مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

امکان‌سنجی تولید دسر لبنی غنی‌شده با ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* و استویوزید و بررسی خواص فیزیکوشیمیایی و حسی آن

غزاله تولیتی[۱]، زهرا بیگ‌محمدی[۲*]، غزل لبیکی[۱]

۱- گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده داروسازی،دانشگاه علوم پزشکی آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۰۳

کلمات کلیدی:

دسر لبنی،

ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس*،

خصوصیات فیزیکوشیمیایی،

استویوزید.

DOI: 10.22034/FSCT.19.127.47

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.127.3.6

* مسئول مکاتبات:

z.beigmohammadi@iau-tnb.ac.ir

چکیده

سپیرولینا پلاتنسیس ریز جلبک غنی از پروتئین، آهن، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها، اسیدهای چرب غیراشباع، آنتی‌اکسیدان و مواد معدنی است. هدف از تولید دسر لبنی حاوی *اسپیرولینا پلاتنسیس*، ایجاد تنوع در رژیم غذایی، توسعه محصولات لبنی و تولید محصولی لذت بخش همراه با خصوصیات تغذیه‌ای مناسب برای گروه‌های سنی مختلف خصوصاً کودکان می‌باشد. در این پژوهش تاثیر سطوح مختلف *اسپیرولینا پلاتنسیس* (۳-۱ درصد وزنی)، شیرین‌کننده استویوزید (۱/۵-۰/۵ درصد وزنی) و نشاسته (۳-۱ درصد وزنی) بر خصوصیات دسر لبنی بررسی شد. بهینه‌سازی فرمولاسیون با متغیرها در سطوح مختلف، با استفاده از روش آماری سطح پاسخ (RSM) انجام شد. بر اساس نتایج بدست آمده در این پژوهش مؤثرترین پارامتر در رنگ، پروتئین و آهن نمونه‌های دسرلبنی، سطوح مختلف *اسپیرولینا پلاتنسیس* بود. مقدار نشاسته ذرت تاثیر معنی‌داری در خواص بافتی به ویژه فنری بودن، صمغی بودن، قابلیت جویدن، سفتی و چسبندگی بافت در تمامی نمونه‌ها، داشت ($p<0/05$). با توجه به نتایج به دست آمده، فرمولاسیون نمونه بهینه نیز با ترکیب استویا به میزان ۰/۰۵ درصد، *اسپیرولینا پلاتنسیس* به میزان۳ درصد و نشاسته ذرت به مقدار ۱ درصد با ضریب مطلوبیت ۰/۹۶ انتخاب گردید. نمونه بهینه در آزمایشگاه تولید و پارامترهای شیمیایی، رئولوژیکی و رنگ نیز بررسی شد. نتایج نشان داد که تفاوت بین نمونه‌های تولید شده بر مبنای فرمولاسیون بهینه و مقادیر پیش‌بینی شده توسط نرم افزار معنادار نبوده است که بیانگر کارآیی بالای مدل در پیش بینی خواص کیفی دسر تولید شده است.

۱- مقدمه

مطالعات اخیر حاکی از وجود ارتباط مثبت میان شیوع بیماری‌های قلبی و عروقی، چاقی، دیابت، فشارخون بالا و سرطان با فاکتورهای تغذیه‌ای است. نگرانی در مورد ارتباط بین رژیم غذایی و سلامتی، منجر به توسعه غذاهای فراسودمند[1] شده است. غذاهای فراسودمند به مواد غذایی اطلاق می‌شود که علاوه بر تأمین نیازهای غذایی بدن، خصوصیات سلامتی بخش نیز ایفا نموده و قادر باشند یک یا چند عملکرد فیزیولوژیک بدن را نیز تنظیم کنند. غذاهای فراسودمند با نام دیگری همانند غذا – دارو، غذاهای عملگرا و سوپر غذاها[2] شناخته می‌شوند. این غذاها علاوه بر دارابودن فاکتورهای تغذیه‌ای از قبیل اسیدهای چرب امگا، فیبر، مواد معدنی و ویتامین حاوی ترکیبات زیست فعال[3] با اثرات سلامتی بخش نیز می‌باشند[۱]. محصولات بر پایه شیر نقش مهمی در حفظ رژیم روزانه بشر دارند چرا که منبع اصلی کلسیم، ویتامین D، فسفر، پتاسیم، منگنز، ریبوفلاوین و نایسین هستند[۲]. دسر لبنی محصولی است که در آن شیر یا فراورده شیری به‌عنوان جزء اصلی در فرمولاسیون وجود داشته باشد. بخش اعظم مواد تشکیل‌دهنده انواع دسرهای لبنی را فراورده‌های لبنی شامل خامه و کره تشکیل می‌دهند و افزودنی‌های غیر لبنی مانند شکر، انواع رنگ‌های مجاز خوراکی، طعم‌دهنده‌های مجاز، پایدار کننده‌ها، اسانس یا مارمالاد میوه بخش دیگر تشکیل‌دهنده این محصولات هستند[۳]. مهم‌ترین ویژگی این دسرها انرژی بالای دریافتی از آن‌ها و احساس خوشایندی است که به‌واسطه نوع ترکیبات آن در مصرف‌کننده ایجاد می‌شود[٤].

فرآورده‌های غذایی کم کالری در جوامع مختلف با محبوبیت بالایی روبرو شده‌اند. برای جایگزینی شکر تجاری، ترکیبات مختلفی بررسی و به کار برده شده است[٥]. یکی از این ترکیبات جایگزین شیرین‌کننده استویا است. استویا یک گیاه بومی مناطق کوهستانی برزیل و پاراگوئه است[٦]. در هر برگ استویا حدودا ۵ تا ۱۰ درصد استویوزید، ۲ تا ٤ درصد ربادیوزید A و ۱ تا ۲ درصد ربادیوزید C حضور دارند[۷]. استویوزید قوی‌ترین شکل از گلیکوزید گیاه استویا است و معمولاً به هر دو فرم پودر سفید و عصاره مایع در دسترس می‌باشد. استویوزید از لحاظ تغذیه‌ای و درمانی با وجود شیرین بودن، تقریباً بدون کالری می‌باشد. برای افراد دیابتی مناسب است و تاثیری روی قند خون نمی‌گذارد؛ بنابراین باتوجه‌به ویژگی‌های بی‌نظیر این جایگزین کننده به طور بالقوه می‌توان با این ترکیبات محصولاتی با خواص ارزشمند و فراسودمند تولید کرد[۸]. از دیگر خواص مثبت استویوزید می‌توان بهبود دیابت نوع ۲، تصلب شریان و فشارخون بالا اشاره نمود[۹].

زیست‌توده ریز جلبک‌ها منابع خوبی از ترکیبات شیمیایی از قبیل پیگمان‌های کاروتنوئیدی، ویتامین‌ها، پروتئین‌ها، اسیدهای چرب و دیگر ترکیبات بیولوژیکی هستند که دارای مزیت‌های سلامتی بخش هستند[۱۰] . *اسپیرولینا پلاتنسیس* یک ریزجلبک غنی از پروتئین، آهن و اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها (A، B_2، B_6، B_{12}، E وK)، اسیدهای چرب غیراشباع، آنتی‌اکسیدان و مواد معدنی است [۱۱]. ارزش اسپیرولینا به علت هضم آسان ناشی از فقدان سلولز در دیواره سلولی است. به علت قابلیت جذب بالای مواد مغذی به‌ویژه مواد معدنی، استفاده از این ریز جلبک در رژیم غذایی زنان باردار و افراد مبتلا به سوءتغذیه توصیه شده است. سازمان جهانی بهداشت از اسپیرولینا به‌عنوان برترین ماده غذایی بر روی زمین یاد کرده است و سازمان فضایی آمریکا از اسپیرولینا به‌عنوان غذای فشرده در سفرهای فضایی استفاده می‌کند[۱۲]. همچنین اسپیرولینا اثرات مختلفی مانند ضدعفونی، ضدویروس، کاهش چربی خون، اثر ضد توموری، کاهش قند خون و وزن بدن دارد. اسپیرولینا به‌عنوان یک غذا شفابخش در نظر گرفته می‌شود[۱۱]. کاربردهای بالقوه *اسپیرولینا پلاتنسیس* به‌عنوان اجزا تشکیل‌دهنده غذایی برای بهبود خواص سلامتی بخش محصولاتی مانند مکمل‌های غذایی، نوشیدنی‌ها و شیرینی‌های تخمیر شده، غلات و محصولات نانوایی، دسرها، کیک‌ها و محصولات قنادی، بیسکویت‌ها، اسنک‌ها، سوپ‌ها، سس‌های سالاد و محصولات لبنی مانند بستنی، ماست، نوشیدنی‌های بر پایه لبنی و مانند این‌ها به‌کاررفته است[۱۳]. دراین راستا، تاهامی و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی تأثیر تغذیه‌ای اسپیرولینا بر خصوصیات پنیر فرایند شده پرداخت. نتایج نشان داد با افزایش درصد اسپیرولینا تا ٦ درصد خواص شیمیایی من جمله؛ پروتئین، خاکستر، فیبر، سلنیوم، روی، آهن، منیزیم و پتاسیم افزایش می‌یابد به‌گونه‌ای که فعالیت آنتی‌اکسیدانی

1. Functional Foods
2. Functional Food and superfoods
3. Bioactive

نمونه‌های حاوی اسپیورلینا بیشتر از نمونه شاهد بود[۱۴].مهرابی و گلی (۲۰۱۸) با بررسی تولید دسر لبنی بر پایه فرمولاسیون عسل خرما، نشاسته ذرت و ژلاتین را با کمک روش سطح پاسخ، نشان داد پارامترهای ویسکوزیته و بافت (سفتی و چسبندگی) به طور معنی‌داری با افزایش نشاسته و ژلاتین افزایش می‌یابد[۱۵]. بررسی‌های آگوستین و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد، افزودن *اسپیرولینا پلاتنسیس* تأثیر معنی‌داری در پروتئین، آب، چربی، بتاکاروتن و بافت (پنیر نرم) و پروتئین، مواد جامد کل، چربی و قند کل، نقطه ذوب و ارزیابی حسی (بستنی) دارد و افزودن ۱ و ۱/۲ درصد *اسپیرولینا پلاتنسیس* به‌عنوان بهترین غلظت برای پنیر و بستنی در نظر گرفته شد[۱۶]. امینی‌فر و همکاران (۲۰۱۶) خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی دسر لبنی فراسودمند دارای مالت جو بدون پوشینه را مورد بررسی قرارداد[۱۷]. با وجود مطالعاتی که در زمینه تولید انواع دسرهای لبنی فراسودمند صورت‌گرفته است، تاکنون هیچ پژوهشی درارتباط با تولید دسر لبنی غنی‌شده با ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و استفاده از شیرین‌کننده استویوزید و جایگزین‌کردن آن بجای ساکارز صورت نگرفته است، لذا هدف از مطالعه حاضر بررسی امکان‌سنجی تولید دسر لبنی غنی‌شده با ریز جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* و استویوزید و بررسی خواص حسی و فیزیکوشیمیایی آن با استفاده از روش سطح پاسخ[1](RSM) می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

پودر جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* از شرکت نور گنبد دارو، شیرین‌کننده استویوزید از شرکت توروپیکانا[2] مالزی، نشاسته ذرت از شرکت رویسا-ایران، پودر ژلاتین از شرکت فرمند-ایران و عصاره وانیل از شرکت گلها-ایران خریداری شد. سایر مواد شیمیایی مورداستفاده از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

۲-۲- تولید دسر لبنی

فرمولاسیون دسر لبنی، شامل سه متغیر اصلی، *اسپیرولینا پلاتنسیس* (در محدوده ۱ تا ۳ درصد وزنی)، شیرین‌کننده استویوزید (در محدوده ۰/۵ تا ۱/۵ درصد وزنی) و نشاسته (در محدوده ۱ تا ۳ درصد وزنی) (مطابق جدول ۱) در مقدار ثابت ۱۰۰ میلی‌لیتر شیر پاستوریزه کم‌چرب ۲ درصد و ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره وانیل و ٤ گرم ژلاتین با استفاده از روش آماری سطح پاسخ در ۲۰ ران تهیه شد. جهت تهیه دسر لبنی ابتدا نشاسته در شیر سرد حل شد و در یک حمام آب قرار داده تا دمای آن به ٤۰ درجه سانتی‌گراد برسد. سپس ژلاتین و عصاره وانیل اضافه و سپس مخلوط مواد خشک شامل استویوزید و *اسپیرولینا پلاتنسیس* را به‌آرامی افزوده و ۱۰ دقیقه در دمای ٤۰ درجه سانتی‌گراد جهت آبگیری ذرات جامد قرار گرفت، در این مدت مخلوط به طور مداوم هم زده شد. بعد از رسیدن دمای محصول به ۹۰ درجه سانتی‌گراد وثابت ماندن به مدت ۱۰ دقیقه در این دما، دسر در قالب موردنظر و در فلاسک سردکننده تا رسیدن به دمای ٤ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از آن آزمون‌های مورد نظر انجام شد[۱۷].

Table 1 Factors and variables tested.

No	Spirulina % (A)	Stevia % (B)	Corn Starch % (C)
1	3	0.5	1
2	1	0.5	1
3	1	1.5	3
4	3	1.5	1
5	2	0.5	2
6	3	1.5	3
7	2	1	2
8	2	1	2
9	1	0.5	3
10	2	1	2
11	2	1.5	2
12	2	1	2
13	2	1	2
14	2	1	1
15	3	1	2
16	1	1.5	1
17	3	0.5	3
18	1	1	2
19	2	1	3
20	2	1	2

۲-۳- اندازه‌گیری pH

اندازه‌گیری pH مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۵۲ و با استفاده از pH متر Metrohm مدل ٦۹۱ (ساخت سوئیس) با الکترود شیشه‌ای در دمای محیط صورت پذیرفت. برای این کار ابتدا دستگاه توسط بافرهای ٤ و ۷ کالیبره شد سپس پروب pH متر به‌صورت مستقیم درون نمونه‌های دسر

1. Response Surface Methodology
2. Tropicana

لبنی قرار گرفت و با تنظیم دما، میزان pH نمونه‌ها اندازه‌گیری شد[۱۸].

۲-٤- اندازه‌گیری ماده خشک

اندازه‌گیری ماده خشک مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۱۷۵۳ صورت پذیرفت. بدین‌گونه که ظرف موردنظر، بعد از آون گذاری اولیه و خنک شدن با دقت ۰/۱ میلی‌گرم توزین شد. سپس ۳ گرم از نمونه مورد آزمون، توزین و در آون به مدت ۳ ساعت حرارت داده شد و پس از خنک شدن، مجدداً توزین گردید. برای بار دوم ظرف را درون آون قرار داده و در نهایت به مدت ۱/۵ ساعت حرارت داده و توزین شد. عملیات ذکر شده را تا زمانیکه اختلاف بین دو توزین متوالی بیشتر از ۰/۵ گرم نباشد، تکرار شد. کمترین جرم حاصل را یاداشت شد. مقدار کل مادهٔ خشک که برحسب درصد وزنی ، بر اساس معادله ۱ محاسبه گردید[۱۹].

معادله (۱) $\frac{m2-m0}{m1-m0} \times ۱۰۰$ = درصد ماده خشک

که در این معادله، m_0 بیانگر جرم ظرف بر حسب گرم، m_1 بیانگر جرم ظرف و مواد مورد آزمون بر حسب گرم و m_2 برابر است با جرم ظرف و مواد مورد آزمون خشک شده بر حسب گرم

۲-۵- اندازه‌گیری پروتئین

برای اندازه‌گیری محتوای پروتئینی دسر لبنی از روش کجلدال استفاده گردید. در این روش دو گرم نمونه با ۱۰ گرم سولفات مس، ده گرم سولفات پتاسیم و ۲۰ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک غلیظ مخلوط و سپس برای کامل شدن مرحله هضم، از حرارت استفاده گردید. با حرارت دادن محلول (داخل بالن)، آمونیاک موجود در نمونه تبخیر شده و به بشر حاوی ۵۰ میلی‌لیتری محیط اسیدی (در ارلن حاوی حجم معینی اسید بوریک ۳٪) و معرف متیل رد بروموکروزل گرین منتقل گردید. در مرحله بعد تیتراسیون توسط اسید کلریدریک ۰/۱ N صورت گرفت و میزان اسید مصرفی توسط آمونیاک مشخص شد.[۲۰].

۲-٦- اندازه‌گیری آهن

اندازه‌گیری میزان آهن توسط دستگاه اسپکتروسکوپی جذب اتمی، یونیکو مدل UV\VIS 2100 (ساخت امریکا)، در طول موج ۲٤۸/۳ نانومتر انجام گرفت. با استفاده از منحنی کالیبراسیون، مقادیر جذب به غلظت تبدیل شده و پس از تأثیر دادن ضریب رقت، غلظت نهایی آهن در نمونه محاسبه گردید[۱۳].

۲-۷- ارزیابی بافت

آزمون پروفایل بافت نمونه‌ها با استفاده از دستگاه بافت سنج مدل Texture analyzer, LFRA 4500 model, Brookfield(ساخت امریکا) بعد از ۷۲ ساعت نگهداری در دمای ۷ درجه سانتی‌گراد انجام شد. پس از برش نمونه‌ها به ابعاد ۲۱×۲۱×۲۱ میلی‌متر، تا ۵۰ درصد ارتفاع اولیه (عمق ۲۰ میلی‌متر) توسط دستگاه فشرده شدند. سرعت نفوذ ۱ میلی‌متر در ثانیه و پروب استوانه‌ای مورداستفاده P/۱۰۰ بود. در این آزمون شاخص‌ها سختی[1] ، قوام، جویدن[2]، صمغی[3]، چسبندگی[4]، قابلیت ارتجاعی[5] و پیوستگی[6] مورد بررسی قرار گرفت[۱۷].

۲-۸- رنگ‌سنجی

شاخص رنگ با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج مدل TES 135A (ساخت تایوان) و بر اساس تعیین فاکتورهای a^*، b^* و L^* اندازه‌گیری شد. مشخصات مقادیر رنگ به ترتیب میزان روشنایی (L^*)، سبزی و قرمزی (a^*) و آبی و زرد بودن (b^*) نمونه‌ها تعیین گردید[۳].

۲-۹- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌ها در روز اول نگهداری توسط ارزیابان حسی آموزش‌دیده از نظر پارامتر پذیرش کلی توسط ده نفر ارزیاب در محدوده سنی ۲۵تا ۳۵ با مقیاس ۵ نقطه‌ای به روش هدونیک ارزیابی شد. در این آزمون به نمونه خیلی خوب نمره ۵، خوب ٤، متوسط ۳، بد ۲ و خیلی بد ۱ تعلق گرفت[۱۷].

۲-۱۰- تجزیه‌وتحلیل آماری

بهینه‌سازی فرمولاسیون با استفاده از متغیرهای مستقل نشاسته، استویوزید و *اسپیرولینا پلاتنسیس* در ۳ سطح، با استفاده از نرم افزار دیزاین اکسپرت[7] (DX7) و روش سطح پاسخ (RSM) با استفاده از طرح مرکب مرکزی[8] (CCD) در۲۰ تیمار در سه تکرار صورت گرفت. آزمون مقایسه میانگین‌ها از نوع دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام شد. تجزیه‌وتحلیل‌های

1. Hardness
2. Chewiness
3. Gumminess
4. Adhessiveness
5. Springiness
6. Cohessiveness
7. Design Expert
8 . Central Composite Design

آماری نمونه بهینه با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19 انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی pH و ماده خشک نمونه‌های دسر لبنی

مطابق با نتایج تجزیه وتحلیل واریانس مدل ارائه شده برای پیش‌بینی میزان pH نمونه‌ها به‌صورت مدل درجه دوم است (جدول ۲) و پارامترهای اسپیرولینا و مربع استویا و مربع نشاسته ذرت بر میزان pH نمونه‌ها تأثیر معنادار دارند ($p<۰/۰۵$). مطابق شکل ۱ با افزایش میزان اسپیرولینا مقادیر pH افزایش یافت. میزان استویا تا مقادیر ۰/۹۵٪ موجب افزایش میزان pH و در ادامه کاهش آن شده است. با افزایش میزان نشاسته ذرت، مقدار pH کاهش و در ادامه افزایش‌یافته است که در سطح اطمینان ۹۵٪ نتوانسته است تأثیر معناداری را بر مدل ارائه شده داشته باشد. مقادیر R^2 و R^2_{adj} آزمون عدم برازش نشان از کارایی بالای مدل ارائه شده برای پیش‌بینی مقادیر pH دارد. میزان مواد جامد کل نیز به‌صورت مدل خطی بیان شده است که با افزایش در مقادیر اسپیرولینا، استویا و نشاسته ذرت افزایش‌یافته است.

طبق استاندارد ملی ایران ۲۸۵۲ مقدار pH دسرهای لبنی باید مقادیر ۶/۳ تا ۶/۸ باشد[۱۸] و همچنین مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۷۵۳ حداقل میزان ماده خشک در دسر شیری ۲۴ گرم در صد می‌باشد[۲۰-۱۹]. مطابق با نتایج بدست آمده در مطالعه حاضر میزان ماده خشک، کمتر از حد استاندارد است. با افزایش مقادیر اسپیرولینا این محدوده افزایش‌یافته است (شکل ۲). افزایش در مقادیر استویا و نشاسته ذرت، گستره pH را در محدوده استاندارد نگه‌داشته است. غیاثی و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند که افزایش در میزان آرد گندم فرمول شده در دسر لبنی، منجر به افزایش میزان pH شده است و همچنین مقادیر ماده خشک جامد را به‌صورت معنادار افزایش داد، که مطابق با نتایج ارائه شده در پژوهش حاضر است[۳]. باباخانی و همکاران (۱۳۹۷) نیز نشان دادند که افزایش در مقادیر جلبک اسپیرولینا منجر به افزایش pHنمونه‌های سس شده است که با نتایج مطالعه حاضر هم راستا می‌باشد[۲۱]. وارگا و همکاران (۲۰۱۳) بیان داشتند که افزودن جلبک اسپیرولینا به نمونه‌های شیر تخمیر شده منجر به افزایش pH می‌شود، آن‌ها همچنین گزارش کردند این افزایش را به دلیل ماهیت قلیایی جلبک اسپیرولینا است [۲۲]. از طرف دیگر حضور مقادیر بالای فیبر و کربوهیدرات در اسپیرولینا و نشاسته ذرت از مهم‌ترین دلایل افزایش مقدار ماده جامد کل است[۲۳]. ماده خشک *اسپیرولینا* شامل ۳ تا ۷٪ رطوبت، ۵۵ تا ۶۰٪ پروتئین، ۶ تا ۸٪ چربی، ۱۲ تا ۲۰ ٪ کربوهیدرات، ۷ تا۱۰٪ خاکستر، ۸ تا ۱۰ ٪ فیبر، ۱ تا ۵ کلروفیل a و ۱٪ انواع ویتامین‌هاست[۲۵-۲۴]. با توجه به وجود فیبر، پروتئین و مواد معدنی زیاد در جلبک اسپیرولینا، افزایش میزان ماده خشک در اثر افزایش سطوح اسپیرولینا به این امر مربوط می‌باشد [۲۶]. ماماتا و همکاران (۲۰۰۷)، بارکالا و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند با افزودن جلبک *آنتروومورفا* به فرمولاسیون نوعی اسنک به نام *پاکادو*، میزان خاکستر را در این ماده افزایش می‌یابد[۲۷].

۳-۲- بررسی آهن و پروتئین نمونه‌های دسرلبنی

اسپیرولینا پلاتنسیس غنی‌ترین افزودنی به لحاظ پروتئین، اسیدهای چرب ضروری مثل گامالینولئیک اسید و پیش‌سازهاس ویتامین‌ها خصوصاً $B_{۱۲}$، مواد معدنی مانند آهن و کلسیم، ویتامین A و رنگدانه‌هایی مانند فایکوسیانین است [۲۸]. آهن یکی از عناصری هست که در ساختمان بسیاری از آنزیم‌ها و پروتئین‌ها خصوصاً هموگلوبین شرکت دارد و کمبود آن منجر به کم خونی و فقر آهن می‌شود. کمبود آهن و کم خونی ناشی از آن یکی از مشکلات تغذیه‌ای کشور بوده و موجب اختلالاتی در گروه‌های سنی مختلف می‌شود[۲۹].

ایمنی اسپیرولینا به‌عنوان غذا، توسط مصرف انسانی در طی قرن‌ها و از طریق مطالعات متعدد و دقیق سم‌شناسی ثابت شده است[۲۳]. رایموند و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه خود به بررسی استفاده از زیست‌توده ریز جلبک‌ها در تولید فراورده‌های غذایی ژلی بر پایه سیستم بیوپلیمری متشکل از پروتئین و پلی ساکارید پرداختند[۳۱]. دانسی و همکاران (۲۰۱۰) به منظور غنی‌سازی پروتئین در محصولات نانوایی از ریز جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* استفاده کردند، بدون آنکه تغییر قابل ملاحظه‌ای در بافت، ضریب انبساط، درصد ترکیب و پذیرش حسی محصول ایجاد شود [۳۲]. در دهه گذشته ریز توده‌های جلبک‌ها در بازارهای فرآورده‌های سلامتی بخش استفاده شده است. بیش از ۷۵ ٪ تولید سالیانه زیست‌توده‌ها، به منظور تولید پودر، قرص و کپسول ریز جلبک‌ها بوده است[۳۳].

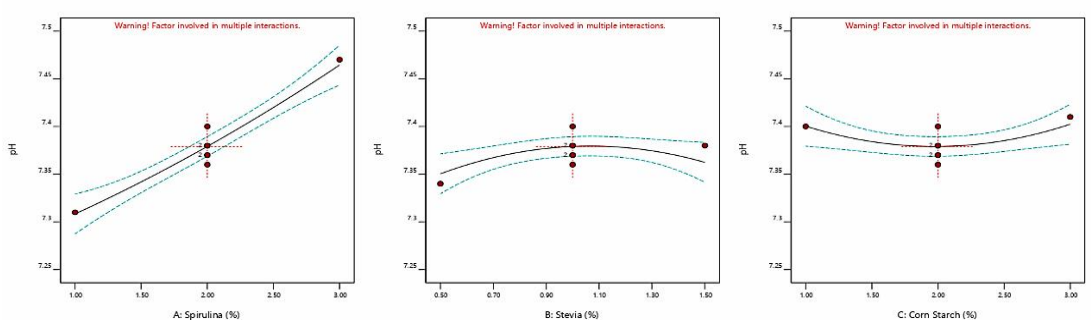


Fig 1 The effect of independent test variables on the pH parameter

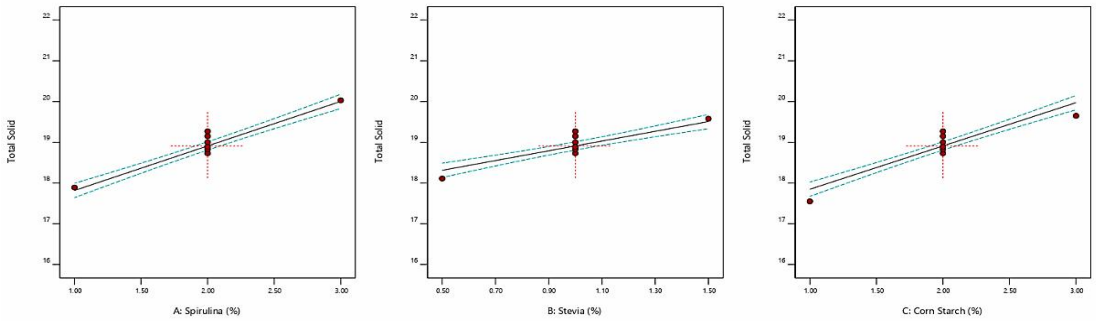


Fig 2 The effect of independent test variables on the total solids parameter.

پودر *اسپیرولینا پلاتنسیس* به منظور تولید فرآورده‌های غذایی مختلف مانند سوپ‌ها، سس‌ها، پاستا، اسنک، نوشیدنی‌ها، شکلات، آب‌نبات، بیسکویت، نان، کیک و آرد غنی شده استفاده شده است [۳٤]. مطابق نتایج بدست آمده در جدول ۲، مدل ارائه شده برای بررسی میزان پروتئین نمونه‌های دسرلبنی، خطی است و تنها عامل موثر بر آن، میزان اسپیرولینای موجود در فرمول است (شکل ۳).R^2 و R^2_{adj} ارائه شده و همچنین آزمون عدم برازش کارایی بالای مدل را تایید کرده است. درمطالعه حاضر تغییرات میزان عنصر آهن در نمونه‌های دسرلبنی تولیدی نیز تحت تاثیر میزان اسپیرولینا به‌صورت مستقل و برهمکنش میزان اسپیرولینا و استویا است (شکل٤). مقادیر R^2 و R^2_{adj} نیز مقادیر با کارایی خیلی خوب را برای مدل نشان داده، آزمون عدم برازش غیر معنادار است که نشان دهنده کارآیی بالای مدل در پیش‌بینی میزان آهن نمونه‌ها است.

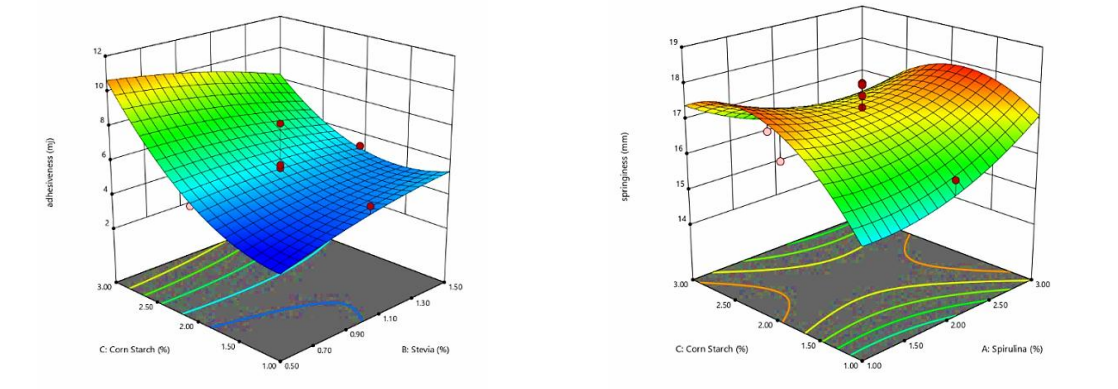
Table 2 Proposed models for physicochemical and Rheology properties tested.

Factors	Models	Sig	Lack of Fit	R^2	R^2 adj
pH	$7.37+0.078A - 0.022B^2+0.02C^2$	0.000***	0.076^{ns}	0.99	0.99
Total Solid	1.093A+0.59B+1.06C	0.000***	47.46^{ns}	0.97	0.96
Protein	9.29++0.484A	0.000***	0.86^{ns}	0.98	0.98
Fe	211.48+72.67A	0.000***	0.26^{ns}	0.99	0.99
Springiness	$17.26 - 0.75AC -1.25C^2$	0.02*	0.21^{ns}	0.77	0.57
Gumminess	$1.13+0.613C+0.40C^2$	0.000***	0.281^{ns}	0.90	0.82
Chewiness	20.87+9.96C	0.000***	0.23^{ns}	0.81	0.77
Hardness	$2.24+1.28C+0.88C^2 40C^2$	0.000***	0.32^{ns}	0.93	0.86
Adhesiveness	$5.55+2.53C -1.05BC+1.70C^2$	0.001***	0.96^{ns}	0.89	0.79
Cohesiveness	-	0.99^{ns}	0.97^{ns}	0.013	-0.17
L*	47.24 -9.94A+3.09C	0.000***	0.62^{ns}	0.9	0.88
a*	19.13 -7.050A	0.000***	0.91^{ns}	0.74	0.69
b*	6.91 -5.412A	0.000***	0.08^{ns}	0.8	0.76

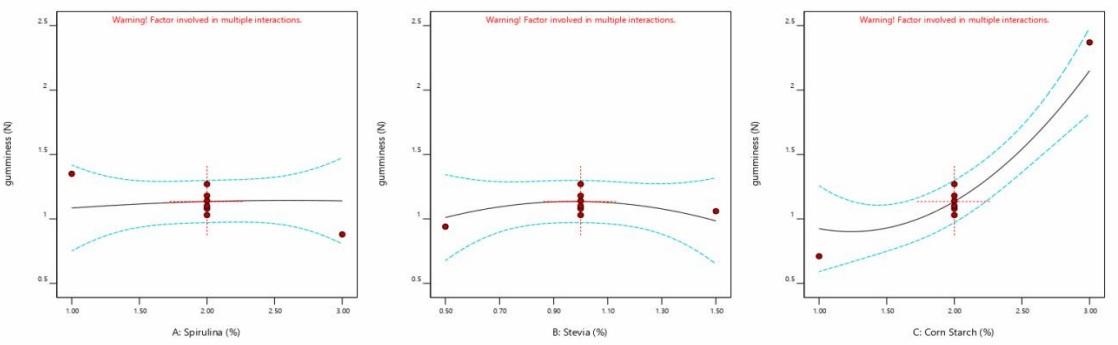
ns > 0.05; *** 0.001< ؛** < 0.01 ؛* < 0.05

۳-۳- بررسی خصوصیات بافت نمونه‌های دسرلبنی

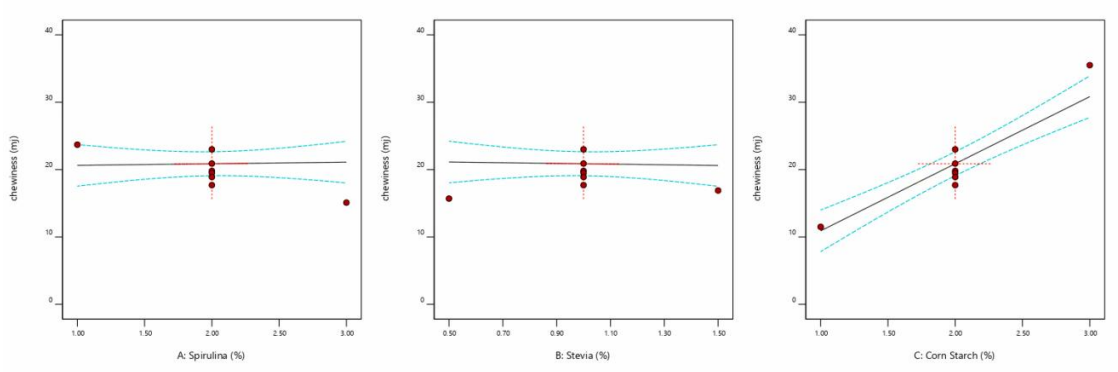
الاستیسیته یا فنریت توانایی نمونه برای بازگشت به شکل اولیه بعد از حذف نیروی تغییر شکل دهنده که در منحنی معادل مسافتی است که ماده غذایی طی زمان، ارتفاع اولیه خود را بازیابی می‌کند[۳۵]. باتوجه‌به مدل‌های ارائه شده در جدول ۲ جهت پیش‌بینی خواص فنری بودن، صمغی بودن، قابلیت جویدن، سفتی و چسبندگی بافت، مشخص شد که تنها پارامتر مؤثر بر این خواص مقدار نشاسته ذرت است، به‌گونه‌ای که مدل ارائه شده برای بررسی میزان الاستیسته یا فنریت، مدل درجه دوم است و پارامترهای متقابل مقدار اسپیرولینا و نشاسته ذرت و توان دوم نشاسته ذرت عوامل معنادار بر مدل بوده‌اند و با افزایش در مقادیر اسپیرولینا و نشاسته ذرت، خاصیت فنری بودن نمونه‌ها کاهش‌یافته است. مطابق شکل ۵ بر همکنش مؤثر اسپیرولینا و نشاسته ذرت، مقادیر ۲٪ نشاسته ذرت و مقدار ۳٪ اسپیرولینا بیشترین خاصیت فنری را ایجاد کرده است.



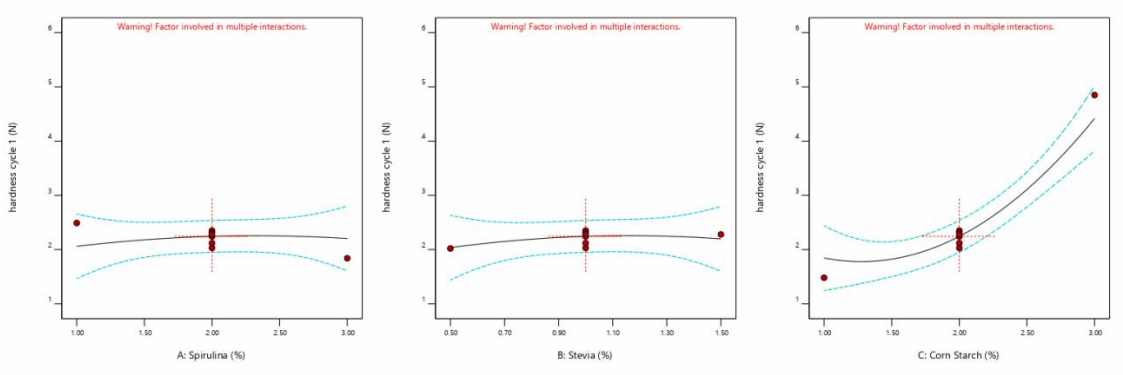
(a) (b)



(c)



(d)



(e)

Fig 5 The effect of independent test variables on the Springiness (a), Adhesiveness (b), gumminess (c), Chewiness (d) and Hardness (e) parameter.

مقادیر R^2 و R^2_{adj} از اعتبار بالایی برخوردار است. نتایج بررسی خاصیت صمغی بودن نمونه‌های دسر لبنی نشان داد که مدل ارائه شده درجه دوم و تنها تحت تأثیر مقدار نشاسته ذرت است و با افزایش در مقدار نشاسته ذرت، خاصیت صمغی بودن نمونه نیز افزایش یافت (جدول ۲). با افزایش میزان نشاسته ذرت تا سطح ۲٪ میزان صمغی بودن با شیب کمی افزایش و بعد از ۲٪ نشاسته ذرت میزان صمغی بودن نمونه‌های دسر افزایش معناداری داشت.

با استناد به جدول ۲مشخص شد که پارامتر مقدار نشاسته ذرت در فرمولاسیون دسر لبنی، عامل معنادار بر مدل ارائه شده برای تخمین قابلیت جویدن است. با افزایش مقدار نشاسته ذرت، نیروی لازم برای جویدن نمونه‌ها نیز افزایش‌یافت که باتوجه‌به افزایش میزان ماده خشک در نمونه‌ها با افزایش میزان نشاسته ذرت، این افزایش در نیروی لازم برای جویدن، منطقی به نظر می‌رسد. مقادیر R^2 و R^2_{adj} بیان شده در جدول ۲ و همچنین نتایج عدم برازش نیز نشان داد که مدل ارائه شده از اعتبار بالایی برخوردار است. سفتی یا سختی حداکثر نیروی موردنیاز جهت فشرده شدن نمونه‌ها و معادل ارتفاع اوج نیرو در مرحله فشردن است که برای نمونه‌های دسر در مطالعه حاضر با افزایش در میزان نشاسته ذرت در مدل درجه دوم افزایش‌یافت. طبق نتایج بدست آمده در مورد پارامتر چسبندگی نمونه‌های دسر لبنی مشخص شد مدل ارائه شده درجه دوم است و نشاسته ذرت عامل مؤثر بر تغییرات چسبندگی نمونه‌ها است. لازم به ذکر است که چسبندگی کار موردنیاز برای غلبه بر نیروی جاذبه بین سطح ماده و سطح سایر موادی که با ماده در تماس هستند، می‌باشد[۳۵]. مطابق با نتایج ارائه شده در مطالعه حاضر، مدل ارائه شده برای بررسی میزان پیوستگی نمونه‌های دسر غیرمعنادار است و مقادیر R^2 و R^2_{adj} نیز تایید کننده عدم کارایی مدل است.

مهرابی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهش خود نشان دادند که با افزایش درصد نشاسته، ژلاتین و عسل خرما، سفتی بافت و چسبندگی افزایش می‌یابد.. این افزایش می‌تواند به دلیل فرایند ژلاتیناسیون نشاسته طی فرایند حرارتی و جذب آب توسط ژلاتین باشد؛ بنابراین با افزایش مقدار این هیدروکلوئیدها در محصول، بافت محصول سفت‌تر می‌گردد[۱۵]. به‌علاوه، بر همکنش بین پروتئین‌های شیر و هیدروکلوئیدها هم می‌تواند بر چنین روندی تأثیرگذار باشد[۳۶]. در مطالعه‌ای که ال-گاراوانی و همکاران (۲۰۰۵) بر روی خواص رئولوزیکی دسر لبنی حاوی پروتئین آب پنیر و نشاسته سیب‌زمینی انجام داد، نتایج بیانگر همبستگی بالا بین غلظت مواد (کنسانتره پروتئین آب پنیر، نشاسته سیب زمینی و یوتا-کاراگینان) و استحکام دسر لبنی به گونه‌ای با افزایش غلظت مواد تشکیل‌دهنده، سفتی بافت افزایش [۳۷].

طبق نتایج غیاثی و همکاران (۱۳۹۳) تأثیر افزایش درصد جوانه گندم بر افزایش میزان سفتی در تیمارهای مختلف دسر لبنی بیشتر از تأثیر افزایش اندازه ذرات بود[۳]. میزان پیوستگی بافت تمامی نمونه‌های مورد آزمایش بالاتر از ۳۵٪ بود که نشان‌دهنده‌ی پیوستگی بالا و حفظ استحکام ساختار داخلی ژل در مقابل وارد شدن نیروهای اعمال شده است. بارکالا و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که استفاده از پورد اسپیرولینا در فرمولاسیون ماست منجر به کاهش میزان نرمی نمونه‌های ماست می‌شود، بیشترین میزان پارامتر نرمی را نمونه شاهد دارد. درواقع با افزایش میزان اسپیرولینا، میزان نرمی کاهش معنادار یافته است. علت کاهش نرمی نمونه‌های ماست،

تخریب شبکه ژلی ماست در حضور اسپیرولینا بیان شد. تغییر در فاکتور پیوستگی و انسجام الاستیسیته نمونه‌های ماست معنی‌دار نبوده است و مقادیر انسجام و الاستیسیته نمونه‌های کنترل و نمونه‌های تلقیح شده با اسپیرولینا مشابه هم بوده است[۳۲].

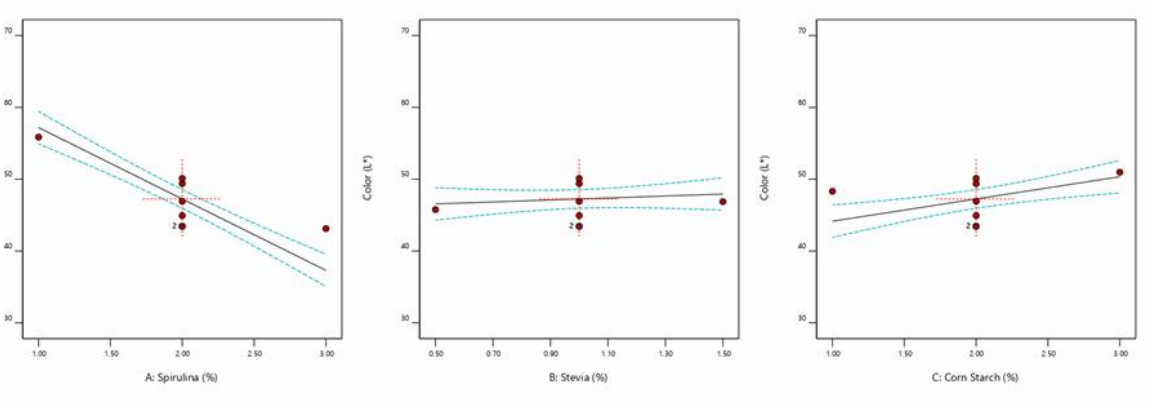
۳-٤- بررسی رنگ نمونه‌های دسرلبنی

باتوجه‌به جدول ۲ مدل ارائه شده برای بررسی پارامتر روشنایی (L*) نمونه‌ها مدل خطی بود که تحت تأثیر میزان *اسپیرولینا پلاتنسیس* و نشاسته ذرت قرار گرفت. مؤثرترین پارامتر میزان *اسپیرولینا پلاتنسیس* بود که با افزایش در مقدار آن میزان روشنایی نمونه‌ها کاهش یافت. با افزایش میزان استویا، افزایش جزئی غیرمعناداری در میزان روشنایی نمونه‌ها مشاهده شد. با افزایش میزان نشاسته ذرت میزان روشنایی نمونه‌ها افزایش داشت که در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار بود ($p<۰/۰۵$). مدل ارائه شده برای پارامتر قرمزی (a*) رنگ نمونه‌ها نیز مدلی خطی است و تنها پارامتر مؤثر بر آن میزان *اسپیرولینا پلاتنسیس* است به‌گونه‌ای که با افزایش میزان اسپیرولینا پارامتر قرمزی رنگ کاهش و به سمت طیف سبز تمایل یافت که تأثیر آن بر مدل ارائه شده نیز در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار بود ($p<۰/۰۵$). مدل ارائه شده برای پیش‌بینی میزان تمایل به رنگ زرد نیز خطی است و تنها پارامتر تأثیرگذار بر مدل میزان اسپیرولینای موجود در فرمولاسیون است (شکل ٦).

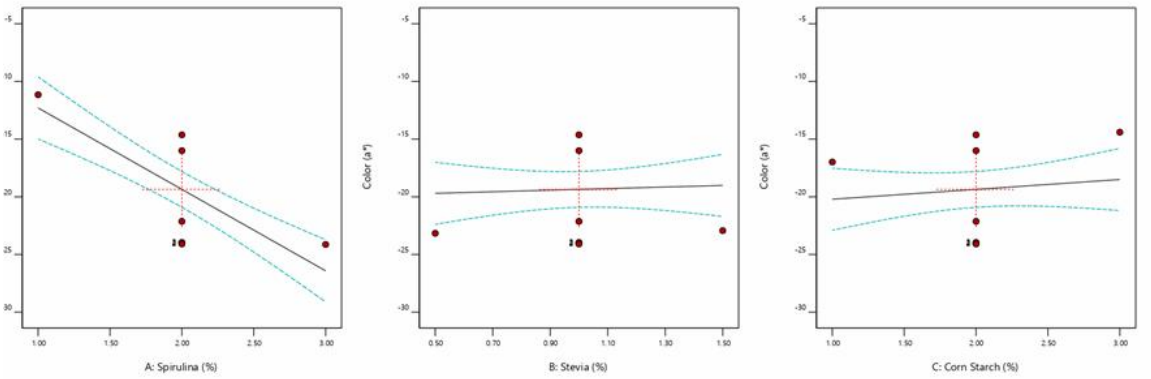
رنگ، یکی از ویژگی‌های ظاهری مواد غذایی است که درک کیفی مصرف‌کننده از محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد و در پذیرش محصول توسط مصرف‌کننده نقش بسزایی ایفا می‌کند. در واقع رنگ در مواد غذایی از رنگ‌های طبیعی موجود در ماده خام و یا ترکیبات رنگی تولید شده در حین فرایند حاصل می‌شود[۳۸]. رنگ ماده غذایی از پارامترهای بسیار مهم از دیدگاه مصرف‌کنندگان به شمار می‌آید. منفی بودن شاخص a* نشان‌دهنده این مطلب بوده که این اعداد در فضای رنگ سبز بوده‌اند. مثبت بودن شاخص b* نیز نشان داد که این اعداد در محدوده‌ی رنگ زرد هم قرار دارند. با تفاوت در مقادیر a*، b*، L* ممکن است تحت تأثیر توانایی پراکندگی نور توسط ترکیبات مختلف باشد. ظاهر امولسیون تحت تأثیر ترکیبات به‌کاررفته در امولسیون و رنگ آن‌ها، اختلاف ضریب شکست و اندازه ذرات فاز پراکنده نیز قرار می‌گیرد و از نظر تئوری نمونه‌های با اندازه ذرات روغن کوچک‌تر همیشه (L*) بالاتری در نتیجه شکست نور مناسب دارند [۳۹]. مثلاً هنگامی‌که اندازه قطرات پخش شده ۱ تا ۱۰ میکرون باشد امولسیون ازنظر ظاهر به‌صورت سفید شیری است. به عبارتی هرچقدر اندازه ذرات کوچک‌تر و یکنواخت‌تر باشد به دلیل اختلاف ضریب شکست کمتر، نور تقریباً با همان زاویه تابیده شده، بازتاب می‌کند و رنگ محصول شفاف‌تر دیده می‌شود. شاخص (L*) یا روشنایی دسر تأثیر زیادی روی ظاهر و پذیرش محصول دارد. استفاده از اسپیرولینا با ماهیت رنگ خاص خود از مهم‌ترین دلایل افزایش میزان تمایل به سبزی و کاهش روشنایی و کاهش تمایل به زردی در پی افزایش در مقدار آن بوده است. *اسپیرولینا پلاتنسیس* به‌عنوان جزئی پایدار در ایجاد رنگ سبز به کار می‌رود[٤٠]. غیاثی و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعات خود، نشان دادند که استفاده از جوانه ی گندم سبب کاهش پارامتر رنگ‌سنجی L* و افزایش مؤلفه‌ی رنگ‌سنجی a* و b* در نمونه‌ها می‌شود بدین ترتیب نمونه‌های دسر غنی‌شده با جوانه تیره‌تر، قرمزتر و زردتر از نمونه کنترل بودند. درحالی‌که در پژوهش جاری، افزودن نشاسته ذرت منجر به افزایش میزان روشنایی نمونه‌ها شده است. محرابی و همکاران (۱۳۹۷) نشان دادند که استفاده از نشاسته گندم نتوانسته بر میزان روشنایی نمونه‌ها تأثیر معنادار داشته باشد اما با افزایش استفاده از قند خرما و عسل، میزان پارامتر قرمزی نمونه‌ها افزایش‌یافته است [۱۵]. دیگر محققین عنوان کردند استفاده از جلبک اسپیرولینا در نمونه‌های ماست منجر به کاهش میزان روشنایی نمونه‌ها می‌شود[۲۷].

با توجه به ایجاد رنگ سبز و امکان عدم پذیرش آن در برخی محصولات، محققین روش‌های متفاوتی را جهت کاهش رنگ ناشی از اسپیرولیناپلاتنسیس پیشنهاد داده‌اند از جمله ریزپوشانی پودر یا عصاره حاصل از آن که می‌تواند با روش‌های قابل دسترس مانند خشک‌کن پاششی صورت بگیرد [٤١]. شرعی و همکاران (۱۳۹۷) استفاده از مقادیر بالای استویا را از جمله دلایل اصلی افزایش میزان روشنایی نمونه‌های مربای هویج دانسته‌اند [٤٢]. کلیکلی و همکاران (۲۰۱۹) نیز نشان دادند که با افزایش میزان اسپیرولینا میزان روشنایی نمونه‌های غذای فراسودمند آیران[1] کاهش معنادار داشته و همچنین با افزایش میزان اسپیرولینا میزان a* نیز کاهش یافته است که همسو با نتایج این پژوهش است.

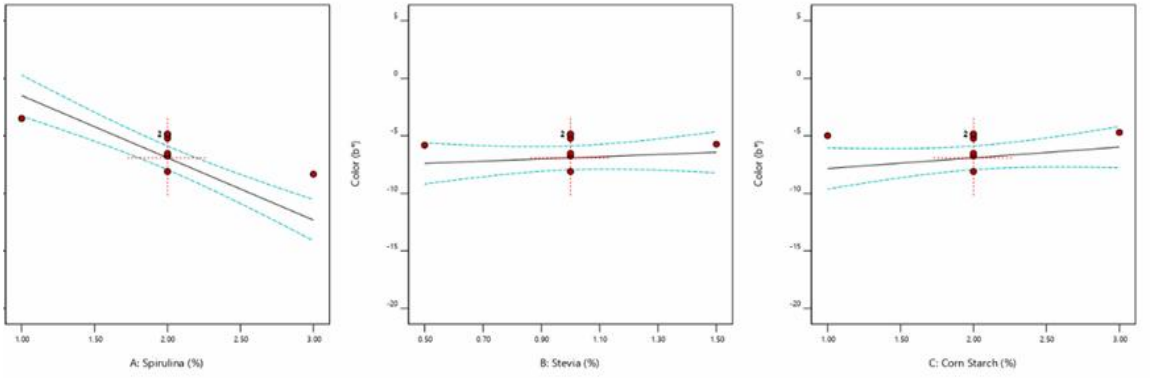
1. Ayran



(a)



(b)



(c)

Fig 6 Independent effect of test variables on brightness factor (a), redness (b), and yellowness (c)

دلیل تغییرات رنگ در ماتریکس غذایی، وجود رنگدانه های آلوفیکوسیانین[1] و c- فیکوسیانین[2] بیان شده است [٤٣]. در پژوهش خزایی و همکاران (١٣٩٧) بیان شد که اسپیرولینا توانایی پوشش‌دهندگی رنگ زرد حاصل از قهوه‌ای شدن میلارد را دارد و در نمونه‌های پاستیل حاوی اسپیرولینا، میزان زردی نمونه‌ها کاهش و پارامتر*b نیز کاهش معنادار داشته است که در راستای نتایج تحقیق حاضر است[٤٤].

۳-۵- بررسی پارامتر پذیرش کل حسی نمونه‌های دسر لبنی

1. Allophycocyanin
2. C-phycocyanin

مطابق با نتایج تجزیه و تحلیل واریانس هیچ کدام از پارامترهای مستقل تحقیق نتوانستند تاثیر معناداری را بر میزان پذیرش کل نمونه‌های دسر لبنی بگذارند. مدل ارائه شده معنادار نبود و نتوانست فرمول موثری را برای پیش‌بینی میزان مطلوبیت حسی نمونه‌ها نشان دهد.

۳-٦- تعیین محدوده‌ی مطلوب پارامترهای مستقل و وابسته

نتایج بررسی‌ها نشان داده‌اند که در بهینه‌سازی صورت گرفته در مطالعات مربوط به صنایع غذایی، فرمولاسیونی به‌عنوان بهینه واقعی می‌تواند در نظر گرفته شود که تابع مطلوبیت آن حداقل ۰/۷ باشد. بهینه‌سازی فرمولاسیون تهیه دسر لبنی با استفاده از مدل‌های برازش شده و تابع مطلوبیت انجام پذیرفت. بدین منظور شرایط بهینه با اهداف رسیدن به دامنه استاندارد پارامترهای بررسی شده، انجام گرفت. در این تحقیق استویا به میزان ۰/۰۵ درصد، اسپیرولینا به میزان ۳ درصد و نشاسته ذرت به مقدار ۱٪ با ضریب مطلوبیت ۰/۹٦ انتخاب شد.

۳-۷- بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی و حسی نمونه تولید شده دسر لبنی بر مبنای فرمول پیشنهادی

بر اساس فرمولاسیون پیشنهاد شده به عنوان نمونه بهینه، نمونه دسر لبنی تولید و آزمون های فیزیکوشیمیایی من جمله؛ اندازه گیری pH، ماده جامد کل، پروتئین، آهن و پارامتر رنگ و آزمون‌های رئولوژیکی بافت شامل خاصیت فنری بودن، صمغی بودن، قابلیت جویدن، سفتی، انسجام و پیوستگی و چسبندگی و پذیرش کلی در سه تکرار انجام گرفت و با آزمون T-test با نمونه پیش‌بینی شده مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که تفاوت بین نمونه‌های تولید شده بر مبنای فرمولاسیون بهینه و مقادیر پیش‌بینی‌شده توسط نرم افزار معنادار نبود که بیانگر کارآیی بالای مدل در پیش بینی خواص کیفی دسر تولید شده است.

٤- نتیجه‌گیری کلی

تلاش‌ها برای کاهش بروز بیماری‌هایی نظیر سرطان، بیماری‌های قلبی و عروقی و بهبود سلامتی افراد جامعه همواره یکی از دغدغه‌های مهم و حیاتی پژوهشگران و دانشمندان بوده است. گسترش غذاهای غنی از مواد گیاهی و ضد سرطان می‌تواند نقش مهمی در تحقق این هدف داشته باشد. یکی از استراتژی‌های اساسی، مؤثر و ارزان برای مهار و پیشگیری از اختلالات ناشی از کمبود مواد مورد نیاز بدن، غنی کردن محصولات غذایی است. نتایج نشان داد میزان پروتئین، آهن و ماده خشک نمونه‌های دسر تحت تاثیر مستقیم میزان اسپیرولینا پلاتنسیس بوده است و با افزایش میزان آن، افزایش یافتند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد با ارائه فرمولاسیون مناسب جهت اصلاح طعم و رنگ احتمالی ناشی از افزودن جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* و با تکیه به خواص سلامتی‌بخش و استفاده از این ترکیب در فرمولاسیون دسر لبنی و بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی، فیزیکوشیمیایی و حسی می‌توان از آن به عنوان یک ماده افزودنی بسیار مفید و مؤثر در مواد غذایی استفاده کرد و یا نسبت به غنی‌سازی انواع محصولات غذایی توسط این ریزجلبک اقدام نمود.

٥- منابع

[1] Nikoo, M., Benjakul, S. 2015. Potential application of seafood-derived peptides as bifunctional ingredients, antioxidant–cryoprotectant: A review. Journal of Functional Foods,10: 753-764[In Persian].

[2] Jooyandeh, H., Rostamabadi,H., and Goudarzi, M. 2020. Effect of psyllium husk, basil,and cressseed mucilages onrheologicalbehavior of low-fat chocolate dairy dessert. Journal of Food Industry Research, 29(1):83-98[In Persian].

[3] Ghiasi, F., Majzoobi, M., Farahnaky, A. 2014. Production of beneficial dairy desserts containing wheat germ and evaluation of its physicochemical and sensory properties. The First National Congress on Snack Foods [In Persian].

[4] De Wijk, R. A., Rasing, F., Wilkinson, C. L. 2003 Texture of semi-solids: Sensory flavor–texture interactions for custard desserts. Journal of Texture Studies . 34: 131–146.

[5] Louis, J.L., Balestrieri, M.L, Napoli, C. 2007. Nutrition, physical activity and cardiovascular disease. Cardiovascular Research 73: 326-340.

[6] Vatankhah, M., Elhami Rad, A.H., Yaghbani, M., Nadian, N.,Akbarian

Meymand, M.J. 2014. Study of possibility low calorie biscuit production by using stevioside sweetener. Journal of Research and Innovation in Food Science and Industry,3(2):157-170[In Persian].
[7] Wood, H. B, Allerton, J. R, Diehl, H. W, Fletcher H. G. 1995. Stevioside ,the structure of the glucose moieties. Journal of Organic Chemistry , 20: 875–883.
[8] Contreras, s. 2013. Anticariogenic properties and effects on periodontal structures of Stevia rebaudiana Bertoni. Narrative Review. Journal of Oral Research ,2 (3): 156-166.
[9] Zare Hoseini, R.., Mohammadi Goltapeh, E., Kalatejari, S., Dehghani Mashkani, M. 2015. Effect of Vermicompost and Fungi Inoculation on Growth Characteristics and Steviosid Content of Stevia rebaudiana Bert. Journal of Medicinal Plants, 14 (56) :179-188[In Persian].
[10] Sonam K, Neetu S. 2017. A comparative study on nutritional profile of spirulina cookies. International Journal of Food Science and Nutrition, 2 (3): 100-102.
[11] Celekli, A., Alslibi, Z., Bozkurt, H. 2018.Use of spirulina in probiotic fermented milk products. Proceedings of 120th The IRES International Conference, Istanbul, Turkey. 20th-21st June.
[12] Mostolizadeh, S., Moradi, Y., Mortazavi, M. S., Motallebi, A.,and Ghaeni, M. 2017.Application effects of Spirulina powder on the fatty acid and amino acid composition of pasta . Iranian Scientific Fisheries Journal, 26 (4) :119-130[In Persian].
[13] Asadi, S. Z., Beigmohammadi, Z., Mirmajidi Hashtjin, A. 2020. The Effect of Edible Coating Containing *Spirulina platensis*, Chitosan and Gelatin on Physicochemical, Sensory and Nutritional Properties of Dried Kiwifruit. Journal of Food Science and Technology (Iran), 17(102): 53-67[In Persian].
[14] Tohamy, M., Shaaban, H., Ali, M., Hassanian, A. 2019. Effect of *Spirulina platensis* as Nutrition Source on the Chemical, Rheological and Sensory Properties of Spreadable Processed Cheese**.** Journal of Biological Sciences, 19 (1): 84-91.
[15] Mehrabi, Z., Goli, M. 2018. Production of Dairy Dessert Based on Formulation of Date Syrup, Corn Starch and Gelatin Using Response Surface Methodology (RSM). Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology, 13(3):115-125 [In Persian].
[16] Agustini, T., ruf, W., Suzery, M., Benjakul, S. 2016. Application of spirolina platensis on ice cream and soft cheese with respect to their natural and sensory perspectives. Journal of Technology, 78:4–2 . 245–251.
[17] Aminifar, M., Miani, S., alami, M., Ghaffarpoor, M., Dastmalchi, F., Maghsoodloo, Y., Mohammadi, M. 2016. An investigation of the physicochemical,textural and sensorial properties of functional dairy dessert prepared from hull-less barley malt. Iranian Journal of Biosystems Engineering, 47(3):501-509[In Persian].
[18] ISIRI 2852. 2012. Milk and milk products- Determination of totrable acidity and pH- Test method [In Persian]
[19] ISIRI 1753.1992. Cheese and processed cheeses - Determining the amount of dry matter. First Edition [In Persian].
[20] Guldas M, Irkin R. 2010. Influence of *Spirulina plantensisi* powder on the microflora of yoghurt and acidophilus milk. Original Science Paper , 237-243.
[21] Babakhani, Z., Karami, M., Rezazadeh bari, M. 2019.The Use of micro-algae Spirulina platensis in formulation of functional fortified low-calorie sauce with iron and zinc.Journal of Food Science and Technology,15 (84) :125-13[In Persian].
[22] Varga L, Monlar N, Szigeti J. 2012. Manufacturing technology for a spirulina enriched mesophilic fermented milk. International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological footprint ,1-6.
[23] Varga L, Szigeti J, Kovacs R, Foldes T, Buti S. 2002. Influence of Spirulina platensis biomass on the microflora of fermented ABT milks during storage. Journal of Dairy Science, 85 (5): 1031-1038.
[24] Tarrega A, Costell E. 2007. Colour and consistency of semi-solid dairy desserts: Instrumental and sensory measurements. Journal of Food Engineerig,78: 655–661.
[25] Barbosa-Canovas G. V, Juliano P, Peleg M. 2006. Engineering properties of foods. In food engineering, [Ed. Gustavo, V. Barbosa-Canovas], In encyclopedia of life support system (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss publishers, Oxford, UK.
[26] Belay, A. 2002. The potential application

Tunisian date (*Phoenix dactylifera L.*) byproduct: Characterization and potential effects on sensory, textural and antioxidant properties of dairy desserts. Journal of Food Chemistry, 188: 8-15.

[37] El-Garawany, G.A., Abd El Salam, M. H. 2005. Preparation and rheological properties of dairy dessert based on wheyprotein/potato starch. Journal of Food Chemistry, 91: 261-267.

[38] Koc, Banu. 2010. Spray drying of yogurt: Optimization of process conditions for improving viability and other quality attributes. Drying Technology ; 28: 495-507.

[39] Dönmez, Ö., Mogol, B. A., Gökmen, V. 2017. Syneresis and rheological behaviors of set yogurt containing green tea and green coffee powders. Journal of Dairy Sciences, 100 (2): 901-907.

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

[41] Ghandehari Yazdi, A. P., Beig Mohammadi, Z., Khoshtinat, K., Kamali Rousta, L., Jafari, S. M. 2021. Application of Spray Dried Encapsulated Bioactives in Food Products. In Spray Drying Encapsulation of Bioactive Materials. CRC Press, 377-421.

[42] Sharei, S., Tadayoni, M., Aghajani, N. 2018. Optimization of the low calorie and prebiotic carrot jam. Iranian Food Science and Technology.78 (15): 191-201[In Persian].

[43] Çelekli, A., Alslibi, Z., Alajil Üseyin. B. H.2019. Influence of incorporated Spirulina platensis on the growth of microflora and physicochemical properties of ayran as a functional food. Algal Research, 44: 101710.

[44] Khazai, E., Shahidi, F., Mortazavi, S. A., Mohebi, M. 2015. The effect of different levels of Spirulina Platensis micro-algae and agar and guar hydrocolloids on water activity, texture, color parameters and Overall acceptability of kiwi puree-based fruit pastille. Iranian Food Science and Technology, 12 (48) :47-59[In Persian].

of Spirulina (Arthrospira) as a nutritional and therapeutic supplement in health management. Journal of the American Nutraceutical Association,5 (2): 27-48.

[27] Barkallah, M, Dammak, M., Louati, I., Hentati, F., Hadrich, B., Mechich, T., Ayadi, M., Fendri, I., Attia, H., Abdelkafi, S. 2017. Effect of *Spirulina platensis* fortification on physicochemical, textural, antioxidant and sensory properties of yogurt during fermentation and storage.Journal of applied sciences,84: 323-330.

[28] Habib, M., Parvin, M. 2008. A review on culture production and use of spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish. FAO : 1-41.

[29] ISIRI 8537.2005 Addition of essential nutrients to foods – General principles[In Persian].

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

[31] Raymundo, A., Gouveia, L., Batista, A.P, Empis, J., Sousa, I. 2005. Fat mimetic capacity of Chlorella vulgaris biomass in oilin- water food emulsions stabilized by pea protein. Journal of Food Research International, 38: 961-965.

[32] Danesi, E. D. G., Navacchi, M. F. P., Takeuchi, K. P., Frata, M. T., Carvalh, J. C. M. 2010. Application of Spirulina platensis in Protein Enrichment of Manico Based Bakery Products. Journal of Biotechnology, 150: 311-311.

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

[34] 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.

[35] Kealy, T. 2006. Application of liquid and solid rheological technologies to the textural characterization of semi-solid food.Journal of Food Research International , 39: 265-276.

[36] Jridi, M., Souissi, N., Ben Salem, M., Ayadi, M.A., Nasri, M., Azabou, S. 2015.

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Feasibility Study on Dairy Dessert production with *Spirulina Platensis* and Stevioside and Investigation of Its Sensorial and Physicochemical Properties

Toliaty, Gh.[1], BeigMohammadi , Z. [2*], Labbeiki, G. [1]

1. Department of Food Science and Technology, Faculty of Pharmacy, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Department of Food Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2021/ 11/ 07
Accepted 2022/ 02/ 22

Keywords:

Dairy dessert,
Spirulina platensis,
Physicochemical Properties,
Stevioside.

DOI: 10.22034/FSCT.19.127.47
DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.127.3.6

*Corresponding Author E-Mail:
z.beigmohammadi@iau-tnb.ac.ir

ABSTRACT

Spirulina platensis is biomass rich in protein, iron and amino acids, vitamins, unsaturated fatty acids, antioxidants, and minerals**.** The aim of producing dairy desserts with *Spirulina platensis* is to create varieties in consumer food products, develop dairy products, and create enjoyable foods with nutritional characteristics appropriate for various age groups, especially children. The effect of multiple levels of *spirulina* (1-5% by weight), stevioside sweetener (0.5-1% by weight), and corn starch (0-4% by weight) on the characteristics of a dairy dessert were examined. Moreover, formulation optimization with variables at different levels was determined by applying the response surface method (RSM). The results indicated that the most influential parameter in the color, protein, and iron of dessert samples was the amount of spirulina**.** The amount of corn starch significantly affected the dessert tissue's springiness, gumminess, chewing ability, stiffness, and viscosity in all samples ($p<0.05$). According to the results, the optimal sample formulation was selected with stevia composition at 0.05%, S*pirulina platensis* at 3%, and corn starch at 1% with a utility coefficient of 0.96. The optimal sample in the production laboratory and chemical, rheological, and color parameters were also evaluated. The results showed that the difference between the samples produced based on the optimal formulation and the values predicted by the software was not significant, indicating the model's high efficiency in predicting the quality properties of the produced dessert.