استفاده از ریز جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* در فرمولاسیون سس فراسودمند کم کالری غنی‌شده با آهن و روی

زهرا باباخانی[۱]، مصطفی کرمی*[۲]، محمود رضازاد باری[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
۲- عضو هیأت علمی دانشکده علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
۳- عضو هیأت علمی گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

(تاریخ دریافت: ۹٦/۱۱/۲٤ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۷/۲۲)

چکیده

ریزجلبک‌ها، یک منبع بالقوه عالی از ترکیبات طبیعی هستند که می‌توانند به‌عنوان غذای فراسودمند مورداستفاده قرار گیرند. افزودن زیست‌توده‌های ریز جلبک به محصولات غذایی، علاوه بر اهداف رنگ آمیزی، یک ابزار جالب برای تولید غذاهای غنی شده حاوی ترکیبات زیست فعال است. با توجه به مصرف رو به رشد سس‌ها در زندگی روزمره، مضرات آنها و لزوم غنی‌سازی مواد غذایی به‌عنوان استراتژی بلندمدت مؤثر برای مقابله با کمبودهای مواد مغذی، سس فراسودمند غنی‌شده تهیه شد. در این پژوهش سس جلبک *اسپیرولینای* غنی‌شده با آهن و روی، در سه سطح جلبک (۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ درصد)، سه تکرار و در سه بازه زمانی تهیه شده و در مدت‌زمان‌های موردنظر (روز اول، سی ام و شصتم تولید)، آزمایش‌های شیمیایی، رئولوژیکی، میکروبی و ارزیابی حسی بر روی نمونه ها انجام شد.

در بررسی نتایج، نمونه‌ها از نظر pH تفاوت معنی‌دار داشتند، همچنین اسیدیته و ویسکوزیته استاتیک برخی نمونه‌های حاوی آهن و روی دارای تفاوت معنی‌دار بود. ویسکوزیته در طول زمان در هر تیمار با کاهش مواجه شده و کمترین میزان ویسکوزیته دینامیک مربوط به نمونه شاهد و بیشترین آن مربوط به نمونه‌های سطح سه جلبک بود. ازنظر میکروبی نیز، آلودگی نمونه‌ها بسیار کم و در محدوده استاندارد بود. ارزیابی حسی رنگ نمونه‌های حاوی سطح دو جلبک مطلوب‌تر بوده و ازنظر بو، مزه، بافت و پذیرش کل، عملاً تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت. نتیجتاً، این مطالعه نشان داد که با استفاده از ریزجلبک اسپیرولینا، می توان سس فراسودمند غنی شده با آهن و روی تولید کرد. در این محصول، نسبت به سس معمولی، خواص فیزیکو شیمیایی بهبود یافته و ازنظر میکروبی نیز محصولی ایمن تولید شد.

کلید واژگان: ریزجلبک، *اسپیرولینا پلاتنسیس*، سس، فراسودمند، غنی‌سازی

*مسئول مکاتبات: mkarami@basu.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-22]

۱- مقدمه

ریزجلبک‌ها، یکی از منابع نویدبخش برای غذاهای جدید و محصولات غذایی فراسودمند[1] بوده و به دلیل داشتن ترکیب شیمیایی متعادل، می‌توانند به‌منظور افزایش ارزش تغذیه‌ای غذاها مورداستفاده قرار گیرند. دانستن ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن‌ها، به منظور انتخاب مناسب‌ترین ریزجلبک برای برنامه‌های کاربردی فناوری غذایی و توسعه غذاهای جدید لازم است [۱].

اسپیرولینا و محصولات آن، به‌عنوان غذا و افزودنی‌های غذایی، در کشاورزی، صنایع غذایی، دارویی، پزشکی و آرایشی بکار برده می‌شوند. *اسپیرولینا* میزان ریزمغذی و درشت مغذی‌های بالایی داشته و چندین خاصیت دارویی برای آن عنوان شده است. *اسپیرولینا پلاتنسیس* به‌عنوان جزئی پایدار در ایجاد رنگ سبز به کار می رود. از کاربردهای ممکن *اسپیرولینا پلاتنسیس* در مواد غذایی می‌توان نوشیدنی‌ها، محصولات نانوایی، آب‌نبات، دسرهای ژله‌ای، محصولات لبنی و قنادی را عنوان کرد [۲]. ماده خشک *اسپیرولینا* شامل ۳ تا ۷٪ رطوبت، ۵۵ تا ۶۰٪ پروتئین، ٦ تا ۸٪ چربی، ۱۲ تا ۲۰٪ کربوهیدرات، ۷ تا ۱۰٪ خاکستر، ۸ تا ۱۰٪ فیبر، ۱ تا ۱/۵ ٪ کلروفیل a و محدوده‌ی گسترده‌ای از ویتامین‌هاست [۳ و ٤]. *اسپیرولینا* غنی‌ترین افزودنی به لحاظ پروتئین، اسیدهای چرب ضروری مثل گامالینولیئک اسید، ویتامین‌ها خصوصاً B_{12} و پیش ساز ویتامین A، مواد معدنی بخصوص آهن و کلسیم و رنگدانه‌هایی مانند فیکوسیانین است. نداشتن دیواره سلولزی باعث شده که جذب مواد مغذی آن بسیار راحت‌تر صورت گیرد [۵].

ارزش غذایی *اسپیرولینا* در مقایسه با برخی از انواع باکتری‌ها به دلیل درصد نسبتاً کم اسید نوکلئیک موجود در آن است. برخلاف دیواره سلولزی سایر جلبک‌های تغذیه‌ای، دیواره سلولی موکوپروتئینی *اسپیرولینا* به‌راحتی هضم می‌شود، غیر سمی است و چربی آن به‌صورت اسید چرب غیراشباع است که کلسترول ندارد، به همین سبب می‌تواند برای درمان بیماری تصلب الشرائین و چاقی به کار رود [٦]. مواد غذایی با زیست‌توده‌های ریزجلبک‌های مختلف همانند مایونز، سس‌های سالاد، پودینگ‌ها، دسرهای ژله‌ای، بیسکویت، کلوچه و پاستا، برای افزودن رنگ و ویژگی‌های کاربردی تولید شده اند که به این محصولات علاوه بر فواید سلامتی بخش، ازنظر حسی جذابیت بخشیده‌اند [۱]. نام *اسپیرولینا* از حالت و طبیعت مارپیچی رشته‌های آن گرفته شده است. *اسپیرولینا* به‌طور طبیعی در دریاچه‌های قلیایی رشد می‌کند اما به‌صورت تجاری در استخرهای روباز یا استخرهای گلخانه‌ای تحت شرایط کنترل‌شده تولید می‌شود، برخی از شرکت‌ها آن را به‌طور مستقیم از طریق دریاچه‌ها تولید می‌کنند [۷]. در آسیا از آن به‌عنوان ترکیب غذایی مکمل در خوراک ماهی، میگو و ماکیان استفاده می‌شود و نیز به‌طور فزاینده به‌عنوان مکمل پروتئین، ویتامین و خوراک آبزیان استفاده می‌شود. به‌عنوان‌مثال در چین با استفاده از گونه‌های *آرتروسپیرا* به‌عنوان جایگزین بخشی از علوفه وارداتی برای توسعه رشد و ایمنی میگو استفاده می‌شود [۸]. ایمنی *اسپیرولینا* به‌عنوان غذا، توسط مصرف انسانی در طی قرن‌ها و از طریق مطالعات متعدد و دقیق سم‌شناسی ثابت شده است [۷]. Raymundo و همکاران (۲۰۰۵) به مطالعه درباره استفاده از زیست‌توده ریز جلبک‌ها در تولید فراورده‌های غذایی ژلی بر پایه سیستم بیوپلیمری متشکل از پروتئین و پلی ساکارید پرداختند [۹]. دنسی و همکاران (۲۰۱۰) به‌منظور غنی‌سازی پروتئین در محصولات نانوایی از ریز جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* استفاده کردند، بدون آنکه تغییر قابل‌ملاحظه‌ای در بافت، ضریب انبساط، درصد ترکیب و پذیرش حسی محصول ایجاد شود [۱۰]. در دهه گذشته ریز توده‌های جلبک‌ها در بازارهای فرآورده‌های سلامتی بخش استفاده شده است. بیش از ۷۵٪ تولید سالیانه زیست‌توده‌ها، به‌منظور تولید پودر، قرص و کپسول ریز جلبک‌ها بوده است [۱۱]. پودر *اسپیرولینا پلاتنسیس* به‌منظور تولید فرآورده‌های غذایی مختلف مانند سوپ‌ها، سس‌ها، پاستا، اسنک، نوشیدنی‌ها، شکلات، آب‌نبات، بیسکویت، نان، کیک و آرد غنی‌شده استفاده شده است [۱۲].

1. Functional Foods

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-22]

سس‌ها و پوشش‌دهنده‌های سالاد[2] و مایونز عموماً در زندگی روزمره مصرف‌کنندگان بسیاری مورداستفاده قرار می‌گیرند. از مزایای سس‌ها توانایی بهبود طعم غذاها است. به‌عنوان‌مثال سس‌های گرم، طعم خوشایندی به غذاهایی همانند گوشت‌ها و سبزیجات می‌دهند. سس‌های شیرین به پنکیک‌ها، برنج، دسر و بستنی جذابیت می‌بخشند. سس‌های شیرین وترش در غذاهای گوشتی مصرف می‌شوند و اغلب در آشپزخانه‌های آسیایی‌ها یافت می‌شوند. پوشش‌دهنده‌های سالاد با طعم‌های مختلف عموماً در آشپزخانه‌های آمریکایی‌ها استفاده می‌شوند و به غذاهای گوشتی جذابیت می‌بخشند. استفاده از سس‌ها در زندگی روزمره ما دائماً در حال گسترش است و اهمیت تغذیه‌ای و اقتصادی آن‌ها نیز به‌ویژه در ۲۰ سال اخیر در حال افزایش است [۱۳]. آهن یکی از عناصری هست که در ساختمان بسیاری از آنزیم‌ها و پروتئین‌ها خصوصاً هموگلوبین شرکت دارد و کمبود آن منجر به کم‌خونی فقر آهن می‌شود. کمبود آهن و کم‌خونی ناشی از آن‌یکی از مشکلات تغذیه‌ای کشور بوده و موجب اختلالاتی در گروه‌های سنی مختلف می‌شود [١٤]. روی، نقش اساسی در تقسیم سلولی، سنتز پروتئین و رشد دارد و منبع مناسبی برای نوزادان و زنان باردار و شیرده بوده و عنصری ضروری در بسیاری از آنزیم‌هاست و نقش مهمی در رشد سلولی و تمایز بافت دارد [۱۵]. Karami در سال ۲۰۱۷ در مطالعه ای بر روی دوغ غنی شده با روی و اسید فولیک نشان داد که می توان محصولی با کیفیت و ماندگاری مناسب برای افزایش جذب روی مورد نیاز جامعه تولید نمود [۲۸].

با توجه به مشکلات ناشی از مصرف سس های غنی از چربی مانند مایونز و مضرات ناشی از آن و عدم وجود محصولی سلامت بخش که بتواند علاوه بر ویژگی های سس ها، باعث ارتقای ارزش تغذیه ای محصول شود، بر آن شدیم که به کمک پودر جلبک اسپیرولینا و آهن و روی، محصولی فراسودمند برای استفاده جامعه تولید نماییم. هدف از این تحقیق، امکان استفاده از پودر جلبک *اسپیرولینا* به‌عنوان یک ماده سلامت بخش در تولید سس، کاهش روغن و در نتیجه کالری سس و امکان تولید سس غنی‌شده و حذف هرگونه نگهدارنده در فرمولاسیون سس و پایدارسازی آن طی زمان است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه

این پژوهش در دانشگاه بوعلی سینا و شرکت آریا ایده‌آل (همدان) انجام شده و مواد اولیه شامل آب، شکر، نمک، سرکه، نشاسته، زانتان، کربوکسی متیل سلولز[3] و طعم‌دهنده‌ها می باشد. همچنین پودر جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* از شرکت ریز جلبکی پارسیان (ایران) خریداری شده و در سه سطح مورد استفاده قرار گرفت.

۲-۲- تولید و آماده‌سازی نمونه‌ها

تمام مواد مورد استفاده توزین شده، به‌این‌ترتیب که ابتدا شکر و نمک به همراه صمغ‌ها مخلوط شده، آب به دمای جوش رسانیده و توسط هم زن مواد مخلوط شده، کم‌کم به ترتیب آب، سرکه، طعم‌دهنده‌ها و پودر جلبک *اسپیرولینا* در سه سطح (۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ درصد) به مواد اضافه و هم زده شد. بعد از پاستوریزاسیون به روش بن ماری به مدت ۵ دقیقه در دمای ۹۲ درجه سانتی‌گراد، در ظروف مناسب به روش پر کردن داغ، پر شده و به‌منظور انجام آزمایش‌های موردنیاز، در بازه‌های زمانی بعد از تولید، ماه اول و ماه دوم بررسی شد. آزمایش‌های شیمیایی (اندازه‌گیری pH و اسیدیته) و آزمایش‌های میکروبی، رئولوژیکی و ارزیابی حسی انجام شد. متغیرهای مورد استفاده در این تحقیق شامل سطوح مختلف جلبک (۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ درصد)، زمان نگهداری (۱، ۳۰ و ٦۰) و افزودن آهن و روی به نمونه های مورد بررسی بود [۱۷ و ۱۸]

با توجه به دستورالعمل غذا و دارو میزان استفاده از ریزمغذی‌هایی مثل آهن و روی برای استفاده از عبارت سرشار در بسته‌بندی، در هر سهم ماده غذایی برای آهن ۱/۰۵ میلی‌گرم

2. Salad Dressings

3. CMC

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-22]

و برای روی ۱/۵ میلی‌گرم است که در نمونه های تولیدی، این مقادیر مدنظر قرار گرفت [۱۶].

۲-۳- آزمایش‌های شیمیایی

۲-۳-۱- اندازه‌گیری pH

طبق استاندارد ملی ایران به شماره۱۲۸۳۰، (۱۳۸۸)، میزان pH فرآورده باید از ٤ کمتر باشد [۱۷].

۲-۳-۲- اندازه‌گیری اسیدیته

طبق استاندارد ملی ایران به شماره۱۲۸۳۰، (۱۳۸۸)، میزان اسیدیته در فرآورده باید از ۰/٦ (برحسب اسید استیک) بیشتر باشد [۱۷].

۲-٤- آزمایش‌های رئولوژیکی

۲-٤-۱- اندازه‌گیری ویسکوزیته

اندازه‌گیری ویسکوزیته با استفاده از دستگاه ویسکومتر بروکفیلد DV2T انجام پذیرفت. در این آزمایش پس از آزمون‌های اولیه جهت انتخاب دوک، دور همزنی و گشتاور مناسب جهت اندازه‌گیری ویسکوزیته، دوک شماره ۰۳ انتخاب گردیده و به روش میانگین چند نقطه ای[4] ویسکوزیته ی استاتیک و دینامیک نمونه ها اندازه گیری شد. کلیه آزمون‌ها در دما و شرایط یکسان انجام شده و ویسکوزیته نمونه ها در با سرعت ٤۰ دور در دقیقه (RPM) و پس از گذشت ۵ دقیقه از چرخش دوک گزارش شد [۱۸].

۲-۵- آزمایش‌های میکروبی

اندازه‌گیری کپک و مخمر طبق استاندارد ۱۰۸۹۹-۲ [۱۹] و اندازه‌گیری شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها طبق استاندارد ۱- ۵۲۷۲ [۲۰] صورت گرفت.

۲-٦- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌ها توسط ده ارزیاب (پنج ارزیاب آموزش دیده از شرکت آریا ایده آل و ده ارزیاب از دانشجویان دانشکده صنایع غذایی دانشگاه بوعلی سینا) با استفاده از روش هدونیک نه نقطه‌ای (عدد یک بسیار ناخوشایند-عدد نه بسیار خوشایند) انجام شد. نمونه‌ها برای بررسی رنگ، بو، مزه، بافت و پذیرش کل مورد ارزیابی قرار گرفتند [۲۱].

۲-۷- روش آماری

نتایج آزمون‌ها بر اساس طرح کاملاً تصادفی در سطح احتمال ۰/۰۵٪ تجزیه و تحلیل شده و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سه تکرار استفاده شد. داده‌ها به‌صورت آماری در یک مدل کاملاً تصادفی به‌وسیله تحلیل واریانس ANOVA و نرم‌افزار $SPSS_{22}$ مورد تحلیل قرار گرفتند و برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده شد. حروف اختصاری استفاده شده عبارتند از: S_1: نمونه حاوی سطح یک جلبک، S_2: نمونه حاوی سطح دو جلبک، S_3: نمونه حاوی سطح سه جلبک و Fe و Zn ، آهن و روی در نمونه‌ها است.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج آزمایش‌های شیمیایی

۳-۱-۱- pH

در آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) با سطح اطمینان ($p<0.05$)، در مقایسه pH نمونه‌های مختلف سس جلبک این نتایج به دست آمد (جدول ۱)

در مقایسه سه سطح جلبک در سه بازه زمانی، در بازه زمانی اول تفاوت معنی‌داری داشتند. در مقایسه نمونه‌های حاوی آهن در سطوح مختلف جلبک در هر سه بازه زمانی اختلاف معنی‌دار بود. در مورد تیمارهای حاوی روی در سطوح مختلف جلبک در بازه زمانی دوم و سوم اختلاف معنی‌دار بوده و سطوح مختلف جلبک حاوی آهن و روی در بازه زمانی اول و دوم اختلاف معنی‌دار داشتند. در مقایسه، هر یک از سه سطح جلبک به‌طور مجزا در سه بازه زمانی اختلاف معنی‌دار بود. در مقایسه هر تیمار جلبک دارای آهن در طول زمان سطح اول و دوم جلبک در سه بازه زمانی تفاوت معنی‌داری داشته و در مقایسه هر یک از نمونه‌های حاوی روی در طول زمان، سطح دوم جلبک در سه بازه زمانی تفاوت معنی‌دار داشت.

4. Multi-point averaging

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-22]

Table 1 pH of the samples during different time periods

pH	S1	S2	S3	S1Fe	S2Fe	S3Fe	S1Zn	S2Zn	S3Zn	S1FeZn	S2FeZn	S3FeZn	blank
T1	2.89 ±0.01^{Bb}	2.9 ±0.03^{Bb}	2.96 ±0.01^{Ab}	2.89 ±0.02^{Bb}	2.88 ±0.02^{Bb}	3.10 ±0.05^{Aa}	2.92 ±0.05^{Aa}	2.97 ±0.02^{Ab}	3.01 ±0.05^{Aa}	2.92 ± 0.03^{Ca}	2.97 ± 0.02^{Ba}	3.02 ± 0.01^{Aa}	2.73 ±0.03^{a}
T2	2.94 ±0.05^{Aab}	3.02 ±0.07^{Aa}	3.05 ±0.07^{Aab}	2.92 ±0.04^{Bb}	3.02 ±0.03^{Aa}	3.06 ±0.04^{Aa}	2.98 ±0.03^{Ba}	3 ± 0.04^{Bb}	3.12 ±0.07^{Aa}	2.99 ± 0.02^{Ba}	3.02 ± 0.02^{ABa}	3.09 ± 0.06^{Aa}	2.76 ±0.08^{a}
T3	3.06 ±0.09^{Aa}	3.11 ±0.07^{Aa}	3.11 ±0.03^{Aa}	3± 0.03^{Ba}	3.01 ±0.05^{Ba}	3.1 0.02^{Aa} ±	2.98 ±0.03^{Ba}	3.09 ±0.06^{Aa}	3.11 ±0.05^{Aa}	2.99 ± 0.06^{Aa}	3.04 ± 0.05^{Aa}	3.1 ± 0.06^{Aa}	2.82 ±0.04^{a}

*Data are means ± SD, Different large letter showed significant differences in each row ($p<0.05$).
*Different small letters showed significant differences in each column ($p<0.05$).

در مورد هر یک از نمونه‌های جلبک دارای آهن و روی در سه بازه زمانی تفاوت معنی‌دار نبود. همچنین در تیمار شاهد در سه بازه زمانی تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. البته میزان تغییرات pH جزئی بوده و عملا چنین pHهایی تأثیر قابل توجهی بر ویژگیهای ماده ی غذایی از جمله طعم، ماندگاری و پایداری ندارد. در تحقیقی مشابه، اسلامی و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند که افزودن اسپیرولینا به دوغ مانع تغییرات سریع pH می شود[۲۳].

علاوه بر این در نمونه‌های مختلف، pH به‌تناسب افزایش سطح جلبک افزایش یافت و در هر نمونه، pH در طی زمان روند افزایشی داشته است. با افزایش میزان جلبک در سطح سه، pH نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($p<0.05$). این افزایش می‌تواند به علت pH قلیایی *اسپیرولینا پلاتنسیس* باشد [۳].

۳-۱-۲- اسیدیته

در آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) با سطح اطمینان ($p<0.05$)، در مقایسه اسیدیته نمونه‌های مختلف سس جلبک، نتایج زیر به دست آمد (جدول ۲):

Table 2 Acidity (%) of samples during different time periods.

Acidity	S1	S2	S3	S1Fe	S2Fe	S3Fe	S1Zn	S2Zn	S3Zn	S1FeZn	S2FeZn	S3FeZn	blank
T1	2.19± 0.06^{Aa}	2.18± 0.04^{Ab}	2.18± 0.06^{Aa}	2.14± 0.01^{Bb}	2.19± 0.10^{Aba}	2.32± 0.05^{Aa}	2.24± 0.08^{Aa}	2.27± 0.03^{Aa}	2.23± 0.13^{Aa}	2.33 ±0.02^{Aa}	2.27 ±0.05^{A}	2.13 ±0.04^{Bb}	2.12 ±0.04^{a}
T2	2.25± 0.04^{Aa}	2.29± 0.10^{Aab}	2.23± 0.13^{Aa}	2.16± 0.05^{Bb}	2.17± 0.06^{Ba}	2.32± 0.05^{Aa}	2.28± 0.07^{Aa}	2.33± 0.02^{Aa}	2.28± 0.12^{Aa}	2.21 ±0.07^{Aa}	2.16 ±0.1^{Aa}	2.27 ±0.07^{Aa}	2.13 ±0.04^{a}
T3	2.3± 0.05^{Aa}	2.32± 0.04^{Aa}	2.34± 0.04^{Aa}	2.3± 0.1^{Aba}	2.19± 0.02^{Ba}	2.34± 0.04^{Aa}	2.32± 0.04^{Aa}	2.3± 0.05^{Aa}	2.25± 0.1^{Aa}	2.27 ±0.09^{Aba}	2.17 ±0.03^{Ba}	2.31 ±0.07^{Aa}	2. ± 0.04^{a}

*Data are means ± SD, Different large letters showed significant differences in each row ($p<0.05$).
*Different small letters showed significant differences in each column ($p<0.05$).

در مقایسه اسیدیته سطوح مختلف جلبک در سه بازه زمانی اختلاف معنی‌دار نبود. در مقایسه نمونه‌های حاوی آهن در سه بازه زمانی، اختلاف معنی‌دار، در مورد نمونه‌های حاوی روی در سه بازه زمانی، تفاوت معنی‌دار نبوده و در مقایسه نمونه‌های جلبک حاوی آهن و روی در سه بازه زمانی، در بازه زمانی اول و سوم تفاوت معنی‌دار بود.

در مقایسه هر تیمار جلبک در طول زمان فقط سطح دو جلبک تفاوت معنی‌داری و در مقایسه هر نمونه دارای آهن به‌طور مجزا در طول زمان سطح یک جلبک دارای آهن در سه بازه زمانی تفاوتی معنی‌دار وجود داشت. در مقایسه هر نمونه دارای روی در طول زمان تفاوت معنی‌دار نبود. در مقایسه هر تیمار در طول زمان سطح سه جلبک حاوی آهن و روی تفاوتی معنی‌دار نشان داد و در نمونه شاهد، تفاوت معنی‌دار نبود. در کل، روند اسیدیته در نمونه‌ها کاهشی بود که با نتایج وارگا و همکاران [٤] در بررسی فرآورده های لبنی تخمیری متفاوت است. از طرفی دیگر، مقدار این تغییرات ناچیز بوده و به علت ظرفیت بافری قابل‌توجه *اسپیرولینا*، روند تغییرات pH و اسیدیته آهسته بود [۳]. بعلاوه، در طول مدت نگهداری نمونه‌ها آب اندازی قابل توجهی مشاهده نشده و نمونه‌ها پایداری مطلوبی داشتند.

۳-۲- نتایج آزمایش‌های میکروبی

۳-۲-۱- شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها[5]

در تحلیل واریانس یک‌طرفه آنوا ($p<0.05$)، نتایج شمارش کلی به این صورت به دست آمد (جدول ۳)

5. Total count

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-22]

Table 3 Total counts of the samples during different time periods (CFU/g)

Total count	S_1	S_2	S_3	S_1Fe	S_2Fe	S_3Fe	S_1Zn	S_2Zn	S_3Zn	S_1FeZn	S_2FeZn	S_3FeZn	blank
T_1	6.3^{aA}	6.0^{aA}	6.0^{aA}	6.2^{aA}	6.3^{aA}	6.5^{aA}	6.3^{aA}	6.3^{aA}	6.5^{aA}	6.3^{aA}	6.6^{aA}	6.5^{aA}	6.5^{aA}
T_2	6.6^{aA}	6.6^{aA}	6.6^{aA}	6.4^{aA}	6.6^{aA}	6.6^{aA}	6.6^{aA}	6.5^{aA}	6.3^{aA}	6.3^{aA}	6.6^{aA}	6.3^{aA}	6.3^{aA}
T_3	6.6^{aA}	6.2^{aA}	6.3^{aA}	6.4^{aA}	6.5^{aA}	6.1^{aA}	6.5^{aA}	6.5^{aA}	6.5^{aA}	6.5^{aA}	6.5^{aA}	6.6^{aA}	6.5^{aA}

*Different large letters show significant differences in each raw ($p<0.05$).
*Different small letters show significant differences in each column ($p<0.05$).

در مقایسه سطوح مختلف جلبک در سه بازه زمانی، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در مقایسه هر سطح جلبک در طول زمان، سطح سه جلبک در سه بازه زمانی تفاوت معنی‌داری داشت.

سطوح مختلف جلبک دارای آهن در سه بازه زمانی تفاوت معنی‌داری نداشتند و در مقایسه هر یک در طول زمان تفاوت معنی‌دار نبود. همین نتایج در مورد نمونه‌های دارای روی و نیز نمونه‌های دارای آهن و روی تکرار شد. در نمونه شاهد نیز تفاوت معنی‌دار نبود.

۳-۲-۲- کپک مخمر

در نتایج به‌دست‌آمده به علت عدم آلودگی و پاستوریزاسیون نمونه‌ها، تفاوت معنی‌دار نبود (جدول ٤).

Table 4 Molds and yeasts of the samples during different time periods (CFU/g)

Mold & Yeast	S_1	S_2	S_3	S_1Fe	S_2Fe	S_3Fe	S_1Zn	S_2Zn	S_3Zn	S_1FeZn	S_2FeZn	S_3FeZn	blank
T_1	3.0^{aA}	3.0^{aA}	2.9^{aA}	3.0^{aA}	3.3^{aA}	3.0^{aA}	2.9^{aA}	3.0^{aA}	2.9^{aA}	3.0^{aA}	3.3^{aA}	3.3^{aA}	3.0^{aA}
T_2	3.0^{aA}	3.0^{aA}	3.0^{aA}	2.9^{aA}	2.9^{aA}	3.3^{aA}	3.0^{aA}	3.0^{aA}	2.9^{aA}	3.3^{aA}	3.1^{aA}	3.0^{aA}	3.0^{aA}
T_3	3.0^{aA}	3.0^{aA}	3.0^{aA}	2.9^{aA}	3.0^{aA}	2.9^{aA}	2.9^{aA}	3.0^{aA}	2.9^{aA}	3.0^{aA}	2.9^{aA}	3.0^{aA}	2.9^{aA}

*Different large letters show significant differences in each raw ($p<0.05$).
*Different small letters show significant differences in each column ($p<0.05$)

محتوای میکروبی این محصولات توسط غلظت اسید استیک بالای موجود در فاز آبی آن‌ها کنترل می‌شود. به‌طورکلی محتوای میکروبی مایونز و سس‌های سالاد به علت انتشار کم آلودگی، پایین است [۲۲].

۳-۳- آزمایش‌های رئولوژیکی

۳-۳-۱- ویسکوزیته دینامیک

در بررسی ویسکوزیته دینامیک سس حاوی جلبک، نتایج زیر (نمودار ۱) حاصل شد.

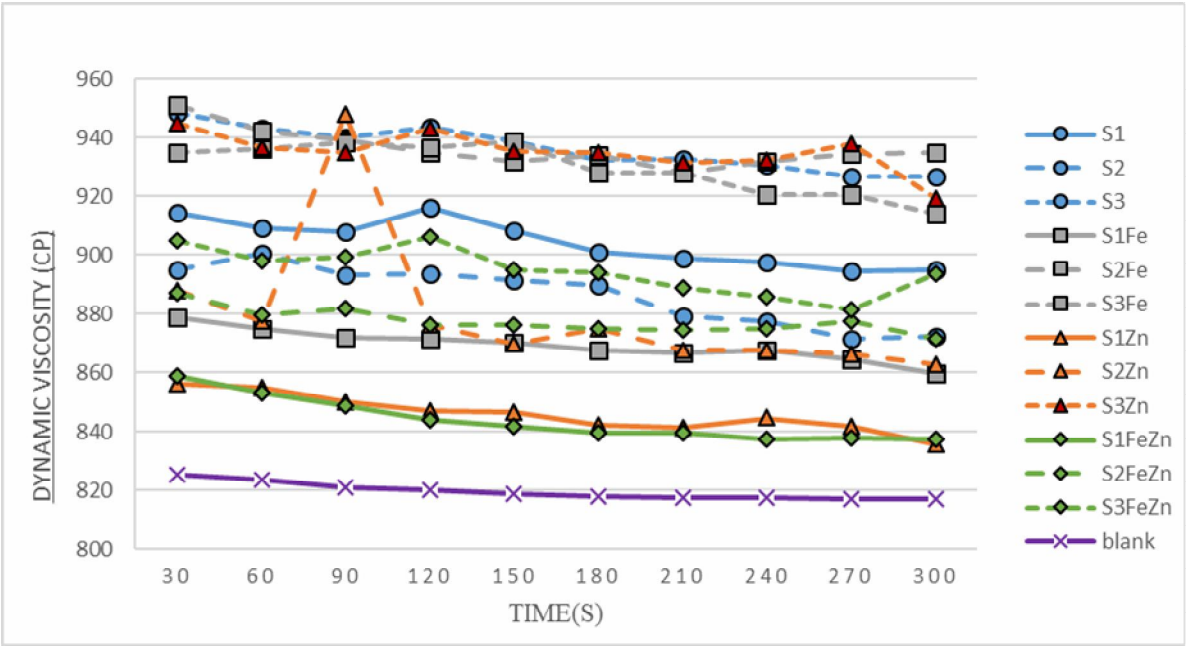

Fig 1 Dynamic viscosity in the first time period T_1

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-22]

ازنظر ویسکوزیته، چهار نوع رفتار مشاهده شد. دسته اول که بالاترین ویسکوزیته را داشت شامل سطوح سه جلبک، دسته دوم سطوح دوم، دسته سوم سطوح اول و در آخر نمونه شاهد که کمترین ویسکوزیته را داشت. برای زمان‌های T_2 و T_3 روند تغییرات نیز به همین صورت بود.

روند کاهش ویسکوزیته در طول ۵ دقیقه به‌صورت نزولی بوده و همه نمونه‌ها رقیق شونده با زمان هستند.

۳-۳-۲- ویسکوزیته استاتیک

در بررسی‌های مختلف سس جلبک بر میزان ویسکوزیته مستقل از زمان، نتایج به این صورت حاصل شد (جدول ۵).

Table 5 Results of static viscosity of the samples containing algae (cp)

Static viscosity	S1	S2	S3	S1Fe	S2Fe	S3Fe	S1Zn	S2Zn	S3Zn	S1FeZn	S2FeZn	S3FeZn	blank
T1	908± 26.8^{Aa}	900.7± 15.3^{Aa}	947± 28.2^{Aa}	879± 12. 3^{Ba}	947.7± 31.1^{Aa}	932± 31.2^{Aa}	761.7± 33.1^{Aa}	882.3± 36.5^{Aa}	946± 31.9^{Aa}	859.3± 12.7^{Aa}	893.3± 33^{Aa}	899± 18.5^{Ab}	824.5± 48.8^{a}
T2	913± 21.3^{Aa}	918± 13.9^{Aa}	936.7± 26.5^{Aa}	864± 10.2^{Ba}	901.3± 31.6^{BAa}	947.3± 37.9^{Aa}	853.3± 43.1^{Aa}	880± 37.3^{Aa}	923± 7.2^{Aa}	851.7± 28.4^{Aa}	882± 34.7^{Aa}	902± 7.81^{Aa}	914± 12.1^{a}
T3	909± 31.2^{Aa}	879.3± 27^{Aa}	928± 34.2^{Aa}	845.3± 36^{Ba}	897.3 22.1^{ABa}	929.7± 44^{Aa}	843± 44.2^{Ba}	880.7± 71.2^{ABa}	±947.7 11.6^{Aa}	842± 33.2^{Aa}	885.3± 35.6^{Aa}	909.7± 34.4^{Aa}	776.5± 7.78^{a}

*Different small letter showed significant differences in each column ($p<0.05$).
*Different large letter showed significant differences in each row ($p<0.05$). Data are means ± SD

در آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) با سطح اطمینان ($p<0.05$)، در مقایسه سه سطح جلبک در سه بازه زمانی، تفاوت معنی‌داری در ویسکوزیته ی استاتیک حاصل نشد. در نمونه‌های جلبک حاوی آهن در سه سطح جلبک، در بازه زمانی اول و دوم و در نمونه‌های سس جلبک حاوی روی در بازه زمانی سوم، تفاوت معنی‌دار بود. در نمونه‌های سس جلبک حاوی آهن و روی و در مقایسه هر نمونه سس جلبک در طی زمان (سه بازه زمانی) و همچنین در مقایسه نمونه شاهد در طول زمان، تفاوت معنی‌دار نبود. به‌طورکلی با افزایش سطح جلبک، ویسکوزیته افزایش یافت. ازنظر مطلوبیت بافت، حالت متوسط (سطح دو جلبک) مطلوب‌تر بود. با افزایش میزان سطوح جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس*، ویسکوزیته افزایش می‌یابد. این افزایش طبق یافته‌های اسلامی و همکاران (۱۳۹۳) می‌تواند به دلیل ساختار پروتئینی *اسپیرولینا پلاتنسیس* و ایجاد تعاملات بین سلولی باشد [۲۳]. *اسپیرولینا پلاتنسیس* با جذب آب سبب کاهش جریان پذیری و افزایش ویسکوزیته می‌گردد. همچنین ویسکوزیته در طول زمان در هر تیمار با کاهش مواجه شد که می‌تواند درنتیجه افزایش اسیدیته و تضعیف ساختار پروتئینی و کاهش ویسکوزیته باشد و با نتایج سانگ و همکاران (۲۰۰٤) در بررسی ویسکوزیته ماست حاوی جلبک *کلرلا* که روند کاهشی داشت [۲٤]، مطابقت دارد. سینگلا و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی رفتار مستقل از زمان و وابسته به زمان سس مایونز دارای تخم‌مرغ و فاقد آن عنوان کردند نمونه‌ها دارای رفتار رقیق شونده با برش بوده و در آزمون‌های وابسته به زمان، رفتار تیکسوتروپ نشان دادند [۲۵]. فیگونی و شومیکر (۱۹۸۳) نیز رفتار وابسته به زمان سس مایونز را بررسی کردند و رفتار تیکسوتروپ را در سس مایونز گزارش نمودند و نیز بیان کردند مطالعه ویژگی‌های رئولوژیکی وابسته به زمان مواد غذایی در درک ارتباط بین ساختار ماده غذایی و رفتار جریانی آن و ارتباط پارامترهای فیزیکی و ارزیابی‌های حسی اهمیت دارد [۲٦].

۳-٤- نتایج ارزیابی حسی

۳-٤-۱- رنگ

در آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) با سطح اطمینان ($p<0.05$)، در مقایسه رنگ نمونه‌های مختلف سس جلبک این نتایج به دست آمد (جدول ٦).

رنگ نمونه‌های شاهد، کمترین مطلوبیت و نمونه شامل سطح دو جلبک در بازه زمانی سوم بیشترین مطلوبیت را داشت. رنگ از معایب استفاده از ریزجلبک‌ها در محصولات غذایی است و میزان بالاتر ریزجلبک‌ها مقبولیت حسی کمتری در همه پارامترهای حسی در مقایسه با نمونه کنترل ایجاد می کند.

Table 6 Results of sensory evaluation of the color of the samples.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-22]

Color	S1	S2	S3	S1Fe	S2Fe	S3Fe	S1Zn	S2Zn	S3Zn	S1FeZn	S2FeZn	S3FeZn	Blank
T1	3.78± 0.26^{Ba}	4.67± 0.42^{Ab}	4.5± 0.5^{ABa}	4.83± 0.76^{Bb}	5.83± 0.29^{ABa}	6.7± 0.36^{Ab}	7.42± 1.23^{Aa}	7.18± 0.5^{Aa}	7.02± 0.23^{Aa}	6.12± 1.58^{Aa}	4.53± 0.64^{Ab}	5.13± 0.61^{Ac}	3.6± 0.57^{a}
T2	5.14± 0.75^{Ab}	5.41± 1.04^{Ab}	4.98± 0.64^{Ab}	6.58± 0.52^{Aa}	7.1± 0.36^{Aa}	7.27± 0.25^{Aab}	7.77± 0.68^{Aa}	7.60± 0.53^{Aa}	6.53± 0.93^{Aa}	5.68± 0.39^{Ba}	6.57± 0.4^{Aa}	6.07± 0.12^{ABb}	3.63± 0.47^{a}
T3	7.2± 1.31^{Aa}	8.15± 0.47^{Aa}	7.82± 0.17^{Aa}	7.2± 0.72^{Aa}	7.97± 0.62^{Aa}	7.7± 0.66^{Aa}	7.7± 0.36^{Aa}	7.9± 0.17^{Aa}	6.77± 0.68^{Ba}	6.6± 0.53^{Aa}	6.62± 0.78^{Aa}	7± 0.2^{Aa}	3.4± 0.36^{a}

*Data are means ± SD, Different large letter showed significant differences in each row ($p<0.05$).
*Different small letter showed significant differences in each column ($p<0.05$).

در مطالعات دیگر، رنگ ماست با افزودن ریزجلبک‌ها، به رنگ سبز و آبی، بر اساس نوع و میزان ریزجلبک افزوده‌شده، تغییر یافت که این ویژگی مقبولیت حسی خوبی نداشت [۲۷].

۳-٤-۲- بو

در آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) با سطح اطمینان ($p<0.05$)، در مقایسه اسیدیته نمونه‌های مختلف سس جلبک این نتایج به دست آمد (جدول ۷):

Table 7 Results of sensory evaluation of the odor of the sauce samples
*Different large letter showed significant differences in each row ($p<0.05$).

Taste	S1	S2	S3	S1Fe	S2Fe	S3Fe	S1Zn	S2Zn	S3Zn	S1FeZn	S2FeZn	S3FeZn	blank
T1	6.23± 0.25^{Aa}	6.53± 0.45^{Aa}	6.37± 0.44^{Aa}	6.33± 0.42^{Ba}	6.17± 0.29^{Ba}	7.04± 0.28^{Aa}	6.25± 0.25^{Aa}	7.06± 0.52^{Aa}	7.02± 0.28^{Aa}	6.95± 1.33^{Aa}	6.83± 0.29^{Aa}	6.6± 0.53^{Aa}	6.43± 0.51^{Aa}
T2	6.24± 0.62^{Aa}	6.73± 1.42^{Aa}	6.14± 0.63^{Aa}	6.92± 0.14^{ABa}	6.58± 0.52^{Ba}	7.51± 0.54^{Aa}	6.60± 0.53^{Aa}	7.03± 0.25^{Aa}	6.85± 0.13^{Aa}	5.35± 0.61^{Aa}	6.03±1. 03A^{a}	6.67± 0.42^{Aa}	6.60± 0.53^{Aa}
T3	7.00± 1.02^{Aa}	7.13± 0.99^{Aa}	7.00± 0.82^{Aa}	6.73± 0.26^{Aa}	7.00± 1.03^{Aa}	7.53± 0.25^{Aa}	6.77± 0.25^{Aa}	6.03± 0.35^{Aa}	7.17± 0.47^{Aa}	6.66± 0.53^{Aa}	5.94± 0.59^{Aa}	6.5± 0.52^{Aa}	6.17± 0.29^{Aa}

*Different small letter showed significant differences in each column ($p<0.05$). Data are means ± SD

نمرات ارزیابی حسی بو بسیار نزدیک به هم بوده و می‌توان گفت تفاوت خاصی بین نمونه‌ها نبود، در بین نمونه ها، سطح سه جلبک حاوی آهن در بازه زمانی سوم بالاترین بو را داشت.

۳-٤-۳- مزه

در آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) با سطح اطمینان ($p<0.05$)، در مقایسه مزه نمونه‌های مختلف سس جلبک، نتایج زیر به دست آمد (جدول ۸)

در این ویژگی، در بین نمونه‌های مختلف سس جلبک تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.

Table 8 Results of sensory evaluation of the taste of the sauce samples

*Different large letter showed significant differences in each row ($p<0.05$).

Odor	S1	S2	S3	S1Fe	S2Fe	S3Fe	S1Zn	S2Zn	S3Zn	S1FeZn	S2FeZn	S3FeZn	blank
T1	6.87± 0.51^{Aa}	6.58± 0.52^{Aa}	6.52± 0.50^{Aa}	7.05± 0.21^{ABa}	7.43± 0.4^{Aa}	6.60± 0.42^{Bb}	6.88± 0.44^{Aa}	6.5± 0.5^{Aa}	6.02± 0.23^{Ab}	7.27± 0.64^{Aa}	6.87± 0.81^{Aa}	7.38± 0.42^{Aa}	6.5± 0.52^{Aa}
T2	6.85± 0.42^{Aa}	6.77± 0.25^{Aa}	6.05± 1.01^{Aa}	7.60± 0.53^{Aa}	7.57± 0.52^{Aa}	8.02± 0.23^{Aa}	6.77± 0.25^{Aa}	7.4± 0.53^{Aa}	7.32± 0.35^{Aab}	6.2± 0.72^{Aa}	7.09± 0.50^{Aa}	7.00± 0.21^{Aa}	6.77± 0.68^{Aa}
T3	7.40± 1.25^{Aa}	7.45± 0.27^{Aa}	7.21± 0.78^{Aa}	7.53± 0.50^{Aa}	7.7± 0.66^{Aa}	7.13± 0.15^{Ab}	7.02± 0.21^{Ba}	6.93± 0.12^{Ba}	7.73± 0.31^{Aa}	6.82± 0.17^{Aa}	6.99± 0.32^{Aa}	7.23± 0.25^{Aa}	6.6± 0.53^{Aa}

*Different small letter showed significant differences in each column ($p<0.05$). Data are means ± SD

بهشتی‌پور و همکاران (۲۰۱۳) افزودن پوره‌های میوه و الیگوساکاریدها را برای پوشاندن طعم *اسپیرولینا پلاتنسیس* پیشنهاد کردند [۲۷]. در این پژوهش با استفاده از مقادیر کم ریزجلبک و طعم‌دهنده‌هایی مثل عصاره سیر و آویشن طعم و بوی مطلوبی ایجاد شد.

۳-٤-٤- بافت

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-22]

در آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) با سطح اطمینان ($p<0.05$)، در مقایسه اسیدیته نمونه‌های مختلف سس جلبک این نتایج به دست آمد (جدول ۹):

Table 9 Results of sensory evaluation of the texture of the samples

Total evaluation	S1	S2	S3	S1Fe	S2Fe	S3Fe	S1Zn	S2Zn	S3Zn	S1FeZn	S2FeZn	S3FeZn	blank
T1	6.07± 0.4^{Aa}	6.17± 0.57^{Aa}	6.5± 0.5^{Aa}	6.43± 0.51^{Aa}	6.5± 0.5^{Ab}	6.83± 0.29^{Aa}	6.22± 0.38^{Ab}	5.98± 0.31^{Aa}	6.25± 0.66^{Aa}	6.65± 1.08^{Aa}	6.1± 0.36^{Aa}	6± 0.5^{Aa}	6.1± 0.36^{a}
T2	5.91± 0.47^{Aa}	6.05± 0.68^{Aa}	6.01± 0.82^{Aa}	6.42± 0.33^{Aa}	6.58± 0.52^{Ab}	7.22± 0.58^{Aa}	6.43± 0.51^{A}	6.43± 0.4^{Aa}	6.08± 0.14^{Aa}	5.43± 0.6^{Aa}	5.83± 0.29^{Aa}	6± 0.2^{Aa}	5.83± 0.29^{a}
T3	7.07± 1.1^{Aa}	6.91± 0.54^{Aa}	7.11± 0.83^{Aa}	6.73± 0.81^{Aa}	7.67± 0.58^{Aa}	7.03± 0.55^{Aa}	7.1± 0.17^{Aa}	6.7± 0.36^{Aa}	5.97± 0.45^{Ba}	5.84± 0.46^{Aa}	6.27± 0.25^{Aa}	6.3± 0.3^{Aa}	6.23± 0.25^{a}

*Different large letter showed significant differences in each row ($p<0.05$).
*Different small letter showed significant differences in each column ($p<0.05$). Data are means ± SD

ازنظر مطلوبیت بافت تفاوت خاصی در بین نمونه‌ها مشاهده نشد.

۳-٤-۵- پذیرش کل

در آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) با سطح اطمینان ($p<0.05$)، در مقایسه پذیرش کل نمونه‌های مختلف سس جلبک، نتایج زیر به دست آمد (جدول ۱۰)

پذیرش کلی نمونه‌ها در سطوح مختلف جلبک معنی‌دار نبود. در مقایسه نمونه‌های سطوح مختلف جلبک حاوی آهن، در طول زمان، تفاوت معنی‌دار نبوده و در مقایسه هرکدام در سه بازه زمانی، سطح دو جلبک دارای آهن تفاوت معنی‌داری نشان داد.

Table 10 Results of sensory evaluation of the total attributes of the sauce samples

Texture	S1	S2	S3	S1Fe	S2Fe	S3Fe	S1Zn	S2Zn	S3Zn	S1FeZn	S2FeZn	S3FeZn	blank
T1	5.55± 0.43^{Aa}	5.99± 0.52^{Ab}	6.15± 0.36^{Ab}	5.51± 0.57^{Bb}	6.33± 0.29^{Ab}	6.83± 0.29^{Ab}	6.53± 0.5^{Aa}	6.57± 0.51^{Aa}	6.52± 0.5^{Aa}	5.23± 0.72^{Aa}	5.10± 0.17^{Aa}	5.17± 0.29^{Aa}	5.33± 0.58^{a}
T2	5.62± 0.43^{Aa}	5.91± 0.47^{Ab}	5.64± 0.34^{Ab}	5.82± 0.16^{Bb}	6.85± 0.54^{A}	7.23± 0.21^{Ab}	6.67± 0.42^{Aa}	6.87± 0.23^{Aa}	6.97± 0.35^{Aa}	5.27± 0.64^{Aa}	5.23± 0.25^{Aa}	5.53± 0.5^{Aa}	5.50± 0.52^{a}
T3	7.20± 1.31^{Aa}	8.07± 0.31^{Aa}	7.53± 0.58^{Aa}	7.23± 0.25^{Aa}	7.53± 0.52^{Aa}	7.53± 0.25^{Aa}	7.03± 0.25^{Aa}	7.03± 0.25^{Aa}	7.37± 0.40^{Aa}	5.67± 0.58^{Aa}	5.67± 0.58^{Aa}	6.00± 0.54^{Aa}	5.87± 0.12^{a}

* Different large letter showed significant differences in each row ($p<0.05$).
*Different small letter showed significant differences in each column ($p<0.05$). Data are means ± SD

نمونه‌های جلبک در بازه زمانی سوم و در سطح یک جلبک تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. همچنین، نمونه‌های جلبک حاوی آهن و روی و نیز در شاهد تفاوت معنی‌دار نبود.

هرچند تغییراتی در بسیاری از ویژگی های حسی دیده می شود، اما در کل، بسیاری از این اعداد و ارقام ازنظر خواص فیزیکوشیمیایی و حسی تفاوت محسوس و قابل ذکری باهم نداشته و این تغییرات در ویژگی‌های ماده غذایی عملاً تأثیر چندانی ندارد.

٤- نتیجه‌گیری کلی

با استفاده از پودر ریزجلبک اسپیرولینا و بدون استفاده از روغن، می توان محصولی پایدار به نام سس جلبک تهیه کرد. بعلاوه با توجه به این نکته که غنی سازی سس مایونز ممنوع است، اما با غنی سازی سس با آهن و روی، محصولی فراسودمند تولید گردیده و خواص فیزیکی و شیمیایی محصول در مقایسه با نمونه ی شاهد فاقد جلبک بهبود یافت، بدون این که محصول ازنظر میکروبی ناایمن باشد.

نمونه‌ها ازنظر pH تفاوت معنی‌دار داشته و با افزایش میزان جلبک، pH نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. اسیدیته نمونه‌های حاوی آهن و روی دارای تفاوت معنی‌دار بوده و به علت ظرفیت بافری قابل‌توجه *اسپیرولینا* که به علت حضور

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-22]

پروتئین، پپتیدها و اسیدهای آمینه موجود در ترکیب آن است، روند تغییرات pH و اسیدیته آهسته بود. ازنظر میکروبی آلودگی نمونه‌ها بسیار کم و در محدوده استاندارد بوده و ویسکوزیته برخی نمونه‌های حاوی آهن و روی تفاوت معنی‌داری داشتند. با افزایش میزان سطوح جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس*، ویسکوزیته افزایش یافت که این افزایش می‌تواند به دلیل ساختار پروتئینی *اسپیرولینا پلاتنسیس* و ایجاد تعاملات بین سلولی باشد. همچنین ویسکوزیته در طول زمان در هر تیمار با کاهش مواجه شد، که کاهش ویسکوزیته در طی ماندگاری می‌تواند در اثر عوامل مختلفی مانند جدا شدن نشاسته و صمغ یا هیدرولیز هیدروکلوئیدها و پکتین باشد. ارزیابی‌های حسی رنگ نمونه‌های حاوی سطوح دو جلبک مطلوب‌تر بود و تفاوت رنگ بین نمونه‌ها محسوس بود اما از نظر بو، مزه، بافت و پذیرش کل تفاوت معنی‌داری عملاً بین نمونه ها وجود نداشت. بدین ترتیب، می توان یک منبع غذایی با مخاطرات تغذیه ای مختلف را به ماده ای مغذی تبدیل نموده و در چرخه ی مصرف مواد غذایی از آن استفاده کرد.

۵- منابع

[1] Batista, P. A., Gouveia, L., Bandarra, N. M., Franco, J. M., and Raymundo, A. (2013). Comparison of microalga biomass profiles as novel functional ingredient for food products. Algal Research, 2, 164-173.

[2] Hosseini, M., shahbazizadeh. S., Khosravi-Darani, K., and Mozafari. M. (2013). Spirulina platensis: Food and Function. Current Nutrition & Food Science, 9(3), 189-193.

[3] Varga, L., Monlar, N., and Szigeti, J. (2012). Manufacturing technology for a spirulina enriched mesophilic fermented milk. International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological footprint, 1-6.

[4] Varga, L., Szigeti, J., Kovacs, R., Foldes, T., and Buti, S. (2002). Influence of a Spirulina platensis biomass on the microflora of fermented ABT milks during storage. Journal of Dairy Science. 85 (5), 1031-1038.

[5] Habib, M. A. B., Parvin, M., Huntington, T. C., and Hasan. M. R. (2008). A review on culture, production and use of spirulina as food for humans and feeds for domestic, animal and fish. Food and agriculture organization of the united nations, Rome, 1034, 32-33.

[6] Choonawala, B., and Swalaha, F. M. (2007). Spirulina production in brine effluent from cooling towers. Durban University of Technology. 421P.

[7] Belay, A. (2002). The potential application of *Spirulina (Arthrospira)* as a nutritional and therapeutic supplement in health management. The Journal of the American Nutraceutical Association, 5 (2), 27-48.

[8] Wan, D., Wu, Q., and Kuca, K. (2016). Health effects of spirulina, Chapter 42, Spirulina. In: Nutraceuticals, Ramesh C.G., Elsevier publishing, 1040 p.

[9] Raymundo, A., Gouveia, L., Batista, A.P., Empis, J., and Sousa, I. (2005). Fat mimetic capacity of *Chlorella vulgaris* biomass in oil-in-water food emulsions stabilized by pea protein. Food Research International, 38, 961-965.

[10] Danesi, E. D. G., Navacchi, M. F. P., Takeuchi, K. P., Frata, M. T., and Carvalha, J. C. M. (2010). Application of *Spirulina platensis* in Protein Enrichment of Manico Based Bakery Products. Journal of Biotechnology, 150, 311-311.

[11] Pulz, O., and Gross, W. (2004). Valuable products from biotechnology of microalgae. Applied Microbiology and Biotechnology, 65 (6), 635-648.

[12] Yamaguchi, K. (1996). Recent advances in microalgal bioscience in Japan, with special reference to utilization of biomass and metabolites: a review. Journal of Applied Phycology, 8 (6), 487-502.

[13] Sikora, M., Bodrie, N., Deisingh, A. K., and Kowalski, S. (2008). Sauces and Dressings: A review of properties and applications. Food Science and Nutrition, 48 (1), 50-77.

[14] National Standard of Iran. No. 8537. (2005). Addition of essential nutrients to foods- General principles. First Edition.

[15] Allen, L., Benoist, B., Dary, O., and Hurrell, R. (2006). Guidelines on food fortification with micronutrients. World Health Organization and Food and Agricultural Organization of the United Nations. 57-125.

[16] Food and Drug Organization, Directorate general for monitoring and evaluation of food products, cosmetics (2014). Instructions for the implementation of minimum standards for the production and importation

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-22]

of functional food, optional enrichment with micronutrients, third revision.
[17] National Standard of Iran. No. 12830. (2009). Vinegar and vegetable sauce-specifications and test method. First Edition.
[18] Karami, M., Shahrokhi, S. (2016). Comparison between physico- chemical microbiological and rheological properties of yoghurt containing *Lb. rhamnosus* and *Lb. paracasei* with conventional yoghurt samples during the shelf life. Applied Microbiology in Food Industries, 2(4), 71-81.
[19] National Standard of Iran. No. 10899-2. (2013). Microbiology of food animal feeding stuffs- Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds- Part 2: Colony count technique in products with water activity less than or equal to 0.05. First Edition.
[20] National Standard of Iran. No. 5272. (2014). Microbiology of food chain. Horizontal method for the enumeration of microorganisms- Part 1: Colony count at 30 ºC by the pour plate technique. First Edition.
[21] Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery, L. E., Elias, L. G. (1998). Basic sensory methods for food evaluation. Ghazizadeh, M., Razaghi. A. National Institute of Nutrition Research, Tehran. Iran.
[22] Smittle, R. B. (1977). Microbiology of mayonnaise and salad dressing, A Review. Journal of Food Protection, 40(6), 415-422.
[23] Eslami Meshkani, A., Fadei Noghani, V., Khosravi Darani, K., Mazinani, S. (2014). Effect of Addition of Spirulina platensis Algae powder on some physicochemical and sensitive characteristics of probiotic Dough cantaining mint powder. The journal of Innovative Food Technologies, 2(2), 59-70.
[24] Sung, Y. I., Cho, J. R., Soon, O. N., Kim, C. K., and Jin, L. M. (2004). Preparation and quality characteristics of curd yogurt added with chlorella. Applied Biological Chemistry, 48 (1), 60-64.
[25] Singla, N., Verma, P., Ghoshal, G., and Basu, S. (2013). Steady state and time dependent rheological behavior of mayonnaise (egg and eggless). International Food Research Journal, 24 (4), 2009-2016.
[26] Figoni, P., and Shoemaker, C. (1983). Characterization of time dependent flow properties of mayonnaise under steady shear. Journal of Texture Studies, 14, 431-442.
[27] Beheshtipour, H., Mortazavian, A. M., Mohammadi, R., Sohrabvandi, S., and Khosravi-Darani, K. (2013). Supplementation of Spirulina platensis and Chlorella vulgaris Algae into Probiotic Fermented Milks. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 12, 144-154.
[28] Karami, M. (2017). The effect of zinc and vitamin B_{12} together with thyme and *Aloe vera* extracts in the viability of Lactobacillus acidophilus LA-5 and physicochemical properties of Iranian yoghurt drink (Doogh). International journal of dairy technology. Doi: 10.1111/1471-0307.12409.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-22]

The Use of *Spirulina platensis* in formulation of functional low-calorie sauce fortified with iron and zinc

Babakhani, Z. [1], Karami, M. [2*], Rezazadeh bari, M. [3]

1. M.Sc. Student, Department of Food Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia
2. Faculty Member of Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Science and Technology, Bu-Ali Sina University, Hamedan
3. Faculty Member of Department of Food Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia

(Received: 2018/02/13 Accepted:2018/10/14)

Microalgae are a potentially great source of natural compounds, which could be used as a functional ingredient. The addition of microalgal biomass to food formulations is an interesting innovation for production of nutritionally supplemented food materials with biologically active compounds, besides its coloring potential. Due to the growing consumption of sauces in human life and the necessity of food enrichment as an effective tool for fulfill nutritional deficiencies; a fortified functional sauce was prepared. In this study, *Spirulina* algae sauce was prepared with three levels of algae powder (0.3, 0.5 and 0.7 %), and fortified with iron and zinc and analyzed during three time intervals. During the given periods (The 1st, 30th and 60th days of production), chemical, rheological and microbial analysis and sensory evaluation were carried out. The results showed a significant difference in pH ($p<0.05$). The acidity and static viscosity of some samples containing iron and zinc had a significant difference. Viscosity decreased during the time in each treatment, the lowest dynamic viscosity was for the control sample and the highest one for samples containing highest algae level. Microbial contamination of the samples was very low and was within the standards range. Sensory evaluation of the colors of the samples containing 0.5% algae level were preferable and did not significantly differ. Practically, in terms of odor, taste, texture and overall acceptability, there were not any significant differences. Consequently, this study showed that functional low-calorie fortified sauce can be produced with iron and zinc, using microalgae. In this product, the physicochemical properties were improved compared to the conventional blank sauce, and from the microbial aspects, a safe product can be produced.

Keywords: Algae, Fortification, Functional food, Sauce, *Spirulina platensis*

* Corresponding Author E-Mail Address: mkarami@basu.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-22]