



Investigation of physicochemical properties of pasta enriched with donalilasalina with the highest amount of bioactive compounds

Abstract

Introduction: Enrichment of food products by algae, which are cheap materials for human consumption and are rich in protein, carotenoids, antioxidants, omega-3 and fatty acids, are very important in terms of nutritional value. The purpose of this research was to investigate the physicochemical and sensory characteristics of Fermi pasta containing Donalilla salina algae (0, 1.5, 3, 4.5 and 6%) and to determine the best formulation in terms of physicochemical and sensory characteristics. Therefore, 5 treatments were prepared and the results were analyzed by Duncan's one-way analysis of variance in Minitab 16 software and a probability level of 5%. The results showed that different concentrations of Donalilla salina algae in pasta affect the changes in the amount of fat, moisture, protein, carbohydrates, ash, iron, calcium, color index a*, b* and L*, cooking loss and firmness of pasta samples. ($p \geq 0.05$) so that with the increase in the percentage of Donalilla salina algae, the amount of fat, moisture, protein, ash, iron, calcium, color index a*, b* increased significantly ($p \geq 0.05$) And the amount of carbohydrate, color index L*, and cooking loss, tissue firmness decreased significantly ($p \geq 0.05$). Also, different concentrations of Donalilla salina algae in pasta had a significant effect on the changes in the sensory evaluation of color, taste and overall acceptance of pasta samples ($p \geq 0.05$), while it had no effect on the changes in the sensory evaluation of the texture of pasta samples. It was not significant ($p < 0.05$). Also, with the increase in the level of algae powder in the samples, the score of taste, texture, color and overall acceptance was lower compared to the control sample. Therefore, the results indicated that by adding 1.5% of Donalilla salina algae powder, it is possible to produce a product with nutritional quality that preserves the physical properties and increases the nutritional value of pasta.

Key words: Algae, Donalilla salina, Fermi pasta, enrichment

Article Info

Authors:

Alireza Dolatyari ¹

MLeila Nateghi* ²

Affiliations

¹ PhD Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

ORCID: 0000-0001-7074-656X

²* Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

Email: leylanateghi@yahoo.com



بررسی خواص فیزیکوشیمیایی ماکارونی فرمی غنی‌سازی شده با جلبک دونالیلا سالینا با بالاترین میزان ترکیبات زیست فعال

اطلاعات مقاله

چکیده

علیرضا دولت یاری^۱
لیلا ناطقی*^۲

مقدمه: غنی‌سازی محصولات غذایی توسط جلبک‌ها که موادی ارزان قیمت برای مصرف انسان‌ها بوده و غنی از پروتئین، کاروتنوئید، انتی‌اکسیدانها، امگا ۳ و اسید چرب می‌باشند، از لحاظ ارزش تغذیه‌ای بسیار حائز اهمیت می‌باشند. هدف از تحقیق حاضر بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی ماکارونی فرمی حاوی جلبک دونالینا سالینا (۰، ۱/۵، ۳، ۴/۵ و ۶ درصد) و تعیین بهترین فرمولاسیون از نظر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی بود. بنابراین ۵ تیمار تهیه گردید و نتایج به روش آنالیز واریانس یکطرفه دانکن در نرم افزار مینی تب ۶۱ و سطح احتمال ۵ درصد تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان داد که غلظت‌های مختلف جلبک دونالیلا سالینا در ماکارونی بر تغییرات میزان چربی، رطوبت، پروتئین، کربوهیدرات، خاکستر، آهن، کلسیم، شاخص رنگی *a، *b و *L، افت پخت و سفتی بافت نمونه‌های ماکارونی معنی دار ($p \leq 0/50$) بود بطوری که با افزایش درصد جلبک دونالیلا سالینا میزان چربی، رطوبت، پروتئین، خاکستر، آهن، کلسیم، شاخص رنگی *a، *b و به صورت معنی داری ($p \leq 0/50$) افزایش و میزان کربوهیدرات، شاخص رنگی *L و افت پخت، سفتی بافت به صورت معنی داری ($p \leq 0/50$) کاهش یافت. همچنین غلظت‌های مختلف جلبک دونالیلا سالینا در ماکارونی، بر تغییرات میزان ارزیابی حسی رنگ، طعم و پذیرش کلی نمونه‌های ماکارونی اثر معنی دار داشت ($p \leq 0/50$) در حالی که بر تغییرات میزان ارزیابی حسی بافت نمونه‌های ماکارونی تاثیر معنی دار نداشت ($p > 0/50$). همچنین با افزایش سطح پودر جلبک در نمونه‌ها، امتیاز طعم، بافت، رنگ و پذیرش کلی نسبت به نمونه شاهد، کمتر بود. بنابراین نتایج حاکی از آن بود که با افزودن ۱/۵ درصد پودر جلبک دونالینا سالینا می‌توان محصولی با کیفیت تغذیه‌ای تولید کرد که باعث حفظ خواص فیزیکی و افزایش ارزش غذایی ماکارونی شود.

کلمات کلیدی: جلبک، دونالیلا سالینا، ماکارونی فرمی، غنی‌سازی

وابستگی سازمانی نویسندگان

۱ دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران
۲ دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

ایمیل مسئول مکاتبات: leylanateghi@yahoo.com

مقدمه

ماکارونی یک غذای سنتی است که از سمولینا تهیه می‌شود و مصرف آن به دلیل حمل و نقل، آماده‌سازی و پخت افزایش یافته است. از نظر تغذیه‌ای، ماکارونی حاوی مقادیر کمی از سدیم و چربی می‌باشد، بدون کلسترول بوده و منبع غنی از کربوهیدرات‌های پیچیده است، که به تدریج در بدن به انرژی تبدیل می‌گردند (Kadam and Prabhasankar, ۲۰۱۰). این محصول غذایی همچنین دارای مقادیر کم پروتئین و اسیدهای آمینه ضروری مانند لیزین و ترئونین است. ماکارونی به طور معمول از آرد گندم دوروم (سمولینا) تهیه می‌شود، که در این صورت دارای کیفیت مطلوب و بازار پسنندی بسیار زیادی است، این امر به سختی دانه، پروتئین بالا (حدود ۱۶ درصد)، رنگ زرد کهربایی و پائین بودن فعالیت آنزیمی (لیپوکسیژناز) مرتبط می‌باشد (Majzooobi et al., ۲۰۱۰).

غذاهای فراسودمند موضوع روز مورد توجه در جهان و یکی از رو به رشدترین گروه‌های مواد غذایی به شمار می‌آیند. در نگاه سنتی از نظر علم تغذیه، انسان برای ادامه حیات علاوه بر اکسیژن، آب و کربوهیدراتها، وابسته به تأمین اسید آمینه‌های ضروری، اسیدهای چرب ضروری، املاح و ویتامین‌ها از طریق غذا است. استفاده از این اقلام غذایی و یا استخراج ماده مؤثر آنها و افزودن آن به سایر مواد غذایی در صنعت غذا رویکرد جدیدی است و در مجموع این نوع مواد غذایی، تحت عنوان غذاهای فراسودمند نامگذاری شده‌اند. غذاهای فراسودمند شامل مجموعه متنوعی مانند غذاهای غنی شده با ویتامینها و مواد معدنی، پروبیوتیک‌ها و غذاهای حاوی مواد مؤثر نظیر فیبر، آنتی‌اکسیدانها، پروتئین سویا و اسیدهای چرب ضروری می‌باشند (Knuckles et al., ۱۹۹۲).

از جمله منابع مهم تولید کننده بتا کاروتن، جلبک سبز تک سلولی دونالیلا است که ایجاد کاروتنوئید در کلروپلاست آلفا و تحت شرایط استرس صورت می‌گیرد. منبع طبیعی آن دریاچه‌های نمکی فوق اشباع می‌باشد و به همین دلیل اکوسیستم ایران با وجود دریاچه‌های آب شور متعدد مانند ارومیه، قم و مارلو پرورش این جلبک را ممکن می‌سازد (Bernardo et al., ۲۰۱۶). جلبک دونالیلا سالینا دارای فعالیت‌های زیستی مختلف نظیر فعالیت ضدسرطانی، ضد تصلب شرائین، ضد دیابت، بهبود دهنده نور چشم، ممانعت از آلرژی، سم‌زدایی و غیره است (Boscaio et al., ۲۰۱۰). این جلبک حاوی رنگدانه بتا کاروتن، اسیدهای حلال، مواد محرک ایمنی نظیر فیکوسیانین، پلی ساکاریدها، آهن و روی است و همچنین حاوی مقادیری ویتامین C و ویتامین E نیز می‌باشد. یکی از ویژگی‌های این جلبک، توانایی تولید و تجمع مقادیر

زیاد بتا کاروتن تحت شرایط نظیر شوری زیاد، شدت نور بالا و محدودیت مواد غذایی است که منجر به نارنجی شدن رنگ سلول و سوسپانسیون جلبکی می‌شود. اندازه سلولی این میکروارگانیزم ۱۴-۶ میلی‌متر بوده و قادر به تجمع بتا کاروتن در دیواره سلولی خود می‌باشد به آسانی قابل کشت است و سرعت کشت نسبتا بالایی داشته و محتوای چربی آن نیز بالاست (Cho et al., ۲۰۱۵).

دونالیلا سالینا، یک جلبک سبز تک یاخته‌ای، متحرک و فاقد دیواره سلولی است، که متعلق به خانواده پلی‌بلفاری داسه^۱ می‌باشد. از جمله منابع مهم تولید کننده بتا کاروتن، جلبک سبز تک سلولی دونالیلا است که ایجاد کاروتنوئید در کلروپلاست آلفا و تحت شرایط استرس صورت می‌گیرد. تولید تجاری بتا کاروتن به عنوان سومین صنعت در رابطه با میکروآلگها طبقه بندی می‌شود. منبع طبیعی آن دریاچه‌های نمکی فوق اشباع می‌باشد و به همین دلیل اکوسیستم ایران با وجود دریاچه‌های آب شور متعدد مانند ارومیه، قم و مارلو پرورش تجاری این جلبک را ممکن می‌سازد (El-Baz et al., ۲۰۱۷). کاروتنوئیدها از مکمل‌های غذایی و از زیر مجموعه فیتوکمیکال‌ها بوده و به صورت طبیعی در ارگانیزم‌های فتوسنتتیک سنتز می‌گردند. بتا کاروتن یکی از بیشترین افزودنی‌های به کار گرفته در صنعت هست که از کاروتنوئیدها بدست می‌آید و به عنوان رنگ‌دهنده و عامل آنتی‌اکسیدانی در صنعت غذا از قبیل ماکارونی استفاده می‌شود (Tavalaee et al., ۲۰۱۰).

در کشور ما به دلیل برخورداری از شرایط اقلیمی خاص، گسترش جلبک‌ها آنچنان است که می‌توان با بهره گیری از آنها در زمینه تولید ترکیبات و متابولیت‌های دارویی و مکمل‌های غذایی، از واردات این مواد از خارج از کشور جلوگیری نمود (Shahsavani et al., ۲۰۱۷).

در ایران و جهان تحقیقات فراوانی در خصوص افزودن ترکیبات گیاهی به محصولات اردی از قبیل ماکارونی، پاستا و کیک و غیره صورت گرفته ولی در مورد جلبکها این تحقیقات اندک بوده است و لازم است در این خصوص تحقیقات وسیعی صورت گیرد. بطور مثال مستولی‌زاده و همکاران (۱۳۹۸) خصوصیات فیزیوشیمیایی ماکارونی غنی شده با پودر ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس، مصدق و همکاران (۱۳۹۸) تولید ماکارونی غنی شده با فیبر سیب زمینی و پودر جلبک دونالیلا سالینا، Fradique و همکاران (۲۰۱۰) مقایسه خواص حسی نمونه‌های پاستای حاوی سطوح مختلف دو ریز جلبک کلرلاولگاریس و اسپیرولینا، Şahin و همکاران (۲۰۲۰) خواص عملکردی و حسی کوکی های غنی شده با جلبک *Spiru-*

Dunaliella salina و *lina platensis* را مورد بررسی قرار دادند.

ماکارونی و فرآورده‌های ماکارونی بسیار مورد توجه مصرف کنندگان از جمله کودکان و نوجوانان است و مانند هر منبع غذایی دیگر، به تنهایی قادر نیستند تمامی نیازهای تغذیه‌ای انسان را تامین نمایند (Yang et al., 2012). با غنی‌سازی محصولات غذایی می‌توان گام موثری در جهت افزایش سلامت مصرف کنندگان برداشت (Cho et al, 2015). امروزه از جلبک‌ها در صنایع غذایی و دارویی استفاده گسترده می‌شود. طی مطالعات متعدد نشان داده شده است جلبک‌ها منبع سرشاری از پروتئین، آمینواسیدها، ویتامین C، ویتامین B12 و فروکتوز می‌باشند. دونالیلا سالینا به عنوان یک ماده آنتی اکسیدان و ضد سرطان متقاضیان بسیار زیادی در دنیا دارد. از آنجایی که ماکارونی سرشار از کربوهیدرات می‌باشد و حاوی پروتئین کمی است، می‌توان با اضافه کردن جلبک میزان پروتئین و سایر مواد مغذی آن را افزایش داد. با توجه به افزایش شیوع سرطان در ایران استفاده از محصولات طبیعی حاوی آنتی اکسیدان می‌تواند نقشی مهم در فراهم آوردن تغذیه سالم و سلامتی انسان‌ها ایفا نماید. همچنین در سالیان اخیر که کشور ما با خشکسالی شدیدی مواجه شده است کشت این جلبک که نیاز به مصرف آب زیادی برای رشد ندارد سبب خواهد گردید پرورش این جلبک به راحتی مهیا گردد (Rathinam et al., 2018).

در این تحقیق با توجه به تنوع و پراکندگی و توان بالقوه جلبک دریچه ارومیه، اقدام به نمونه‌برداری و شناسایی ریز جلبک و بررسی اثر جلبک دونالیلا سالینا با بالاترین میزان ترکیبات زیست فعال بر روی خواص فیزیوشیمیایی ماکارونی فرمی شد. هدف از این تحقیق بررسی بهینه‌سازی فرمول ماکارونی فرمی بر خصوصیات فیزیوشیمیایی و حسی آن بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

جلبک دونالیلا سالینا مورد مصرف در تحقیق حاضر دارای ویژگی‌های فیزیوشیمیایی به شرح ذیل بود: میزان فنل کل $430 \text{ mg Acid galic/g}$ ، میزان کاروتنوئید $(\mu\text{g/ml})$ 196 ، میزان آنتی اکسیدان $20/95$ درصد dpph ، میزان کلروفیل (mg/l) $3/01$.

مواد شیمیایی مورد مصرف در جهت انجام آزمون شامل تارتارات پتاسیم، تارتارات سدیم، هیدروکسید سدیم، اسیدسولفوریک، اسیدبوریک، سولفات پتاسیم، سولفات مس، اکسید تیتانیوم، اسید کلریدریک، الکل اتیلیک، اسید فرمیک، اسید هیدروفلوئوریک از شرکت مرک- کشور آلمان تهیه شد.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- روش تولید پخت ماکارونی غنی شده با

جلبک دونالیلا سالینا

بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۱۳، ابتدا نمونه شاهد متشکل از آرد سمولینا، آب، گلوتن و بتاکاروتن تولید گردیده و سپس برای تولید نمونه‌های تحقیق مواد شامل، آرد سمولینا، پودر جلبک دونالیلا سالینا از هر کدام به میزان $(0, 1/5, 3, 4/5, 6)$ درصد مدت ۳ دقیقه درون دستگاه همزن مخلوط شده و سپس آب به نسبت ۲۰ درصد وزن آرد به فرمولاسیون اضافه گردیده و به مدت ۱۰ دقیقه عمل هم زدن ادامه یافته و در نهایت مخلوط تحت دمای 45 درجه سانتی‌گراد با قالب فرم سدانو و تحت فشار $0/6$ میلی‌متر جیوه اکستروژد گردیده و در طول فرایند اکستروژد، دمای خمیر خارج شده از قالب تحت جریان دمای آب 20 درجه سانتی‌گراد قرار گرفته تا پاستای خارج شده از قالب به هم نچسبد و شکل خود را از دست ندهد. ماکارونی فرمی خارج شده از قالب ابتدایی بر روی سینی‌های پلاستیکی ریخته شده و فن موجود در زیر سینی جهت جلوگیری از به هم چسبیدن پاستاها در طول فرایند به طور مداوم روشن بوده و سپس پاستای تولیدی برای انتقال به خشک‌کن بر روی سینی‌های چوبی با توری پلاستیکی قرار گرفته و داخل خشک‌کن اتوماتیک کن خشک می‌گردد. فرایند خشک کردن پاستا در دو مرحله انجام گرفته خواهد شد، مرحله ابتدایی خشک کردن در دمای پایین (50 درجه سانتی‌گراد) و رطوبت بالا (55%) به مدت ۴ ساعت انجام گرفته که این امر جهت جلوگیری از خشک شدن سریع سطح و در نتیجه پیشگیری از ترک‌خوردگی ماکارونی صورت پذیرفته خواهد شد. در مرحله دوم خشک کردن از دمای بالا (75 درجه سانتی‌گراد) و رطوبت پایین ($30-20\%$) استفاده شده و در انتهای فرایند خشک کردن رسیدن به رطوبت زیر 12 درصد مورد نظر بوده که به مدت ۵ ساعت زمان برای این منظور سپری گردیده خواهد شد. پاستای تولیدی خشک شده پس از سرد شدن در سلوفان‌های پلی پروپیلین جهت‌دار شده بسته‌بندی و تحت دمای 18 درجه سانتی‌گراد انبارداری شده و ۲ ساعت پس از تولید آزمایشات تکنولوژیکی و حسی بر روی نمونه‌ها انجام پذیرفته خواهد شد (ISIRI, 2009).

۲-۲-۲- آزمون‌ها

مقدار پروتئین خام بر اساس استاندارد ملی شماره 19052 ، با ضرب کردن میزان نیتروژن اندازه‌گیری شده در ضریب تبدیل مناسب با نوع غلات یا حبوبات (عدد $6/25$) (ISIRI, 2014)، اندازه‌گیری رطوبت بر اساس استاندارد شماره 2705 در آن الکتریکی (ISIRI, 1989)، اندازه‌گیری چربی طبق استاندارد ملی شماره 2862 (ISIRI, 1987)، اندازه‌گیری

سه شاخص L ، a و b توسط دستگاه رنگ‌سنج هانت‌رلب صورت گرفت. شاخص L مصرف میزان روشنی نمونه یوده و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر می‌باشد. شاخص a میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز بوده و دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر می‌باشد. شاخص b میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد بوده و دامنه آن از ۱۲۰- (آبی خالص) تا ۱۲۰+ (سبز خالص) متغیر می‌باشد (ISIRI, 2016).

ارزیابی حسی بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۳۹۶۵، به روش هدونیک صورت گرفت. برای ارزیابی حسی نمونه‌ها از ۱۰ ارزیاب دوره دیده خواسته می‌شود تا به فاکتورهای بافت، طعم، رنگ و پذیرش کلی نمونه‌ها از ۱ تا ۵ امتیاز داده شده به طوریکه به بدترین کیفیت عدد ۱ و به بهترین کیفیت عدد ۵ داده می‌شود. ۵۰ گرم از هر نمونه در ۲۵۰ میلی‌لیتر آب در حال جوش به همراه دو درصد نمک به مدت ۱۰ دقیقه پخته و آبکش می‌گردد. نمونه‌ها به همراه نمونه شاهد در ظروف مجزا ریخته شده و با کدهای سه‌رقمی شماره‌گذاری گردیده خواهد شد و به همراه فرم مربوطه در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفته می‌شود. از افراد خواسته می‌شود به طور جداگانه و بدون اطلاع از نظر یکدیگر نمونه‌ها را تست کرده شود. جهت جلوگیری از تداخل طعم‌ها از ارزیاب‌ها خواسته می‌شود که قبل از هر آزمون چشایی مقداری آب ولرم نوشیده شود (ISIRI, 2010).

۳-۲-۲- روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس یکطرفه دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار مینی‌تب ۱۶ استفاده شد.

۳-نتایج

۳-۱- بررسی نتایج تغییرات چربی

با توجه به نتایج ذکر شده در جدول ۱ مشخص گردید که غلظت‌های مختلف جلبک *دونالیلا سالینا* در ماکارونی بر تغییرات

کربوهیدرات در نمونه‌ها بر استاندارد ملی شماره ۱۶۴۱۳ و توسط دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) با استفاده از ستون (ISIRI) HPX-87p3 (۲۰۱۲)، اندازه‌گیری کلسیم در نمونه‌ها طبق استاندارد ملی شماره ۱۱۵۱۶ بر اساس تجزیه شیمیایی به روش اسپکترومتری جذب اتمی شعله‌ای (ISIRI, 2008)، اندازه‌گیری خاکستر بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۷۰۶، به روش سوزاندن در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد (ISIRI, 2008)، میزان افت پخت نمونه‌های ماکارونی فرمی به روش استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۳ (ISIRI, 2009) انجام گردید.

اندازه‌گیری آهن بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۵۷۵۹، با عنوان «مواد غذایی-اندازه‌گیری آهن توسط طیف‌سنجی نشری پلاسما جفت شده القایی» انجام گرفته و پس از هضم نمونه با فرآیند هضم فشاری مطابق با استاندارد EN13805، آهن توسط دستگاه ICP-OES به صورت کمی اندازه‌گیری می‌شود. محلول هضم ذره سازی شده و به صورت افشانه به درون پلاسما آرگون جفت شده القایی، جایی که عناصر برای تابش، اتمی شده و تهییج شده‌اند، هدایت می‌شود. تابش نشر، به صورت طیف تثبیت شده و شدت آن در طول موج‌های ۲۵۷/۶۱ تا ۲۹۲/۳۱ اندازه‌گیری می‌شود (ISIRI, 2018).

میزان سفتی نمونه‌های ماکارونی فرمی بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۱۳، صورت گرفته بدین صورت که بافت نمونه‌های ماکارونی فرمی پخته‌شده با استفاده از دستگاه بافت‌سنج دارای پروب سیلندری ۳۵ میلی‌متری اندازه‌گیری شد. پروب دستگاه با سرعت میلی‌متر بر ثانیه ۲ تا ۷۰ درصد ضخامت ماکارونی فرمی وارد آن شد و میزان نیروی مورد نیاز برای این کار اندازه‌گیری شده و برحسب نیوتن بیان می‌شود (ISIRI, 2009).

شاخص‌های رنگی بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۰۷۴۷، آنالیز رنگ نمونه‌های ماکارونی فرمی پخته از طریق

جدول ۱- بررسی میزان چربی، رطوبت، پروتئین، کربوهیدرات، خاکستر، آهن ماکارونی غنی شده با جلبک *دونالیلا سالینا*

نمونه	رطوبت %	پروتئین %	چربی %	کربوهیدرات %	خاکستر %	آهن (mg/100g)
T ₁	۱۰/۱۰۹۹ ± ۰/۰۸۶۰	۱۱/۲۱۹ ± ۰/۶۴۵	۱/۰۲۸ ± ۰/۰۴۰	۷۵/۱۱۵ ± ۰/۱۲۰	۰/۰۹۹ ± ۰/۷۶۵	۱/۱۴۸ ± ۰/۳۸۵
T ₂	۱۱/۱۱۳ ± ۰/۵۵۰	۱۲/۱۵۶ ± ۰/۹۰۰	۱/۰۲۸ ± ۰/۰۲۳۰	۷۴/۸۳۰ ± ۰/۲۲۶	۰/۰۱۸ ± ۰/۹۸۰	۱/۱۹۸ ± ۰/۶۰۰
T ₃	۱۲/۱۷۷ ± ۰/۳۱۵	۱۳/۱۷۷ ± ۰/۵۸۵	۱/۰۲۵ ± ۰/۰۳۳۵	۷۴/۱۵۶ ± ۰/۲۰۰	۱/۰۱۵ ± ۰/۰۷۴	۱/۲۲۶ ± ۰/۸۵۰
T ₄	۱۲/۱۶۳ ± ۰/۹۸۵	۱۴/۱۲۷ ± ۰/۳۰۰	۱/۰۲۸ ± ۰/۰۴۸۰	۷۳/۲۶۲ ± ۰/۶۰۵	۱/۰۱۹ ± ۰/۱۳۱	۱/۱۶۹ ± ۰/۹۳۰
T ₅	۱۳/۲۲۶ ± ۰/۱۱۰	۱۴/۲۹۷ ± ۰/۴۲۰	۱/۰۲۸ ± ۰/۰۵۵۰	۷۲/۹۹۰ ± ۰/۱۸۴	۱/۰۲۲ ± ۰/۱۷۵	۲/۰۲۰ ± ۰/۱۰۵

T₁: نمونه شاهد (بدون جلبک)، T₂: ۱/۵ درصد جلبک *دونالیلا سالینا*، T₃: ۳ درصد جلبک *دونالیلا سالینا*، T₄: ۴/۵ درصد جلبک

دونالیلا سالینا، T₅: درصد جلبک *دونالیلا سالینا*.

خصوصیات فیزیکی شیمیایی ماکارونی غنی شده با فیبر سیب زمینی و پودر جلبک دونالیلا سالینا بیان نمودند که افزایش پودر جلبک در فرمولاسیون، منجر به افزایش محتوای رطوبت در نمونهها گردید.

همچنین Sahin و همکاران (۲۰۲۰) پس از بررسی خصوصیات کوکی های غنی شده با جلبک *Spirulina platensis* و *Dunaliella*، بیان نمودند افزودن دونالینا تأثیر قابل توجهی مثبت بر روی رطوبت دارد.

۳-۳- بررسی نتایج تغییرات پروتئین

با توجه به نتایج ذکر شده در جدول ۱، مشخص گردید که غلظت های مختلف جلبک دونالیلا سالینا در ماکارونی بر تغییرات میزان پروتئین نمونه های ماکارونی معنی دار ($p \leq 0/05$) بود بطوری که با افزایش درصد جلبک دونالیلا سالینا، میزان پروتئین به صورت معنی داری ($p \leq 0/05$) افزایش می یابد که علت آن تفاوت میزان پروتئین در جلبک و سمولینا باشد.

جلبک دونالیلا سالینا حاوی ۲۵ تا ۳۳ درصد پروتئین بوده و نقش مهمی را در غنی سازی مواد غذایی ایفا می کند (Mo- lina et al., 2018). پس از بررسی های انجام شده مشخص گردید میزان پروتئین پودر جلبک دونالیلا سالینا (۲۲/۴۲) بیشتر از آرد سمولیناست، که این امر دلیل تغییرات محتوای پروتئین نمونه ها در اثر جایگزینی آرد سمولینا با پودر جلبک در فرمولاسیون ماکارونی می باشد (مصدق و همکاران، ۱۳۹۸). در تایید نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر با نتایج تحقیق مستولی زاده و همکاران (۱۳۹۸) که میزان پروتئین در ماکارونی غنی شده با پودر ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس را بررسی نمودند و نتایج نشان داد که سطوح مختلف پودر میکروجلبک اسپیرولینا تأثیر معنی داری ($p > 0/05$) بر میزان پروتئین ماکارونی داشته و سبب افزایش میزان آن شده است. بطوری که بیان نمودند با افزودن ۰/۲۵ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس به ماکارونی، ضمن دستیابی به محصول غنی شده، ارزش غذایی آن بهبود یافت و امکان تولید محصول جدید به عنوان یک غذای فراسودمند را به همراه داشت.

Lemes و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی غنی سازی پاستا با جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس پرداختند. نتایج بررسی ها نشان دادند که با افزودن جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در فرمولاسیون پاستا و افزایش سطح آن، پروتئین نمونه ها به طور معنی داری افزایش یافت. مطابق با نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر بود.

همراستا با نتایج بدست آمده، El-Baz و همکاران (۲۰۱۷) پس از استفاده از جلبک دونالینا سالینا جهت بهبود ارزش تغذیه ای پاستا، بیان نمودند با افزایش سطح جلبک اسپیرولینا سالینا

میزان چربی نمونه های ماکارونی معنی دار ($p \leq 0/05$) بود بطوری که با افزایش درصد جلبک دونالیلا سالینا، میزان چربی به صورت معنی داری ($p \leq 0/05$) افزایش میابد که علت آن تفاوت میزان چربی در جلبک و سمولینا باشد. پودر جلبک دونالیلا سالینا حاوی مقادیر بالاتر چربی نسبت به آرد سمولیناست، با جایگزینی آن در فرمولاسیون ماکارونی، میزان چربی افزایش یافت.

مقادیر دارای حروف مشابه اختلاف معنی داری ندارند ($p > 0/05$).

مستولی زاده و همکاران (۱۳۹۸) پس از بررسی میزان چربی ماکارونی غنی شده با پودر ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بیان نمودند که سطوح مختلف پودر میکروجلبک اسپیرولینا تأثیر معنی داری بر چربی ماکارونی داشت ($p > 0/05$) و سبب افزایش میزان چربی گردید که علت آن را بالا بودن میزان چربی در جلبک (۶ گرم در ۱۰۰ گرم) نسبت به آرد سمولینا (۵ گرم در ۱۰۰ گرم) بیان نمودند. با نتایج تحقیق حاضر مشابهت داشت.

مصدق و همکاران (۱۳۹۸) اظهار داشتند افزایش میزان چربی محصول با افزایش پودر جلبک دونالیلا سالینا در فرمولاسیون بود که مشابه نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر بود.

Sahin و همکاران (۲۰۲۰) خواص عملکردی و حسی کوکی های غنی شده با جلبک *Spirulina platensis* و *Dunaliella salina* بررسی نموده و گزارش دادند که کلوچه های پخته شده با اسپیرولینا به طور قابل توجهی سخت تر و تیره تر از گروه کنترل بودند و افزودن دونالینا به اندازه افزودن اسپیرولینا بر میزان چربی تأثیر نمیگذارد.

۳-۲- بررسی نتایج تغییرات رطوبت

با توجه به نتایج ذکر شده در جدول ۱، مشخص گردید که غلظت های مختلف جلبک دونالیلا سالینا در ماکارونی بر تغییرات میزان رطوبت نمونه های ماکارونی معنی دار ($p \leq 0/05$) بود بطوری که با افزایش درصد جلبک دونالیلا سالینا، میزان رطوبت به صورت معنی داری ($p \leq 0/05$) افزایش میابد. افزایش میزان رطوبت ماکارونی در نتیجه استفاده از جلبک دونالیلا سالینا، احتمالاً به این دلیل می باشد که جلبک حاوی پلیساکاریدها می باشد و این ترکیبات قادر به افزایش جذب آب و ظرفیت نگهداری آب طی مرحله تشکیل خمیر هستند. مستولی زاده و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی غنی سازی پاستا با سطوح مختلف جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس، به طور موافق با نتایج پژوهش حاضر بیان کردند که با افزودن این جلبک، محتوای رطوبت نمونه های پاستا به طور معنی داری افزایش یافت.

نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر، تایید کننده نتایج تحقیق مصدق و همکاران (۱۳۹۸) بود. این محققین پس از بررسی

در فرمولاسیون پاستا، محتوای پروتئین نمونه‌های تولیدی به تدریج افزایش یافت.

۳-۴- بررسی نتایج تغییرات کربوهیدرات

با توجه به نتایج ذکر شده در جدول ۱، مشخص گردید که غلظت‌های مختلف جلبک *Dunaliella salina* در ماکارونی بر تغییرات میزان کربوهیدرات نمونه‌های ماکارونی معنی دار ($p \leq 0/05$) بود بطوری که با افزایش درصد جلبک *Dunaliella salina*، میزان کربوهیدرات به صورت معنی داری ($p \leq 0/05$) کاهش می‌یابد که علت آن تفاوت میزان کربوهیدرات در جلبک و سمولینا باشد. کربوهیدرات بیشتر در تیمار شاهد (بدون جلبک) به دلیل وجود نشاسته بیشتر در سمولینا می‌باشد ولی در تیمار دارای جلبک، سمولینا با جلبک جایگزین می‌شود. افزایش مقدار جلبک می‌تواند دلیل کاهش مقدار کربوهیدرات در نمونه‌های تحقیق باشد.

نتایج مشابهی با نتایج مستولی زاده و همکاران (۱۳۹۶) بدست آمد. این محققین بیان نمودند بین نمونه‌های حاوی اسپیرولینا و شاهد اختلاف معنی داری وجود داشت ($p < 0/05$) و در همه نمونه‌ها به غیر از نمونه شاهد، افزودن پودر میکرو جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس، باعث کاهش مقدار کربوهیدرات محصول نهایی تولید شده گردید.

همچنین نتایج بدست آمده، مشابه نتایج تحقیق Fradique و همکاران (۲۰۱۰) بود که با بررسی غنی سازی پاستا با سطوح مختلف دو ریزجلبک کلرلا ولگاریس و اسپیرولینا ماکسیما نشان دادند که در هر دو ریزجلبک، با افزایش غلظت ($0/5$ تا 2 درصد)، میزان کربوهیدرات پاستا کاهش یافت که علت آن را میزان کربوهیدرات بیشتر در سمولینا نسبت به جلبکها بیان نمودند.

۳-۵- بررسی نتایج تغییرات خاکستر

با توجه به نتایج ذکر شده در جدول ۱، مشخص گردید که غلظت‌های مختلف جلبک *Dunaliella salina* در ماکارونی بر تغییرات میزان خاکستر نمونه‌های ماکارونی معنی دار ($p \leq 0/05$) بود بطوری که با افزایش درصد جلبک *Dunaliella salina*، میزان خاکستر به صورت معنی داری ($p \leq 0/05$) افزایش می‌یابد. از آنجایی که پودر جلبک *Dunaliella salina* حاوی مقادیر بالاتر خاکستر نسبت به آرد سمولینا هستند، استفاده از این ماده در فرمولاسیون ماکارونی موجب افزایش میزان خاکستر کل گردید. با افزایش سطح پودر جلبک نیز میزان خاکستر به تدریج افزایش یافت.

مصدق و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی تولید ماکارونی غنی شده با فیبر سیب زمینی و پودر جلبک *Dunaliella salina* پرداخته و نتایج نشان داد که افزایش پودر جلبک در فرمولاسیون، منجر به افزایش محتوای خاکستر در نمونه‌ها گردید که با

نتایج تحقیق حاضر مشابهت داشت.

El-Baz و همکاران (۲۰۱۷) گزارش نمودند که با افزودن جلبک *Dunaliella salina* و افزایش سطح آن در نمونه‌های پاستا، میزان خاکستر به طور معنی داری افزایش یافت، که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی داشت.

Şahin و همکاران (۲۰۲۰) خواص عملکردی و حسی کوکی‌های غنی شده با جلبک *Spirulina platensis* و *Dunaliella salina* بررسی نمودند. بیان نمودند که کلوچه‌های پخته شده با اسپیرولینا به طور قابل توجهی خاکستر بالاتری نسبت به کلوچه‌های پخته شده با *Dunaliella salina* داشته و همچنین نمونه کنترل میزان خاکستر پایتتری نسبت به سایر نمونه‌ها داشت.

۳-۶- بررسی نتایج تغییرات آهن

ریزجلبک یکی از منابع نویدبخش برای غذاهای جدید و محصولات غذایی فراسودمند بوده و به دلیل داشتن ترکیب شیمیایی متعادل می‌تواند به منظور افزایش ارزش تغذیه‌ای غذاها مورد استفاده قرار گیرند. دانستن ویژگی‌های فیزیوشیمیایی آن به منظور انتخاب مناسب‌ترین ریزجلبک برای برنامه‌های کاربردی فناوری غذایی و توسعه غذاهای جدید لازم است (Batista et al., 2013).

آهن یکی از عناصری است که در ساختمان بسیاری از آنزیمها و پروتئینها خصوصاً هموگلوبین شرکت دارد و کمبود آن منجر به کم‌خونی فقر آهن می‌شود. کمبود آهن و کم‌خونی ناشی از آن یکی از مشکلات تغذیه‌ای کشور بوده و موجب اختلالاتی در گروه‌های سنی مختلف می‌شود (ISIRI, 2005).

با توجه به نتایج ذکر شده در جدول ۱، مشخص گردید که غلظت‌های مختلف جلبک *Dunaliella salina* در ماکارونی بر تغییرات میزان آهن نمونه‌های ماکارونی معنی دار ($p \leq 0/05$) بود بطوری که با افزایش درصد جلبک *Dunaliella salina*، میزان آهن به صورت معنی داری ($p \leq 0/05$) افزایش می‌یابد که علت این افزایش معنی دار به دلیل خاصیت فراسودمندی جلبک *Dunaliella salina* و غنی بودن از آهن می‌باشد.

در تایید نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر، مستولی زاده و همکاران (۱۳۹۶) بیان نمودند که بین نمونه‌ها و شاهد اختلاف معنی داری در میزان آهن وجود داشت ($p < 0/05$) بطوری که در همه نمونه‌ها، افزودن پودر میکرو جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس، باعث افزایش مقدار آهن محصول نهایی تولید شده گردید.

صالحی فر و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی امکان غنی سازی کلوچه صنعتی با جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس پرداختند. نتایج نشان داد میزان آهن در کلوچه‌های غنی شده با اسپیرولینا پلاتنسیس در مقایسه با شاهد افزایش معنی دار پیدا کرد ($0/05 < p$) که با نتایج تحقیق حاضر که بیانگر افزایش میزان

جدول ۲- بررسی میزان کلسیم، مولفه رنگی (a*, b*, L*)، افت پخت و سفتی ماکارونی غنی شده با جلبک دونالیلا سالیئا

نمونه	کلسیم (mg/100g)	مولفه رنگی			افت پخت (%)	سفتی (N)
		L*	b*	a*		
T ₁	۲۰/±۵۳۰۰/۱۵۶ ^d	۶۲/±۲۵۰۰/۱۷۰ a	۲۶/±۱۴۵۰/۲۹۰ e	۱/±۰۳۰۰/۱۲۷c	۷/±۷۰۵۰/۲۸۹ ^a	۶/±۹۸۰۰/۳۳۹ ^a
T ₂	۲۰/±۹۹۵۰/۰۹۲ ^{cd}	۵۷/±۴۱۰۰/۱۹۸ b	۲۹/±۶۰۰۰/۱۹۸ d	۵/±۷۳۵۰/۱۲۰a	۶/±۱۵۰۰/۱۶۹ ^b	۶/±۱۵۰۰/۳۱۱ ^{ab}
T ₃	۲۱/±۳۲۵۰/۰۲۱۹ ^{bc}	۵۴/±۳۸۵۰/۱۲۰ c	۳۴/±۷۹۰۰/۰۹۹ c	۵/±۹۸۵۰/۰۴۹a	۵/±۳۳۰۰/۲۲۶ ^{bc}	۵/±۲۵۰۰/۲۵۴ ^{bc}
T ₄	۲۱/±۸۸۵۰/۰۲۰۵ ^{ab}	۵۲/±۲۸۰۰/۲۴۰ d	۳۷/±۰۳۵۰/۱۷۷ b	۵/±۱۱۰۰/۱۲۷b	۴/±۸۴۰۰/۱۵۵ ^{cd}	۴/±۳۳۰۰/۱۶۹ ^c
T ₅	۲۲/±۰۹۰۰/۱۷۰ ^a	۴۶/±۵۶۰۰/۱۹۸ e	۳۹/±۳۱۰۰/۱۹۸ a	۵/±۰۴۰۰/۱۵۵b	۴/±۳۱۰۰/۱۹۸ ^d	۴/±۱۹۰۰/۲۴۰ ^c

T₁: نمونه شاهد (بدون جلبک)، T₂: ۱/۵ درصد جلبک دونالیلا سالیئا، T₃: ۳ درصد جلبک دونالیلا سالیئا، T₄: ۴/۵ درصد جلبک

دونالیلا سالیئا، T₅: درصد جلبک دونالیلا سالیئا

افزودن این جلبک سبب تغییر شدت قرمزی رنگ ماکارونی به سبزی گردید.

فاکتور رنگ یکی از مهمترین فاکتورهای پذیرش و انتخاب محصول توسط مصرف کننده می باشد. تغییرات رنگی ایجاد شده در اثر افزودن سطوح مختلف جلبک دونالیلا سالیئا به نمونه های ماکارونی، به دلیل وجود رنگدانه های مختلف نظیر کلروفیل ها، کاروتنوئیدها و فیکوبیل پروتئین ها^۱ در جلبک می باشد.

مستولی زاده و همکاران (۱۳۹۸) نتایج نشان داد که اثر متقابل سطوح مختلف پودر ریز جلبک بر شاخص رنگ ماکارونی معنی دار بود ($p > 0.05$). نمونه شاهد با سایر نمونه ها از نظر شاخص L* دارای اختلاف معنی دار می باشد. براساس نتایج میانگین نمونه شاهد از نظر شاخص a* با میانگین همه تیمارها تفاوت معناداری داشت ($p > 0.05$) همچنین بر اساس نتایج میانگین نمونه شاهد از نظر شاخص b*، با میانگین همه تیمارها تفاوت معناداری دارد ($p > 0.05$). افزودن ریزجلبک اسپیریولینا به پاستا مانند افزودن سبزیجات مختلف باعث ایجاد رنگ سبز شد که به نظر می رسد به دلیل وجود رنگدانه در ریزجلبک اسپیریولینا می باشد.

مصدق و همکاران (۱۳۹۸) بیان نمودند در ماکارونی غنی شده با پودر جلبک دونالیلا سالیئا، افزودن غلظت های مختلف پودر جلبک در نمونه ها منجر به کاهش شاخص های a* و L* گردید.

El-Baz و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که با افزایش سطح ریزجلبک دونالیلا سالیئا در پاستا، شاخص L* کاهش و شاخص b* به طور معنی داری افزایش یافت، افزودن این ریزجلبک سبب تغییر شدت قرمزی رنگ پاستا به سبزی گردید، که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی داشت.

۳-۹- بررسی نتایج میزان افت پخت

افت پخت ماکارونی، بیانگر تراوش مواد جامد در آب پخت می باشد و اساساً تحت تأثیر حلالیت و آزادسازی نشاسته های

اهن در ماکارونی فرمی حاوی جلبک دونالیئا سالیئا بود، مشابهت داشت.

۳-۷- بررسی نتایج تغییرات کلسیم

با توجه به نتایج ذکر شده در جدول ۲، مشخص گردید که غلظت های مختلف جلبک دونالیلا سالیئا در ماکارونی بر تغییرات میزان کلسیم نمونه های ماکارونی معنی دار ($p \leq 0.05$) بود بطوری که با افزایش درصد جلبک دونالیلا سالیئا، میزان کلسیم به صورت معنی داری ($p \leq 0.05$) افزایش میابد که علت میتواند آن غنی بودن جلبک از نظر کلسیم نسبت به جلبک باشد.

نتایج بدست آمده تایید کننده نتایج سایر محققین بود. نتایج تحقیق Mamatha و همکاران (۲۰۰۷) بیانگر آن بود که با استفاده از جلبک دریایی انترومورفا کمپرسا در تهیه نوعی اسنک، کلسیم نمونه های غنی شده با جلبک را افزایش یافت که علت آن را غنی بودن جلبک از نظر میزان ترکیبات معدنی از قبیل کلسیم دانستند.

مقادیر دارای حروف مشابه اختلاف معنی داری ندارند ($p > 0.05$).

۳-۸- بررسی تغییرات شاخص های رنگی (a*, b* و L*)

رنگ یکی از مهم ترین ویژگیهای حسی است که مستقیماً بر پذیرش هر محصول توسط مصرف کنندگان اثر میگذارد. مصرف کنندگان از رنگ به عنوان شاخص مهمی برای ارزیابی کیفیت محصول استفاده می کنند (Andrés-Bello *et al.*, 2013).

نتایج بدست آمده و ذکر شده در جدول ۲، نشان داد که غلظت های مختلف جلبک دونالیلا سالیئا در ماکارونی بر میزان شاخص رنگی a*, b* و L* به نمونه های ماکارونی معنی دار ($p \leq 0.05$) بود بطوری که با افزایش درصد جلبک دونالیلا سالیئا، میزان شاخص رنگی b* به صورت معنی داری ($p \leq 0.05$) افزایش و میزان L* کاهش می یابد. در حالی که بیشترین میزان شاخص رنگی a* متعلق به تیمار حاوی ۳ درصد جلبک و کمترین متعلق به تیمار شاهد بود.

مشخصات بافتی ماکارونی، نقش مهمی در پذیرش نهایی آن توسط مصرف کنندگان دارد و تحت تأثیر عوامل مختلف نظیر نوع و میزان فیبر و پروتئین های موجود در محصول قرار می گیرد (Tudorica et al., 2002). سفتی بافت ماکارونی، یکی از پارامترهای مهم در تعیین کیفیت محصول تولیدی است (Han et al., 2011).

نتایج بدست آمده و ذکر شده در جدول ۲، نشان داد که غلظت های مختلف جلبک دونالیلا سالیئا در ماکارونی بر میزان سفتی بافت نمونه های ماکارونی معنی دار ($p \leq 0.05$) بود بطوری که با افزایش درصد جلبک دونالیلا سالیئا، سفتی بافت به صورت معنی داری ($p \leq 0.05$) کاهش می یابد بطوری که بیشترین میزان سفتی بافت مربوط به نمونه شاهد بوده و با افزودن پودر جلبک دونالیلا سالیئا به فرمولاسیون ماکارونی، میزان سفتی بافت نمونه های تولیدی به تدریج کاهش یافت. کمترین میزان سفتی بافت مربوط به نمونه حاوی ۶ درصد پودر جلبک بود.

کاهش میزان سفتی بافت ماکارونی در اثر افزودن و پودر ریزجلبک دونالیلا سالیئا، احتمالاً به دلیل افزایش محتوای پروتئین و فیبر و در نتیجه افزایش ظرفیت جذب آب در نمونه های تولیدی میباشد، که با افزایش محتوای رطوبت محصول، سبب کاهش میزان سفتی بافت می گردند (مصدق و همکاران، ۱۳۹۸).

مصدق و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی تولید ماکارونی غنی شده با فیبر سیب زمینی و پودر جلبک دونالیلا سالیئا پرداخته و گزارش نمودند که مقادیر سفتی بافت نمونه های حاوی سطوح مختلف پودر جلبک، کمتر از نمونه شاهد بود که مطابق نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر بود.

Fradique و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی غنی سازی پاستا با سطوح مختلف دو ریزجلبک کلرلا ولگاریس و اسپیرولینا ماکسیما نشان دادند که در هر دو ریزجلبک، با افزایش غلظت ($0/5$ تا 2 درصد)، میزان سفتی بافت پاستا افزایش یافت که با نتایج تحقیق حاضر که بیانگر کاهش میزان سفتی ماکارونی فرمی در اثر افزایش میزان جلبک دونالیئا سالیئا بود، مغایرت داشت.

۱۱-۳- بررسی ارزیابی حسی

با توجه به نتایج ذکر شده (در جدول ۳)، مشخص گردید که غلظت های مختلف جلبک دونالیلا سالیئا بر تغییرات میزان ارزیابی حسی رنگ، طعم و پذیرش کلی نمونه های ماکارونی معنی دار بود ($p \leq 0.05$) در حالی که بر تغییرات میزان ارزیابی حسی بافت نمونه های ماکارونی معنی دار نبود ($p > 0.05$).

نتایج نشان داد از نظر امتیاز ارزیابی حسی (رنگ، طعم، بافت و پذیرش کلی)، ماکارونی غنی شده با $1/5$ درصد جلبک

ژلاتینه شده از سطح محصول طی فرآیند پخت قرار دارد. درجه افت پخت، بستگی به ژلاتیناسیون نشاسته و استحکام ساختارهای ماتریکس ژل در ماکارونی ها دارد (Chansri et al., 2005). افت پخت کم، نشان دهنده کیفیت پخت بالای ماکارونی می باشد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد (جدول ۲)، غلظت های مختلف جلبک دونالیلا سالیئا در ماکارونی بر تغییرات میزان افت پخت نمونه های ماکارونی معنی دار ($p \leq 0.05$) بود بطوری که با افزایش درصد جلبک دونالیلا سالیئا، میزان افت پخت به صورت معنی داری ($p \leq 0.05$) کاهش مییابد. بیشترین میزان افت پخت در نمونه شاهد ($7/705\%$) و کمترین میزان افت پخت در نمونه حاوی ۶ درصد پودر جلبک ($4/31\%$) مشاهده شد.

کاهش افت پخت ماکارونی در اثر افزایش سطح جلبک دونالیلا سالیئا در این تحقیق، به دلیل تقویت ماتریس خمیر توسط پروتئین های میکروگلبک است که می تواند نشاسته را در شبکه ایجاد شده به دام اندازد. همچنین در اثر افزودن جلبک، محتوای پروتئین افزایش یافته و در طی فرآیند پخت، میزان جذب رطوبت افزایش پیدا میکند. پلیساکاریدهای موجود در جلبک، سبب افزایش جذب به داخل ساختار ماتریکس ژلاتینه شده ماکارونی طی پخت می گردند و افت پخت را کاهش می دهند.

میزان افت پخت در نمونه های ماکارونی در این تحقیق در محدوده $4/84 - 4/31$ درصد قرار داشت، که کمتر از محدوده قابل پذیرش تکنولوژیکی ($8\% <$) می باشد.

Chang and Wu (۲۰۰۸) بیان نمودند با افزایش سطح جلبک سبز در نودل تازه چینی، میزان افت پخت به تدریج کاهش یافته و این کاهش در بالاترین سطح (8 درصد) تفاوت معنی داری با نمونه شاهد نشان داد. نتایج بدست آمده، همراستا با نتایج تحقیق حاضر بود.

Lemes و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش کردند که با افزایش سطح ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در پاستا، میزان افت پخت در ابتدا کاهش و سپس به طور معنی داری افزایش پیدا کرد.

همچنین Ozyurt و همکاران (۲۰۱۵) از لحاظ آماری نشان داده شد با افزودن سطوح مختلف ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس، بر میزان افت پخت پاستا اثر معنی داری ندارد.

El-Baz و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که با افزایش سطح پودر جلبک دونالیلا سالیئا در پاستا، میزان کاهش افت پخت به طور معنی داری افزایش یافت که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت.

جدول ۳- بررسی ارزیابی حسی (رنگ، طعم، بافت و پذیرش کلی) ماکارونی غنی شده با جلبک *دونالیلا سالینا*

نمونه	رنگ	بافت	طعم	پذیرش کلی
T ₁	۴/۰۰۰ ± ۰/۶۶۶ ^{ab}	۴/۲۰۰ ± ۰/۶۳۲ ^a	۴/۳۰۰ ± ۰/۶۷۴ ^a	۴/۲۰۰ ± ۰/۶۳۲ ^{ab}
T ₂	۴/۵۰۰ ± ۰/۵۲۷ ^a	۴/۴۰۰ ± ۰/۶۹۹ ^a	۴/۱۰۰ ± ۰/۵۶۷ ^a	۴/۱۰۰ ± ۰/۷۳۷ ^{ab}
T ₃	۳/۹۰۰ ± ۰/۷۳۷ ^{ab}	۳/۷۰۰ ± ۰/۶۷۴ ^a	۳/۴۰۰ ± ۰/۸۴۳ ^a	۴/۵۰۰ ± ۰/۷۰۷ ^a
T ₄	۳/۶۰۰ ± ۰/۶۹۹ ^b	۳/۷۰۰ ± ۰/۶۷۴ ^a	۳/۸۰۰ ± ۰/۶۳۲ ^a	۳/۵۰۰ ± ۰/۸۴۹ ^b
T ₅	۳/۸۰۰ ± ۰/۶۳۲ ^{ab}	۳/۷۰۰ ± ۰/۶۷۴ ^a	۳/۴۰۰ ± ۰/۸۴۳ ^a	۳/۶۰۰ ± ۰/۸۴۳ ^{ab}

T₁: نمونه شاهد (بدون جلبک)، T₂: ۱/۵ درصد جلبک *دونالیلا سالینا*، T₃: ۳ درصد جلبک *دونالیلا سالینا*، T₄: ۴/۵ درصد جلبک *دونالیلا*

سالینا، T₅: درصد جلبک *دونالیلا سالینا*

مختلف ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس، اثر معنی داری بر پذیرش حسی پاستا نداشت.

El-Baz و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که با افزایش سطح ریزجلبک *دونالیلا سالینا* در پاستا، امتیاز پذیرش کلی به تدریج کاهش یافت، با این حال، کلیه تیمارها قابل پذیرش بودند که با نتایج تحقیق حاضر مشابهت داشت.

Şahin و همکاران (۲۰۲۰) خواص عملکردی و حسی کوکی های غنی شده با جلبک *Spirulina platensis* و *Dunaliella salina* بررسی نمودند. نتایج نشان داد که کلوچه های غنی شده با *دونالیلا* مورد قبول مصرف کنندگان قرار گرفتند. مطابق با نتایج تحقیق حاضر که بیانگر مورد تایید بودن ماکارونی فرمی حاوی جلبک *دونالیلا سالینا* توسط ارزیابان حسی بود، می باشد.

۴- بحث و نتیجه گیری

هدف از تحقیق حاضر بررسی ویژگی های فیزیکیوشیمیایی و حسی ماکارونی فرمی حاوی جلبک *دونالیلا سالینا* (۰، ۱/۵، ۳، ۴/۵ و ۶ درصد) و تعیین بهترین فرمولاسیون از نظر ویژگی های فیزیکیوشیمیایی و حسی بود. نتایج نشان داد که غلظت های مختلف جلبک *دونالیلا سالینا* در ماکارونی بر تغییرات میزان چربی، رطوبت، پروتئین، کربوهیدرات، خاکستر، آهن، کلسیم، شاخص رنگی a، b و L*، افت پخت و سفتی بافت نمونه های ماکارونی معنی دار ($P \leq 0.05$) بود بطوری که با افزایش درصد جلبک *دونالیلا سالینا* میزان چربی، رطوبت، پروتئین، خاکستر، آهن، کلسیم، شاخص رنگی a، b و به صورت معنی داری ($P \leq 0.05$) افزایش و میزان کربوهیدرات، شاخص رنگی L* و افت پخت، سفتی بافت به صورت معنی داری ($P \leq 0.05$) کاهش می یابد بطوری که افزودن این جلبک سبب تغییر شدت قرمزی رنگ ماکارونی به سبزی گردید. همچنین غلظت های مختلف جلبک *دونالیلا سالینا* در ماکارونی، بر تغییرات میزان ارزیابی حسی رنگ، طعم و پذیرش کلی نمونه های ماکارونی اثر معنی دار داشت

دو *دونالیلا سالینا* به نمونه شاهد نزدیکتر بوده و به عنوان تیمار برتر از نظر ارزیابی حسی معرفی گردید.

نتایج بررسی تأثیر غنی سازی ماکارونی با سطوح مختلف پودر جلبک *دونالیلا سالینا* بر پارامترهای حسی نشان داد که با افزایش سطح پودر جلبک در نمونه ها، امتیاز طعم، بافت، رنگ و پذیرش کلی نسبت به نمونه شاهد، کمتر میباشند. مقادیر دارای حروف مشابه اختلاف معنی داری ندارند ($p > 0.05$).

مستولی زاده و همکاران (۱۳۹۸) بیان نمودند پاستای حاوی ۰/۲۵ درصد ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس امتیازات حسی رنگ، عطر و بو و پذیرش کلی بالاتری نسبت به نمونه شاهد و سایر سطوح ریز جلبک کسب نمود. با افزودن ۰/۲۵ درصد اسپیرولینا پلاتنسیس به ماکارونی، ضمن دستیابی به محصول غنی شده، ارزش غذایی و ویژگی های فیزیکی آن بهبود یافت و امکان تولید محصول جدید به عنوان یک غذای فراسودمند را به همراه داشت.

نتایج تحقیق حاضر مشابه نتایج تحقیق مصدق و همکاران (۱۳۹۸) بود. این محققین پس از بررسی ارزیابی حسی بیان نمودند تمامی نمونه ها به استثنای نمونه های حاوی ۱ و ۱/۵ درصد پودر جلبک، از لحاظ ویژگی های حسی قابل پذیرش بودند. استفاده از سطوح بالای پودر جلبک *دونالیلا سالینا* در فرمولاسیون، سبب کاهش قابل توجه امتیاز کلیه ویژگی های حسی مورد بررسی (طعم، بافت، رنگ و پذیرش کلی) گردید بطوری که افزودن جلبک *دونالیلا سالینا* و فیبر سیب زمینی به ماکارونی سبب بهبود ویژگی پخت و کیفیت تغذیه ای محصولات ماکارونی گردیده و نمونه ترکیبی حاوی ۰/۵ درصد پودر جلبک *دونالیلا سالینا* و ۰/۵ درصد فیبر سیب زمینی به عنوان تیمار برتر در این تحقیق معرفی گردید.

Fradique و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که نمونه های پاستای حاوی سطوح مختلف دو ریز جلبک کلرولولگاریس و اسپیرولینا، نسبت به نمونه شاهد دارای امتیازات پذیرش کلی بالاتری بودند.

Lemes و همکاران (۲۰۱۲) بیان نمودند افزودن سطوح

foods - basic general. National Standard of Iran No. 8537. First edition.

7. Industrial Standard and Research Institute of Iran. 2012. Carbohydrate determination by high performance liquid chromatography method, Iranian National Standard No. 16413.

8. Industrial Standard and Research Institute of Iran. 2013. Measurement of total amount of carotenoids, Iranian National Standard No. 18300.

9. Industrial Standard and Research Institute of Iran. 2014. Cereals and legumes - measuring the amount of nitrogen and calculating the amount of crude protein - Kjeldahl method, Iranian National Standard No. 19052.

10. Industrial Standard and Research Institute of Iran. 2016. Colorimetry - L, a, b color space, CIE standard, Iranian National Standard No. 20747.

11. Salehi Far, M., Shahbazizadeh, S., Khosravi Darani, K., Behmdi, H. 2013. Investigating the possibility of enriching industrial cookies using microalgae *Spirulina platensis*. Innovation magazine in food science and technology. Fifth year Number three. 39-46.

12. Mostolizadeh, S.S., Moradi, Y., Mortazavi, M.S., Matalabi, A., Qaeni, M. 2016. Investigating the physicochemical properties of pasta enriched with spirulina platensis algae powder. Journal of Food Science and Nutrition, 16. Volume 2. 106-112.

13. Mossadegh, Y., Tavakoli, M., Kamali Roosta, L., Khoshkho, Zh. and Soltani, M. 2018. Production of pasta enriched with potato fiber and Donalilla salina algae powder and its physical, chemical and sensory properties. Food science and industry. 90. Period 16. 87-99.

14. Andrés-Bello, A., et al., Effect of pH on color and texture of food products. Food Engineering Reviews, 2013. 5(3): p. 158-170.

15. Batista, P. A., Gouveia, L., Bandarra, N. M., Franco, J. M., and Raymundo, A. (2013). Comparison of microalga biomass profiles as novel functional ingredient for food products. Algal Research, 2, 164-173.

16. Boscaiu, M., Sanchez, M., Bautista, I., Donar, P., Lidon, A., Linares, J. & Vicente, O. 2010. Phenolic compounds as stress markers in plants from gypsum habitats. Bulletin of university of

($p \leq 0.05$) در حالی که بر تغییرات میزان ارزیابی حسی بافت نمونه های ماکارونی تاثیر معنی دار نداشت ($p > 0.05$). بطوری که تاثیر غنیسازی ماکارونی با سطوح مختلف پودر جلبک دونالینا سالینا بر پارامترهای حسی نشان داد که با افزایش سطح پودر جلبک در نمونه ها، امتیاز طعم، بافت، رنگ و پذیرش کلی نسبت به نمونه شاهد، کمتر میباشند. نتایج نشان داد از نظر امتیاز ارزیابی حسی (رنگ، طعم، بافت و پذیرش کلی)، ماکارونی غنی شده با ۱/۵ درصد جلبک دونالینا سالینا به نمونه شاهد نزدیکتر بوده و به عنوان تیمار برتر از نظر ارزیابی حسی معرفی گردید.

نتایج نشان داد که با افزودن پودر جلبک دونالینا سالینا می توان ماکارونی را از نظر ویژگی های مورد بررسی بهبود دهد و می توان محصولی با کیفیت تغذیه ای تولید کرد که باعث حفظ خواص فیزیکی و افزایش ارزش غذایی ماکارونی شود و نیز مورد رضایت و پسند مصرف کننده واقع گردد. غنی سازی ماکارونی به عنوان محصولی پرمصرف بعد از نان و برنج در سبد غذای خانواده با جلبک دونالینا سالینا، می تواند باعث انتقال خواص ارزشمند این ماده فراسودمند به سبد غذای خانواده و جامعه شود.

منابع

1. Industrial standard and research institute of Iran. 1987. Measurement of fat in cereals, Iranian national standard No. 2862.
2. Industrial standard and research institute of Iran. 2008. Hard metals – chemical analysis by flame atomic absorption spectrometry – part two – determination of calcium, potassium, magnesium and sodium in the range of 0.0001% (mass/mass) to 0.02% (mass/mass), national standard of Iran No. 11516.
3. Industrial standard and research institute of Iran. 2008. Cereals, legumes and by-products – ash measurement in the furnace, national standard of Iran No. 2706.
4. Industrial standard and research institute of Iran. 2009. Pasta- characteristics and test methods, Iranian national standard No. 213.
5. Iran Standard and Industrial Research Institute. 2010. Sensory test-methodology-general guidance for measuring smell-taste and taste thresholds based on forced choice method, National Standard of Iran No. 13965.
6. Iran Standard and Industrial Research Institute. 2005. Addition of essential minerals to

- of Enteromorpha in snack food. *Food Chemistry*, 101(4), 1707-1713.
28. Majzoobi, M., Ostovan, R., Farahnaky, A., Mesbahi, G. and Skandari, M.H. 2010. Quality improvement of dough and fresh pasta made by farina using hydroxypropyl cellulose. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 7(3): 11-20.
29. Molina, A., Iovine, A. 2018. Microalgae characterization for consolidated and new application in human food, animal feed and nutraceuticals. *International journal of research and public health*, 54(4), 243-265.
30. Rathinam, R., Wyrwiz, J., Kurek, M, A., and Wierzbička, A. 2016. Applications of microalgae paste and powder as food and feed: An update using text mining tool. *Beni-suef university- Journal of Basic and Applied sciences*, 14(4), 523-528.
31. Şahin, O. I. 2020. Functional and sensory properties of cookies enriched with SPIRULINA and DUNALIELLA biomass. *Journal of Food Science and Technology*, 57, 3639-3646.
32. Shamsavani, L., and T. Mostaghim. 2017. The Effects of seaweed Powder on Physicochemical Properties of Yellow Alkaline Noodles. *Journal of Food Biosciences and Technology*, 7(2), 27-34.
33. Tavalaei, S., manifestations Asadi, M., Rostami, K. 2010. growing *Dunaliella Salina* and production of carotenoids from it: a step towards sustainable development, the National Conference on Trade and Sustainable Development (opportunities and challenges), Shiraz, Islamic Azad University, Shiraz Branch. https://www.civilica.com/NSASD02- NSASD02_373.html [in Persian].
34. Tudorică, C.M., V. Kuri, and C.S. Brennan, Nutritional and physicochemical characteristics of dietary fiber enriched pasta. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002. 50: p. 347-356.
35. Yang, C., Jia, L., Su, S., Tian, Z., Song, Q., Fang, W. & Liu, G. 2012. Utilization of CO₂ and biomass char derived from pyrolysis of *Dunaliella salina*: The effect of steam and catalyst on CO and H₂ gas productions. *Bioresour. Technology*, 110, 676-681.
- agricultural science and veterinary medicine cluj-napoca. *Horticultur*, 67(1), 44-49.
17. Bernardo, M. P, Coelho, L, F, Sass, D. C. & Contiero j. 2016. L-(+)-Lactic acid production by *Lactobacillus rhamnosus* B103 From dairy industry waste. *Brazilian journal of Microbiology*, 47(3), 640-646.
18. Cho, K., Kim, K. N., Lim, N. L., Kim, M.S., Ha, J.C., Shin, H. H. & Oda, T. 2015. Enhances biomass and lipid production by supplement of myo-inositol with oceanic microalga *Dunaliella salina*. *Biomass and bioenergy*, 72, 1-7.
19. Chansri, R., et al., 2005. Characteristics of Clear Noodles Prepared from Edible Canna Starches. 70: 337-342.
20. Chang, H.C. and L.-C. Wu, Texture and Quality Properties of Chinese Fresh Egg Noodles Formulated with Green Seaweed (*Monostroma nitidum*) Powder. *Journal of Food Science*, 2008. 73(8): p. S398-S404.
21. El-Baz, F.K., Abdo, S.M. and Hussein, A.M.S. 2017. Microalgae *Dunaliella salina* for use as Food Supplement to Improve Pasta Quality. *International Journal of Pharmacology Science and Reverse Research*, 46(2): 45-51.
22. Fradique, M., et al., 2010. Incorporation of *Chlorella vulgaris* and *Spirulina maxima* biomass in pasta products. Part 1: Preparation and evaluation. *Journal of Science Food and Agriculture*, 2010. 90(10): p. 1656-1664.
23. Han, H.M., Cho, J.H. and Koh, B.K., Processing properties of Korean rice varieties in relation to rice noodle quality. *Food Science and Biotechnology*, 2011. 20(5): p. 1277-1282.
24. Knuckles, B.E., Chiu, M.M. and Betschart, A.A., 1992. Beta-glucan-enriched fractions from laboratory-scale dry milling and sieving of barley and oats. *Cereal Chemistry*, 69: 198-202.
25. Kadam, S., and Prabhasankar, P. 2010. Marine foods as functional ingredients in bakery and pasta products. 1975-1980.
26. Lemes, A.C., Takeuchi, K.P., de Carvalho J.C.M. and Danesi, E.D.G., Fresh Pasta Production Enriched with *Spirulina platensis* Biomass. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 2012. 55(5): p. 741-750.
27. Mamatha, B., Namitha, K., Senthil, A., Smitha, J. & Ravishankar, G. (2007). Studies on use