

ماکارونی غنی شده با فیبر سیب زمینی و پودر جلبک دونالیلا سالیانا و ارزیابی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حسی آن

یدالله مصدق^۱، محمد توکلی^{۱*}، لیلا کمالی روستا^۲، ژاله خوشخو^۳، مرتضی سلطانی^۴

۱- کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی، مرکز دانش بنیان گروه صنعتی پژوهشی فرهیختگان زرنام

۲- دکترای علوم و صنایع غذایی، مرکز دانش بنیان گروه صنعتی پژوهشی فرهیختگان زرنام

۳- دکترای علوم و صنایع غذایی، عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۴- رئیس هیئت مدیره گروه صنعتی و پژوهشی زر

(تاریخ دریافت: ۹۷/۰۸/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۳/۰۷)

چکیده

در سال‌های اخیر، استفاده از افزودنی‌ها و ترکیبات مختلف به منظور افزایش کیفیت و خواص تغذیه‌ای محصولات ماکارونی مورد توجه فراوان قرار گرفته است. از این رو، هدف از این تحقیق، ارزیابی تأثیر غنی‌سازی با پودر ریزجلبک دونالیلا سالیانا و فیبر سیب‌زمینی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حسی ماکارونی بود. برای این منظور، سطوح مختلف این دو ماده به تفکیک (۰/۵، ۱، ۱/۵ درصد) و سطوح ترکیبی هر یک به میزان ۰/۵ درصد به فرمولاسیون ماکارونی با آرد سمولینا اضافه گردیدند. نتایج حاصل از آزمون‌های شیمیایی نشان داد که افزایش فیبر سیب‌زمینی و پودر جلبک در فرمولاسیون، منجر به افزایش محتوای رطوبت، خاکستر و فیبر در نمونه‌ها گردید. با افزودن سطوح مختلف فیبر سیب‌زمینی در ماکارونی، محتوای پروتئین به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p < 0.05$)، ولی تغییر قابل توجهی در میزان چربی مشاهده نشد. درحالی‌که، با افزایش پودر جلبک دونالیلا سالیانا در فرمولاسیون، مقادیر پروتئین و چربی افزایش یافت. نتایج آزمون‌های فیزیکی نشان داد که افزایش در غلظت‌های فیبر سیب‌زمینی و پودر جلبک، سبب کاهش درصد افت پخت نمونه‌ها شد. مقادیر سفتی بافت نمونه‌های حاوی سطوح مختلف فیبر سیب‌زمینی و پودر جلبک، کمتر از نمونه شاهد بود. با افزودن فیبر سیب‌زمینی به فرمولاسیون ماکارونی، میزان L^* افزایش یافت، ولی میزان b^* کاهش پیدا کرد. در حالی‌که، افزودن غلظت‌های مختلف پودر جلبک در نمونه‌ها منجر به کاهش شاخص‌های L^* و a^* گردید. در رابطه با ارزیابی حسی، به استثنای نمونه‌های حاوی ۱ و ۱/۵ درصد پودر جلبک، سایر نمونه‌ها از لحاظ ویژگی‌های حسی قابل پذیرش بودند. از نتایج فوق می‌توان نتیجه گرفت که افزودن جلبک دونالیلا سالیانا و فیبر سیب‌زمینی به ماکارونی سبب بهبود ویژگی پخت و کیفیت تغذیه‌ای محصولات ماکارونی می‌گردد. در نهایت، نمونه ترکیبی حاوی ۰/۵ درصد فیبر سیب‌زمینی و ۰/۵ درصد پودر جلبک دونالیلا سالیانا را می‌توان به عنوان تیمار برتر در این تحقیق معرفی کرد.

کلید واژگان: ماکارونی، غنی‌سازی، جلبک دونالیلا سالیانا، فیبر سیب‌زمینی، کیفیت تغذیه‌ای

۱- مقدمه

ماکارونی یک غذای سستی است که از سمولینا تهیه میشود و مصرف آن به دلیل حمل و نقل، آماده سازی و پخت افزایش یافته است. از نظر تغذیه ای، ماکارونی حاوی مقادیر کمی از سدیم و چربی می باشد، بدون کلسترول بوده و منبع غنی از کربوهیدراتهای پیچیده است، که به تدریج در بدن به انرژی تبدیل میگردد [۱]. 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 پستندی بسیار زیادی است، این امر به سختی دانه، پروتئین بالا (حدود ۱۶ درصد)، رنگ زرد کهربایی و پائین بودن فعالیت آنزیمی (لیپوکسیژناز) مرتبط می باشد [۲]. در حالت طبیعی، گندم منبع خوبی برای ویتامینهای تیامین، ریبوفلاوین، توکوفرول و نیاسین و عناصر آهن و روی است، اما به دلیل تمرکز این مواد در سبوس، طی فرآیند آسیاب، مقادیر زیادی از آنها از بین میرود. به هرحال، فرآورده های ماکارونی مانند هر منبع غذایی دیگر، به تنهایی قادر نیستند که تمامی نیازهای تغذیه ای انسان را تأمین نمایند [۳].

طبق تعریف انجمن شیمی غلات آمریکا، به بخش خوراکی گیاهان که نسبت به عمل هضم و جذب در روده کوچک مقاوم هستند و به طور کامل یا نسبی در روده بزرگ تخمیر می شوند، فیبرهای رژیمی گفته می شود [۴]. فیبر، بخش مهمی از رژیم غذایی و تغذیه می باشد. به طور کلی، فیبرها بخش قابل خوراکی گیاهان و یا کربوهیدرات های مشابه می باشند، که به هضم و جذب در روده کوچک مقاوم هستند [۵]. فیبرهای رژیمی در برگرفته مخلوط ویژه ای از ترکیبات زیست فعال می باشند، که شامل نشاسته های مقاوم، ویتامین ها، مواد معدنی، ترکیبات شیمیایی گیاهان و آنتی اکسیدان ها هستند [۶]. مصرف فیبرهای رژیمی اثرات سلامت بخش بسیاری به همراه خواهد داشت. مصرف مقدار کافی از فیبرهای رژیمی، خطر پیشرفت بیماری های مزمن نظیر بیماری های قلبی عروقی، سکت، دیابت، چاقی و برخی از اختلالات معده-روده ای را کاهش می دهد [۷]. افراد دیابتی که حداقل ۵۰ گرم فیبر در رژیم روزانه خود میگنجانند، به میزان ۱۵ درصد قند خونشان کاهش می یابد و همینطور انسولین خون را

کم می کند [۸]. بیش از ۵۰ درصد غذاهای عملگرای موجود در بازار دارای فیبر رژیمی به عنوان یک ترکیب فعال هستند. در دهه های اخیر، به علت اهمیت فیبرهای رژیمی در افزایش سلامت انسان، اطلاعات در مورد این ترکیبات افزایش یافته است، که هم در ارتباط با مباحث تغذیه ای بوده و هم مربوط به حوزه های تحلیلی می باشد [۹]. سیب زمینی دارای ارزش بیولوژیکی نسبتاً بالابیدر حدود ۹۰ است و ۹ اسید آمینه ضروری را دارد [۱۰]. فیبر رژیمی سیب زمینی حاوی مقادیر کم لیگنین (کمتر از ۵ درصد محتوای کلی فیبر) و مقادیر قابل توجه سلولز (بیش از ۳۵ درصد) می باشد. محتوای کلی بخش فیبر رژیمی نامحلول سیب زمینی، شامل لیگنین، سلولز و پلی ساکاریدهای غیرسلولزی نامحلول می باشد که ۵۵ درصد فیبر رژیمی کل را تشکیل داده اند، در حالی که مابقی مقادیر مربوط به بخش فیبر رژیمی محلول هستند [۱۱].

غذاهای فراسودمند موضوع روز مورد توجه در جهان و یکی از رو به رشدترین گروه های مواد غذایی به شمار می آیند. در نگاه سستی 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 ویتامینها از طریق غذا است. ولی مطالعات بسیاری نشان داده است که دریافت برخی از مواد غذایی، ارتباط مستقیم با کاهش برخی از بیماریها دارد و این خواص در برخی موارد، به مواد ضروری ذکر شده در بالا مربوط نمی باشد. 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 [۱۲]. 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 می باشند [۱۳].

دونالیاسالینا^۱، یک جلبک سبز تک یاخته ای، متحرک و فاقد دیواره سلولی است، که متعلق به خانواده پلی بلغاری داسه^۲ می باشد [۱۴]. از جمله منابع مهم تولید کننده بتاکاروتن،

1. *Dunaliella Salina Alga*
2. *Polyblepharidacea*

سولفوریک، استانیلید، اسید بوریک، بروموکروزول گرین، متیلرد، اتانول، هیدروکسید سدیم، سولفات آمونیوم، ساکارز خالص، پنتا اکسید فسفر، هگزان، اسید کلریدریک همگی از شرکت مرک آلمان تهیه شده است.

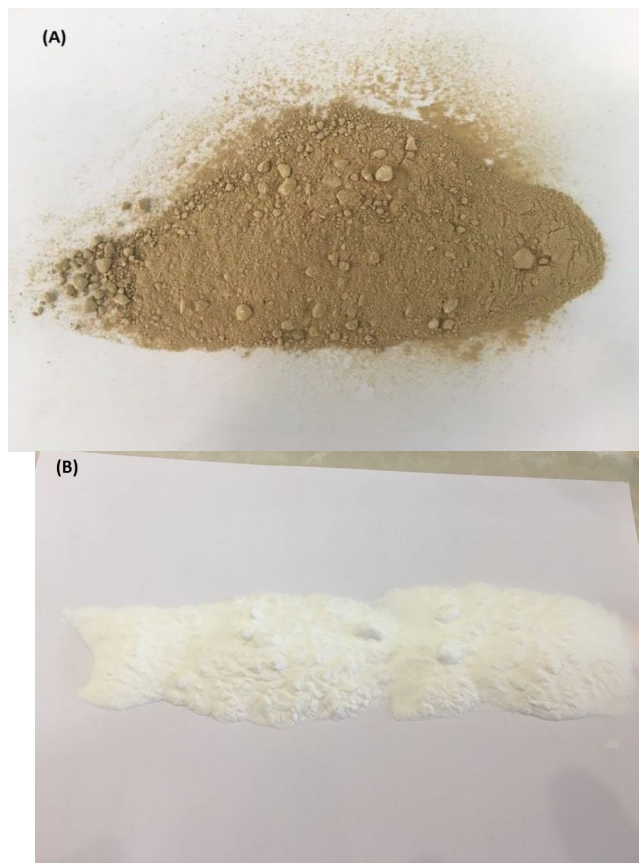


Fig 1 A) *Dunaliella Salina* Alga Powder and B) Potato Fiber

۲-۲- روش تولید پاستا غنی شده با فیبر و

جلبک دونالیلا سالینا

ابتدا نمونه شاهد متشکل از آرد سمولینا، آب، گلوتن و بتاکاروتن تولید شد سپس برای تولید نمونه ها مواد شامل، آرد سمولینا، فیبر سیب زمینی و پودر جلبک دونالیلا سالینا از هر کدام به میزان (۰/۵، ۱، ۱/۵ درصد) مدت ۳ دقیقه درون دستگاه همزن^۲ (پایلوت شرکت انسلمو^۳ - ساخت کشور ایتالیا) مخلوط گردید، سپس آب را به نسبت ۲۰ درصد وزن آرد به فرمولاسیون اضافه شد و به مدت ۱۰ دقیقه عمل همزدن ادامه یافت در نهایت مخلوط تحت

جلبک سبز تک سلولی دونالیلا است که ایجاد کاروتنوئید در کلروپلاست آلفا و تحت شرایط استرس صورت می گیرد. منبع طبیعی آن دریاچه های نمکی فوق اشباع می باشد و به همین دلیل اکوسیستم ایران با وجود دریاچه های آب شور متعدد مانند ارومیه، قم و مهارلو پرورش تجاری این جلبک را ممکن می سازد[۱۵]. جلبک دونالیلا سالینا دارای فعالیت های زیستی مختلف نظیر فعالیت ضدسرطانی، ضد تصلب شرائین، ضد دیابت، بهبوددهنده نورچشم، ممانعت از آلرژی، سم زدایی و غیره است[۱۶]. این جلبک حاوی رنگ دانه بتاکاروتن، اسیدهای حلال، مواد محرک ایمنی نظیر فیکوسیانین^۱، پلی ساکاریدها، آهن و روی است [۱۷] و همچنین حاوی مقادیری ویتامین C و ویتامین E نیز میباشد[۱۸]. یکی از ویژگیهای منحصر به فرد 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 می شود[۱۹]. سائز سلولی این میکروارگانیسم ۱۴-۶ میکرومتر بوده و قادر به تجمع بتاکاروتن در دیواره سلولی خود میباشد به آسانی قابل کشت است و سرعت رشد نسبتاً بالایی داشته و محتوای چربی آن نیز بالاست[۲۰].

هدف از این پژوهش، تولید ماکارونی غنی شده با فیبر سیب زمینی و پودر جلبک دونالیلا سالینا، با کیفیت مطلوب و ارزش تغذیه ای بالا بود، که با بررسی ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و حسی نمونه های تولیدی در مقایسه با نمونه شاهد مورد مطالعه قرار گرفته است.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد و تجهیزات

مواد مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از آرد سمولینا از کارخانه آرد زر واقع در استان البرز شهرستان کرج تهیه شد و گلوتن از شرکت پیشگامان شیمی آریا ایران، پودر جلبک دونالیلا سالینا از شرکت سینا ریز جلبک قشم ایران و فیبر سیب زمینی شرکت ویتاس آلمان تهیه شده است (شکل ۱). سایر مواد شامل، سولفات مس دو ظرفیتی، اکسید تیتانیوم، سولفات پتاسیم، اسید

2. Mixer
3. Anselmo

1. *Phycocyanin*

دمای ۴۵ درجه سانتیگراد با قالب فرم سدانو و تحت فشار ۰/۶ میلیمتر جیوه اکستروژ^۱ گردید. در طول فرآیند اکستروژ، دمای خمیر خارج شده از قالب تحت جریان دمای آب ۲۰ درجه سانتیگراد قرار داشت تا پاستای خارج شده از قالب به هم نچسبد و شکل خود را از دست ندهد. پاستای خارج شده از قالب ابتدا بر روی سینی‌های پلاستیکی ریخته شد و فن موجود در زیر سینی جهت جلوگیری از بهم چسبیدن پاستاها در طول فرآیند به طور مداوم روشن بود. سپس پاستای تولیدی برای انتقال به خشک کن بر روی سینی‌های چوبی با توری پلاستیکی قرار گرفت و داخل خشک کن اتوماتیک (خشک کن کابیتی، شرکت انسلمو- ساخت کشور ایتالیا) خشک گردید. فرآیند خشک کردن پاستا در دو مرحله انجام گرفت، مرحله ابتدایی خشک کردن در دمای پایین (۵۰ درجه سانتیگراد) و رطوبت بالا (۵۵ درصد) به مدت ۴ ساعت انجام گرفت که این امر جهت جلوگیری از خشک شدن سریع سطح و در نتیجه پیشگیری از ترک خوردگی پاستا صورت پذیرفت. در مرحله دوم خشک کردن از دمای بالا (۷۵ درجه سانتیگراد) و رطوبت پایین (۲۰ تا ۳۰ درصد) استفاده شد. در انتهای فرآیند خشک کردن، رسیدن به رطوبت زیر ۱۲ درصد مورد نظر بود که به مدت ۶ ساعت زمان برای این منظور سپری شد. پاستای تولیدی خشک شده پس از سرد شدن در سلوفان های پلی پروپیلن جهت دار شده بسته بندی و تحت دمای ۱۸ درجه سانتیگراد انبارداری شدند. پس از دو ساعت آزمایشات تکنولوژیکی و حسی بر روی نمونه ها انجام پذیرفت. در جدول ۱ تیمارهای مختلف دارای فیبر و جلبک مشخص شده اند.

Table 1 Treatments studied in this study

Description	codes
Control sample (no additive)	C
Sample containing 0.5% potato fiber	T1
Sample containing 1% potato fiber	T2
Sample containing 1.5% potato fiber	T3
Sample containing 0.5% Dunaliella Salina Alga Powder	T4
Sample containing 1% Dunaliella Salina Alga Powder	T5
Sample containing 1.5% Dunaliella Salina Alga Powder	T6
Combined sample containing 0.5% potato fiber + 0.5% Dunaliella Salina Alga Powder	T7

۳-۲-۳-۲ آزمون های فیزیکی و شیمیایی

آزمون های فیزیکوشیمیایی در این پژوهش مطابق با روش های

آزمون استاندارد ملی ماکارونی- ویژگی ها و روش آزمون شماره ۲۱۳ تجدید نظر چهارم انجام شده است. اندازه گیری میزان خاکستر نمونه ها بر طبق روش بیان شده توسط استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۳، محتوای چربی مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۲۸۶۲، میزان پروتئین با روش میکروکجلدال استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۰۵۲، محتوای رطوبت با استفاده از روش بیان شده توسط استاندارد ملی ایران شماره ۲۷۰۵، میزان فیبر خام طبق روش بیان شده توسط استاندارد ملی ایران شماره ۳۱۰۵ و محتوای خاکستر کل طبق روش بیان شده توسط استاندارد ملی ایران شماره ۲۷۰۶ اندازه گیری شده اند.

۳-۲-۱-۳ میزان افت پخت

نمونه های ماکارونی، بر طبق روش بیان شده توسط سازمان استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۳ تعیین گردید. بدین صورت که، ۱۰ گرم از نمونه ماکارونی در ۳۰۰ میلی لیتر آب مقطر در حال جوش در یک بشر ۵۰۰ میلی لیتری، تا رسیدن به زمان پخت مناسب برای ماکارونی تازه، یعنی زمانی که خط سفید مرکزی رشته ماکارونی در آب پخت از بین نرود (به طور متوسط ۱۳ دقیقه)، غوطه ور گردید. سپس، نمونه ها از بشر خارج شده و آب پخت درون بشر برای مدت یک ساعت در یک آون در دمای ۱۱۵ درجه سلسیوس قرار داده شد، تا آب آن به طور کامل تبخیر شود. ماده خشک باقی مانده توزین شد و به عنوان درصد ماده از دست رفته (افت پخت) در هر زمان پخت بیان گردید.

۳-۲-۲-۲ میزان سفیدی

بافت نمونه های ماکارونی پخته شده، با استفاده از دستگاه بافت سنج مدل 83100 IX ساخت انگلستان دارای پروب سیلندری ۳۵ میلیمتری اندازه گیری شد. پروب دستگاه با سرعت میلی متر بر ثانیه ۲، تا ۷۰ درصد ضخامت ماکارونی، وارد آن شد و میزان نیروی مورد نیاز برای این کار اندازه گیری شده و بر حسب نیوتن بیان گردید [۲۱].

۳-۲-۳-۲ تعیین شاخص های رنگی

آنالیز رنگ نمونه های ماکارونی پخته از طریق سه شاخص L^* ، a^* و b^* صورت گرفت. دستگاه رنگ سنج هانتربل مدل (EZ Colorflex) ساخت آمریکا برای بررسی پارامترهای رنگ در نمونه های ماکارونی استفاده شد. اندازه گیری ها به طور مستقیم بر

1. Etrution
2. Oriented polypropylene(OPP)

بدون اطلاع از نظر یکدیگر نمونه ها را تست کنند. جهت جلوگیری از تداخل طعم ها، از ارزیاب ها خواسته شد که قبل از هر آزمون چشایی، مقداری آب ولرم بنوشند.

۲-۳-۵- طرح و روش تجزیه و تحلیل آماری داده ها

در این تحقیق، هفت تیمار مورد بررسی قرار گرفتند و آزمون های مربوطه با سه بار تکرار انجام شدند، از این رو حجم نمونه در این پژوهش ۲۱ بود. میانگین هر پارامتر، توسط آنالیزیک طرفه واریانس (ANOVA) با آرایش فاکتوریل و با استفاده از نرم افزار SPSS 22.0 آنالیز شدند. تفاوت های بین تیمارها، در آزمون دانکن، در سطح ۰/۰۵ ($p < 0.05$) بیان گردید و نمودارهای مربوطه با Excel 2013 رسم شدند.

۳- نتایج و بحث

در جدول ۲ آنالیز شیمیایی آرد سمولینا، فیبر سیب زمینی و پودر جلبک دونالیلا سالینا مورد استفاده نشان داده شده است. همچنین در جدول ۳ داده های آنالیز شده رطوبت، پروتئین، چربی، خاکستر کل، فیبر خام تیمار های مختلف پاستا ارائه شده است.

Table 2 Chemical composition of semolina flour, potato fiber and Dunaliella Salina Alga Powder

Semolina flour	Potato fiber	Dunaliella Salina Alga Powder	Chemical composition
13.80 ± 0.44	18.73 ± 0.39	11.16 ± 0.44	Moisture(%)
13.40 ± 0.61	7.70 ± 0.28	22.42 ± 0.43	Protein(%)
1.10 ± 0.13	1.10 ± 0.09	3.00 ± 0.05	Fat (%)
0.74 ± 0.05	3.51 ± 0.07	6.81 ± 0.09	Total ash(%)
3.90 ± 0.28	6.05 ± 0.32	5.48 ± 0.21	Crude Fiber(%)

Table 3 Moisture, protein, fat and ash content of all pasta treatments

Moisture (%)	Protein(%)	Fat (%)	Total ash (%)	Crude Fiber (%)	Sample
9.69 ± 0.32 ^d	11.27 ± 0.43 ^d	0.96 ± 0.07 ^c	0.767 ± 0.026 ^c	2.81 ± 0.23 ^c	Control sample
10.32 ± 0.17 ^c	10.42 ± 0.22 ^e	0.87 ± 0.04 ^c	0.859 ± 0.014 ^d	3.65 ± 0.12 ^c	0.5% potato fiber
10.42 ± 0.21 ^{bc}	10.51 ± 0.20 ^e	0.93 ± 0.06 ^c	0.88 ± 0.013 ^{cd}	4.17 ± 0.15 ^b	1% potato fiber
10.58 ± 0.27 ^{bc}	10.31 ± 0.30 ^e	0.90 ± 0.05 ^c	0.897 ± 0.007 ^c	4.63 ± 0.19 ^a	1.5% potato fiber
10.43 ± 0.29 ^{bc}	12.33 ± 0.18 ^c	1.14 ± 0.018 ^b	0.94 ± 0.019 ^b	3.36 ± 0.13 ^d	0.5% Alga Powder
10.62 ± 0.17 ^b	12.86 ± 0.32 ^b	1.28 ± 0.10 ^{ab}	0.967 ± 0.015 ^b	3.74 ± 0.22 ^c	1% Alga Powder
11.40 ± 0.33 ^a	13.61 ± 0.39 ^a	1.42 ± 0.12 ^a	1.053 ± 0.020 ^a	4.13 ± 0.14 ^b	1.5% Alga Powder
10.63 ± 0.20 ^b	12.24 ± 0.26 ^c	1.12 ± 0.06 ^b	0.939 ± 0.037 ^b	3.86 ± 0.15 ^{bc}	0.5% potato fiber + 0.5% Alga Powder

* Different letters indicate significant differences between the values of the difference in level of 95%.

ماکارونی اثر معنی داری بین نمونه ها نشان داد (جدول ۳). کمترین میزان رطوبت مربوط به نمونه شاهد بود (9.69 ± 0.32 درصد) و

روی نمونه ها انجام گرفت. شاخص L^* معرف میزان روشنی نمونه می باشد و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. شاخص a^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ های سبز و قرمز را نشان می دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر است. شاخص b^* میزان نزدیکی به رنگ های آبی و زرد را نشان می دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (آبی خالص) تا ۱۲۰+ (زرد خالص) متغیر می باشد.

(۲۰۱۷) نیز گزارش کردند که با افزایش سطح ریزجلبک اسپیرولینا سالی‌نا در فرمولاسیون پاستا، محتوای پروتئین نمونه‌های تولیدی به تدریج افزایش یافت. لمس و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که با افزودن جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در فرمولاسیون پاستا و افزایش سطح آن، محتوای پروتئین نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت [۲۵]. کریزل و همکاران (۲۰۱۵) مشاهده کردند که با افزودن سطوح بالای فیبر پرتقال در فرمولاسیون پاستا، محتوای پروتئین نسبت به نمونه شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت، که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت.

۳-۳- محتوای چربی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با افزودن سطوح مختلف فیبر سیب‌زمینی به نمونه‌های ماکارونی، میزان چربی تغییر معنی‌داری نداشت (جدول ۳)، در حالی که افزودن سطوح مختلف پودر جلبک منجر به افزایش معنی‌دار میزان چربی ماکارونی گردید. عدم تغییر میزان درصد چربی در اثر افزودن فیبر سیب‌زمینی، به دلیل محتوای چربی یکسان فیبر سیب‌زمینی و آرد سمولینای مورد استفاده در این تحقیق می‌باشد، ولی از آنجایی که پودر جلبک دونالیلا سالی‌نا حاوی مقادیر بالاتر چربی نسبت به آرد سمولیناست، با جایگزینی آن در فرمولاسیون ماکارونی، محتوای چربی افزایش یافت. الباز و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که افزودن سطوح مختلف ریزجلبک اسپیرولینا سالی‌نا به فرمولاسیون پاستا تأثیر معنی‌داری بر محتوای چربی محصول نهایی نداشت. یو و چانگ (۲۰۰۸) نشان دادند که با افزودن پودر جلبک سبز به نودل تازه چینی، میزان چربی به طور معنی‌داری کاهش یافت، ولی افزایش سطح این جلبک، اثر معنی‌داری بر میزان چربی نودل نداشت. کریزل و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی تأثیر سطوح مختلف فیبر پرتقال بر ترکیب شیمیایی پاستا مشاهده کردند که افزودن سطوح مختلف فیبر پرتقال، سبب افزایش جزئی محتوای چربی نمونه‌ها گردید.

۴-۳- محتوای خاکستر کل

نتایج بررسی محتوای خاکستر کل نمونه‌های ماکارونی در جدول ۳ نشان داد که نمونه شاهد کمترین میزان خاکستر را داشت و از آنجایی که فیبر سیب‌زمینی و پودر جلبک دونالیلا سالی‌نا حاوی

با افزودن فیبر سیب‌زمینی و پودر جلبک، میزان رطوبت نمونه‌های ماکارونی به طور معنی‌داری افزایش یافت. در نمونه‌های حاوی فیبر سیب‌زمینی، افزایش سطح فیبر اثر معنی‌داری بر میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی نداشت. بیشترین میزان رطوبت مربوط به نمونه حاوی ۱/۵ درصد پودر جلبک دونالیلا سالی‌نا بود ($11/4 \pm 0/33$) درصد. افزایش محتوای رطوبت ماکارونی در نتیجه استفاده از فیبرو جلبک دونالیلا سالی‌نا، احتمالاً به این دلیل می‌باشد که فیبرو جلبک حاوی پلی ساکاریدها می‌باشد و این ترکیبات قادر به افزایش جذب آب و ظرفیت نگهداری آب طی مرحله تشکیل خمیر هستند. در بررسی غنی‌سازی پاستا با سطوح مختلف جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس، به طور موافق با نتایج پژوهش حاضر بیان کردند که با افزودن این جلبک، محتوای رطوبت نمونه‌های پاستا به طور معنی‌داری افزایش یافت [۲۳]. جعفری (۱۳۹۳) نشان داد که افزودن فیبرهای سیب‌زمینی و سیب به فرمولاسیون کیک سبب افزایش محتوای رطوبت محصول شد، که با نتایج تحقیق ما مطابقت داشت. کریزل و همکاران (۲۰۱۵) نیز به طور موافق با نتایج پژوهش حاضر نشان دادند که با افزودن سطوح مختلف فیبر پرتقال به فرمولاسیون پاستا، میزان رطوبت به طور معنی‌داری افزایش یافت. با این حال، بین سطوح مختلف فیبر، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت [۲۴].

۲-۳- محتوای پروتئین

نتایج درج شده در جدول ۳ نشان داد که افزودن سطوح مختلف فیبر سیب‌زمینی به فرمولاسیون ماکارونی سبب کاهش معنی‌دار میزان پروتئین گردید، با این حال، افزایش سطح این فیبر از لحاظ آماری اثر معنی‌داری بر میزان پروتئین نمونه‌های تولیدی نداشت. با افزایش سطح پودر جلبک دونالیلا سالی‌نا در ماکارونی، میزان پروتئین نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت. در بررسی ترکیب شیمیایی مواد اولیه مورد استفاده در این تحقیق نشان داده شد که فیبر سیب‌زمینی (۷/۷۰ درصد) حاوی مقادیر کمتر پروتئین نسبت به آرد سمولینا (۱۳/۴۰ درصد) می‌باشد، در حالی که میزان پروتئین پودر جلبک دونالیلا سالی‌نا (۲۲/۴۲ درصد) بیشتر از آرد سمولیناست، که این امر دلیل تغییرات محتوای پروتئین نمونه‌ها در اثر جایگزینی آرد سمولینا با فیبر سیب‌زمینی و پودر جلبک در فرمولاسیون ماکارونی می‌باشد. الباز و همکاران

۳-۵- محتوای فیبر خام

در جدول ۳ محتوای فیبر خام نشان داد که کمترین میزان فیبر مربوط به نمونه شاهد است و همانطوری که انتظار می‌رفت، با افزایش سطح فیبر سیب‌زمینی و پودر جلبک دونالیا سالینا در فرمولاسیون ماکارونی، محتوای فیبر نمونه‌های تولیدی به طور معنی‌داری افزایش یافت. تأثیر فیبر سیب‌زمینی در افزایش محتوای فیبر ماکارونی به طور قابل توجهی بیشتر از پودر جلبک بود، زیرا محتوای فیبر اولیه بالاتری نسبت به جلبک دونالیا سالینا داشت. لمس و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که افزودن ۱۰ درصد ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس به پاستا منجر به افزایش معنی‌دار محتوای فیبر نمونه‌های تولیدی گردید. چانگ و یو (۲۰۰۸) نیز مشاهده کردند که با افزودن جلبک سبز به فرمولاسیون نودل تازه چینی، محتوای فیبر خام به طور معنی‌داری افزایش یافت. شاهسونی و مستقیم (۲۰۱۷) در بررسی تأثیر پودر جلبک سبز بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی نودل آلکالاین زرد نشان دادند که با افزایش سطح این جلبک در نمونه‌های نودل، میزان فیبر خام به طور معنی‌داری افزایش یافت، که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت [۲۶].

۳-۶- اُفت پخت و سفتی بافت ماکارونی

در جدول ۴ نتایج اُفت پخت و سفتی بافت تیمارهای مختلف ماکارونی نشان داده شده است.

Table 4 Baking Dilution and Texture Rigidity of Different Macaroni Treatments

(%)Baking Dilution	Texture Rigidity(Newton)	Sample
7.50±0.41 ^a	6.63±0.53 ^a	Control sample
6.76±0.33 ^{ab}	5.92±0.36 ^{ab}	0.5% potato fiber
6.11±0.32 ^{bc}	4.83±0.28 ^d	1% potato fiber
5.84±0.24 ^c	5.81±0.31 ^{ab}	1.5% potato fiber
6.10±0.35 ^{bc}	5.69±0.32 ^{bc}	0.5% Alga Powder
5.71±0.39 ^c	5.13±0.27 ^{cd}	1% Alga Powder
4.99±0.25 ^d	5.07±0.41 ^{cd}	1.5% Alga Powder
5.46±0.47 ^{cd}	5.19±0.46 ^{bcd}	0.5% potato fiber + 0.5% Alga Powder

* Different letters indicate significant differences between the values of the difference in level of 95%.

ماتریکس ژل در ماکارونی‌ها دارد [۲۷]. اُفت پخت کم، نشان‌دهنده

کیفیت پخت بالای ماکارونی می‌باشد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد (جدول ۴) که نمونه شاهد بیشترین میزان اُفت پخت را داشت و با افزایش سطح فیبر سیب‌زمینی و پودر جلبک دونالیا سالینا در فرمولاسیون ماکارونی، میزان اُفت پخت نمونه‌های تولیدی به

مقادیر بالاتر خاکستر نسبت به آرد سمولینا هستند، استفاده از این دو ماده در فرمولاسیون ماکارونی موجب افزایش میزان خاکستر کل گردید. با افزایش سطح فیبر و پودر جلبک نیز میزان خاکستر به تدریج افزایش یافت، ولی تأثیر پودر جلبک در افزایش میزان خاکستر ماکارونی، به دلیل بالاتر بودن محتوای خاکستر اولیه آن، به طور قابل توجهی بیشتر از فیبر سیب‌زمینی بود. مستولی زاده و همکاران (۱۳۹۶) به طور موافق با نتایج پژوهش حاضر مشاهده کردند که با افزودن ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس به پاستا، محتوای خاکستر به طور معنی‌داری افزایش یافت، ولی افزایش سطح این ریزجلبک در نمونه‌ها، اثر معنی‌داری بر میزان خاکستر محصول نداشت. الباز و همکاران (۲۰۱۷) گزارش نمودند که با افزودن جلبک دونالیا سالینا و افزایش سطح آن در نمونه‌های پاستا، میزان خاکستر به طور معنی‌داری افزایش یافت، که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی داشت. لمس و همکاران (۲۰۱۲) نیز در بررسی تأثیر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر ویژگی‌های کیفی پاستا نشان دادند که با افزایش سطح ریزجلبک در فرمولاسیون پاستا، میزان خاکستر به تدریج افزایش یافت، ولی این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. کریزل و همکاران (۲۰۱۵) نیز به طور موافق بیان کردند که افزودن سطوح مختلف فیبر پرتقال به نمونه‌های پاستا، منجر به افزایش معنی‌دار میزان خاکستر محصول تولیدی گردید.

۳-۶-۱- اُفت پخت ماکارونی

اُفت پخت ماکارونی، بیانگر تراوش مواد جامد در آب پخت می‌باشد و اساساً تحت تأثیر حلالیت و آزادسازی نشاسته‌های ژلاتینه شده از سطح محصول طی فرآیند پخت قرار دارد. درجه اُفت پخت، بستگی به ژلاتیناسیون نشاسته و استحکام ساختارهای

تدریج کاهش یافت. کمترین میزان اُفت پخت در نمونه حاوی ۱/۵ درصد پودر جلبک و نمونه ترکیبی به دست آمد. کاهش اُفت پخت ماکارونی در اثر افزایش سطح جلبک دونالیلا سالیانا در این تحقیق، به دلیل تقویت ماتریس خمیر توسط پروتئین‌های میکروجلبک است که می‌تواند 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. فیبرهای رژیمی و پلی‌ساکاریدهای موجود در جلبک و فیبر سیب‌زمینی، 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 تولیدی در این تحقیق، در محدوده ۵-۷/۵ درصد قرار داشت، که کمتر از محدوده قابل پذیرش تکنولوژیکی ($\leq 8\%$) می‌باشد. الباز و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که با افزایش سطح پودر جلبک دونالیلا سالیانا در پاستا، میزان کاهش اُفت پخت به طور معنی‌داری افزایش یافت که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت. لمس 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 معنی‌داری افزایش پیدا کرد. با افزایش سطح جلبک سبز در نودل تازه چینی، میزان اُفت پخت به تدریج کاهش یافت و این کاهش در بالاترین سطح (۸ درصد) تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نشان داد [۲۸]. همچنین از لحاظ آماری نشان داده شد با افزودن سطوح مختلف ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس، بر میزان اُفت پخت پاستا اثر معنی‌داری ندارد [۲۹].

۳-۶-۲- سفتی بافت ماکارونی

مشخصات بافتی ماکارونی، نقش مهمی در پذیرش نهایی آن توسط مصرف‌کنندگان دارد و تحت تأثیر عوامل مختلف نظیر نوع و میزان فیبر و پروتئین‌های موجود در محصول قرار می‌گیرد [۳۰]. سفتی بافت ماکارونی، یکی از پارامترهای مهم در تعیین کیفیت محصول تولیدی است [۳۱]. نتایج بررسی میزان سفتی بافت

نمونه‌های ماکارونی نشان داد که بیشترین میزان سفتی بافت مربوط به نمونه شاهد بود و با افزودن فیبر سیب‌زمینی و پودر جلبک دونالیلا سالیانا به فرمولاسیون ماکارونی، میزان سفتی بافت نمونه‌های تولیدی به تدریج کاهش یافت. کمترین میزان سفتی بافت مربوط به نمونه حاوی ۱ درصد فیبر سیب‌زمینی و سپس نمونه‌های حاوی ۱ و ۱/۵ درصد پودر جلبک و نمونه ترکیبی بود. کاهش میزان سفتی بافت ماکارونی در اثر افزودن فیبر سیب‌زمینی و پودر ریزجلبک دونالیلا سالیانا، 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. فرادیک و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی غنی‌سازی پاستا با سطوح مختلف دو ریزجلبک کلرلا ولگاریس و اسپیرولینا ماکسیما نشان دادند که در هر دو ریزجلبک، با افزایش غلظت (۵/۰ تا ۲ درصد)، میزان سفتی بافت پاستا افزایش یافت [۳۲]. کوسروا و همکاران (۲۰۱۳) مشاهده کردند که با افزودن فیبرهای سیب، سیب‌زمینی و بامبو به نان، میزان سفتی بافت به طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت، تأثیر فیبر سیب‌زمینی در کاهش میزان سفتی بافت، بیشتر از دو فیبر دیگر بود. با این حال، با افزایش سطح این سه فیبر در نمونه‌ها، میزان سفتی بافت به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد [۳۳]. افزودن فیبر سیب‌زمینی و سیب تا سطوح ۲ و ۳ درصد در کیک، سبب کاهش میزان سفتی بافت گردید، ولی با افزایش بیشتر این دو فیبر رژیمی، میزان سفتی بافت نمونه‌ها افزایش یافت [۳۴].

۳-۷- شاخص‌های رنگی ماکارونی

در جدول ۵ داده‌های مربوط به شاخص‌های رنگی تیمارهای مختلف ماکارونی نشان داده شده است. رنگ یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های حسی است که مستقیماً بر پذیرش هر محصول توسط مصرف‌کنندگان اثر می‌گذارد. مصرف‌کنندگان از رنگ به عنوان شاخص مهمی برای ارزیابی کیفیت محصول استفاده می‌کنند [۳۵].

Table 5 Raw fiber content and color indexes of different pasta treatments

b*	a*	L*	Sample
28.96±0.47 ^e	0.96±0.19 ^a	65.51±0.22 ^c	Control sample
28.26±0.25 ^{ef}	1.17±0.07 ^a	65.90±0.25 ^{bc}	0.5% potato fiber
27.72±0.39 ^{fg}	1.12±0.10 ^a	66.38±0.24 ^{ab}	1% potato fiber
27.13±0.33 ^g	1.03±0.16 ^a	66.53±0.34 ^a	1.5% potato fiber
31.37±0.41 ^c	-4.13±0.22 ^c	50.57±0.49 ^c	0.5% Alga Powder
32.33±0.51 ^b	-4.81±0.17 ^d	49.50±0.32 ^f	1% Alga Powder
34.28±0.35 ^a	-5.55±0.16 ^e	47.69±0.27 ^g	1.5% Alga Powder
30.44±0.43 ^d	-2.82±0.13 ^b	53.53±0.52 ^d	0.5% potato fiber + 0.5% Alga Powder

Different letters indicate significant differences between the values of the difference in level of 95%.

پودر جلبک در نمونه‌ها، امتیاز طعم و مزه، عطر و بو، بافت، رنگ و پذیرش کلی به تدریج کاهش یافت. از لحاظ کلیه ویژگی‌های مورد بررسی، امتیازات حسی مربوط به نمونه‌های حاوی فیبر سیب زمینی بیشتر از نمونه‌های حاوی پودر جلبک بود. با این حال، به غیر از نمونه‌های حاوی ۱ و ۱/۵ درصد پودر جلبک، سایر تیمارهای مورد بررسی در این تحقیق، از لحاظ ویژگی‌های حسی مورد نظر (رنگ، طعم و مزه، عطر و بو، بافت و پذیرش کلی)، در محدوده خوب تا خیلی خوب قرار داشته و قابل پذیرش بودند. فرادیک و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که نمونه‌های پاستای حاوی سطوح مختلف دو ریزجلبک کلرلا و لگاریس و اسپیرولینا، نسبت به نمونه شاهد دارای امتیازات پذیرش کلی بالاتری بودند. مستولی زاده و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند که 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 ریزجلبک کسب نمود. الباز و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که با افزایش سطح ریزجلبک دونالیلا سالیبا در پاستا، امتیاز پذیرش کلی به تدریج کاهش یافت، با این حال، کلیه تیمارها قابل پذیرش بودند. لمس و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که افزودن سطوح مختلف ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس، اثر معنی‌داری بر پذیرش حسی پاستا نداشت.

۴- نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق، تأثیر غنی‌سازی ماکارونی با فیبر سیب‌زمینی و پودر جلبک دونالیلا سالیبا در سطوح مختلف ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حسی محصول تولیدی

از این رو، در این تحقیق، تأثیر سطوح مختلف فیبر سیب‌زمینی و جلبک دونالیلا سالیبا بر شاخص‌های رنگی ماکارونی بررسی شد. نتایج نشان داد که افزودن فیبر سیب‌زمینی به فرمولاسیون ماکارونی سبب افزایش شدت روشنایی رنگ و کاهش شاخص b^* گردید، ولی تأثیر قابل توجهی بر میزان شاخص a^* نداشت. در حالی که با افزودن سطوح مختلف پودر جلبک دونالیلا سالیبا به نمونه‌های ماکارونی، میزان شاخص‌های شدت روشنایی رنگ و a^* کاهش و میزان شاخص b^* به طور معنی‌داری افزایش یافت. تغییرات رنگی ایجاد شده در اثر افزودن سطوح مختلف جلبک دونالیلا سالیبا به نمونه‌های ماکارونی، به دلیل وجود رنگدانه‌های مختلف نظیر کلروفیل‌ها، کاروتنوئیدها و فیکوبیل‌پروتئین‌ها^۱ در جلبک می‌باشد. الباز و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که با افزایش سطح ریزجلبک دونالیلا سالیبا در پاستا، شاخص L^* کاهش و شاخص b^* به طور معنی‌داری افزایش یافت، افزودن این ریزجلبک سبب تغییر شدت قرمزی رنگ پاستا به سبزی گردید، که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی داشت. جعفری (۱۳۹۳) نیز نشان داد که افزودن فیبر میوه‌ی سیب باعث تیره شدن رنگ کیک گردید، ولی با افزودن فیبر سیب زمینی، رنگ کیک روشن‌تر شد. کریزل و همکاران (۲۰۱۵) مشاهده کردند که افزودن سطوح مختلف فیبر پرتقال، تأثیر معنی‌داری بر شدت روشنایی رنگ و شاخص‌های a^* و b^* پاستای خام نداشت.

۳-۸- ارزیابی حسی ماکارونی

نتایج بررسی تأثیر غنی‌سازی ماکارونی با سطوح مختلف فیبر سیب‌زمینی و پودر جلبک دونالیلا سالیبا بر پارامترهای حسی محصول تولیدی نشان داد که با افزایش سطح فیبر سیب‌زمینی و

1. Phycobiliproteins

۵- تقدیر و سپاسگزاری

از کلیه همکاران مشغول در واحد های تحقیق و توسعه، تولید و کنترل کیفیت شرکت زرماکارون که در انجام این پژوهش کمال همکاری را داشتند سپاسگزاریم.

۶- منابع

- [1] Marchylo, B.A.a.D., J.E. , Pasta production. In G. Owens, Cereals Processing Technology, 2001. CRC Press. Boston.
- [2] Majzoobi, M., Ostovan, R., Farahnaky, A., Mesbahi, G. and Skandari, M.H. , Quality improvement of dough and fresh pasta made by farina using hydroxypropyl cellulose. Iranian Journal of Food Science and Technology, 2010. 7(3): p. 11-20.
- [3] Kadam, S. and P. Prabhasankar, Marine foods as functional ingredients in bakery and pasta products. 2010. 1975-1980.
- [4] report., A., The definition of dietary fiber. Cereal Foods World, 2001. 46: p. 112-126.
- [5] Eveline, L.A., Yoon, Z.C. and Caroline, J.S. , Dietary fibre sources in bread: Influence on technological quality. . Food Science and Technology, 2013. 50: p. 545-553.
- [6] James, M.L.a.M., D.H. , Effects of Dietary Fiber and Its Components on Metabolic Health. Department of Human Nutrition. , 2010. 8: p. pp.
- [7] James, W.A., Pat, B., Richard, H.D., Stefanie, F., Mary, K., Ashraf, K., Valerie, W. and Christine, L.W. , Health benefits of dietary fiber. Nutrition Reviews, 2009. 67(4): p. 188-205.
- [8] Gomez, M., Moraleja, A., Olite, B. and Ruiz, E., Effect of fibre size on the quality of fibre – enriched layer cakes. . Journal of Food Science and Technology,, 2009: p. 1-6.
- [9] Fernanda, T.M., Leila, P. and Luisa, H.H. , Dietary fibre: The scientific search for an ideal definition and methodology of analysis, and its physiological importance as a carrier of bioactive compounds. Food Research International,, 2016. 85: p. 144-154.
- [10] McGill, C.R., Kurilich, A.C. and Davignon, J., The role of potatoes and potato components in cardiometabolic health: a review. Annual Medical,, 2013. 45(7): p. 467-473.

مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج ارزیابی ترکیبات شیمیایی نمونه‌های ماکارونی نشان داد که با افزودن سطوح مختلف فیبر سیب‌زمینی و پودر جلبک به فرمولاسیون ماکارونی، محتوای رطوبت، خاکستر و فیبر خام به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p < 0.05$). افزودن فیبر سیب‌زمینی سبب کاهش محتوای پروتئین نمونه‌های تولیدی شد، ولی تأثیر معنی‌داری بر میزان چربی ماکارونی نداشت ($p > 0.05$), در حالی که با افزایش سطح پودر جلبک در نمونه‌ها، محتوای پروتئین و چربی به تدریج افزایش یافت. نتایج آزمون های شیمیایی کلیه نمونه های بدست آمده در محدوده قابل قبول تعیین شده توسط استاندارد ملی ایران قرار داشتند. نتایج ارزیابی خصوصیات فیزیکی نمونه‌های ماکارونی نشان داد که استفاده از سطوح مختلف فیبر سیب‌زمینی و پودر جلبک دونا لیا سالینا در فرمولاسیون ماکارونی، منجر به کاهش میزان آفت پخت نسبت به نمونه شاهد گردید. با افزودن فیبر سیب‌زمینی به نمونه‌ها، میزان شدت روشنایی رنگ افزایش و میزان b^* کاهش یافت، ولی میزان شاخص a^* تغییری نکرد. در حالی که با افزایش سطح پودر جلبک در ماکارونی، به دلیل حضور رنگدانه‌های مختلف در جلبک، میزان شدت روشنایی رنگ کاهش و میزان b^* افزایش پیدا کرد و شاخص a^* به سمت رنگ سبز تغییر یافت. در نمونه‌های ماکارونی دارای فیبر سیب‌زمینی و پودر جلبک، در اثر افزایش محتوای رطوبت محصول، میزان سفتی بافت کاهش پیدا کرد. نتایج ارزیابی حسی نمونه‌ها نشان داد که استفاده از سطوح بالای پودر جلبک دونا لیا سالینا در فرمولاسیون، سبب کاهش قابل توجه امتیاز کلیه ویژگی‌های حسی مورد بررسی در این تحقیق (طعم، بافت، رنگ و پذیرش کلی) گردید، به طوری که به استثنای نمونه‌های حاوی ۱ و ۱/۵ درصد پودر جلبک، سایر نمونه‌های ماکارونی از لحاظ ویژگی‌های حسی قابل پذیرش بودند. در نهایت نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که به دلیل بالا بودن ارزش تغذیه‌ای پودر جلبک دونا لیا سالینا و فیبر سیب‌زمینی و ایجاد اثرات مثبت تکنیکی آنها به ویژه کاهش آفت پخت آنها می‌توان از این دو ماده جهت غنی‌سازی ماکارونی استفاده نمود و نمونه حاوی ترکیب این دو افزودنی (۰/۵ درصد فیبر سیب زمینی و ۰/۵ درصد پودر جلبک دونا لیا سالینا) را نیز می‌توان به عنوان نمونه بهتر معرفی کرد.

- Potential of Microalgae Oil from *Dunaliella tertiolecta* as a Feedstock for Biodiesel. . Applied Energy, 2011. 88(10): p. 3324-3330.
- [21] Piwińska, M., Wyrwisz, J., Kurek, M.A., and Wierzbicka, A. , Effect of drying methods on the physical properties of durum wheat pasta. . CyTA- Journal of Food, 2016. 14(4): p. 523-528.
- [22] Shogren, R.L., Hareland, G.A. and Wu, Y.V., Sensory evaluation and composition of spaghetti fortified with soy flour. Journal of Food Science, 2006. 71: p. 428-432.
- [23] Mustoolzadeh, S.S., Moradi, Y., Mortazavi, M.S., M.Sc. And qa'en, m. , Effects of *Spirulina platensis* micro-algae powder on the chemical, microbial and sensory properties of pasta. First National Conference on New Technologies in Iran's Science and Food Industry and Tourism, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,, 2017: p. 11. [in Persian]
- [24] Crizel, T.M., Araujo, R. R., Rios, A. O., Thys, R.C.S. and Flôres, S. H. , Effects of orange by-product fiber incorporation on the functional and technological properties of pasta. . Food Science and Technology, 2015. 35(3): p. 546-551.
- [25] 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.
- [26] Shahsavani, L. and T. Mostaghim, The Effect of Seaweed Powder on Physicochemical Properties of Yellow Alkaline Noodles. . Journal of Food Biosciences and Technology, , 2017. 7(2): p. 27-34.
- [27] Chansri, R., et al., Characteristics of Clear Noodles Prepared from Edible Canna Starches. Vol. 70. 2005. S337-S342.
- [28] 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.
- [29] Ozyurt, G., et al., Evaluation of the cooking quality characteristics of pasta enriched with *spirulina platensis*. . Journal of Food Quality,, 2015. 38: p. 268-272.
- [30] Tudorică, C.M., V. Kuri, and C.S. Brennan, Nutritional and physicochemical characteristics
- [11] Pastuszevska, B., Antushevich, H., Tuśnio, A. and Taciak, M. , Potato dietary fibre- Preliminary characterization of the properties and nutritional effects-a review. . Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 2009. 59(3): p. 205-210.
- [12] Dexter, J.E.a.M., R.R. , Relationship between durum wheat protein properties and pasta dough rheology and spaghetti cooking quality. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1980. 28(5): p. 899-902.
- [13] Knuckles, B.E., Chiu, M.M. and Betschart, A.A., Beta-glucan-enriched fractions from laboratory-scale dry milling and sieving of barley and oats. Cereal Chemistry, 1992. 69: p. 198-202.
- [14] El-Baz, F.K., Abdo, S.M. and Hussein, A.M.S., Microalgae *Dunaliella salina* for use as Food Supplement to Improve Pasta Quality. International Journal of Pharmacology Science and Reverse Research, 2017. 46(2): p. 45-51.
- [15] Tavalae, S., M. manifestations Asadi and K. Rostami,, 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, 2010., [in Persian]
- [16] Arun, N.a.S., D.P. , A review on pharmacological applications of halophilic alga *Dunaliella*. Indian Journal of Geo-Marine Science, 2016. 45(3): p. 440-447.
- [17] Raja, R., Hemaiswarya, S., Balasubramanyam, D. and Rengasamy, R., Protective effect of *Dunaliella salina* (Volvocales, Chlorophyta) against experimentally induced fibrosarcoma on Wistar rats. Microbiological Research, 2007. 162(2): p. 177-184.
- [18] Hosseini Tafreshi, A.a.S., M, *Dunaliella* biotechnology: methods and applications. Journal of Applied Microbiology, 2009. 107: p. 14-35.
- [19] Ben-Amotz, A.a.S., A., Biosynthesis β -carotene. In: *Dunaliella* physiology, biochemistry and biotechnology. CRC Press, Boca Raton., 1992: p. 205-216.
- [20] Tang, H., Abunasser, N., Garcia, M.E.D., Chen, M., Simon Ng, K.Y. and Salley, S.O. ,

- [33] Kucerova, J., Šottníková, V. and Nedomová, Š., Influence of dietary fibre addition on the rheological and sensory properties of dough and bakery products. *Czech Journal of Food Science*, , 2013. 31: p. 340-346.
- [34] Jafari, M., Production of cake enriched with apples and potatoes and evaluation of its physical and chemical properties. . Master's thesis of Food Science and Technology, Isfahan University of Technology,, 2014 p. 66. [in Persian]
- [35] Andrés-Bello, A., et al., Effect of pH on color and texture of food products. *Food Engineering Reviews*, , 2013. 5(3): p. 158-170.
- of dietary fiber enriched pasta. . *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, , 2002. 50: p. 347-356.
- [31] 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.
- [32] Fradique, M., et al., 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.

Macaroni Formulation Fortified with Potato Fiber and *Dunaliella Salina* Alga Powder and Determination of Physical, Chemical and Sensory Properties

Mosaddegh, Y.¹, Tavakoli, M.^{1*}, Kamalirousta, L.², Khoshkhu, J.³, Soltani, M.⁴

1. MSc in food science and technology, Knowledge-Base Center of Zarnam Intellectual Research and Industrial Group
2. Ph.D. in food science and technology, Knowledge-Base Center of Zarnam Intellectual Research and Industrial Group
3. Associate professor, Faculty of science and technology, Islamic Azad University, Tehran North Branch
4. Chairman of the Board of Zar Research & Industrial Group

(Received: 2018/11/10 Accepted: 2019/05/28)

In recent years, using additives and different components to improve quality and nutritional properties of macaroni have been considered. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of fortification with *Dunaliella Salina* microalgae powder and potato fiber on physicochemical and sensory properties of macaroni. For this purpose, different levels of these two additives (0.5, 1, 1.5 and combined) were replaced by semolina flour in pasta formulation. The obtained results of chemical tests showed that increasing potato fiber and algae powder levels in formulation led to increase the content of moisture, ash and fiber in samples. By adding the different levels of potato fiber in macaroni, protein content significantly was decreased ($p < 0.05$), but, significant changes in the amount of fat was not observed. However, by increasing the *D. salina* algae powder in formulation, the amounts of protein and fat were increased. The results of physical tests showed that the increase in the concentrations of potato fiber and algae powder reduced the cooking loss of the samples. The hardness amounts of samples containing different levels of potato fiber and algae powder were lower when compared with those of control sample. By adding potato fiber to macaroni formulation, the L^* amount was increase, but the b^* amount was decreased. However, addition of different concentrations of algal powder in the samples led to the reduction of L^* and a^* indices. The results of sensory evaluation of macaroni samples showed that treatments containing high levels of *D. salina* algae powder (1 and 1.5%) had lower scores than other samples. With the exception of the samples containing 1 and 1.5% alae powder, other examples in terms of sensory characteristics were acceptable. From the above results it can be concluded that the addition of *D. salina* algae and potato fiber to macaroni improved the cooking property and nutritional quality of the macaroni products. Finally, the sample containing 0.5% potato fiber and 0.5% *D. salina* algae powder can be introduced as the best treatment in this study.

Keywords: Macaroni, Fortification, *Dunaliella salina* algae, Potato fiber, Nutritional quality.

* Corresponding Author E-Mail Address: m_tavakoli2012@yahoo.com