



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

### Abstract

### Article Info

**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. ( $p \geq 0.05$ ) 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 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

### Authors:

Alireza Dolatyari<sup>1</sup>

MLeila Nateghi<sup>\*</sup><sup>2</sup>

### Affiliations

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

ORCID: 0000-0001-7074-656X

<sup>2\*</sup> 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<sup>۱</sup>  
لیلا ناطقی<sup>۲\*</sup>

**مقدمه:** غنی‌سازی محصولات غذایی توسط جلبک‌ها که موادی ارزان قیمت برای مصرف انسان‌ها بوده و غنی از پروتئین، کاروتونوئید، 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 ( $۰/۱$ ،  $۳/۴$  و  $۶/۵$  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، رطبیت، پروتئین، کربوهیدرات، خاکستر، آهن، کلسیم، شاخص رنگی <sup>a</sup>، <sup>b</sup> و <sup>L</sup> <sup>\*</sup>، افت پخت و سفتی بافت نمونه‌های ماکارونی معنی دار ( $p \leq 0/۵۰$ ) بود، بطوری که با افزایش درصد جلبک دونالیلا سالینا میزان چربی، رطبیت، پروتئین، خاکستر، آهن، کلسیم، شاخص رنگی <sup>a</sup>، <sup>b</sup> و <sup>L</sup> <sup>\*</sup> و به صورت معنی داری ( $p \leq 0/۵۰$ ) افزایش و میزان کربوهیدرات، شاخص رنگی <sup>L</sup> <sup>\*</sup> و افت پخت، سفتی بافت به صورت معنی داری ( $p \leq 0/۵۰$ ) 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 ( $p \leq 0/۵۰$ ) در حالی که بر تغییرات میزان ارزیابی حسی بافت نمونه‌های ماکارونی تاثیر معنی دار نداشت ( $p > 0/۵۰$ ). 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 نویسنده‌گان

۱ دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین – پیشو، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

۲ دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین – پیشو، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

ایمیل مسئول مکاتبات: leylanateghi@yahoo.com

زياد بتاکاروتون تحت شرایط نظير شوري زياد، شدت نور بالا و محدوديت مواد غذائي است که منجر به نارنجي شدن رنگ سلول و سوسپانسيون جلبي می شود. اندازه سلولي اين ميكروارگانيسم ۶-۱۴ ميليمتر بوده و قادر به تجمع بتاکاروتون در ديواره سلولي خود می باشد به آسانی قابل كشت است و سرعت كشت نسبتا بالايي داشته و محتواي چربی آن نيز بالاست (Cho et al., ۲۰۱۵).

دوناليلاسالينا، يك جلبي سبز تک ياختهای، متحرک و فاقد ديواره سلولي است، که متعلق به خانواده پلی بلفارى داسه<sup>۱</sup> می باشد. از جمله منابع مهم توليد کننده بتاکاروتون، جلبي سبز تک سلولي دوناليلا است که ايجاد کاروتينويد در كلروپلاست آلگ و تحت شرایط استرس صورت می گيرد. توليد تجاري بتاکاروتون به عنوان سومين صنعت در رابطه با ميكروالگها طبقه بندي می شود. منبع طبیعی آن درياچه های نمکی فوق اشبع می باشد و به همين دليل اکوسیستم ايران با وجود درياچه های آب شور متعدد مانند ارومیه، قم و مهارلو پرورش تجاري اين جلبي را ممکن می سازد (El-Baz et al., ۲۰۱۷). کاروتينويدها از مكملهای غذائي و از زير مجموعه فيتوكميكالها بوده و به صورت طبیعی در ارگانيسم های فتوسننتيك سنتز می گردد. بتاکاروتون يکی از بيشترین افروزندهای به کار گرفته در صنعت هست که از کاروتينويدها بدست می آيد و به عنوان رنگدهنده و عامل آنتی اكسيدانی در صنعت غذا از قبيل ماکارونی استفاده می شود (Tavalaei et al., ۲۰۱۰).

در کشور ما به دليل برخورداری از شرایط اقلیمی خاص، گسترش جلبيها آنچنان است که می توان با بهره گيري از آنها در زمینه توليد ترکيبات و متابوليت های دارويی و مكملهای غذائي، از واردات اين مواد از خارج از کشور جلوگيري نمود (Shahsavani et al., ۲۰۱۷).

در ايران و جهان تحقيقات فراوانی در خصوص افزودن ترکيبات گیاهی به محصولات اردى از قبيل ماکارونی، پاستا و کيک وغیره صورت گرفته ولی در مورد جلبيها اين تحقيقات اندک بوده است و لازم است در اين خصوص تحقيقات وسعي صورت گيرد. بطور مثال مستولیزاده و همكاران (۱۳۹۸) خصوصيات فيزيکوشيميابي ماکارونی غني شده با پودر ريز جلبي اسپيرولينا پلاتسيس، مصدق و همكاران (۱۳۹۸) توليد ماکارونی غني شده با فيبر سيب زميني و پودر جلبي دوناليلا سالينا، Fradique و همكاران (۲۰۱۰) مقاييسه خواص حسى نمونه های پاستای حاوي سطوح مختلف دو ريز جلبي كلراولگاريس و اسپيرولينا، Sahin و همكاران (۲۰۲۰) خواص عملکردي و حسى کوكی های غني شده با جلبي-Spiru-

**مقدمه**  
ماکارونی يك غذای سنتی است که از سمولینا تهیه می شود و مصرف آن به دليل حمل و نقل، آماده سازی و پخت افزایش يافته است. از نظر تغذيه ای، ماکارونی حاوی مقادیر کمی از سدیم و چربی می باشد، بدون کلسترول بوده و منبع غنی از کربوهیدرات های پیچیده است، که به تدریج در بدن به Kadam and Prabhasankar (۲۰۱۰)، این محصول غذایی همچنین دارای مقادیر کم پروتئین و اسیدهای آمینه ضروری مانند لیزین و ترۇئین است. ماکارونی به طور معمول از آرد گندم دوروم (سمولینا) تهیه می شود، که در اين صورت دارای کيفيت مطلوب و بازار پسندی بسیار زيادي است، اين امر به سختی دانه، پروتئین بالا (حدود ۱۶ درصد)، رنگ زرد کهربا يی و پائين بودن فعالیت آنزيمی (ليپوكسيژناز) مرتبط می باشد (Majzoobi et al., ۲۰۱۰).

غذاهای فراسودمند موضوع روز مورد توجه در جهان و يکی از رو به رشدترین گروههای مواد غذایی به شمار می آيند. در نگاه سنتی از نظر علم تغذیه، انسان برای ادامه حیات علاوه بر اکسیژن، آب و کربوهیدراتها، وابسته به تأمین اسید آمینه های ضروری، اسیدهای چرب ضروری، املاح و ویتامین ها 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 شده اند. غذاهای فراسودمند شامل مجموعه متنوعی مانند غذاهای غنی شده با ویتامینها و مواد معدنی، پروتئینها و غذاهای حاوی مواد مؤثر نظير فيبر، آنتی اكسيدانها، پروتئین سویا و اسیدهای چرب ضروری می باشد (Knuckles et al., ۱۹۹۲).

از جمله منابع مهم توليد کننده بتا کاروتون، جلبي سبز تک سلولي دوناليلا است که ايجاد کاروتينويد در كلروپلاست آلگ و تحت شرایط استرس صورت می گيرد. منبع طبیعی آن درياچه های نمکی فوق اشبع می باشد و به همين دليل اکوسیستم ايران با وجود درياچه های آب شور متعدد مانند ارومیه، قم و مارلو پرورش اين جلبي را ممکن می سازد (Bernardo et al., ۲۰۱۶). جلبي دوناليلا سالينا دارای فعالیت های زیستی مختلف نظير فعالیت ضدسرطانی، ضد تصلب شرائین، ضد دیابت، بهبود دهنده نور چشم، ممانعت از آلرژی، سمزدایی و غيره است (Boscaio et al., ۲۰۱۰). اين جلبي حاوی رنگدانه بتاکاروتون، اسیدهای حلال، مواد محرک اینمي نظير فيکوسیانین، پلی ساکاریدها، آهن و روی است و همچنین حاوی مقادیری ویتامين C و ویتامین E نيز می باشد. يکی از ویژگی های اين جلبي، توانایی تولید و تجمع مقادیر

1.Polyblepharidaceae

## ۲-۲-روش ها

### ۲-۲-۱-روش تولید پخت ماکارونی غنی شده با جلبک دونالیلا سالینا

بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۱۳، ابتدا نمونه شاهد مشکل از آرد سمولینا، آب، گلوتن و بتاکاروتن تولید گردیده و سپس برای تولید نمونه های تحقیق مواد شامل، آرد سمولینا، پودر جلبک دونالیلا سالینا از هر کدام به میزان (۰،۰/۵، ۰/۵، ۰/۵) درصد مدت ۳ دقیقه درون دستگاه همزن مخلوط شده و سپس آب به نسبت ۲۰ درصد وزن آرد به فرمولاتیون اضافه گردیده و به مدت ۱۰ دقیقه عمل هم زدن ادامه یافته و در نهایت مخلوط تحت دمای ۴۵ درجه سانتی گراد با قالب فرم سدانو و تحت فشار ۰/۶ میلی متر جیوه اکسترود گردیده و در طول فرایند اکسترود، دمای خمیر خارج شده از قالب تحت جریان دمای آب ۲۰ درجه سانتی گراد 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 سینی های 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 خشک کن بر روی سینی های چوبی با توری پلاستیکی قرار گرفته و داخل خشک کن اتوماتیک کن خشک می گردد. فرایند خشک کردن پاستا در دو مرحله انجام گرفته خواهد شد، مرحله ابتدایی خشک کردن در دمای پایین (۵۰ درجه سانتی گراد) 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 ترک خوردگی ماکارونی صورت پذیرفته خواهد شد. در مرحله دوم خشک کردن از دمای بالا (۷۵ درجه سانتی گراد) و رطوبت پایین (۳۰-۲۰٪) استفاده شده و در انتهای فرایند خشک کردن رسیدن به رطوبت زیر ۱۲ 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 سلوفان های پلی پروپیلن جهت دار شده بسته بندی و تحت دمای ۱۸ درجه سانتی گراد انبارداری شده و ۲ ساعت پس از تولید آزمایشات تکنولوژیکی و حسی بر روی نمونه ها 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 اندازه گیری شده در ضربیب ISIRI (۰/۲۵، ۶) تبدیل مناسب با نوع غلات یا جبوبات (عدد ۲۷۰۵، ۲۰۱۴)، اندازه گیری رطوبت بر اساس استاندارد شماره ۱۹۸۷ (ISIRI, 1989)، اندازه گیری چربی طبق استاندارد ملی شماره ۲۸۶۲ (ISIRI, 1987)، اندازه گیری

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

ماکارونی و فرآورده های ماکارونی بسیار مورد توجه مصرف کنندگان از جمله کودکان و نوجوانان است و مانند هر منبع غذایی دیگر، به تنهایی قادر نیستند تمامی نیازهای تغذیه ای انسان را تامین نمایند (Yang et al., 2012). با غنی سازی محصولات غذایی می توان گام موثری در جهت افزایش سلامت مصرف کنندگان برداشت (Cho et al., 2015). امروزه از جلبک ها در صنایع غذایی و دارویی استفاده گسترده می شود. طی مطالعات متعدد نشان داده شده است جلبک ها منبع سرشاری از پروتئین، آمینواسیدها، ویتامین C، ویتامین B12 و فروکتوز می باشند. دونالیلا سالینا به عنوان یک ماده آنتی اکسیدان و ضد سرطان مقاضیان بسیار زیادی در دنیا دارد. از آنجایی که ماکارونی سرشار از کربوهیدرات می باشد و حاوی پروتئین کمی است، می توان 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 می تواند نقشی مهم در فراهم آوردن تغذیه سالم و سلامتی انسان ها 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 پراکنده گی و توان بالقوه جلبک دریاچه ارومیه، اقدام به نمونه برداری و شناسایی ریز جلبک و بررسی اثر جلبک دونالیلا سالینا با بالاترین میزان ترکیبات زیست فعال بر روی خواص فیزیکوشیمیایی ماکارونی فرمی شد. هدف از این تحقیق بررسی بهینه سازی فرمول ماکارونی فرمی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی آن بود.

## ۲-مواد و روش ها

### ۲-۱-مواد

جلبک دونالیلا سالینا مورد مصرف در تحقیق حاضر دارای ویژگی های فیزیکوشیمیایی به شرح ذیل بود: میزان فل کل (mg/g)، میزان کاروتونوئید (mg/g)، میزان آنتی اکسیدان ۲۰/۹۵ درصد dpph، میزان کلروفیل (mg/l)، میزان مواد شیمیایی مورد مصرف در جهت انجام آزمون شامل تارترات پتاسیم، تارترات سدیم، هیدروکسید سدیم، اسید سولفوریک، اسید بوریک، سولفات پتاسیم، سولفات مس، اکسید تیتانیوم، اسید کلریدریک، الکل اتیلیک، اسید فرمیک، اسید هیدروفلوئوریک از شرکت مرک-کشور آلمان تهیه شد.

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

ازیابی حسی بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۳۹۶۵، از روشنایی صورت گرفت. برای ارزیابی حسی نمونه‌ها به روشنایی کمترین دیده خواسته می‌شود تا به فاکتورهای بافت، از ۱۰ ارزیاب دوره دیده خواسته می‌شود تا به امتیاز داده شده 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 درصد نمک به مدت ۱۰ دقیقه پخته و آبکش می‌گردد. نمونه‌ها به همراه نمونه شاهد در ظروف مجزا ریخته شده و با کدهای سه رقمی 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).

### ۲-۲-۳- 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 غلطهای مختلف جلبک دونالیلاسالینا در ماکارونی بر تغییرات

کربوهیدرات در نمونه‌ها بر استاندارد ملی شماره ۱۶۴۱۳ (HPLC) توسط دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارآیی بالا (ISIRI) HPX-87p3 با استفاده از ستون ۳، 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 ۵۵ درجه سانتی‌گراد، در ۲۰۱۲، 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 افشاری به درون پلاسمای آرگون جفت شده القایی، جایی که عناصر برای تابش، اتمی شده و تهییج شده‌اند، هدایت می‌شود. تابش نشر، به صورت طیف تثیت شده و شدت آن در طول موج‌های ۲۵۷/۶۱ تا ۲۹۲/۳۱ (ISIRI, 2018) می‌شود.

میزان سفتی نمونه‌های ماکارونی فرمی بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۱۳، صورت گرفته بدین صورت که بافت نمونه‌های ماکارونی فرمی پخته شده 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 بر حسب نیوتون 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 دونالیلاسالینا

نمونه	رطوبت٪	پروتئن٪	چربی٪	کربوهیدرات٪	خاکستر٪	آهن(mg/100g)
T1	۱۰/±۸۶۰ ۰/۰۹۹ <sup>d</sup>	۱۱/±۶۴۵ ۰/۲۱۹ <sup>d</sup>	۱/±۰۴۰ ۰/۰۲۸ <sup>c</sup>	۷۵/±۱۱۵ ۰/۱۲۰ <sup>a</sup>	۰/±۷۶۵ ۰/۰۰۹ <sup>d</sup>	۱/±۳۸۵ ۰/۱۴۸ <sup>c</sup>
T2	۱۱/±۵۵۰ ۰/۱۱۳ <sup>c</sup>	۱۲/±۹۰۰ ۰/۱۵۶ <sup>c</sup>	۱/±۲۳۰ ۰/۰۲۸ <sup>b</sup>	۷۴/±۸۳۰ ۰/۲۲۶ <sup>a</sup>	۰/±۹۸۰ ۰/۰۱۸ <sup>c</sup>	۱/±۶۰۰ ۰/۱۹۸ <sup>b</sup>
T3	۱۲/±۳۱۵ ۰/۱۷۷ <sup>b</sup>	۱۳/±۵۸۵ ۰/۱۷۷ <sup>bc</sup>	۱/±۳۳۵ ۰/۰۳۵ <sup>b</sup>	۷۴/±۰۲۰ ۰/۱۵۶ <sup>b</sup>	۱/±۰۷۴ ۰/۰۱۵ <sup>b</sup>	۱/±۸۵۰ ۰/۲۲۶ <sup>ab</sup>
T4	۱۲/±۹۸۵ ۰/۱۶۳ <sup>a</sup>	۱۴/±۰۳۰ ۰/۱۲۷ <sup>ab</sup>	۱/±۴۸۰ ۰/۰۲۸ <sup>a</sup>	۷۳/±۶۰۵ ۰/۲۶۲ <sup>bc</sup>	۱/±۱۳۱ ۰/۰۱۹ <sup>ab</sup>	۱/±۹۳۰ ۰/۱۶۹ <sup>a</sup>
T5	۱۳/±۱۱۰ ۰/۲۲۶ <sup>a</sup>	۱۴/±۴۲۰ ۰/۲۹۷ <sup>a</sup>	۱/±۵۵۰ ۰/۰۲۸ <sup>a</sup>	۷۲/±۹۹۰ ۰/۱۸۴ <sup>c</sup>	۱/±۱۷۵ ۰/۰۲۲ <sup>a</sup>	۲/±۱۰۵ ۰/۲۰۵ <sup>a</sup>

T1: نمونه شاهد (بدون جلبک)، T2: ۱/۵ درصد جلبک دونالیلاسالینا، T3: ۳ درصد جلبک دونالیلاسالینا، T4: ۴/۵ درصد جلبک دونالیلاسالینا، T5: درصد جلبک دونالیلاسالینا.

خصوصیات فیزیکو 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 *Şahin* و همکاران (۲۰۲۰) پس از بررسی خصوصیات کوکی های غنی شده با جلبک *Spirulina platensis* و *Dunaliella* و *Yeast* بیان نمودند افزودن دونالینا تأثیر قابل توجهی مشبت بر روی رطوبت دارد.

### ۳-۳- بررسی نتایج تغییرات پروتئین

با توجه به نتایج ذکر شده در جدول ۱، مشخص گردید که غلظت‌های مختلف جلبک دونالیلا سالینا در ماکارونی بر تغییرات میزان پروتئین نمونه های ماکارونی معنی دار ( $p \leq 0.05$ ) بود بطوطی 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 غنی‌سازی مواد غذایی ایفا می‌کند (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 می‌باشد (صدق و همکاران، ۱۳۹۸). در تایید نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر با نتایج تحقیق مستولی‌زاده و همکاران (۱۳۹۸) که میزان پروتئین در ماکارونی غنی شده با پودر ریز جلبک اسپیرومیکرونی پلاتنسیس را بررسی نمودند و نتایج نشان داد که سطوح مختلف پودر میکروجلبک اسپیرومیکرونی تأثیر معنی داری ( $p < 0.05$ ) بر میزان پروتئین ماکارونی داشته و سبب افزایش میزان آن شده است. بطوطی که بیان نمودند با افزودن ۰/۲۵ درصد اسپیرومیکرونی 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 غنی‌سازی پاستا با جلبک اسپیرومیکرونی پلاتنسیس پرداختند. نتایج بررسی ها نشان داند که با افزودن جلبک اسپیرومیکرونی 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 اسپیرومیکرونی سالینا

میزان چربی نمونه های ماکارونی معنی دار ( $p \leq 0.05$ ) بود بطوطی 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 ( $p > 0.05$ ). مستولی‌زاده و همکاران (۱۳۹۸) پس از بررسی میزان چربی ماکارونی غنی شده با پودر ریز جلبک اسپیرومیکرونی پلاتنسیس بیان نمودند که سطوح مختلف پودر میکروجلبک اسپیرومیکرونی پلاتنسیس 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 مشابه است.

صدق 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.

*Şahin* و همکاران (۲۰۲۰) خواص عملکردی و حسی *Spirulina platensis* و *Dunaliella salina* بررسی نموده و گزارش دادند که کلچه های پخته شده با اسپیرومیکرونی به طور قابل توجهی سخت تر و تیره تر از گرهه کترنل بودند و افزودن دونالینا به اندازه افزودن اسپیرومیکرونی 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 معنیدار ( $p \leq 0.05$ ) بود بطوطی که با افزایش درصد جلبک دونالیلا سالینا، میزان رطوبت به صورت معنیداری ( $p \leq 0.05$ ) افزایش میابد. میزان رطوبت ماکارونی در نتیجه استفاده از جلبک دونالیلا سالینا، احتمالاً به این دلیل می باشد که جلبک حاوی پلیساقاریدها میباشد و این ترکیبات قادر به افزایش جذب آب و ظرفیت نگهداری آب طی مرحله تشکیل خمیر هستند. مستولی‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی غنی‌سازی پاستا با سطوح مختلف جلبک اسپیرومیکرونی پلاتنسیس، به طور موفق 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 صدق و همکاران (۱۳۹۸) بود. این محققین پس از بررسی

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 کوکی‌های غنی شده با جلبک *Spirulina platensis* و *Dunaliella salina* بررسی نمودند. بیان نمودند که کلوجه‌های پخته شده با اسپیرولینا به طور قابل توجهی خاکستر بالاتری نسبت به کلوجه‌های پخته شده با دونالینا داشته و همچنین نمونه کنترل میزان خاکستر پایینتری نسبت به سایر نمونه‌ها داشت.

### ۶-۳- بررسی نتایج تغییرات آهن

ریزجلبک یکی از منابع نویدبخش برای غذاهای جدید و محصولات غذایی فراسودمند بوده و به دلیل داشتن ترکیب شیمیایی متداول می‌توانند به منظور افزایش ارزش تقدیمه ای غذاها مورد استفاده قرار گیرند. دانستن ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی 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 آنزیمه‌ها و پروتئین‌ها خصوصاً هموگلوبین شرکت دارد و کمبود آن منجر به کم خونی فقر آهن می‌شود. کمبود آهن و کم خونی 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 دونالیلا سالینا در ماکارونی بر تغییرات میزان آهن نمونه‌های ماکارونی معنی دار ( $p \leq 0.05$ ) بود بطوری که با افزایش درصد جلبک دونالیلا سالینا، میزان آهن به صورت معنی داری ( $p \leq 0.05$ ) 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 ( $p < 0.05$ ). 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 کلوجه صنعتی با جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس پرداختند. نتایج نشان داد میزان آهن در کلوجه‌های غنی شده با اسپیرولینا پلاتنسیس در مقایسه با شاهد افزایش معنی دار پیدا کرد ( $p < 0.05$ ) که با نتایج تحقیق حاضر که بیانگر افزایش میزان

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

### ۴-۴- بررسی نتایج تغییرات کربوهیدرات

با توجه به نتایج ذکر شده در جدول ۱، مشخص گردید که غلظت‌های مختلف جلبک دونالیلا سالینا در ماکارونی بر تغییرات میزان کربوهیدرات نمونه‌های ماکارونی معنی دار ( $p \leq 0.05$ ) بود بطوری که با افزایش درصد جلبک دونالیلا سالینا، 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 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.

Fradique همچنین نتایج بدست آمده، مشابه نتایج تحقیق و همکاران (۲۰۱۰) بود که با بررسی غنی سازی پاستا با سطوح مختلف دو ریزجلبک کلرلا و لگاریس و اسپیرولینا ماکسیما نشان دادند که در هر دو ریزجلبک، با افزایش غلظت ( $0/۰\text{۵}$  تا  $۲$  درصد)، میزان کربوهیدرات پاستا کاهش یافت که علت آن را میزان کربوهیدرات بیشتر در سمولینا نسبت به جلبکها بیان نمودند.

### ۵- بررسی نتایج تغییرات خاکستر

با توجه به نتایج ذکر شده در جدول ۱، مشخص گردید که غلظت‌های مختلف جلبک دونالیلا سالینا در ماکارونی بر تغییرات میزان خاکستر نمونه‌های ماکارونی معنی دار ( $p \leq 0.05$ ) بود بطوری که با افزایش درصد جلبک دونالیلا سالینا، میزان خاکستر به صورت معنی داری ( $p \leq 0.05$ ) افزایش می‌یابد. از آنجایی که پودر جلبک دونالیلا سالینا حاوی مقدادر 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.

مصطفی 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

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

نمونه	کلسیم (mg/100g)	مولفه رنگی	افت پخت٪			softness (N)
			L*	b*	a*	
T1	۲۰/±۵۳۰۰/۱۵۶ <sup>d</sup>	۱/±۰۳۰۰/۱۲۷C	۶۲/±۲۵۰۰/۱۷۰ a	۲۶/±۱۴۵۰/۲۹۰ e	۷/±۷۰۵۰/۲۸۹ <sup>a</sup>	۶/±۹۸۰۰/۳۳۹ <sup>a</sup>
T2	۲۰/±۹۹۵۰/۰۹۲ <sup>cd</sup>	۵/±۷۳۵۰/۱۲۰ a	۵۷/±۴۱۰۰/۱۹۸ b	۲۹/±۶۰۰۰/۱۹۸ d	۶/±۱۵۰۰/۳۱۱ <sup>ab</sup>	۶/±۱۵۰۰/۳۱۱ <sup>ab</sup>
T3	۲۱/±۳۲۵۰/۲۲۹ <sup>bc</sup>	۵/±۹۸۵۰/۰۴۹a	۵۴/±۳۸۵۰/۱۲۰ C	۳۴/±۷۹۰۰/۰۹۹ C	۵/±۲۵۰۰/۰۲۵۴ <sup>bc</sup>	۵/±۲۵۰۰/۰۲۵۴ <sup>bc</sup>
T4	۲۱/±۸۸۵۰/۲۰۵ <sup>ab</sup>	۵/±۱۱۰۰/۱۲۷b	۵۲/±۲۸۰۰/۲۴۰ d	۳۷/±۰۳۵۰/۱۷۷ b	۴/±۳۳۰۰/۰۱۶۹ <sup>c</sup>	۴/±۳۳۰۰/۰۱۶۹ <sup>c</sup>
T5	۲۲/±۰۹۰۰/۱۲۰ <sup>a</sup>	۵/±۰۴۰۰/۱۵۵b	۴۶/±۵۶۰۰/۱۹۸ e	۳۹/±۳۱۰۰/۱۹۸ a	۴/±۱۹۰۰/۰۲۴۰ <sup>c</sup>	۴/±۱۹۰۰/۰۲۴۰ <sup>c</sup>

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

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 می‌باشد. تغییرات رنگی ایجاد شده در اثر افزودن سطوح مختلف جلبک دونالیلا سالینا به نمونه های ماکارونی، به دلیل وجود رنگدانه های مختلف نظیر کلروفیل ها، کاروتونوئیدها و فیکوبیل پروتئین ها<sup>۱</sup> در جلبک می‌باشد.

مستولیزاده 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 می‌باشد. 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 اسپیرولینا به پاستا مانند افزودن سبزیجات مختلف باعث ایجاد رنگ سبز شد که به نظر می‌رسد به دلیل وجود رنگدانه در ریزجلبک اسپیرولینا می‌باشد.

صدق و همکاران (۱۳۹۸) بیان نمودند در ماکارونی غنی شده با پودر جلبک دونالیلا سالینا، 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 سالینا 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 می‌باشد و اساساً تحت تأثیر حلالیت و آزادسازی نشاسته های

اهن در ماکارونی فرمی حاوی جلبک دونالینا سالینا بود، مشابه داشت.

### ۳-۷- بررسی نتایج تغییرات کلسیم

با توجه به نتایج ذکر شده در جدول ۲، مشخص گردید که غلاظت های مختلف جلبک دونالیلا سالینا در ماکارونی بر تغییرات میزان کلسیم نمونه های ماکارونی معنی دار ( $p \leq 0.05$ ) بود بطوری که با افزایش درصد جلبک دونالیلا سالینا، 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 می‌کنند (Andrés-Bello et al., 2013).

نتایج بدست آمده و ذکر شده در جدول ۲، نشان داد که غلاظت های مختلف جلبک دونالیلا سالینا 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 سالینا، میزان شاخص رنگی b\* به به صورت معنی داری ( $p \leq 0.05$ ) افزایش و میزان L\* کاهش می‌یابد. 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 نظریه 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 ( $p \leq 0.05$ ) بود بطوری که با افزایش درصد جلبک دونالیلا سالینا، سفتی بافت به صورت معنیداری ( $p \leq 0.05$ ) کاهش می یابد بطوری که بیشترین میزان سفتی بافت مربوط به نمونه شاهد بوده و با افزودن پودر جلبک دونالیلا سالینا به فرمولا سیون 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 ریز جلبک دونالیلا سالینا، 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 گردد (صدق و همکاران، ۱۳۹۸).

صدق و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی تولید ماکارونی غنی شده با فیبر سبب 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 ریز جلبک کلرلا و لگاریس و اسپیروولینا ماکسیما نشان دادند که در هر دو ریز جلبک، با افزایش غلظت ( $0/0.5$  تا  $2/0.5$  درصد)، میزان سفتی بافت پاستا افزایش یافت که با نتایج تحقیق حاضر که بیانگر کاهش میزان سفتی ماکارونی فرمی در اثر افزایش میزان جلبک دونالیلا سالینا 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 سالینا 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 سالینا در ماکارونی بر تغییرات میزان افت پخت نمونه های ماکارونی معنی دار ( $p \leq 0.05$ ) بود بطوری که با افزایش درصد جلبک دونالیلا سالینا، میزان افت پخت به صورت معنی داری ( $p \leq 0.05$ ) کاهش میابد. بیشترین میزان افت پخت در نمونه شاهد  $77/70.5\%$  و کمترین میزان افت پخت در نمونه حاوی ۶ درصد پودر جلبک  $(4/31\%)$  مشاهد شد.

کاهش افت پخت ماکارونی در اثر افزایش سطح جلبک دونالیلا سالینا در این تحقیق، به دلیل تقویت ماتریس خمیر توسط پروتئین های میکرو جلبک 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. پلیسکاریدهای موجود در جلبک، سبب افزایش جذب به داخل ساختار ماتریکس ژلاتینه شده ماکارونی طی پخت می گردد و افت پخت را کاهش می دهد.

میزان افت پخت در نمونه های ماکارونی در این تحقیق در محدوده  $4/31 - 4/84$  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 نوول تازه چنی، میزان افت 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 ریز جلبک اسپیروولینا پلاتنسیس در پاستا، میزان افت پخت در ابتدا کاهش و سپس به طور معنی داری افزایش پیدا کرد.

Ozyurt و همکاران (۲۰۱۵) از لحاظ آماری نشان داده شد با افزودن سطوح مختلف ریز جلبک اسپیروولینا پلاتنسیس، بر میزان افت 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 افت پخت به طور معنی داری افزایش یافت که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت.

### ۱۰-۳- بررسی میزان سفتی

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

نمونه	رنگ	بافت	طعم	پذیرش کلی
T1	۴/۶۶۶ <sup>ab</sup>	۴/۲۰۰±۰/۶۳۲ <sup>a</sup>	۴/۳۰۰±۰/۶۷۴ <sup>a</sup>	۴/۲۰۰±۰/۶۳۲ <sup>a</sup>
T2	۴/۵۲۷ <sup>a</sup>	۴/۱۰۰±۰/۷۳۷ <sup>ab</sup>	۴/۱۰۰±۰/۵۶۷ <sup>a</sup>	۴/۴۰۰±۰/۶۹۹ <sup>a</sup>
T3	۳/۹۰۰±۰/۷۳۷ <sup>ab</sup>	۴/۵۰۰±۰/۷۰۷ <sup>a</sup>	۳/۴۰۰±۰/۸۴۳ <sup>a</sup>	۳/۷۰۰±۰/۶۷۴ <sup>a</sup>
T4	۳/۶۰۰±۰/۶۹۹ <sup>b</sup>	۳/۵۰۰±۰/۸۴۹ <sup>b</sup>	۳/۸۰۰±۰/۶۳۲ <sup>a</sup>	۳/۷۰۰±۰/۶۷۴ <sup>a</sup>
T5	۳/۸۰۰±۰/۶۳۲ <sup>ab</sup>	۳/۶۰۰±۰/۸۴۳ <sup>ab</sup>	۳/۴۰۰±۰/۸۴۳ <sup>a</sup>	۳/۷۰۰±۰/۶۷۴ <sup>a</sup>

T<sub>1</sub>: نمونه شاهد (بدون جلبک)، T<sub>2</sub>: ۱/۵ درصد جلبک دونالیلا سالینا، T<sub>3</sub>: ۳ درصد جلبک دونالیلا سالینا، T<sub>4</sub>: ۴/۵ درصد جلبک دونالیلا سالینا، T<sub>5</sub>: درصد جلبک دونالیلا سالینا

مختلف ریزجلبک اسپیروولینا 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 کلوجه 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، می پاشد.

۴- بحث و نتیجه گیری

هدف از تحقیق حاضر بررسی ویژگی های فیزیکو شیمیایی و  
حسی ماکارونی فرمی حاوی جلبک دونالینا سالینا (۰، ۱/۵، ۳،  
۴/۵ و ۶ درصد) و تعیین بهترین فرمولاسیون از نظر ویژگی های  
فیزیکو شیمیایی و حسی بود. نتایج نشان داد که غلظتهاي  
مختلف جلبک دونالینا سالینا در ماکارونی بر تعیيرات ميزان  
چربی، رطوبت، پروتئين، كربوهيدرات، خاکستر، آهن، كلسيم،  
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 دونالینا ميزان چربی، رطوبت،  
پروتئين، خاکستر، آهن، كلسيم، شاخص رنگی a\*، b\* و به  
صورت معنی داری ( $p \leq 0/05$ ) افزایش و ميزان كربوهيدرات،  
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 تعیير شدت قرمزي رنگ ماکارونی به  
سبزی گردید. همچنين غلظتهاي مختلف جلبک دونالینا  
سالینا در ماکارونی، بر تعیيرات ميزان ارزیابی حسی رنگ،  
طعم و پذیرش کلی نمونه های ماکارونی اثر معنی دار داشت

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 ریز جلبک 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 (۳۹۸) بود. این محققین پس از بررسی ارزیابی حسی بیان نمودند تمامی نمونه‌ها به استثنای نمونه‌های حاوی ۱ و ۱/۵ در صد 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 ویژگی‌های 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 پرتر در این تحقیق معرفی گردید.

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

Lemes و همکاران (۲۰۱۲) بیان نمودن 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 تأثیر غنیسازی 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. 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 می توان ماکارونی را از نظر ویژگی های مورد بررسی بهبود دهد و می توان محصولی با کیفیت تغذیه های 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 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

- 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., 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](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 CO<sub>2</sub> and biomass char derived from pyrolysis of Dunaliella salina: The effect of steam and catalyst on CO and H<sub>2</sub> 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 Prabhakar, 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