

(Original Research Paper)

The Effect of Adding Macroalgae *Caulerpa sertulariodes* and *Gracillaria corticata* on the Physicochemical, Shelf Life, and Sensory Properties of Cake Samples during the Storage Period

Mahnaz Sadat Hasani Attar¹, Sepideh Bahrami^{2*}, Maryam Moslehi Shad³

1. M.Sc Student of Food Science and Technology, Safadasht Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Safadasht Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Safadasht Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received: 21/08/2023

Accepted: 23/10/2023

Doi: [10.71810/jfst.2024.1004806](https://doi.org/10.71810/jfst.2024.1004806)

Abstract

Green algae (*Caulerpa sertulariodes*) and red algae (*Gracillaria corticata*) are two different types of seaweed with high nutritional value. In the present study, different concentrations (0, 1, 1.5, and 2%) of two algae species, *C. sertulariodes* and *G. corticata*, were used independently in the cake samples. Then the samples were evaluated in terms of sensory, physicochemical, antioxidant properties, and total phenol content (TPC), as well as in terms of oxidative stability by the parameters of peroxide value (PV) and thiobarbituric acid index (TBARS) during the 30-day storage period. Sensory evaluation results showed that cake samples containing 1.5% macroalgae powder were more acceptable than the other two concentrations in all evaluation parameters ($p < 0.05$). Adding 1.5% of macroalgae powder to the cake samples caused a significant increase in acidity, moisture, ash, protein, and fiber compared to the control sample ($p < 0.05$). Adding two algae powders and increasing storage time caused a significant decrease in the L^* and b^* indices of cake samples ($p < 0.05$). Cake samples containing *C. sertulariodes* and *G. corticata* had higher TPC and antioxidant capacity than the control sample. The amount of PV and TBARS over time in the cake samples containing *C. sertulariodes* and *G. corticata* was lower than the control sample throughout the entire storage period. According to the results, it can be stated that the use of seaweed in the production of healthy foods can ensure the food security of the people in a society.

Keywords: Cake, Macroalgae, Sensory Properties, Antioxidant Activity, *Calerpa sertulariodes*, *Gracilaria corticata*.

*Corresponding Author: sepideh.bahrami@iau.ac.ir

(مقاله پژوهشی)

اثر ماکرو جلبک‌های کالریا سرتولاریودس (*Caulerpa sertulariodes*) و گراسیلاریا کورتیکاتا (*Gracillaria corticata*) بر خصوصیات فیزیکی شیمیایی، ماندگاری و حسی نمونه‌های کیک روغنی

مهناز السادات حسنی عطار^۱، سپیده بهرامی^{۲*}، مریم مصلحی شاد^۳

۱- دانشجوی کارشناس ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد صفادشت، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد صفادشت، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد صفادشت، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۰۱

Doi: [10.71810/jfst.2024.1004806](https://doi.org/10.71810/jfst.2024.1004806)

چکیده

جلبک سبز (*Caulerpa Sertulariodes*) و جلبک قرمز (*Gracillaria Corticata*)، دو گونه متفاوت از جلبک‌های دریایی با ارزش غذایی بالا هستند. در مطالعه حاضر از غلظت‌های مختلف (۰، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد) دو گونه جلبک *C. Sertulariodes* و *G. Corticata* به صورت مستقل در نمونه‌های کیک روغنی استفاده گردید. سپس نمونه‌ها از نظر ویژگی‌های حسی، فیزیکی-شیمیایی، خواص آنتی‌اکسیدانی و محتوای فنل تام (TPC)، و همچنین از نظر پایداری اکسیداتیو توسط پارامترهای عدد پراکسید (PV) و شاخص تیوباریتوریک اسید (TBARS) طی ۳۰ روز دوره نگهداری با فواصل ۱۰ روزه مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که نمونه‌های کیک حاوی ۱/۵ درصد پودر ماکرو جلبک نسبت به دو غلظت دیگر در تمام پارامترهای ارزیابی از مقبولیت بالاتری برخوردار بودند ($p < 0.05$). افزودن ۱/۵ درصد پودر ماکرو جلبک به نمونه‌های کیک افزایش معنی‌داری در میزان اسیدیته، رطوبت، خاکستر، پروتئین و فیبر نسبت به نمونه شاهد ایجاد کردند ($p < 0.05$). افزودن پودر دو جلبک و افزایش زمان نگهداری باعث کاهش معنی‌داری در شاخص‌های L^* ، b^* و a^* نمونه‌های کیک شدند ($p < 0.05$). نمونه‌های کیک حاوی *C. Sertulariodes* و *G. Corticata* دارای TPC و خواص آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به نمونه شاهد بودند. میزان PV و TBARS با گذشت زمان در نمونه‌های کیک حاوی *C. Sertulariodes* و *G. Corticata* در تمام دوره نگهداری از میزان پایین‌تری نسبت به نمونه شاهد برخوردار بودند. با توجه به نتایج می‌توان اظهار نمود که می‌توان از جلبک‌های دریایی در تولید غذاهای سلامتی‌بخش با ویژگی‌های حسی و ماندگاری مطلوب استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: کیک، ماکرو جلبک، خواص حسی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کالریا سرتولاریودس، گراسیلاریا کورتیکاتا.

۱-مقدمه

در میان محصولات غلات، انواع کیک به دلیل خواص حسی مطلوب مورد استقبال و پسند مصرف کنندگان قرار می گیرند. کیک یک ماده غذایی انرژی زا است که حاوی مقادیر بسیار بالای کالری، کربوهیدرات و چربی می باشد و دارای میزان پروتئین کمتری است. بیشتر ویتامین کیک ها از شیر و تخم مرغ موجود در داخل آن تأمین می شود، این ویتامین ها شامل ویتامین های E، A، D، و B12 می باشد، از طرفی بیشترین مواد معدنی موجود در کیک نیز ترکیبات روی و کلسیم هستند (۱۸). جایگزینی آرد گندم با مواد عملکردی مختلف منجر به تغییرات قابل توجهی در خواص کمی و کیفی محصولات پخت نهایی می شود که به طور مستقیم بر خواص عملکردی مانند افزایش ظرفیت نگهداری آب، تثبیت، بافت دهی، غلیظ شدن و ظرفیت های ژل سازی تأثیر می گذارد. جایگزینی جزئی تا کامل آرد گندم جهت تولید محصول مغذی تر مطلوب است. استفاده از ترکیبات گیاهی اثرات قابل توجهی در بهبود ارزش غذایی، جنبه های فیزیکی، حسی و ویژگی های میکروبی خمیر و کیک دارند. این اثرات مربوط به منبع گیاهی، مقدار آن و همچنین سایر پارامترها از جمله سایر ترکیبات کیک (آب، روغن، آرد و غیره)، روش تهیه خمیر و عملیات حرارتی است (۴۲). تاکنون در حدود ۸۰۰۰ گونه جلبک ماکروسکوپی شناسایی شده است که در امتداد سواحل و تا عمق ۲۷۰ متری گسترده شده اند (۸). ماکرو جلبک های دریایی بر اساس وجود و نوع رنگدانه ها، ساختار خارجی و داخلی و تولید مثل به طور کلی به سه شاخه اصلی جلبک های ماکروسکوپی سبز (*Chlorophyta*)، قرمز (*Rhodophyta*) و قهوه ای (*Phaeophyta*) طبقه بندی می شوند (۳۶). جلبک کالریا سرتولاریودس (*Caulerpa sertulariodes*) نوعی جلبک سبز است که به شکل بومی در خلیج فارس رشد

می کند. این جلبک اتوتروف بوده و از طریق فتوسنتز انرژی خود را کسب می کند، به همین خاطر در اعماق کم آب های گرم مناطق استوایی و نیمه استوایی، نزدیک سواحل و بر روی صخره های مرجانی که شدت نور خورشید در آن ها زیادتر است، یافت می شود (۱۶). جلبک های این گونه دارای ویتامین C، ویتامین E، کلروفیل، کاروتنوئیدها، زانتوفیل و لوتئین می باشند. همچنین جلبک های این گونه منبع خوبی از فیبر و حاوی مواد معدنی نسبتاً کامل هستند و حاوی اجزای متابولیت ثانویه منحصر به فردی از جمله کاتچین (فلاوانول) به نام های گالوکاتچین، اپی کاتچین و کاتچین گالات به عنوان یک آنتی اکسیدان می باشند (۵۰). در میان جلبک های قرمز، جنس *گراسیلاریا* (*Gracilaria*) حاوی تنوع گسترده ای از محتویات ارزشمند برای تغذیه انسان است و یکی از با ارزش ترین جلبک های دریایی در جهان محسوب می شود. جلبک *گراسیلاریا کورتیکاتا* از نظر تجاری مهم می باشد و معمولاً در هند به عنوان جلبک های دریایی خوراکی مصرف می شود. این جلبک دارای فعالیت های بیولوژیکی بالایی (ترکیب نزدیک، اثرات آنتی اکسیدانی، ضد باکتریایی و نگهدارنده زیستی در غذاهای دریایی در طول نگهداری و ماندگاری طولانی تر نسبت به سایر گونه های *گراسیلاریا* است (۴۱). با توجه به محتوای پروتئین، فراوان ترین اسیدهای آمینه موجود در گونه های این جلبک شامل آسپارتیک اسید، آلانین، اسید گلوتامیک و گلوتامین می باشند، همچنین منبع خوبی از فیبرهای غذایی محلول و نامحلول هستند، بنابراین می توان آن را به عنوان یک جایگزین بالقوه برای فیبر مبتنی بر غلات استفاده کرد و در نتیجه به مدیریت وزن، بهبود عملکردهای قلبی عروقی و گوارشی و پیشگیری از سرطان کمک می کند (۵). بررسی های مختلفی در زمینه تأثیر ماکرو جلبک ها بر محصولات مختلف غلات صورت

پذیرفته که از جمله می‌توان به کوکی‌های تولید شده با ریزجلبک‌های متعدد در مقایسه با شاهد، محتوای فنلی کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای پروتئین بالاتری داشتند (۹)، اشاره نمود. افزودن مکمل جلبک دریایی سبز کالریا راسموسا (*Caulerpa racemosa*) در بیسکویت‌های نیمه شیرین منجر به افزایش محتوای فنلی و فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی گردید (۲۵). همچنین بیسکویت‌های حاوی اسپیرولینا دارای ترکیبات فنلی بیشتر و مقادیر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به شاهد بوده و با افزایش میزان اسپیرولینا (۰، ۱، ۳ و ۶ درصد) محتوای آن‌ها افزایش یافت؛ علاوه بر این، افزودن اسپیرولینا باعث کاهش تغییرات اکسیداتیو بیسکویت در طول ذخیره‌سازی شد (۳۱). بنابراین، هدف از این پژوهش بررسی امکان افزودن ماکرو جلبک‌های کالریا-سرتولاریودس و گراسیلاریا کورتیکاتا به کیک جهت کنترل اکسیداسیون لیپید طی دوره نگهداری و ارائه فرمولاسیون جدید در صنعت فرآورده‌های قنادی و تعیین میزان مناسب آنها با توجه به ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی و حسی نمونه‌های کیک می‌باشد.

۲-مواد و روشها

۲-۱-مواد

مواد اولیه برای تولید کیک شامل آرد سفید گندم (شرکت تک)، شکر (نیک گوهر)، شیر خشک (پگاه)، روغن مایع (لادن)، بیکینگ پودر (هرمین) و تخم مرغ (تلاونگ) بود. دو نمونه جلبک کالریا و گراسیلاریا از شرکت توسعه ذخایر زیستی جلبک‌های فارس خریداری شد. مواد شیمیایی مورد استفاده با گرید آنالیتیکال جهت بررسی خصوصیات کیفی از جمله متانول، استیک اسید، کلروفرم، پترولیوم اتر و الکل اتیلیک (شرکت دکتر مجلی، ایران)، سولفوریک اسید، معرف فولین-سیوکالتیو و معرف تیوباریتوریک اسید

(شرکت سیگما-آلدریچ، آمریکا)، تیوسولفات سدیم، معرف DPPH، یدید پتاسیم، قرص کاتالیزور، هیدروکسید سدیم، بوریک اسید، پرکلریک اسید، کربنات سدیم و گالیک اسید (شرکت مرک، آلمان) بودند.

۲-۲-تولید کیک

اجزای تشکیل‌دهنده کیک با مقدار به کار برده شده در فرمولاسیون طی جدول (۱) گزارش شده‌است. به منظور تولید خمیر کیک، در ابتدا روغن مایع، شکر و تخم مرغ با استفاده از یک همزن برقی (PHILIPS, HR3745/01, Netherlands) به سرعت ۱۲۸ دور در دقیقه مخلوط شد تا یک مخلوط کرم رنگ ایجاد گردید در ادامه آب به مخلوط اضافه و عمل همزدن ادامه یافت. سپس به آرد سفید گندم، بیکینگ پودر و وانیل اضافه و الک گردید و به تدریج شیر خشک کم چرب به مخلوط اضافه شدند. در مطالعه حاضر از پودر دو ماکرو جلبک کالریا سرتولاریودس و گراسیلاریا کورتیکاتا در سه سطح (۱، ۱/۵ و ۲ درصد) به صورت جداگانه در کیک استفاده گردید و همراه با آرد گندم به مخلوط اضافه شد. لازم به ذکر است که انتخاب این سطح از ماکرو جلبک‌ها بر اساس مطالعه Shahbazizadeh و همکاران (۲۰۱۵) با کمی تغییرات صورت پذیرفت (۴۸)، بدین صورت که در مطالعه حاضر از غلظت بالاتر ماکرو جلبک (۲ درصد) استفاده گردید و غلظت ۰/۵ درصد که در مطالعه آن‌ها بررسی شده بود در این مطالعه حذف گردید؛ علت این تغییرات در غلظت جهت بررسی استفاده از غلظت بالاتر در ویژگی‌های حسی محصول نهایی بود. نمونه شاهد بدون افزودن پودر ماکرو جلبک‌ها در نظر گرفته شد. بعد از آماده‌سازی خمیر کیک، مخلوط به کاغذهای مخصوص کیک که درون قالب‌ها قرار گرفته، ریخته شد. سپس قالب‌های حاوی

بسته بندی شدند. به دلیل طعم منحصر به فرد جلبک ها، نمونه های کیک قبل از ارزیابی خصوصیات کیفی، مورد ارزیابی حسی قرار گرفتند سپس نمونه های کیک حاوی جلبک با امتیاز حسی بالاتر، جهت خصوصیات فیزیکی- شیمیایی انتخاب شده و طی دوره ۳۰ روزه (روز اول، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز) در دمای محیط نگهداری شدند.

خمیر کیک به فر برقی (Bosch, HBF534EB0Q, Germany) با جریان هوای داغ در دمای ۱۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۶۰ دقیقه منتقل گردید تا عملیات پخت صورت پذیرد. بعد از سپری شدن زمان پخت، نمونه های کیک از فر خارج شده و تا سرد شدن کامل کیک ها در دمای محیط قرار گرفتند و بعد از سرد شدن کامل نمونه ها در کیسه های پلی اتیلنی با قطر ۴ میکرون

جدول ۱- فرمولاسیون کیک تولید شده در مطالعه حاضر

اجزای تشکیل دهنده (گرم)	نمونه شاهد	پودر ماکرو جلبک کالریا و گراسیلاریا (به صورت مستقل)		
		۱٪	۱/۵٪	۲٪
آرد سفید گندم	۶۰	۵۹/۴	۵۹/۱	۵۸/۸
شکر	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰
روغن مایع	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰
شیر خشک	۴	۴	۴	۴
بیکنینگ پودر	۲	۲	۲	۲
وانیل	۴	۴	۴	۴
نمک	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
تخم مرغ	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵
آب	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵
جلبک	-	۰/۶	۰/۹	۱/۲

الکتریکی (فن آزما گستر، ایران) با دمای ۹۵۰ درجه سلسیوس و میزان فیبر تام در نمونه های جلبک تعیین گردید (۳۰).

۲-۴- ارزیابی حسی نمونه های کیک

برای ارزیابی ویژگی های حسی نمونه های کیک، از روش هدونیک ۵ نقطه ای استفاده گردید به منظور انجام آزمون، نمونه های کیک در روز اول تولید توسط شش نفر از افراد آموزش دیده و متخصص از لحاظ رنگ، طعم، بافت، بو و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این آزمون میزان رضایت افراد از ویژگی های حسی نمونه های کیک به

۲-۳- بررسی خصوصیات فیزیکی- شیمیایی ماکرو جلبک ها

تعیین محتوای رطوبت با استفاده از آون (فن آزما گستر، ایران) ۱۰۵ درجه سلسیوس به مدت ۲ ساعت، محتوای پروتئین با استفاده از روش کجالدال (Kjeldahl) با اعمال ضریب تبدیل ۶/۲۵ و میزان چربی از روش سوکسله با استفاده از حلال با سمیت پایین مانند ان-هگزان انجام شد؛ همچنین تعیین فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه های جلبک به روش DPPH توسط اسپکتروفتومتر (Vantaa- Multiskan GO, Finland) در طول موج ۵۱۷ نانومتر صورت پذیرفت (۳۸). میزان خاکستر توسط کوره

صورت امتیازهای (۱: خیلی ضعیف، ۲: ضعیف، ۳: متوسط، ۴: خوب، ۵: خیلی خوب) گردآوری و ارزیابی شد.

۲-۵- بررسی خصوصیات فیزیکی-شیمیایی نمونه‌های کیک

خصوصیات فیزیکی- شیمیایی نمونه‌های کیک مطابق با استاندارد AACC (۲۰۰۰) که میزان pH و اسیدیته به شماره ۵۲-۰۲، محتوای رطوبت نمونه‌ها مطابق با شماره ۴۴-۱۶ در آون ۱۱۰ درجه سلسیوس به مدت ۵ ساعت، میزان خاکستر مطابق با شماره ۰۱-۰۸ به مدت ۶ ساعت در کوره الکتریکی در ۵۵۰-۶۰۰ درجه سلسیوس و اندازه‌گیری فیبر خام به شماره ۳۲-۱۰ انجام گردید (۱۵). برای اندازه‌گیری پروتئین نمونه‌ها از استاندارد AOAC (۲۰۰۵) به شماره 2001.11 توسط روش کللال در سه مرحله هضم، تقطیر و تیراسیون استفاده گردید (۳).

۲-۶- ارزیابی شاخص رنگ (L^* ، a^* و b^*)

جهت تعیین شاخص‌های رنگی نمونه‌های کیک از دستگاه هانتربل (Hunter lab-Color flex ez, USA) استفاده گردید. آزمون برای هر نمونه ۳ بار تکرار شد. میزان شاخص‌های رنگی نمونه‌ها به کمک بازتاب رنگ نمونه‌ها بر روی رنگ سنج هانتربل به صورت پارامترهای L^* (روشنایی)، b^* (زردی - آبی) و a^* (قرمزی - سبزی) اندازه‌گیری شد. همچنین C^* شاخص خلوص رنگ که از رابطه (۱) محاسبه گردید (۷).

رابطه (۱)

$$\text{Chroma: } C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

۲-۷- محتوای فنل کل (TPC)

جهت تعیین محتوای فنل کل (TPC)، پنج گرم نمونه با ۲۵ میلی‌لیتر متانول (Merck, Germany) مخلوط و به مدت یک ساعت تکان داده شد. مخلوط در ۴۰۰۰ xg به مدت ۱۰

دقیقه در دمای اتاق سانتریفیوژ (LABINCO, L46, Netherlands) شد و مایع رویی جمع‌آوری و با کاغذ صافی Whatman شماره ۱ فیلتر شد. نمونه فیلتر شده به مقدار ۰/۵ میلی‌لیتر و ۲/۵ میلی‌لیتر محلول فولین سیوکالتیو (Sigma-Aldrich, USA) به مدت ۱۰ دقیقه مخلوط شدند، سپس ۲ میلی‌لیتر محلول کربنات سدیم (Merck, Germany) ۷/۵ درصد اضافه شد. مخلوط به مدت ۳۰ دقیقه تکان داده شد و سپس جذب در طول موج ۷۶۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر UV-Vis قرائت شد. TPC یک نمونه به صورت میلی گرم معادل گالیک اسید (GAE) در هر گرم نمونه بیان شد (۱۴).

۲-۸- تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی

جهت تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های کیک از روش مهار رادیکال‌های آزاد DPPH استفاده شد. در ابتدا یک گرم از نمونه کیک به صورت پودر شده به همراه ۱۰ میلی‌لیتر متانول، مخلوط و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق و به دور از روشنایی نگهداری گردید. سپس مایع رویی از قسمت ته‌نشین شده جدا و به مدت ۱۰ دقیقه با دور بالا سانتریفیوژ گردید. یک میلی‌لیتر از قسمت شفاف رویی (عصاره نمونه) با ۴ میلی‌لیتر متانول ۹۰ درصد و یک میلی‌لیتر محلول متانول DPPH (Merck, Germany) (۰/۰۰۴ درصد) مخلوط و به مدت نیم ساعت در جای تاریک قرار داده شد. برای تعیین میزان جذب محلول در ابتدا اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر با متانول کالیبره شده و سپس جذب نمونه‌ها در همان طول موج اندازه‌گیری شد و مطابق با رابطه (۲) درصد مهارکنندگی محاسبه گردید.

رابطه (۲)

$$\text{DPPH} = 100 \times \frac{A_c - A_s}{A_c} = \text{درصد مهارکنندگی رادیکال DPPH}$$

که در آن؛ A_S میزان جذب نمونه و A_C میزان جذب شاهد می باشد (۴).

۹-۲- تعیین عدد پراکسید (PV)

برای اندازه گیری عدد پراکسید (PV) نمونه های کیک، ابتدا مقدار دو گرم از چربی نمونه های کیک استخراج شده و در یک فلاسک ۲۵۰ میلی لیتری ریخته شد. سپس ۳۰ میلی لیتر اسید استیک و محلول کلروفرم (نسبت حجم ۲:۳ استیک اسید به کلروفرم) اضافه شد. همچنین مقدار ۰/۵ میلی لیتر محلول اشباع یدید پتاسیم (Merck, Germany) در محلول گنجانده شده و به مدت ۱ دقیقه در یک مکان تاریک نگهداری شد. سپس ۳۰ میلی لیتر آب مقطر را به محلول اضافه می کنیم در این مرحله محلول به دست آمده رنگ زرد دارد که باید تا بی رنگ شدن، تیتراسیون ادامه یابد برای این منظور چند قطره معرف چسب نشاسته به محلول اضافه گردید. نمونه آماده شده را که رنگ تیره ای دارد با تیوسولفات سدیم (Merck, Germany) ۰/۰۱ تا زمان بی رنگ شدن تیتراژ گردید سپس مقدار PV با توجه به رابطه (۳) محاسبه شد:

رابطه (۳)

$$PV \text{ (meq O}_2\text{/kg)} = \frac{N \times V \times 100}{W}$$

که در آن، N ، V و W به ترتیب مربوط به نرمالیه تیوسولفات سدیم، حجم تیوسولفات سدیم مصرفی برای تیتراسیون و وزن چربی نمونه بر حسب گرم می باشد (۳۴).

۲-۱۰- شاخص تیوباربیتوریک اسید (TBARS)

جهت بررسی شاخص تیوباربیتوریک اسید (TBARS) پنج گرم از نمونه با ۲۰ میلی لیتر اسید پرکلریک ۴ درصد (Merck, Germany) و ۰/۲۵ میلی لیتر هیدروکسی تولوئن بوتیل (Merck, Germany) در هموژنایزر همگن و سپس فیلتر شد. نمونه فیلتر شده حاضر با معرف TBA (Sigma-Fan Gostar, USA) در یک حمام آب گرم (Aldrich, USA) در دمای ۸۰ درجه سلسیوس به مدت یک ساعت قرار داده و سپس خنک شد. سپس میزان جذب نمونه در طول موج ۵۳۸ نانومتر قرائت شد. برای منحنی کالیبراسیون از ۱،۱۳،۳،۳،۳ تتراتوکسی پروپان استفاده شد. شاخص TBARS در دوره های زمانی تعیین شده اندازه گیری شد و بر حسب مالون دی آلدئید (MDA) میلی گرم بر کیلوگرم بیان شد (۱۱).

۲-۱۱- تجزیه و تحلیل آماری

تمامی آزمون ها در سه تکرار انجام شد و از جداول تجزیه و تحلیل آنالیز واریانس استفاده شد. سپس آزمون مقایسه میانگین تکرارها در دو گروه مستقل از آزمون t test و در بیش از دو گروه مستقل در قالب آزمون دانکن در سطح معنی داری ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفت. به علاوه به منظور بررسی معنادار بودن اثر زمان بر متغیرها روش مدل خطی تعمیم یافته GLM مورد استفاده قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده ها به استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ صورت گرفت. جهت رسم نمودارها از Microsoft Excel نسخه ۲۰۱۶ استفاده گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خصوصیات فیزیکی-شیمیایی ماکرو جلبک کالریا

سرتولاریودس و گراسیلاریا کورتیکاتا

براساس نتایج جدول (۲)، ماکرو جلبک گراسیلاریا از میزان فیبر (۲/۸۷ درصد) و خاکستر (۴/۱۵ درصد) بالاتری

نسبت به ماکرو جلبک کالریا برخوردار است، در حالی که ماکرو جلبک کالریا دارای پروتئین (۱۰/۴ درصد) و فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۷۴/۶۵ درصد) بالاتری بود. اما از نظر میزان رطوبت، pH، اسیدیته و چربی اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ($p > 0.05$).

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی- شیمیایی ماکرو جلبک‌های کالریا سرتولاریودس و گراسیلاریا کورتیکاتا*

پارامتره	کالریا سرتولاریودس	گراسیلاریا کورتیکاتا
خاکستر (درصد)	$3/15 \pm 0/01^{b**}$	$4/15 \pm 0/38^a$
رطوبت (درصد)	$10/76 \pm 0/45^a$	$10/55 \pm 0/51^a$
فیبر (درصد)	$1/91 \pm 0/27^b$	$2/87 \pm 0/94^a$
pH	$7/24 \pm 0/8^a$	$7/56 \pm 0/47^a$
اسیدیته	$0/385 \pm 0/04^a$	$0/402 \pm 0/046^a$
فعالیت آنتی‌اکسیدانی (درصد)	$74/65 \pm 0/82^a$	$68/25 \pm 0/24^b$
چربی (درصد)	$1/11 \pm 0/83^a$	$1/21 \pm 0/62^a$
پروتئین (درصد)	$10/4 \pm 0/47^a$	$9/48 \pm 0/72^b$

* داده‌ها بر حسب (میانگین $\pm$ انحراف معیار) در سه تکرار گزارش شده است.

**حروف کوچک (a-b) مشابه در هر ردیف نشان دهنده عدم اختلاف معنادار ($p < 0.05$) بر اساس آزمون t-test بین داده‌ها است.

طیف گسترده‌ای از اجزای تغذیه‌ای مانند پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه، چربی‌ها و اسیدهای چرب، ویتامین‌ها و مواد معدنی از نظر بیولوژیکی فعال‌تر هستند و می‌توانند خواص ارزشمندی برای سلامتی داشته باشند. این مولکول‌های گرفته شده از منابع طبیعی از جمله ماکرو جلبک‌ها برای فعالیت‌های بیولوژیکی در مناطق مختلف مورد سنجش قرار گرفته‌اند (۳۸). جلبک‌های دریایی حاوی ۴ درصد لیپید هستند که دارای محتوای نسبتاً پائینی از اسیدهای چرب اشباع شده و همچنین مقدار قابل توجهی اسیدهای چرب غیر اشباع می‌باشند. میزان و ترکیب لیپیدها در جلبک‌های دریایی با توجه به موجودیت طبقه‌بندی، فصل، مناطق جغرافیایی و شرایط رشد متغیر است (۲۲). در مطالعه‌ای دیگر تعدادی از انواع جلبک‌های قرمز، سبز و قهوه‌ای مورد

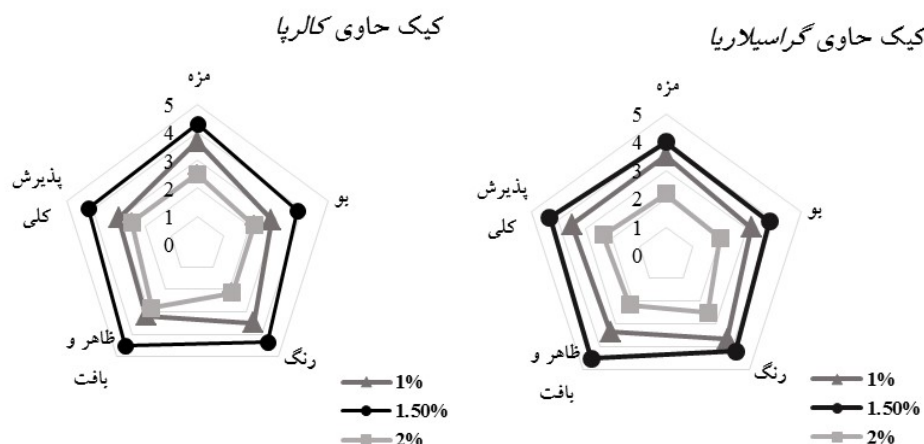
بررسی قرار گرفتند که نتایج نشان دهنده وجود اسیدهای چرب موجود در جلبک‌های دریایی از جمله پالمیتیک اسید و اولئیک اسید بود همچنین در بررسی‌ها آن‌ها مشاهده گردید که جلبک‌های دریایی حاوی اسیدهای چرب ضروری C18:2 (لینولئیک اسید) و C18:3 (لینولئیک اسید) بودند (۳۰). بنابراین میزان چربی موجود در دو ماکرو جلبک مورد بررسی در مطالعه حاضر می‌تواند به دلیل حضور اسیدهای چرب باشد. در مطالعه‌ای ترکیبات تقریبی (رطوبت، پروتئین و محتوای چربی) دو جلبک دریایی گراسیلاریا کورتیکاتا و هالیمدا آپونیتا (*Halimeda opuntia*) مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج آن‌ها نشان داد پروتئین، و چربی کل در گراسیلاریا کورتیکاتا در مقایسه با جلبک دیگر بالاتر بود (۳۸). در مطالعه‌ای تعدادی از

انواع جلبک‌های قرمز، سبز و قهوه‌ای از نظر ترکیبات شیمیایی مورد بررسی قرار گرفت که یکی از این جلبک‌ها *Gracillaria* بود؛ نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که این جلبک حاوی $5/1 \text{ g}/100\text{g}$ رطوبت، $35/2 \text{ g}/100\text{g}$ خاکستر، $45/9 \text{ g}/100\text{g}$ فیبر و $16/8 \text{ g}/100\text{g}$ پروتئین بود (۳۰) که در مقایسه با مطالعه حاضر از میزان خاکستر، فیبر و پروتئین بالاتری برخوردار بود. میزان خاکستر موجود در جلبک‌های دریایی در مقایسه با سبزیجات گیاهی بالاتر است، این شامل درشت مغذی‌ها و عناصر معدنی کمیاب است که تغییرات فصلی و محیطی را در ترکیب نشان می‌دهد (۲۱). در گزارشی بیان شده که محتوای پروتئین ماکروجلبک‌ها بر اساس گونه‌ها، شرایط محیطی، زیستگاه‌ها، بلوغ و تفاوت‌های فصلی می‌تواند متفاوت باشد، اما در اکثر جلبک‌های دریایی قهوه‌ای کم (سه تا ۱۵ درصد)، در جلبک‌های دریایی سبز متوسط (نه تا ۲۶ درصد) است و در جلبک دریایی قرمز به ۴۷ درصد هم می‌تواند برسد (۲۴-۲۶)؛ که این امر تأیید کننده نتیجه به دست آمده در مطالعه حاضر می‌باشد. اجزای شیمیایی جلبک‌ها بر اساس بلوغ، زیستگاه، شرایط محیطی و گونه متفاوت است. اکثر پارامترهای اکولوژیکی، از جمله فصل و تغییرات در اکولوژی، می‌توانند باعث سنتز بیولوژیکی چندین ماده غذایی شوند. جلبک‌های دریایی خوراکی به عنوان منبع کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی دارای خواص تغذیه‌ای بسیار زیادی هستند (۵۴). بررسی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی دو ماکروجلبک *کالریا* و *گراسیلاریا* در مطالعه حاضر به ترتیب با میزان $74/65$ و $68/25$ درصد

توانایی مهارکنندگی رادیکال DPPH نشان‌دهنده خاصیت بالای آنتی‌اکسیدانی آن‌ها بود (شکل ۵-ب). در مطالعات متعدد، جلبک‌های دریایی مختلف فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی متفاوتی را نشان داده‌اند که از جمله می‌توان به بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی انواع جلبک‌های قرمز، سبز و قهوه‌ای از دریای سرخ اشاره نمود که نتایج آن‌ها توانایی مهارکنندگی را در محدوده $97/2-30/8$ درصد نشان داد (۱۳). مطالعات نشان داده‌اند که جلبک‌های دریایی دارای ترکیبات زیست فعال با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی قوی برای محافظت از جلبک‌های دریایی در برابر گونه‌های فعال اکسیژن^۱ (ROS) هستند (۲). ترکیبات آنتی‌اکسیدانی جلبک‌های دریایی ممکن است به دلیل وجود گروه‌های هیدروکسیل اصلی فیتوشیمیایی معروف به فنول‌ها و فلاونوئیدها (مشتقات فنولیک‌ها) باشند، که به عنوان اهداکننده هیدروژن برای تثبیت رادیکال‌های آزاد و پایان دادن به تولید رادیکال‌های آزاد جدید عمل می‌کنند (۳۷).

۳-۲- ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی حسی دو نمونه کیک حاوی پودر دو ماکروجلبک *کالریا* و *گراسیلاریا* در سه سطح (۱، ۱/۵ و ۲ درصد) نشان داد که نمونه‌های کیک حاوی ۱/۵ درصد پودر ماکروجلبک نسبت به دو نمونه دیگر در تمام پارامترهای ارزیابی از مقبولیت بالاتری برخوردار بودند ($p < 0/05$) (شکل ۱). همچنین با توجه به نتایج افزایش غلظت پودرهای ماکروجلبک باعث کاهش معنی‌دار در پارامترهای حسی شد ($p < 0/05$).



شکل ۱- ارزیابی حسی نمونه‌های کیک حاوی پودر ماکروجلبک کالریا و گراسیلاریا

پارامترهای ارزیابی حسی داشتند (۲۵). بر اساس نتایج مطالعه حاضر و مطالعات فوق‌الذکر مبنی بر رابطه معکوس بین کاهش امتیازات حسی با افزایش سطح غلظت ترکیبات افزوده شده به‌ویژه جلبک‌ها در فرآورده‌های غلات مانند کیک، می‌توان فرض کرد که پودر ماکروجلبک‌های کالریا و گراسیلاریا خواص حسی خود را به نمونه‌های کیک داده است.

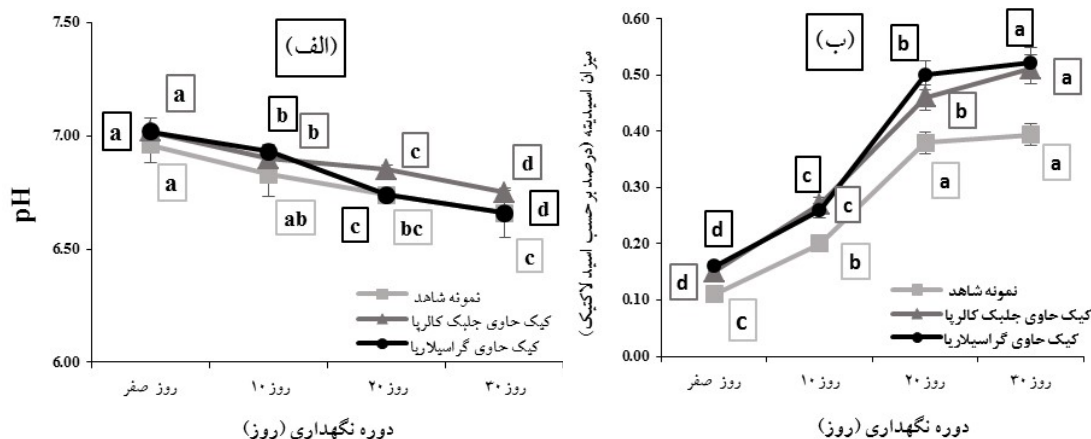
۳-۳- بررسی خصوصیات شیمیایی نمونه‌های کیک طی دوره نگهداری

۳-۳-۱- pH و اسیدیته

نتایج تأثیر افزودن پودر دو ماکروجلبک کالریا و گراسیلاریا و همچنین اثر زمان نگهداری بر میزان تغییرات pH و اسیدیته در شکل (۲) گزارش شده است. مطابق با نتایج افزودن ماکروجلبک‌ها تأثیر معنی‌داری در میزان pH در مقایسه با نمونه شاهد نداشتند ($p > 0.05$). اما با افزایش دوره نگهداری کاهش معنی‌داری در میزان pH تمام نمونه‌های کیک مشاهده گردید ($p < 0.05$) (شکل ۲-الف). مطابق با نتایج افزودن ماکروجلبک‌ها افزایش معنی‌داری در میزان اسیدیته نسبت به نمونه شاهد در تمام طول دوره نگهداری داشتند ($p < 0.05$). همچنین با افزایش دوره نگهداری

از آن جا که خواص حسی کیک‌ها باید برای مصرف انسان مناسب باشد؛ بنابراین لازم است کیفیت حسی آن‌ها ارزیابی گردد. با توجه به مقبولیت نمونه‌های کیک تولید شده با دو ماکروجلبک کالریا و گراسیلاریا، ارزیابی حسی نمونه‌های کیک مورد بررسی قرار گرفت که با توجه به شکل (۱) نمونه‌های حاوی ۱/۵ درصد پودر جلبک در پارامترهای طعم، بو، رنگ، ظاهر و بافت و پذیرش کلی از امتیاز بالایی برخوردار بودند ($p < 0.05$). در مطالعات متعددی، افزودن ترکیبات مختلف به نمونه‌های کیک باعث تغییر در خواص حسی محصولات شده، که بر این اساس می‌توان بیان نمود نسبت ترکیبات افزوده شده به فرمولاسیون کیک می‌تواند نقش بسزایی در مقبولیت حسی محصولات ایجاد نماید. ارزیابی حسی غنی‌سازی نان با استفاده از جلبک قرمز (*Pterocladia capillacea*) به میزان ۲، ۳ و ۴ درصد نیز نشان داد که نان کنترل و نان غنی‌شده با ۲٪ جلبک قرمز امتیاز خواص ارگانولپتیک خوبی دارند (۵۵). تأثیر غلظت‌های مختلف (۱، ۵ و ۱۰ درصد) از مکمل جلبک دریایی سبز کالریا راسموسا (*Caulerpa racemosa*) بر خواص حسی بیسکویت‌های نیمه شیرین نشان داد که بیسکویت‌های غنی شده با ۱۰٪ کمترین امتیاز را در تمام

افزایش معنی داری در میزان اسیدیته تمام نمونه های کیک مشاهده گردید ($p < 0.05$) (شکل ۲-ب).



شکل ۲- تغییرات میزان pH و اسیدیته نمونه های کیک حاوی پودر ماکرو جلبک کالریا و گراسیلاریا طی دوره نگهداری

که علت آن را به دلیل وجود اسیدهای آلی (مانند اسید آسکوربیک و اسید کافئیک)، پروتئین ها و اسیدهای آمینه (عمدتاً گلوتامیک اسید) و سایر اجزای با ماهیت اسیدی در پودر تفاله هویج بیان کردند (۲۹). مقدار pH نقش مهمی در رشد میکروارگانیسم ها و فساد مواد غذایی دارد و همین امر می تواند منجر به کنترل رشد میکروبی و افزایش ماندگاری نمونه های کیک گردد (۲۶)

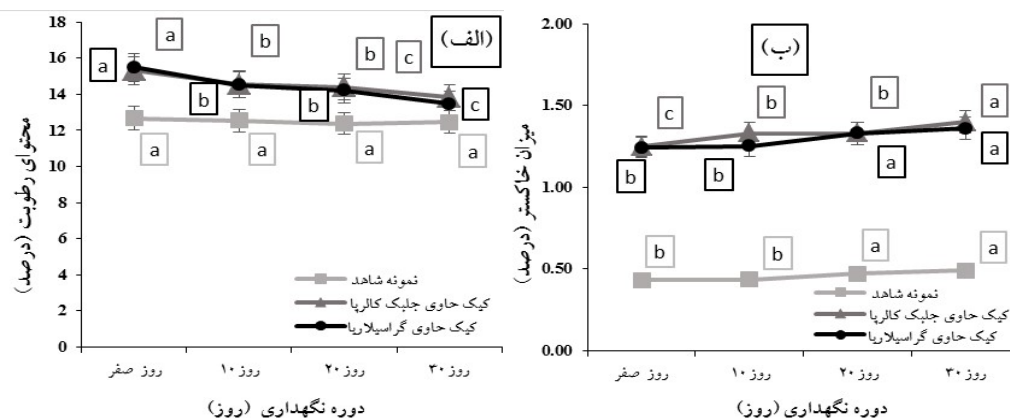
۳-۲-۳- رطوبت و خاکستر

نتایج تأثیر افزودن پودر دو ماکرو جلبک کالریا و گراسیلاریا و همچنین اثر زمان نگهداری بر میزان تغییرات محتوای رطوبت و خاکستر در شکل (۳) ارائه شده است. مطابق با نتایج افزودن ماکرو جلبک ها افزایش معنی داری در میزان رطوبت نسبت به نمونه شاهد در تمام طول دوره نگهداری مشاهده گردید ($p < 0.05$). با افزایش دوره نگهداری، میزان رطوبت در نمونه های کیک کاهش یافت که این کاهش در دو نمونه کیک حاوی پودر ماکرو جلبک معنی دار بود (شکل ۳-الف). مطابق با شکل (۳-ب)، افزودن ماکرو جلبک ها افزایش معنی داری در میزان خاکستر نسبت

خواص یک ماده غذایی از ویژگی های مهمی است که بر پذیرش مصرف کننده تأثیر می گذارد؛ که در این مطالعه، این خواص بر روی خصوصیات فیزیکی- شیمیایی نمونه های کیک غنی شده با پودر جلبک های کالریا و گراسیلاریا مورد بررسی قرار گرفتند. در مطالعه حاضر، نتایج تغییرات pH و اسیدیته مربوط به ویژگی های پودر های جلبک کالریا و گراسیلاریا افزوده شده به فرمولاسیون کیک است که علت این افزایش را pH قلیایی جلبک و همچنین افزایش تحرک یون های هیدروژنی به دلیل بالاتر بودن درصد پروتئین جلبک در مقایسه با آرد گندم نسبت داده شده است (۵۶). در همین راستا گزارشی مبنی بر کاهش pH و افزایش اسیدیته با افزودن غلظت های مختلف پودر هسته خرما به نمونه های پنکیک تهیه شده با آرد سمولینا مشاهده شد (۳۲). افزودن یا جایگزینی بخشی از آرد گندم با سایر ترکیبات در محصولات غلات از جمله کیک و بیسکویت، بنابر نوع ترکیب افزوده شده تغییرات متفاوتی در میزان pH و اسیدیته مشاهده شده است. افزودن غلظت های مختلف پودر تفاله هویج به نمونه های کیک باعث کاهش میزان pH گردید

نمونه‌های کیک افزایش معنی‌داری یافت ($p < 0.05$).

به نمونه شاهد در تمام طول دوره نگهداری مشاهده گردید ($p < 0.05$). با افزایش دوره نگهداری، میزان خاکستر در



شکل ۳- تغییرات میزان رطوبت و خاکستر نمونه‌ای کیک حاوی پودر ماکرو جلبک کالریا و گراسیلاریا طی دوره نگهداری

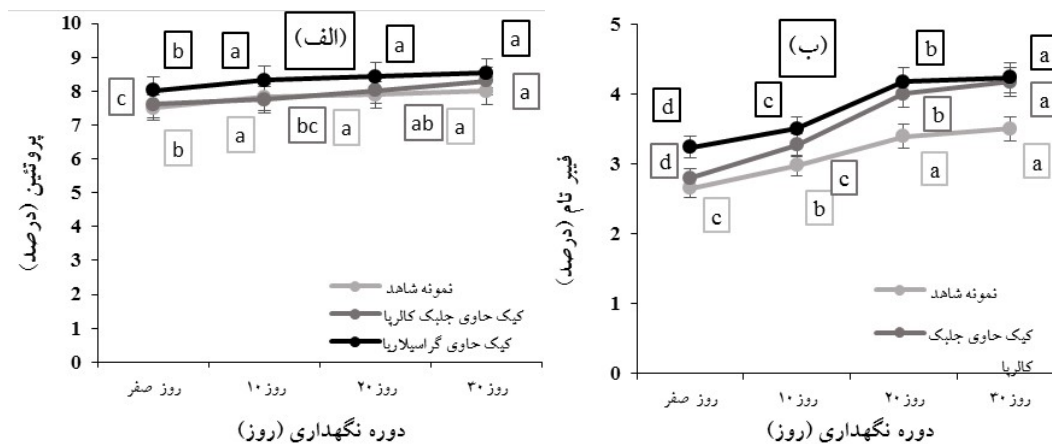
که محققان آن، علت را محتوای آب پائین که از مشخصه پودر هسته خرما است، بیان نمودند (۳۲). بطور کلی محتوای آب ترکیبات افزوده شده به فرمولاسیون محصولات غلات مانند انواع کیک، کلوچه، کوکی و بیسکویت‌ها با جایگزینی جزئی از آرد می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر محتوای رطوبت محصول نهایی داشته باشد، بر این اساس بهتر است به میزان رطوبت افزودنی‌ها جهت جایگزینی در فرمولاسیون محصولات غلات با توجه به اهمیت این محصولات از نظر میزان رطوبت و کنترل رشد میکروبی، مورد توجه قرار گیرند. جهت تأمین مواد معدنی برای بدن باید به توسعه و غنی‌سازی محصولات غذایی توسط املاح مورد نیاز بدن توجه ویژه صورت گیرد تا بتوان از این طریق به ارتقاء سلامتی در جامعه کمک نمود. افزایش معنی‌داری در محتوای خاکستر نمونه‌های کیک حاوی ماکرو جلبک‌های کالریا و گراسیلاریا در مقایسه با نمونه شاهد بود ($p < 0.05$), که این امر نشان‌دهنده غنی بودن از مواد معدنی در نمونه‌های کیک در این مطالعه بود. علت نتیجه حاصل را می‌توان به وجود مقادیر زیاد املاح و عناصر معدنی نظیر فسفر،

از آن جایی که رطوبت عامل بسیار مهمی در تصمیم‌گیری در مورد کیفیت نگهداری محصولات غلات است، رطوبت بالا می‌تواند اثر نامطلوبی بر پایداری ذخیره‌سازی محصول داشته باشد (۲۸). با افزودن سطح جایگزینی جلبک‌های کالریا و گراسیلاریا نسبت به شاهد، میزان رطوبت نمونه‌ها افزایش معنی‌داری یافتند ($p < 0.05$)؛ افزایش میزان رطوبت در محصول می‌تواند به میزان رطوبت بالای کالریا (۱۰/۷۶ درصد) و گراسیلاریا (۱۰/۵۵ درصد) با جایگزینی جزئی آرد گندم مرتبط باشد. همسو با نتیجه مطالعه حاضر، گزارش شده‌است که افزودن پودر هسته زیتون به کیک اسفنجی می‌تواند رطوبت آن را به دلیل افزایش جذب آب توسط فیبر رژیمی افزایش دهد (۲۳). کاهش محتوای رطوبت نمونه‌های کیک طی دوره نگهداری، به دلیل مهاجرت رطوبت از مغز کیک به پوسته است که می‌تواند تا حد زیادی بر کاهش رطوبت و در نتیجه سفت شدن مغز کیک در دمای محیط تأثیر بگذارد (۲۷). برخلاف نتایج مطالعه حاضر، گزارشی مبنی بر کاهش محتوای رطوبت نمونه‌های پنیک با افزایش غلظت‌های پودر هسته خرما مشاهده شد

۳-۳-۳ پروتئین و فیبر تام

نتایج تأثیر افزودن پودر دو ماکروجلبک کالریا و گراسیلاریا و همچنین اثر زمان نگهداری بر میزان تغییرات پروتئین در شکل (۴) ارائه شده است. مطابق با شکل (۴-الف)، افزودن ماکروجلبک گراسیلاریا باعث افزایش معنی داری در میزان پروتئین نسبت به دو نمونه دیگر در تمام طول دوره نگهداری شد ($p < 0.05$). با افزایش دوره نگهداری، میزان پروتئین در نمونه های کیک افزایش معنی داری یافت ($p < 0.05$). مطابق با شکل (۴-ب)، افزودن پودر دو ماکروجلبک به ویژه ماکروجلبک گراسیلاریا باعث افزایش معنی داری در میزان فیبر تام نسبت نمونه شاهد در تمام طول دوره نگهداری شد ($p < 0.05$). با افزایش دوره نگهداری، میزان فیبر تام در نمونه های کیک افزایش معنی داری یافت ($p < 0.05$).

کلسیم، سدیم، روی، مس، منیزیم و آهن در جلبک های گونه کالریا و گراسیلاریا نسبت داد که که نشان می دهد این جلبک های دریایی می توانند به عنوان منابع مهم مکمل های معدنی که برای تغذیه انسان ضروری هستند، عمل کنند (۴۱). همسو با مطالعه حاضر، افزایش محتوای معدنی (خاکستر) نمونه های بیسکویت غنی شده با غلظت های مختلف جلبک کالریا راسموسا گزارش شده است (۲۵). همچنین مقدار کل خاکستر با افزایش سطوح جایگزینی مخلوط پودر برگ مورینگا اولیفا و ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس نسبت به نمونه شاهد افزایش قابل توجهی داشت که نشان دهنده افزایش محتوای معدنی در کلوچه های تولید شده است (۶). در نهایت با توجه به اینکه ماکروجلبک های کالریا و گراسیلاریا منابعی سرشار از ترکیبات معدنی هستند، و بنابراین مقدار خاکستر بالایی دارند؛ می توان اظهار کرد که افزایش محتوای خاکستر به موازات افزودن آنها در محصول قابل انتظار می باشد.



شکل ۴- تغییرات میزان پروتئین و فیبر تام نمونه های کیک حاوی پودر ماکروجلبک کالریا و گراسیلاریا طی دوره نگهداری

شاهد افزایش یافت؛ علت این افزایش می تواند به دلیل محتوای پروتئینی بالا در دو جلبک کالریا و گراسیلاریا مطابق با نتایج جدول (۲) باشد. در همین راستا گزارشی وجود دارد که تأثیر غلظت های مختلف از مکمل جلبک دریایی کالریا راسموسا بر محتوای پروتئین بیسکویت های

از آن جا که پروتئین مقادیر کافی از اسیدهای آمینه را تأمین می کند و برای بقای حیوانات و انسان نیاز است بنابراین از اجزای ضروری یک رژیم غذایی محسوب می گردد (۱۵). در مطالعه حاضر محتوای پروتئین نمونه های کیک با افزودن پودر جلبک های کالریا و گراسیلاریا در مقایسه به نمونه

نیمه شیرین را نشان داده است که افزایش غلظت جلبک باعث افزایش محتوای پروتئین نمونه‌های بیسکویت گردید (۲۵). در مطالعه‌ای دیگر محتوای پروتئین کلوچه‌های غنی شده با غلظت‌های مختلف (۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد) اسپیرولینا پلاتنسیس بیشتر از نمونه شاهد بود (۴۸). در مطالعه‌ای دیگر کیفیت تغذیه‌ای و فیزیکی محصولات بر پایه غلات غنی شده با غلظت‌های مختلف (۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) آرد کدو حلوائی مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج نشان دهنده تأثیر آرد کدو حلوائی در افزایش قابل توجه محتوای پروتئین محصولات غلات بود (۵۲). با توجه به نتایج مطالعه حاضر و گزارشات ذکر شده فوق، ماکرو جلبک‌ها، ریز جلبک‌ها و همچنین سایر ترکیبات گیاهی روزنه‌ای امیدوارکننده‌ای در توسعه محصولات غذایی با ارزش تغذیه‌ای بالا هستند که در ترکیب با غلات می‌توانند محصولی با محتوای پروتئین بالا تولید کنند. محصولات غذایی با منشاء گیاهی از منابع مهم فیبر در رژیم غذایی انسان می‌باشند (۴۷). جایگزینی جزئی آرد گندم با نسبت ۱/۵ درصد پودر جلبک‌های کالریا و گراسیلاریا، میزان فیبر تام در نمونه‌های کیک به ویژه در نمونه حاوی گراسیلاریا، افزایش معنی‌داری یافت ($p < 0/05$). نتایج مشابهی در اثر استفاده از مخلوط پودرهای برگی مورینگا اولیفر و ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر افزایش فیبر رژیمی کل در نمونه‌های کوکی تولید شده در مقایسه با نمونه شاهد گزارش شده است (۶). همچنین در همین راستا افزایش میزان فیبر در نمونه‌های بیسکویت نیمه‌شیرین حاوی جلبک دریایی سبز کالریا راسموسا به دلیل محتوای فیبر بالای جلبک دریایی گزارش شده است (۲۵). به طور مشابه،

محتوای فیبر در کیک‌هایی که به ترتیب حاوی ۰٪ و ۳۵٪ پودر هسته زیتون بودند ۰/۶۷ و ۸/۶۰ درصد بود بر این اساس، فیبر در نمونه‌های کیک با افزایش جایگزینی پودر هسته زیتون از ۱۵٪ به ۳۵٪ افزایش یافت (۲۳). در نهایت با توجه به بررسی‌های صورت گرفته بر روی خصوصیات فیزیکی - شیمیایی نمونه‌های کیک تولید شده در مطالعه حاضر، محتوای فیبر خام و پروتئین در هر دو نمونه کیک با افزودن پودر جلبک‌های کالریا و گراسیلاریا در مقایسه با نمونه شاهد افزایش یافتند بنابراین استفاده از پودر این دو ماکرو جلبک، به عنوان یک ماده تشکیل دهنده پتانسیل برای تولید نمونه‌های کیک و سایر محصولات غلات را دارند.

۳-۳-۴- بررسی تغییرات شاخص رنگ (L^* , a^* , b^*) و کروما (C^*)

تأثیر افزودن پودر دو ماکرو جلبک کالریا و گراسیلاریا و همچنین اثر زمان نگهداری بر میزان تغییرات شاخص‌های رنگ در چهار پارامتر L^* , a^* , b^* و C^* (کروما) مورد بررسی قرار گرفت که نتایج ارزیابی در جدول (۳) گزارش شده است. مطابق با نتایج، افزودن پودر دو ماکرو جلبک باعث کاهش معنی‌داری در شاخص‌های روشنایی (L^*)، b^* و C^* نمونه‌های کیک نسبت به نمونه شاهد در تمام طول دوره نگهداری گردید ($p < 0/05$). مطابق با نتایج، افزودن پودر دو ماکرو جلبک گراسیلاریا و کالریا به ترتیب باعث افزایش و کاهش معنی‌داری در شاخص a^* نمونه‌های کیک نسبت به نمونه شاهد در تمام طول دوره نگهداری گردید ($p < 0/05$). با توجه به نتایج جدول (۳)، هر چهار شاخص رنگ با افزایش دوره نگهداری، در نمونه‌های کیک کاهش معنی‌داری یافتند ($p < 0/05$).

جدول ۳- تغییرات شاخص های رنگ نمونه های کیک حاوی پودر ماکرو جلبک کالریا و گراسیلاریا طی دوره نگهداری*

شاخص های رنگ	دوره نگهداری (روز)	نمونه های کیک		
		شاهد	گراسیلاریا کورتیکاتا	کالریا سرتولاریودس
شاخص L^*	۰	$81/70 \pm 0/36^{aA**}$	$76/79 \pm 0/82^{bA}$	$76/53 \pm 0/52^{bA}$
	۱۰	$80/32 \pm 0/00^{aB}$	$70/45 \pm 0/03^{cB}$	$72/95 \pm 0/46^{bB}$
	۲۰	$77/57 \pm 0/65^{aC}$	$67/62 \pm 0/28^{cC}$	$69/49 \pm 0/08^{bC}$
	۳۰	$74/54 \pm 0/15^{aD}$	$65/64 \pm 0/10^{cD}$	$68/65 \pm 0/30^{bD}$
شاخص a^*	۰	$13/70 \pm 0/32^{bA}$	$14/64 \pm 0/65^{aA}$	$12/32 \pm 0/19^{cA}$
	۱۰	$10/46 \pm 0/12^{bB}$	$11/46 \pm 0/15^{aB}$	$8/50 \pm 0/06^{cB}$
	۲۰	$7/46 \pm 0/39^{bC}$	$9/53 \pm 0/39^{aC}$	$4/81 \pm 0/15^{cC}$
	۳۰	$5/43 \pm 0/11^{bD}$	$7/34 \pm 0/17^{aD}$	$3/58 \pm 0/06^{cD}$
شاخص b^*	۰	$40/97 \pm 0/28^{aA}$	$36/39 \pm 0/72^{bA}$	$26/42 \pm 0/49^{cA}$
	۱۰	$35/46 \pm 0/17^{aB}$	$30/57 \pm 0/06^{bB}$	$25/58 \pm 0/08^{cA}$
	۲۰	$30/95 \pm 1/40^{aC}$	$27/36 \pm 1/27^{bC}$	$24/51 \pm 0/97^{cB}$
	۳۰	$25/40 \pm 0/11^{aD}$	$23/50 \pm 0/14^{bD}$	$21/45 \pm 0/03^{cC}$
شاخص C^*	۰	$43/20 \pm 0/26^{aA}$	$39/23 \pm 0/54^{bA}$	$29/15 \pm 0/53^{cA}$
	۱۰	$36/97 \pm 0/13^{aB}$	$32/65 \pm 0/02^{bB}$	$26/95 \pm 0/09^{cB}$
	۲۰	$31/84 \pm 1/41^{aC}$	$28/98 \pm 1/14^{bC}$	$24/97 \pm 0/96^{cC}$
	۳۰	$25/97 \pm 0/10^{aD}$	$24/62 \pm 0/11^{bD}$	$21/75 \pm 0/04^{cD}$

* داده ها بر حسب (میانگین $\pm$ انحراف معیار) در سه تکرار گزارش شده است.

** حروف کوچک (a-c) مشابه در هر ردیف و حروف بزرگ (A-D) مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنادار ($p < 0/05$) بر اساس

آزمون دانکن بین داده ها است.

رنگدانه های گراسیلاریا (جلبک قرمز) نسبت داد که به ترتیب هر جلبک باعث افزایش رنگ سبز ($-a^*$) و قرمز ($+a^*$) شدند. نتایج حاصل از این پارامترها می تواند بیانگر مشارکت رنگدانه های موجود در جلبک های کالریا و گراسیلاریا در رنگ نمونه های کیک با جایگزینی آرد گندم باشد که بر این اساس از این دو جلبک می توان به عنوان رنگ دهنده طبیعی در محصولات غذایی بهره مند شد. رنگ کیک اصولاً به سطح قند و پروتئین موجود در فرمولاسیون بستگی دارد زیرا واکنش میلارد اولین واکنش شیمیایی در محصولات نانوائی در حین پخت است. سطح آب روی سطح خمیر با اعمال حرارت به طور چشمگیری کاهش

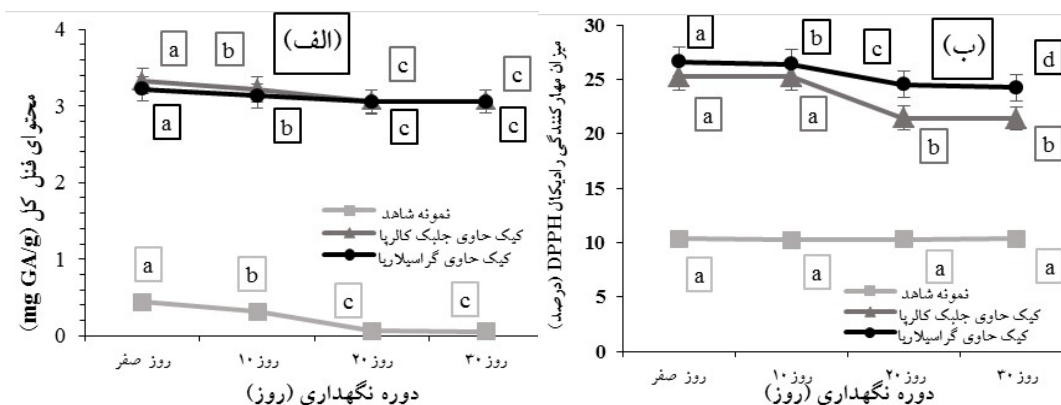
تغییرات مشاهده شده در مطالعه حاضر نشان داد که هر چهار پارامتر رنگ بطور معنی داری به دلیل افزودن پودر ماکرو جلبک های کالریا و گراسیلاریا نسبت به نمونه شاهد تغییر کردند در واقع این دو جلبک رنگ مشخصه خود را به نمونه های کیک دادند. به طوری که شاخص های روشنایی (L^*)، زردی (b^*) و کروما (C^*) با افزودن پودر ماکرو جلبک ها در کیک کاهش یافت. بر اساس جدول (۳) شاخص سبزی (a^*) با افزودن پودر جلبک های کالریا و گراسیلاریا به ترتیب کاهش و افزایش معنی داری نسبت به نمونه شاهد یافت ($p < 0/05$)، که علت این امر را می توان به سبز بودن رنگدانه های کالریا (جلبک سبز) و قرمز بودن

جلبک *C. racemosa* باعث کاهش معنی‌داری در شاخص‌های رنگ L^* ، a^* و b^* نسبت به نمونه شاهد شد (۲۵).

۳-۳-۵- بررسی تغییرات TPC و فعالیت آنتی‌اکسیدانی (DPPH)

نتایج ارزیابی TPC و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های کیک در طی دوره نگهداری در شکل (۵) گزارش شده است. مطابق با نتایج، افزودن پودر دو ماکرو جلبک *گراسیلاریا* و *کالریا* باعث افزایش معنی‌داری در TPC و مهارکنندگی رادیکال DPPH نمونه‌های کیک نسبت به نمونه شاهد در تمام طول دوره نگهداری گردید ($p < 0.05$). در روز اول تولید مشاهده گردید که دو نمونه کیک حاوی ماکرو جلبک *کالریا* و *گراسیلاریا* به ترتیب دارای TPC، 3.32 و 3.22 mg GA/g بودند (شکل ۵-الف) و دارای مهارکنندگی، 25.25 و 26.65 درصد بودند (شکل ۵-ب). با افزایش دوره نگهداری، میزان هر دو پارامتر در نمونه‌های کیک کاهش معنی‌داری یافت ($p < 0.05$).

می‌یابد که بهترین شرایط را برای واکنش میلارد در محصول ایجاد کرده و به رنگ قهوه‌ای نشان می‌دهد؛ اما در صورت افزودن پودری متفاوت از آرد، قهوه‌ای شدن و ایجاد رنگی تیره‌تر تحت تأثیر نوع و رنگ پودر اضافه شده در محصولات قنادی و پخت محصولات رخ می‌دهد (۳۳). با توجه به نتایج مطالعه حاضر و مطالعات ذکر شده در فوق می‌توان تیره‌تر شدن رنگ محصولات غلات از جمله کیک‌ها را به افزایش واکنش‌های میلارد و کاراملیزاسیون در حین پخت نسبت داد (۳۹) و از طرفی استفاده از اجزای مختلف در فرمولاسیون تولید می‌تواند تأثیر مهمی در پارامتر رنگ داشته باشند. از آنجا که رنگ در ظاهر محصولات غذایی مهم است و بر مقبولیت غذاها، کیفیت حسی و ترجیح مصرف‌کنندگان تأثیر می‌گذارد، در مطالعات متعددی تأثیر آردهای مختلف بر پارامتر رنگ محصولات بر پایه غلات از جمله کیک‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. در همین راستا نتایج مطالعه‌ای نشان داد که تأثیر غلظت‌های مختلف (۱، ۵ و ۱۰ درصد) از مکمل جلبک دریایی سبز *C. racemosa* بر شاخص‌های رنگ L^* ، a^* و b^* بیسکویت‌های نیمه شیرین معنی‌دار بود به طوری که افزودن



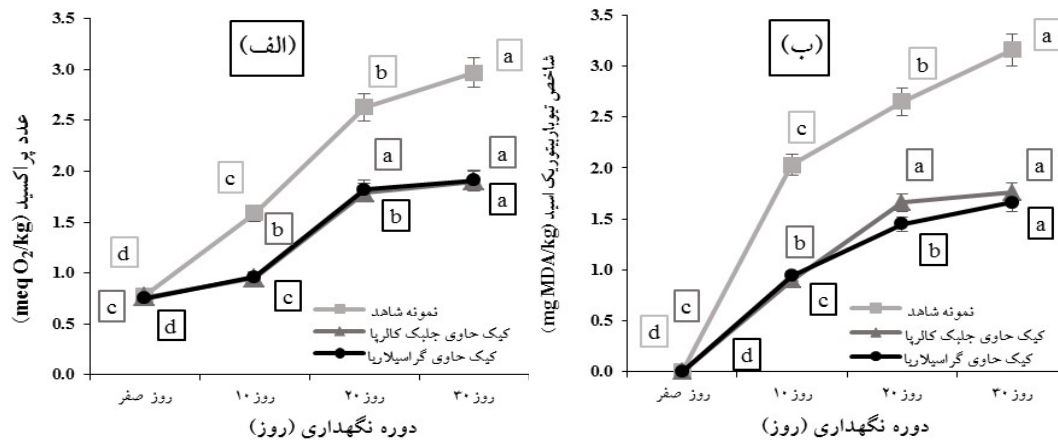
شکل ۵- تغییرات TPC و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های کیک حاوی پودر ماکرو جلبک *کالریا* و *گراسیلاریا* طی دوره نگهداری

در سال‌های اخیر، مصرف غذاهای غنی از آنتی‌اکسیدان با توجه به اثرات محافظتی آن‌ها در برابر ROS و شرایط سلامتی مرتبط با آن‌ها افزایش یافته است (۴۹). میزان TPC و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های کیک غنی‌شده با پودر جلبک‌های *کالریا* و *گراسیلاریا* به‌طور معنی‌داری ($p < 0.05$) بالاتر از نمونه‌های کیک شاهد بودند (شکل ۵). افزایش TPC نمونه‌های کیک، احتمالاً موجب افزایش توانایی اهدای هیدروژن کیک‌ها شده و در نتیجه فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد را افزایش داده است. گونه *کالریا* حاوی ترکیبات فنولیکی متعددی از جمله فرولیک اسید، کوئرستین، کلروژنیک اسید و کافئیک اسید می‌باشد (۵۸)، همچنین گونه‌های *گراسیلاریا* حاوی ترکیبات فیتوشیمیایی مختلف از جمله اوژنول و اسید فتالیک هستند (۵)؛ بنابراین وجود این ترکیبات باعث خواص بالای آنتی‌اکسیدانی این گونه‌های جلبک شوند. هم‌راستا با مطالعه حاضر، غنی‌سازی بیسکویت‌ها با جلبک *کالریا* راسموسا باعث افزایش TPC و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیسکویت‌ها شد (۲۵). با توجه به شکل (۵-الف) میزان TPC نمونه‌های کیک طی دوره نگهداری کاهش یافت که علت کاهش ترکیبات فنلی طی زمان نگهداری، شرکت این ترکیبات در متابولیسم یا تأثیر واکنش‌های آنزیمی و غیر آنزیمی طی انبارداری می‌باشد (۴۴). البته لازم به ذکر است که مخلوط کردن سایر ترکیبات در فرمولاسیون مانند روغن در خمیر می‌تواند منجر به سطوحی از اکسیداسیون طی دوره نگهداری شود که می‌تواند برخی از ترکیبات فنلی کیک را کاهش دهد (۲۳). همچنین میزان مهارکنندگی رادیکال

DPPH نمونه‌های کیک طی دوره نگهداری کاهش یافت (شکل ۵-ب) که علت کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی طی دوره نگهداری، تغییرات شیمیایی (واکنش‌های آنزیمی و غیر آنزیمی) ترکیبات زیست فعال که منجر به تخریب دیواره و غشای سلولی، ایجاد اکسیژن فعال و رادیکال‌های آزاد و همچنین شرکت این ترکیبات در متابولیسم سلولی و مصرف شدن آنها طی دوره نگهداری می‌باشد که باعث کاهش محتوای آنتی‌اکسیدان طی دوره نگهداری می‌شود (۴۰).

۳-۳-۶- بررسی روند ماندگاری نمونه‌های کیک طی دوره نگهداری (PV و TBARS)

عدد پراکسید (PV) و شاخص تیوباریتوریک اسید (TBARS) در نمونه‌های کیک طی دوره نگهداری بررسی گردید که نتایج آن در شکل (۶) گزارش شده است. مطابق با نتایج، نمونه‌های کیک حاوی پودر ماکرو جلبک‌های *گراسیلاریا* و *کالریا* در تمام طول دوره نگهداری از میزان PV و TBARS کمتری نسبت به نمونه شاهد برخوردار بودند ($p < 0.05$). میزان PV در روز اول در محدوده $0.78-0.75$ meq O_2/kg بود اما با گذشت زمان این مقدار به $2.97-1.90$ meq O_2/kg افزایش یافت که بالاترین میزان مربوط به نمونه شاهد بود (شکل ۶-الف). میزان TBARS در روز پایان نگهداری در محدوده $3.16-1.66$ mg MDA/kg بود که بالاترین میزان مربوط به نمونه شاهد بود (شکل ۶-ب). تأثیر زمان نگهداری بر میزان PV و TBARS، باعث افزایش معنی‌داری در تمام نمونه‌های کیک شد ($p < 0.05$).



شکل ۶- تغییرات میزان PV و TBARS نمونه‌های کیک حاوی پودر ماکرو جلبک کالریا و گراسیلاریا طی دوره نگهداری

و همچنین با افزایش زمان انبارمانی نیز اندیس پراکسید تمامی نمونه‌ها افزایش پیدا کرد اما با این حال نمونه کیک حاوی ۱۲ درصد پودر کدو از پائین ترین میزان پراکسید در تمام دوره نگهداری برخوردار بود که محققان آن، علت این امر را وجود ترکیبات آنتی اکسیدانی نظیر کارتنوئیدها و ترکیبات فنولیک و تریپنوئیدها در کدو بیان کردند که این ترکیبات می‌توانند مانعی در برابر اکسیداسیون کیک باشند و در نتیجه کیفیت کیک را در طی دوره انبارمانی حفظ نمایند (۲۴). آنتی اکسیدان‌ها به دلیل توانایی آن‌ها در از بین بردن رادیکال‌های آزاد و شلاته‌کنندگی فلزات، سرعت اکسیداسیون را به تأخیر می‌اندازند (۱۹). اندیس تیوباریتوریک اسید (TBARS) به عنوان شاخص اکسیداسیون لیپیدی ثانویه، محتوای آلدئیدها را تعیین می‌کند (۱۰). در روز اول مقدار این اندیس در نمونه‌های کیک برابر با صفر بود، زیرا این اندیس در اثر تجزیه هیدروپراکسیدهای تشکیل شده در روزهای اول و تبدیل آن‌ها به آلدئیدها و کتون افزایش می‌یابد. در نتیجه با پیشرفت روزهای آزمایش و در روزهای پایانی مقدار این اندیس بیشتر افزایش می‌یابد. از آنجائی که مالون آلدئید از تجزیه هیدروپراکسیدها حاصل می‌گردد؛ بیشترین توانایی در جلوگیری از تشکیل محصولات ثانویه اکسیداسیون

راهکارهای متعددی از جمله افزودن آنتی اکسیدان‌ها می‌تواند برای کاهش تخریب هیدروپراکسید و افزایش پایداری اکسیداتیو مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرد (۵۷). در مطالعه حاضر از آنتی اکسیدان طبیعی دو جلبک کالریا و گراسیلاریا جهت افزایش پایداری اکسیداتیو نمونه‌های کیک استفاده شد که نتایج نشان داد افزودن ماکرو جلبک‌ها در غلظت ۱/۵ درصد طی دوره نگهداری به‌طور مؤثری در کنترل اکسیداتیو نمونه‌های کیک نقش داشت؛ که این نشان دهنده کاهش در سرعت تشکیل هیدروپراکسیدها و به دنبال آن افزایش پایداری اکسیداتیو نمونه‌های کیک طی دوره ذخیره‌سازی می‌باشد. در مطالعه‌ای گزارش شد که ادغام زیست توده میکرو جلبک *اسپیرولیئا پلاتنسیس* پایداری اکسیداسیون بالاتری را در طول زمان در مقایسه با شاهد در نمونه‌های کوکی ایجاد کرد (۴۸). به نظر می‌رسد کاهش PV در نمونه‌های کیک حاوی میکرو جلبک‌های کالریا و گراسیلاریا به دلیل گروه‌هایی از ترکیبات فنلی شامل اسیدهای فنولیک، فنل‌های ساده، فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها و غیره باشد (۳۵، ۱۷). یافته‌های حاصل از یک بررسی، اندیس پراکسید نمونه‌های مختلف کیک حکایت از آن داشت که افزایش میزان پودر کدو از ۴ درصد تا ۱۲ درصد موجب کاهش اندیس پراکسید می‌شود

عملگرا می‌توانند امنیت غذایی افراد یک جامعه را تقویت نمایند و علاوه بر تقویت ارزش غذایی، حسی و سلامتی‌بخش، به‌دلیل اثر کاهندگی بر فساد شیمیایی چربی کیک، امکان کاهش مصرف افزودنی‌ها و نگهدارنده‌ها را نیز فراهم می‌آورد.

۵-منابع

1. AACC. American Association of Cereal Chemists., 2002. Approved Methods Committee. Approved methods of the American association of cereal chemists (Vol 1) Amer Assn of Cereal Chemists.
2. Ahmad F, Sulaiman M. R, Saimon W, Yee C. F, Matanjun P. Proximate compositions and total phenolic contents of selected edible seaweed from Semporna, Sabah, Malaysia. *Borneo Science*. 2016; 31: 85-96.
3. AOAC. Official Method 2001.11., 2005. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 18th Ed. AOAC International, Gaithersburg, MD.
4. Arora B, Kamal S, Sharma V. P. Sensory, nutritional and quality attributes of sponge cake supplemented with mushroom (*Agaricus bisporus*) powder. *Nutrition & Food Science*. 2017; 47(4): 578-90. doi:10.1108/NFS-12-2016-0187
5. Arulkumar A, Rosemary T, Paramasivam S, Rajendran R. B. Phytochemical composition, in vitro antioxidant, antibacterial potential and GC-MS analysis of red seaweeds (*Gracilaria corticata* and *Gracilaria edulis*) from Palk Bay, India. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2018; 15: 63-67. doi:10.1016/j.bcab.2018.05.008
6. Ashoush I. S, Mahdy S. M. Nutritional Evaluation of Cookies Enriched with Different Blends of *Spirulina platensis* and *Moringa oleifera* Leaves Powder.

توسط جلبک‌های کالریا و گراسیلاریا اعمال گردید. مقدار TBARS پایین نمونه‌های کیک حاوی پودر جلبک در مقایسه با شاهد می‌تواند به دلیل محتوای فنلی و توانایی آنتی‌اکسیدانی آن‌ها باشد، زیرا این ترکیبات شامل پلی‌فنول‌هایی است که در فعالیت‌های زیستی مختلفی مانند از بین بردن رادیکال‌های آزاد و مهار اکسیداسیون نقش دارند (۴۳، ۴۵). گزارشات متعددی مبنی بر کنترل میزان TBARS در محصولات غلات مانند کیک و بیسکویت حاوی آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی وجود دارد که از جمله تأثیر عصاره ضایعات آناناس در نمونه‌های مافین (۴۶)، پودر جلبک اسپیرولینا آرتروسپیرا (*Arthrosphira platensis*) در بیسکویت (۳۱) و همچنین آرد پوست گلابی (*opuntia* sp.) در کیک (۱۲) گزارش شده‌اند.

۴- نتیجه‌گیری

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که دو گونه ماکرو جلبک کالریا سرتولاریودس و گراسیلاریا کورتیکاتا دارای مواد معدنی، پروتئینی و فیبر فراوانی هستند که می‌توانند مزایای سلامتی بخشی داشته باشند. علاوه بر این، خواص ضد اکسیدانی خوب در دو گونه ماکرو جلبک مورد مطالعه نیز ارزش بیشتری به کاربرد آن‌ها در صنایع دارویی و غذایی می‌افزاید. به نظر می‌رسد افزودن جلبک‌های دریایی کالریا سرتولاریودس و گراسیلاریا کورتیکاتا با توجه به خصوصیات قابل توجه آن‌ها رویکردی ابتکاری و نوین در تولید کیک جهت توسعه غذاهای سالم و عملگرا است. علاوه بر این، نمونه‌های کیک حاوی جلبک‌های دریایی از روند ماندگاری بالایی به جهت کنترل اکسیداتیو لپیدی توسط ترکیبات زیست فعال و خواص آنتی‌اکسیدانی بالای این دو جلبک برخوردار بودند. بنابراین استفاده از جلبک‌های دریایی کالریا سرتولاریودس و گراسیلاریا کورتیکاتا به میزان ۱/۵ درصد در تولید غذاهای سالم و

13. El-Manawy M. I, Nassar Z. M, Fahmy M. N, Rashedy H. S. Evaluation of proximate composition, antioxidant and antimicrobial activities of some seaweeds from the Red Sea coast, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*. 2019; 23(1): 317-329.
[doi:10.21608/EJABF.2019.30541](https://doi.org/10.21608/EJABF.2019.30541)
14. Feng X, Sun G, Fang Z. Effect of Hempseed Cake (*Cannabis sativa* L.) Incorporation on the Physicochemical and Antioxidant Properties of Reconstructed Potato Chips. *Foods*. 2022; 11(2): 211
[doi:10.3390/foods11020211](https://doi.org/10.3390/foods11020211)
15. Feyera M. Review on some cereal and legume based composite biscuits. *International Journal of Agricultural Science and Food Technology*. 2020; 6(1): 101-109. [doi: 10.17352/2455-815X.000062](https://doi.org/10.17352/2455-815X.000062)
16. Gao X, Choi H. G, Park S. K, Sun Z. M, Nam K.W. Assessment of optimal growth conditions for cultivation of the edible *Caulerpa okamurae* (*Caulerpales*, Chlorophyta) from Korea. *Journal of Applied Phycology*. 2019; 31: 1855-1862.
[doi:10.1007/s10811-018-1691-z](https://doi.org/10.1007/s10811-018-1691-z)
17. Ghannadi A, Shabani L, Yegdaneh A. Cytotoxic, antioxidant and phytochemical analysis of Gracilaria species from Persian Gulf. *Advanced Biomedical Research*. 2016; 1-5.
[doi:10.4103/2277-9175.187373](https://doi.org/10.4103/2277-9175.187373)
18. Goranova Z, Marudova M, Baeva M. 2019. Influence of functional ingredients on starch gelatinization in sponge cake batter. *Food Chemistry*. 2019; 297:124997.
[doi: 10.1016/j.foodchem.2019.124997](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.124997)
19. Grosshagauer S, Steinschaden R, Pignitter M. Strategies to increase the oxidative stability of cold pressed oils. *Lwt*. 2019; 106: 72-77.
[doi:10.1016/j.lwt.2019.02.046](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.02.046)
20. El-Manawy M. I, Nassar Z. M, Fahmy M. N, Rashedy H. S. Evaluation of proximate composition, antioxidant and antimicrobial activities of some seaweeds from the Red Sea coast, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*. 2019; 23(1): 317-329.
[doi:10.21608/JFDS.2019.36154](https://doi.org/10.21608/JFDS.2019.36154)
7. Aslan M, Ertas N. Possibility of using chickpea aquafaba as egg replacer in traditional cake formulation. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*. 2020; 24(1):1-8.
[doi:10.29050/harranziraat.569397](https://doi.org/10.29050/harranziraat.569397)
8. Aumeerun, S., Soulangue-Govinden, J., Driver, M. F., Ranga, R. A., Ravishankar, G. A, Hudaa, N, 2019. Macroalgae and microalgae: novel sources of functional food and feed. In: Handbook of algal technologies and phytochemicals. CRC Press, pp.207-219.
9. Batista AP, Niccolai A, Fradinho P, Fragoso S, Bursic I, Rodolfi L, et al. Microalgae biomass as an alternative ingredient in cookies: Sensory, physical and chemical properties, antioxidant activity and in vitro digestibility. *Algal research*. 2017; 26: 161-71.
doi.org/10.1016/j.algal.2017.07.017
10. Domínguez R, Pateiro M, Gagaoua M, Barba F. J, Zhang W, Lorenzo J. M. A. comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants*. 2019; 8(10): 429.
[doi:10.3390/antiox8100429](https://doi.org/10.3390/antiox8100429)
11. Drożdowska E, Bartkowiak A, Trocer P, Kostek M, Tarnowiecka-Kuca A, Bienkiewicz G, et al. The influence of flaxseed oil cake extract on oxidative stability of microencapsulated flaxseed oil in spray-dried powders. *Antioxidants*. 2021; 10(2): 211.
[doi:10.3390/antiox10020211](https://doi.org/10.3390/antiox10020211)
12. El-Beltagi H. S, Ahmed A. R, Mohamed H. I, Al-Otaibi H. H, Ramadan K. M, Elkhatry H.O. Utilization of prickly pear peels flour as a natural source of minerals, dietary fiber and antioxidants: effect on cakes production. *Agronomy*. 2023; 13(2): 439. [doi:10.3390/agronomy13020439](https://doi.org/10.3390/agronomy13020439)

- Science and Technology* .2020; 42: e02922. doi.org/10.1590/fst.02922
27. Luyts A, Wilderjans E, Van Haesendonck I, Brijs K, Courtin C. M. and Delcour, J.A. Relative importance of moisture migration and amylopectin retrogradation for pound cake crumb firming. *Food Chemistry*.2013; 141(4): 3960-3966. [doi:10.1016/j.foodchem.2013.06.110](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.110)
28. Madukwe E. U, Okoye V, Ayogu R. N, Franca O. Chemical and organoleptic evaluation of fermented maize (*Zea mays*) gruel supplemented with fermented cowpea (*Vigna unguiculata*) flour and roasted melon seed (*Citrullus vulgaris*) paste. *African Journal of Biotechnology* . 2013;12(36): 5549-5553. [doi:10.5897/AJB2013.12886](https://doi.org/10.5897/AJB2013.12886)
29. Majzoobi M, Poor Z.V, Jamalain J. and Farahnaky A. Improvement of the quality of gluten-free sponge cake using different levels and particle sizes of carrot pomace powder. *International Journal of Food Science & Technology*. 2016; 51(6): 1369-1377. [doi:10.1111/ijfs.13104](https://doi.org/10.1111/ijfs.13104)
30. Mandalka A, Cavalcanti M.I.L.G, Harb T.B, Toyota Fujii M, Eisner P, Schweiggert-Weisz U, *et al.* Nutritional composition of beach-cast marine algae from the Brazilian coast: Added value for algal biomass considered as waste. *Foods*. 2022; 11(9). [doi:10.3390/foods11091201](https://doi.org/10.3390/foods11091201)
31. Marcinkowska-Lesiak M, Onopiuk A, Zalewska M, Cieplach A, Barotti L. The effect of different level of *Spirulina* powder on the chosen quality parameters of shortbread biscuits. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2018;42(3): e13561. [doi:10.1111/jfpp.13561](https://doi.org/10.1111/jfpp.13561)
32. Messaoudi A, Fahloul D. Physicochemical and sensory properties of pancake enriched with freeze dried date pomace powder.
20. Harrysson H, Konasani V. R, Toth G. B, Pavia H, Albers E, Undeland I. Strategies for improving the protein yield in ph-shift processing of *Ulva lactuca linnaeus*: Effects of ulvan lyases, ph-exposure time, and temperature. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. 2019;7(15): 12688-91. [doi:10.1021/acssuschemeng.9b02781](https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b02781)
21. Holdt S. L, Kraan S. 2011. Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. *Journal of Applied Phycology*. 2011; 23:543-597. [doi:10.1007/s10811-010-9632-5](https://doi.org/10.1007/s10811-010-9632-5)
22. Hurtado A.Q, Magdugo R, Critchley A.T. Harvesting and potential uses of selected red seaweeds in the Philippines with emerging high-value applications. *Advances in Botanical Research*. 2020; 95: 19-56. Academic Press. [doi:10.1016/bs.abr.2019.12.004](https://doi.org/10.1016/bs.abr.2019.12.004)
23. Jahanbakhshi R, Ansari S. Physicochemical properties of sponge cake fortified by olive stone powder. *Journal of Food Quality*. 2020; 1-11. [doi:10.1155/2020/1493638](https://doi.org/10.1155/2020/1493638)
24. Khademi F, Mehdipour Biregani Z, Keramat J. Physicochemical, textural, nutritional and sensory properties of sponge cake enriched with pumpkin powder during storage. *Journal of food science and technology (Iran)*. 2020; 17(103): 167-80. [doi:10.52547/fsct.17.103.167](https://doi.org/10.52547/fsct.17.103.167)
25. Kumar A, Krishnamoorthy E, Devi H. M, Uchoi D, Tejpal C.S, Ninan G. *et al.* Influence of sea grapes (*Caulerpa racemosa*) supplementation on physical, functional, and anti-oxidant properties of semi-sweet biscuits. *Journal of Applied Phycology*. 2018; 30(2): 1393-1403 . [doi:10.1007/s10811-017-1310-4](https://doi.org/10.1007/s10811-017-1310-4)
26. Li W. Quality characteristics of sponge cakes made of rice flour under different preservation conditions. *Food*

- Dietary Fibre*. 2014; 3(2): 96-105.
[doi:10.1016/j.bcdf.2014.03.001](https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2014.03.001)
40. Remorini D, Tavarini S, Degl'Innocenti E, Loreti F, Massai R, Guidi L. Effect of rootstocks and harvesting time on the nutritional quality of peel and flesh of peach fruits. *Food Chemistry*. 2008;110(2): 361-367.
[doi:10.1016/j.foodchem.2008.02.011](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.011)
41. Rosemary T, Arulkumar A, Paramasivam S, Mondragon-Portocarrero A, Miranda J.M. Biochemical, micronutrient and physicochemical properties of the dried red seaweeds *Gracilaria edulis* and *Gracilaria corticata*. *Molecules*. 2019; 24(12).
[doi:10.3390/molecules24122225](https://doi.org/10.3390/molecules24122225)
42. Salehi F, Aghajanzadeh S. Effect of dried fruits and vegetables powder on cakes quality: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2020; 95: 162-172. [doi:10.1016/j.tifs.2019.11.011](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.011)
43. Sanger G, Wonggo D, Taher N, Dotulong V, Setiawan A. A, Permatasari H. K, et al. Green seaweed *Caulerpa racemosa*-Chemical constituents, cytotoxicity in breast cancer cells and molecular docking simulation. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2023; 12.
[doi:10.1016/j.jafr.2023.100621](https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100621)
44. Sartip G, Hajilou J. Effect of preharvest application salicylic acid on physicochemical characteristics of apricot (*Prunus armeniaca* L.) fruits cv.'Shamlou'during storage. *Journal of Crops Improvement*. 2015; 17(1): 81-91.
45. Sasadara M, Wirawan I. (Editors). 2021. Effect of extraction solvent on total phenolic content, total flavonoid content, and antioxidant activity of Bulung Sangu (*Gracilaria* sp.) Seaweed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP
- Annals Food Science and Technology*. 2018; 19(1): 59-68.
33. Najjaa H, Ben Arfa A, Elfalleh W, Zouari N, Neffati M. Jujube (*Zizyphus lotus* L.): Benefits and its effects on functional and sensory properties of sponge cake. *PloS One*. 2020; 15(2): e0227996.
[doi:10.1371/journal.pone.0227996](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227996)
34. Nhung T.T. N, Chau N.T.B, Hien L.T.M., Linh V.T. H, Ha N. L, Dong D.T.A. Characteristics of sponge cake preserved by green tea extract powder. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2022; 46(11): e16939.
[doi:10.1111/jfpp.16939](https://doi.org/10.1111/jfpp.16939)
35. Nurjanah J.A, Asmara D.A, Hidayat T. Phenolic compound of fresh and boiled sea grapes (*Caulerpa* sp.) from Tual, Maluku. *Food Science Technology Journal*. 2019; 1(1): 31-39. [doi:10.33512/fsj.v1i1.6244](https://doi.org/10.33512/fsj.v1i1.6244)
36. Okolie, C. L., Mason, B., Critchley A.T, 2018. Seaweeds as a source of proteins for use in pharmaceuticals and high-value applications. *Novel Proteins for Food, Pharmaceuticals, and Agriculture: Sources, Applications, and Advances*. 217.
37. Pereira D. M, Valentão P, Pereira J.A, Andrade P.B. Phenolics: *From chemistry to biology*. *Molecules*. 2009; 14(6): 2202-2211.
[doi:10.3390/molecules14062202](https://doi.org/10.3390/molecules14062202)
38. Raja R, Hemaiswarya S, Sridhar S, Alagarsamy A, Ganesan V, Elumalai S, et al. Evaluation of proximate composition, antioxidant properties, and phylogenetic analysis of two edible seaweeds. *Smart Science*. 2020; 8(3): 95-100.
[doi:10.1080/23080477.2020.1795338](https://doi.org/10.1080/23080477.2020.1795338)
39. Raymundo A, Fradinho P, Nunes M. C. Effect of Psyllium fibre content on the textural and rheological characteristics of biscuit and biscuit dough. *Bioactive Carbohydrates and*

- pyriferia and C hondracanthus chamissoi: Characterization of the extracts and their bioactive potential. *Journal of Applied Phycology*. 2019; 31:1999-2010. doi:10.1007/s10811-018-1712-y
54. Wells M. L, Potin P, Craigie J. S, Raven J.A, Merchant S.S, Helliwell K. E, *et al.* Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *Journal of Applied Phycology*. 2017; 29: 949-82. doi:10.1007/s10811-016-0974-5
55. Yousef N.S, Salem R.H, Abo Zaid E.M.E, El-kader A. Enriching balady bread using red algae (*Pterocladia capillacea*). *Egyptian Journal of Agricultural Sciences*. 2015; 66(3): 234-244.
56. Zangeneh N, Barzegar H, Alizadeh Behbahani B, Mehrnia M. A. Investigation of the effect of different *Spirulina platensis* levels on nutritional, physicochemical and sensory properties of sponge cake. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. 2020; 16(2): 207-220. doi:10.22067/ifstrj.v16i2.81859
57. Zhang N, Li Y, Wen S, Sun Y, Chen J, Gao Y, *et al.* Analytical methods for determining the peroxide value of edible oils: A mini-review. *Food Chemistry*. 2021; 358, 129834. doi:10.1016/j.foodchem.2021.129834
58. Zhong B, Robinson N.A, Warner R.D, Barrow C.J, Dunshea F.R, Suleria H. A. LC-ESI-QTOF-MS/MS characterization of seaweed phenolics and their antioxidant potential. *Marine Drugs*. 2020; 18(6): 331 doi:10.3390/md18060331
- Publishing*. doi:10.1088/1755-1315/712/1/012005
46. Segovia Gómez F, Almajano Pablos M. P. Pineapple waste extract for preventing oxidation in model food systems. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*. 2016; 81(7): 1622-1628. doi:10.1111/1750-3841.13341
47. Serna Saldívar S.O, Hernández D.S. Dietary fiber in cereals, legumes, pseudocereals and other seeds. In: *Science and Technology of Fibers in Food Systems: Springer*. 2020; 87-122. doi:10.1007/978-3-030-38654-2
48. Shahbazizadeh S, Khosravi-Darani K, Sohrabvandi S. Fortification of Iranian traditional cookies with *spirulina platensis*. *Annual Research & Review in Biology*. 2015;77(3):144-54. doi:10.9734/ARRB/2015/13492
49. Shahidi F, Ambigaipalan P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects—A review. *Journal of Functional Foods*. 2015; 18: 820-97. doi:10.1016/j.jff.2015.06.018
50. Tapotubun A. M, Matruttu T. E, Riry J, Tapotubun E. J, Fransina E.G, Mailoa M. N, *et al.* Seaweed *Caulerpa* sp. position as functional food. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 517 (2020) 012021. *IOP Publishing*. 2020; doi:10.1088/1755-1315/517/1/012021
51. Tenorio A.T, Boom R.M, van der Goot A. J. Understanding leaf membrane protein extraction to develop a food-grade process. *Food Chemistry*. 2017; 217: 234-43. doi:10.1016/j.foodchem.2016.08.093
52. Usha R, Lakshmi M, Ranjani M. Nutritional, sensory and physical analysis of pumpkin flour incorporated into weaning mix. *Malaysian Journal of nutrition*. 2010;16(3): 379-87
53. Vásquez V, Martínez R, Bernal C. Enzyme-assisted extraction of proteins from the seaweeds *Macrocystis*