, J.B., Boyle, J.A., Hearnsberger, J.O. 1994. Lipid Peroxidation and Chemical Changes in Catfish (*lctalurus puncfatus*) Muscle Microsomes during Frozen Storage. *Journal of Food Science* 59, 251-5.

Fan, W., Chi, Y., Zhang, S. 2008. The use of a tea polyphenol dip to extend the shelf life of silver carp (*Hypophthalmicthys molitrix*) during storage in ice. *Food chemistry* 108, 148-53.

Farvin, K.S., Jacobsen, C. 2013. Phenolic compounds and antioxidant activities of selected species of seaweeds from Danish coast. *Food chemistry* 138, 1670-81.

Gao, W., Liu, Y.J., Tian, L.X., Mai, K.S., Liang, G.Y., Yang, H.J., Huai, M.Y., Luo, W.J. 2010. Effect of dietary carbohydrate-to-lipid ratios on growth performance, body composition, nutrient utilization and hepatic enzymes activities of herbivorous grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Aquaculture Nutrition* 16, 327-33.

Goulas, A.E., Kontominas, M.G. 2005. Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes. *Food chemistry* 93, 511-20.

Gupta, S., Abu-Ghannam, N. 2011. Recent developments in the application of seaweeds or seaweed extracts as a means for enhancing the safety and quality attributes of foods. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 12, 600-9.

Halliwell, B., Chirico, S. 1993. Lipid peroxidation: its mechanism, measurement, and significance. *The American journal of clinical nutrition* 57, 715S-25S.

Hamilton, R.J., Kalu, C., Prisk, E., Padley, F., Pierce, H. 1997. Chemistry of free radicals in lipids. *Food chemistry* 60, 193-9.

Javadian, S., Gharibi, F., Soltani S., Bahram, S. 2015. The effects of antibacterial and antioxidant activities of sodium alginate incorporated with entromorpha SP. Extract on Common carp (*Cyprinus carpio*) filet during chilled storage. *Journal Of Aquatic Animals & Fisheries.* 6(21), 23-35.

Karaçam, H., Boran, M. 1996. Quality changes in frozen whole and gutted anchovies during storage at− 18 ^{0}C. *International journal of food science & technology* 31, 527-31.

Ladikos, D., Lougovois, V. 1990. Lipid oxidation in muscle foods: A review. *Food chemistry* 35, 295-314.

Lin, C.-C., Lin, C.-S. 2005. Enhancement of the storage quality of frozen bonito fillets by glazing with tea extracts. *Food control* 16, 169-75.

Matsukawa, R., Dubinsky, Z., Kishimoto, E., Masaki, K., Masuda, Y., Takeuchi, T., Chihara, M., Yamamoto, Y., Niki, E., Karube I. 1997. A comparison of screening methods for antioxidant activity in seaweeds. *Journal of applied phycology* 9, 29.

Mazandrani, H.A., Javadian, S. Bahram, S. 2016. The effect of encapsulated fennel extracts on the quality of silver carp fillets during refrigerated storage. *Food science & nutrition* 4, 298-304.

Mexis, S., Chouliara, E., Kontominas, M. 2009. Combined effect of an O_2 absorber and oregano essential oil on shelf-life extension of Greek cod roe paste (*tarama salad*) stored at 4 ^{0}C. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 10, 572-9.

Ojagh, S.M., Rezaei, M., Razavi, S.H., Hosseini, S.M.H. 2010. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food chemistry* 120, 193-8.

Orak, H.H., Kayisoglu, S. 2008. Quality changes in whole, gutted and filleted three fish species (*Gadus euxinus, Mugil cephalus, Engraulis encrasicholus*) at frozen storage period (-26 ^{0}C). *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* 7, 15-28.

Özogul, Y., Özyurt, G., Özogul, F., Kuley, E., Polat A. 2005. Freshness assessment of European eel (*Anguilla anguilla*) by sensory, chemical and microbiological methods. *Food chemistry* 92, 745-51.

Özyurt, G., Polat, A., Tokur, B. 2007. Chemical and sensory changes in frozen (− 18° C) wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*) captured at different fishing seasons. *International journal of food science & technology* 42, 887-93.

Pacheco-Aguilar, R., Lugo-Sánchez, M., Robles-Burgueño, M. 2000. Postmortem biochemical and functional characteristic of Monterey sardine muscle stored at 0 ^{0}C. *Journal of Food Science* 65, 40-7.

Pang, J.-R., Goh, V.M.-J., Tan, C.-Y., Phang, S.-M., Wong, K.-H., Yow, Y.-Y. 2018. Neuritogenic and in vitro antioxidant activities of Malaysian *Gracilaria manilaensis* Yamamoto & Trono. *Journal of applied phycology* 30, 3253-60.

Qi, H., Zhao, T., Zhang, Q., Li, Z., Zhao, Z., Xing, R. 2005. Antioxidant activity of different molecular weight sulfated polysaccharides from *Ulva pertusa* Kjellm (Chlorophyta). *Journal of applied phycology* 17, 527-34.

Raza, H., John, A. 2005. Green tea polyphenol epigallocatechin-3-gallate differentially modulates oxidative stress in PC12 cell compartments. *Toxicology and applied pharmacology* 207, 212-20.

Rehbein, H., Oehlenschlager, J. 2009. Fishery products: quality, safety and authenticity. Chichester, West Sussex, UK. Wiley-Blackwell, John Wiley and Sons, Ltd., Publication, 477 pages.

Rodríguez, A., Carriles, N., Cruz, J.M. Aubourg, S.P. 2008. Changes in the flesh of cooked farmed salmon (*Oncorhynchus kisutch*) with previous storage in slurry ice (− 1.5 ^{0}C). *LWT-Food science and Technology* 41, 1726-32.

Ruberto, G., Baratta, M.T. 2000. Antioxidant activity of selected essential oil components in two lipid model systems. *Food chemistry* 69, 167-74.

Souza, B.W., Cerqueira, M.A., Bourbon, A.I., Pinheiro, A.C., Martins, J.T., Teixeira, J.A., Coimbra, M.A., Vicente, A.A. 2012. Chemical characterization and antioxidant activity of sulfated polysaccharide from the red seaweed *Gracilaria birdiae*. *Food Hydrocolloids* 27, 287-92.

Takeungwongtrakul, S., Benjakul, S., Aran, H. 2012. Lipids from cephalothorax and hepatopancreas of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*): Compositions and deterioration as affected by iced storage. *Food chemistry* 134, 2066-74.

Thiruchelvi, R., Balashanmugam, P. 2018. Evaluation of antibacterial, antioxidant, and anticancer potentials from marine red Algae *Gracilaria Corticata*. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. 11(7), 347-350.

Tsironi, T., Dermesonlouoglou, E., Giannakourou, M., Taoukis, P. 2009. Shelf life modelling of frozen shrimp at variable temperature conditions. *LWT-Food science and Technology* 42, 664-71.

Yingyuad, S., Ruamsin, S., Reekprkhon, D., Douglas, S., Pongamphai, S., Siripatrawan, U. 2006. Effect of chitosan coating and vacuum packaging on the quality of refrigerated grilled pork. *Packaging technology and science: An international journal* 19, 149-57.