تاثیر افزودن پودر میکروجلبک اسپیرولینا بر ترکیب اسیدهای چرب و اسیدهای آمینه پاستا

سید صابر مستولی‌زاده[1]، یزدان مرادی[2*]، محمد صدیق مرتضوی[1]، عباسعلی مطلبی[2]، منصوره قائنی[3]

* ymorady@yahoo.com

۱- پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران
۲- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران
۳-گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹٦ تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹٦

چکیده

اسپیرولینا پلاتنسیس *Spirulina platensis* ریز جلبک سبز- آبی با محتوای مواد مغذی منحصر به فرد و دارای اثرات تغذیه‌ای و درمانی متعددی می باشد که در غنی سازی فراورده های غذایی مختلف به‌کار گرفته شده است. اطلاعات درباره غنی سازی آرد گندم با پودر ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس جهت تولید پاستا بسیار اندک است. اثر افزودن پودر میکروجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در سطوح صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ درصد وزنی بر مقدار پروتئین به وسیله روش میکروکجلدال و چربی به روش سوکسله اندازه گیری شد.همچنین اثر این غنی سازی بر تغییرات اسیدهای آمینه و اسیدهایچرب به ترتیب به وسیله روش های کروماتوگرافی گازی (GC) و کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) اندازه گیری شد. نتایج نشان دادند که سطوح مختلف پودر میکروجلبک اسپیرولینا تاثیر معنی داری بر ویژگی هایشیمیایی پاستا داشت ($p<0.05$).بر اساس نتایج بدست آمده، سطوح مختلف پودر میکروجلبک اسپیرولینا تاثیر معنی داری بر برخی اسیدهای آمینه ضروری و برخی اسیدهای چرب غیراشباع پاستا داشت ($p<0.05$). با افزودن ۰/۲۵ درصد پودرمیکروجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس به پاستا، ضمن دستیابی به محصول غنی شده به عنوان یک غذای فراسودمند، ارزش غذایی آن بهبود می یابد، ویژگی‌های میکروبیولوژی محصول نهایی بر اساس استاندارد ملی ایران حفظ می شود و محصولی مورد پذیرش مصرف کنندگان ارائه می‌گردد.

کلمات کلیدی: پودر میکروجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس، پاستا، غنی سازی، غذای فراسودمند

* نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.12.5]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113929]

مقدمه

پاستا با توجه به ارزش غذایی بالا از نظر میزان پروتئین، مواد معدنی ، انواع ویتامین ها و اسیدهای چرب می تواند منبع بسیار خوب غذایی محسوب شود. پاستا غذای ایده‌آلی برای اضافه کردن سایر ترکیبات، باتوجه به فرآیند تولید ساده خود پاستا ، هزینه کم، ارزش غذایی و در نهایت با توجه به پذیرش بالای آن، است (Silveira,1998). ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس منبع ارزان قیمت و غنی از پروتئین، آهن، ویتامین B_{12} و اسید چرب آلفا لینولنیک است (Kumudha *et al.*, 2010).

فرآورده های پاستا از جمله غذاهای ساده بر پایه غلات هستند که انواع آن از سمولینای گندم دوروم (Durum wheat) و آب تشکیل می شود. فرمولاسیون ساده و سهولت فرآیند تولید باعث شده است تا پاستا به عنوان یک غذای نسبتا ارزان برای تولید شناخته شود (Tarzi *et al.*, 2012). از انواع آرد گندم جهت تولید ماکارونی و محصولات خمیری استفاده می شود، اما سمولینای گندم دوروم به علت کیفیت و کمیت پروتئینی و خواص رئولوژیکی مطلوب در حالت خمیری، ایجاد رنگ و کیفیت پخت مناسب در ماکارونی، به عنوان بهترین ماده اولیه در سراسر دنیا شناخته شده است(Park & Kim, 1990). در حالت طبیعی گندم منبع خوبی از ویتامین‌های تیامین، ریبوفلاوین، توکوفرول و نیاسین و عناصر آهن و روی است. اما به دلیل تمرکز این مواد در سبوس، طی پروسه آسیاب مقادیر زیادی از آن‌ها از بین می‌رود. ارزش غذایی ماکارونی بر حسب ترکیبات نوع گندم مصرفی و یا مواد افزودنی موجود در فرمول تولید آن، تغییر می یابد. عموما اختلافاتی که در ترکیبات گندم ها و یا تکنیک‌های مختلف آسیابانی وجود دارد، تاثیر چندانی در ارزش غذایی فرآورده ها ندارد و اختلافات عمده بین فرآورده‌های مختلف ماکارونی ناشی از مصرف موادی نظیر تخم مرغ، اسفناج،گوجه فرنگی، پروتئین یا کنسانتره گیاهی، فرآورده های شیری و همچنین ویتامین ها و مواد معدنی می باشد. به هرحال فرآورده های ماکارونی مانند هر منبع غذایی دیگر، به تنهایی قادر نیست که تمامی نیازهای تغذیه‌ای انسان را تامین نماید (Kumar, 2011).

علاوه بر عوامل تولید، تعداد محدود مواد اولیه مورد استفاده، پاستا را تبدیل به یک بستر مناسب برای بررسی پتانسیل تغذیه‌ای و تکنولوژیکی افزودن مواد اولیه که ارزش غذایی بالاتری دارند، کرده است. استفاده از ترکیباتی مانند طعم دهنده‌ها، رنگ‌ها، ویتامین‌ها، مواد پروتئینی، امولسیفایر-ها و به طور کلی مواد با ارزش تغذیه ای بالاتر جهت بهبود رنگ، طعم، ارزش غذایی، بافت، ویژگی های حسی و سایر ویژگی های محصول مورد استفاده قرار می گیرند (Tarzi *et al.*, 2012).

اسپیرولینا پلاتنسیس ریز جلبک سبز- آبی است که به علت کیفیت تغذیه ای منحصر بفرد به عنوان ماده غذایی کامل شناخته شده است. مقدار زیاد پروتئین (۶۰ تا ۷۰ درصد وزن خشک)، مقدار کم چربی، مقادیر بالای ویتامین ها بویژه ویتامین B_{12}، آهن، وجود رنگدانه فایکوسیانین و اسید چرب ضروری گامالینولنیک اسید، این ریز جلبک را به عنوان ماده غذایی با ارزش تغذیه ای بالا معرفی می کند (Belay *et al.*, 1993). به طوریکه سازمان بهداشت جهانی (WHO[1]) از اسپیرولینا به عنوان برترین ماده غذایی بر روی زمین یاد کرده است و سازمان فضایی آمریکا (NASA[2]) از زیست توده اسپیرولینا به عنوان غذای فشرده در سفرهای فضایی استفاده می کند (Khan *et al.*, 2005). مطالعات پزشکی متعددی در زمینه اثرات درمانی اسپیرولینا همچون کاهش میزان کلسترول خون، محافظت در برابر برخی سرطان ها، پیشگیری از ابتلا به بیماری های قلبی- عروقی و افزایش مقاومت سیستم ایمنی بدن صورت پذیرفته است (Belay *et al.*, 1993). تاکنون از پودر زیست توده اسپیرلینا پلاتنسیس به منظور تولید فراورده های غذایی مختلف مانند سوپ، سس، اسنک، نوشیدنی، شکلات، آبنبات، بیسکوئیت، نان، کیک و آرد غنی شده استفاده گردیده است(Fradique *et al.*, 2010). همچنین در کشور آلمان، تعدادی از کارخانه های تولید کننده فرآورده های غذایی از ریز جلبک ها و سیانو باکتری ها در فرآورده هایی همچون ماست و نوشیدنی های مختلف استفاده کرده اند (Pulz & Gross, 2004).

ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس منبع ارزان قیمت و غنی از پروتئین، آهن، ویتامین ب۱۲ و اسید چرب گاما لینولنیک است(Kumudha, 2010).

[1] World Health Organization
[2] National Aeronautics and Space Administration

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.12.5]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113929]

از سال‌ها قبل فایده اسپیرولینا به دلیل پروتئین بالا، ویتامین-ها، اسیدهای آمینه ضروری و اسیدهای چرب ضروری آن شناخته شده است. ۶۰ تا ۷۰ درصد ماده خشک اسپیرولینا پروتئین دارد. منبع غنی از ویتامین ها مخصوصاً B_{12} (که معمولا در بافت‌های جانوری است) و پیش‌ساز ویتامین A (بتاکاروتن) و مواد معدنی مخصوصاً آهن است. حاوی مقدار کمی اسید گاما لینولنیک (GLA) است و همچنین شامل ترکیبات شیمیایی گیاهی مفید دیگری است که برای سلامتی مفید می‌باشد. اسپیرولینا در سراسر جهان کشت داده می‌شود و به عنوان مکمل در رژیم غذایی انسان بصورت قرص، پودر و یا تکه‌های ورقه‌ای و مکمل غذایی در آبزی‌پروری و صنایع مرغداری بکار می رود (Belay, 2002).

در مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۹، ۵۵۰ کودک دچار سوء تغذیه با ۱۰ گرم در روز پودر اسپیرولینا تغذیه شدند بدون اینکه هیچ عوارض جانبی مشاهده شود. ده‌ها نمونه از مطالعات پزشکی انسانی به همین ترتیب تاثیر مضری برای مصرف مکمل اسپیرولینا ارائه نکرده اند. سازمان غذا و داروی امریکا (FDA) واژه GRAS (به طور کلی به عنوان امن و سالم به رسمیت شناخته شده) را به اسپیرولینای تهیه شده در دو شرکت آمریکایی اهدا نموده است (Carlson, 2011).

Kadam و Prabhasankar در سال ۲۰۱۰ اعلام کردند که مصرف اسپیرولینا از آسیب‌های ناشی از سموم موثر بر قلب، کبد، کلیه‌ها، نورون‌ها، چشم‌ها، تخمدان، DNA و بیضه‌ها جلوگیری می‌کند (Chamorro-Cevallos *et al*., 2007).

تاکنون مطالعات متعددی در زمینه بررسی تأثیر افزودن نسبت‌های متفاوت از گونه‌های مختلف ریز جلبک در محصولات نانوایی انجام شده است.

Danesi و همکاران در سال ۲۰۱۰ نشان دادند که می-توان به منظور غنی‌سازی پروتئین در محصولات نانوایی از ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس استفاده کرد، بدون آنکه تغییر قابل ملاحظه‌ای در بافت، ضریب انبساط، درصد ترکیب و پذیرش حسی محصول ایجاد شود (Danesi *et al*., 2010). بررسی منابع نشان‌دهنده آن است که اطلاعات درباره غنی سازی آرد گندم با پودر ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس برای تولید پاستا بسیار اندک است. اسپیرولینا پلاتنسیس جلبکی تک سلولی، فتوسنتز کننده، دارای فیلامنت‌های فنر مانند و متعلق به خانواده سیانوباکترهاست که به طور طبیعی در دریاچه های گرمسیر و قلیایی آمریکا، مکزیک، آسیا و آفریقای مرکزی رشد می‌کند (Belay, 2004).

پاستا محصولی است که پس از طی فرآیندهای مختلف شامل ورز دادن سمولینا با آب، فرایند اکستروژن، پرس از طریق قالب ها و در نهایت خشک کردن بدست می آید. عوامل مختلفی در فرآیندها، کیفیت محصول نهایی را تحت تاثیر قرار می دهند مانند زمان اختلاط و سرعت چرخش مارپیچ‌ها، کنترل دمای اکستروژن و قالب‌ها، تنظیم مناسب فشار، شرایط خشک کردن و ... (Tarzi *et al*., 2012).

در تحقیق حاضر امکان غنی سازی آرد گندم در سطوح صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ درصد وزنی/وزنی با پودر ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس مورد بررسی قرار گرفت و اثر متغیر میزان پودر ریزجلبک به کار رفته بر ویژگی‌های شیمیایی، میکروبی و حسی پاستابه منظور تولید پاستای فراسودمند، تعیین شد.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه: در این تحقیق برای تهیه نمونه شاهد و سایر نمونه ها از آرد سمولینا با مقدار گلوتن مرطوب ۲۶% و رطوبت ۱۴% استفاده شد.

آماده‌سازی پودر ریز جلبک اسپیرولینا: پودر ریز جلبک اسپیرولینا از پارک علم و فن‌آوری گیلان تهیه گردید. پودر مورد نظر در بسته‌بندی از جنس پروپیلن دارای لایه آلومینیومی و در شرایط خشک و خنک و دور از نور خورشید به کارخانه ماکارونی منتقل شد.

نحوه آماده سازی نمونه ها و تولید پاستا: برای تهیه پاستا ترکیب استاندارد کارخانه شامل آرد سمولینا، گلوتن و آب استفاده شد. پودر ریز جلبک در پنج مرحله مجزا و در پنج سطح صفر (شاهد)، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ درصد وزنی به ترکیب استاندارد اضافه و محصول آزمایشی تولید گردید (Fradique *et al*., 2010).

همه نمونه‌ها در خط تولید اتوماتیک پاستا تهیه شدند. از خط کوتاه (فرمی) کارخانه که ساخت شرکت فاوا (FAVA) ایتالیا بود، استفاده شد. ظرفیت ورودی این خط تولید پاستا ۱/۵ تن آرد در ساعت بود. ابتدا نمونه شاهد متشکل بدون افزودن پودر ریز جلبک اسپیرولینا تولید گردید و سپس بر

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.12.5]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113929]

اساس درصد مورد نظر، پودر ریز جلبک اسپیرولینا در درصدهای صفر (تیمار شاهد)، ۰/۲۵ (تیمار ۱)، ۰/۵ (تیمار ۲)، ۰/۷۵ (تیمار ۳) و ۱ درصد وزنی (تیمار ۴) به ترکیب مواد اولیه اضافه گردید. پس از اختلاط مواد، خمیر حاصل با فشار ۱۲۰ بار از دهانه قالب عبور داده شد و توسط تیغه ای که روی دهانه خروجی قالب نصب بود، به اندازه های یکسان بریده شد. سپس پاستاهای برش خرده، وارد پیش خشک کن با درجه حرارت ۴۴ درجه سانتی گراد شدند و در نهایت به خشک کن اصلی انتقال یافتند. در این خشک کن دما ۷۷ درجه سانتی گراد بود. پاستاها این مرحله را در مدت زمان ۲ ساعت و ۴۸ دقیقه سپری نموده و به رطوبت مطلوب ۱۲ درصد رسیدند. پاستاها پس از عبور از مرحله سرد کن به درجه حرارت ۳۰ درجه سانتی گراد رسیده و از سیلوهای ذخیره سازی توسط نوار نقاله به دستگاه توزین، انتقال داده شدند و در اوزان ۵۰۰ گرمی در بسته‌هایی از جنس پروپیلن، بسته‌بندی شدند. پس از تولید محصول نهایی، محصول مورد نظر آماده جهت انتقال به انبار و در شرایط انبارداری کارخانه، ذخیره گردید.

سنجش پروتئین و اسیدهای آمینه: پودر ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و نمونه های پاستای به دست آمده از لحاظ میزان پروتئین با روش میکروکجلدال بر اساس روش AACC 46-12.01 و با استفاده ضریب ۶/۲۵۲ اندازه‌گیری شد (AACC, 2000). پس از آن پروفایل اسیدهای آمینه نمونه ها توسط روش PICO TAG و با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا (HPLC) بدست آمد (ISIRI, 2002).

روش آماده‌سازی نمونه‌ها: به ۱۰ گرم از نمونه پاستا مورد نظر ۴۰ میلی لیتر اسید تری کلرو استیک با غلظت نهایی ۱۲ درصد اضافه شد. پس از صاف کردن نمونه با کاغذ صافی واتمن شماره ۴۰، محلول صاف شده برای اندازه گیری اسیدهای آمینه و تهیه پروفایل آن‌ها مورد استفاده قرار گرفت. کروماتوگرام نمونه ها نیز تهیه شد.

روش آزمایش: پس از مشخص شدن مقدار پروتئین به روش کجلدال، هیدرولیز پروتئین‌های پاستا توسط اسیدکلریدریک ۶ نرمال انجام شد. عملیات مشتق سازی بوسیله فنیل ایزوسیانات (PITC) جهت آشکارسازی با دتکتور UV در ۲۵۴ nm انجام گرفت که منجر به تشکیل مشتقات فنیل تیوکاربامیل (PTC) اسیدهای آمینه شد. مرحله آنالیز (جداسازی اسیدهای آمینه) با HPLC و پیش ستون محافظ و ستون Pico.TAG-C18 و بافرهای مخصوص انجام گرفت. درصد نسبی هر اسید آمینه یا بعبارتی گرم اسید آمینه در ۱۰۰ گرم پروتئین، متناسب با غلظت استانداردهای بکار گرفته شده استخراج و گزارش می‌گردد. داده پردازی سیستم با نرم‌افزار Maxima820 جهت رسم منحنی کالیبراسیون، انطباق شرایط نمونه با استاندارد و استخراج داده های کمی انجام میشود. هر نمونه ۳ بار و همراه ۳ استاندارد در سه غلظت مختلف تزریق گردیده است (حجم های تزریقی ۱۰ میکرولیتر انجام شد).

استخراج روغن و سنجش اسیدهای چرب: چربی نمونه ها به روش سوکسله استخراج گردید (AOAC, 2005) و پروفایل اسیدهای چرب نمونه ها با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) بر اساس روش AACC 58-18.01 بدست آمد (AACC, 2000). جهت آنالیز اسیدهای چرب، نمونه ها به روش استری شدن اسیدهای چرب(Fatty acid methyl ester) استری شده و سپس به سیستم کروماتوگرافی گازی (GC) مجهز به آشکارساز شعله (FID) مدل Agillent ساخت آمریکا و ستون BPX-70 (120m×250µm×0.20µm) و گاز حامل نیتروژن با شدت جریان 0/9 ml/min تزریق شدند. در این آزمایش، دمای آشکارساز، تزریق کننده و ستون به ترتیب ۳۰۰، ۲۶۰ و ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد بود. سپس منحنی کروماتوگرام مربوط به هر اسید چرب رسم گردید. زمان بازداری به هر اسید چرب با منحنی استاندارد مقایسه شد و در نهایت بر اساس سطح زیر منحنی، نوع و میزان اسید چرب موجود در هر نمونه پاستا مورد ارزیابی قرار گرفت. کروماتوگرام نمونه ها نیز تهیه شد.

تجزیه و تحلیل آماری: این آزمایشات در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل داده های حاصل از آنالیزهای شیمیایی با استفاده از نسخه ۱۴ نرم‌افزار MINITAB ساخت شرکت آمریکایی Minitab Inc و روش آنالیز واریانس یک طرفه (Anova one way) و آزمون چند دامنه‌ای Tukey انجام شد.

نتایج

ترکیب شیمیایی پودر ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و آرد سمولینا در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج میانگین

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.12.5]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113929]

آزمون های شیمیایی پاستای غنی شده با ریز جلبک در سطوح صفر (شاهد)، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ درصد وزنی/وزنی در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱: ترکیب شیمیایی ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و آرد سمولینا
Table 1: Chemical composition of *Spirulina Platatensis* and Semolina Flour

ترکیب شیمیایی (gr/100gr)	پروتئین	چربی
آرد سمولینا	۹/۸	۰/۵۱
اسپیرولینا پلاتنسیس	۵۷/۴۷	۱/۹

تاثیر بر پروتئین: نتایج تحلیل آماری نمونه ها نشان داد که در خصوص شاخص پروتئین بین نمونه‌ها و شاهد اختلاف معنی داری مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). بر اساس تحلیل آنالیز واریانس، نمونه چهارم به طور معنی داری پروتئین بیشتری نسبت به نمونه شاهد از خود نشان داد.

جدول ۲: ترکیب شیمیایی پاستای غنی شده با سطوح مختلف پودر ریزجلبک اسپیرولینا
Table 2: Chemical composition of pasta enriched with different levels of spirulina

ترکیب شیمیایی (gr/100gr)	تیمار شاهد	تیمار۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار۴
پروتئین	۱۰/۱۰۰±۰/۱۴۱^{b}	۱۰/۹۵۰±۰/۰۲۸^{ab}	۱۱/۰۵۰±۰/۰۷۱^{ab}	۱۰/۹۹۵±۰/۰۰۷^{ab}	۱۱/۴۵۰±۰/۶۳۶^{a}
چربی	۰/۳۳۰±۰/۰۲۸^{c}	۰/۵۴۰±۰/۰۴۲^{b}	۰/۸۶۰±۰/۰۴۲^{a}	۰/۹۵۵±۰/۰۴۹^{a}	۰/۶۱۰±۰/۰۱۴^{b}

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد و با استفاده از آزمون توکی تفاوت معنی دار ندارند.

تاثیر بر چربی: بر اساس نتایج حاصل از تحلیل آماری در خصوص شاخص چربی، بین نمونه ها و شاهد اختلاف معنی-داری وجود دارد ($p<۰/۰۵$). بر این اساس در همه نمونه‌ها، افزودن پودر میکرو جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس باعث افزایش مقدار چربی محصول نهایی تولید شده گردید. به این صورت که تیمار چهارم بیشترین اختلاف معنی دار و پس از آن تیمار سوم و در نهایت تیمار اول و دوم بیشترین اختلاف معنی‌دار را با نمونه شاهد از خود نشان دادند (جدول ۲).

تاثیر براسیدهای آمینه: نتایج نشان دادند که در محصول نهایی تولید شده با درصدهای مختلف از نظر اسیدآمینه آسپارتیک میانگین تیمارها با نمونه شاهد دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($p<۰/۰۵$). در همه مراحل مورد بررسی، افزودن پودر میکروجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس باعث افزایش مقدار اسید آمینه آسپارتیک محصول نهایی شد (جدول ۳). نتایج نشان دادند که تیمار ۱، اسید آمینه آسپارتیک بیشتری دارند. تیمار ۲ آسپارتیک کمتری نسبت به سایر تیمارهای ذکر شده داشت ولی همچنان مقددار آن از نمونه شاهد بیشتر بود. در خصوص اسید آمینه گلوتامیک میانگین تیمارها از نظر مقدار گلوتامیک موجود در محصول با هم متفاوت می‌باشند (جدول ۳).

بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل آماری، به ترتیب تیمارهای اول، دوم و چهارم با تیمار شاهد از نظر اسیدهای آمینه گلوتامیک، آرژینین، ترئونین، والین، فنیل آلانین و لوسین دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($p<۰/۰۵$) و تیمار شاهد مقدار کمتری نسبت به سایر تیمارها دارا می باشد. نتایج بررسی های آماری نشان داد که میانگین تیمارها از نظر مقدار اسید آمینه سرین موجود در محصول با یکدیگر متفاوت می باشند (جدول ۳).

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.12.5]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113929]

جدول ۳ : پروفایل اسیدهای آمینه پاستای غنی شده با پودر ریزجلبک اسپیرولینا
Table 3: Amino acids profile of Pasta enriched with Spirulina

اسیدهای آمینه (gr/100gr)	تیمار شاهد	تیمار۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار۴
آسپارتیک	۰/۴۱±۰/۰۰۰ b	۰/۶۲±۰/۰۲۸ a	۰/۴۶±۰/۰۴۲ ab	۰/۵۶±۰/۰۸۴ ab	۰/۵۲±۰/۰۱۴ ab
گلوتامیک	۲/۸۰۰±۰/۱۴۱ c	۳/۹۰±۰/۱۴۱ a	۳/۲۵۰±۰/۲۱۲ bc	۳/۶۲۵±۰/۱۷۶ ab	۳/۵۲۵±۰/۰۳۵ ab
سرین	۰/۳۶۰±۰/۰۵۶ b	۰/۵۴۵±۰/۰۲۱ a	۰/۴۳۵±۰/۰۴۹ ab	۰/۵۲۵±۰/۰۳۵ a	۰/۵۲۰±۰/۰۲۸ ab
هیستیدین	۰/۱۹۵±۰/۰۰۷ a	۰/۲۱۵±۰/۰۰۷ a	۰/۲۱۵±۰/۰۶۳ a	۰/۲۵۰±۰/۰۰۰ a	۰/۲۸۵±۰/۰۲۱ a
آرژینین	۰/۱۲۵±۰/۰۰۷ b	۰/۲۳۵±۰/۰۲۱ a	۰/۱۲۵±۰/۰۲۱ b	۰/۲۴۰±۰/۰۱۴ a	۰/۲۳۵±۰/۰۲۱ a
گلایسین	۰/۳۲±۰/۰۰۰ b	۰/۳۳±۰/۰۲۸ ab	۰/۳۲±۰/۰۰۰ b	۰/۳۷۵±۰/۰۰۷ ab	۰/۳۸±۱/۰۱۴ a
ترئونین	۰/۲۱۰±۰/۰۱۴ c	۰/۳۲±۰/۰۰۰ a	۰/۲۲۵±۰/۰۰۷ c	۰/۳۱۵±۰/۰۰۷ ab	۰/۲۸۵±۰/۰۰۷ b
آلانین	۰/۳۲۰±۰/۰۰۰ c	۰/۳۸۵±۰/۰۰۷ ab	۰/۳۵۰±۰/۰۲۸ abc	۰/۴۰۰±۰/۰۰۰ a	۰/۳۴۰±۰/۰۱۴ bc
تیروزین	۰/۲۴۵±۰/۰۰۷ a	۰/۱۷۵±۰/۰۰۷ ab	۰/۱۵۵±۰/۰۴۹ ab	۰/۱۷۰±۰/۰۱۴ ab	۰/۱۱۵±۰/۰۰۷ b
والین	۰/۴۶۰±۰/۰۰۰ b	۰/۶۶±۰/۰۱۴ a	۰/۵۱۵±۰/۰۰۷ b	۰/۶۹۵±۰/۰۳۵ a	۰/۶۳۰±۰/۰۱۴ a
فنیل آلانین	۰/۴۰۰±۰/۰۱۴ c	۰/۵۲۵±۰/۰۲۱ ab	۰/۴۵۵±۰/۰۲۱ bc	۰/۵۵۰±۰/۰۲۸ a	۰/۵۰۰±۰/۰۰۰ ab
ایزولوسین	۰/۲۳۰±۰/۰۰۰ c	۰/۳۴۵±۰/۰۰۷ a	۰/۲۷۵±۰/۰۰۷ b	۰/۳۵۵±۰/۰۲۱ a	۰/۳۱۵±۰/۰۰۷ ab
لوسین	۰/۳۹۵±۰/۰۲۱ c	۰/۶۰۵±۰/۰۰۷ a	۰/۴۸۵±۰/۰۴۹ bc	۰/۶۴۰±۰/۰۲۸ a	۰/۵۹۰±۰/۰۱۴ ab
لیزین	۰/۱۴۰±۰/۰۰۰ b	۰/۲۱۰±۰/۰۱۴ ab	۰/۱۹۵±۰/۰۳۵ ab	۰/۳۲۰±۰/۰۸۴ ab	۰/۳۴۵±۰/۰۴۹ a
تریپتوفان	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰ b	۰/۱۳۵±۰/۰۰۷ a	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰ b	۰/۱۲ ±۰/۰۰۰ a	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰ b

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ در صد و با استفاده از آزمون توکی تفاوت معنی دار ندارند.

قابل ذکر است که میانگین اسید آمینه گلوتامیک بین تیمار اول و تیمار دوم نیز با هم متفاوتند. همچنین میانگین اسیدآمینه فنیل‌آلانین تیمار دوم با میانگین تیمار سوم نیز تفاوت معنی داری دارد. به طور کلی نتایج آنالیز اسیدهای آمینه سرین و آلانین موجود در محصول مورد نظر در تحقیق حاضر (جدول ۳) نشان می‌دهد که میانگین تیمار شاهد از نظر میزان سرین و آلانین موجود با میانگین تیمارهای اول و سوم تفاوت معنی داری دارد ($p<۰/۰۵$). بر اساس نتایج آماری، میانگین تیمارها از نظر مقدار اسید آمینه هیستیدین موجود در محصول با یکدیگر و نمونه شاهد، تفاوت معنی داری ندارند ($p>۰/۰۵$). عدم وجود اختلاف معنی‌دار در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج آنالیز آماری اسید آمینه گلایسین موجود در محصول مورد نظر در تحقیق حاضر (جدول ۳) نشان می‌دهد که میانگین تیمار شاهد و تیمار اول از نظر میزان گلایسین موجود در پاستا تنها با میانگین تیمار چهارم تفاوت معنی داری دارد ($p<۰/۰۵$). نتایج آنالیز آماری اسید آمینه تیروزین موجود در محصول مورد نظر در تحقیق حاضر، نشان می‌دهد که میانگین تیمار شاهد از نظر میزان تایروزین موجود در محصول مورد نظر با میانگین تیمار چهارم تفاوت معنی داری دارد ($p<۰/۰۵$) به این صورت که مقدار تیروزین موجود در تیمار شاهد بیشتر از سایر تیمارها می باشد (جدول ۳).

بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل آماری اسید آمینه ایزولوسین موجود در محصول مورد نظر در تحقیق حاضر نشان می‌دهد که میانگین تیمار شاهد از نظر میزان اسید آمینه ایزولوسین موجود در محصول مورد نظر با میانگین تیمارهای اول، دوم، سوم و چهارم تفاوت معنی داری دارد ($p<۰/۰۵$) و تیمار شاهد نسبت به سایر تیمارها مقدر اسید آمینه ایزولوسین کمتری دارد (جدول ۳). نتایج آنالیز آماری اسید آمینه لیزین موجود در محصول مورد نظر در تحقیق حاضر نشان می‌دهد که میانگین تیمار شاهد از نظر میزان لیزین موجود در محصول مورد نظر با میانگین تیمار چهارم تفاوت معنی داری دارد ($p<۰/۰۵$). به این صورت که مقدار اسید آمینه لیزین در تیمار شاهد کمترین مقدار و در تیمار چهارم که دارای ۱ درصد پودر میکروجلبک اسپیرولینا است بیشترین مقدار می باشد (جدول ۳). به طور کلی نتایج آنالیز اسید آمینه تریپتوفان موجود در محصول مورد نظر در تحقیق حاضر (جدول ۳) نشان می‌دهد که میانگین تیمار شاهد از نظر

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.12.5]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113929]

میزان تریپتوفان موجود با میانگین تیمارهای اول و سوم تفاوت معنی داری دارد ($p<۰/۰۵$).

جدول ۴ : پروفایل اسیدهای چرب پاستای غنی شده با پودر ریزجلبک اسپیرولینا

Table 4: Fatty Acids Profile of Pasta enriched with Spirulina

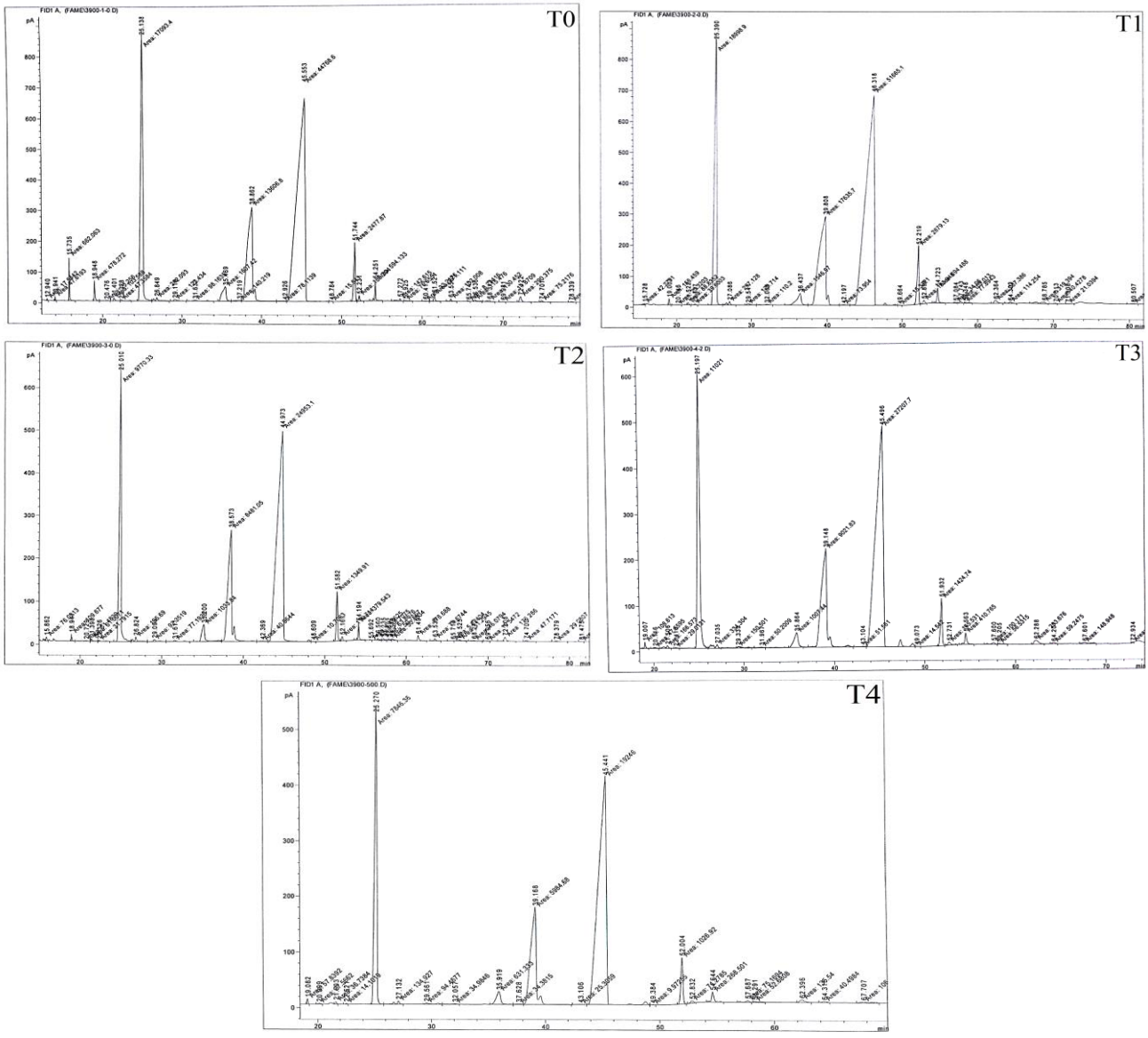
اسیدهای چرب (gr/100gr)		تیمار شاهد	تیمار۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار۴
کاپریلیک اسید	C8:0	۰/۰۲۰±۰/۰۰۰ a	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰ b	۰/۰۰۵±۰/۰۰۷ b	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰ b	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰ b
کاپریک اسید	C10:0	۰/۰۶۰±۰/۰۰۰ a	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰ b	۰/۰۰۵±۰/۰۰۷۰ b	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰ b	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰ b
لوریک اسید	C12:0	۰/۷۹۰±۰/۰۰۰ a	۰/۰۴۵±۰/۰۰۷ c	۰/۱۶۰±۰/۰۰۰ b	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰ d	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰ d
مریستیک اسید	C14:0	۰/۵۸۰±۰/۰۱۴ a	۰/۱۷۰±۰/۰۰۰ c	۰/۲۳۰±۰/۰۰۰ b	۰/۲۰۵±۰/۰۰۷ b	۰/۱۶۵±۰/۰۰۷ c
مریستولئیک اسید	C14:1	۰/۰۳۰±۰/۰۰۰ bc	۰/۰۲۰±۰/۰۰۰ c	۰/۰۹۵±۰/۰۰۷ a	۰/۰۷۰±۰/۰۲۸ abc	۰/۰۷۵±۰/۰۰۷ ab
پنتادکانیکاسید	C15:0	۰/۱۲۵±۰/۰۰۷ a	۰/۰۹۰±۰/۰۰۰ a	۰/۱۲۵±۰/۰۰۷ a	۰/۱۰۵±۰/۰۲۱ a	۰/۱۰۵±۰/۰۰۷ a
پنتادکانوئیک اسید	C15:1	۰/۰۵۵±۰/۰۰۷ a	۰/۰۴۰±۰/۰۰۰ a	۰/۰۷۵±۰/۰۰۷ a	۰/۰۵۰±۰/۰۱۴ a	۰/۰۴۵±۰/۰۰۷ a
پالمتیک اسید	C16:0	۲۰/۴۶۵±۰/۰۶۴ bc	۱۹/۹۳۵±۰/۰۹۲ c	۲۰/۴۹۰±۰/۰۵۷ bc	۲۰/۹۴۵±۰/۴۱۷ b	۲۲/۰۰۵±۰/۲۶۲ a
پالمیتولئیک اسید	C16:1	۰/۲۹۵±۰/۰۰۷ b	۰/۳۱۵±۰/۰۰۷ b	۰/۴۰۵±۰/۰۰۷ b	۰/۵۸۵±۰/۰۷۷ a	۰/۴۰۵±۰/۰۳۵ b
مارگاریک اسید	C17:0	۰/۱۵۵±۰/۰۰۷ ab	۰/۱۴۵±۰/۰۲۱ b	۰/۱۸۵±۰/۰۲۱ ab	۰/۲۶۵±۰/۰۳۵ a	۰/۲۳۰±۰/۰۴۲ ab
هپتادکانوئیک اسید	C17:1	۰/۱۲۰±۰/۰۰۰ a	۰/۰۹۵±۰/۰۳۵ a	۰/۱۳۰±۰/۰۰۰ a	۰/۰۹۵±۰/۰۰۷ a	۰/۰۹۵±۰/۰۰۷ a
استئاریک اسید	C18:0	۱/۹۲۰±۰/۰۰۰ a	۱/۶۱۵±۰/۰۰۷ c	۱/۹۸۰±۰/۰۱۴ a	۱/۹۷۰±۰/۰۴۲ a	۱/۷۷۵±۰/۰۲۱ b
الایدیک اسید	C18:1t	۰/۱۵۵±۰/۰۲۱ a	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰ a	۰/۱۸۵±۰/۰۰۷ a	۰/۰۳۰±۰/۰۴۲ a	۰/۱۷۵±۰/۱۰۶ a
اولئیک اسید (ω۹)	C18:1cis	۱۶/۲۶۵±۰/۰۲۱ c	۱۸/۲۳۵±۰/۳۰۴ a	۱۷/۸۵۰±۰/۰۸۵ ab	۱۷/۴۹۵±۰/۱۴۸ b	۱۶/۶۹۰±۰/۰۷۱ c
لینوالائدیک اسید	C18:2t	۰/۱۲۰±۰/۰۰۰ a	۰/۰۹۵±۰/۰۳۵ a	۰/۱۳۰±۰/۰۰۰ a	۰/۰۹۵±۰/۰۰۷ a	۰/۰۹۵±۰/۰۰۷ a
لینولئیک اسید (ω۶)	C18:2cis	۵۳/۵۴۰±۰/۰۹۹ ab	۵۴/۰۶۰±۰/۰۲۸ a	۵۲/۴۱۰±۰/۰۱۴ c	۵۲/۶۷۰±۰/۳۳۹ bc	۵۳/۱۹۰±۰/۴۶۷ abc
(GLA) گامالینولنیک اسید (ω۶)	C18:3gma	۰/۰۲۵±۰/۰۰۷ a	۰/۰۲۰±۰/۰۰۰ a	۰/۰۲۰±۰/۰۰۰ a	۰/۰۳۰±۰/۰۰۰ a	۰/۰۳۰±۰/۰۰۰ a
(ALA) آلفالینولنیک اسید (ω۳)	C18:3 alfa	۲/۹۵۵±۰/۰۰۷ ab	۳/۰۳۵±۰/۰۳۵ a	۲/۸۳۵±۰/۰۰۷ b	۲/۸۱۵±۰/۰۹۱ b	۲/۸۳۰±۰/۰۴۲ b
آراشیدیک اسید	C20:0	۰/۲۱۰±۰/۰۲۸ b	۰/۲۱۵±۰/۰۳۵ b	۰/۲۴۰±۰/۰۰۰ ab	۰/۳۱۵±۰/۰۰۷ a	۰/۲۰۰±۰/۰۰۰ b
ایکوزانوئیک اسید	C20:1	۰/۶۹۵±۰/۰۲۱ a	۰/۷۵۰±۰/۰۲۸ a	۰/۷۸۵±۰/۰۲۱ a	۰/۷۴۵±۰/۰۶۳ a	۰/۷۶۵±۰/۰۲۱ a
ایکوزا دی انوئیک اسید	C20:2	۰/۱۵۵±۰/۰۲۱ a	۰/۱۰۵±۰/۰۰۷ a	۰/۱۷۰±۰/۰۴۲ a	۰/۲۲۰±۰/۰۴۲ a	۰/۲۳۰±۰/۰۴۲ a
(EPA) ایکوزا پنتانوئیک اسید(ω۳)	C20:5EPA	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰ c	۰/۱۴۵±۰/۰۰۷ b	۰/۱۳۰±۰/۰۱۴ b	۰/۳۰۰±۰/۰۱۴ a	۰/۲۸۰±۰/۰۲۸ a
بهینیک اسید	C22:0	۰/۱۴۵±۰/۰۰۷ b	۰/۱۴۵±۰/۰۰۷ b	۰/۱۳۰±۰/۰۱۴ b	۰/۳۰۰±۰/۰۱۴ a	۰/۲۸۰±۰/۰۲۸ a
اروسیک اسید (ω۹)	C22:1	۰/۱۲۰±۰/۰۰۰ a	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰ b	۰/۱۵۰±۰/۰۲۸ a	۰/۱۱۵±۰/۰۰۷ a	۰/۱۱۰±۰/۰۰۰ a
(DPA) دوکوزا پنتانوئیک اسید(ω۳)	C22:5DPA	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰ c	۰/۰۳۵±۰/۰۰۷ b	۰/۰۵۵±۰/۰۰۷ a	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰ c	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰ c
(DHA)دوکوزا هگزنوئیک اسید(ω۳)	C22:6DHA	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰ b	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰ b	۰/۰۱۰±۰/۰۰۰ a	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰ b	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰ b
لیگنوسریک اسید	C24:0	۰/۳۳۰±۰/۰۲۸ a	۰/۰۲۵±۰/۰۰۷ b	۰/۳۱۵±۰/۰۲۱ a	۰/۰۲۵±۰/۰۰۷ b	۰/۰۱۰±۰/۰۱۴ b
نرونیک اسید	C24:1	۰/۰۸۵±۰/۰۰۷ a	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰ b	۰/۱۰۵±۰/۰۲۱ a	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰ b	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰ b

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ در صد و با استفاده از آزمون توکی تفاوت معنی دار ندارند.

تاثیر بر اسیدهای چرب: نتایج آنالیز اسیدهای چرب نمونه های پاستا در جدول ۴ ارائه شده است. همچنین کروماتوگرام حاصل نیز در شکل ۱ ارائه شده است. بر اساس نتایج آنالیز آماری بدست آمده، بیشترین مقدار اسیدهای چرب مربوط به لینولئیک اسید(ω۶)، که از اسیدهای چرب غیر اشباع با چند پیوند دوگانه PUFA می باشد، با مقدار ۵۴/۰۶ درصد مربوط به تیمار اول (دارای ۰/۲۵ درصد پودر میکرو جلبک اسپیرولینا) است که با نمونه شاهد دارای اختلاف معنی دار است ($p<۰/۰۵$). در این بین، تیمار اول با تیمارهای دوم و سوم نیز تفاوت معنی داری دارد. نتایج آزمون توکی در جدول

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.12.5]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113929]

۴ نشان می‌دهند که میانگین میزان اسید چرب اشباع پالمتیک اسید تیمار شاهد (بدون افزودن پودر اسپیرولینا) با میانگین تیمار چهارم تفاوت معنی داری دارد($p<۰/۰۵$). تیمار اول با مقدار ۱۹/۹۳ درصد کمترین میزان پالمتیک اسید را دارد.



شکل۱ : کروماتوگرام اسیدهای چرب در تیمار های مختلف

Figure 1: Fatty acids Chromatogram in different treatments

بر اساس نتایج آزمون توکی، میانگین اسید چرب غیر اشباع اولئیک اسید (ω۹) که اسید چرب غیر اشباع با یک باند دوگانه است، تیمار شاهد (بدون افزودن پودر اسپیرولینا) با میانگین تیمار اول، دوم و سوم تفاوت معنی داری دارد ($p<۰/۰۵$). تیمار اول با مقدار ۱۸/۲۳ درصد بیشترین مقدار اسید چرب غیر اشباع اولئیک اسید را دارا می باشد.قابل ذکر است که میانگین اولئیک اسید تیمار اول با میانگین تیمار سوم و چهارم نیز تفاوت معنی داری دارد. بر اساس نتایج بدست آمده بیشترین مقدار اسید چرب غیر اشباع آلفا لینولنیک اسید (ω۳) که از اسید های چرب غیر اشباع با چند

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.12.5]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113929]

پیوند دوگانه می باشد، مربوط به تیمار دوم با مقدار ۳/۰۳ درصد می باشد که بر اساس نتایج آزمون توکی (جدول ۴) میانگین میزان آلفالینولنیک اسید تیمار شاهد (بدون افزودن پودر اسپیرولینا) با میانگین آلفا لینولنیک اسید هیچکدام از تیمارها تفاوت معنی دار ندارد ($p>۰/۰۵$).

میانگین آلفا لینولنیک اسید تیمار اول با تیمارهای دوم، سوم و چهارم تفاوت معنی داری دارد ($p<۰/۰۵$). به طور کلی نتایج آنالیز اراشیدیک اسید موجود در محصول مورد نظر در تحقیق حاضر نشان می‌دهد که میانگین تیمار شاهد از نظر میزان اراشیدیک اسید موجود در محصول مورد نظر تنها با میانگین تیمار سوم تفاوت معنی داری دارد ($p<۰/۰۵$). نتایج آنالیز ایکوزانوئیک اسید و ایکوزا دی انوئیک اسید موجود در محصول مورد نظر در تحقیق حاضر، نشان می‌دهد که میانگین تیمار شاهد از نظر میزان ایکوزانوئیک اسید موجود در محصول مورد نظر با میانگین هیچکدام از تیمارها تفاوت معنی داری ندارد ($p>۰/۰۵$).

بر اساس نتایج آنالیز آماری اسید چرب غیر اشباع ایکوزا پنتانوئیک اسید (ω۳) میانگین تیمارهای اول، دوم، سوم و چهارم با میانگین تیمار شاهد تفاوت معنی داری دارند($p<۰/۰۵$). نتایج آنالیز اسید چرب غیر اشباع دوکوزا پنتانوئیک اسید (ω۳) نشان می‌دهد که میانگین تیمارهای اول و دوم با میانگین تیمار شاهد تفاوت معنی داری دارد ($p<۰/۰۵$). بر اساس نتایج آنالیز اسید چرب غیر اشباع دوکوزا هگزنوئیک اسید (ω۳)، میانگین تیمار دوم با تیمار شاهد تفاوت معنی داری دارد ($p<۰/۰۵$).

بحث

به طور کلی نتایج آنالیز شیمیایی پروتئین موجود در محصول مورد نظر در تحقیق حاضر نشان داد که میانگین تیمارها از نظر میزان پروتئین موجود تفاوت معنی دار دارند. می توان اینگونه نتیجه گرفت که بالا بودن پروتئین اسپیرولینا (جدول ۱) باعث افزایش پروتئین پاستا شده است. بر اساس تحقیق Salehifar و همکاران در سال ۲۰۱۳ مقدار پروتئین در کلوچه غنی شده با ریزجلبک اسپیرولینا افزایش معنی داری در مقایسه با نمونه شاهد داشت. در خصوص شاخص چربی بر اساس نتایج حاصل از تحلیل آماری بین میانگین نمونه ها و شاهد اختلاف معنی داری وجود داشت. بر این اساس در همه نمونه‌ها، افزودن پودر میکرو جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس باعث افزایش مقدار چربی محصول نهایی تولید شده گردید. این نتایج مشابه نتایج Lemes و همکاران در سال ۲۰۱۲ می باشد. بر اساس پژوهش Prabhasankar و Kadam در سال ۲۰۱۰ جایگزینی اجزای پاستا با پودر جلبک Wakame باعث بهبود قابل توجه محتویات پروتئین و چربی شد.

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۳، اسید آمینه گلوتامیک، اسید آمینه غالب در بین اسیدهای آمینه بدست آمده می باشد. به این صورت که تیمار شاهد (۲/۸۰۰±۰/۱۴۱ درصد)، تیمار حاوی ۰/۲۵درصد اسپیرولینا (۳/۹۰±۰/۱۴۱ درصد) تیمار حاوی ۰/۵ درصد اسپیرولینا (۳/۲۵۰±۰/۲۱۲ درصد) تیمار حاوی ۰/۷۵ درصد اسپیرولینا (۳/۶۲۵±۰/۱۷۶ درصد) و تیمار حاوی ۱ درصد اسپیرولینا (۳/۵۲۵±۰/۰۳۵ درصد) می باشند. بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۳ در خصوص اسیدهای آمینه ضروری لوسین، ایزولوسین، والین، فنیل آلانین، ترئونین، تریپتوفان، لیزین و آرژینین، نمونه شاهد با سایر نمونه ها دارای اختلاف معنی دار است. با افزایش ریز جلبک اسپیرولینا در پاستا، مقادیر اسیدهای آمینه مخصوصا اسیدهای آمینه ضروری افزایش یافت. Shogren و همکاران در سال ۲۰۰۶ با غنی سازی اسپاگتی با آرد سویا به نتایج مشابهی دست یافتند. تنها اسید آمینه ضروری هیستیدین نمونه شاهد با سایر نمونه ها اختلاف معنی‌دار ندارد که مطابق با نتایج حاصل از تحقیق Shogren و همکاران در سال ۲۰۰۶ نبود.

بر اساس نتایج بدست آمده، اسیدهای چرب غالب در پاستای شاهد، پالمیتیک اسید (۲۰/۴۶۵±۰/۰۶۴ درصد)، اولئیک اسید (۱۶/۲۶۵±۰/۰۲۱ درصد)، استئاریک اسید (۱/۹۲۰±۰/۰۰۰ درصد)، لینولئیک اسید (۵۳/۵۴۰±۰/۰۹۹ درصد) و آلفالینولئیک اسید (۲/۹۵۵±۰/۰۰۷ درصد) بود. اسیدهای چرب غالب در پاستای غنی شده نیز ترتیب مشابهی داشتند. با افزایش میزان ریز جلبک در ترکیب پاستا، مقدار پالمیتیک اسید نیز افزایش یافت که از این نظر تیمار شاهد فقط با تیمار حاوی ۱ درصد پودر میکروجلبک اسپیرولینا اختلاف معنی داری داشت و با سایر تیمارها اختلاف معنی داری نداشت. درخصوص استئاریک اسید، تیمار شاهد با تیمار های اول و چهارم تفاوت معنی دار داشت و با سایر تیمارها، اختلاف معنی دار نبود. با افزایش میزان ریز جلبک در ترکیب

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.12.5]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113929]

پاستا، مقدار اسید چرب غیر اشباع آلفا لینولنیک اسید افزایش معنی دار نداشت. Salehifar و همکاران در سال ۲۰۱۳ اعلام نمودند که با افزایش مقدار ریز جلبک در ترکیب کلوچه، مقدار اسید آلفا لینولنیک در کلوچه غنی شده در مقایسه با شاهد افزایش معنی داری پیدا کرد. با افزایش میزان ریز جلبک در ترکیب پاستا، مقدار اولئیک اسید (ω۹) نیز افزایش یافت. در خصوص اسید چرب غیر اشباع لینولئیک اسید (ω۶)، تیمار شاهد با تیمار حاوی ۰/۲۵ درصد پودر میکروجلبک اسپیرولینا اختلاف معنی دار داشت. اسیدهای چرب غیر اشباع DPA و DHA با توجه به اینکه مختص آبزیان هستند، در پاستای غنی شده مشاهده شدند. در تحقیق مشابه، Gouveia و همکاران در سال ۲۰۰۸ با استفاده از ریزجلبک‌های اسپیرولینا ماکسیما و دیاکرونما مقدار اسیدهای چرب چند غیر اشباع ایکوزاپنتاانوئیک اسید، دوکوزاهگزاانوئیک اسید و آلفا لینولنیک اسید و ویژگی های بافتی را در دسرهای ژلی گیاهی بهبود دادند. همچنین در تحقیق مشابه دیگری توسط Gouveia و همکاران در سال ۲۰۰۸ درباره غنی‌سازی خمیر بیسکویت سنتی کشور کره با ریز جلبک ایزوکرایسیس گالبانو در سطوح ۱ و ۳ درصد، افزودن این ریز جلبک به افزایش معنی دار اسیدهای چرب امگا 3 بیسکویت منجر شد. نتایج تحقیق Hafezieh در سال ۲۰۱۵ بر روی ترکیب اسیدهای چرب ریز جلبک ایزوکرایسیس گالبانو نشان داد که این ریز جلبک غنی از اسیدهای چرب غیر اشباع لینولئیک اسید و دوکوزاهگزانوئیک اسید بود. به نظر می رسد فرآیند حرارتی در پخت پاستا تاثیری بسزایی بر روی ماندگاری اسیدهای چرب میکروجلبک اسپیرولینا داشته است.

بطور کلی نمونه‌های دارای پودر میکروجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس به جهت دارا بودن ویژگی‌های تغذیه‌ای بالا، برای مصرف‌کننده دارای اهمیت می‌باشد که نمونه های دارای پودر میکروجلبک اسپیرولینا ویژگی های تغذیه ای مورد نظر را تامین نمودند. با افزایش سطح فرهنگ مصرف‌کنندگان، مردم به سمت استفاده از پاستاهای دارای ارزش غذایی بالا تمایل پیدا نموده‌اند.

با توجه به نتایج حاصل از آزمون های انجام شده در این پژوهش مشاهده می شود که افزودن پودر میکروجلبک اسپیرولینا به عنوان ترکیب بهبود بخش ویژگی های شیمیایی و در نتیجه در بالا بردن ارزش غذایی پاستای تولید شده با در نظر گرفتن بهترین نسبت ها، مفید واقع می شود. بر اساس نتایج بدست آمده، افزودن پودر میکروجلبک ویژگی های مورد نظر را بطور قابل تشخیص تغییر داد. لازم به ذکر است که افزایش بیش از حد شاخص های مورد اندازه گیری تاثیر منفی بر ویژگی های محصول نهایی می گذارد.

در پایان، از نتایج حاصل از پژوهش فوق نتیجه گیری می شود که افزودن پودر میکروجلبک اسپیرولینا می تواند پاستا را از نظر ویژگی های مورد بررسی بهبود دهد و می توان محصولی با کیفیت تغذیه ای بالا تولید کرد که باعث افزایش ارزش غذایی پاستا شود و پاستا را در دسته فرآورده‌های غذایی فرا سودمند قرار دهد. پیشنهاد می شود که جهت حفظ پروتئین پودر میکروجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در فرآیند حرارتی تولید پاستا، از روش های حرارت دهی مختلف استفاده شود.

تشکر و قدردانی

از همکاری و همیاری مدیریت محترم و پرسنل عزیز گروه مواد غذایی خوشنام که در این پژوهش مارا یاری نمودند، صمیمانه تشکر می‌گردد.

منابع

AOAC, 2005. Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis, 18th edn. Washington, D.C., USA.

AACC, 2000. Approved methods of Analysis of the American Association of Cereal Chemists, NO 46-12.01,58-18.01. 10th edn. Minesota,. USA.

Batista, A.P., Nunes, M.C., Raymundo, A., Gouveia, L., Sousa, I., Cordobés, F., Guerrero, A. and Franco, J.M., 2011. Microalgae biomass interaction in biopolymer gelled systems. Food hydrocolloids, 25(4): 817-825.

Belay, A., 2004. New scientific developments in the health benefits of spirulina (Arthrospira)

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.12.5]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113929]

phycocyanin and its potential health benefits. Nutritional Sciences, 7(3): 165-173.

Belay, A., 2002. The potential application of Spirulina (Arthrospira) as a nutritional and therapeutic supplement in health management. The American Nutraceutical Assoc, 5(2): 27-48.

Belay, A., Ota, Y., Miyakawa, K. and Shimamatsu, H., 1993. Current knowledge on potential health benefits of spirulina. Journal of applied Phycology, 5(2): 235-241. https://doi.org/10.1007/BF00004024

Carlson, S., 2011. GRAS exemption claim for *Spirulina platensis* as an ingredient in foods, Division of Biotechnology and GRAS Notice Review Office of Food Additive Safety-CFSAN U.S. Food and Drug Administration. 21 July 2011. https://www.fda.gov/downloads/food/ingredientspackaginglabeling/gras/noticeinventory/ucm269772.pdf

Chamorro-Cevalos, G., Barrón, B.L. and Vázquez-Sánchez, J., 2007. Toxicologic studies and antitoxic properties of spirulina. Spirulina in Human Nutrition and Health, pp: 27-30.

Danesi, E.D.G., Navacchi, M.F.P., Takeuchi, K.P., Frata, M.T. and Carvalho, J.C.M., 2010. Application of spirulina platensis in protein enrichment of manioc based bakery products. Journal of Biotechnology, 150: 311.

Fradique, M., Batista, A.P., Nunes, M.C., Gouveia, L., Bandarra, N.M. and Raymundo, A., 2010. Incorporation of *Chlorella vulgaris* and *Spirulina maxima* biomass in pasta products. Part 1: Preparation and evaluation. Journal of the Science of Food and Agriculture, 90(10): 1656-1664. https://doi.org/10.1002/jsfa.3999

Gouveia, L., Batista, A.P., Raymundo, A. and Bandarra, N., 2008. *Spirulina maxima* and *Diacronema vlkianum* microalgae in vegetable gelled desserts. Nutrition & Food Science, 38(5), pp: 492-501. https://doi.org/10.1108/00346650810907010

Hafezieh, M., 2015. Fatty acids nutritional value of two microalgae *Nannochloropsis oculata* and *Isochrysis galbana.* Iranian Scientific fisheries Journal, 24(2): 135-142.

ISIRI, 2009. Macaroni- Specification and test methods. NO 213. 4rd revision. Institute of standards and industrial research. Karaj. Iran.

Kadam, S.U. and Prabhasankar, P., 2010. Marine foods as functional ingredients in bakery and pasta products. Food Research International, 43(8): 1975-1980. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.06.007

Khan, Z., Bhadouria, P. and Bisen, P.S., 2005. Nutritional and therapeutic potential of Spirulina. Current pharmaceutical biotechnology, 6(5): 373-379. https://doi.org/10.2174/138920105774370607

Krishnakumari, M.K., Ramesh, H.P. and Venkataraman, L.V., 1981. Food safety evaluation: acute oral and dermal effects of the algae *Scenedesmus acutus* and *Spirulina platensis* on albino rats. Journal of Food Protection, 44(12): 934-935. https://doi.org/10.4315/0362-028X-44.12.934

Kumar, P., Yadava, R.K., Gollen, B., Kumar, S., Verma, R.K. and Yadav, S., 2011. Nutritional contents and medicinal properties

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.12.5]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113929]

of wheat: a review. Life Sci Med Res, 22: 1-10.

Kumudha, A., Kumar, S.S., Thakur, M.S., Ravishankar, G.A. and Sarada, R., 2010. Purification, identification, and characterization of methylcobalamin from Spirulina platensis. Journal of agricultural and food chemistry, 58(18): 9925-9930. https://doi.org/10.1021/jf102159j

Lemes, A.C., Takeuchi, K.P., Carvalho, J.C.M.D. and Danesi, E.D.G., 2012. Fresh pasta production enriched with *Spirulina platensis* biomass. Brazilian Archives of Biology and Technology, 55(5): 741-750. http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132012000500014

Mamatha, B.S., Namitha, K.K., Senthil, A., Smitha, J. and Ravishankar, G.A., 2007. Studies on use of Enteromorpha in snack food. Food Chemistry, 101(4): 1707-1713. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.04.032

Pulz, O. and Gross, W., 2004. Valuable products from biotechnology of microalgae. Applied microbiology and biotechnology, 65(6): 635-648. https://doi.org/10.1007/s00253-004-1647-x

Park, W.P. and Kim, Z.U., 1990. Characteristics of extruded noodles made with a mixture containing soyabean flour. Hanguk Nonghwahak Hoechi, 33(3): 209-215.

Salehifar, M., Shahbazizadeh, S., Khosravi-Darani, K., Behmadi, H. and Ferdowsi, R., 2013. Possibility of using microalgae Spirulina platensis powder in industrial production of Iranian traditional cookies. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology, 7(4): 63-72.

Shogren, R.L., Hareland, G.A. and Wu, Y.V., 2006. Sensory evaluation and composition of spaghetti fortified with soy flour. Journal of food science, 71(6). https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00061.x

Silveira, A.V.D. and Badiale-Furlong, E., 2009. Formulação de uma massa alimentícia alternativa: enriquecimento com plasma bovino. Alimentos e Nutrição Araraquara, 9(1).

Tarzi, B.G., Shakeri, V. and Ghavami, M., 2012. Quality evaluation of pasta enriched with heated and unheated wheat germ during storage. Advances in Environmental Biology, pp:1700-1708.

Yamaguchi, K., 1996. Recent advances in microalgal bioscience in Japan, with special reference to utilization of biomass and metabolites: a review. Journal of applied phycology, 8(6): 487-502. https://doi.org/10.1007/BF02186327

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.12.5]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113929]

Application effects of Spirulina powder on the fatty acid and amino acid composition of pasta

Mostolizadeh S.[1]; Moradi Y.[2*]; Mortazavi M.S.[1]; Motallebi A.[2]; Ghaeni M.[3]

* ymorady@yahoo.com

1- Persian Gulf and Oman Sea Ecological Research Institiute, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agriculture research Education and Extension Organization
2- Iranian Fisheries Science Research Institute, Agriculture research Education and Extension Organization
3- Department of Fisheries, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

Abstract

Spirulina platensis is a blue-green microalgae with unique nutrient content and numerous nutritional and therapeutic effects which is used for enrichment of various food products. There is a lack of knowledge about wheat flour fortification in pasta production with powdered *Spirulina platensis*. Therefore, the application effects of *Spirulina platensis* powder at various levels of 0.0, 0.25, 0.5, 0.75 and 1 % of pasta weight were evaluated, on the amounts of protein and fat content of pasta by micro-Kjeldahl and Soxhlet extraction methods, respectively. The effects of fortification on the amino acids and fatty acids of pasta, were evaluated by Gas Chromatography (GC) and High Performance Liquid Chromatography (HPLC), respectively. Adding various amounts of Spirulina powder showed significant effects on chemical parameters of pasta ($p<0.05$). Based on the results, using various amounts of spirulina powder showed significant effects on some of the essential amino acids and unsaturated fatty acids of pasta ($p<0.05$). Addition of 0.25 % of *Spirulina platensis* powder to pasta resulted in production an enriched food which is a functional food with improved nutritional value. appropriate microbiological characteristics of the final product according to the Iran national standards and consumer acceptance.

Keywords: *Spirulina platensis* microalgae powder, Pasta, Enrichment, Functional food

*Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.12.5]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113929]