**مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران**
**سال سیزدهم، شماره 2، تابستان 1397، صفحات 60-51**

# غنی‌سازی ویفر روکش دار با استفاده از پودر ریز جلبک *آرتروسپیرا (اسپیرولینا) پلاتنسیس*

رضا سوزنکار[1]، سارا موحد[2]، آرش چایچی نصرتی [3]

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 دریافت: 96/8/2 تاریخ پذیرش: 96/11/15

## چکیده

**سابقه و هدف:** تاکنون پژوهشی در رابطه با غنی‌سازی ویفر روکش‌دار 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 روکش‌دار 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 درنان ویفر روکش‌دار، تهیه گردیده و مقادیر پروتئین، آهن و آلفا توکوفرول در ویفرهای غنی شده، به‌ترتیب به‌وسیله روش‌های کِلجدال، جذب اتمی و HPLC اندازه‌گیری شد. ارزیابی حسی محصولات تولید شده، در روز دوم تولید، توسط 5 ارزیاب آموزش دیده و به‌روش هِدونیک 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 آنتی‌اُکسیدان آلفاتوکوفرول از حداقل 2/21 % تا 14/71 % نسبت به نمونه شاهد بود. درحالی 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 هدونیک، ویفر غنی شده با جلبک *آرتروسپیرا پلاتنسیس* در سطوح 1 درصد وزنی/ وزنی در کرم و 1/5 درصد وزنی/ وزنی در نان ویفر رو کش‌دار، پس از نمونه شاهد بیشترین امتیاز را کسب نمود.

**نتیجه‌گیری:** نتیجه این که می‌توان با غنی‌سازی ویفر روکش‌دار با استفاده از جلبک *آرتروسپیرا پلاتنسیس* ویژگی‌های تغذیه‌ای، حسی و کیفی آن را به‌نحو مطلوبی ارتقاء داد.

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

## • مقدمه

در دنیای امروز، پدیده فقر غذایی و سوء تغذیه، در نوباوگان وکودکان 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 سِن) به مقدار بیش از40 % و نیز پدیده Wasting (کاهش وزن نسبت به قد) به‌مقدار بیش از 10 % در این نواحی می‌باشد (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 بِالقُوه‌ای جهت تهدید سلامتی کودکان، زنان باردار و بِالاَخص 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 داردکه در دریافت ریز مغذی‌هایی نظیر ویتامین‌های: $B_{12}$ ، A و C ، ریبوفلاوین، فولات، کلسیم و دیگر عناصر حیاتی، نسبت به مقادیر توصیه شده RDA

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-15 ]

(Recommended (Daily) Dietary Allowences) (6) عدم تعادل مشاهده می‌گردد (7). بر طبق تحقیقات غیاثوند و همکاران (1389) بیشترین نوع تنقلات مصرفی توسط کودکان را محصولات کیک، بیسکوییت وشربت 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 مُبتنی بر غنی‌سازی خوراکی‌های مورد علاقه کودکان، می‌تواند یکی از مهم‌ترین، مناسب‌ترین و کاربردی‌ترین روش‌ها جهت پیشگیری از بروز سوءتغذیه محسوب گردد. علاوه براین، مصرف تنقّلات، 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 فعّال منحصر بفرد، ریزجُلبکها را در زُمره غذاهای عَملگر و فراسودمند قرار داده است (9). در مقایسه با دیگر منابع طبیعی واجد ترکیبات زیست فعال، ریزجلبک‌ها به‌دلیل تنوع زیستی بسیارگسترده، از مزیّت بیشتری برخوردار می‌باشند (10). *اسپیرولینا* از جمله ریزجلبک‌های چند سلولی، مارپیچی شکل و رشته‌ای سبز-آبی، متعلق به شاخه سیانوباکتریا، خانواده *اُسیلّا توریا سه (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 16-7 % چربی برخوردار بوده (12) و منبعی غنی از ترکیبات زیست فعال مختلف و متنوع، از جمله اسیدهای چرب ضروری همچون اسید گاما لینولنیک (GLA) و اسید لینولئیک (LA) (13)، مواد معدنی، ویتامین‌ها و رنگدانه‌ها به‌شمار می‌آید. ترکیب نسبتاً متعادلی از هشت اسید آمینه ضروری موجود دراین جلبک، به اِنضمام قدرت جذب بالای این مواد دربدن ارزش زیستی بالایی به‌آن بخشیده است (14). دیگر خصوصیت با ارزش اسپیرولینا وجود محتوای کم اسید نوکلئیک (کمتر از 5%) درآن است که این مقدار کمتر از ریزجلبک‌های دیگر از جمله کلرلا و سندسمیوس می‌باشد (16، 15).

تحقیقات *Shetty* و همکاران در سال 2006، دال بر وجود اثرات مثبت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات عملگر موجود در اسپیرولینا، ازجمله فایکوسیانین، سلنیوم، کاروتنوئیدها دارد. به نَحوی 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 اُکسیداسیونی، ویروس‌ها و نیز بیماری‌های سیستم ایمنی، کبدی و حتی سرطان داشته باشد (17).

تاکنون تحقیقات متعددی در زمینه غنی‌سازی و کاربرد ریزجلبک ها از جمله *اسپیرولینا پلاتنسیس* در مجصولات 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 با 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 گامالینولنیک درکلوچه‌های 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 و20 درصد وزنی را مورد بررسی قرار داده و ویژگی‌های کیفی تغذیه ای و تکنولوژیکی حاصله را نسبت به نمونه شاهد ارزیابی نمودند. درمجموع نشان دادند که محتوای پروتئینی افزایش یافته، و در عین‌حال 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

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-15 ]

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 کِرِم 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، به‌ترتیب به‌وسیله روش‌های کِلجدال، جذب اتمی و HPLC تعیین گردیده شد. ارزیابی حسی محصولات تولید شده، در روز دوم تولید، توسط 5 ارزیاب آموزش دیده و به روش هِدونیک 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 قرارگرفت: پودر شکر (51/01 %)، روغن جامد (41/81 %)، شیرخشک (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 پودرجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* با آرد ویفر به منظور تهیه نان ویفر و نیز استفاده از سطوح 0/5 و 1 درصد وزنی/ وزنی پودرجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* در فرمولاسیون کِرِم، ترکیب 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 مُصوّب AACC به‌شماره 40-70.01، توسط دستگاه جذب اتمی مدل Analyst 700 ساخت شرکت Perkin Elmer کشور آمریکا، میزان آنتی‌اُکسیدان آلفاتوکوفرول با روش مصوب استاندارد ملی ایران به‌شماره 9266، توسط دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارآیی بالا (HPLC) مدل Cp 3800 ساخت کمپانی Varian انجام‌گردید. مقدار تزریق نمونه 20 میکرولیتر و آشکارساز فلورسنس JASCO مدل FP-1520 ($\lambda$ exc=290 nm and $\lambda$ em = 300 nm) مورد استفاده قرارگرفت. 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 برابردمای اتاق بود. براساس زمان بازداری آلفاتوکوفرول و نیز کروماتوگرام حاصل از نمونه‌های روغن، ترکیبات توکوفرولی در نمونه ها مشخص گردید. جهت تعیین عدد پراکسید ابتدا چربی نمونه‌ها با استفاده ازحلال هگزان مطابق روش استاندارد ملی به‌شماره 37 استخراج گردیده و عدد پراکسید در نمونه‌های استخراج شده، دردو مرحله، به‌ترتیب در روز دوم تولید و سپس، پس از طی 4 ماه (درشرایط نگهداری در دمای اتاق بدوراز شرایط خاص) با استفاده از استاندارد AACC به‌شماره 58-16.01، مورد ارزیابی قرارگرفت (23).

**جدول 1.** ترکیب شیمیایی آرد مورد استفاده در پژوهش

| ترکیب شیمیایی آرد ( اطهر) | پروتئین (درصد در ماده خشک) | گلوتن مرطوب درصد | رطوبت درصد | 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) وزن خشک | رطوبت(درصد) وزن خشک | خاکستر غیرمحلول دراسید (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 *A.platenis* | 58/93 ±0/003 | 6/32 ±0/001 | 87/4 ±0/002 | 3/24 ±0/003 | - | - |

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-15 ]

**آزمون حسی:** جهت انجام این آزمون از یک گروه 5 نفره آموزش دیده در محدوده سنی 26 تا30 سال، استفاده گردید. ارزیابی حسی نمونه‌ها برطبق استاندارد روش هِدونیک 5 نقطه ای مورد امتیازدهی قرارگرفت. نمونه ها را به ترتیب: وضعیت ظاهری، رنگ، طعم و مزه، عطر، مغزدار بودن، تُردی، بافت دهانی و پذیرش‌کلی بررسی کرده، به‌صورتیکه داوران جداگانه پشت میزهای مربوط به خود مستقر گردیده و به بررسی نمونه‌ها پرداختند، هریک از ارزیاب‌ها، 9 نمونه بُرش داده شده از ویفرها را در ظرف‌هایی‌که به‌صورت تصادفی شماره سه رقمی بر روی آنها درج گردیده بود، دریافت نموده و نظر کلی خود را نسبت به نمونه ها، 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 داده ها، در یک 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 آلفاتوکوفرول 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.

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

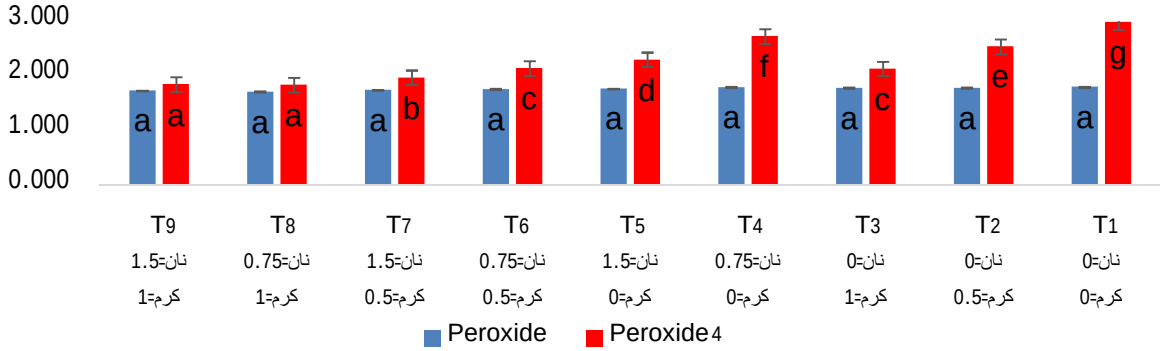
| تیمارها[1] | *A.platensis* [2] کرم نان (% بکارگیری جلبک) | | پروتئین (درصد وزنی) (بر اساس وزن نمونه خشک) | آهن mg/100gr وزن خشک | آلفا توکوفرول mg/100gr وزن خشک | عدد پراکسید[3] m Eq/K g | عدد پراکسید m Eq/K g (پس از طی 4 ماه) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $T_1$ | صفر | صفر | 3/148±0/053 [a] | 3/933±0/009 [a] | 0/136±0/003 [a] | 1/797±0/015 [a] | 2/987±0/050 [g] |
| $T_2$ | صفر | 0/5 | 3/464±0/022 [c] | 4/471±0/002 [c] | 0/143±0/001 [c] | 1/780±0/020 [a] | 2/540±0/030 [e] |
| $T_3$ | صفر | 1 | 4/119±0/005 [f] | 5/118±0/005 [f] | 0/149±0/001 [d] | 1/783±0/030 [a] | 2/133±0/153 [c] |
| $T_4$ | صفر | 0/75 | 3/321±0/003 [b] | 4/074±0/008 [b] | 0/139±0/001 [b] | 1/790±0/026 [a] | 2/730±0/036 [f] |
| $T_5$ | صفر | 1/5 | 3/627±0/004 [d] | 4/516±0/005 [d] | 0/145±0/001 [c] | 1/763±0/032 [a] | 2/300±0/020 [d] |
| $T_6$ | 0/5 | 0/75 | 3/921±0/003 [e] | 4/763±0/003 [e] | 0/145±0/001 [c] | 1/760±0/062 [a] | 2/140±0/053 [c] |
| $T_7$ | 0/5 | 1/5 | 4/365±0/003 [g] | 5/215±0/002 [g] | 0/151±0/001 [d,e] | 1/740±0/060 [a] | 1/970±0/026 [b] |
| $T_8$ | 1 | 0/75 | 4/675±0/005 [h] | 5/347±0/004 [h] | 0/153±0/001 [e] | 1/710±0/053 [a] | 1/837±0/012 [a] |
| $T_9$ | 1 | 1/5 | 4/969±0/003 [i] | 5/523±0/002 [i] | 0/156±0/001 [f] | 1/727±0/070 [a] | 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 کِرم و نان ویفر می باشند.

2 - بر حسب (درصد وزنی/ وزنی)

3 – اندازه‌گیری شده در روز دوم تولید




**شکل1.** 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.)

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-15 ]

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 $T_9$ و پس از آن $T_8$ از نظر طعم، عطر و پذیرش‌کلی، 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 $T_9$ و پس از آن $T_8$، نسبت به نمونه شاهد امتیاز بالاتری کسب نموده و این اختلاف در سطح آماری 5 درصد معنی‌دار بود. از نظر تردی نمونه شاهد بالاترین امتیاز را کسب نمود و نمونه‌های جلبکی بجز نمونه $T_5$، نسبت به نمونه شاهد، تفاوت معنی‌دار داشتند.

## • بحث

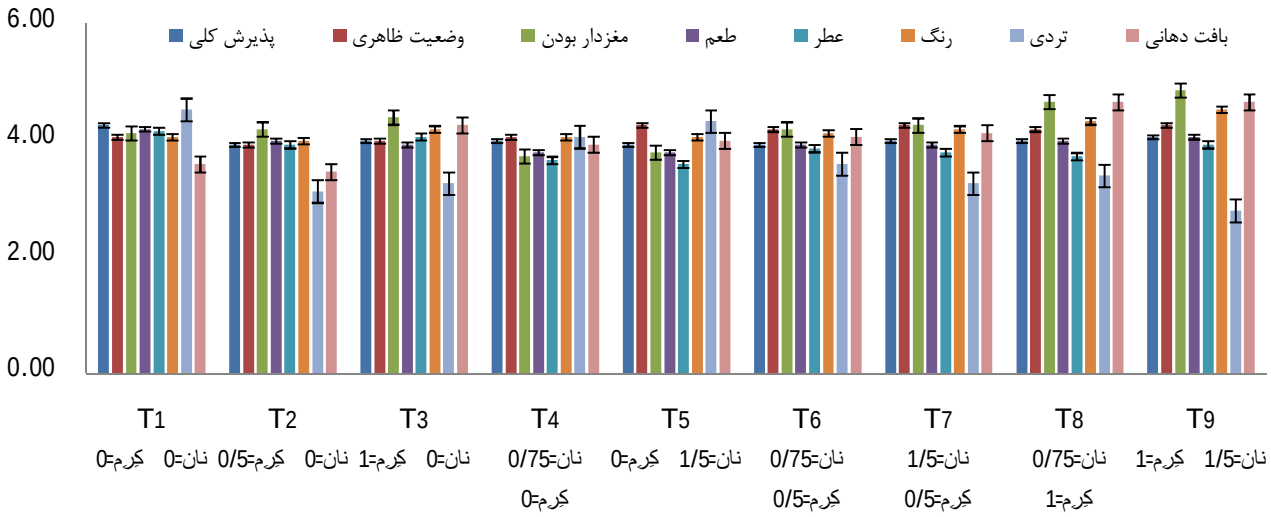
**آزمون‌های شیمیایی:** مطابق با آنالیز شیمیایی انجام شده بر روی پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس*، این جلبک در هر 100 گرم، دارای 58/93 گرم، پروتئین، 87/4 میلی‌گرم آهن و 6/32 میلی‌گرم آنتی‌اُکسیدان آلفاتوکوفرول می‌باشد. مقادیر پروتئین، آهن و آلفا توکوفرول اندازه‌گیری شده در نمونه‌های ویفر غنی‌سازی شده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

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(برحسب مقدار جلبک استفاده شده در نان یا کِرم ویفر و یا هر دو قسمت)،عبارتند از: $T_1$ ( نان=0و کِرم=0) | $T_2$( نان=0 و کِرم=0/5) | $T_3$( نان=0 و کرم=1)| $T_4$ ( نان=0/75و کرم=0) | $T_5$( نان=1/5 و کرم=0) | $T_6$( نان=0/75 و کرم=0/5) | $T_7$( نان=1/5 و کرم=0/5 ) | $T_8$( نان=0/75 و کرم= 1) | $T_9$( نان= 1/5 و کرم=1).




**شکل2.** مقایسه کلی مقادیر مربوط به ارزیابی حسی در تیمارها

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-15 ]

جدول 3 نشانگر بیشینه مقادیر هر سه ماده فوق الذکر در تیمار $T_9$ (با 1/5% جلبک درکِرم و1% 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 نانوایی فاقد گلوتن، جهت تولید فرآورده‌های مناسب جهت بیمارانی سلیاکی نمودند، مطابقت دارد (24). درتحقیقی دیگر De-Marco و همکاران (2014)، در فرمولاسیون پاستا ازجلبک 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 حداکثر1/82 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 درجدول 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 درنان ویفر) به دست آمد. *Orders* و همکاران (2008)، با غنی‌سازی پنیر موزارلا با استفاده از روغن استخراج شده از جلبک پورفیریدیوم کروئنتوم (*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 احتساب چهار لایه نان و سه لایه کِرِم در یک ساندویچ ویفر) مقادیر جلبک به کار رفته در نمونه‌های حاوی کرم غنی‌سازی شده با ریزجلبک (مانند تیمارهای $T_9$ و $T_8$)، بیشتر از نمونه‌های حاوی نان غنی‌سازی شده با ریزجلبک (مانند تیمارهای $T_4$ و $T_5$)، خواهد بود. بطورکلی 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 اُکسایش خودبخودی را تخمین می‌زند و جهت تعیین رَنسیدیتی اکسیداتیو و ارزیابی درجه فساد چربی‌ها به کار می رود (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، ازجمله : توکوفرول ها، ترکیبات پلی‌فنلی قطبی، میکسوگزانتوفیل،گزانتوفیل،کریپتوگزانتین، زِئا گزانتین، آلفا و بتا کاروتن و به‌خصوص رنگدانه فعّال فایکوسیانین که یک بیلی‌پروتئین واجدگروه فایکوسیانوبیلین تتراپیرولی می‌باشد، دانست (28). ترکیبات لیپوفیلی همچون β- کاروتن و α-توکوفرول به همراه رنگدانه‌ها به‌دلیل داشتن سیستم کونژوگه، قادر به بدام انداختن رادیکال‌های آزاد و جلوگیری از فعالیت تخریبی آنها می‌باشند. به‌گزارش *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 آنتی‌اُکسیدانی از خود نشان دهند (31و30). این ترکیبات می‌توانند از طریق برهم کُنش‌های هم‌افزایی و خنثی نمودن رادیکال‌های آزاد و شلاته نمودن فلزاتی نظیر آهن، از پراکسیداسیون چربیها ممانعت به عمل آورند (32، 30، 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 بوتیله و عصاره آبی آن نسبت به کلروژنیک

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-15 ]

اسید و گالیک اسید دارای اثرات آنتی‌اکسیدانی بیشتری می‌باشد. جالب توجه اینست‌که 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 دیگربه علت عدم وجود دیواره سخت سلولی در سلول‌های پروکاریوت *اسپیرولینا*، 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 ویفرگرفته شده و اثر حرارت تعدیل می‌گردد و در نتیجه شدت فرآیند اکسیداسیون کاهش می‌یابد. بنابراین کاهش عدد پراکسید در نمونه‌های $T_4$، $T_5$، $T_6$، $T_7$، $T_8$ و $T_9$ را نسبت به نمونه کنترل ($T_1$) 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 لوبالیس (*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 *اسپیرولینا 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 $T_9$ (حاوی1درصد جلبک در کرم و 1/5% جلبک در نان ویفر) بود. به طورکلی نمونه‌های حاوی مقادیر افزون‌تر جلبک در کرم ویفر، به‌دلیل رنگ سبز ملایم ایجاد شده در مغزی ویفر، تصویر خوشایندی در هنگام مصرف، درذهن ارزیاب‌های حسی ایجاد نموده و این امر، توانسته است به‌عنوان نقطه قوت مثبتی، درتولید این محصول محسوب گردد. نتایج مندرج در جدول (4) نشانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار مربوط به‌آزمون طعم، بین نمونه شاهد و نمونه‌های واجد ریز جلبک در کرم ویفر بود. بالاترین امتیاز به نمونه شاهد و کمترین آن به نمونه‌های حاوی ریزجلبک، صرفاً در نان ویفر اختصاص داشت. به‌نظر 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، درهنگام مصرف، بوجود می‌آورد. زرآبادی‌پور و همکاران، با استفاده از ریزجلبک *اسپیرولینا 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 غیرفعّال 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 پیروفئوفیتین (Pyropheophytin) تبدیل می‌گردد. درحالی که فرآیند حرارتی اعمال شده بر روی کرم خیلی کم می‌باشد. در تحقیق اسلامی مشگنانی (1394)، مَبنی براثر پودر اسپیرولینا پلاتنسیس دردوغ 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 درکِرِم 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 تُردی 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 می‌باشدکه قبل از سیالیت قابل توجه رخ می‌دهد. وجود محتوای زیاد پروتئینی در ساختار ریزجلبک اسپیرولینا به‌دلیل داشتن گروه‌های آبدوست، قادر به نگهداری رطوبت موجود در کرم ویفرگردیده و موجب افزایش محتوای

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-15 ]

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 انتروومورفاکمپرسا درفرمولاسیون اسنک، با افزایش مقدار جلبک، محتوای چربی افزایش یافته و نتیجتاً بافتی نرمتر حاصل گردید و مقادیر تُردی 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. زرآبادی 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 درآنالیز حسی پذیرش کلی، در سطح آماری 5 درصد، تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نشان ندادند. *Fradique* و همکاران(2010)، با استفاده ازجلبک‌های *اسپیرولینا ماکسیما و کلرلا ولگاریس* در تهیه پاستا نشان دادندکه نمونه‌های غنی شده (حاوی 0/5 تا 2 درصد از زیست توده ریزجلبک ها) از پذیرش کلی بهتری نسبت به نمونه شاهد برخوردار بود (36). در رابطه با پذیرش‌کلی نمونه‌های مورد ارزیابی، به‌نظر می‌رسد که ارزیاب‌ها، معیارهای مختلفی را جهت پذیرش‌کلی محصولات مورد آزمون، ملاک عمل قرار داده‌اند که درکل، برآیند میانگین‌های نسبی حاصله، دال بر وجود عدم تفاوت معنی‌دار بین نمونه‌های جلبکی و نمونه شاهد بوده است.

خصوصیات حسی نشانگر این بود که از نقطه نظَر طعم و پذیرش‌کلی نمونه‌های $T_9$ 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 $T_9$ 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 $T_5$ نسیت به دیگر نمونه ها 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 حسّی مطلوب تولید نمود.

**سپاسگزاری**

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

## • References

1. 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.
2. World Bank. World development report New York: Oxford University press. 1993. P. 36-42.
3. Khazaee 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].
4. Pishgouei SA, Khosh SimaS. 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].
5. 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.
6. 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.
7. 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].
8. 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].
9. 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.
10. Buono S, Langellotti AL, Martello A, Rinna F, and Fogliano V. Functional ingredients from microalgae. (review), Food Funct. 2014; 5: 1669-85.
11. Vonshak A. *Spirulina platensis ( Arthrospira):* Physiology, cell-biology and biotechnology.. Taylor and Francis group. 2002.p.20-29.
12. Vonshak A. Appendics: *Spirulina platensis (Arthrospira)*: Physiology Cell-biology and Biotechnology. Taylor and Francis Ltd., London. 1997. p. 214.

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-15 ]

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.sbmu.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. [InPersian].

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.

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-15 ]

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

*Souzankar R[*1], Chaichi- Nosrati A[2] , Movahhed S[3]*

*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

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-15 ]