

## ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی نان باگت‌های غنی شده با پروتئین‌های

### تک یاخته

آرزوعطایی<sup>۱</sup>، علی شریف زاده<sup>۲\*</sup>

۱. گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران

۲. گروه آموزشی میکروبیولوژی، دانشکده دامپزشکی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران

نویسنده - al.sharifzadeh@iau.ac.ir

### چکیده

**زمینه و هدف:** در حال حاضر تولید غذاهای سلامتی بخش با هدف بهبود وضعیت تغذیه‌ای آحاد جامعه رو به افزایش است، که عمده آن‌ها غذاهای غنی شده و کم کالری هستند. این پژوهش به منظور بررسی اثر اسپیرولینا به شکل عصاره اتانولی، متانولی و پودر بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بیاتی نان باگت انجام گرفت.

**روش کار:** تیمارها به صورت ۱٪ یا ۰/۵٪ عصاره اتانولی، ۱٪ یا ۰/۵٪ عصاره متانولی و ۱٪ یا ۰/۵٪ پودر اسپیرولینا به فرمولاسیون نان باگت افزوده شد. مقدار پروتئین به روش کلدال، چربی به روش سوکسله اتومات، میزان سفتی و بیاتی به روش تکسچر، آزمون رطوبت، خاکستر و PH اندازه‌گیری شد. ارزیابی حسی به روش مقیاس هدونیک ۵ نقطه‌ای مورد بررسی قرار گرفت.

**نتایج:** میزان پروتئین در تیمارهای حاوی ۰/۵٪ و ۱٪ عصاره اتانولی و ۱٪ عصاره متانولی از پروتئین گیاهی نیز بیشتر بود. همچنین میزان چربی به خصوص در تیمار ۱٪ عصاره متانولی نسبت به گروه شاهد تفاوت معناداری داشت ( $p < 0.05$ ). PH نان تولیدی اعم از خمیر یا نان در تیمارهای حاوی اشکال مختلف اسپیرولینا و یا پروتئین گیاهی با شاهد تفاوت معناداری مشاهده نگردید ( $p > 0.05$ ). بیشترین درصد خاکستر مربوط به نان با پروتئین گیاهی و سپس نان‌های حاوی اشکال مختلف اسپیرولینا بود. بیشترین میزان رطوبت مربوط به تیمار حاوی ۱٪ پودر اسپیرولینا بود. با افزایش دوره نگهداری رطوبت کلیه تیمارها کاهش و میزان سفتی نان در تیمارها افزایش یافت. همچنین نتایج نشان داد تیمارهای حاوی اشکال مختلف اسپیرولینا از نظر حسی امتیاز بالاتری داشتند.

**نتیجه گیری:** به‌طور کلی نتایج پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از تیمارهای حاوی اسپیرولینا در فرمولاسیون نان‌های باگت باعث افزایش پروتئین، افزایش اندک چربی، کاهش سفتی نان، افزایش رطوبت و در نتیجه کاهش بیاتی نان در پایان دوره نگهداری شد. همچنین استفاده از اسپیرولینا باعث بهبود خواص حسی نان‌های باگت شد.

**کلید واژه‌ها:** اسپیرولینا، رطوبت، سفتی، نان باگت، چربی، پروتئین

## مقدمه

امروزه در جهان کمبود مواد غذایی مسئله مهمی است و اکثر جوامع به نوعی در پی یافتن راهی برای حل این مشکل هستند. یکی از این منابع، پروتئین‌های تک‌یاخته می‌باشد. برای تولید این پروتئین‌ها از میکروارگانیسم‌های مختلفی نظیر باکتری‌ها، سیانوباکترها و قارچ‌ها استفاده می‌گردد (Ghaeni et al., 2015). پروتئین تک‌یاخته واژه‌ای است که برای تعریف زیست توده میکروبی تولیدی در فرایندهای تخمیری استفاده شد. اگرچه ممکن است استفاده از میکروب‌ها به عنوان غذا برای انسان و حیوان زیاد قابل پذیرش نباشد اما به نظر می‌رسد که در آینده‌ای نه چندان دور، این محصولات برای حل مشکل غذا به میزان زیاد به کار گرفته شوند. میکروارگانیسم‌ها به واسطه رشد سریع و درصد بالای پروتئین، می‌توانند منابع غذایی مناسب با قیمت ارزان باشند (Jafari et al., 2012). یکی از زیست توده‌های میکروبی اسپیرولینا می‌باشد. اسپیرولینا، سیانوفیت فتوسنتز کننده‌ای است که قادر به رشد در شدت بالای نور خورشید و شرایط بسیار قلیایی و دمای بالا است. این جنس، متعلق به خانواده اسیلاتوریاسه است که شامل سیانوباکترهای ریشه‌ای با تریکوم‌های زنجیره مانند مارپیچ است که درون یک غلاف نازک احاطه شده‌اند و اسپیرولینا ماکسیما، اسپیرولینا پلاتنسیس و اسپیرولینا فوسی فرمیس جزو گونه‌های متداول مورد مطالعه اسپیرولینا هستند (Jafari et al., 2021). اسپیرولینا از محتوای قابل توجه پروتئینی با پروفایل مناسب آمینو اسیدها، بالغ بر ۷۰ درصد وزن خشک و ۱۶-۷٪ چربی برخوردار بوده و منبعی غنی از ترکیبات زیست فعال مختلف و متنوع، از جمله اسیدهای چرب ضروری هم‌چون اسید گاما لینولنیک و اسید لینولئیک، مواد معدنی، ویتامین‌ها و رنگدانه‌ها به شمار می‌آید (Souzankar et al., 2018). اسپیرولینا برای اولین بار توسط تورپین از نمونه آب شیرین جداسازی شد (Jafari et al., 2021). مکمل‌های غذایی از گونه پلاتنسیس و ماکسیما ساخته می‌شوند (Fernandes et al., 2023). ارزش غذایی اسپیرولینا در مقایسه با انواع باکتری‌ها به دلیل درصد نسبتاً کم نوکلئیک اسیدهای موجود در آن است، و برخلاف دیواره سلولزی سایر جلبک‌های تغذیه‌ای، دیواره‌های سلولی موکوپروتئینی اسپیرولینا به راحتی هضم می‌شوند. اسپیرولینا غیرسمی است و

چربی‌های آن به صورت اسید چرب غیر اشباع است که کلسترول ندارد (Gilki Kanari Zakari Mehr., 2021). سازمان بهداشت جهانی نیز، اسپیرولینا را به عنوان یک گونه بسیار با ارزش خوراکی و مفید می‌داند ولی بهتر است قبل از مصارف انسانی با حرارت استریل شود (Gholampour and Delshad., 2015). درصد بالای کورکومین و اسید آسکوربیک به عنوان آنتی اکسیدان‌های قوی در اسپیرولینا بر ارزش غذایی آن می‌افزاید (Gilki Kanari and Zakari Mehr., 2021). اسپیرولینا یک غذای کاربردی امیدوارکننده برای درمان بیماری‌هایی مانند دیابت، سرطان، اختلالات قلبی عروقی، COVID-19، شرایط التهاب عصبی و دیس بیوز روده می‌باشد (Ahmad et al., 2023). آهن موجود در اسپیرولینا برای افرادی که دچار کم خونی هستند بسیار مفید است. همچنین بیش‌تر از شیر گاو کلسیم دارد که به راحتی جذب بدن می‌شود (Gilki Zakari Mehr., 2021). مطالعات متعدد روی اسپیرولینا نشان می‌دهد که کاربردهای متعدد درمانی روی برخی از بیماری‌های غیر واگیر دارد. این خواص مرتبط با ویژگی‌های ترکیب شیمیایی و ارزش تغذیه‌ای خاص اسپیرولینا از قبیل مواد معدنی، رنگدانه‌ها، اسیدهای چرب امگا ۳، پروتئین، اسیدهای آمینه ضروری و انواع ویتامین‌ها است (Moradi., 2024). از خواص سلامت‌بخشی دیگر آن، خواص ضدباکتریایی و مؤثر در آلرژی‌ها، زخم معده، آنمی، مسمومیت فلزات سنگین و مسمومیت ناشی از تشعشعات رادیواکتیو را می‌توان نام برد (Zarrin et al., 2014). نتایج برخی از پژوهش‌ها نشان داده است اسپیرولینا توانسته در مورد سرطان پوست مؤثر عمل کند و تومورها را از بین ببرد و با انواع سرطان پوست، تیروئید، پانکراس و ریه نیز مقابله کند (Ghaeni et al., 2015). گزارش شده است که اسپیرولینا حاوی پروتئین ۶۷٪ در مقایسه با پنیر سویا، کلسیم تا ۱۸٪ در مقایسه با شیر، آهن تا ۵۱٪ در مقایسه با اسفناج و بتاکاروتن تا ۳۱٪ در مقایسه با هویج بالاتر است (Arab et al., 2021). Sadeghabadi et al., 2021). در بین ویتامین‌ها، سیانوکوبالامین یکی از فراوان‌ترین عناصر موجود در اسپیرولینا است (۲ تا ۶ برابر از کبد خام گاو غنی‌تر است) و علاوه بر این که منبع خوبی از آن است، ۵۰، ۷۰ و ۱۲ درصد

سیانوباکترها از جمله /اسپیرولینا پلاتنسیس در محصولات تولید شده بر پایه غلات، انجام گرفته است. به طور مثال صالحی فر و همکاران در سال ۱۳۹۱ به بررسی امکان غنی سازی و اثر /اسپیرولینا پلاتنسیس بر ویژگی های بافتی، رنگی و تغذیه ای کلوچه صنعتی پرداختند، نتایج نشان داد با افزودن ۱ تا ۱٫۵ درصد /اسپیرولینا پلاتنسیس به کلوچه سنتی ایرانی ضمن دستیابی به محصول غنی شده ویژگی های تغذیه ای و حسی آن بهبود می یابد (Salehifar et al., 2013). همچنین هرناندز-لویز و همکاران سال ۲۰۲۳ پژوهشی با هدف بررسی اثرات /اسپیرولینا در نان فرموله شده با چهار آرد گندم با قدرت آلوئوگراف به انجام رساندند. نتایج نشان داد که /اسپیرولینا می تواند یک ماده سازگار با محیط زیست برای فرمول بندی مجدد نان تقویت شده از نظر تغذیه ای با بافت خوب باشد که به خوبی توسط مصرف کنندگان پذیرفته شده است (Hernández-López et al., 2023). در مطالعه ای دیگر توسط سنجرى و همکاران در سال ۱۴۰۱، عصاره های اتانولی، متانولی و پودر /اسپیرولینا پلاتنسیس به فرمولاسیون نان حجیم افزوده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که پودر /اسپیرولینا بیشترین نقش را در کاهش سفتی داشت، در حالی که عصاره متانولی بیشترین میزان حفظ رطوبت نان طی دوره نگهداری را دارا بود، اما با توجه به رنگ سبز تیره نمونه های نان حاوی پودر، استفاده از عصاره توصیه می گردد (Sanjari et al., 2022). نان از جمله غذاهای سلامت بخش است که با توجه به ویژگی های منطقه ای، فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی از منابع اصلی الگوی غذایی روزانه مردم می باشد و بخش عمده ای از انرژی و پروتئین مورد نیاز روزانه بدن را تأمین می کند. در بیانی واقعی تر باید گفت که نان همیشه محصولی پایدار و بخشی از رژیم غذایی مصرف کننده است (Iftikhari Yazdi et al., 2018). مطالعات مربوط به میزان مصرف گندم در میان کشورهای مختلف جهان نشان می دهد که ایران با سرانه مصرف ۱۹۴ کیلوگرم در سال، در رتبه هفتم قرار دارد، در واقع ۶۳ درصد از جیره غذایی روزانه هر خانواده ایرانی از مصرف نان تأمین می شود (Chale Kai., 2023). صرف نظر از ارزش غذایی، نان در فرهنگ ایرانیان باستان نیز جایگاه برجسته ای داشت؛ نان جزو رژیم غذایی روزانه ایرانیان باستان بود از مردمان عادی گرفته تا پادشاهان این سرزمین غذایشان را با نان می خوردند

ویتامین های B1، B2 و B3 و توکوفرول (ویتامین E) را در خود دارد (Jafari et al., 2021). رنگدانه های موجود در /اسپیرولینا علاوه بر مزایای سلامت بخشی، دارای ارزش تجاری گسترده به عنوان رنگ های طبیعی در مواد غذایی، مواد آرایشی و دارویی هستند (Zakari Mehr., 2021). Gilki Kanari and امیدوارکننده مرتبط با عصاره /اسپیرولینا عمدتاً مربوط به رنگدانه آبی با ارزش افزوده بالای آن، فیکوسیانیین است (Fernandes et al., 2023). فیکوسیانیین برای درمان انواع بیماری ها با از بین بردن گونه های فعال اکسیژن، مانند آب مروارید، کبد چرب غیر الکلی و بیماری های دژنراتیو استفاده شده است (Li., 2022). بیشتر مزایای سلامتی /اسپیرولینا با محتوای رنگدانه های فعال زیستی مختلف از جمله کاروتنوئیدها، کلروفیل ها، فتوفیتین ها و فیکوبیلی پروتئین ها مرتبط است. علاوه بر این، /اسپیرولینا حاوی سطوح بالایی از ترکیبات فنلی است که به فعالیت آنتی اکسیدانی محصولات مبتنی بر /اسپیرولینا کمک می کند (Dalla Costa et al., 2022). کاروتنوئیدها به عنوان ترکیباتی در نظر گرفته می شوند که قادر به مبارزه با رادیکال های آزاد، کاهش خطر ابتلا به سرطان، و پیشگیری از بیماری های قلبی عروقی و نورو دژنراتیو هستند. فواید سلامتی متعدد کاروتنوئیدها به دلیل عملکردهای آنتی اکسیدانی و ضد التهابی آنها می باشد (Holman and Malau-Aduli., 2013). امروزه تولید تجاری /اسپیرولینا در مکزیک، تایوان، تایلند، کالیفرنیا، هند، ایتالیا، ژاپن به خوبی انجام می شود و محصول خشک شده آن مورد استفاده های فراوانی دارند. تولید /اسپیرولینا در مقیاس بزرگ در سیستم های باز، سیستم های لوله ای بسته و فتوبیوراکتورهای استوانه ای انجام می شود (Ghaeni et al., 2015). تا کنون کشت آزمایشگاهی /اسپیرولینا به منظور تولید صنعتی در ایران در مراکز علمی و پژوهشی کشور به مرحله اجرا درآمده و بدین منظور گونه خالص /اسپیرولینا از کشور اندونزی به ایران منتقل شده است و عملیات کشت و پرورش آن با موفقیت انجام شده (Iftikhari Yazdi et al., 2018). بر اساس مطالعات و بررسی های انجام شده محیط کشت ایده آل برای رشد /اسپیرولینا پلاتنسیس، محیط کشت زاروک می باشد (Qolizadeh et al., 2016). تا کنون تحقیقات متعددی در زمینه غنی سازی و کاربرد

میلی لیتر متانول به آن اضافه و با ورتکس ۷ دقیقه هم زده شد، سپس در سانتریفوژ به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه و دمای ۱۰ درجه سلسیوس سانتریفوژ گردید. لایه رویی رسوب با کاغذ صافی فیلتر می شود و به رسوب باقی مانده موجود در فالدون ۲۵ میلی لیتر متانول تازه اضافه گردید. سپس با همان شرایط ذکر شده دوباره سانتریفوژ شد. لایه رویی جدید به عصاره استخراج شده مرحله قبلی افزوده شد. سپس محلول به دست آمده با متانول به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد. عصاره اتانولی نیز به همان شیوه ذکر شده در بالا تهیه شد. عصاره تهیه شده تا زمان آنالیز در فریزر با دمای ۱۸- درجه سلسیوس نگهداری شد (Khodaverdipour and Sharifzadeh, 2022).

#### (- تولید نمونه های نان

مقدار آرد مصرف شده برای تهیه هر نمونه تولید ۱۰۰۰ گرم بود که با این شرایط میزان ۱٪ عصاره متانولی یا ۰.۵٪ عصاره متانولی، ۱٪ عصاره اتانولی یا ۰.۵٪ عصاره اتانولی، ۱۰٪ پودر خشک/اسپیروولینا یا ۰.۵٪ پودر خشک/اسپیروولینا به طور جداگانه بر پایه وزن آرد افزوده شد. نمک به مقدار ۱۰ گرم، شکر به مقدار ۴۰ گرم، مخمر به مقدار ۲۰ گرم و ۱۰ گرم کره گیاهی به فرمولاسیون نان اضافه شد. مقدار آب مصرف شده ۷۰۰ میلی لیتر بود. برای تهیه نمونه نان شاهد بدون عصاره یا پودر/اسپیروولینا از آرد، آب، مخمر، شکر، کره گیاهی، بهبوددهنده و نمک استفاده شد. پس از مخلوط کردن، خمیرهای آماده شده به صورت جداگانه به مدت ۱۵ دقیقه در دمای محیط قرار داده شد تا مرحله تخمیر اولیه و یا به اصطلاح ور آمدن را طی نمایند. طی این مدت روی خمیر با پارچه پوشانده شد. بعد از سپری شدن مدت تخمیر اولیه، خمیر به چانه های ۲۵۰ گرمی تقسیم شده و با وردنه پهن و سپس به شکل نان باگت در آمد. چانه ها به مدت ۶۰ دقیقه استراحت کردند و در نهایت داخل فر با دمای ۱۶۰ به مدت ۱۵ دقیقه پخت کامل انجام شد (Sanjari et al., 2022). (شکل ۱).

(Azizipoor, 2022). نان در حال حاضر به اشکال مختلف و با طعم و بافت گوناگون و همچنین با استفاده از آردهای مختلف تولید می شود. انواع نان را می توان در دو دسته نان مسطح و نان قالبی یا حجیم تقسیم نمود (Azizi Tabrizi et al., 2009). بنابراین با توجه به محدودیت منابع و عدم امکانات تأمین مواد غذایی، جهت رفع نیازهای تغذیه ای مردم به ویژه اقشار کم درآمد و با توجه به ظرفیت بالای باکتری ها در تولید پروتئین های میکروبی سبب شد تا یکی از پرمصرف ترین مواد غذایی در سفره ها را با قیمت تمام شده کم پروتئینی نموده و با تولید این غذای فراسودمند نیاز پروتئینی جامعه را با روش جدید و ارزانی مرتفع نمایند.

#### مواد و روش ها

##### (- مواد اولیه و تیمارها

مواد مورد استفاده شامل آرد، پودر خشک/اسپیروولینا، مخمر نانوائی مارک رضوی از نوع خشک فعال و سایر ترکیبات شامل نمک، شکر، کره گیاهی و بهبود دهنده مارک سحر که در تهیه نان استفاده شد، از فروشگاه های معتبر خریداری شد. نمونه ها شامل ۸ تیمار می باشند:

- ۱٪ عصاره اتانولی/اسپیروولینا
- ۰.۵٪ عصاره اتانولی/اسپیروولینا
- ۱٪ عصاره متانولی/اسپیروولینا
- ۰.۵٪ عصاره متانولی/اسپیروولینا
- ۱٪ پودر/اسپیروولینا
- ۰.۵٪ پودر/اسپیروولینا
- نان های غنی شده با پروتئین های گیاهی
- شاهد

##### (- تهیه عصاره/اسپیروولینا

اسپیروولینا به حالت پودر خشک سبز رنگ خریداری شد. پنج گرم پودر اسپیروولینا درون فالدون ریخته شد و ۲۵



شکل ۱- مراحل تهیه نان

#### (- اندازه گیری پروتئین

روش های مختلفی جهت اندازه گیری محتوای نیتروژن مواد خوراکی توسعه یافته است. متداول ترین روش برای تعیین مقدار نیتروژن در مواد آلی که بر اساس خنثی شدن با تیتراسیون استوار است، روش کج لداال است. در این روش ترکیبات نیتروژنی موجود در مواد خوراکی در قدم اول باید هضم شوند که این فرآیند بسیار زمان بر و نیازمند تعدادی از معرف ها است. بدین منظور، ابتدا نمونه مورد نظر با اسید سولفوریک غلیظ و به همراه کاتالیزور که سبب سرعت بخشیدن واکنش می شود هضم شده و ترکیبات نیتروژنی موجود به نمک آمونیوم تبدیل می شوند. مرحله دوم شامل جداسازی اشکال مختلف آمونیوم و جمع آوری آن ها با استفاده از تقطیر و یک اسید ضعیف (اسید بوریک) است و مرحله سوم تعیین مقدار آمونیوم به وسیله تیتراسیون با یک اسید قوی مانند اسید سولفوریک یا اسید کلریدریک است (Seifdavati et al., 2018). جهت اندازه گیری خطا، آزمون شاهد با نمونه ساکارز و آزمون ریکآوری با نمونه گلاسیسین انجام شد.

#### (- اندازه گیری چربی به روش سوکسله

اندازه گیری چربی مواد غذایی به روش سوکسله یکی از تکنیک های استخراج چربی است، که اغلب آزمایشگاه ها آن را انجام می دهند. با این روش محتوای چربی نمونه ماده غذایی استخراج می شود. اندازه گیری چربی نمونه های نان باگت در طی زمان طبق استاندارد ۱۰-۳۰ AACC در دستگاه سوکسله اتوماتیک انجام پذیرفت (Barzegar et al., 2021).

#### (- بافت سنجی

سفتی نان توسط آزمون آنالیز پروفایل بافت با استفاده از دستگاه تکسچر آنالایزر اندازه گیری شد (Sanjari et al., 2022).

#### (- اندازه گیری رطوبت

در تحقیق حاضر میزان رطوبت نان، با روش استاندارد ملی ایران به شماره ۲۷۰۵ اندازه گیری شد. در رابطه با رطوبت کل، پوسته و مغز هر کدام به طور جداگانه اندازه گیری شدند. رطوبت پوسته و مغز در هر نمونه در فواصل زمانی معین (در روز اول، دوم و چهارم پس از پخت) اندازه گیری شدند (Sanjari et al., 2022).

#### (- آزمون بیانی

آزمایشات مربوط به بیانی نان باگت ها شامل آزمون تغییرات رطوبت پوسته و مغز، سفتی بافت بود که بلافاصله پس از پخت، دو و چهار روز بعد از پخت انجام شدند (Sanjari et al., 2022).

#### (- اندازه گیری خاکستر

میزان خاکستر مواد غذایی شاخصی برای سنجش کیفیت آن و نشان دهنده مقدار مواد معدنی و غیر آلی موجود در ماده غذایی است. میزان درصد خاکستر نمونه های نان باگت در طی زمان مطابق با روش ۰۱-۰۸ AACC تعیین شد (Barzegar et al., 2021).

#### (- اندازه گیری pH

آزمایش PH برای کنترل کهنگی آرد است و برای کنترل افزودنی هایی مثل جوش شیرین در نان نیز استفاده می شود. برای این کار ۱۰ گرم خمیر قبل از پخت و ۱۰ گرم مغز نان پخته شده به طور جدا با ۹۰ سی سی آب مقطر مخلوط شد و روی لرزاننده قرار گرفت یا با همزن مخلوط شد تا ترکیب یکنواخت ایجاد شود. سپس هر کدام مجزا با دستگاه

مقایسه مقدار پروتئین تیمارهای مختلف با گروه شاهد نشان می‌دهد که افزودن اسپیرولینا اعم از پودر، عصاره متانولی یا اتانولی به تیمارها باعث افزایش مقدار پروتئین در همه تیمارها شده است. این افزایش در همه تیمارها بجز ۰/۵٪ پودر اسپیرولینا معنی‌دار بوده است ( $p < 0/05$ ). همچنین بر اساس نتایج این تحقیق میزان پروتئین در تیمارهای حاوی ۱٪ عصاره متانولی و ۰/۵٪ و ۱٪ عصاره اتانولی حتی نسبت به تیمار حاوی پروتئین گیاهی نیز بالاتر بوده است. هر چند که اختلاف آماری معنادار صرفاً در تیمار حاوی ۱٪ عصاره اتانولی اسپیرولینا مشاهده گردید. همچنین در این تصویر تاثیر افزودن اشکال مختلف اسپیرولینا بر میزان چربی نیز آورده شده است. نتایج نشان داد که کمترین میزان چربی در گروه شاهد و بیشترین میزان چربی در تیمار حاوی ۱٪ عصاره متانولی می‌باشد. در مقایسه با گروه شاهد اختلاف آماری معناداری مشاهده گردید ( $p < 0/05$ ). (نمودار ۱).

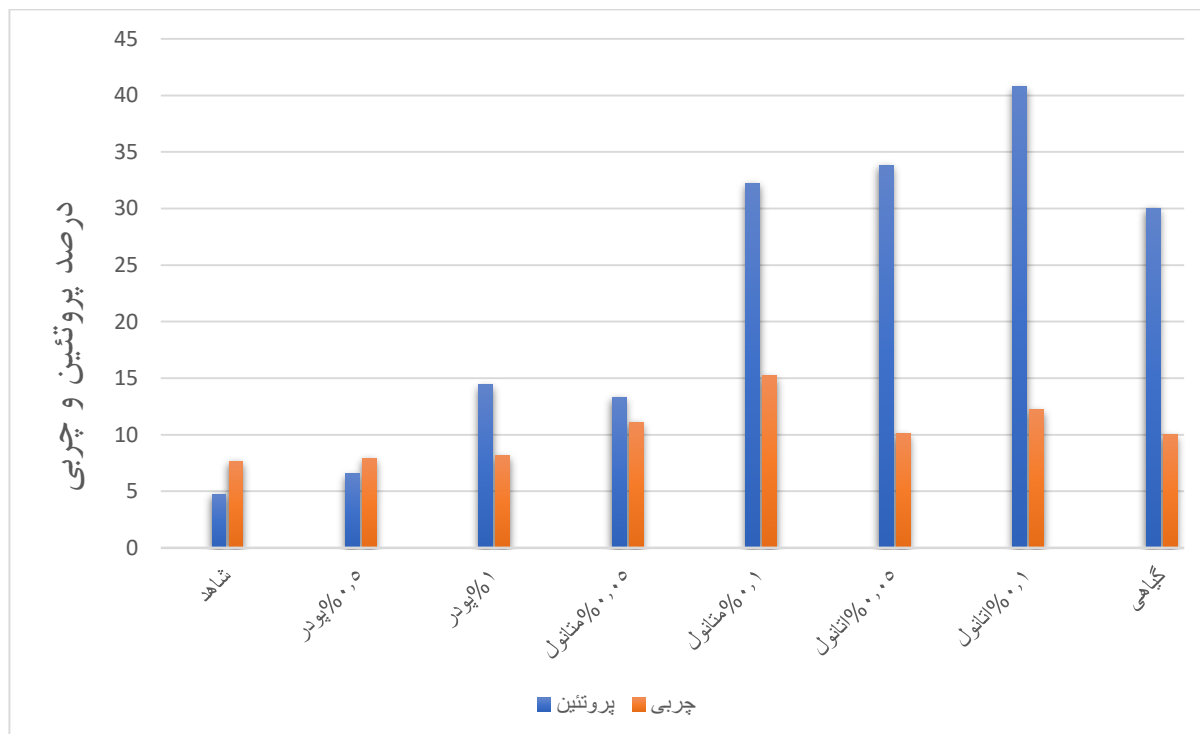
PH متر سنجش شد. سپس به آرامی به آن سود یک دهم نرمال افزوده شد تا خنثی گردد. در این زمان میزان سود اضافه شده از روی بورت مدرج خوانده شد.

#### (- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌های نان باگت توسط ۱۰ ارزیاب و با استفاده از مقیاس هدونیک ۵ نقطه‌ای انجام شد. در آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای به ترتیب ۱- بسیار بد، ۲- بد، ۳- متوسط، ۴- خوب و ۵- بسیار خوب است. به عدد ۱ کم‌ترین امتیاز و عدد ۵ بیشترین امتیاز تعلق می‌گیرد. در این پژوهش صفات حسی شامل طعم و مزه (میزان درک طعم مطلوب در تست چشایی)، عطر و بو (میزان احساس عطر مطلوب در تست بویایی)، رنگ، بافت و پذیرش کلی تعیین شد (Barzegar et al., 2021).

#### یافته ها

#### (- ارزیابی پروتئین و چربی

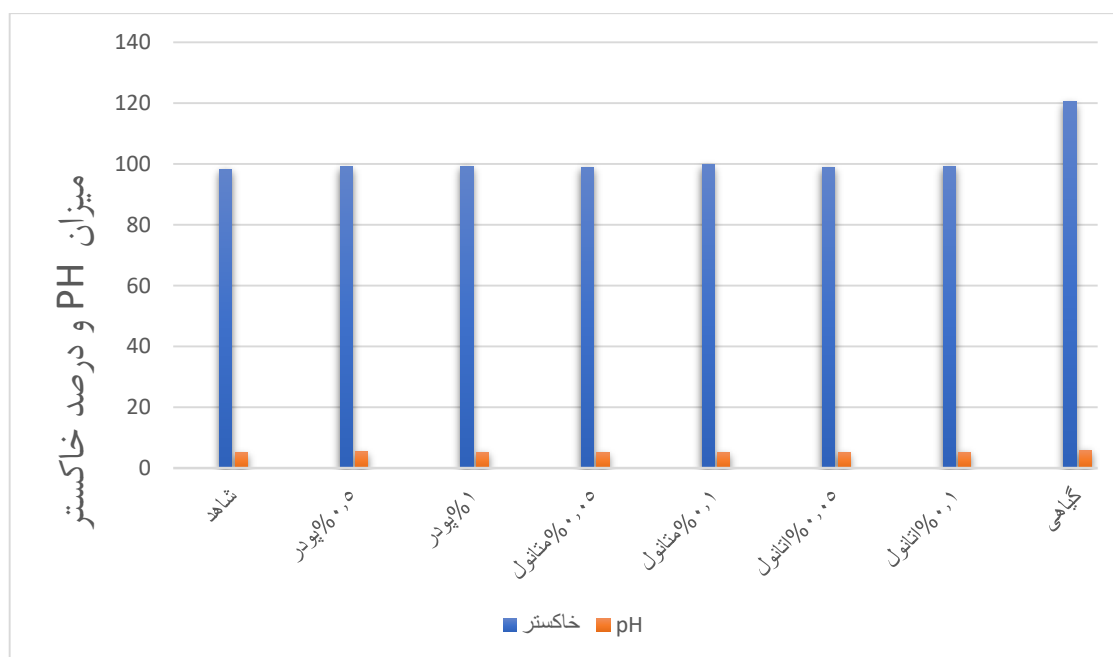


نمودار ۱- تاثیر استفاده از پروتئین‌های گیاهی و تک‌یاخته‌ای بر میزان پروتئین و چربی نان

اسپیروولینا پلاتنسیس به اشکال مختلف، میزان خاکستر نمونه‌های نان افزایش یافت ولی اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نگردید. همچنین در این تصویر نشان داده شد که افزایش درصد اسپیروولینا در هر یک از اشکال مختلف، میزان PH کاهش یافته که البته با نمونه شاهد اختلاف آماری معناداری نشان نداد. (نمودار ۲).

#### (- ارزیابی خاکستر و PH

نتایج نشان داد بیشترین میزان خاکستر در نمونه‌های دارای پروتئین گیاهی و کمترین میزان در نمونه شاهد مشاهده شد. نتایج نشان داد که با افزایش میزان

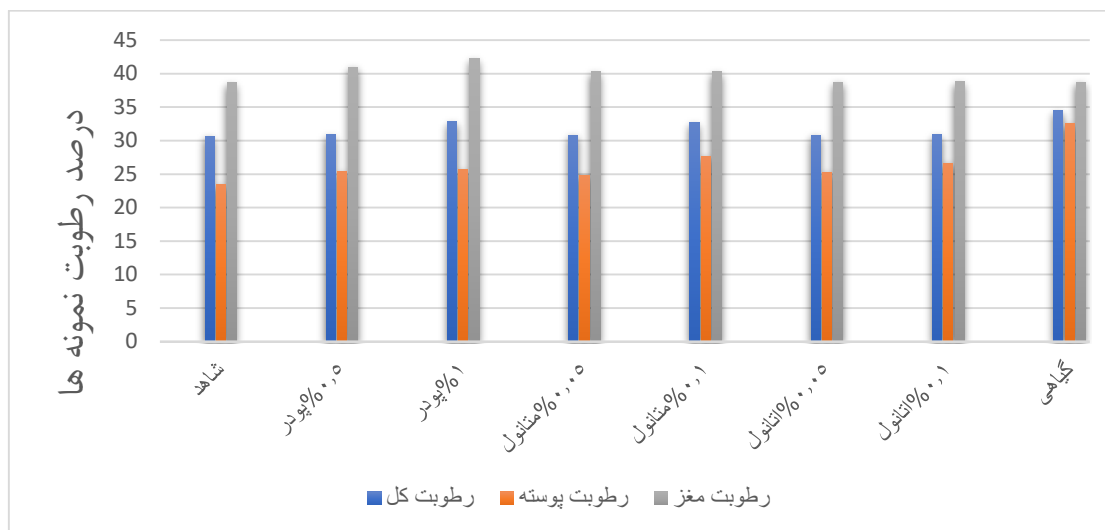


نمودار ۲- تاثیر استفاده از پروتئین‌های گیاهی و تک‌یاخته‌ای بر میزان PH و خاکستر

#### ارزیابی رطوبت نان

شاهد نداشت به‌طور کلی استفاده از اسپیروولینا به هر سه شکل باعث افزایش رطوبت نسبت به نمونه شاهد گردید. بین تیمارهای مختلف اسپیروولینا تفاوت معنی‌داری از لحاظ میزان رطوبت نیز مشاهده نشد. (نمودار ۳).

نتایج تاثیر افزودن اشکال مختلف اسپیروولینا پلاتنسیس بر رطوبت کل، پوسته و مغز نان در تیمارهای مختلف در نمودار ۳ آمده است. بیشترین میزان رطوبت مربوط به تیمار ۱٪ پودر اسپیروولینا بود که البته تفاوت معنی‌داری با تیمار

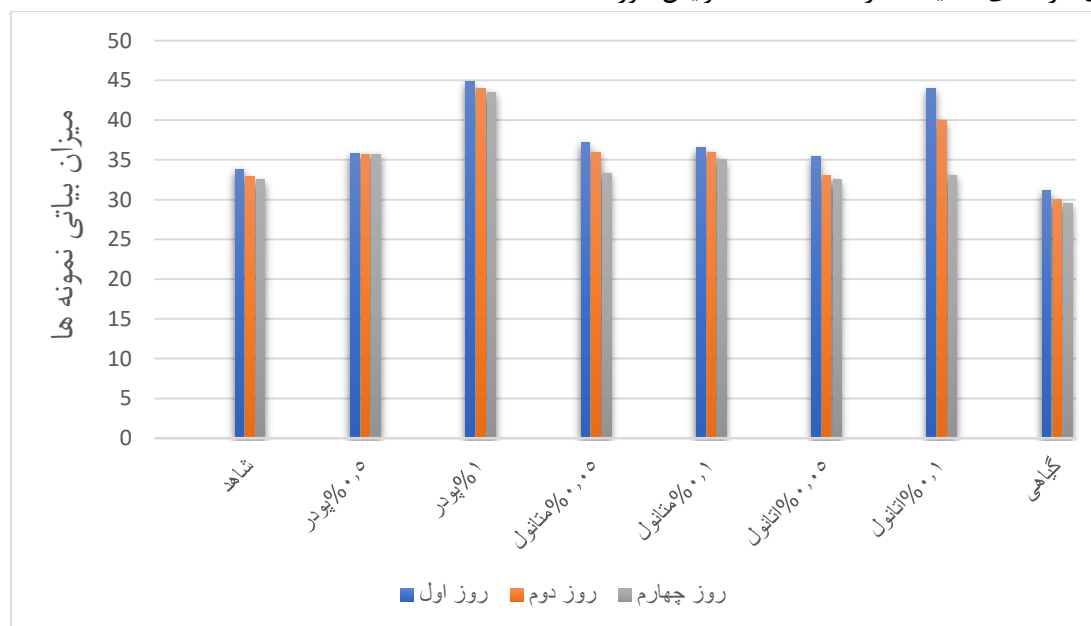


نمودار ۳- تاثیر استفاده از پروتئین های گیاهی و تک یاخته ای بر رطوبت نان

نگهداری میزان رطوبت نان را در همه تیمارها کاهش داده است. (نمودار ۴).

(- ارزیابی بیاتی طی زمان نگهداری

در نمودار ۴ به تغییرات میزان رطوبت نان در طی ۴ روز نگهداری در دمای محیط اشاره شده است. افزایش دوره



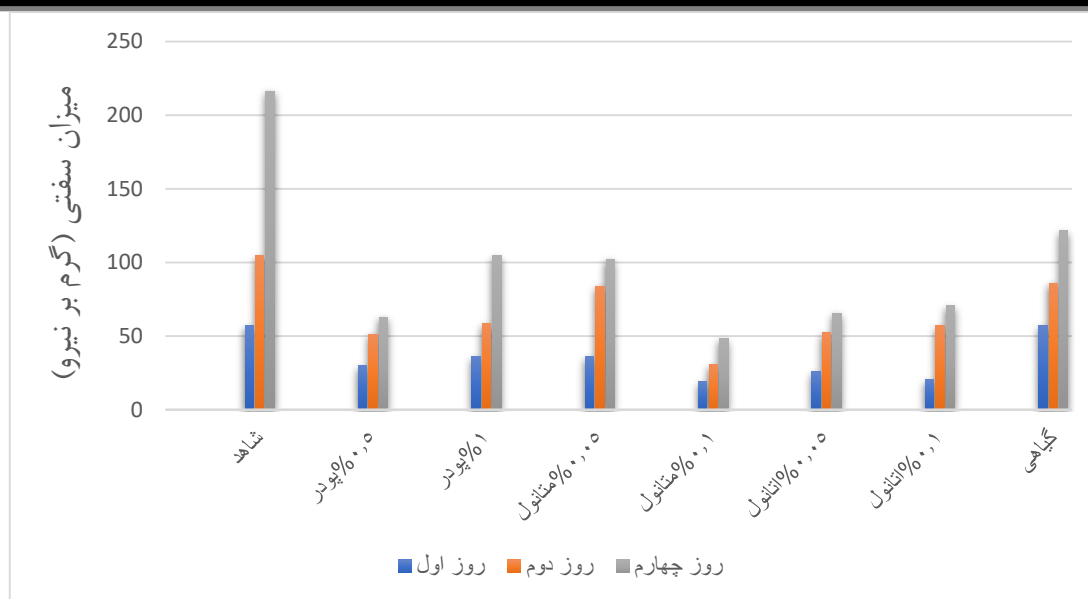
نمودار ۴- تاثیر استفاده از پروتئین های گیاهی و تک یاخته ای بر میزان بیاتی نان

(- ارزیابی سفتی طی زمان نگهداری

نمودار ۵ به تغییرات میزان سفتی نان در طی ۴ روز نگهداری در دمای محیط پرداخته است. با افزایش دوره نگهداری میزان سفتی نان در همه تیمارها افزایش یافت اما این افزایش در تیمار حاوی ۱٪ عصاره متانولی/اسپیروولینا کمتر

بود و در روز چهارم نگهداری کمترین میزان سفتی مربوط به همین تیمار بود. در پایان دوره نگهداری کلیه تیمارهای حاوی اسپیروولینا سفتی کمتری نسبت به نمونه شاهد داشتند. (نمودار ۵).



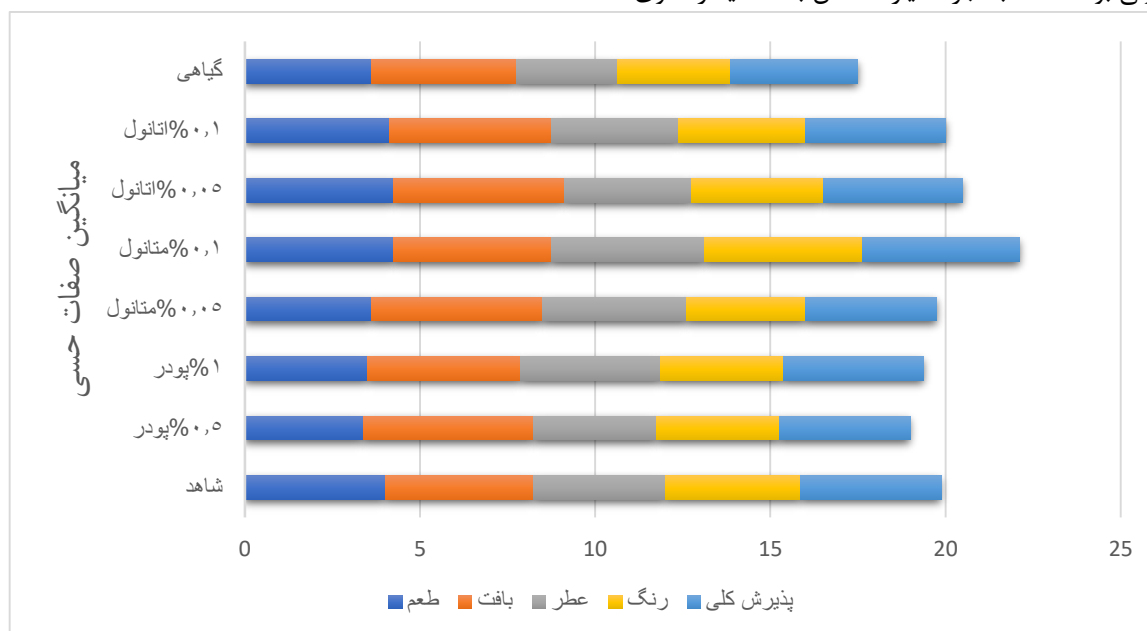


نمودار ۵- تاثیر استفاده از پروتئین‌های گیاهی و تک‌یاخته‌ای بر میزان سفتی نان طی دوره نگهداری

پروتئین گیاهی نتوانست در سایر شاخص‌ها اعم از طعم، عطر، رنگ و پذیرش کلی حداقل ۷۵٪ امتیاز را کسب نماید و این در حالی است که تیمار حاوی ۱٪ عصاره متانولی اسپیرولینا در همه شاخص‌های پنج‌گانه بیش از ۷۵٪ امتیازات را به خود اختصاص داد. (نمودار ۶).

#### (- ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های مختلف نان در نمودار ۶ آمده است. نتایج ارزیابی حسی در مقایسه تیمارهای مختلف با گروه شاهد نشان داد که کمترین امتیاز مربوط به تیمار حاوی پروتئین گیاهی و بالاترین امتیاز مربوط به عصاره ۱٪ متانولی بوده است. به جز امتیاز شاخص بافت، تیمار حاوی



نمودار ۶- تاثیر استفاده از پروتئین‌های گیاهی و تک‌یاخته‌ای بر صفات حسی نان

شاهد مشاهده گردیده است (Spolaore et al., 2006). همچنین در این پژوهش بیشترین درصد خاکستر نیز مربوط به نان‌های با پروتئین گیاهی و سپس نان‌های حاوی اشکال مختلف/اسپیروولینا بود. در تحقیقات مشابه در اسنک تهیه شده با استفاده از ریز جلبک/تترومورفاکمپرسا افزایش خاکستر مشاهده گردیده است (Minh., 2014). در تحقیق دیگری با سطوح مختلف جلبک و کامه نیز، به شکل معناداری افزایش خاکستر مشاهده گردیده است (Selvam., 2002). علت افزایش خاکستر در نمونه‌های حاوی/اسپیروولینا بالا بودن میزان خاکستر در این سیانوباکتر می‌باشد، هرچند که بالاتر بودن خاکستر در نمونه‌های گیاهی به جهت دارا بودن سلولز پر واضح است (Varga et al., 2012).

این پژوهش همچنین نشان داد بیشترین میزان رطوبت مربوط به تیمار حاوی ۱٪ پودر/اسپیروولینا بود که تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد داشت ( $p < 0.05$ ). بین تیمارهای عصاره اتانولی و پودر/اسپیروولینا در غلظت‌های مختلف تفاوت معنی‌داری از لحاظ میزان رطوبت مشاهده نگردید. به طور کلی استفاده از/اسپیروولینا به هر سه شکل باعث افزایش رطوبت نسبت به نمونه شاهد شد. سلول‌های پروکاریوت/اسپیروولینا پلاتنسیس فاقد دیواره سخت سلولی هستند که این موضوع باعث جذب سریع آب توسط محتویات سلولی آن به ویژه پروتئین‌ها می‌شود. در واقع مولکول‌های پروتئینی/اسپیروولینا پلاتنسیس به سبب دارا بودن خاصیت آب دوستی بر سر جایگاه‌های اتصال با آب با مولکول‌های نشاسته به رقابت می‌پردازند که این امر منجر به افزایش رطوبت نمونه‌های نان می‌شوند (Arabshahi et al., 2007). پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌های گیاهی بیش از سیانوباکترها در جذب آب نقش ایفا نموده و در تحقیقات سایر محققین نیز نقش مهمی در جذب آب در بیسکویت ایفا نموده اند (Prabhasankar et al., 2009).

در این تحقیق با افزایش دوره نگهداری رطوبت کلیه تیمارها کاهش یافت. در روز چهارم نگهداری بیشترین میزان رطوبت مربوط به نمونه حاوی ۱٪ پودر/اسپیروولینا و کمترین تفاوت مربوط به نمونه حاوی پروتئین گیاهی بود که تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد داشت ( $p < 0.05$ ). سایر تیمارها

## بحث

در پژوهش حاضر به علت وجود مقدار قابل توجه پروتئین (۶۰ درصد) در/اسپیروولینا پلاتنسیس، میزان پروتئین در تیمارهای حاوی اشکال مختلف این سیانوباکتر در مقایسه با گروه شاهد تفاوت معناداری داشت ( $p < 0.05$ ). همچنین میزان پروتئین در تیمارهای حاوی ۰.۵٪ و ۱٪ عصاره اتانولی و ۱٪ عصاره متانولی حتی از پروتئین گیاهی نیز بیشتر بود. یافته‌های این مطالعه همسو با نتایج سوزنکار و همکاران بود (Souzankar et al., 2018). مستولی زاده و همکاران نیز در پژوهش بررسی تأثیر افزودن/اسپیروولینا به پاستا گزارش نمودند که تیمارهای حاوی/اسپیروولینا در مقایسه با شاهد مقدار پروتئین بیشتری دارد (Mostolizade et al., 2020). در پروژه تحقیقاتی تولید کلوچه صنعتی با استفاده از/اسپیروولینا نیز مشاهده شد که در اثر افزودن ۰.۵، ۱ و ۱.۵٪/اسپیروولینا به فرمول کلوچه مقدار پروتئین به ترتیب ۰.۳، ۱ و ۱.۵ درصد افزایش یافته است (Salehifar et al., 2013). همچنین گزارش شده است که می‌توان به منظور غنی‌سازی پروتئین در محصولات نانویی از/اسپیروولینا پلاتنسیس استفاده کرد، بدون آن که تغییر قابل ملاحظه‌ای در بافت، ضریب انبساط، درصد ترکیب و پذیرش حسی محصول ایجاد شود (Danesi et al., 2010). همچنین به علت بالا بودن میزان چربی در/اسپیروولینا پلاتنسیس، میزان چربی نیز به خصوص در تیمار حاوی ۱٪ عصاره متانولی نسبت به گروه شاهد تفاوت معناداری داشت ( $p < 0.05$ ). افزودن سطوح افزایشی/اسپیروولینا به پاستا نیز به افزایش میزان چربی منتج گردید که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت (Lemes et al., 2012).

در این پژوهش بین PH نان تولیدی اعم از خمیر یا نان در تیمارهای حاوی اشکال مختلف/اسپیروولینا و یا حتی پروتئین گیاهی با شاهد تفاوت معناداری مشاهده نگردید. افزایش اندک PH نمونه‌های حاوی/اسپیروولینا به علت PH قلیایی/اسپیروولینا بود (Varga et al., 2012). در مطالعات مشابه با استفاده از برخی ریز جلبک‌ها نیز افزایش PH نسبت به نمونه‌های

داشتند (Mutanda et al., 2011؛ Fais et al., 2022). باتیستا و همکاران نشان دادند که افزودن اسپیرولینا-پلاتنسیس تا سطح ۵ درصد سبب کاهش سفتی نان می-گردد (Fradique et al., 2010). افتخاری یزدی و همکاران نیز نشان دادند که استفاده از اسپیرولینا پلاتنسیس در سطح ۱ درصد سبب افزایش حجم مخصوص و تخلخل و کاهش سفتی در نان بربری می-گردد (Iftikhari Yazdi et al., 2018).

نتایج ارزیابی حسی نتایج نشان داد که تقریباً در همه شاخص های طعم، بافت، عطر، رنگ و در نهایت پذیرش کلی، تیمارهای حاوی اشکال مختلف اسپیرولینا امتیاز بالاتری نسبت به سایر تیمارها داشتند. صالحی فر و همکاران نیز در بررسی امکان کلوچه صنعتی با افزودن مقادیر ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد اسپیرولینا، مشاهده نمودند که تیمارهای ۱ و ۱/۵ درصد پس از شاهد بیشترین امتیاز در امتیاز حسی را به خود اختصاص داده است (Salehifar et al., 2013).

#### نتیجه گیری

به طور کلی نتایج پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از تیمارهای حاوی اسپیرولینا در فرمولاسیون نان های باگت باعث افزایش پروتئین، افزایش اندک چربی، کاهش سفتی نان، افزایش رطوبت و در نتیجه کاهش بیاتی نان در پایان دوره نگهداری شد. همچنین استفاده از اسپیرولینا باعث بهبود خواص حسی نان های باگت شد.

تفاوت معنی داری از لحاظ آماری نشان ندادند. به طور کلی استفاده از اسپیرولینا باعث افزایش رطوبت نان و در نتیجه کاهش بیاتی آن در پایان دوره نگهداری گردید. افزایش محتوای رطوبت نان، احتمالاً به این دلیل می باشد که اسپیرولینا حاوی پلی ساکاریدها بوده و این ترکیبات قادر به افزایش جذب آب و ظرفیت نگهداری آب طی مرحله تشکیل خمیر هستند. در تحقیقات دیگر نیز مشاهده شده است عصاره های استخراج شده از جلبک های قهوه ای، دارای ترکیباتی با وزن مولکولی پایین از جمله پلی ساکاریدها، پروتئین ها بوده که این امر می تواند رطوبت بالا را توجیه نماید (Mamatha et al., 2007). در غنی سازی پاستا با سطوح مختلف اسپیرولینا پلاتنسیس نیز، همسو با نتایج پژوهش حاضر افزودن اسپیرولینا، محتوای رطوبت نمونه ها را طور معنی داری افزایش داده است (Piteira et al., 2006).

ارزیابی تغییرات سفتی نان در یک دوره ۴ روزه در این پژوهش حاکی از آن است که با افزایش دوره نگهداری میزان سفتی نان در همه تیمارها افزایش یافته و کمترین میزان سفتی مربوط به تیمار ۱٪ عصاره متانولی بود. در پایان دوره نگهداری کلیه تیمارهای حاوی اسپیرولینا سفتی کمتری نسبت به نمونه شاهد داشتند. اسپیرولینا پلاتنسیس میزان پروتئین و فیبر بالایی دارد که این پروتئین ها و فیبر می-توانند با ملکول های آب پیوند برقرار کنند و سبب حفظ رطوبت در مغز محصول شود، به همین دلیل نان های حاوی اسپیرولینا پلاتنسیس سفتی کمتری نسبت به نمونه شاهد

- 1) Ahmad A.M.R, Intikhab A, Zafar S, et al. (2023). *Spirulina*, an FDA-Approved Functional Food: Worth the Hype?. Cell Mol Biol (Noisy-le-grand).69(1):137-144. doi:10.14715/cmb/2022.69.1.24.
- 2) Arab Sadeghabadi Z, Heiat M, Mohseni R, Safaei M, Zamani Sedehi A. (2021). Dietary supplement based on microalgae, as a new therapeutic approach in the future. NCMBJ. 11 (42) :31-54. URL: <http://ncmbjpiu.ir/article-1-1381-fa.html>.
- 3) Arabshahi-Delouee S, Urooj A. (2007). Antioxidant properties of various solvent extracts of mulberry (*Morus indica* L) leaves. Food chemistry. 102(4):1233-1240. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.07.013>.
- 4) Azizipoor T. (2022). Bread in Nutrition and Culture in Ancient Iran. Journal Of iran pre-Islamic Archaeological Essays. 6(2 (12)): 61-74. <https://sid.ir/paper/1035657/en>.
- 5) Barzegar H, Alizadeh Behbahani B, Zangeneh N, Abdolnabipoor E. (2021). Effect of *Spirulina platensis* microalgae powder as an egg white substitute on the sponge cake properties. Iranian Journal Of Food Science And Technology. 17(108): 31-44. SID. <https://sid.ir/paper/383868/fa>.
- 6) Batista A.P, Nunes M.C, Fradinho P, Gouveia L, Sousa I, Raymundo A. et al. (2012). Novel foods with microalgal ingredients–Effect of gel setting conditions on the linear viscoelasticity of *Spirulina* and *Haematococcus* gels. Journal of food engineering.110(2):182-189. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.05.044>.
- 7) Chale Kai M. (2023). The need to take immediate measures to replace the existing bread with whole bread. Tehran, Iran: Islamic Council Research Center. Available from: <https://sid.ir/paper/1063874/fa>. (in persian).
- 8) Dalla Costa V, Filippini R, Zusso M, Caniato R, Piovani A. (2022). Monitoring of *Spirulina* Flakes and Powders from Italian Companies. Molecules. 27(10): 3155. doi:10.3390/molecules27103155.
- 9) Danesi E, Navacchi M, Takeuchi K, Frata M, Carlos J, Carvalho M. (2010). Application of *Spirulina platensis* in protein enrichment of Manico based bakery products. Journal Biotechnology.150 (311), DC, USA. DOI:10.1016/j.jbiotec.2010.09.286.
- 10) Fais G, Manca A, Bolognesi F, et al. (2022). Wide Range Applications of *Spirulina*: From Earth to Space Missions. Mar Drugs. 20(5): 299. doi:10.3390/md20050299.
- 11) Fernandes R, Campos J, Serra M, et al. (2023). Exploring the Benefits of Phycocyanin: From *Spirulina* Cultivation to Its Widespread Applications. Pharmaceuticals (Basel). 16(4): 592. doi:10.3390/ph16040592.
- 12) Fradique M, Batista A.P, Nunes M.C, Gouveia L, Bandarra N.M, Raymundo A. (2010). Incorporation of *Chlorella vulgaris* and *Spirulina maxima* biomass in pasta products. Part 1: Preparation and evaluation. Journal of the Science of Food and Agriculture. 90(10): 1656-1664. doi:10.1002/jsfa.3999.
- 13) Ghaeni M, Matinfar M, Roomiani L, Choobkar N. (2010). Chemical Composition Of *Spirulina* Powder. Journal Of Animal Environmen.

- 2(1(5)): 55-60. SID. <https://sid.ir/paper/378369/fa>.
- 14) Ghaeni M, Roomiani L, Masoumizadeh S.Z. (2015). Comparison Of Coliform In Powder And Fresh *Spirulina*, *Arthrospira Platensis*. Journal Of Molecular And Cellular Research (Iranian Journal Of Biology). 28(1): 85-93. SID. <https://sid.ir/paper/248484/fa>.
- 15) Gholampour A, Delshad E. (2015). *Spirulina* or algae from the perspective of Iranian traditional medicine. Available from: <https://sid.ir/paper/891791/fa>. (in persian).
- 16) Gilki Kanari F, Zakari Mehr M.R. (2021). A review of the medicinal properties and application of *spirulina* microalgae in enhancing the nutritional value of foods. Available from: <https://sid.ir/paper/901934/fa>. (in persian).
- 17) Hernández-López I, Alamprese C, Cappa C, Prieto-Santiago V, Abadias M, Aguiló-Aguayo I. (2023). Effect of *Spirulina* in Bread Formulated with Wheat Flours of Different Alveograph Strength. Foods. 12(20): 3724. doi:10.3390/foods12203724.
- 18) Holman B.W, Malau-Aduli A.E. (2013). *Spirulina* as a livestock supplement and animal feed. J Anim Physiol Anim Nutr (Berl). 97(4): 615-623. doi:10.1111/j.1439-0396.2012.01328.x.
- 19) Iftikhari Yazdi M, Sheikhul Islami Z, Sharifi A. (2018). Improving the quality characteristics of Berber bread using *Spirulina platensis* algae. Innovation in food science and technology. 11(2): 69-77. Available from: <https://sid.ir/paper/409859/fa>.
- 20) Jafari M, Babaie S.h, Motamedi A, Anvar A.A, Nowruzi B. (2021). *Spirulina* A healthy green sun with bioactive properties. Journal Of Microbial World. 13(4(45)): 322-348. SID. <https://sid.ir/paper/999907/fa>.
- 21) Jafari P. Mohammad Zamani G. Almasian F. (2012). Tajabadi Ebrahimi M. Application Of Taguchi Method In Optimization Of Single Cell Protein (SCP) Production In Lab Fermenter. Journal Of Microbial Biotechnology. 3(11): 47-54. <https://www.magiran.com/p1088172>.
- 22) Khodaverdipour F, Sharifzadeh A. (2022). The cytotoxic effect of *Spirulina* extract on gastric and prostate cancer cell lines. Journal Of Food Hygiene. 11(4(44)): 45-53. Available from: <https://sid.ir/paper/997762/en>.
- 23) Lemes, A.C, Takeuchi K.P, Carvalho M.D, Danesi E.D.G. (2012). Fresh pasta production enriched with *Spirulina platensis* biomass. Brazilian Archives of Biology and Technology. 55: 741-750. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132012000500014>.
- 24) Li Y. (2022). The Bioactivities of Phycocyanobilin from *Spirulina*. J Immunol Res. 4008991. doi:10.1155/2022/4008991.
- 25) Mamatha B, Namitha K, Senthil A, Smitha J, Ravishankar G. (2007). Studies on use of Enteromorpha in snack food. Food chemistry. 101(4): 1707-1713. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.04.032>.
- 26) Minh N. (2014). Effect of *Saccharomyces cerevisiae*, *Spirulina* and preservative supplementation to sweet bread quality in bakery. International journal of multidisciplinary research and development. 1(4): 36-44.
- 27) Moradi Y. (2024). *Spirulina* Microalgae: Enriching and Enhancing the Sensory Properties of Grain-Based Foods - A Narrative Review. J Mar Med. 5(4) : 214-222. URL:

- <http://jmarmed.ir/article-1-445-fa.html>.
- 28) Mostolizadeh S, Moradi Y, Mortazavi M.S, Motallebi A, Ghaeni M. (2019). Investigation of Physicochemical Characteristics of Pasta Enriched with *Spirulina platensis* Powder. Journal Of Food Technology And Nutrition. 16(2(62)): 105-113. Available from: <https://sid.ir/paper/143188/en>.
  - 29) Mutanda T, Ramesh D, Karthikeyan S, Kumari S, Anandraj A, Bux, F. (2011). Bioprospecting for hyper-lipid producing microalgal strains for sustainable biofuel production. Bioresource Technology. 102(1): 57-70. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.06.077>.
  - 30) Nasehi B, Azizi Tabrizzad M.H, Hadian Z (2009). Different Approaches For Determination Of Bread Staling. Iranian Journal Of Food Science And Technology. 6(1): 53-63. Available from: <https://sid.ir/paper/72724/en>.
  - 31) Piteira M, Maia J, Raymundo A, Sousa I. (2006). Extensional flow behaviour of natural fibre-filled dough and its relationship with structure and properties. Journal of NonNewtonian Fluid Mechanics. 137(1-3):72-80. <https://doi.org/10.1016/j.jnnfm.2006.03.008>.
  - 32) Prabhasankar P, Ganesan P, Bhaskar N. (2009). Influence of Indian brown seaweed (*Sargassum marginatum*) as an ingredient on quality, biofunctional, and microstructure characteristics of pasta. Food Science and Technology International. 15(5):471-479.   
url = <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:94053384>.
  - 33) Qolizadeh F, Ansari M.S, Hajati H, Alavi SM. (2016). Investigating the effect of different levels of *Spirulina platensis* algae on the performance of broiler chickens. Tehran, Iran: Academic Jihad Centers. Available from: <https://sid.ir/paper/787532/fa>. (in persian).
  - 34) Salehifar M, Shahbazizadeh S, Khosravi Darani K, Behmadi H, Ferdowsi R. (2013). Possibility Of Using Microalgae *Spirulina Platensis* Powder In Industrial Production Of Iranian Traditional Cookies. Journal Of Nutrition Sciences & Food Technology. 7(4 (29)): 63-72. Available from: <https://sid.ir/paper/121168/en>.
  - 35) Sanjari S, Sarhadi H, Shahdadi F. (2022). Investigating the Effect of *Spirulina platensis* Micro Algae on Physio-chemical Properties and Staling of Baguette Bread. Innovation In Food Science And Technology. Journal OF Food Science And Technology. 14(2): 173-184. SID. <https://sid.ir/paper/1066880/fa>.
  - 36) Seifdavati J, Abdi Benemar H, Fathi Achachlouei B, Kachuee R. (2018). Comparison of Hach Method with Kjeldahl Method for Determining of Crude Protein Contents of Some Animal Feeds. Res Anim Prod. 8(18):107-112. <https://civilica.com/doc/1285124>.
  - 37) Selvam R. (2002). Calcium oxalate stone disease: role of lipid peroxidation and antioxidants. Urological research. 30(1): 35-47. doi:10.1007/s00240-001-0228-z.
  - 38) Souzankar r, Chaichi Nosrati A, Movahhed S. (2018). Enrichment of Coated Wafers by Addition of Micro Algae *Spirulina Platensis* Powder. Journal Of Nutrition Sciences And Food Technology. 13(2): 51-60. SID. <https://sid.ir/paper/121533/fa>.
  - 39) Spolaore P, Joannis-Cassan C, Duran E, Isambert A. (2006). Commercial applications of microalgae. Journal of

- bioscience and bioengineering. 101(2): 87- 96. doi:10.1263/jbb.101.87.
- 40) Varga, L, Ásványi-Molnár N. and Szigeti J.F. (2012). Manufacturing technology for a *Spirulina*-enriched mesophilic fermented milk. url=<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:218641964>.
- 41) Zarrin R, Ghasempour Z, Rezazad bari M, Alizadeh M, Moghaddas kia E. (2014). Investigating The Effects Of Microalgae *Spirulina Platensis* And Zedo Gum On Probiotic Yogurt. Journal Of Research And Innovation In Food Science And Technology. 3(3): 197-210. Available from: <https://sid.ir/paper/234030/en>.

## Evaluation of physicochemical properties of baguette bread enriched by single cell protein

Ataei S1 , Sharifzadeh A2\*

1. Department of Biology, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran

2. Department of Microbiology, Faculty of Veterinary Medicine, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran

\* Corresponding author: [al.sharifzadeh@iau.ac.ir](mailto:al.sharifzadeh@iau.ac.ir)

### Abstract

**Background and purpose:** Currently, the production of healthy foods is increasing with the aim of improving the nutritional status of the society, most of which are enriched and low-calorie foods. This research was conducted to investigate the effect of *spirulina* in the form of ethanolic, methanolic extract and powder on the physicochemical and stale characteristics of baguette bread.

**Methodology:** Treatments were added as %1 or %0.5 ethanolic extract, %1 or %0.5 methanolic extract and %1 or %0.5 *spirulina* powder to the baguette bread formulation. The amount of protein was measured by the Keldahl method, fat by the automatic Soxhlet method, hardness and staleness by the texture method, moisture test, ash and PH. Sensory evaluation was evaluated using a 5-point hedonic scale.

**Results:** The results showed that the amount of protein in the treatments containing %0.5 and %1 ethanol extract and %1 methanol extract was higher than plant protein. Also, the amount of fat, especially in the treatment of %1 methanolic extract, had a significant difference compared to the control group ( $p < 0.05$ ). There was no significant difference between bread made from dough or bread in the treatments containing different forms of *spirulina* or vegetable protein with the control ( $p > 0.05$ ). The highest amount of moisture was related to the treatment containing %1 *spirulina* powder. With the increase of the storage period, the humidity of all the treatments decreased and the hardness of the bread increased in the treatments. Also, the results showed that treatments containing different forms of *spirulina* had a higher sensory score.

**Conclusion:** In general, the results of the present study showed that the use of treatments containing *spirulina* in the baguette bread formulation increased protein, slightly increased fat, decreased bread stiffness, increased moisture, and as a result, reduced bread staleness at the end of the storage period. This use of *spirulina* improved the sensory properties of baguettes.

**Keywords:** *spirulina*, moisture, firmness, baguette bread, fat, protein