

غنی‌سازی ویفر روکش دار با استفاده از پودر ریز جلبک آرتروسپیرا (اسپیروولینا) پلاتنسیس

رضا سوزنکار¹، سارا موحد²، آرش چایچی نصرتی³

1- نویسنده مسئول: دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی- صنایع غذایی دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پیشوا-ورامین، تهران، ایران
پست الکترونیکی: reza_souzankar@yahoo.com

2- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پیشوا-ورامین، تهران، ایران

3- استادیار گروه میکروبیولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، ایران

تاریخ پذیرش: 96/11/15

تاریخ دریافت: 96/8/2

چکیده

سابقه و هدف: تاکنون پژوهشی در رابطه با غنی‌سازی ویفر روکش دار به وسیله جلبک آرتروسپیرا پلاتنسیس انجام نشده است. با غنی‌سازی ویفر، به وسیله ریزجلبک آرتروسپیرا پلاتنسیس، می‌توان فرصت جدیدی را جهت تولید محصولات غذایی عملگرا، بر پایه غلات فراهم نمود. هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر استفاده از پودر ریزجلبک آرتروسپیرا پلاتنسیس بر ویژگی‌های تغذیه‌ای، حسی، و کیفی ویفر روکش دار بوده است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش نمونه‌ها با افزودن آرتروسپیرا پلاتنسیس در سطوح 0/5 و 1 درصد وزنی/وزنی در کرم ویفر، و 0/75 و 1/5 درصد وزنی/ورنی در نان ویفر روکش دار، تهیه گردیده و مقادیر پروتئین، آهن و آلفا توکوفرول در ویفرهای غنی شده، به ترتیب به وسیله روش‌های کلجدال، جذب اتمی و HPLC اندازه‌گیری شد. ارزیابی حسی محصولات تولید شده، در روز دوم تولید، توسط 5 ارزیاب آموزش دیده و به روش هیدونیک انجام شد. مضافاً تغییرات عدد پراکسید بررسی گردید.

یافته‌ها: نتایج نشانگر افزایش میزان پروتئین از حداقل 0/17% تا 1/82%، آهن از حداقل 3/58% تا 40/43% و آنتی‌اکسیدان آلفاتوکوفرول از حداقل 2/21% تا 14/71% نسبت به نمونه شاهد بود. در حالی که عدد پراکسید پس از طی 4 ماه با افزایش ریزجلبک به طور معنی‌داری کاهش پیدا نمود ($P < 0/05$). بر اساس آزمون‌های حسی به روش 5 نقطه‌ای هیدونیک، ویفر غنی شده با جلبک آرتروسپیرا پلاتنسیس در سطوح 1 درصد وزنی/وزنی در کرم و 1/5 درصد وزنی/وزنی در نان ویفر روکش دار، پس از نمونه شاهد بیشترین امتیاز را کسب نمود.

نتیجه‌گیری: نتیجه این که می‌توان با غنی‌سازی ویفر روکش دار با استفاده از جلبک آرتروسپیرا پلاتنسیس ویژگی‌های تغذیه‌ای، حسی و کیفی آن را به نحو مطلوبی ارتقاء داد.

واژگان کلیدی: اسپیرولینا پلاتنسیس، آرتروسپیرا پلاتنسیس، ریز جلبک، غنی‌سازی، ویفر روکش دار، ارزش تغذیه‌ای

• مقدمه

(2). از جمله عوارض ناشی از بروز این ناهنجاری‌ها می‌توان به آنمی ناشی از کم خونی فقر آهن اشاره نمود، که با سرعت شیوع 36 درصدی (3) در کشورهای درحال توسعه، عامل بالقوه‌ای جهت تهدید سلامتی کودکان، زنان باردار و بال‌آخص دختران نوجوان در سنین بلوغ به شمار می‌آید (4، 5). از طرفی دیگر، تحقیقات انجام شده بر روی دانشجویان داخل کشور نیز حکایت از آن دارد که در دریافت ریز مغذی‌هایی نظیر ویتامین‌های: A، B₁₂، C، ریوفلاوین، فولات، کلسیم و دیگر عناصر حیاتی، نسبت به مقادیر توصیه شده RDA

در دنیای امروز، پدیده فقر غذایی و سوء تغذیه، در نوباوگان و کودکان خردسال، چه از حیث تأمین پروتئین انرژی PEM (Protein-energy malnutrition)، و چه از حیث تأمین ریزمغذی‌ها و ویتامین‌ها و دیگر مواد با ارزش غذایی، یکی از بزرگترین و مهم‌ترین مسائل مطروحه در کشورهای درحال توسعه به شمار می‌آید (1). دریافت ناکافی مواد غذایی توسط نوباوگان، عامل اصلی پدیده Stunting (کاهش قد نسبت به سن) به مقدار بیش از 40% و نیز پدیده Wasting (کاهش وزن نسبت به قد) به مقدار بیش از 10% در این نواحی می‌باشد

اسپیروولینا، از جمله فایکوسیانین، سلنیوم، کاروتنوئیدها دارد. به نحوی که این ترکیبات قابلیت حذف رادیکالی درخور توجهی از خود نشان داده اند. با این وصف اسپیرولینا می‌تواند نقش مهمی در درمان بیماری‌های ناشی از آلرژی‌ها، التهابات، تنش‌های آکسیداسیونی، ویروس‌ها و نیز بیماری‌های سیستم ایمنی، کبدی و حتی سرطان داشته باشد (17).

تاکنون تحقیقات متعددی در زمینه غنی‌سازی و کاربرد ریزجلبک‌ها از جمله اسپیرولینا پلاتنسیس در محصولات تولید شده بر پایه غلات، انجام گرفته است. به‌عنوان مثال، در مطالعه Zhao Xiulan و همکاران (1999)، با افزودن 3 درصد پودر اسپیرولینا پلاتنسیس و نیز 3 درصد پودر پروتئین سویا به شیر خام و تلقیح آن با استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس بولگاریکوس، توانستند ماستی غنی از انواع ویتامین‌ها و ریزمغذی‌ها و پروتئین با محتوای 5/6 درصد و نیز چربی یا محتوای 1/2 درصد تولید نموده و ارزش‌های تغذیه‌ای و طعم حاصله را بهبود بخشند (18). در تحقیقی دیگر Mamatha و همکاران، با استفاده از جلبک انترومورفا کمپرسا در تولید نوعی اسنک به نام پاکادو، توانستند ویژگی‌های تغذیه‌ای آن را بهبود ببخشند. نتایج حاکی از افزایش فیبر رژیمی، پروتئین، خاکستر، مقدار فنل و میزان فعالیت جمع‌آوری رادیکال‌های آزاد بوده است (19). شهبازی‌زاده و همکاران (1391)، به‌منظور تولید کلوچه صنعتی اقدام به غنی‌سازی آرد گندم با پودر ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس نمودند. نتایج گواه بر آن بود که میزان پروتئین، آهن و اسید چرب گامالینولینیک در کلوچه‌های غنی شده با اسپیرولینا پلاتنسیس، در مقایسه با نمونه کنترل، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. درحالی‌که عدد پراکسید با افزایش ریزجلبک به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا نمود و در مجموع با افزودن 1 تا 1/5 درصد اسپیرولینا پلاتنسیس به کلوچه سنتی ایرانی ضمن دستیابی به محصول غنی شده ویژگی‌های تغذیه‌ای و حسی آن بهبود یافت (20). De Marco و همکاران، اثر اختلاط زیست توده اسپیرولینا با آرد گندم، به‌منظور تولید پاستای خشک، در سه غلظت 5، 10 و 20 درصد وزنی را مورد بررسی قرار داده و ویژگی‌های کیفی تغذیه‌ای و تکنولوژیکی حاصله را نسبت به نمونه شاهد ارزیابی نمودند. در مجموع نشان دادند که محتوای پروتئینی افزایش یافته، و در عین حال قابلیت هضم کاهش پیدا نمود. محتوای ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در شرایط آزمایشگاهی مورد سنجش قرار گرفت و نتایج دال بر افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مقدار این مواد، نسبت به نمونه کنترل بود. این شواهد بیانگر ارتقاء

(Recommended (Daily) Dietary Allowences) (6) عدم تعادل مشاهده می‌گردد (7). بر طبق تحقیقات غبائوند و همکاران (1389) بیشترین نوع تنقلات مصرفی توسط کودکان را محصولات کیک، بیسکویت و شربت به خود اختصاص داده و از بین دیگر محصولات، مصرف ویفر نسبت به تنقلاتی نظیر پفک، چیپس، لواشک، پاستیل، نوشابه و تخمه در جایگاه بالاتری قرار داشته است (8). پُر واضح می‌باشد که رویکرد مبتنی بر غنی‌سازی خوراکی‌های مورد علاقه کودکان، می‌تواند یکی از مهم‌ترین، مناسب‌ترین و کاربردی‌ترین روش‌ها جهت پیشگیری از بروز سوء‌تغذیه محسوب گردد. علاوه بر این، مصرف تنقلات، در بین رده‌های سنی بالاتر از جمله نوجوانان و بزرگسالان نیز امری شایع بوده و در نتیجه، مشکلات ناشی از فقر غذایی را کم و بیش، در بین این گروه‌های سنی بالاتر نیز، شاهد می‌باشیم. استفاده از مکمل‌های غذایی به دست آمده از منابع طبیعی، راهکار مناسبی جهت تأمین نیازهای تغذیه‌ای اقشار مختلف جامعه، به نظر می‌رسد. در این رابطه، بهره برداری از منابع دریایی از اهمیت خاصی برخوردار است. وجود ترکیبات زیست فعال منحصر بفرد، ریزجلبک‌ها را در زمره غذاهای عملگر و فراسودمند قرار داده است (9). در مقایسه با دیگر منابع طبیعی واجد ترکیبات زیست فعال، ریزجلبک‌ها به‌دلیل تنوع زیستی بسیار گسترده، از مزیت بیشتری برخوردار می‌باشند (10). اسپیرولینا از جمله ریزجلبک‌های چند سلولی، مارپیچی شکل و رشته‌ای سبز-آبی، متعلق به شاخه سیانوباکتیریا، خانواده آسپیلّا توریاسه (*Oscillatoriaceae*)، اتوتروف و فتوسنتزکننده بوده و از طریق تقسیم دوتایی تکثیر می‌یابد (11). پروتئین اسپیرولینا از محتوای قابل توجه پروتئینی با پروفایل مناسب آمینو اسیدها، بالغ بر 70 درصد وزن خشک و 7-16% چربی برخوردار بوده (12) و منبعی غنی از ترکیبات زیست فعال مختلف و متنوع، از جمله اسیدهای چرب ضروری همچون اسید گاما لینولینیک (GLA) و اسید لینولئیک (LA) (13)، مواد معدنی، ویتامین‌ها و رنگدانه‌ها به‌شمار می‌آید. ترکیب نسبتاً متعادلی از هشت اسید آمینه ضروری موجود در این جلبک، به انضمام قدرت جذب بالای این مواد در بدن ارزش زیستی بالایی به‌آن بخشیده است (14). دیگر خصوصیت با ارزش اسپیرولینا وجود محتوای کم اسید نوکلئیک (کمتر از 5%) در آن است که این مقدار کمتر از ریزجلبک‌های دیگر از جمله کلرلا و سندسمیوس می‌باشد (15، 16).

تحقیقات Shetty و همکاران در سال 2006، دال بر وجود اثرات مثبت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات عملگر موجود در

شد. کلیه مراحل آماده‌سازی خمیر، ترکیب مواد، غنی‌سازی و بسته بندی در کارخانه صنعتی نوشین فرد واقع در شهرستان لاهیجان انجام گردید.

آزمون‌های شیمیایی: نمونه‌های خالص و غنی‌سازی شده ویفر و نیز پودر ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس، از لحاظ میزان پروتئین با روش مصوب AACC به شماره 46-12.01 و با استفاده از ضریب 6/2، میزان آهن با روش مصوب AACC به شماره 40-70.01، توسط دستگاه جذب اتمی مدل Analyst 700 ساخت شرکت Perkin Elmer کشور آمریکا، میزان آنتی‌اکسیدان آلفاتوکوفرول با روش مصوب استاندارد ملی ایران به شماره 9266، توسط دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) مدل Cp 3800 ساخت کمپانی Varian انجام گردید. مقدار تزریق نمونه 20 میکرولیتر و آشکارساز فلورسنس JASCO مدل FP-1520 ($\lambda \text{ exc}=290 \text{ nm}$ and $\lambda \text{ em} = 300 \text{ nm}$) مورد استفاده قرار گرفت. فاز متحرک ترکیبی از n - هگزان: ایزوپروپانول (0/7 : 99/3 v/v) بود. سرعت جریان فاز متحرک 1 میلی‌لیتر در دقیقه بود. ستون LICHROSORB SI 60-5 با ابعاد 3×250 میلی‌متر و اندازه ذرات 5 میکرولیتر، پمپ 1000 KNAUER و دمای ستون برابر دمای اتاق بود. براساس زمان بازداری آلفاتوکوفرول و نیز کروماتوگرام حاصل از نمونه‌های روغن، ترکیبات توکوفرولی در نمونه‌ها مشخص گردید. جهت تعیین عدد پراکسید ابتدا چربی نمونه‌ها با استفاده از حلال هگزان مطابق روش استاندارد ملی به شماره 37 استخراج گردیده و عدد پراکسید در نمونه‌های استخراج شده، در دو مرحله، به ترتیب در روز دوم تولید و سپس، پس از طی 4 ماه (در شرایط نگهداری در دمای اتاق بدور از شرایط خاص) با استفاده از استاندارد AACC به شماره 58-16.01، مورد ارزیابی قرار گرفت (23).

ویژگی‌های زیستی عملکردی و تغذیه‌ای پاستای حاوی ریزجلبک اسپیرولینا بوده است (21).

در تحقیق حاضر امکان غنی‌سازی ویفر روکش‌دار در سطوح 0/5 و 1 درصد وزنی در کرم ویفر، و 0/75 و 1/5 درصد وزنی در نان ویفر روکش‌دار، با استفاده از ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس مورد بررسی قرار گرفت و مقادیر پروتئین، آهن و آلفاتوکوفرول در ویفرهای غنی شده، به ترتیب به وسیله روش‌های کلجدال، جذب اتمی و HPLC تعیین گردیده شد. ارزیابی حسی محصولات تولید شده، در روز دوم تولید، توسط 5 ارزیاب آموزش دیده و به روش هیدونیک انجام گردید. مضافاً تغییرات عدد پراکسید در روز دوم و ماه چهارم پس از تولید مورد بررسی واقع شد.

• مواد و روش‌ها

آماده‌سازی مواد اولیه جهت تولید ویفر روکش‌دار با استفاده از ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس: پودر ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس با درجه خلوص بالا، از نماینده شرکت نان پائو واقع در بانکوک، کشور تایلند خریداری شد و در شرایط خشک و خنک و در بسته بندی ویژه غیر قابل نفوذ نور و رطوبت به مقصد منتقل گردید. جهت تهیه نان ویفر از ترکیبات با درصدهای زیر استفاده گردید. (22): آب (63/30 %)، آرد اطهر (36/17 %)، بیکربنات آمونیوم (0/16 %)، لسیتین (0/14 %)، روغن مایع (0/09 %)، بیکربنات سدیم (0/07 %)، نمک (0/07 %) و جوهر لیمو (0/01 %). جهت تهیه کرم ویفر ترکیبات زیر مورد استفاده قرار گرفت: پودر شکر (51/01 %)، روغن جامد (41/81 %)، شیر خشک (4/60 %)، پودر آب پنیر (2/51 %) و اسانس نارگیل (0/06 %). مواد فوق‌الذکر با جایگزینی سطوح 0/75 و 1/5 درصد وزنی/وزنی پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس با آرد ویفر به منظور تهیه نان ویفر و نیز استفاده از سطوح 0/5 و 1 درصد وزنی/وزنی پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در فرمولاسیون کرم، ترکیب

جدول 1. ترکیب شیمیایی آرد مورد استفاده در پژوهش

ترکیب شیمیایی آرد (اطهر)	پروتئین (درصد در ماده خشک)	گلوتن مرطوب (درصد)	رطوبت (درصد در ماده خشک)	خاکستر کل (درصد در ماده خشک)	pH
11/1 ± 0/13	23 ± 0/74	13/4 ± 0/01	0/43 ± 0/03	6/2 ± 0/02	

جدول 2. ترکیب شیمیایی پودر جلبک خالص اسپیرولینا پلاتنسیس و نمونه ویفر فاقد ریز جلبک (نمونه شاهد)

ترکیب شیمیایی	پروتئین (درصد در ماده خشک)	آلفاتوکوفرول (mg/100gr)	آهن (mg/100gr)	رطوبت (درصد) وزن خشک	خاکستر غیرمحلول در اسید (درصد در ماده خشک)	پراکسید (m Eq/Kg)
ویفر (نمونه شاهد)	3/12 ± 0/01	0/13 ± 0/003	3/94 ± 0/01	2/4 ± 0/002	0/041 ± 0/003	1/80 ± 0/015
پودر <i>A.platenis</i>	58/93 ± 0/003	6/32 ± 0/001	87/4 ± 0/002	3/24 ± 0/003	-	-

مدل کاملاً تصادفی به‌وسیله تحلیل واریانس (ANOVA) و نرم‌افزار SPSS 21 انجام شد و جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

• یافته‌ها

خصوصیات تغذیه‌ای: یافته‌های این تحقیق نشانگر افزایش معنی‌دار در مقادیر پروتئین، آهن و آلفا توکوفرول در نمونه‌های ویفر غنی‌سازی شده با ریزجلبک اسپیرولینا، می‌باشد. **عدد پراکسید:** مطابق جدول 3، نتایج حاصله از آزمون‌های شیمیایی مربوط به تعیین پراکسید در روز دوم پس از تولید، بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح آماری 5 درصد ($P < 0/05$)، در مقدار پراکسید نمونه‌های غنی شده با ریزجلبک اسپیرولینا و نمونه شاهد فاقد ریزجلبک می‌باشد. درحالی که پس از سپری شدن 4 ماه از زمان تولید نمونه‌ها، متناسب با افزایش مقدار ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در فرمولاسیون ویفر، عدد پراکسید کاهش یافته، به طوری که این روند نزولی، در سطح 5 درصد معنی‌دار بود.

آزمون حسی: جهت انجام این آزمون از یک گروه 5 نفره آموزش دیده در محدوده سنی 26 تا 30 سال، استفاده گردید. ارزیابی حسی نمونه‌ها برطبق استاندارد روش هدونیک 5 نقطه ای مورد امتیازدهی قرار گرفت. نمونه‌ها را به ترتیب: وضعیت ظاهری، رنگ، طعم و مزه، عطر، مغزدار بودن، تردی، بافت دهانی و پذیرش کلی بررسی کرده، به‌صورتیکه داوران جداگانه پشت میزهای مربوط به خود مستقر گردیده و به بررسی نمونه‌ها پرداختند، هر یک از ارزیاب‌ها، 9 نمونه بُرش داده شده از ویفرها را در ظرف‌هایی که به‌صورت تصادفی شماره سه از روی آنها درج گردیده بود، دریافت نموده و نظر کلی خود را نسبت به نمونه‌ها، در فرمی که قبلاً تعیین و توزیع گردیده بود، یادداشت نمودند.

تجزیه و تحلیل آماری: این پروژه براساس طرح کاملاً تصادفی در سطح احتمال 5% با 9 تیمار و 3 تکرار انجام شد. جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده گردید. تجزیه تحلیل آماری خواص شیمیایی و حسی داده‌ها، در یک

جدول 3. نتایج میانگین حاصله از آزمون‌های شیمیایی انجام گرفته بر روی نمونه‌های غنی شده (تیمارها)

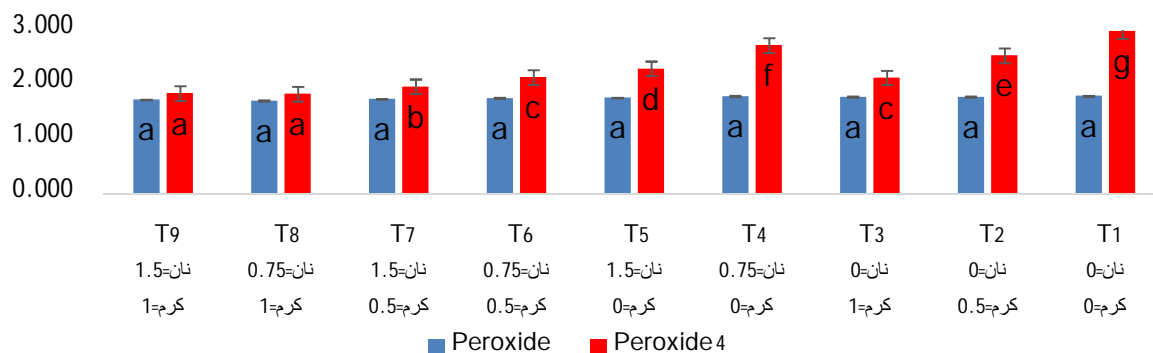
تیمار ¹	<i>A. platensis</i> ² کرم نان (% بکارگیری جلبک)	پروتئین (درصد وزنی) (بر اساس وزن نمونه خشک)	آهن mg/100gr وزن خشک	آلفا توکوفرول mg/100gr وزن خشک	عدد پراکسید ³ m Eq/K g (پس از طی 4 ماه)
T ₁	صفر	3/148±0/053 ^a	3/933±0/009 ^a	0/136±0/003 ^a	2/987±0/050 ^g
T ₂	0/5	3/464±0/022 ^c	4/471±0/002 ^c	0/143±0/001 ^c	2/540±0/030 ^e
T ₃	1	4/119±0/005 ^f	5/118±0/005 ^f	0/149±0/001 ^d	2/133±0/153 ^c
T ₄	صفر	3/321±0/003 ^b	4/074±0/008 ^b	0/139±0/001 ^b	2/730±0/036 ^f
T ₅	1/5	3/627±0/004 ^d	4/516±0/005 ^d	0/145±0/001 ^c	2/300±0/020 ^d
T ₆	0/5	3/921±0/003 ^e	4/763±0/003 ^e	0/145±0/001 ^c	2/140±0/053 ^c
T ₇	0/5	4/365±0/003 ^g	5/215±0/002 ^g	0/151±0/001 ^{de}	1/970±0/026 ^b
T ₈	1	4/675±0/005 ^h	5/347±0/004 ^h	0/153±0/001 ^e	1/837±0/012 ^a
T ₉	1	4/969±0/003 ⁱ	5/523±0/002 ⁱ	0/156±0/001 ^f	1/843±0/025 ^a

اعداد با حروف متفاوت در هر ستون از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار ($P < 0/05$) دارند.

1- اعداد مرقوم در روبروی تیمارها (در زیر ستون اسپیرولینا پلاتنسیس)، معرف مقدار جلبک در کرم و نان ویفر می‌باشند.

2 - بر حسب (درصد وزنی/ وزنی)

3 - اندازه‌گیری شده در روز دوم تولید



شکل 1. مقایسه مقادیر مربوط به تعیین عدد پراکسید در تیمارها

(ستون‌های آبی نشانگر مقدار پراکسید در روز دوم تولید می‌باشد. ستون‌های قرمز نشانگر مقدار پراکسید پس از طی چهار ماه از زمان تولید می‌باشد.)

شاهد امتیاز بالاتری کسب نموده و این اختلاف در سطح آماری 5 درصد معنی دار بود. از نظر تردی نمونه شاهد بالاترین امتیاز را کسب نمود و نمونه‌های جلبکی بجز نمونه T₅، نسبت به نمونه شاهد، تفاوت معنی دار داشتند.

• بحث

آزمون‌های شیمیایی: مطابق با آنالیز شیمیایی انجام شده بر روی پودر ریزجلبک/اسپیروولینا پلاتنسیس، این جلبک در هر 100 گرم، دارای 58/93 گرم، پروتئین، 87/4 میلی گرم آهن و 6/32 میلی گرم آنتی‌اکسیدان آلفا توکوفرول می‌باشد. مقادیر پروتئین، آهن و آلفا توکوفرول اندازه‌گیری شده در نمونه‌های ویفر غنی‌سازی شده در جدول 3 نشانگر این است که افزودن پودر ریزجلبک اسپیروولینا پلاتنسیس به فرمولاسیون ویفر روکش دار، باعث افزایش معنی دار مقدار این سه ماده مغذی در نمونه‌های غنی شده نسبت به نمونه شاهد در سطح آماری 5 درصد ($P < 0/05$) گردیده است.

همان طور که در نمودار شکل 2 مشهود است اختلاف معنی‌داری در روز دوم تولید، در مقدار عدد پراکسید بین نمونه‌های ریزجلبکی و نمونه کنترل در سطح آماری 5 درصد ($P < 0/05$) مشاهده نشد. درحالی که کاهش مقادیر عدد پراکسید، پس از طی 4 ماه در نمونه‌های ریزجلبکی، نسبت به نمونه کنترل، مطابق رابطه زیر بوده است:

رابطه (1):

$$T_9, T_8 < T_7 < T_6, T_3 < T_5 < T_2 < T_4 < T_1$$

خصوصیات حسی: برطبق نتایج جدول 4 نمونه‌های T₉ و پس از آن T₈ از نظر طعم، عطر و پذیرش کلی، امتیازات کمتری نسبت به نمونه شاهد کسب نمودند، ولی از لحاظ آماری ($P < 0/05$)، در هیچ‌یک از خصوصیات حسی مذکور، به انضمام خصوصیت وضعیت ظاهری، تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد مشاهده نگردید.

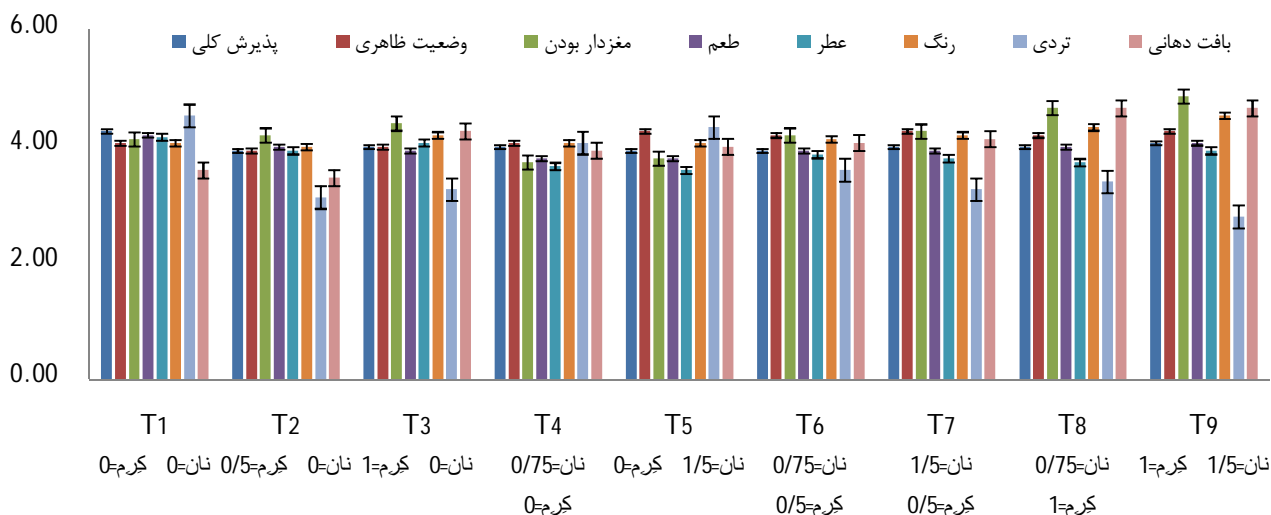
جدول 4 نشانگر آن است که از نظر مغزدار بودن، بافت دهانی و رنگ، نمونه‌های T₉ و پس از آن T₈، نسبت به نمونه

جدول 4. نتایج میانگین به دست آمده از ارزیابی حسی تیمارها

تیمارها	وضعیت ظاهری	رنگ	طعم	عطر	مغزدار بودن	تردی	بافت دهانی	پذیرش کلی
T ₁	4/067±0/115 ^{a,b,c}	4/067±0/115 ^a	4/200±0/200 ^b	4/167±0/252 ^c	4/133±0/115 ^b	4/533±0/305 ^e	3/600±0/529 ^{a,b}	4/267±0/115 ^a
T ₂	3/933±0/115 ^c	4/000±0/200 ^a	4/000±0/200 ^{a,b}	3/933±0/231 ^{a,b,c}	4/200±0/200 ^b	3/133±0/115 ^{a,b}	3/467±0/115 ^a	3/933±0/115 ^a
T ₃	4/000±0/200 ^{b,c}	4/200±0/200 ^{a,b}	3/933±0/305 ^{a,b}	4/067±0/115 ^{b,c}	4/400±0/000 ^b	3/267±0/305 ^{b,c}	4/267±0/115 ^{c,d}	4/000±0/400 ^a
T ₄	4/067±0/115 ^{a,b,c}	4/067±0/115 ^a	3/800±0/200 ^a	3/667±0/305 ^a	3/733±0/115 ^a	4/067±0/115 ^d	3/933±0/115 ^{b,c}	4/000±0/200 ^a
T ₅	4/267±0/115 ^a	4/067±0/416 ^a	3/800±0/000 ^a	3/600±0/200 ^a	3/800±0/200 ^a	4/333±0/115 ^{d,e}	4/000±0/200 ^{b,c}	3/933±0/115 ^a
T ₆	4/200±0/000 ^{a,b}	4/133±0/115 ^a	3/933±0/115 ^{a,b}	3/867±0/115 ^{a,b,c}	4/200±0/200 ^b	3/600±0/200 ^c	4/067±0/115 ^c	3/933±0/115 ^a
T ₇	4/267±0/115 ^a	4/200±0/200 ^{a,b}	3/933±0/115 ^{a,b}	3/800±0/200 ^{a,b,c}	4/267±0/115 ^b	3/267±0/115 ^{b,c}	4/133±0/231 ^c	4/000±0/200 ^a
T ₈	4/200±0/000 ^a	4/333±0/115 ^{a,b}	4/000±0/200 ^{a,b}	3/733±0/115 ^{a,b}	4/667±0/115 ^c	3/400±0/200 ^{b,c}	4/667±0/115 ^d	4/000±0/200 ^a
T ₉	4/267±0/155 ^a	4/533±0/115 ^b	4/067±0/231 ^{a,b}	3/933±0/115 ^{a,b,c}	4/867±0/115 ^c	2/800±0/200 ^a	4/667±0/231 ^d	4/067±0/231 ^a

اعداد با حروف متفاوت در هر ستون از لحاظ آماری اختلاف معنی دار ($P < 0/05$) دارند.

* تیمارها (بر حسب مقدار جلبک استفاده شده در نان یا کریم ویفر و یا هر دو قسمت) عبارتند از: T₁ (نان=0 و کریم=0) | T₂ (نان=0 و کریم=0/5) | T₃ (نان=1 و کریم=0) | T₄ (نان=0 و کریم=0/75) | T₅ (نان=0 و کریم=0) | T₆ (نان=0/5 و کریم=0) | T₇ (نان=1/5 و کریم=0/5) | T₈ (نان=0/5 و کریم=0/75) | T₉ (نان=1/5 و کریم=1).



شکل 2. مقایسه کلی مقادیر مربوط به ارزیابی حسی در تیمارها

احتساب چهار لایه نان و سه لایه کرم در یک ساندویچ ویفر) مقادیر جلبک به کار رفته در نمونه‌های حاوی کرم غنی‌سازی شده با ریزجلبک (مانند تیمارهای T_8 و T_9)، بیشتر از نمونه‌های حاوی نان غنی‌سازی شده با ریزجلبک (مانند تیمارهای T_4 و T_5)، خواهد بود. بطور کلی می‌توان روند افزایشی مقدار ریزجلبک استفاده شده در نمونه‌ها را به صورت رابطه زیر نشان داد:

رابطه (2):

$$T_9 > T_8 > T_7 > T_3 > T_6 > T_5 > T_2 > T_4 > T_1$$

عدد پراکسید، پراکسیدهای تولید شده توسط واکنش‌های آکسایش خودبخودی را تخمین می‌زند و جهت تعیین رسیدیتی اکسیداتیو و ارزیابی درجه فساد چربی‌ها به کار می‌رود (27). نتایج حاصله از آزمون‌های شیمیایی مربوط به تعیین پراکسید پس از طی 4 ماه از زمان تولید، مطابق جدول 3، بیانگر آن است که با افزایش مقدار ریز جلبک/ اسپیرولینا پلاتنسیس در فرمولاسیون ویفر روکش‌دار، عدد پراکسید کاهش یافته، به طوریکه این روند نزولی، در سطح 5 درصد معنی‌دار می‌باشد. علت کاهش عدد پراکسید را می‌توان، وجود آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی موجود در ریزجلبک، از جمله: توکوفرول‌ها، ترکیبات پلی‌فنلی قطبی، میکسوگزانتوفیل، گزانتوفیل، کریپتوگزانتین، زئاگزانتین، آلفا و بتا کاروتن و به‌خصوص رنگدانه فعال فایکوسیانین که یک بیلی‌پروتئین واجد گروه فایکوسیانوبیلین تتراپیرولی می‌باشد، دانست (28). ترکیبات لیپوفیلی همچون β -کاروتن و α -توکوفرول به همراه رنگدانه‌ها به دلیل داشتن سیستم کونژوگه، قادر به بدام انداختن رادیکال‌های آزاد و جلوگیری از فعالیت تخریبی آنها می‌باشند. به گزارش *Gireesh* و همکاران، عصاره اسپیرولینا دارای عملکرد مؤثر و قوی در حذف رادیکال‌های هیدروکسیل (قویترین رادیکال اکسیژن) می‌باشد (29). ترکیباتی همچون لستین و اسید سیتریک مورد استفاده در فرمولاسیون تهیه ویفر نیز می‌توانند به عنوان شلات کننده فلزات سنگین، رادیکال‌های آزاد را کنترل نمایند. عناصر سلنیوم و روی و منگنز موجود در جلبک اسپیرولینا به‌واسطه پتانسیل اکسید و احیاء مناسب و تبدیل پراکسید به محصولات غیرفعال، می‌توانند اثر آنتی‌اکسیدانی از خود نشان دهند (30 و 31). این ترکیبات می‌توانند از طریق برهم‌کنش‌های هم‌افزایی و خنثی نمودن رادیکال‌های آزاد و شلاته نمودن فلزاتی نظیر آهن، از پراکسیداسیون چربیها ممانعت به عمل آورند (30، 32، 12). طی تحقیقی که Belay در سال 2004 انجام داد، ثابت نمود که عصاره الکلی اسپیرولینا نسبت به آنتی‌اکسیدان‌های دیگر همچون آلفا توکوفرول، بتا کاروتن، هیدروکسی آنیزول بوتیل و عصاره آبی آن نسبت به کلروژنیک

جدول 3 نشانگر بیشینه مقادیر هر سه ماده فوق‌الذکر در تیمار T_9 (با 1/5% جلبک در کرم و 1% جلبک در نان ویفر) می‌باشد. نتایج این تحقیق با یافته‌های Danesi و همکاران (2010) که با استفاده از مانیاک و پودر ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس اقدام به غنی‌سازی مافین و کیک و نیز محصولات نانوائی فاقد گلوتن، جهت تولید فرآورده‌های مناسب جهت بیماران سلیاکی نمودند، مطابقت دارد (24). در تحقیقی دیگر De-Marco و همکاران (2014)، در فرمولاسیون پاستا از جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس استفاده نمودند و میزان پروتئین در نمونه‌های غنی‌سازی شده افزایش معنی‌دار یافت (21). با توجه به استفاده از آرد ضعیف با محتوای پروتئین پایین در تهیه نان ویفر، می‌توان در صورت غنی‌سازی آن با اسپیرولینا که دارای پروتئین نسبتاً کامل و ترکیب متعادلی از اسیدهای آمینه ضروری می‌باشد، ارزش تغذیه‌ای آن را بهبود بخشید. از سوی دیگر به دلیل عدم وجود گلوتن در ترکیب ساختار پروتئینی ریزجلبک اسپیرولینا، در پروسه تولید نان ویفر اختلالی ایجاد نخواهد نمود. در تحقیق حاضر با غنی‌سازی ویفر روکش‌دار به‌وسیله جلبک اسپیرولینا، امکان افزایش مقدار پروتئین از حداقل 0/17 درصد وزنی (تیمار T_4) تا حداکثر 1/82 درصد وزنی (تیمار T_9)، نسبت به نمونه شاهد، میسر گردید.

در رابطه با روند افزایش مقدار آهن در نمونه‌های غنی شده، نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های گلمکانی و همکاران (2015) که با غنی‌سازی کیک‌یزدی با استفاده از ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس، توانستند مقادیر آهن، سلنیم، فسفر، منیزیم، منگنز و کلسیم را در نمونه‌های غنی‌شده افزایش دهند، مطابقت دارد (25).

مقایسه میان مقادیر آلفاتوکوفرول در جدول 3 نشانگر آن است که مقدار آلفاتوکوفرول در تیمارها، متناسب با مقدار جلبک روند افزایشی داشت، به طوری که بالاترین مقدار آلفاتوکوفرول در تیمار T_9 (با 1/5% جلبک در کرم و 1% جلبک در نان ویفر) به دست آمد. *Orders* و همکاران (2008)، با غنی‌سازی پنیر موزارلا با استفاده از روغن استخراج شده از جلبک پورفیرییدیوم کرونتوم (*Porphyridium cruentum*)، مقدار توکوفرولها را در پنیر افزایش داده و توانستند به مدت 4 هفته از کاهش DHA (*Docosahexaenoic acid*) جلوگیری نمایند (26).

شاید بتوان علت روند افزایشی مقادیر مربوط به پروتئین، آهن و آلفاتوکوفرول، در تیمارهای غنی‌سازی شده با جلبک اسپیرولینا را در مقدار ریزجلبک بکار رفته در فرمولاسیون نان و کرم ویفر تفسیر نمود. از آنجایی که وزن کرم در ساندویچ ویفر حدوداً 3/66 برابر وزن نان ویفر می‌باشد، بنابراین (با

بالاترین امتیاز به نمونه شاهد و کمترین آن به نمونه‌های حاوی ریزجلبک، صرفاً در نان ویفر اختصاص داشت. به نظر می‌رسد که به کارگیری ریزجلبک در کرم ویفر، به دلیل آبدار و نیز چرب بودن بیشتر، نسبت به نمونه‌های فاقد ریزجلبک در مغزی ویفر، احساس دهانی دلپذیری را از حیث ایجاد طعم و مزه، در هنگام مصرف، بوجود می‌آورد. زرابادی‌پور و همکاران، با استفاده از ریزجلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* در تهیه پاستا نشان دادند که استفاده از مقدار 3 و 9 درصد ریزجلبک در فرمولاسیون پاستا بالاترین امتیاز طعم و مزه و مقدار 7 درصد ریزجلبک در فرمولاسیون بالاترین امتیاز رنگ را کسب نمودند (31). برطبق نتایج جدول 4 نمونه شاهد و نمونه‌هایی که حاوی ریزجلبک در کرم بوده‌اند، بالاترین امتیاز حسی مربوط به بو و رایحه را کسب نمودند. شاید بتوان علت را در وجود کلروفیل موجود در ساختار ریزجلبک به کار رفته در فرمولاسیون کرم ویفر دانست. اثر کلروفیل به‌عنوان یک ماده از بین برنده بو، مطرح می‌باشد (34). احتمالاً اثر فرآیند حرارتی اعمال شده در طی فرآیند پخت می‌تواند باعث غیرفعال گردیدن کلروفیل موجود در ساختار ریزجلبک بکار رفته در فرمولاسیون نان ویفر، شده است. طی فرآیند حرارتی، کلروفیل تجزیه شده و به فئوفیتین (Pheophytin) و پیروفتیوفیتین (Pyropheophytin) تبدیل می‌گردد. درحالی که فرآیند حرارتی اعمال شده بر روی کرم خیلی کم می‌باشد. در تحقیق اسلامی مشگنانی (1394)، مبنی بر اثر پودر اسپیرولینا پلاتنسیس در دوغ پروبیوتیک حاوی پودر نعناع، امتیاز حسی دوغ حاوی 0/3 درصد اسپیرولینا پلاتنسیس در ارزیابی حسی مربوط به بو، مشابه با دوغ شاهد بود (35). بر طبق نتایج به‌دست آمده در جدول 4 تیمارهای حاوی 1 درصد جلبک در کرم به همراه 1/5 و 0/5 درصد جلبک در نان ویفر بیشترین امتیاز مربوط به مغزدار بودن را کسب نمودند. به نظر می‌رسد که استفاده از مقادیر بیشتر جلبک به خصوص در کرم ویفر، رابطه مستقیمی با احساس مغزدار بودن دارد. شاید علت این امر را بتوان به درک بیشتر احساس چرب و مرطوب بودن در کرم در رابطه با استفاده از جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس نسبت داد. با توجه به جدول 4 اثر اسپیرولینا روی تردی معنی‌دار بود و نمونه‌های حاوی 1/5 درصد و 0/75 درصد اسپیرولینا در نان ویفر تردی بیشتری را پس از نمونه نشان دادند. با افزایش استفاده از ریز جلبک در فرمولاسیون کرم ویفر از میزان تردی کاسته شد. حس تردی در واقع همان خاصیت شکسته شدن می‌باشد که قبل از سیالیت قابل توجه رخ می‌دهد. وجود محتوای زیاد پروتئینی در ساختار ریزجلبک اسپیرولینا به دلیل داشتن گروه‌های آبدوست، قادر به نگهداری رطوبت موجود در کرم ویفر گردیده و موجب افزایش محتوای

اسید و گالیک اسید دارای اثرات آنتی‌اکسیدانی بیشتری می‌باشد. جالب توجه اینست که با وجود امکان تجزیه آپو پروتئین فایکو سیانین در دمای بالای 45°C، اثر آنتی‌اکسیدانی این ترکیب حفظ می‌شود، زیرا گروه پروستتیک فایکوسیانین، که واجد فعالیت آنتی‌اکسیدانی است در واقع، فیکو سیانوبیلین بوده و فعالیت آن در دمای بالای پروسه پخت حفظ می‌گردد (30). از سوی دیگر به علت عدم وجود دیواره سخت سلولی در سلول‌های پروکاریوت *اسپیروولینا*، آب سریعاً توسط محتویات سلولی، به خصوص پروتئین‌ها که واجد گروه‌های هیدروفیل می‌باشند، جذب گردیده و با افزایش محتوای رطوبت، طی پروسه پخت نان ویفر، رطوبت در اثر گرمای نهان تبخیر از بافت نان ویفر گرفته شده و اثر حرارت تعدیل می‌گردد و در نتیجه شدت فرآیند اکسیداسیون کاهش می‌یابد. بنابراین کاهش عدد پراکسید در نمونه‌های T₄، T₅، T₆، T₇ و T₈ را نسبت به نمونه کنترل (T₁) پس از طی 4 ماه از زمان تولید، می‌توان این گونه توجیه نمود. Gouveia و همکاران (2006) با استفاده از دو ریزجلبک کلرلا ولگاریس و هماتوکوکوس لویالیس (*Haematococcus pluvialis*) توانستند پایداری اکسیداتیو امولسیون‌ها را، به‌خصوص در امولسیون‌های حاوی هماتوکوکوس (به دلیل وجود رنگدانه آستاگزانتین) افزایش دهند (33).

آزمون‌های حسی: بر طبق جدول (4) بعد از نمونه شاهد، نمونه‌ای که دارای 1 درصد جلبک در مغزی و 1/5 درصد در نان ویفر، بود از لحاظ وضعیت ظاهری، بالاترین امتیاز، و نمونه حاوی 1/5 درصد جلبک در نان ویفر کمترین امتیاز را کسب نمودند. در تعیین وضعیت ظاهری عواملی مانند لک و ترک و سوختگی و تاول زدگی و یکنواختی روکش کاکائویی پوشش داده شده بر روی نان ویفر، اندازه و حجم ویفر و حتی نوع لفافه و بسته‌بندی بکار رفته، حائز اهمیت بوده و نقشی تعیین کننده دارد. یافته‌های Danesi و همکاران (2010)، در تهیه کیک مانیاک با استفاده از جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس*، نشانگر عدم تفاوت معنی‌دار در وضعیت ظاهری نمونه‌های واجد جلبک بوده است (24). نتایج بدست آمده براساس جدول 4 نشانگر کسب بالاترین امتیاز رنگ توسط نمونه T₉ (حاوی 1 درصد جلبک در کرم و 1/5% جلبک در نان ویفر) بود. به طور کلی نمونه‌های حاوی مقادیر افزون‌تر جلبک در کرم ویفر، به دلیل رنگ سبز ملایم ایجاد شده در مغزی ویفر، تصویر خوشایندی در هنگام مصرف، در ذهن ارزیاب‌های حسی ایجاد نموده و این امر، توانسته است به‌عنوان نقطه قوت مثبتی، در تولید این محصول محسوب گردد. نتایج مندرج در جدول (4) نشانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار مربوط به آزمون طعم، بین نمونه شاهد و نمونه‌های واجد ریز جلبک در کرم ویفر بود.

وجود عدم تفاوت معنی‌دار بین نمونه‌های جلبکی و نمونه شاهد بوده است.

خصوصیات حسی نشانگر این بود که از نقطه نظر طعم و پذیرش کلی نمونه‌های T_0 و T_8 پس از شاهد بالاترین امتیازات را کسب نمودند ولی از حیث خصوصیات مذکور و نیز وضعیت ظاهری، تفاوت معنی‌داری در سطح آماری 5 درصد، بین نمونه‌های ریزجلبکی و نمونه شاهد، مشاهده نگردید. از نقطه نظر رنگ، مغزدار بودن و بافت دهانی نمونه‌های T_0 و T_8 و از نقطه نظر عطر، نمونه‌های T_3 و T_9 ، بعد از نمونه شاهد بالاترین امتیاز را کسب نمودند. از نظر تردی نیز نمونه شاهد و نمونه T_5 نسبت به دیگر نمونه‌ها تفاوت معنی‌دار داشته و بهترین امتیاز را کسب نمودند.

در یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان اظهار نمود که با استفاده از منبع فراسودمند اسپیرولینا پلاتنسیس در ترکیب و فرمولاسیون ویفر روکش‌دار، به ویژه در سطوح جایگزینی 1 درصد وزنی/وزنی در کرم و 1/5 درصد وزنی/وزنی در نان ویفر روکش‌دار، می‌توان محصولی با کیفیت تغذیه‌ای و حسی مطلوب تولید نمود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از مدیریت محترم کارخانه صنعتی نوشین فرد، جناب آقای مهندس بیگری و پرسنل محترم که جهت انجام این پروژه تحقیقی، با مساعدت‌های بی‌دریغ خود، هرچه بیشتر، ارتباط بین صنعت و دانشگاه را معنی بخشیدند، کمال امتنان را دارم.

رطوبت می‌گردد. در نتیجه بافتی نرم‌تر حاصل گردیده و تردی و قابلیت شکنندگی آن کاهش می‌یابد. در تحقیق Mamatha و همکاران (2007)، با استفاده از جلبک انترومورفاکمپرسا در فرمولاسیون اسنک، با افزایش مقدار جلبک، محتوای چربی افزایش یافته و نتیجتاً بافتی نرم‌تر حاصل گردید و مقادیر تردی و چسبندگی و پیوستگی کاهش پیدا نمود (19).

با توجه به جدول 4 اثر اسپیرولینا روی بافت دهانی معنی‌دار بود و نمونه‌های حاوی 1 درصد جلبک در کرم و 1/5 جلبک در نان ویفر آرومای مطلوب بیشتری را نشان دادند. زرابادی پور و همکاران (1393)، با استفاده از ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در تهیه پاستا ثابت نمودند که استفاده از مقدار 7 درصد ریزجلبک در فرمولاسیون دارای بهترین بافت دهانی می‌باشد (31). براساس جدول 4، هیچ یک از نمونه‌های جلبکی در آنالیز حسی پذیرش کلی، در سطح آماری 5 درصد، تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نشان ندادند. *Fradique* و همکاران (2010)، با استفاده از جلبک‌های اسپیرولینا ماکسیما و کلرلا ولگاریس در تهیه پاستا نشان دادند که نمونه‌های غنی شده (حاوی 0/5 تا 2 درصد از زیست توده ریزجلبک‌ها) از پذیرش کلی بهتری نسبت به نمونه شاهد برخوردار بود (36). در رابطه با پذیرش کلی نمونه‌های مورد ارزیابی، به نظر می‌رسد که ارزیاب‌ها، معیارهای مختلفی را جهت پذیرش کلی محصولات مورد آزمون، ملاک عمل قرار داده‌اند که در کل، برآیند میانگین‌های نسبی حاصله، دال بر

References

- Latham MC. Human nutrition in the developing world. FAO Food and Nutrition Series No. 29. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome. 1997. P. 3-12.
- World Bank. World development report New York: Oxford University press. 1993. P. 36-42.
- Khazae T, Zardast M, Sadat Jou SA. Prevalence of Iron Deficiency Anemia in Birjand High School Students. J Birjand Univ Med Sci. 2003; 10(1): 29-33. [In Persian].
- Pishgouei SA, Khosh Sima S. The Study of Iron Deficiency Anemia Prevalence among Aja Nursing Faculty Students, Tehran, 2004-2005. J Army Univ Med Sci I R Iran. 2006; 4(3): 931-4. [In Persian].
- Almeida CA, Ricco RG, Ciampo LA, Souza AM, Pinho AP, Oliveira JE. Factors associated with iron deficiency anemia in Brazilian preschool children. J Pediatr (Rio J). 2004; 80(3): 229-34.
- Earl R. Guidelines for dietary planning. In: Mahan LK, Escott-Stump S, editors. Krause's food, nutrition, and diet therapy. 11th edition. Philadelphia, Pennsylvania, Saunders Co. 2004. P.364-412.
- Mirzarian S, Ghiasvand R, Sadeghian F, Sheikhi M, Khosravi ZS, Yadegarfar G. Assessing the micronutrient and macronutrient intakes in female students of Isfahan university of medical sciences and comparing them to the set standard values. Journal of Health System Research. 2010; 6(3):3-6. [In Persian].
- Ghiasvand R, Ashrafi M, Ashrafzadeh E, Asgari G R and Hasanzadeh A. Relationship between junk foods intake and weight in 6-7 years old children, Shahin shahr and Meimeh in 2009. Journal of Health System Research. 2010; 6(4):3-6. [In Persian].
- Plaza M, Herrero M, Cifuentes A, and Ibañez E. Innovative natural functional ingredients from Microalgae. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2009; 57: 7159-70.
- Buono S, Langellotti AL, Martello A, Rinna F, and Fogliano V. Functional ingredients from microalgae. (review), Food Funct. 2014; 5: 1669-85.
- Vonshak A. *Spirulina platensis* (*Arthrospira*): Physiology, cell-biology and biotechnology.. Taylor and Francis group. 2002.p.20-29.
- Vonshak A. Appendics: *Spirulina platensis* (*Arthrospira*): Physiology Cell-biology and Biotechnology. Taylor and Francis Ltd., London. 1997. p. 214.

13. Ötles S, & Pire R. Fatty acid composition of *Chlorella* and *Spirulina* microalgae species, J. AOAC. 2001; 84: 1708-14.
14. Dillon JC, Phan PA. *Spirulina* as source of protein in human nutrition. Bull. Inst. Oceanogr. 1993; 12: 103-107.
15. Spolaore P, Joannis-Cassan C, Duran E, Isambert A. Commercial applications of microalgae. Journal of Bioscience and Bioengineering, Osaka. 2006; 101(2): 87-96. Available from: URL: <http://dx.doi.org/10.1263/jbb.101.87>.
16. IYER UM, DHRUV SA, MANI IU. *Spirulina* and Its Therapeutic Implications as a Food Product. In: GERSHWIN ME, BELAY A. (Eds). *Spirulina* in Human Nutrition and Health. Boca Raton: CRC Press, Cap. 2008; 3: 51-70.
17. Shetty K, Paliyath G, Pometto A, and Levin RE. Food Biotechnology, CRC Press. 2006. p. 498.
18. Zhao Xiulan Zhao Xiangzhong (Shandong Medical University)(Shandong Institute of Light Industry); Study on *Spirulina Platensis Nutritious Yogurt*[J]; CHINA DAIRY INDUSTRY; 1999-01. Available from: URL: http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-RPGY901.004.htm
19. Mamatha B, Namitha K, Senthila A, Smitha J, Ravishankra G. Studies on use of Enteromorpha in snack food. J Food Chem. 2007; 10: 1707-13.
20. Salehifar M, Shahbazizadeh S, Khosravi- Darani K, Behmadi H, Ferdowsi R. Possibility of using microalgae *Spirulina platensis* powder in industrial production of Iranian traditional cookies. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology. 2013; 7(4): 63-72. Available from: URL: <http://nsft.sbm.ac.ir/article-1-931-en.html>. [In Persian].
21. De-Marco ER, Steffolani ME, Martínez CS, León AE. Effects of *Spirulina* biomass on the technological and nutritional quality of bread wheat pasta. Food Science and Technology. 2014; 58(1):102-108.
22. Manley D. Mauley's technology of biscuits, crackers and cookies, 4rd Ed. Woodhead publishing L.td. Cambridge. 2011.
23. Approved methods of analysis of the American Association of Cereal Chemists, 58-16.01, 46-12.01, 44-16.01, 40-70.01, 38-12.02, and 08-01.
24. 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.
25. Golmakani MT, Moayyedi M, Raissjalali A, Pesaran Y, Aghajani A. Investigation of Physicochemical, Nutritional, Textural, and Sensory Properties of Iranian Yazdi Cupcake Enriched with *Spirulina (Arthrospira platensis)*. International Conference on Latest Trends in Food, Biological & Ecological Sciences. 2015 Available from: URL: <http://dx.doi.org/10.17758/IAAST.A1015033>. [In Persian].
26. Orders M, Duncan SE, Waterman KM. Sensory Evaluation of Mozzarella Cheese Supplemented with Algal Oil. IRB. 2008; 08:157.
27. Gonzalez S, Duncan SE, Okeefe SF, Sumner SS, & Herbein JH. Oxidation and textural characteristics of butter and ice cream with modified fatty acid profiles. Journal of Dairy Science. 2003; 86: 70-77.
28. Bhat VB, and Madyastha KM. Biochem. Biophys. Res. Commun. 2001; 285: 262-266.
29. Gireesh T, Nair P, Sudharakaran P. Study on the bioavailability of the provitamin. Acarotenoid, beta-carotene, using human exfoliated colonic epithelial cells. Br J Nutri. 2004; 92(2):241-245.
30. 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.
31. Zar Abadi Pour M, Akbari M, Moravvati M and Afshin Pajhv R. Effect of *Spirulina* Microalgae on Pasta Production, The first national conference on the development of comprehensive quality strategy for food safety, Tehran, Iran Quality Management Association. 2014. Available from: URL: http://www.civilica.com/Paper-IRANQMS01-IRANQMS01_117.html. [In Persian].
32. Gelagutashvili ES, Belokobyl'skii AI, Rcheulishvili AN, Mosulishvili LM. Interaction of Pb(II) ions with C-phycocyanin from *Spirulina platensis*: effect of ionic strength. Biofizika. 2003; 48(4):589-594.
33. Gouveia L, Batista AP, Raymundo A, Sousa I, and Empis J. *Chlorella vulgaris* and *Haematococcus pluvialis* biomass as coloring and antioxidant in food emulsions. European Food Research and Technology. 2006; 222: 362-367.
34. Brocklehurst JC. Assessment of Chlorophyll as a Deodorant. Br Med J. 1953 Mar 7; 1(4809): 541-544.
35. Moshkenani A, Fadaei Noghani V, Khosravi Darani K, Mazinani S. Effect of *Spirulina Platensis* Micro Alga Powder on Some Physicochemical and Sensory Characteristics of Probiotic Yoghurt Drink Containing mint Powder. Iranian Research Organization for Science and Tecgnology. 2015; 2(6): 59-70. [In Persian].
36. 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.

Enrichment of Coated Wafers by Addition of Micro Algae *Arthrospira* (*Spirulina*) *Platensis* Powder

Souzankar R^{*1}, Chaichi-Nosrati A², Movahhed S³

1- *Corresponding author: M.Sc Student of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, varamin Branch, Iran. Email: reza_souzankar@yahoo.com

2- Assistant prof, Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, lahijan Branch, Iran.

3- Associate prof of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, pishva-varamin Branch, Iran.

Received 24 Oct, 2017

Accepted 4 Feb, 2018

Background and Objectives: So far, no research has been carried out on the fortification of cream and wheat flour by *arthrospira platensis* micro algae powder to produce coated wafer. By enriching of wafer with *arthrospira platensis* micro algae we can provide a new opportunity for the production of functional cereal foods. The objective of the present study is to investigate the effect of *arthrospira platensis* Powder on nutritional, qualified and sensory characteristics of coated wafer.

Materials & Methods: Samples of fortified wafers were prepared using *arthrospira platensis* at a level of 0.5 and 1.0 (% w/w) in wafers cream and 0.75 and 1.5% (% w/w) in wafers bread. The protein, iron and *alpha tocopherol* contents of the samples were measured by kjeldahl, atomic absorption and high-performance liquid chromatography (HPLC), respectively. Sensory evaluation (hedonic scale 1– 5) of the samples was made by 5 trained panelists. Besides, the peroxide value in the samples was also determined.

Results: The iron, protein and *alpha tocopherol* contents of the fortified coated wafer were higher, and their peroxide value was lower, than their respective control values after four months ($p < 0.05$). The amount of protein content increased from a minimum of 0.17% to 1.82% , iron content from 3.58% to 40.43% and the rate of *alpha tocopherol* content from 2.21% to 14.7% . On the basis of Sensory evaluation (hedonic scale 1–5), coated wafers samples containing 1.0 % of *A. platensis* in wafers cream and 1.5% of *A. platensis* in wafers bread scored highest following the control sample ($p < 0.05$).

Conclusion: It is possible to produce coated wafers fortified by *Arthrospira platensis* with desirable nutritional, qualified and sensory characteristics.

Keywords: *Spirulina platensis*, *Arthrospira platensis*, Microalgae, Fortification, Coated wafer, Nutritional value