

بررسی امکان استفاده از پودر ریز جلبک/اسپیروولینا پلاتنسیس در تولید کلوچه‌ی صنعتی

مانیا صالحی^۱، سعیده شهبازی^۲، کیانوش خسروی دارانی^۳، هما بهمدی^۴، روح الله فردوسی^۵

۱- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس

۲- نویسنده مسئول: دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی- صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس

پست الکترونیک: s_shahbazadeh@yahoo.com

۳- دانشیار گروه تحقیقات صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

۴- پژوهشیار، بخش تحقیقات مهندسی صنایع غذایی و فناوری های پس از برداشت، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

۵- مربی پژوهشی، گروه تحقیقات صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

تاریخ دریافت: ۹۱/۱/۲۲

تاریخ پذیرش: ۹۱/۵/۱

چکیده

سابقه و هدف: اطلاعات درباره‌ی غنی‌سازی آرد گندم با پودر ریز جلبک/اسپیروولینا پلاتنسیس برای تولید کلوچه‌ی صنعتی بسیار اندک است. هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر استفاده از ریز جلبک/اسپیروولینا پلاتنسیس بر ویژگی‌های بافتی، رنگی و تغذیه‌ای کلوچه بود.

مواد و روش‌ها: اثر افزودن اسپیروولینا پلاتنسیس (در سطوح صفر، ۰/۵، ۱/۰ و ۱/۵ درصد وزنی) بر مقدار پروتئین، آهن و پروفایل اسیدهای چرب چند غیراشباع کلوچه به ترتیب به وسیله‌ی روش‌های میکروکجلدال، جذب اتمی و کروماتوگرافی گازی اندازه‌گیری شد. به علاوه عدد پراکسید در تیمارهای چهارگانه مورد ارزیابی قرار گرفت. ارزیابی حسی محصول تولید شده در روز اول تولید توسط ۱۴ ارزیاب آموزش دیده و به روش هدونیک انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد میزان پروتئین، آهن و اسید چرب ۷-لینولنیک در کلوچه‌های غنی شده با اسپیروولینا پلاتنسیس در مقایسه با کنترل به طور معنی‌داری افزایش یافت. در حالی‌که عدد پراکسید با افزایش ریز جلبک به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد ($p < 0/05$). بر اساس آزمون-های حسی به روش ۵ نقطه‌ای هدونیک، کلوچه‌های ۱ و ۱/۵ درصد اسپیروولینا پلاتنسیس پس از کلوچه شاهد بیشترین امتیاز را کسب کردند ($p < 0/05$).

نتیجه‌گیری: با افزودن ۱ تا ۱/۵ درصد اسپیروولینا پلاتنسیس به کلوچه سنتی ایرانی ضمن دستیابی به محصول غنی شده ویژگی‌های تغذیه‌ای و حسی آن بهبود می‌یابد.

واژگان کلیدی: ریز جلبک/اسپیروولینا پلاتنسیس، غنی‌سازی، کلوچه

• مقدمه

غنی‌سازی خوراکی‌های کودکان زیر پنج سال روش مناسبی برای پیشگیری از بروز سوءتغذیه است. ریز جلبک/اسپیروولینا پلاتنسیس منبع ارزان قیمت و غنی از پروتئین، آهن، ویتامین B₁₂ و اسید چرب ۷-لینولنیک است (۳، ۴) که استفاده از آن در ترکیب محصولات مورد استفاده کودکان نظیر کلوچه می‌تواند موجب ارتقای سطح سلامت و پیشگیری از بروز سوءتغذیه در کودکان ایرانی شود. بزرگسالان به علت نظام‌های اخلاقی سنتی نظیر مذهب و عوامل اجتماعی-اقتصادی در برابر پذیرش غذاهای نوین حاوی ریز جلبک مقاومت می‌کنند، اما پذیرش این دسته از غذاها برای کودکان که به آماده‌سازی‌های غیرمعمول تمایل

میزان رفاه اجتماعی در هر کشور بر اساس معیارهایی نظیر وضعیت تغذیه کودکان زیر پنج سال برآورد می‌شود و جامعه‌ای را پیشرفته می‌دانند که کودکان از تندرستی و تغذیه مناسبی برخوردار باشند. تغذیه نامناسب کودکان به کاهش رشد، کاهش قدرت جسمی و فکری، افزایش حساسیت به بیماری‌ها و کوتاهی قد آن‌ها منجر می‌شود. مطالعات نشان می‌دهند که شیوع سوءتغذیه در کودکان زیر پنج سال در مناطق مختلف کشور از ۸/۶ تا ۳۸ درصد متغیر است (۱). یکی از دلایل شیوع انواع سوءتغذیه در کودکان ایرانی، مصرف تنقلات کم‌ارزش تغذیه‌ای (نظیر چیپس، پفک و نوشابه‌های گازدار) است (۲).

بیشتری دارند، آسان تر است. به عنوان مثال، در مکزیک یک نوشیدنی شامل سوسپانسیون ۵۰ درصد/اسپیروولینا را بدون هیچ مشکلی از طریق یک بطری به نوزادان دادند (۵). با وجود کاربرد گسترده/اسپیروولینا در جهان و به ویژه در کشورهای پیشرفته، تاکنون از این جلبک مفید در ایران هیچ گونه بهره برداری نشده است. معرفی این جلبک و بررسی امکان کاربرد آن می تواند زمینه ی تولید فراورده های قابل استفاده در بخش های مختلف صنایع غذایی را فراهم آورد (۶). سازمان غذا و داروی آمریکا در سال ۱۹۹۷ بر اساس مطالعات متعدد انجام شده روی جوندگان و استفاده ی تاریخی و طولانی مدت انسان از ریزجلبک /اسپیروولینا پلاتنسیس، ایمنی (Generally Recognized as Safe) آن را تأیید و حداکثر جذب روزانه این جلبک را برای فرد ۱/۳۵ گرم اعلام کرد (۸، ۷).

تاکنون مطالعات متعددی در زمینه ی بررسی تأثیر افزودن نسبت های متفاوت از گونه های مختلف ریزجلبک در محصولات نانوائی انجام شده است. در مطالعه Powell و همکاران با افزودن مخلوط همگنی از گونه های کلرلا و سنه دسموس به ترکیب نان زنجبیلی، یک شکلاتی و کلوچه طعم جلبک که مشابه طعم تلخ اسفناج و یا چای سبز است، در همه غذاهای فوق غلبه پیدا کرد و جلبک، رنگ غذایی را که در آن به کار رفته بود، تغییر داد (۹). Danesi و همکاران نشان دادند که می توان به منظور غنی سازی پروتئین در محصولات نانوائی از ریزجلبک /اسپیروولینا پلاتنسیس استفاده کرد، بدون آن که تغییر قابل ملاحظه ای در بافت، ضریب انبساط، درصد ترکیب و پذیرش حسی محصول ایجاد شود (۱۰). Fradique و همکاران، غنی سازی پاستا را با مقادیر متفاوت از دو ریزجلبک کلرلا و لگاریس و /اسپیروولینا مکسیما انجام دادند. در تحقیق آن ها ریزجلبک موجب بهبود شاخص های کیفی نمونه های غنی شده در مقایسه با نمونه ی کنترل شد و رنگ پاستای ریزجلبکی پس از پخت نسبتاً پایدار باقی می ماند. در مورد هر دو ریزجلبک، افزایش غلظت ریزجلبک (۵/ تا ۲۰/ درصد) موجب افزایش سفتی پاستا شد. به علاوه، پاستاهای ریزجلبکی نسبت به نمونه ی کنترل در ارزیابی حسی نمرات پذیرش بالاتری داشتند (۱۱).

در مطالعه Prabhasankar و همکاران با افزودن مقادیر متفاوتی از جلبک سارگوم مارژیناتوم (۱/۰، ۲/۵ و ۵/۰ درصد وزنی/ وزنی) فعالیت جمع آوری رادیکال ۲ و ۲- دی فنیل-۱- پیکریل هیدرازیل (درصد) و شلاته کردن فلزات در

پاستا با ۲/۵ درصد جلبک دریایی به بالاترین مقدار رسید و از دست دادن وزن در اثر پخت در نمونه های حاوی حداکثر ۲/۵ درصد جلبک در مقایسه با کنترل، کاهش پیدا می کند و مشارکت حداکثر ۲/۵ درصد از این جلبک، موجب بهبود شبکه گلوتن پاستا شد (۱۲). Prabhasankar و همکاران در تحقیق دیگری غنی سازی سمولینای پاستا را با سطوح مختلف جلبک واکامه انجام دادند. پودر جلبک واکامه به طور معنی داری میزان پروتئین، چربی، خاکستر و فیبر پاستا را افزایش داد و موجب افزایش میزان فوکواسترول و فوکوگزانتین در پاستای حاوی جلبک در مقایسه با کنترل شد. تجزیه و تحلیل حسی نمونه ها نشان داد که نمونه های پاستای حاوی حداکثر ۱۰ درصد جلبک، پذیرش حسی بیشتری داشتند (۱۳). Gouveia و همکاران درباره ی غنی سازی خمیر بیسکویت سنتی کشور کره با ریزجلبک /یزوکرا/سیس گالبانو در سطوح ۱ و ۳ درصد وزنی/ وزنی تحقیق کردند. افزودن این ریزجلبک به افزایش معنی دار اسیدهای چرب امگا ۳ و بهبود پایداری ویژگی های بافت و رنگ بیسکویت منجر شد (۱۴). Gouveia و همکاران با استفاده از ریزجلبک های /اسپیروولینا مکسیما و دیکروئما مقدار اسیدهای چرب چند غیراشباع (ایکوزاپنتانوئیک اسید، دوکوزاهگزانوئیک اسید و ۷- لینولنیک اسید) و ویژگی های بافتی را در دسرهای ژلی گیاهی بهبود دادند (۱۵). Gouveia و همکاران در تحقیق دیگری اثرات استفاده از ریزجلبک کلرلا و لگاریس را در کلوچه های سنتی کشور کره مطالعه کردند. آن ها دریافتند که رنگ سبز شیرینی های حاوی ۱ درصد وزنی/ وزنی کلرلا و لگاریس طی دوره نگهداری سه ماهه دارای حداکثر پایداری است. کاربرد این ریزجلبک در تهیه ی شیرینی مزبور، موجب افزایش میزان سفتی آن شد (۱۶).

Mamatha و همکاران با کاربرد جلبک /نترومورفا/ کمپرسا در تهیه ی نوعی اسنک به نام پاکادو میزان خاکستر، پروتئین، فیبر رژیمی، میزان فعالیت جمع آوری رادیکال های آزاد و مقدار فنل را در این محصول افزایش دادند (۱۷). Gouveia و همکاران اثر ریزجلبک های کلرلا و لگاریس و همتوکوکوس پلوویالیس را به عنوان ماده ی رنگی و آنتی اکسیدان در امولسیون های غذایی ارزیابی کردند و دریافتند که امولسیون های حاوی ریزجلبک در مقایسه با نمونه ی شاهد، پایداری اکسیداتیو و تنوع رنگی بیشتری نشان می دهند (۱۸). Wook و Jin از اختلاط جلبک لاور

از ضریب $6/2$ و پروفایل اسیدهای چرب به روش AACC 58-18.01 توسط دستگاه گاز کروماتوگرافی اندازه‌گیری شد (۲۳). دستگاه گاز کروماتوگرافی (مدل GC HP-5890) مجهز به ستون BPX70 با طول 30 m (قطر داخلی 0.25 mm و ضخامت فیلم $0.25\text{ }\mu\text{m}$) و دمای 250°C بود. دمای تزریق‌کننده و آشکارساز به ترتیب 155°C و 260°C و فشار گاز حامل نیتروژن 10 psi بود. برای ارزیابی مقدار عدد پراکسید، ابتدا چربی نمونه‌های کلوجه استخراج و عدد پراکسید در پایان دوره نگهداری به روش AACC 58-16.01 اندازه‌گیری شد (۲۲).

آزمون‌های حسی: ارزیابی حسی بر اساس روش مقیاس ۵ نقطه‌ای هدونیک و توسط ۱۴ نفر ارزیاب آموزش دیده شامل کارکنان شرکت کیک و کلوجه دبیر در محدوده سنی ۲۳ تا ۳۰ سال انجام شد. شماره‌های سه رقمی به صورت تصادفی و به ترتیب برای هریک از کلوجه‌های غنی‌شده با صفر، 0.5 ، 1.0 و 1.5 درصد نظر گرفته شد. دو کلوجه‌ی کامل از هر یک از تیمارهای چهارگانه در ظرفی که به روش فوق شماره‌گذاری شده بود، قرار داده شد. پرسشنامه‌ای دارای ویژگی‌های امتیازدهی صفر تا ۴ به ارزیاب‌ها داده شد و از آن‌ها خواسته شد تا با در نظر گرفتن کیفیت تام کلوجه شامل: رنگ، یکنواختی و نداشتن ترک خوردگی، لک، تاول‌زدگی در پوسته‌ی کلوجه، بافت نرم، ریز و یکنواخت در دهان، طعم و بو و میزان برش‌پذیری کلوجه‌ها با کارد، تیمارهای چهارگانه را در رتبه‌های صفر (بدترین تیمار) تا ۴ (بهترین تیمار) قرار دهند. پس از امتیازدهی ارزیاب‌ها، نتایج مربوط به هریک از کلوجه‌ها از طریق طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی ارزیابی گردید. برای تعیین بهترین ترکیب، به هر یک از صفات کیفی بر اساس اهمیت آن ضریبی تعلق گرفت، به‌طوری‌که برای عطر و طعم ضریب ۶، رنگ و همگنی بافت ضریب ۲، بافت دهانی ضریب $3/5$ و بافت غیر دهانی ضریب ۱ در نظر گرفته شد.

تجزیه و تحلیل آماری: نتایج آزمون‌های شیمیایی و حسی بر اساس طرح کاملاً تصادفی در سطح احتمال 5% تجزیه و تحلیل شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سه تکرار استفاده شد. داده‌ها به صورت آماری و در یک مدل کاملاً تصادفی به وسیله تحلیل واریانس (ANOVA) و نرم افزار SPSS₁₆ مورد تحلیل قرار گرفتند و برای رسم نمودار از نرم افزار Excel استفاده شد.

(پروفایل دنتاتا) با آرد، رشته فرنگی تولید کردند و به بررسی ویژگی‌های پخت آن پرداختند. آزمون فارینوگراف مخلوط‌های آرد ترکیبی نشان داد که با افزایش میزان پودر لاور از ۲ به ۸ درصد، سرعت جذب آب به طور خطی افزایش و پایداری خمیر کاهش می‌یابد. با افزودن پودر لاور زمان توسعه خمیر و دمای ژلاتینه شدن نشاسته آرد ترکیبی افزایش یافت. رشته فرنگی حاوی ۴ درصد لاور بیشترین امتیاز را در ارزیابی حسی کسب کرد (۱۹).

بررسی منابع نشان می‌دهد که اطلاعات درباره‌ی غنی‌سازی آرد گندم با پودر ریزجلبک/اسپیروولینا پلاتنسیس برای تولید کلوجه‌ی صنعتی بسیار اندک است. /اسپیروولینا-پلاتنسیس جلبکی تک سلولی، فتوسنتزکننده، دارای فیلامنت‌های فنرمانند و متعلق به خانواده‌ی سیانوباکتری‌هاست که به طور طبیعی در دریاچه‌های گرمسیر و قلیایی آمریکا، مکزیک، آسیا و آفریقای مرکزی رشد می‌کند (۲۰). در تحقیق حاضر، امکان غنی‌سازی آرد گندم در سطوح صفر، 0.5 ، 1.0 و 1.5 درصد وزنی/وزنی با پودر ریزجلبک/اسپیروولینا پلاتنسیس مورد بررسی قرار گرفت و اثر متغیر میزان پودر ریزجلبک به کار رفته بر ویژگی‌های شیمیایی کلوجه‌ی صنعتی تعیین شد. این نوع کلوجه، نوعی شیرینی مغزدار است که دارای مزه و بوی مطلوب و مخصوص به خود و بافت نرم، ریز و یکنواخت است (۲۱).

• مواد و روش‌ها

آماده سازی مخلوط آرد و تهیه‌ی کلوجه: پودر ریزجلبک /اسپیروولینا پلاتنسیس از شرکت سینا ریزجلبک قشم خریداری شد (شرکت مزبور زیر نظر وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی اقدام به واردات و تولید محصولات به دست آمده از جلبک‌های دریایی کرده است). پودر ریزجلبک در شرایط خشک، خنک و دور از نور به شرکت کیک و کلوجه دبیر منتقل شد. برای تهیه‌ی کلوجه ترکیب استاندارد شرکت شامل درصد‌های مختلفی از ترکیبات استفاده شد (۵۰ آرد، $12/5$ شکر، $13/75$ روغن، $4/4$ تخم مرغ، $7/87$ آب، $0/375$ پودر نانوائی، $11/1$ افزودنی‌های مجاز). پودر ریزجلبک /اسپیروولینا پلاتنسیس در سطوح صفر، 0.5 ، 1.0 و 1.5 درصد وزنی در چهار مرحله‌ی مجزا با آرد مصرفی جایگزین شد (۱۴، ۱۶).

آزمون‌های شیمیایی: پودر ریزجلبک/اسپیروولینا پلاتنسیس و نمونه‌های کلوجه‌ی به دست آمده از لحاظ میزان آهن بر اساس روش AACC 40-70.01، میزان پروتئین با روش میکروکجلدال بر اساس روش AACC 46-12.01 و با استفاده

• یافته‌ها

ارائه شده است. پروفایل اسیدهای چرب پودر ریز جلبک / اسپیرولینا پلاتنسیس و تیمارها در جدول‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. جدول ۵ نتایج ارزیابی حسی تیمارها را نشان می‌دهد.

ترکیب شیمیایی پودر ریز جلبک / اسپیرولینا پلاتنسیس و آرد قنادی در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج میانگین آزمون‌های شیمیایی کلوچه‌های غنی شده با ریز جلبک در سطوح صفر، ۰/۵، ۱/۰ و ۱/۵ درصد وزنی/ وزنی در جدول ۲

جدول ۱. ترکیب شیمیایی ریز جلبک / اسپیرولینا پلاتنسیس و آرد قنادی

ترکیب شیمیایی	پروتئین (گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک)	آهن (میکروگرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک)
آرد قنادی	۹	۳۹۰۰
ریز جلبک / اسپیرولینا پلاتنسیس	۶۲/۹	۱۲۵۰۰۰

جدول ۲. ترکیب شیمیایی کلوچه‌ی غنی شده با سطوح مختلف اسپیرولینا پلاتنسیس

اسپیرولینا پلاتنسیس (درصد وزنی/وزنی)	پروتئین (گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک)	آهن (میکروگرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک)	عدد پراکسید (اکی‌والان در کیلوگرم)
صفر	۶/۲۵ ± ۰/۰۲ ^d	۲۴۶۷ ± ۰/۰۰۰۵۷۷ ^d	۱/۰۲ ± ۰/۰۰ ^a
۰/۵	۶/۵۳ ± ۰/۰۵ ^c	۳۲۰۰ ± ۰/۰۰۰۱۰۰۰ ^c	۰/۸۴ ± ۰/۱۴ ^b
۱	۷/۲۱ ± ۰/۱۴ ^b	۳۳۶۷ ± ۰/۰۰۰۵۷۷ ^b	۰/۷۷ ± ۰/۰۰ ^b
۱/۵	۷/۴۴ ± ۰/۰۳ ^a	۴۰۰۰ ± ۰/۰۰۰۱۰۰۰ ^a	۰/۷۵ ± ۰/۰۱ ^b

- میانگین‌هایی که در یک ستون با حروف متفاوت نشان داده شده‌اند، به طور معنی‌دار با یکدیگر متفاوت هستند ($p < ۰/۰۵$).

جدول ۳. پروفایل اسیدهای چرب در اسپیرولینا پلاتنسیس

اسید چرب	درصد کل
میربستیک C۱۴:۰	۰/۲
پالمیتیک C۱۶:۰	۴۵/۰
پالمیتولئیک C۱۶:۱	۵/۶
هپتادکانوئیک C۱۷:۰	۰/۳
استئاریک C۱۸:۰	۱/۴
اولئیک C۱۸:۱	۲/۲
لینولئیک C۱۸:۲	۱۷/۹
۷-لینولنیک C۱۸:۳	۲۴/۹
C۲۰	۲/۵

جدول ۴. پروفایل اسیدهای چرب بر حسب درصد کل در بخش چربی کلچه‌های غنی شده با سطوح مختلف اسپیرولینا پلاتنسیس

اسپیرولینا پلاتنسیس (درصد وزنی/وزنی)				اسید چرب	
۱/۵	۱	۰/۵	۰		
۰/۶۸۵±۰/۰۰۵ ^a	۰/۵۴۵±۰/۰۰۵ ^d	۰/۶۴۰±۰/۰۱۰ ^c	۰/۶۷۰±۰/۰۰۰ ^b	میرستیک	۱۴:۰
۳۰/۹۳۰±۰/۴۷۰ ^{ab}	۲۹/۵۰۰±۰/۵۰۰ ^b	۳۲/۲۰۰±۰/۳۰۰ ^a	۲۹/۵۰۰±۰/۵۰۰ ^b	پالمیتیک	۱۶:۰
۰/۵۵۰±۰/۰۱۰ ^b	۰/۶۱۵±۰/۰۱۵ ^a	۰/۶۴۰±۰/۰۶۰ ^a	۰/۶۲۵±۰/۰۱۵ ^a	پالمیتولئیک	۱۶:۱
۷/۵۹۵±۰/۰۰۵ ^a	۷/۱۶۰±۰/۰۴۰ ^a	۷/۰۸۵±۰/۱۸۵ ^a	۶/۷۷۵±۰/۱۲۵ ^b	استئاریک	۱۸:۰
۳۲/۳۵۰±۰/۱۲۰ ^b	۳۲/۶۰۰±۰/۱۲۰ ^b	۳۱/۴۸۰±۰/۱۲۰ ^c	۳۳/۷۰۰±۰/۱۲۰ ^a	اولئیک	۱۸:۱و۹
۲۴/۶۳۰±۰/۱۷۰ ^b	۲۶/۰۰۰±۰/۰۰۰ ^a	۲۵/۲۰۰±۰/۸۰۰ ^{ab}	۲۴/۸۲۰±۰/۲۷۰ ^b	لینولئیک	۱۸:۲و۶
۰/۱۶۵±۰/۰۱۰ ^a	۰/۱۶۵±۰/۰۰۵ ^a	۰/۱۶۶±۰/۰۰۱ ^a	۰/۱۶۰±۰/۰۱۰ ^a	α-لینولنیک	۱۸:۳و۳
۲/۷۳۵±۰/۰۰۶ ^a	۲/۸۰۵±۰/۰۰۹ ^a	۲/۷۸۵±۰/۰۰۸ ^a	۲/۵۴۵±۰/۰۰۵ ^b	γ-لینولنیک	۱۸:۳و۶

میانگین‌هایی که در یک ستون با حروف متفاوت نشان داده شده‌اند، به طور معنی‌دار با یکدیگر متفاوت هستند ($p < 0.05$)

جدول ۵. ارزیابی حسی کلچه‌های غنی شده با سطوح مختلف اسپیرولینا پلاتنسیس بر اساس روش مقیاس ۵ نقطه‌ای هدونیک ($p < 0.05$).

اسپیرولینا پلاتنسیس (درصد وزنی/وزنی)	رنگ	همگنی بافت	مزه	بو	بافت دهانی	بافت غیردهانی	مجموع امتیاز
۰	۷/۰۰±۱/۰۳ ^a	۷/۱۴±۱/۲۹ ^a	۱۹/۲۸±۴/۱۹ ^a	۲۱/۴۲±۳/۸۷ ^a	۱۲/۵۰±۲/۲۶ ^a	۳/۲۸±۰/۶۱ ^a	۷۰/۶۴
۰/۵	۳/۷۱±۱/۸۹ ^c	۵/۲۸±۲/۰۱۴ ^b	۱۴/۱۴±۵/۰۵ ^b	۱۳/۷۱±۵/۴۸ ^b	۱۰/۰۰±۳/۰۲ ^b	۲/۶۴±۰/۹۲۷ ^b	۴۹/۴۸
۱	۴/۸۵±۱/۲۹ ^{ab}	۵/۵۷±۱/۹۴ ^b	۱۵/۸۵±۴/۴۶ ^{ab}	۱۵/۴۲±۵/۱۰ ^b	۱۰/۵۰±۲/۷۴ ^{ab}	۲/۶۴±۰/۶۳ ^b	۵۴/۸۳
۱/۵	۵/۲۸±۲/۰۱ ^b	۴/۵۷±۱/۸۲ ^b	۱۵/۴۲±۶/۹۴ ^{ab}	۱۵/۴۲±۷/۳۳ ^b	۱۱/۰۰±۳/۳۲ ^{ab}	۳/۰۰±۰/۷۸ ^{ab}	۵۴/۶۹

میانگین‌هایی که در یک ستون با حروف متفاوت نشان داده شده‌اند، به طور معنی‌دار با یکدیگر متفاوت هستند ($p < 0.05$).

• بحث

با افزایش میزان پودر به کار رفته، میزان آهن در کلچه‌های حاوی ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد ریزجلبک به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p < 0.05$). Mamatha و همکاران با استفاده از جلبک دریایی/ترومورفا کمپرسا در تهیه نوعی اسنک توانستند علاوه بر افزایش آهن و کلسیم، مقدار پروتئین را در نمونه‌های غنی شده با جلبک افزایش دهند (۱۷). پژوهش Danesi و همکاران نیز به منظور غنی‌سازی پروتئین در محصولات نانویی بر پایه‌ی کاساوا از اسپیرولینا پلاتنسیس استفاده کردند (۱۰).

با افزایش میزان ریزجلبک عدد پراکسید در کلچه‌های غنی شده در مقایسه با کلچه‌ی شاهد کاهش معنی‌داری یافت (جدول ۲). به صورتی که مقدار عدد پراکسید در بین نمونه‌های ریزجلبکی اختلاف معنی‌داری نداشت ($p < 0.05$).

آزمون‌های شیمیایی: اسپیرولینا پلاتنسیس در هر ۱۰۰ گرم وزن خشک خود ۶۲/۹ گرم پروتئین دارد (بر اساس اصول روش کدال میزان پروتئین از ضرب ازت تمام اندازه‌گیری شده در نمونه ریزجلبک در ضریب مخصوص ۶/۲۵ بدست می‌آید (۹)). اضافه کردن این ریزجلبک به ترکیب کلچه باعث افزایش معنی‌دار مقدار پروتئین در نمونه‌های غنی شده در مقایسه با شاهد شد (جدول ۲). به طوری که مقدار آن در کلچه‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد ریزجلبک در حدود ۱/۰۰/۳ و ۱/۲ درصد افزایش داشت ($p < 0.05$). ریز-جلبک/اسپیرولینا پلاتنسیس در هر ۱۰۰ گرم وزن خشک خود ۱۲۵۰۰۰ میکروگرم آهن دارد (جدول ۱). افزودن این ریزجلبک به ترکیب کلچه باعث افزایش معنی‌دار میزان آهن نمونه‌های غنی شده در مقایسه با شاهد شد (جدول ۵).

تهیه‌ی اسنکی به نام پاک‌دو فعالیت جمع‌آوری رادیکال‌های آزاد و محتوی فنلی آن را افزایش دادند (۱۷).

در پروفایل اسیدهای چرب ریزجلبک/اسپیرولینا-پلاتنسیس، اسیدهای چرب اشباع (۴۶/۹ درصد) گروه غالب هستند. پس از این گروه، اسیدهای چرب چند غیراشباع و تک غیراشباع (به ترتیب ۴۲/۸ و ۷/۸ درصد) قرار دارند. در هریک از سه گروه اسیدهای چرب این ریزجلبک، اسیدهای پالمیتیک (۴۵ درصد)، پالمیتوئیک (۵/۶ درصد) و ۷-لینولنیک (۲۴/۹ درصد) بیشترین مقادیر را دارند (جدول ۳). پروفایل اسیدهای چرب در کلوچه‌ی شاهد عمدتاً مربوط به روغن بود (جدول ۴). اسیدهای چرب غالب در کلوچه‌ی شاهد اسید اولئیک (~۳۳/۷ درصد)، اسید پالمیتیک (~۲۹/۵ درصد) و اسید لینولنیک (~۲۴/۸۲ درصد) بودند. در کلوچه غنی شده نیز اسیدهای چرب غالب ترتیب مشابهی داشت. با افزایش میزان ریزجلبک در ترکیب کلوچه، مقدار اسید ۷-لینولنیک در کلوچه‌های غنی شده در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌داری پیدا کرد، در حالی که بین تیمارهای ۱/۵ و ۱ درصد از لحاظ مقدار این اسید چرب اختلاف معنی‌داری وجود مشاهده نشد ($p < 0.05$). کلوچه‌های/اسپیرولینا-پلاتنسیس در مقایسه با نمونه‌ی شاهد به دلیل افزایش اسید ۷-لینولنیک ارزش تغذیه‌ای بالاتری دارند. سطح ۱/۵ درصد وزنی/وزنی ریزجلبک مناسب‌ترین سطح در این غنی‌سازی، است که می‌تواند بخشی از عوارض ناشی از کمبود اسید ۷-لینولنیک در بدن را بر طرف کند. به نظر می‌رسد در کلوچه‌های غنی شده، غشای سلول‌های ریز-جلبک می‌تواند ملکول‌های اسید چرب را ریزپوشانی کنند و با وجود فرایند حرارتی پخت تا حدی از اسیدهای چرب موجود در ریزجلبک در برابر حرارت و اکسیداسیون محافظت کنند (۱۴). *Gouveia* و همکاران در تحقیق مشابهی از ریزجلبک/یزوکرایسیس گالبانو در تولید بیسکویت استفاده کردند. آن‌ها افزایش میزان ریزجلبک/یزوکرایسیس گالبانو را موجب حضور اسیدهای چرب امگا ۳ در بیسکویت‌های غنی شده دانستند. این اسیدهای چرب در بیسکویت‌های شاهد وجود نداشت (۱۴). *Gouveia* و همکاران در تحقیق مشابهی از ریزجلبک‌های/اسپیرولینا-ماکسیما و دیاکروملا در تولید دسرهای ژلی گیاهی استفاده کردند. افزودن این ریزجلبک‌ها علاوه بر تقویت ویژگی‌های بافتی موجب افزایش میزان اسیدهای چرب چند غیراشباع نظیر ایکوزاپنتا انوئیک و دوکوزاهگزا انوئیک و ۷-لینولنیک می‌شود (۱۵).

کاهش عدد پراکسید در کلوچه‌های ریزجلبکی به علت خاصیت آنتی‌اکسیدانی رنگدانه‌های موجود در ریزجلبک است که به کاهش عمل اکسیداسیون بخش چربی منجر شده است. به دلیل پیچیدگی برهم‌کنش‌های مؤثر بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی در سیستم‌های چندفازه، مکانیسمی که عملکرد آنتی‌اکسیدان‌ها را در چنین سیستم‌هایی توجیه می‌کند با آنچه در روغن از اکسیداسیون جلوگیری می‌کند، متفاوت است. ترکیب آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی موجود در *اسپیرولینا-پلاتنسیس* نظیر آلفا و بتاکاروتن، گزانتوفیل، میکسوگزانتوفیل، کریپتوگزانتین، زئاگزانتین، ویتامین C و توکوفرول، ترکیبات پلی‌فنلی قطبی و به خصوص رنگدانه پلی‌پتیدی فیکوسیانین از طریق برهم‌کنش‌های هم‌افزایی و با مکانیسم‌های جمع‌آوری رادیکال‌های آزاد و شلاته کردن فلزاتی نظیر آهن از پراکسیداسیون چربی‌ها جلوگیری می‌کند و روند آن را به تأخیر می‌اندازد (۲۵-۲۳، ۲۰، ۸). عصاره‌ی الکلی *اسپیرولینا* به طور معنی‌دار (۶۵ درصد بازداری) نسبت به آنتی‌اکسیدان‌های شیمیایی مانند آلفا توکوفرول (۳۵ درصد)، هیدروکسی آنیزول بوتیل (۴۵ درصد) و بتاکاروتن (۴۸ درصد) و عصاره‌ی آبی آن (۷۶ درصد) نسبت به اسیدگالیک (۵۴ درصد) و کلروژنیک اسید (۵۶ درصد) اثر آنتی‌اکسیدانی بیشتری دارد. اگر چه ترکیب آپروپروتنینی فیکوسیانین در اثر حرارت ناشی از خشک کردن در دمای بیش از ۴۵°C تجزیه می‌شود، اما فعالیت آنتی‌اکسیدانی فیکوسیانین موجود در *اسپیرولینا*ی خشک شده به روش پاششی مشابه فیکوسیانین تازه است. زیرا فعالیت آنتی‌اکسیدانی فیکوسیانین مربوط به فیکوسیانوبیلین یعنی گروه پروستتیک آن است (۲۰). در نتیجه، کلوچه‌ی غنی شده با *اسپیرولینا-پلاتنسیس* در مقابل فساد اکسیداتیو پایداری بیشتری دارد و استفاده از پودر *اسپیرولینا-پلاتنسیس* می‌تواند در کنار ایجاد رنگ، اکسیداسیون چربی‌ها را نیز به تأخیر بیندازد. این نتایج، تأییدکننده‌ی تحقیقات *Prabhasankar* و همکاران در زمینه افزایش فعالیت جمع‌آوری رادیکال ۲ و ۲-دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل و شلاته کردن فلزات با استفاده از جلبک دریایی *سارگوم مارژیناتوم* است (۱۲). *Gouveia* و همکاران با استفاده از ریزجلبک‌های *کلرلاولگاریس* و *هماتوکوکوس پلوویالیس* نتایج مشابهی را در زمینه کاهش عدد پراکسید و آنیزیدین در امولسیون‌های غذایی مشاهده کردند (۱۸). *Mamatha* و همکاران با افزودن جلبک دریایی *انترومورفا کمپرسا* در

آزمون‌های حسی: همان‌طور که نتایج ارزیابی حسی در جدول ۵ نشان می‌دهد، امتیاز رنگ در کلوچه‌های غنی شده در مقایسه با شاهد کاهش معنی‌داری پیدا کرد. کلوچه‌های ۱ و ۱/۵ درصد/اسپیروولینا/پلاتنسیس پس از کلوچه‌ی شاهد بهترین رنگ را داشتند و از لحاظ امتیاز رنگ با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند ($p < 0.05$). در حالی که کلوچه ۰/۵ درصد ریز جلبک کمترین امتیاز رنگ را کسب کرد ($p < 0.05$). کاهش میزان محبوبیت رنگ در کلوچه‌های غنی شده به دلیل تغییرات رنگی ایجاد شده در سطح کلوچه بود. رنگ سبز حاصل از افزودن اسپیروولینا/پلاتنسیس برای برخی مورد پسند نبود و برخی دیگر برعکس این رنگ را نوعی تنوع و نوآوری دانستند و بیشتر پسندیدند. به نظر می‌رسد که در صورت آگاهی مصرف‌کنندگان از اضافه شدن پودر سبز رنگ اسپیروولینا/پلاتنسیس به کلوچه و بهبود ارزش تغذیه‌ای آن با تغییر رنگ آن کنار خواهند آمد. همان‌طور که محصولات رنگی مانند پنیر آبی رکفورتی، چیپس و ماکارونی سبزیجات، ماکارونی غنی شده با ریز جلبک کلرولولگاریس موفق شدند جایگاه خود را در تجارت غذا در ایران به دست بیاورند. البته، به منظور بهره برداری از منبع غذایی فراسومند اسپیروولینا/پلاتنسیس می‌توان از آن در ترکیب مغزی کلوچه استفاده کرد. علت اختلاف امتیازات حسی نمونه‌ی ۰/۵ درصد با نمونه‌های ۱ و ۱/۵ درصد، تفاوت ظاهری فراوان این تیمار با نمونه‌ی شاهد و نمونه‌های ۱ و ۱/۵ درصد است. داوران رنگ کدر و غیرشفاف این تیمار را علت کاهش امتیاز رنگ در این تیمار دانستند.

امتیاز همگنی بافت در نمونه‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد نسبت به نمونه‌ی شاهد کاهش معنی‌داری پیدا کرد، اما با یکدیگر تفاوت قابل ملاحظه‌ای نداشتند ($p < 0.05$). به نظر می‌رسد که همگنی بافت تحت تأثیر عوامل بصری قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر، مقبولیت رنگ اثر مستقیمی بر مقبولیت همگنی بافت دارد. امتیاز طعم در نمونه‌های حاوی ۱ و ۱/۵ درصد ریز جلبک اختلاف معنی‌داری با نمونه‌ی شاهد نداشت. نمونه‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد ریز جلبک هم اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ($p < 0.05$). میزان مطلوبیت عطر و بوی کلوچه‌ها با افزایش میزان استفاده از ریز جلبک نسبت به نمونه‌ی شاهد کاهش معنی‌داری پیدا کرد. بین سه نمونه‌ی غنی شده ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد از لحاظ

امتیاز عطر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p < 0.05$). نمونه‌های صفر، ۱ و ۱/۵ درصد از لحاظ بافت دهانی تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. امتیاز بافت دهانی در نمونه‌ی ۰/۵ درصد در مقایسه با نمونه‌ی شاهد اختلاف معنی‌داری داشت ($p < 0.05$). از لحاظ امتیاز بافت غیر دهانی بین نمونه‌های صفر و ۱/۵ درصد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. نمونه‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند ($p < 0.05$). مهم‌ترین عوامل مؤثر بر بافت کلوچه، میزان رطوبت و فعالیت آبی است که تا حد زیادی تحت تأثیر بر هم‌کنش گروه‌های هیدروکسیل موجود در ماتریکس قرار دارد (۱۴). سلول‌های پروکاریوت اسپیروولینا/پلاتنسیس فاقد دیواره‌ی سخت سلولی هستند که باعث جذب سریع آب توسط محتویات سلولی آن به خصوص پروتئین‌ها می‌شود. در واقع ملکول‌های پروتئینی اسپیروولینا/پلاتنسیس به دلیل دارا بودن خاصیت آب‌دوستی، بر سر جایگاه‌های اتصال با آب با ملکول‌های ناشاسته به رقابت می‌پردازند که این موضوع به ناپایداری مکانیسم ژلاتینه شدن ناشاسته و به تأخیر افتادن آن منجر می‌شود (۲۶). به نظر می‌رسد پایین بودن سطوح به کار رفته از ریز جلبک موجب شده است که تغییرات بافت کلوچه‌های ریز جلبکی در مقایسه با شاهد، معنی‌دار نباشد.

مقایسه‌ی مجموع امتیازات حسی هر یک از تیمارها نشان می‌دهد، نمونه‌ی شاهد در گروه خیلی خوب (بسیار رضایت‌بخش) و نمونه‌های ۱ و ۱/۵ درصد/اسپیروولینا/پلاتنسیس در گروه متوسط (قابل قبول) و نمونه‌ی ۰/۵ درصد/اسپیروولینا/پلاتنسیس در گروه ضعیف (غیر قابل قبول) قرار گرفت.

در یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان اظهار کرد، با به کارگیری منبع ارزان قیمت و فراسودمند ریز جلبک اسپیروولینا/پلاتنسیس در ترکیب کلوچه، به ویژه در سطوح جایگزینی ۱ و ۱/۵ درصد وزنی/وزنی، می‌توان محصولی با کیفیت تغذیه‌ای و حسی مطلوب تولید کرد. با توجه به افزایش تقاضا برای محصولات غذایی فراسودمند، پذیرش هرچه بیشتر غذاهای حاوی ریز جلبک اسپیروولینا/پلاتنسیس در جهان، هزینه‌های پایین تولید و ارزش تغذیه‌ای بالای این ریز جلبک، تحقیق و توسعه در این زمینه به منظور افزایش کاربرد آن در صنعت غذای ایران ضروری به نظر می‌رسد.

• References

- Moridi G, Fathi M. Review status of malnourished children under five years in Iran. *Fac. Nurs. Midwifery Q. - Shaheed Beheshti Univ. Med. Sci. Health Serv.* 2009; 19 (64): 47 [in Persian].
- Sayyari AA, Sheikh al-Islam R, Naghavi M, Kolah dose F, Abdollahi Z. The amount of junk food consumption in under-3-year-old children of rural and urban areas. *Feyz* 2002; 1 (26) : 71 [in Persian].
- Kumudha A, Kumar S, Thakur M, Ravishankar G, Sarada R. Purification, Identification, and Characterization of Methylcobalamin from *Spirulina platensis*. *J Agr Food Chem* 2010; 58:9925-9930.
- Melnic S, Prodius D, Simmons C, Zosim L, Chiriac T, Bulimaga V, Rudic V, Turta C. Biotechnological application of homo- and heterotrich nuclear iron (III) furoates for cultivation of iron-enriched *Spirulina*. *J Inorganic Chimic Acta* 2011; 373(1):167-172.
- Papadopoulos, K. Microalgae in novel food products in: *Food chemistry research developments*. New York: Nova Science Publishers 2008.
- Persian Gulf bio-technical Park. Available from: http://www.pgbp.ir/index.php?option=com_content&view=article&id=64:spirolina&catid=42:prozheha&Itemid=78. Accessed 2011 March 8 [in Persian].
- Food and drug administration of U.S, gras notice 000394: *Spirulina (Arthrospira platensis)* 21 CFR section 170.36, Federal register 1997; 62 (74) Available from: http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cfn/gras_notices/grn000394.pdf.
- Deng R. Hypolipidemic, antioxidant, and antiinflammatory activities of microalgae *Spirulina*, *J Cardiovascular Therapeutics* 2010; 28:33-45.
- Powell R, Nevels E, McDowell M. Algae Feeding in Human. *J Nutrition* 2011; 75:7-12.
- Danesi E, Navacchi M, Takeuchi K, Frata M, Carlos J, Carvalho M. Application of *Spirulina platensis* in protein enrichment of Manico based bakery products. *J Biotechnology* 2010; 150: 311.
- Fradique M, Batista A, Nunes M, Gouveia L, Bandarra N, Raymundo A. Incorporation of *Chlorella vulgaris* and *Spirulina maxima* biomass in pasta products. Part 1: Preparation and evaluation. *J Sci Food Agric* 2010; 90(10): 1656-64.
- Prabhasankar P, Ganesan P, Bhaskar N. Influence of Indian brown seaweed (*Sargassum marginatum*) as an ingredient on quality, biofunctional, and microstructure characteristics of pasta. *Food Sci Technol Int* 2009a; 15: 471-479.
- Prabhasankar P, Ganesan N, Bhaskar N, Hirose A, Stephen N, Gowda L, Hosokawa M, Miyashita K. Edible Japanes seaweed wakame (*Undaria pinnatifida*) as an ingrededient in pasta: chemical, funtional and and structural evaluation. *J Food Chemistry* 2009; 115:501-8.
- Gouveia L, Coutinho C, Mendonca E, Batista A, Sousa I, Bandarra N, et al. Functional biscuits with PUFA- ω 3 from *Isochrysis galbana*. *J Sci Food Agric* 2008; 88:891-6.
- Gouveia L, Batista A, Raymundo A, Bandarra N. *Spirulina maxima* and *Diacronema vlkianum* microalgae in vegetable gelled desserts. *Nutr. Food Sci.* 2008b; 38 (5): 492 -501.
- Gouveia L, Batista A, Miranda A, Empis J, Raymundo A. *Chlorella vulgaris* biomass used as colouring source in traditional butter cookies. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 2007; 8:433-436.
- Mamatha B, Namitha K, Senthila A, Smitha J, Ravishankra G. Studies on use of *Enteromorpha* in snack food . *J Food Chem* 2007;101:1707-13.
- Gouvei L, Raymundo A, Batista A, Sousa I, Empis J. *Chlorella vulgaris* and *Haematococcus pluvialis* biomass as colouring and antioxidant in food emulsions. *Eur. Food Res. Technol.* 2005; 222:3-4.362-367.
- Wook L, Jin K. Preparation of noodle with Laver powder and its characteristics. *Korean J. Food Sci. Technol* 2000; 32(2): 298-305.
- Belay A. New scientific developments in the health benefits of *Spirulina (Arthrospira)*: phycocyanin and its potential health benefits, *J Nutritional Sciences* 2004; 7(3):165-173.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Koluche - specifications and test methods. ISIRI no 2554. 2rd revision, Karaj: ISIRI; 1981[in Persian].
- Approved methods of American Association Cereal Chemists 58-14.01, 40-70.01, 46-12.01, 58-18.01 and 58-16.01.
- Batista A, Nunes M, Raymundo A, Gouveia L, Sousa I, Cordobes F. Microalgae biomass interaction in biopolymer gelled systems. *Food Hydrocolloids* 2010; 25: 817-825.

24. Baky H, El baz F, El Barty. Phenolics from *Spirulina maxima*: Over-production and in vitro protective effect of its phenolics on CCl₄ induced hepatotoxicity. *J Medicinal Plants Research* 2009; 3(1):24-30.
25. Belay A. New scientific developments in the health benefits of *Spirulina* (*Arthrospira*): phycocyanin and its potential health benefits, *J Nutritional Sciences* 2004;7(3):165-173.
26. Bescos P, Estrada E, Fresno A. Neuroprotection by *Spirulina platensis* protean extract and phycocyanin against iron-induced toxicity in SH-SY5Y neuroblastoma cells. *Toxicol. in Vitro* 2008; 22:1496-1502.

Possibility of using microalgae *Spirulina platensis* powder in industrial production of Iranian traditional cookies

Salehifar M¹, Shahbazizadeh S^{*2}, Khosravi- Darani K³, Behmadi H⁴, Ferdowsi R⁵

- 1- Assistant prof, Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Shahre Qods Branch, Iran.
- 2- *Corresponding author: M.Sc Student of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Shahre Qods Branch, Iran. Email: s_shahbazizadeh@yahoo.com
- 3- Associate prof (in Research), Dept. of Food Technology Research, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
- 4- Assistant Prof (in Research), Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, Iran.
- 5- Research Lecturer, Research Department of Food Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Received 10 Apr, 2012

Accepted 22 Jul, 2012

Background and Objective: There are a few studies about wheat flour fortification with powdered *Spirulina platensis* microalgae to produce industrial cookies. The objective of this study was to investigate the effects of *Spirulina platensis* microalgae used in production of traditional Iranian cookies on their nutritional value, color and texture.

Materials and methods: Samples of cookies were prepared using *S. pirulina platensis* at a level (% w/w) of 0.0, 0.5, 1.0 and 1.5%. The protein, iron and polyunsaturated fatty acid (PUFA) contents of the samples were measured by microkjeldahl, atomic absorption and GC mass chromatography, respectively; the peroxide value in the four samples was also determined. Sensory evaluation (hedonic scale 1– 5) of the samples was made by 14 trained panelists.

Results: The iron, protein and γ -linolenic acid contents of the fortified cookies were higher, and their peroxide value lower, than the respective control values. With regard to sensory evaluation, cookie samples containing 1.0% and 1.5% *S. platensis* scored highest following the control sample ($p < 0.05$).

Conclusion: It is possible to produce cookies fortified with 1.0-1.5% *S. platensis* with desirable nutritional and sensory characteristics.

Keywords: *Spirulina platensis* microalgae, Fortification, Cookie