

تاثیر استفاده از جلبک سبز *Ulva intestinalis* بر ویژگی های ضد- اکسیدانی پاستا

هانیه پورقاسم^۱، آریا باباخانی^{۲*}، هانیه رستم زاد^۲

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران.

۲. استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۸/۱۱ تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۱۲/۵

چکیده

جلبک های دریایی مانند سایر گیاهان فتوسنتز کننده در معرض نور و اکسیژن قرار دارند که این امر می تواند سبب ایجاد رادیکال های آزاد و سایر عوامل اکسیدکننده گردد. عدم آسیب های اکسیداتیو در ساختار آن ها می تواند نشان دهنده وجود ترکیبات ضد اکسیداسیونی در آن ها باشد. هدف از این مطالعه، بررسی اثر پودر جلبک سبز *Ulva intestinalis* بر خواص ضد اکسیداسیونی پاستا می باشد. پاستا با درصدهای مختلف جلبک (۵٪، ۱۰٪ و ۱۵٪) تهیه شد. آزمایش های برون تنی ویژگی های ضد اکسیدانی، میزان فنول کل و خنثی کنندگی رادیکال های آزاد انجام شد. نتایج نشان داد که پاستای دارای ۱۵٪ پودر جلبکی حاوی بالاترین میزان فنول کل، فعالیت ضد اکسیدانی و خنثی کنندگی رادیکال های آزاد را داشت ($P < 0.05$). غنی سازی باعث بهبود خواص ضد اکسیدانی و پتانسیل دارویی پاستای مورد مطالعه شد.

واژگان کلیدی: پاستا، DPPH، فنول، رادیکال های آزاد.

۱. مقدمه

به طور کلی پاستا به گروهی از محصولات غذایی گفته می شود که از نوعی آرد به نام سمولینا حاصل از گندم دوروم (Durum) یا مخلوطی از آن ها با آب و در مواردی همراه با افزودنی، پس از مراحل شکل دهی و خشک کردن حاصل می شود. پاستا محصولی کم چرب و همانند سایر غلات، سرشار از کربوهیدرات و پروتئین می باشد و از این رو امروزه در تمام کشورها به عنوان یک غذای مغذی که دارای ارزش تغذیه ای بسیار بالا و قیمت مناسب است، به مصرف می رسد (Kill and Turnbull, 2011). با توجه به مرحله اکستروود شدن در فرآیند تولید این محصول، به راحتی می توان مواد افزودنی را به فرمولاسیون آن اضافه نمود (Yahyavi et al., 1392). فواید تغذیه ای و افزایش تقاضا از سوی مصرف کنندگان باعث شده تا این محصول از پتانسیل خوبی به عنوان حامل برای مواد مغذی برخوردار باشد (Verardo et al., 2009). تا آن جا که پاستا یکی از اولین محصولات غذایی بود که FAO در سال ۱۹۴۰ اجازه داد تا توسط ویتامین و آهن غنی سازی شود (Fradique et al., 2010). بر این اساس نیاز برای پژوهش مداوم در راستای ارتقای کیفیت این محصول رو به افزایش است (Ghiasi tarzi et al., 1391).

غذاهای دریایی با توجه به تنوع زیستی فوق العاده یک گنجینه با ارزش از غذاهای سالم و ترکیبات بیولوژیکی فعال به حساب می آیند. از این اجزای عملکردی غذاهای دریایی می توان در غنی سازی محصولات پاستا استفاده کرد (Prabhasankar, 2010). وجود فیبرهای غذایی، مواد معدنی، اسیدهای چرب چند غیراشباع، پروتئین ها و مقادیر پایین چربی - های اشباع و نیز ویژگی های زیستی مانند خواص ضد-باکتریایی، ضداکسایشی، ضدویروسی و ضدقارچی جلبک های دریایی موجب افزایش استفاده از این محصولات طبیعی در صنایع دارویی و خوراکی شده است (Rodriguez-Bernaldo de Quiros et al., 2010; Ruberto et al., 2001). جلبک ها مدت ها است که در کشورهای آسیایی تأمین کننده بخشی از سبب غذایی مردم بوده اند (Nahas et al., 2005; Kuda et al., 2007)، اما آن چه در دهه های اخیر بر اهمیت این منابع دریایی افزوده است، تنوع

محصولات ثانویه از جمله ضداکسیدان ها در آن ها است که به منزله ترکیباتی مؤثر علیه استرس های اکسیداتیو در بدن انسان شناخته شده اند (Li et al., 2009). تحقیقات نشان داده است که ماکروجلبک های دریایی منبعی غنی از ضداکسیدان های مختلف مثل پلی فنول-ها هستند که می توانند نقش مهمی در پیشگیری از اکسیداسیون داشته باشند و ضداکسیداسیون های کارآمدی برای اسیدهای چرب چند غیراشباعی هستند (Roberto et al., 2001). فنول ها، گروه مهمی از ترکیبات طبیعی هستند که دارای خواص ضداکسیداسیونی و دیگر خواص زیستی می باشند. بنابراین، علاقه زیادی به کاربرد آن ها در صنعت مواد غذایی به دلیل حفظ ارزش های کیفی و تغذیه ای مواد غذایی وجود دارد (Onofrejova et al., 2010). Gouveia و همکاران (۲۰۰۷) اثر ریزجلبک های *Chlorella vulgaris* و *Haematococcus pluvialis* را به عنوان ماده ی رنگی و ضداکسیدانی در امولسیون های غذایی ارزیابی کردند و دریافتند که امولسیون های حاوی جلبک در مقایسه با نمونه ی شاهد، پایداری اکسیداتیو و تنوع رنگی بیشتری نشان می دهند. در مطالعه ای دیگر Leon و همکاران (۲۰۱۴)، اسپرولینا را در سه سطح جایگزین آرد گندم در پاستا کردند (۲۰، ۱۰، ۵ گرم در ۱۰۰ گرم). آن ها دریافتند که محتوای پروتئین در پاستایی که حاوی ۲۰ گرم اسپرولینا بود، افزایش داشته و همچنین محتوای ترکیبات فنولی و فعالیت ضداکسیدانی بالایی در این پاستا نسبت به گروه شاهد مشاهده کردند. Prabhasankar و همکاران (۲۰۰۹a) دریافتند، افزایش محتوای جلبکی *Sargassum marginatum* در پاستا تا غلظت ۲/۵ درصد خاصیت ضداکسیدانی را افزایش داد.

یکی از پتانسیل های موجود در دریای خزر به ویژه در سواحل ایران جلبک سبز، گونه *Entromorpha intestinalis* است. این نوع جلبک از لحاظ ریخت شناسی دارای رشته سبز رنگ، مسطح ریشه ای و معمولاً لبه های چین خورده می باشد. از نظر سازگاری به شوری گونه ای بسیار مقاوم بوده به نحوی که از آب شیرین تا شوری های بسیار بالا رشد می کند (Khezri, 1393). تاکنون از این جلبک مفید در ایران هیچ گونه بهره برداری نشده است. معرفی این جلبک و

همه نمونه‌ها در آزمایشگاه فرآوری محصولات شیلاتی دانشگاه گیلان تهیه شدند. ابتدا نمونه شاهد متشکل از آرد نول، آب، تخم مرغ، گلوتن و نمک تولید شد و سپس از نسبت آرد ورودی کاسته و جایگزین آن به ترتیب از نسبت های ورنی (W/W) ۰.۵٪، ۱.۰٪ و ۱.۵٪ پودر جلبک *U. intestinalis* استفاده شد. پس از اختلاط مواد، خمیر حاصل با استفاده از دستگاه پاستا ساز (Marcato, Ampia 150-Deluxe, Italy) به اندازه دلخواه بریده شد. در مرحله بعد، پاستاهای شکل گرفته و برش خورده (به صورت رشته-هایی با ضخامت ۱/۲ میلی متری)، خشک شدند. خشک کردن طی دو مرحله انجام شد. در ابتدا پاستاها دمای ۳۰ درجه سانتی گراد را به مدت ۳۰ دقیقه در مرحله پیش خشک کن سپری کردند و در ادامه به مدت ۱۷ ساعت با دمای ۴۵ درجه سانتی گراد تا رسیدن به رطوبت مطلوب و مناسب پاستای خشک $9/5 \pm 0/5$ g / ۱۰۰g خشک شدند (Leon et al., 2014).

۳.۲. روش انجام آزمون‌ها

هر یک از آزمون‌ها بر اساس استانداردهای تعریف شده با ۳ تکرار صورت پذیرفت. به منظور انجام آزمون تعیین فنول کل و ظرفیت ضد اکسیدانی کل از عصاره آبی و به منظور انجام آزمون قدرت خنثی کنندگی رادیکال‌های آزاد (DPPH[•]) از عصاره متانولی پاستا استفاده شد. به این ترتیب مقدار ۳ گرم از پاستای خام در ۳۰ میلی لیتر آب مقطر (عصاره آبی) و یا متانول (عصاره متانولی) حل و سپس با کاغذ صافی فیلتر شد و تا هنگام انجام آزمایش‌های بیشتر (حداکثر تا یک هفته) در ظروف شیشه‌ای تیره و در دمای ۴ درجه سلسیوس قرار داده شدند. این عصاره‌ها برای تعیین انواع آزمون‌های ضد اکسیدانی در مقیاس آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گرفتند.

۴.۲. تعیین محتوای فنول کل (Total phenol content)

برای تعیین فنول کل از روش Taga و همکاران (۱۹۸۴) استفاده شد. به ۲۰۰ میکرو لیتر از عصاره، ۴ میلی لیتر Na_2CO_3 ۲٪ اضافه و پس از ۲ دقیقه، ۲۰۰ میکرو لیتر محلول فولین-سیوکالتو ۵۰٪ به آن اضافه

بررسی امکان کاربرد آن می‌تواند زمینه تولید فرآورده‌های قابل استفاده در بخش‌های مختلف صنایع غذایی را فراهم آورد. بنابراین با توجه به مطالب بیان شده و با در نظر گرفتن سهولت دسترسی و فراوانی جلبک‌های سبز *U. intestinalis* در سواحل جنوبی دریای خزر و همچنین لزوم تولید پاستا با ویژگی‌های تغذیه‌ای و بهبود سلامتی انسان، لزوم انجام این پژوهش ضروری احساس می‌شد. بررسی منابع نشان می‌دهد که اطلاعات چندانی درباره غنی‌سازی آرد گندم با پودر جلبک *U. intestinalis* برای تولید پاستا وجود ندارد. از این رو هدف این پژوهش دستیابی به فرمول ساخت پاستای غنی‌سازی شده با پودر جلبک سبز *U. intestinalis*، بهبود ویژگی‌های ضد اکسیدانی پاستا و جبران کمبودهای موجود در این ماده غذایی از طریق غنی‌سازی با پودر جلبک سبز *U. intestinalis* بود.

۲. مواد و روش‌ها

در این پژوهش برای تهیه نمونه شاهد و سایر نمونه‌ها از آرد نول شرکت آرد شاد گیلان با مقدار پروتئین ۱۰٪، گلوتن مرطوب ۳۰٪ و رطوبت ۱۴٪ استفاده شد. نمونه‌های جلبک سبز *U. intestinalis* که به سبب دارا بودن رنگیزه‌های سبز رنگ به نام کلروفیل a و b به رنگ سبز دیده می‌شوند، از سواحل جنوبی دریای خزر جمع‌آوری شدند.

۱.۲. آماده‌سازی جلبک سبز *U. intestinalis*

نمونه‌های جلبکی پس از چند مرحله شستشو با آب دریا جهت حذف باقیمانده اپی‌فیت‌ها، شن، ماسه و نمک، دوباره با آب شیرین شستشو شدند و پس از انتقال به آزمایشگاه فراوری، در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۴ روز خشک شدند و سپس در یک دستگاه آسیاب تا حد امکان به صورت پودر درآمدند. این پودرهای آسیاب شده از الک عبور داده شده و تا زمان انجام پژوهش در کیسه‌های پلاستیکی زیپ کیپ نگهداری شدند.

۲.۲. آماده‌سازی نمونه‌ها و تولید پاستا

آلمان)، در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹۰ دقیقه قرار گرفت. پس از سرد شدن نمونه‌ها در دمای اتاق، در نهایت جذب نمونه‌ها در طول موج ۶۹۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (آمریکا، UNICO، UV/Vis) خوانده شد. برای رسم منحنی استاندارد از محلول آسکوربیک‌اسید در غلظت‌های ۰/۱، ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۸ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر استفاده شد و نتایج بر اساس میلی‌گرم آسکوربیک‌اسید بر گرم پاستای خام بیان شد. معادله منحنی استاندارد برابر با رابطه با رابطه (۳) است:

$$(Y = 0.0032x, R^2 = 0.99) \quad (3)$$

۷.۲. روش آماری

آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شد. داده‌ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار گزارش شدند. بعد از تحقق دو شرط اصلی آزمون‌های پارامتریک تجزیه واریانس (هموژن بودن واریانس و نرمال بودن داده‌ها) (Zar, 1999)، از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) برای مقایسه واریانس بین تیمارها و از آزمون دانکن برای بررسی وجود یا نبود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها (در سطح اطمینان ۹۵ درصد) با کمک نرم‌افزار آماری تحت ویندوز SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد. نمودارها و جداول نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۰ تهیه شدند.

۳. نتایج

۱.۳. محتوای فنول کل

مقادیر میزان فنول کل برحسب میلی‌گرم گالیک اسید به گرم پاستای خام بیان شد. نتایج حاکی از وجود مقادیر بسیار متفاوت از ترکیبات فنولی در نمونه‌های مختلف بود. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده است، عصاره پاستای حاوی ۱۵٪ پودر جلبک در مقایسه با عصاره پاستای حاوی ۵٪ پودر جلبک، به‌طور معنی‌داری محتوای ترکیبات فنولی بالاتری داشت که این میزان برابر با ۲۰۵ میلی‌گرم گالیک‌اسید در گرم پاستا بود ($P < 0.05$). با این وجود، با سایر نمونه‌ها و نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. هم‌چنین، پس از نمونه حاوی ۱۵٪ پودر جلبک، به‌ترتیب نمونه

شد، نمونه‌ها در دمای اتاق به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفتند، سپس جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (آمریکا، UNICO، UV/Vis 2100) خوانده شد. مقادیر میزان فنول کل برحسب میلی‌گرم گالیک‌اسید به گرم پاستای خام بیان شد. به‌منظور رسم منحنی استاندارد از محلول اسیدگالیک در غلظت‌های ۰، ۰/۰۰۲، ۰/۰۱ و ۰/۰۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر استفاده شد. معادله منحنی استاندارد برابر با رابطه ۱ است.

$$(Y = 0.0138x, R^2 = 0.9946) \quad (1)$$

۵.۲. قدرت خنثی‌کنندگی رادیکال‌های آزاد

(DPPH=2,2-dphenyl-1-picrylhydrazyl)

بررسی فعالیت ضداکسیدانی با استفاده از رادیکال‌های پایدار ۲ و ۲ دی فنیل ۱ پیکریل-هیدرازیل (DPPH)، طبق روش (Brand-Williams *et al.*, 1995) انجام شد. عصاره‌های متانولی پاستا به ۲ میلی‌لیتر از محلول متانولی ۰/۱۶ میلی‌مولار رادیکال آزاد DPPH افزوده شد و به‌خوبی مخلوط و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط (۲۶-۲۸ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شد تا تغییر رنگ در آن صورت بگیرد. سپس جذب محلول در طول موج ۵۱۷ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر (آمریکا، UNICO، UV/Vis 2100) خوانده شد. میزان فعالیت ضداکسیدانی رادیکالی عصاره مطابق فرمول زیر محاسبه خواهد شد.

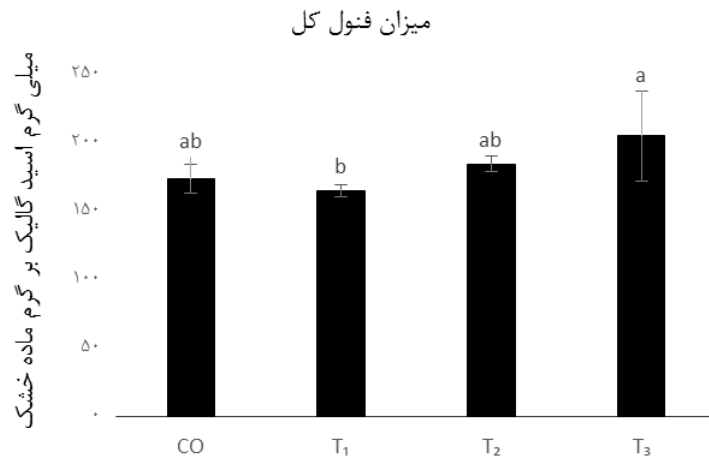
$$RSA = [1 - ((A_{\text{sample}} - A_{\text{sample blank}}) / A_{\text{control}})]$$

A_{sample} جذب نمونه و محلول DPPH بعد از زمان مورد نظر؛ $A_{\text{sample blank}}$ جذب نمونه بعد از زمان مورد نظر و A_{control} جذب کنترل بعد از زمان مورد نظر هستند.

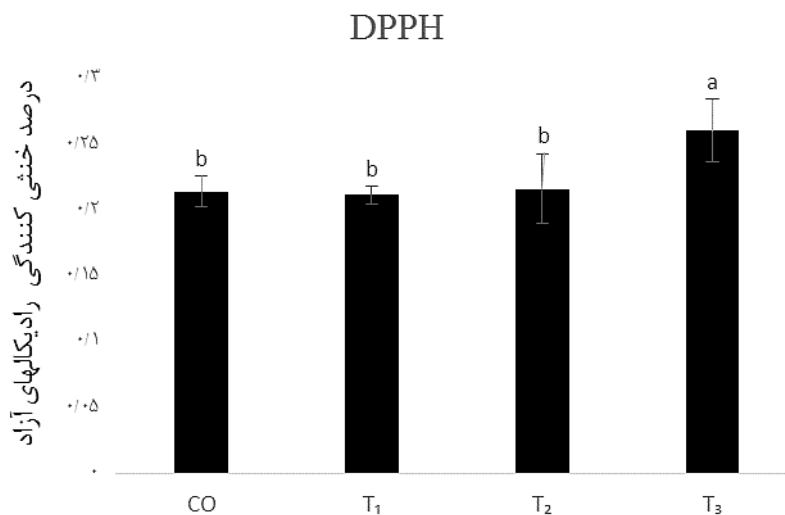
۶.۲. ظرفیت ضداکسیدانی کل (Total = TAC)

(antioxidant capacity)

ظرفیت ضداکسیدانی کل عصاره‌های پاستاهای تولیدی با روش (Prieto *et al.*, 1999) اندازه‌گیری شد. ۰/۶ میلی‌لیتر نمونه با ۶ میلی‌لیتر محلول معرف (۰/۶ مولار اسیدسولفوریک، ۲۸ میلی‌مولار فسفات-سدیم و ۴ میلی‌مولار آمونیوم مولیبدات) مخلوط و محلول حاصل در حمام آبی (Mettler)، ساخت



شکل ۱ - مقدار ترکیبات فنولی (بر حسب میلی گرم اسید گالیک بر گرم ماده خشک) در پاستای شاهد (CO) و حاوی جلبک با درصدهای ۵ (T₁)، ۱۰ (T₂) و ۱۵ (T₃).



شکل ۲ - فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد DPPH (بر حسب درصد خنثی‌کنندگی رادیکال‌های آزاد) در پاستای شاهد (CO) و حاوی جلبک با درصدهای ۵ (T₁)، ۱۰ (T₂) و ۱۵ (T₃).

نمونه‌ها این اختلاف معنی‌دار بود ($P < 0.05$).

حاوی ۱۰٪ نمونه شاهد و نمونه حاوی ۵٪ پودر جلبکی واجد کمترین محتوای ترکیبات فنولی بودند.

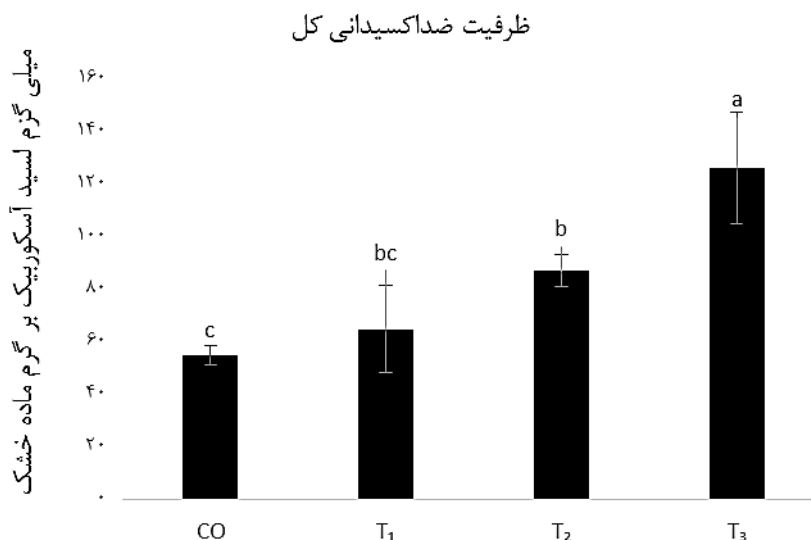
۳.۳. فعالیت ضداکسیدانی کل (TAC)

به‌طور کلی، غلظت‌های مختلف عصاره‌های آبی پاستا، دارای درجات متفاوتی از فعالیت ضداکسیدانی بودند که میزان آن در تمامی نمونه‌ها با افزایش غلظت افزایش یافت. همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، نتایج نشان داد که در میان نمونه‌ها، عصاره پاستای حاوی ۱۵٪ پودر جلبک بالاترین فعالیت ضد-اکسیدانی را دارا بود. عصاره پاستاهای حاوی ۱۰٪ و ۵٪ پودر جلبک نیز بیشترین فعالیت ضداکسیدانی را پس از پاستای حاوی ۱۵٪ پودر جلبک از خود نشان

۲.۳. قدرت خنثی‌کنندگی رادیکال‌های آزاد

(DPPH)

ظرفیت‌های ضداکسیدانی عصاره پاستاهای حاوی جلبک *E. intestinalis* ارزیابی شد. قدرت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد DPPH توسط پاستاهای حاوی جلبک *E. intestinalis* در شکل ۲ نمایش داده شده است. همان‌گونه که نشان می‌دهد بیشترین میزان مهار رادیکال‌های آزاد در پاستای حاوی ۱۵٪ جلبک مشاهده شد که در مقایسه با سایر



شکل ۳ - فعالیت ضد اکسیدانی کل (برحسب میلی گرم اسید آسکوربیک بر گرم ماده خشک) در پاستای شاهد (CO) و حاوی جلبک با درصدهای ۵ (T₁)، ۱۰ (T₂) و ۱۵ (T₃).

بوده اما از لحاظ کیفیت تفاوت معنی داری با پاستای معمولی نداشت. در تحقیقی که Alavi و همکاران (۱۳۹۴) انجام دادند، دریافتند که افزودن ریز جلبک اسپیرولینا (*Arthrospira platensis*) به عنوان یک ترکیب طبیعی برای بهبود پایداری اکسیداتیو و افزایش زمان ماندگاری روغن زیتون بکر در مقایسه با روغن زیتون کنترل مؤثر واقع شد. جلبک ها منبع مهم تعداد زیادی از متابولیت های زیست فعال هستند، مانند ترکیبات فنولی که در اکثر جلبک ها وجود دارند (Stengel et al., 2011). محتوای ترکیبات فنولی در تمامی عصاره های آبی پاستا، با افزایش غلظت افزایش یافت. با توجه به این که ماکرو جلبک های دریایی منبعی غنی از ضد اکسیدان های مختلف مثل پلی فنول ها هستند می توان نتیجه گرفت که افزایش محتوای فنولی در پاستاهای تولیدی کاملاً قابل توجهیه است. نتایج فوق با نتایج حاصل از پژوهش های Prabhasankar و همکاران (۲۰۰۹b) و Leon و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت داشت.

در مطالعه ای که Hashem dabaghian (۱۳۹۴) در خصوص ارزیابی ظرفیت ضد اکسیدانی عصاره خام جلبک *E. intestinalis* و فراکشن های حاصل از آن و توانایی آن ها در مهار رادیکال های آزاد DPPH[•] انجام داد، میزان مهار رادیکال های آزاد در عصاره خام بین ۳۵-۵۵٪ تعیین شد. همان طور که گفته شد، میزان مهار کنندگی رادیکال آزاد در عصاره پاستاهای تولیدی وابسته به غلظت عصاره ها بود و با

دادند. کمترین فعالیت ضد اکسیدانی نیز در عصاره پاستای شاهد مشاهده گردید. بر اساس نتایج، نمونه حاوی ۱۵٪ پودر جلبک در مقایسه با سایر نمونه ها، به طور معنی داری بالاترین فعالیت ضد اکسیدانی را نشان داد و از سویی دیگر پاستای شاهد علی رغم این که پایین ترین میزان فعالیت ضد اکسیدانی را از خود نشان داد ولی تنها با پاستای حاوی ۵٪ پودر جلبک اختلاف معنی داری را نشان نداد ($P < 0.05$).

۴. بحث و نتیجه گیری

مطالعات زیادی در سراسر جهان با هدف ارتقای کیفیت ترکیبات غذا-دارو و تغذیه ای پاستای متشکل از آرد گندم انجام شده است. تاکنون پاستاهای متشکل از آرد گندم با ترکیبات غنی فنولی مانند آرد برگ های خشک شده گل تاج خروس (Borneo and Aguirre, 2008)، جلبک واکامه (Prabhasankar et al., 2009)، برگ های پرتقال و هویج (Boroski et al., 2011)، آرد ذرت (Khan et al., 2013)، آرد گندم سیاه (Biney and Beta, 2014) و آرد نخود (Padalino et al., 2014) غنی سازی شده اند. نتایج پژوهش Zarabadi pour و همکاران (۱۳۹۳) در خصوص افزودن ریز جلبک اسپیرولینا در سطوح مختلف بر پایه آرد سمولینا به پاستا و مقایسه آن با پاستای معمولی نشان داد که پاستای ریز جلبکی تولید شده از لحاظ ارزش غذایی بالاتر از پاستای معمولی

Prabhasankar و همکاران (۲۰۰۹a) که از جلبک قهوه‌ای هندی *Sargassum marginatum* به‌عنوان یک جزء ترکیبی برای بهبود کیفیت تغذیه‌ای و عملکرد زیستی در پاستا استفاده کردند همین نتیجه مشاهده شد و دریافتند فعالیت جمع‌آوری رادیکال ۲ و ۲-دی-فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل (درصد) و شلاته کردن فلزات در پاستا با ۲/۵ درصد جلبک دریایی به بالاترین مقدار رسید. Gouveia و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از ریزجلبک‌های *Chlorella vulgaris* و *Haematococcus pluvialis* نتایج مشابهی را در زمینه کاهش عدد پراکسید و آنیزیدین در امولسیون‌های غذایی مشاهده کردند. Mamatha و همکاران (۲۰۰۷) نیز با افزودن جلبک دریایی *Enteromorpha compressa* در تهیه اسنکی به نام پاکادو فعالیت جمع‌آوری رادیکال‌های آزاد و محتوی فنلی آن را افزایش دادند.

از نتایج این پژوهش نتیجه‌گیری می‌شود که ماکروجلبک‌ها حاوی تعداد متعددی از ترکیبات زیست‌فعال مانند ترکیبات فنولی هستند که می‌توانند سبب افزایش خواص سلامتی بخش محصولات شود. همچنین این جلبک در بیشتر سطوحی که مورد استفاده قرار گرفت، فعالیت ضداکسیدانی را در مقایسه با پاستای شاهد افزایش داد. افزودن ۱۵٪ پودر جلبک *U. intestinalis* می‌تواند بهترین گزینه از نظر ویژگی‌های مورد بررسی باشد. پیشنهاد می‌شود برای کنترل فعالیت‌های اکسیدانی و بالا بردن ارزش سلامتی‌بخش پاستا از این ماکروجلبک به‌عنوان افزودنی استفاده شود.

افزایش غلظت افزایش معنی‌داری پیدا کرد. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که جلبک *U. intestinalis* که در غنی‌سازی پاستا استفاده شد، مهارکننده خوبی برای رادیکال‌های آزاد DPPH[•] می‌باشد. پاستاهایی با مقادیر بیشتر فنول کل، قابلیت جذب رادیکال بالاتری داشته‌اند که احتمالاً به این دلیل است که پلی‌فنول‌های جلبک‌های دریایی ترکیبات پایه‌ای برای ویژگی ضد رادیکالی پاستا می‌باشند (Kuda et al., 2005; Chew et al., 2008). فنول‌ها، عوامل مهم در مهار رادیکال‌های آزاد DPPH[•] بوده اما در برخی از گونه‌های جلبک‌ها کاروتنوئیدها، اسیدهای چرب غیر اشباع و بعضی از ترکیبات با وزن مولکولی پایین مثل پلی‌ساکاریدها، پروتئین، پپتید و رنگدانه‌ها ممکن است در مهار این رادیکال آزاد دخالت داشته باشند (Souza et al., 2011). در مطالعه Prabhasankar و همکاران (۲۰۰۹b) پاستای حاوی جلبک واکامه (*Undaria pinnatifida*) فعالیت مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH[•] را در پاستاها افزایش داد. همان طور که ذکر شد، در میان نمونه‌ها، عصاره پاستای حاوی ۱۵٪ پودر جلبک بالاترین فعالیت ضداکسیدانی را دارا بود. عصاره پاستاهای حاوی ۱۰٪ و ۵٪ پودر جلبک نیز بیشترین فعالیت ضداکسیدانی را پس از پاستای حاوی ۱۵٪ پودر جلبک از خود نشان دادند و کمترین فعالیت ضداکسیدانی نیز در عصاره پاستای شاهد مشاهده گردید. بنابراین نتایج پیش رو با نتایج حاصل از پژوهش‌های Prabhasankar و همکاران (۲۰۰۹b) و Leon و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت داشت. همچنین در پژوهشی دیگر از

References

- Alavi, N., Keramat, M., Golmakani, M.T., Laari, M.A., Shekar Foroush, Sh., Norouzi, M., 1394. Improved oxidation stability of original olive oil by using *Spirulina* microalgae as a natural antioxidant. *Iranian Journal of Nutrition Science and Food Technology*, 10(4), 63-74. (In Persian)
- Biney, K., Beta, T., 2014. Phenolic profile and carbohydrate digestibility of durum spaghetti enriched with buckwheat flour and bran. *LWT-Food Science and Technology*, 57(2), 569-579.
- Borneo, R., Aguirre, B., 2008. Chemical composition, cooking quality, and consumer acceptance of pasta made with dried amaranth leaves flour. *LWT- Food Science and Technology*, 41(10), 1748-1751.
- Boroski, M., de Aguiar, A.C., Boeing, J.S., Rotta, E.M., Wibby, C.L., Bonafe, E.G., 2011. Enhancement of pasta antioxidant activity with oregano and carrot leaf. *Food Chemistry*, 125(2), 696-700.
- 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.
- Chew, Y.L., Lim, Y.Y., Omar, M., Khoo, K.S., 2008. Antioxidant activity of three edible seaweeds from two areas in South East Asia. *LWT-Food Science and Technology*, 41, 1067-1072.

- Fradique, M., Batista, A.P., Nunes, M., Gouveia, L., Bandarra, M.N., Raymundo, A., 2010. Incorporation of *Chlorella vulgaris* and *Spirulina maxima* biomass in pasta products, Part 1: Preparation and evaluation. *Journal of Society of Chemical Industry Food Agriculture*, 90, 1656-1664.
- Ghiasi Tarzi, B., Shakeri, B., Ghavami, M., 1391. Effects of adding wheat bud on the chemical, sensory, cook and microbial properties of pasta. *Iranian Journal of Nutrition Science and Food Technology*, 3, 21 p. (In Persian)
- Gouveia, L., Batista, A., Miranda, A., Empis, J., Raymundo, A., 2007. *Chlorella vulgaris* biomass used as colouring source in traditional butter cookies. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8, 433-436.
- Hashem Dabaghian, A. 1394. Bioactivity-guided fractionation and ethanol extracts from *Enteromorpha intestinalis*. Master's Thesis, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Fisheries Processing Group. Tarbiat Moddares University. 95 p. (In Persian)
- Heydari, M., Zolgharnein, H., Sakhaii, N., Mirzaii, A., Movahedy, A., 1392. Ecological survey of macroscopic green algae on the coasts of Bushehr province. *Scientific-research Marine Biology*, 5(19), 14 p.
- Khan, I., Yousif, A., Johnson, S., Gamlath, S., 2013. Effect of sorghum flour addition on resistant starch content, phenolic profile and antioxidant capacity of durum wheat pasta. *Food Research International*, 54, 578-586.
- Khezri, M., Rezaii, M., Zolfaghari, M., 1393. Study of using *Enteromorpha intestinalis* algae extract to control some food pathogens. *Iranian Journal of Science and Food Technology*, 13(58), 81-91. (In Persian)
- Kill, R., Turnbull, K. (Eds.), 2001. Pasta and semolina technology, Blackwell science Ltd editorial offices, England, 1071 p.
- Kuda, T., Tsunekawa, M., Goto, H., Araki, Y., 2005. Antioxidant properties of four edible algae harvested in the Noto Peninsula, Japan. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18(7), 625-633.
- Leon, A.E., De Marco, E.R., Steffolani, M.E., Martinez, C.S., 2014. Effects of *Spirulina* biomass on the technological and nutritional quality of bread wheat pasta. *LWT-Food Science and Technology*, 58, 102-108.
- Li, Y., Qian, Z.J., Ryu, B., Lee, S.H., Kim, M.M., Kim, S.K., 2009. Chemical components and its antioxidant properties in vitro: An edible marine brown alga, *Ecklonia cava*. *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, 17, 1963-1973.
- López, A., Rico, M., Rivero, A., Suárez de Tangil, M., 2011. The effects of solvents on the phenolic contents and antioxidant activity of *Stypocaulon scoparium* algae extracts. *Food Chemistry*, 125, 1104-1109.
- Mamatha, B., Namitha, K., Senthila, A., Smitha, J., Ravishankra, G., 2007. Studies on use of *Enteromorpha* in snack food. *Food Chemistry*, 101, 1707-13.
- Nahas, R., Abatis, D., Anagnostopoulou, M.A., Kefalas, P., Vagias, C., Roussis, V., 2007. Radical-scavenging activity of Aegean Sea marine algae. *Food Chemistry*, 102, 577-581.
- Onofrejova, L., Vasickova, J.V., Klejdus, B., Stratil, P., Misurcova, L., Kracmar, S., Kopecky, J., Vacek, J., 2010. Bioactive phenols in algae: The application of pressurized liquid and solid-phase extraction techniques. *Journal of Pharmaceutical and biomedical Analysis*, 51, 464-470.
- Padalino, L., Mastromatteo, M., Lecce, L., Spinelli, S., Conto, F., Del Nobile, M.A., 2014. Chemical composition, sensory and cooking quality evaluation of durum wheat spaghetti enriched with pea flour. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(6), 1544-1556.
- Persian Gulf bio-technical Park. Available from http://www.pgbp.ir/index.php?Option=com_content&Itemid=78. Accessed 8th March 2011. (In Persian)
- Prabhasankar, P., Ganesan, P., Bhaskar, N., 2009a. Influence of Indian brown seaweed (*Sargassum marginatum*) as an ingredient on quality, biofunctional and microstructure characteristics of pasta. *Journal of Food Science and Technology International*, 1268-1277.
- Prabhasankar, P., Miyashita, K., Bhaskar, N., Ganesan, P., Hirose, A., Stephen, N., Gowda, L.R., Hosokawa, M. 2009b. Edible Japanese seaweed, wakame (*Undaria pinnatifida*) as an ingredient in pasta: Chemical, functional and structural evaluation. *Food Chemistry*, 115, 501-508.
- Prabhasankar, P., Kadam, S.U., 2010. Marine foods as functional ingredients in bakery and pasta products. *Food Research International*, 43, 1975-1980.
- Prieto, P., Pineda, M., Aguilar, M., 1999. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Journal of Analytical Biochemistry*, 269(2), 337-341.
- Rodriguez-Bernaldo de Quiros, A., Lage-Yusty, M.A., Lopez-Hernandez, J., 2010. Determination of phenolic compounds in macroalgae for human consumption. *Chemistry*, 121, 634-638.
- Ruberto, G., Baratta, M.T., Biondi, D.M., Amico, V., 2001. Antioxidant activity of extracts of the marine algal genus *Cystoseira* in a micellar model system. *Journal of Applied Phycology*, 13(5), 403-407.
- Souza, B.W.S., Cerqueira, M.A., Martins, J.T., Quintas, M.A.C., Ferreira, A.N.C.S., Teixeira, J.A., Vicente, A.N.A., 2011. Antioxidant potential of two red seaweeds from the Brazilian coasts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 5589-5594.
- Stengel, D., Connan, S., Popper, Z., 2011. Algal chemodiversity and bioactivity: sources of

- natural variability and implications for commercial application. *Biotechnology Advances*, 29, 483-501.
- Taga, M.S., Miller, E.E., Pratt, D.E., 1984. Chia seeds as a source of natural lipid antioxidants. *Journal of American Oil Chemists Society*, 61(5). 753-767.
- Verardo, V., Ferioli, F., Riciputi, Y., Iafelice, G., Marconi, E., Fiorenza Caboni M., 2009. Evaluation of lipid oxidation in spaghetti pasta enriched with long chain n_3 polyunsaturated fatty acids under different storage conditions. *Food Chemistry*, 114, 472-477.
- Yahyavi, M., Shokouhi, F., Jamali, V., Afshin Pazhouh, R., Amini, M., 1392. The most recent enrichments in the pasta industry. 8 p. (In Persian)
- Zar, J.H., 1999. Biostatistical analysis. New Jersey, USA. Prentice-Hall, Inc.
- Zarabadi Pour, M., Akbari, M., Morovati, M., Afshin Pazhouh, R., 1393. Effect of *Spirulina* microalgae on pasta production. National conference on the development of pervasive quality strategy for food health. 11 p. (In Persian)