Journal of Nurse and Physician within War/Autumn 2022/ Tenth Year

ISSN: 2645-3940 DOI: 10.29252/npwjm.10.36.16

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 Donalina 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. ($p\geq0.05$) 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 ($p\geq0.05$) And the amount of carbohydrate, color index L*, and cooking loss, tissue firmness decreased significantly ($p\geq0.05$). 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 ($p\geq0.05$), 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 Donalina 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

فصلنامه پرستار و پزشک در رزم/ پاییز ۱۴۰۱ / سال دهم

سخن آغازین DOI: 10.29252/npwjm.10.36.16 ISSN: 2645-3940

بررسی خواص فیزیکوشیمیایی ماکارونی‌فرمی غنی‌سازی شده با جلبک دونالیلاسالینا با بالاترین میزان ترکیبات زیست فعال

چکیده **اطلاعات مقاله**

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، انتی اکسیدانها، 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 نمونه های ماکارونی معنی دار ($p\leq ۰/۵۰$) 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 ($p\leq ۰/۵۰$) افزایش و میزان کربوهیدرات، شاخص رنگی L* و افت پخت، سفتی بافت به صورت معنی داری ($p\leq ۰/۵۰$) کاهش یافت. همچنین غلظت‌های مختلف جلبک دونالیلا سالینا در ماکارونی، بر تغییرات میزان ارزیابی حسی رنگ، طعم و پذیرش کلی نمونه های ماکارونی اثر معنی دار داشت ($p\leq ۰/۵۰$) در حالی که بر تغییرات میزان ارزیابی حسی بافت نمونه‌های ماکارونی تاثیر معنی دار نداشت ($p>۰/۵۰$). 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 پسندی بسیار زیادی است، این امر به سختی دانه، پروتئین بالا (حدود ۱۶ درصد)، رنگ زرد کهربایی و پائین بودن فعالیت آنزیمی (لیپوکسیژناز) مرتبط می‌باشد (Majzoobi *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، آنتی اکسیدانها، 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 آلگ 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 بتاکاروتن، اسیدهای حلال، مواد محرک ایمنی نظیر فیکوسیانین، پلی ساکاریدها، آهن و روی است و همچنین حاوی مقادیری ویتامین C و ویتامینE نیز می‌باشد. یکی از ویژگی‌های این جلبک، توانایی تولید و تجمع مقادیر زیاد بتاکاروتن 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 میکروارگانیسم ۱۴-۶ میلی‌متر بوده و قادر به تجمع بتاکاروتن 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).

دونالیلاسالینا، یک جلبک سبز تک یاختهای، متحرک و فاقد دیواره سلولی است، که متعلق به خانواده پلی‌بلفاری داسه[1] می‌باشد. از جمله منابع مهم تولید کننده بتاکاروتن، جلبک سبز تک سلولی دونالیلا است که ایجاد کاروتنوئید در کلروپلاست آلگ و تحت شرایط استرس صورت می‌گیرد. تولید تجاری بتاکاروتن 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 مهارلو 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 ارگانیسم‌های فتوسنتتیک سنتز می‌گردد. بتاکاروتن یکی از بیشترین افزودنی‌های به کار گرفته در صنعت هست که از کاروتنوئیدها بدست می‌آید و به عنوان رنگ‌دهنده و عامل آنتی اکسیدانی 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 وغیره 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 فیزیکوشیمیایی 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-*

1.Polyblepharidacea

lina platensis و *Dunaliella salina* 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 B۱۲ 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 دریاچه ارومیه، اقدام به نمونه‌برداری و شناسایی ریز جلبک و بررسی اثرجلبک دونالیلا سالینا با بالاترین میزان ترکیبات زیست فعال بر روی خواص فیزیکوشیمیایی ماکارونی فرمی شد. هدف از این تحقیق بررسی بهینه‌سازی فرمول ماکارونی فرمی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی آن بود.

۲-مواد و روش ها

۲-۱- مواد

جلبک دونالینا سالینا مورد مصرف در تحقیق حاضر دارای ویژگیهای فیزیکوشیمیایی به شرح ذیل بود: میزان فنل کل ۰/۴۳۰ mg Acid galic/g، میزان کاروتنوئید (µg/ml) ۱/۹۶، میزان آنتی اکسیدان ۲۰/۹۵ درصد dpph ، میزان کلروفیل(mg/l) ۳/۰۱ .

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-روش ها

۲-۲-۱- روش تولید پخت ماکارونی غنی‌شده 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 هرکدام به میزان (۰، ۱/۵، ۳، ۴/۵، ۶) 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 ۴۵ درجه سانتی‌گراد با قالب فرم سدانو و تحت فشار ۰/۶ میلی‌متر جیوه اکسترود گردیده و در طول فرایند اکسترود، دمای خمیر خارج شده از قالب تحت جریان دمای آب ۲۰ 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. فرآیند خشک‌کردن پاستا در دو مرحله انجام گرفته خواهد شد، مرحله ابتدایی خشک‌کردن در دمای پایین (۵۰ درجه سانتی‌گراد) و رطوبت بالا (۵۵٪) 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 خشک‌کردن از دمای بالا (۷۵ درجه سانتی‌گراد) و رطوبت پایین (۳۰-۲۰٪) استفاده شده و در انتهای فرایند خشک‌کردن رسیدن به رطوبت زیر ۱۲ درصد مورد نظر بوده که به مدت ۵ ساعت زمان برای این منظور سپری گردیده خواهد شد. پاستای تولیدی خشک‌شده پس از سرد شدن در سلوفان‌های پلی پروپلین جهت‌دار شده بسته‌بندی و تحت دمای ۱۸ 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- آزمون ها

مقدار پروتئین خام بر اساس استاندارد ملی شماره ۱۹۰۵۲، با ضرب کردن میزان نیتروژن اندازه‌گیری شده در ضریب تبدیل مناسب با نوع غلات یا حبوبات (عدد ۶/۲۵) (ISIRI, 2014)، اندازه‌گیری رطوبت بر اساس استاندارد شماره ۲۷۰۵ در آون الکتریکی (ISIRI, 1989)، اندازه‌گیری چربی طبق استاندارد ملی شماره ۲۸۶۲ (ISIRI, 1987)، اندازه‌گیری

کربوهیدرات در نمونه‌ها بر استاندارد ملی شماره ۱۶۴۱۳ و توسط دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارآیی 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 پلاسمای 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 پلاسمای 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 نمونه های 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 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 bمیزان 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 دمی شود. 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 می شود. از افراد خواسته می شود 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 مینی تب 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

جدول۱- بررسی میزان چربی، رطوبت، پروتئین، کربوهیدرات، خاکستر، آهن ماکارونی غنی شده با جلبک *دونالیلا سالینا*

نمونه	رطوبت٪	پروتئین٪	چربی٪	کربوهیدرات٪	خاکستر٪	آهن(mg/۱۰۰g)
T۱	۱۰/±۸۶۰ ۰/۰۹۹ ^{d}	۱۱/±۶۴۵ ۰/۲۱۹ ^{d}	۱/±۰۴۰ ۰/۰۲۸ ^{c}	۷۵/±۱۱۵ ۰/۱۲۰ ^{a}	۰/±۷۶۵ ۰/۰۰۹ ^{d}	۱/±۳۸۵ ۰/۱۴۸ ^{c}
T۲	۱۱/±۵۵۰ ۰/۱۱۳ ^{c}	۱۲/±۹۰۰ ۰/۱۵۶ ^{c}	۱/±۲۳۰ ۰/۰۲۸ ^{b}	۷۴/±۸۳۰ ۰/۲۲۶ ^{a}	۰/±۹۸۰ ۰/۰۱۸ ^{c}	۱/±۶۰۰ ۰/۱۹۸ ^{b}
T۳	۱۲/±۳۱۵ ۰/۱۷۷ ^{b}	۱۳/±۵۸۵ ۰/۱۷۷ ^{bc}	۱/±۳۳۵ ۰/۰۳۵ ^{b}	۷۴/±۰۲۰ ۰/۱۵۶ ^{b}	۱/±۰۷۴ ۰/۰۱۵ ^{b}	۱/±۸۵۰ ۰/۲۲۶ ^{ab}
T۴	۱۲/±۹۸۵ ۰/۱۶۳ ^{a}	۱۴/±۰۳۰ ۰/۱۲۷ ^{ab}	۱/±۴۸۰ ۰/۰۲۸ ^{a}	۷۳/±۶۰۵ ۰/۲۶۲ ^{bc}	۱/±۱۳۱ ۰/۰۱۹ ^{ab}	۱/±۹۳۰ ۰/۱۶۹ ^{a}
T۵	۱۳/±۱۱۰ ۰/۲۲۶ ^{a}	۱۴/±۴۲۰ ۰/۲۹۷ ^{a}	۱/±۵۵۰ ۰/۰۲۸ ^{a}	۷۲/±۹۹۰ ۰/۱۸۴ ^{c}	۱/±۱۷۵ ۰/۰۲۲ ^{a}	۲/±۱۰۵ ۰/۲۰۵ ^{a}

T۱: نمونه شاهد(بدون جلبک)، T۲: ۱/۵ درصد جلبک دونالیلاسالینا، T۳: ۳ درصد جلبک دونالیلاسالینا، T۴: ۴/۵ درصد جلبک دونالیلاسالینا، T۵: درصد جلبک دونالیلا سالینا.

میـزان چربـی نمونـه هـای ماکارونـی معنـی دار (p≤۰/۰۵) بـود بطـوری کـه بـا افزایـش درصـد جلبـک دونالیـلا سـالینا، میـزان چربـی بـه صـورت معنـی داری (p≤۰/۰۵) افزایـش مییابـد کـه علـت آن تفـاوت میـزان چربـی در جلبـک و سـمولینا باشـد. پـودر جلبـک دونالیـلا سـالینا حـاوی مقادیـر بالاتـر چربـی نسـبت بـه آرد سمولیناسـت، بـا جایگزینـی آن در فرمولاسـیون ماکارونـی، میـزان چربـی افزایـش یافـت.

مقادیر دارای حروف مشابه اختلاف معنی داری ندارند(p>۰/۰۵).

مسـتولیزاده و همـکاران (۱۳۹۸) پـس از بررسـی میـزان چربـی ماکارونـی غنـی شـده بـا پـودر ریزجلبـک اسـپیرولینا پلاتنسـیس بیـان نمودنـد کـه سـطوح مختلـف پـودر میکروجلبـک اسـپیرولینا تاثیـر معنـی داری بـر چربـی ماکارونـی داشـت (p>۰/۰۵) و سـبب افزایـش میـزان چربـی گردیـد کـه علـت آن را بـالا بـودن میـزان چربـی در جلبـک (۶ گـرم در۱۰۰ گـرم) نسـبت بـه ارد سـمولینا (۵ گـرم در ۱۰۰ گـرم) بیـان نمودنـد. بـا نتایـج تحقیـق حاضـر مشـابهت داشـت.

مصـدق و همـکاران (۱۳۹۸) اظهـار داشـتند افزایـش میـزان چربـی محصـول بـا افزایـش پـودر جلبـک دونالیـلا سـالینا در فرمولاسـیون بـود کـه مشـابه نتایـج بدسـت آمـده از تحقیـق حاضـر بـود.

Şahin و همـکاران (۲۰۲۰) خـواص عملکـردی و حسـی کوکـی هـای غنـی شـده بـا جلبـک *Spirulina platensis* و *Dunaliella salina* بررسـی نمـوده و گـزارش دادنـد کـه کلوچـه هـای پختـه شـده بـا اسـپیرولینا بـه طـور قابـل توجهـی سـخت تـر و تیـره تـر از گـروه کنتـرل بودنـد و افـزودن دونالینـا بـه انـدازه افـزودن اسـپیرولینا بـر میـزان چربـی تأثیـر نمیگـذارد.

۲-۳- بررسی نتایج تغییرات رطوبت

بـا توجـه بـه نتایـج ذکـر شـده در جـدول ۱، مشـخص گردیـد کـه غلظـت هـای مختلـف جلبـک دونالیـلا سـالینا در ماکارونـی بـر تغییـرات میـزان رطوبـت نمونه هـای ماکارونـی معنیـدار (p≤۰/۰۵) بـود بطـوری کـه بـا افزایـش درصـد جلبـک دونالیـلا سـالینا، میـزان رطوبـت بـه صـورت معنیـداری (p≤۰/۰۵) افزایـش مییابـد. افزایش میـزان رطوبـت ماکارونـی در نتیجـه اسـتفاده از جلبـک دونالیـلا سـالینا، احتمـالاً بـه ایـن دلیـل مـی باشـد کـه جلبـک حـاوی پلیسـاکاریدها میباشـد و ایـن ترکیبـات قـادر بـه افزایـش جـذب آب و ظرفیـت نگهـداری آب طـی مرحلـه تشـکیل خمیـر هسـتند. مسـتولی زاده و همـکاران (۱۳۹۶) در بررسـی غنـی سـازی پاسـتا بـا سـطوح مختلـف جلبـک اسـپیرولینا پلاتنسـیس، بـه طـور موافـق بـا نتایـج پژوهـش حاضـر بیـان کردنـد کـه بـا افـزودن ایـن جلبـک، محتـوای رطوبـت نمونـه هـای پاسـتا بـه طـور معنـی داری افزایـش یا فت.

نتایـج بدسـت آمـده از تحقیـق حاضـر، تاییـد کننـده نتایـج تحقیـق مصـدق و همـکاران (۱۳۹۸) بـود. ایـن محققیـن پـس از بررسـی خصوصیـات فیزیکـو شـیمیایی ماکارونـی غنـی شـده بـا فیبـر سـیب زمینـی و پـودر جلبـک دونالیـلا سـالینا بیـان نمودنـد کـه افزایـش پـودر جلبـک در فرمولاسـیون، منجـر بـه افزایـش محتـوای رطوبـت در نمونههـا گردیـد.

همچنیـن Şahin و همـکاران (۲۰۲۰) پـس از بررسـی خصوصیـات کوکـی هـای غنـی شـده بـا جلبـک *Spirulina platensis* و *Dunaliella*، بیـان نمودنـد افـزودن دونالینـا تأثیـر قابـل توجـهی مثبـت بـر روی رطوبـت دارد.

۳-۳- بررسی نتایج تغییرات پروتئین

بـا توجـه بـه نتایـج ذکـر شـده در جـدول ۱، مشـخص گردیـد کـه غلظتهـای مختلـف جلبـک دونالیـلا سـالینا در ماکارونـی بـر تغییـرات میـزان پروتئیـن نمونـه هـای ماکارونـی معنـی دار (p≤۰/۰۵) بـود بطـوری کـه بـا افزایـش درصـد جلبـک دونالیـلا سـالینا، میـزان پروتئیـن بـه صـورت معنـی داری (p≤۰/۰۵) افزایـش مـی یابـد کـه علـت آن تفـاوت میـزان پروتئیـن در جلبـک و سـمولینا باشـد.

جلبـک دونالیـلا سـالینا حـاوی ۲۵ تـا ۳۳ درصـد پروتئیـن بـوده و نقـش مهمـی را در غنیسـازی مـواد غذایـی ایفـا میکنـد(Mo-lina *et al.*, 2018). پـس از بررسـی های انجام شـده مشـخص گردیـد میـزان پروتئیـن پـودر جلبـک دونالیـلا سـالینا (۲۲/۴۲) بیشـتر از آرد سمولیناسـت، کـه ایـن امـر دلیـل تغییـرات محتـوای پروتئیـن نمونـه هـا در اثـر جایگزینـی آرد سـمولینا بـا پـودر جلبـک در فرمولاسـیون ماکارونـی میباشـد (مصـدق و همـکاران، ۱۳۹۸). در تاییـد نتایـج بدسـت آمـده از تحقیـق حاضـر بـا نتلایـج تحقیـق مسـتولیزاده و همـکاران (۱۳۹۸) کـه میـزان پروتئیـن در ماکارونـی غنـی شـده بـا پـودر ریزجلبـک اسـپیرولینا پلاتنسـیس را بررسـی نمودنـد و نتایـج نشـان داد کـه سـطوح مختلـف پـودر میکروجلبـک اسـپیرولینا تاثیـر معنـی داری(p>۰/۰۵) بـر میـزان پروتئیـن ماکارونـی داشـته و سـبب افزایـش میـزان ان شـده اسـت. بطـوری کـه بیـان نمودنـد بـا افـزودن ۰/۲۵ درصـد اسـپیرولینا پلاتنسـیس به ماکارونـی، ضمـن دسـتیابی بـه محصـول غنـی شـده، ارزش غذایـی آن بهبـود یافـت و امـکان تولیـد محصـول جدیـد بـه عنـوان یـک غـذای فراسـودمند را بـه همـراه داشـت.

Lemes و همـکاران (۲۰۱۲) بـه بررسـی غنـی سـازی پاسـتا بـا جلبـک اسـپیرولینا پلانتیـس پرداختنـد. نتایـج بررسـی هـا نشـان دادنـد کـه بـا افـزودن جلبـک اسـپیرولینا پلاتنسـیس در فرمولاسـیون پاسـتا و افزایـش سـطح آن، پروتئیـن نمونـه هـا بـه طـور معنـی داری افزایـش یافـت. مطابـق بـا نتایـج بدسـت آمـده از تحقیـق حاضـر بـود.

همراسـتا بـا نتایـج بدسـت آمـده، El-Baz و همـکاران (۲۰۱۷) پـس از اسـتفاده از جلبـک دونالینـا سـالینا جهـت بهبـود ارزش تغذیه ای پاسـتا، بیـان نمودنـد بـا افزایـش سـطح جلبک اسـپیرولینا سـالینا

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

٤-۳- بررسی نتایج تغییرات کربوهیدرات

با توجه به نتایج ذکر شده در جدول ۱، مشخص گردید که غلظت های مختلف جلبک دونالیلا سالینا در ماکارونی بر تغییرات میزان کربوهیدرات نمونه های ماکارونی معنی دار ($p\leq$۰/۰۵) بود بطوری که با افزایش درصد جلبک دونالیلا سالینا، میزان کربوهیدرات به صورت معنی داری ($p\leq$۰/۰۵) کاهش می یابد 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 می باشد ولی در تیمار دارای جلبک، سمولینا با جلبک جایگزین می‌شود. افزایش مقدار جلبک میتواند دلیل کاهش مقدار کربوهیدرات در نمونه های تحقیق باشد.

نتایج مشابه‌ی با نتایج مستولی زاده و همکاران (۱۳۹۶) بدست آمد. این محققین بیان نمودند بین نمونه های حاوی اسپیرولینا و شاهد اختلاف معنی داری وجود داشت ($p <$۰/۰۵) 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 (۰/۵ تا ۲ درصد)، میزان کربوهیدرات پاستا کاهش یافت که علت آن را میزان کربوهیدرات بیشتر در سمولینا نسبت به جلبکها بیان نمودند.

۵-۳- بررسی نتایج تغییرات خاکستر

با توجه به نتایج ذکر شده در جدول ۱، مشخص گردید که غلظت های مختلف جلبک دونالیلا سالینا در ماکارونی بر تغییرات میزان خاکستر نمونه های ماکارونی معنی دار ($p\leq$۰/۰۵) بود بطوری که با افزایش درصد جلبک دونالیلا سالینا، میزان خاکستر به صورت معنی داری ($p\leq$۰/۰۵) افزایش می یابد. از آنجایی که پودر جلبک دونالیلا سالینا 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 دونالیلا سالینا 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 دونالیلا سالینا 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 کوکی های غنی شده با جلبک *Spirulina platensis* و *Dunaliella salina* بررسی نمودند. بیان نمودند که کلوچه های پخته شده با اسپیرولینا به طور قابل توجهی خاکستر بالاتری نسبت به کلوچه های پخته شده با دونالینا داشته و همچنین نمونه کنترل میزان خاکستر پایینتری نسبت به سایر نمونه ها داشت.

٦-۳- بررسی نتایج تغییرات آهن

ریزجلبک یکی از منابع نویدبخش برای غذاهای جدید و محصولات غذایی فراسودمند بوده و به دلیل داشتن ترکیب شیمیایی متعادل می‌توانند به منظور افزایش ارزش تغذیه ای غذاها مورد استفاده قرار گیرند. دانستن ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن به منظور انتخاب مناسب‌ترین ریزجلبک برای برنامه های 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 غلظت های مختلف جلبک دونالیلا سالینا در ماکارونی بر تغییرات میزان آهن نمونه های ماکارونی معنی دار ($p\leq$۰/۰۵) بود بطوری که با افزایش درصد جلبک دونالیلا سالینا، میزان آهن به صورت معنی داری ($p\leq$۰/۰۵) افزایش می‌یابد که علت این افزایش معنی دار به دلیل خاصیت فراسودمندی جلبک دونالیلا سالینا 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 <$۰/۰۵) بطوری که در همه نمونه ها، 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 پلانتیس پرداختند. نتایج نشان داد میزان آهن در کلوچه های غنی شده با اسپیرولینا پلاتنسیس در مقایسه با شاهد افزایش معنی دار پیدا کرد (۰/۰۵ $>p$) که با نتایج تحقیق حاضر که بیانگر افزایش میزان

جدول۲- بررسی میزان کلسیم، مولفه رنگی (a*، b*و L*)، افت پخت و سفتی ماکارونی غنی شده با جلبک دونالیلا سالینا

نمونه	کلسیم(mg/۱۰۰g)	مولفه رنگی			افت پخت.٪	سفتی (N)
		a*	b*	L*		
T۱	۲۰/±۵۳۰ ۰/۱۵۶ d	۱/±۰۳۰ ۰/۱۲۷c	۲۶/±۱۴۵ ۰/۲۹۰ e	۶۲/±۲۵۰ ۰/۱۷۰ a	۷/±۷۰۵ ۰/۲۸۹ a	۶/±۹۸۰ ۰/۳۳۹ a
T۲	۲۰/±۹۹۵ ۰/۰۹۲ cd	۵/±۷۳۵ ۰/۱۲۰a	۲۹/±۶۰۰ ۰/۱۹۸ d	۵۷/±۴۱۰ ۰/۱۹۸ b	۶/±۱۵۰ ۰/۱۶۹ b	۶/±۱۵۰ ۰/۳۱۱ ab
T۳	۲۱/±۳۲۵ ۰/۲۱۹ bc	۵/±۹۸۵ ۰/۰۴۹a	۳۴/±۷۹۰ ۰/۰۹۹ c	۵۴/±۳۸۵ ۰/۱۲۰ c	۵/±۳۳۰ ۰/۲۲۶ bc	۵/±۲۵۰ ۰/۲۵۴ bc
T۴	۲۱/±۸۸۵ ۰/۲۰۵ ab	۵/±۱۱۰ ۰/۱۲۷b	۳۷/±۰۳۵ ۰/۱۷۷ b	۵۲/±۲۸۰ ۰/۲۴۰ d	۴/±۸۴۰ ۰/۱۵۵ cd	۴/±۳۳۰ ۰/۱۶۹ c
T۵	۲۲/±۰۹۰ ۰/۱۷۰ a	۵/±۰۴۰ ۰/۱۵۵b	۳۹/±۳۱۰ ۰/۱۹۸ a	۴۶/±۵۶۰ ۰/۱۹۸ e	۴/±۳۱۰ ۰/۱۹۸ d	۴/±۱۹۰ ۰/۲۴۰ c

T۱: نمونه شاهد (بدون جلبک)، T۲: ۱/۵ درصد جلبک دونالیلا سالینا، T۳: ۳ درصد جلبک دونالیلا سالینا، T۴: ۴/۵ درصد جلبک دونالیلا سالینا، T۵: درصد جلبک دونالیلا سالینا

اهـن در ماکارونـی فرمـی حـاوی جلبـک دونالینـا سـالینا بـود، مشـابهت داشـت.

۳-۷- بررسی نتایج تغییرات کلسیم

بـا توجـه بـه نتایـج ذکـر شـده در جـدول ۲، مشـخص گردیـد کـه غلظـت هـای مختلـف جلبـک دونالیـلا سـالینا در ماکارونـی بـر تغییـرات میـزان کلسـیم نمونـه هـای ماکارونـی معنـی دار ($p\leq$۰/۰۵) بـود بطـوری کـه بـا افزایـش درصـد جلبـک دونالیـلا سـالینا، میـزان کلسـیم بـه صـورت معنـی داری ($p\leq$۰/۰۵) افزایـش میابـد کـه علـت میتوانـد آن غنـی بـودن جلبـک از نظـر کلسـیم نسـبت بـه جلبـک باشـد.

نتایـج بدسـت آمـده تاییـد کننـده نتایـج سـایر محققیـن بـود. نتایـج تحقیـق Mamatha و همـکاران (۲۰۰۷) بیانگـر آن بـود کـه بـا اسـتفاده از جلبـک دریایـی انتروموفـا کمپرسـا در تهیـه نوعـی اسـنک، کلسـیم نمونـه هـای غنـی شـده بـا جلبـک را افزایـش یافـت کـه علـت آن را غنـی بـودن جلبـک از نظـر میـزان ترکیبـان معدنـی از قبیـل کلسـیم دانسـتند.

مقادیر دارای حروف مشابه اختلاف معنی داری ندارند($p>$۰/۰۵).

۳-۸- بررسی تغییرات شاخص‌های رنگی (a*، b* و L*)

رنـگ یکـی از مهـم تریـن ویژگیهـای حسـی اسـت کـه مسـتقیماً بـر پذیـرش هـر محصـول توسـط مصـرف کننـدگان اثـر میگـذارد. مصـرف کننـدگان از رنـگ بـه عنـوان شـاخص مهمـی بـرای ارزیابـی کیفیـت محصـول اسـتفاده می‌کننـد (Andrés-Bello *et al.*, 2013).

نتایـج بدسـت آمـده و ذکـر شـده در جـدول ۲، نشـان داد کـه غلظـت هـای مختلـف جلبـک دونالیـلا سـالینا در ماکارونـی بـر میـزان شـاخص رنگـی a*، b* و L* بـه نمونـه هـای ماکارونـی معنـی دار ($p\leq$۰/۰۵) بـود بطـوری کـه بـا افزایـش درصـد جلبـک دونالیـلا سـالینا، میـزان شـاخص رنگـی b* بـه بـه صـورت معنـی داری ($p\leq$۰/۰۵) افزایـش و میـزان L* کاهـش مـی یابـد. در حالـی کـه بیشـترین میـزان شـاخص رنگـی a* متعلـق بـه تیمـار حـاوی ۳ درصـد جلبـک و کمتریـن متعلـق بـه تیمـار شـاهد بـود. افـزودن ایـن جلبـک سـبب تغییـر شـدت قرمـزی رنـگ ماکارونـی بـه سـبزی گردیـد.

فاکتـور رنـگ یکـی از مهمتریـن فاکتورهـای پذیـرش و انتخـاب محصـول توسـط مصـرف کننـده مـی باشـد. تغییـرات رنگـی ایجـاد شـده در اثـر افـزودن سـطوح مختلـف جلبـک دونالیـلا سـالینا بـه نمونـه هـای ماکارونـی، بـه دلیـل وجـود رنگدانـه هـای مختلـف نظیـر کلروفیـل هـا، کاروتنوئیدهـا و فیکوبیـل پروتئیـن هـا[1] در جلبـک مـی باشـد.

مسـتولی‌زاده و همـکاران (۱۳۹۸) نتایـج نشـان داد کـه اثـر متقابـل سـطوح مختلـف پـودر ریـز جلبـک بـر شـاخص رنـگ ماکارونـی معنـی دار بـود ($p>$۰/۰۵). نمونـه شـاهد بـا سـایر نمونـه هـا از نظرشـاخص L* دارای اختـلاف معنـی دار می‌باشـد. براسـاس نتایـج میانگیـن نمونـه شـاهد از نظـر شـاخص a* بـا میانگیـن همـه تیمارهـا تفـاوت معنـاداری داشـت ($p>$۰/۰۵) همچنیـن بـر اسـاس نتایـج میانگیـن نمونـه شـاهد از نظـر شـاخص b* ، بـا میانگیـن همـه تیمارهـا تفـاوت معنـاداری دارد ($p>$۰/۰۵). افـزودن ریزجلبـک اسـپیرولینا بـه پاسـتا ماننـد افـزودن سـبزیجات مختلـف باعـث ایجـاد رنـگ سـبز شـد کـه بـه نظـر می‌رسـد بـه دلیـل وجـود رنگدانـه در ریزجلبـک اسـپیرولینا مـی باشـد.

مصـدق و همـکاران (۱۳۹۸) بیـان نمودنـد در ماکارونـی غنـی شـده بـا پـودر جلبـک دونالیـلا سـالینا، افـزودن غلظت‌هـای مختلـف پـودر جلبـک در نمونـه هـا منجـر بـه کاهـش شـاخص هـای a* و L* گردیـد.

El-Baz و همـکاران (۲۰۱۷) بیـان کردنـد کـه بـا افزایـش سـطح ریزجلبـک دونالیـلا سـالینا در پاسـتا، شـاخص L* کاهـش و شـاخص b* بـه طـور معنـی داری افزایـش یافـت، افـزودن ایـن ریزجلبـک سـبب تغییـر شـدت قرمـزی رنـگ پاسـتا بـه سـبزی گردیـد، کـه بـا نتایـج پژوهـش حاضـر همخوانـی داشـت.

۳-۹- بررسی نتایج میزان افت پخت

اُفـت پخـت ماکارونـی، بیانگـر تـراوش مـواد جامـد در آب پخـت مـی باشـد و اساسـاً تحـت تأثیـر حلالیـت و آزادسـازی نشاسـته‌های

1. Phycobiliproteins

ژلاتینه شده از سطح محصول طی فرآیند پخت قرار دارد. درجه افت پخت، بستگی به ژلاتیناسیون نشاسته و استحکام ساختارهای ماتریکس ژل در ما کارونی 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 سالینا در ماکارونی بر تغییرات میزان افت پخت نمونه‌های ماکارونی معنی دار ($p\leq$۰/۰۵) بود بطوری که با افزایش درصد جلبک دونالیلا سالینا، میزان افت پخت به صورت معنی داری ($p\leq$۰/۰۵) کاهش میابد. بیشترین میزان افت پخت در نمونه شاهد (۷/۷۰۵ ٪) و کمترین میزان اُفت پخت در نمونه حاوی ۶ درصد پودر جلبک (۴/۳۱ ٪) مشاهد شد.

کاهش افت پخت ماکارونی در اثر افزایش سطح جلبک دونالیلا سالینا در این تحقیق، به دلیل تقویت ماتریس خمیر توسط پروتئین های میکروجلبک 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 می‌گردند و اُفت پخت را کاهش می‌دهند.

میزان اُفت پخت در نمونه‌های ماکارونی در این تحقیق در محدوده ۴/۸۴ – ۴/۳۱ درصد قرار داشت، که کمتر از محدوده قابل پذیرش تکنولوژیکی (۸ ٪ >) می باشد.

Chang and Wu (۲۰۰۸) بیان نمودند با افزایش سطح جلبک سبز در نودل تازه چینی، میزان اُفت پخت به تدریج کاهش یافته و این کاهش در بالاترین سطح (۸ 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 اُفت پخت در ابتدا کاهش و سپس به طور معنی داری افزایش پیدا کرد.

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

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

۱۰-۳- بررسی میزان سفتی

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 سالینا در ماکارونی بر میزان سفتی بافت نمونه های ماکارونی معنی دار ($p\leq$۰/۰۵) بود بطوری که با افزایش درصد جلبک دونالیلا سالینا، سفتی بافت به صورت معنیداری ($p\leq$۰/۰۵) کاهش می یابد بطوری که بیشترین میزان سفتی بافت مربوط به نمونه شاهد بوده و با افزودن پودر جلبک دونالیلا سالینا 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 سالینا، احتمالاً به دلیل افزایش محتوای پروتئین و فیبر و در نتیجه افزایش ظرفیت جذب آب در نمونه‌های تولیدی میباشد، که با افزایش محتوای رطوبت محصول، سبب کاهش میزان سفتی بافت می‌گردند (مصدق و همکاران، ۱۳۹۸).

مصدق و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی تولید ماکارونی غنی شده با فیبر سیب زمینی و پودر جلبک دونالیلا سالینا 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 (۰/۵ تا ۲ درصد)، میزان سفتی بافت پاستا افزایش یافت که با نتایج تحقیق حاضر که بیانگر کاهش میزان سفتی ماکارونی فرمی در اثر افزایش میزان جلبک دونالینا سالینا بود، مغایرت داشت.

۱۱-۳- بررسی ارزیابی حسی

با توجه به نتایج ذکر شده (در جدول ۳)، مشخص گردید که غلظت‌های مختلف جلبک دونالیلا سالینا بر تغییرات میزان ارزیابی حسی رنگ، طعم و پذیرش کلی نمونه های ماکارونی معنی دار بود ($p\leq$۰/۰۵) در حالی که بر تغییرات میزان ارزیابی حسی بافت نمونه های ماکارونی معنی دار نبود ($p>$۰/۰۵).

نتایج نشان داد از نظر امتیاز ارزیابی حسی (رنگ، طعم، بافت و پذیرش کلی)، ماکارونی غنی شده با ۱/۵ درصد جلبک

جدول۳- بررسی ارزیابی حسی (رنگ،طعم، بافت و پذیرش کلی) ماکارونی غنی شده با جلبک *دونالیلا سالینا*

نمونه	رنگ	بافت	طعم	پذیرش کلی
T۱	۴/۰۰۰± ۰/۶۶۶ ab	۴/۲۰۰± ۰/۶۳۲ a	۴/۳۰۰± ۰/۶۷۴ a	۴/۲۰۰± ۰/۶۳۲ ab
T۲	۴/۵۰۰± ۰/۵۲۷ a	۴/۴۰۰± ۰/۶۹۹ a	۴/۱۰۰± ۰/۵۶۷ a	۴/۱۰۰± ۰/۷۳۷ ab
T۳	۳/۹۰۰ ±۰/۷۳۷ ab	۳/۷۰۰± ۰/۶۷۴ a	۳/۴۰۰± ۰/۸۴۳ a	۴/۵۰۰± ۰/۷۰۷ a
T۴	۳/۶۰۰± ۰/۶۹۹ b	۳/۷۰۰ ±۰/۶۷۴ a	۳/۸۰۰± ۰/۶۳۲ a	۳/۵۰۰± ۰/۸۴۹ b
T۵	۳/۸۰۰± ۰/۶۳۲ ab	۳/۷۰۰± ۰/۶۷۴ a	۳/۴۰۰± ۰/۸۴۳ a	۳/۶۰۰± ۰/۸۴۳ ab

T۱: نمونه شاهد(بدون جلبک)، T۲: ۱/۵ درصد جلبک *دونالیلا سالینا*، T۳: ۳ درصد جلبک *دونالیلا سالینا*، T۴: ۴/۵ درصد جلبک *دونالیلا سالینا*، T۵: درصد جلبک *دونالیلا سالینا*

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 نمونه‌ها، امتیاز طعم، بافت، رنگ و پذیرش کلی نسبت به نمونه شاهد، کمتر میباشند. مقادیر دارای حروف مشابه اختلاف معنی داری ندارند($p>۰/۰۵$).

مستولی‌زاده 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 ویژگیهای 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 ازبررسی ارزیابی حسی بیان نمودند تمامی نمونه ها به استثنای نمونه‌های حاوی ۱ و ۱/۵ درصد پودر جلبک، از لحاظ ویژگیهای 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 پذیر ش 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 بهعنوان تیمار برتر در این تحقیق معرفی گردید.

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

Lemes و همکاران (۲۰۱۲) بیان نمودند افزودن سطوح مختلف ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس، اثر معنی‌داری 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 دونالینا مورد قبول مصرف کنندگان قرار گرفتند. مطابق با نتایج تحقیق حاضر که بیانگر مورد تایید بودن ماکارونی فرمی حاوی جلبک دونالینا سالینا توسط ارزیابان حسی بود، می‌باشد.

٤- بحث و نتیجه گیری

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. 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 نمونه های ماکارونی معنی دار ($p\leq۰/۰۵$) 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 ($p\leq۰/۰۵$) افزایش و میزان کربوهیدرات، شاخص رنگی L* و افت پخت، سفتی بافت به صورت معنی داری ($p\leq۰/۰۵$) کاهش می یابد بطوری که افزودن این جلبک سبب تغییر شدت قرمزی رنگ ماکارونی به سبزی گردید. همچنین غلظت‌های مختلف جلبک دونالیلا سالینا در ماکارونی، بر تغییرات میزان ارزیابی حسی رنگ، طعم و پذیرش کلی نمونه های ماکارونی اثر معنی دار داشت

(p≤۰/۰۵) در حالی که بر تغییرات میزان ارزیابی حسی بافت نمونه های ماکارونی تاثیر معنی دار نداشت (p>۰/۰۵). بطوری که تأثیر غنیسازی ماکارونی با سطوح مختلف پودر جلبک دونالیلا سالینا بر پارامترهای حسی نشان داد که با افزایش سطح پودر جلبک در نمونه‌ها، 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 دونالیلا 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 می‌توان ماکارونی را از نظر ویژگی‌های مورد بررسی بهبود دهد و می‌توان محصولی با کیفیت تغذیهای 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، می‌تواند باعث انتقال خواص ارشمند 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 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 copounds as stress markers in plants from gypsum habitas. Bulletin of university of

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 publc health, 54(4), 243-265.
30.Rathinam, R., Wyrwisz, J., Kurek, M, A., and Wierzbicka, 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 sensorial properties of cookies enriched with SPIRULINA and DUNALIELLA biomass. Journal of Food Science and Technology , 57, 3639–3646.
32.Shahsavani, 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.Tavalaee, 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. Bipresourse Technology, 110, 676-681.
agricultural sciemce and veterinary medicine cluj-nopoca. 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 easte. 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. 1656-1564.
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