



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 لیبکی^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	چکیده
<p>تاریخ‌های مقاله :</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۶/۰۷/۱۴۰۰</p> <p>تاریخ پذیرش: ۰۳/۱۲/۱۴۰۰</p>	<p>سپیرولینا پلاتنسیس ریزجلبک غنی از پروتئین، آهن، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها، اسیدهای چرب غیراشباع، آنتی‌اکسیدان و مواد معدنی است. هدف از تولید دسر لبنی حاوی <i>اسپیرولینا پلاتنسیس</i>، ایجاد تنوع در رژیم غذایی، توسعه محصولات لبنی و تولید محصولی لذت‌بخش همراه با خصوصیات تغذیه‌ای مناسب برای گروه‌های سنی مختلف خصوصاً کودکان می‌باشد. در این پژوهش تاثیر سطوح مختلف <i>اسپیرولینا پلاتنسیس</i> (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 <i>اسپیرولینا پلاتنسیس</i> 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، <i>اسپیرولینا پلاتنسیس</i> به میزان ۳ 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 کارایی بالای مدل در پیش‌بینی خواص کیفی دسر تولید شده است.</p>
<p>کلمات کلیدی:</p> <p>دسر لبنی، ریزجلبک / اسپیرولینا پلاتنسیس، خصوصیات فیزیکوشیمیایی، استویوزید.</p> <p>DOI: 10.22034/FSCT.19.127.47 DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.127.3.6</p>	
<p>* مسئول مکاتبات: z.beigmohammadi@iau-tnb.ac.ir</p>	

۱- مقدمه

می‌باشد. استویزید از لحاظ تغذیه‌ای و درمانی با وجود شیرین بودن، تقریباً بدون کالری می‌باشد. برای افراد دیابتی مناسب است و تأثیری روی قند خون نمی‌گذارد؛ بنابراین باتوجه به 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 استویزید 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, B₂, B₆, B₁₂, E و K)، 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 ضد عفونی، ضد ویروس، 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 نانویی، 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]. در این راستا، تاها می و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی تأثیر تغذیه‌ای اسپیرولینا بر خصوصیات پنیر فرایند شده پرداخت. نتایج نشان داد با افزایش درصد اسپیرولینا تا ۶ درصد خواص شیمیایی من جمله؛ پروتئین، خاکستر، فیبر، سلنیوم، روی، آهن، منیزیم و پتاسیم افزایش می‌یابد به‌گونه‌ای که فعالیت آنتی‌اکسیدانی

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^۱ 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^۲ شناخته می‌شوند. این غذاها علاوه بر دارا بودن فاکتورهای تغذیه‌ای از قبیل اسیدهای چرب امگا، فیبر، مواد معدنی و ویتامین حاوی ترکیبات زیست فعال^۳ 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، ریوفلاوین 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 [۴].

فراورده‌های غذایی کم کالری در جوامع مختلف با محبوبیت بالایی روبرو شده‌اند. برای جایگزینی شکر تجاری، ترکیبات مختلفی بررسی و به کار برده شده است [۵]. یکی از این ترکیبات جایگزین شیرین‌کننده استویا است. استویا یک گیاه بومی مناطق کوهستانی برزیل و پاراگوئه است [۶]. در هر برگ استویا حدوداً ۵ تا ۱۰ درصد استویزید، ۲ تا ۴ درصد ربادیوزید A و ۱ تا ۲ درصد ربادیوزید C حضور دارند [۷]. استویزید قوی‌ترین شکل از گلیکوزید گیاه استویا است و معمولاً به هر دو فرم پودر سفید و عصاره مایع در دسترس

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

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 ۴ 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 ۴۰ درجه سانتی‌گراد برسد. سپس ژلاتین و عصاره وانیل اضافه و سپس مخلوط مواد خشک شامل استویوزید و اسپرولینا پلاتنسیس را به آرامی افزوده و ۱۰ دقیقه در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد جهت آگیری 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 ۴ 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 ۶۹۱ (ساخت سوئیس) با الکترود شیشه‌ای در دمای محیط صورت پذیرفت. برای این کار ابتدا دستگاه توسط بافرهای ۴ و ۷ کالیبره شد سپس پروب pH متر به‌صورت مستقیم درون نمونه‌های دسر

نمونه‌های حاوی اسپرولینا بیشتر از نمونه شاهد بود [۱۴]. مهربانی 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 اسپرولینا 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 اسپرولینا 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 صورت گرفته است، تاکنون هیچ پژوهشی در ارتباط با تولید دسر لبنی غنی‌شده با ریز جلبک اسپرولینا پلاتنسیس و استفاده از شیرین‌کننده استویوزید و جایگزین کردن آن بجای ساکارز صورت نگرفته است، لذا هدف از مطالعه حاضر بررسی امکان‌سنجی تولید دسر لبنی غنی‌شده با ریز جلبک اسپرولینا پلاتنسیس و استویوزید و بررسی خواص حسی و فیزیکوشیمیایی آن با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM) می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

پودر جلبک اسپرولینا پلاتنسیس از شرکت نور گنبد دارو، شیرین‌کننده استویوزید از شرکت تورویکانا 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 مورد استفاده از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

۲-۲- تولید دسر لبنی

فرمولاسیون دسر لبنی، شامل سه متغیر اصلی، اسپرولینا

1. Response Surface Methodology
2. Tropicana

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

۲-۴- 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 یادداشت شد. مقدار کل ماده خشک که برحسب درصد وزنی، بر اساس معادله ۱ محاسبه گردید [۱۹].

$$\text{معادله (۱)} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100 = \text{درصد ماده خشک}$$

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].

۲-۶- اندازه‌گیری آهن

اندازه‌گیری میزان آهن توسط دستگاه اسپکتروسکوپی جذب اتمی، یونیکو مدل UV/VIS 2100 (ساخت آمریکا)، در طول موج ۲۴۸/۳ 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 آمریکا) 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 پروپ استوانه‌ای مورد استفاده P/۱۰۰ بود. در این آزمون شاخص‌ها سختی^۱، قوام، جویدن^۲، صمغی^۳، چسبندگی^۴، قابلیت ارتجاعی^۵ و پیوستگی^۶ مورد بررسی قرار گرفت [۱۷].

۲-۸- رنگ سنجی

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 ۲۵ تا ۳۵ با مقیاس ۵ نقطه‌ای به روش هدونیک ارزیابی شد. در این آزمون به نمونه خیلی خوب نمره ۵، خوب ۴، متوسط ۳، بد ۲ و خیلی بد ۱ تعلق گرفت [۱۷].

۲-۱۰- تجزیه و تحلیل آماری

بهبه‌سازی فرمولاسیون با استفاده از متغیرهای مستقل نشاسته، استویوزید و اسپیرولینا پلاتنسیس در ۳ سطح، با استفاده از نرم افزار دیزاین اکسپرت^۷ (DX7) و روش سطح پاسخ (RSM) با استفاده از طرح مرکب مرکزی^۸ (CCD) در ۲۰ تیمار در سه تکرار صورت گرفت. آزمون مقایسه میانگین‌ها از نوع دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام شد. تجزیه و تحلیل‌های

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 و تحلیل واریانس مدل ارائه شده برای پیش‌بینی میزان pH نمونه‌ها به صورت مدل درجه دوم است (جدول ۲) و پارامترهای اسپیرولینا و مربع استویا و مربع نشاسته ذرت بر میزان pH نمونه‌ها تأثیر معنادار دارند ($p < 0.05$). 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 افزایش یافته 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 به صورت مدل خطی بیان شده است که با افزایش در مقادیر اسپیرولینا، استویا و نشاسته ذرت افزایش یافته 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 افزایش یافته است (شکل ۲). افزایش در مقادیر استویا و نشاسته ذرت، گستره pH را در محدوده استاندارد نگه‌داشته است. گیائی 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 به صورت 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 pH نمونه‌های سس شده است که با نتایج مطالعه حاضر هم‌راستا 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 تا ۱۰٪ خاکستر، ۸ تا ۱۰٪ فیبر، ۱ تا ۵ کلروفیل a و ۱٪ انواع ویتامین‌هاست [۲۴-۲۵]. 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 *آنترومورفا* 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 گامالینولیک اسید و پیش‌سازها و 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 فرآورده‌های غذایی ژلی بر پایه سیستم بیوپلیمری متشکل از پروتئین و پلی ساکارید پرداختند [۳۱]. دانسی و همکاران (۲۰۱۰) به منظور غنی‌سازی پروتئین در محصولات نانویی 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].

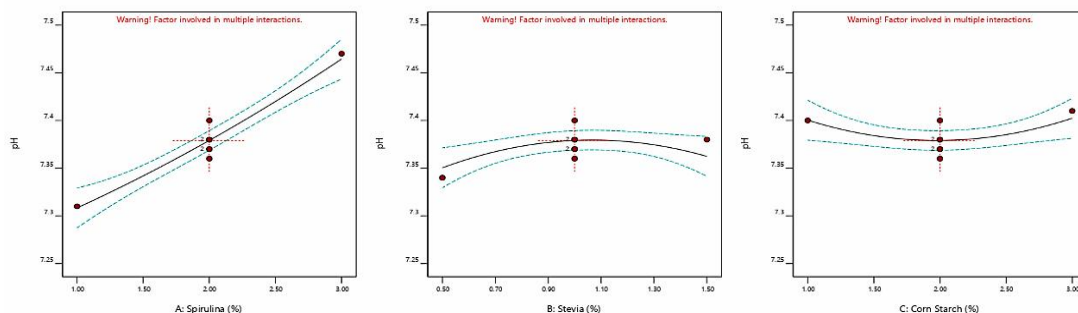


Fig 1 The effect of independent test variables on the pH parameter

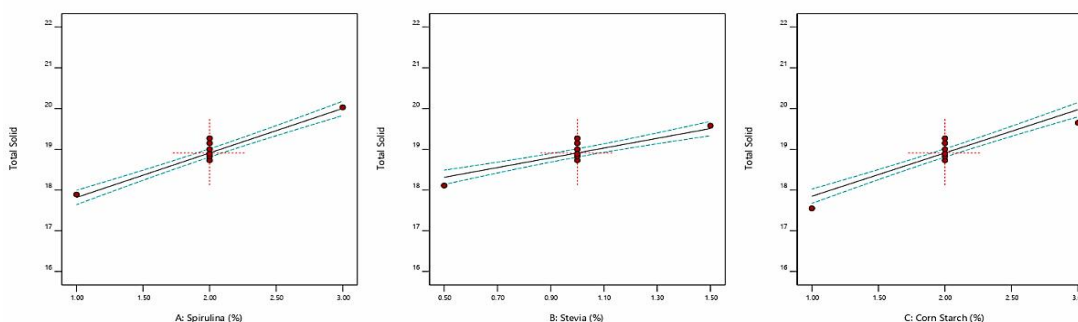


Fig 2 The effect of independent test variables on the total solids parameter.

آزمون عدم برازش کارایی بالای مدل را تایید کرده است. در مطالعه حاضر تغییرات میزان عنصر آهن در نمونه‌های دسر لبنی تولیدی نیز تحت تاثیر میزان اسپیرولینا به صورت مستقل و برهمکنش میزان اسپیرولینا و استویا است (شکل ۴). 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 کارایی بالای مدل در پیش‌بینی میزان آهن نمونه‌ها است.

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 [۳۴]. مطابق نتایج بدست آمده در جدول ۲، مدل ارائه شده برای بررسی میزان پروتئین نمونه‌های دسر لبنی، 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

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	$2.24+1.28C+0.88C^2$	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

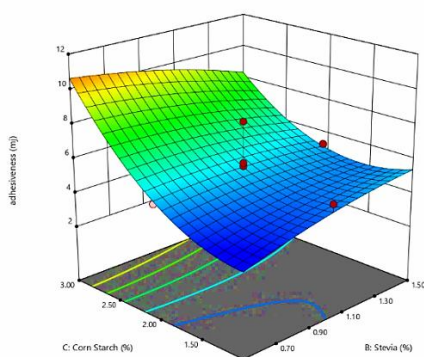
ns > 0.05; *** 0.001 < ; ** < 0.01 ; * < 0.05

۳-۳- بررسی خصوصیات بافت نمونه‌های

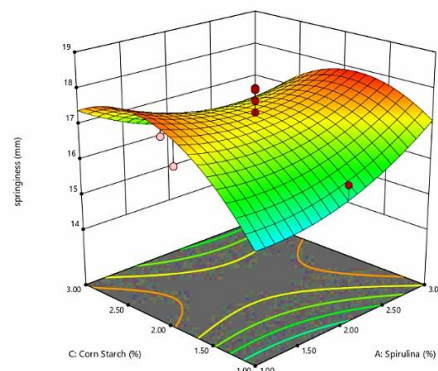
دسرلینی

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]. باتوجه به مدل‌های ارائه شده در جدول ۲ جهت پیش‌بینی خواص فنری بودن، صمغی بودن، قابلیت جویدن، سفتی و چسبندگی بافت، مشخص شد که تنها پارامتر

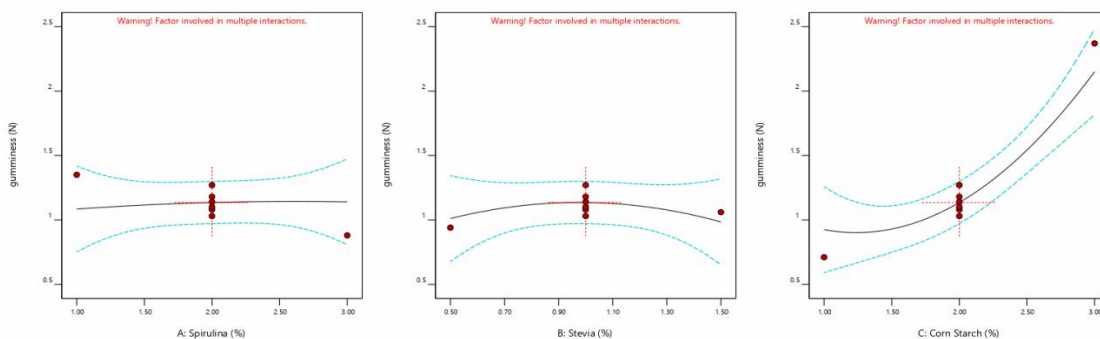
مؤثر بر این خواص مقدار نشاسته ذرت است، به‌گونه‌ای که مدل ارائه شده برای بررسی میزان الاستیسیته یا فنریت، مدل درجه دوم است و پارامترهای متقابل مقدار اسپیرولینا و نشاسته ذرت و توان دوم نشاسته ذرت عوامل معنادار بر مدل بوده‌اند و با افزایش در مقادیر اسپیرولینا و نشاسته ذرت، خاصیت فنری بودن نمونه‌ها کاهش یافته 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.



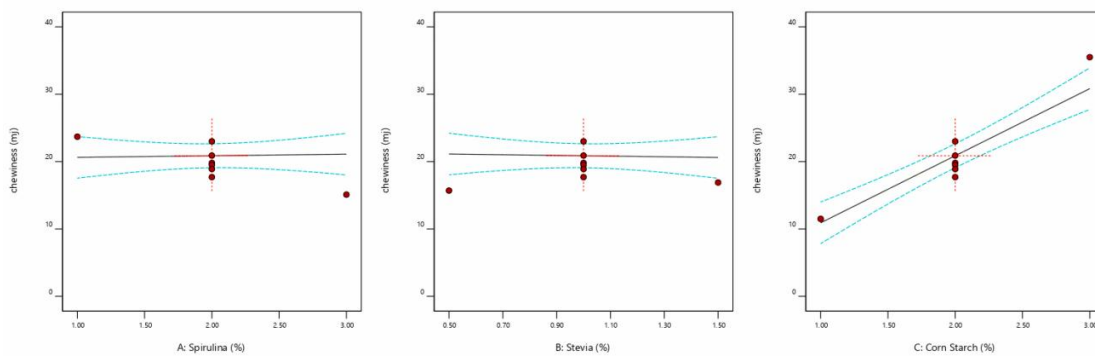
(b)



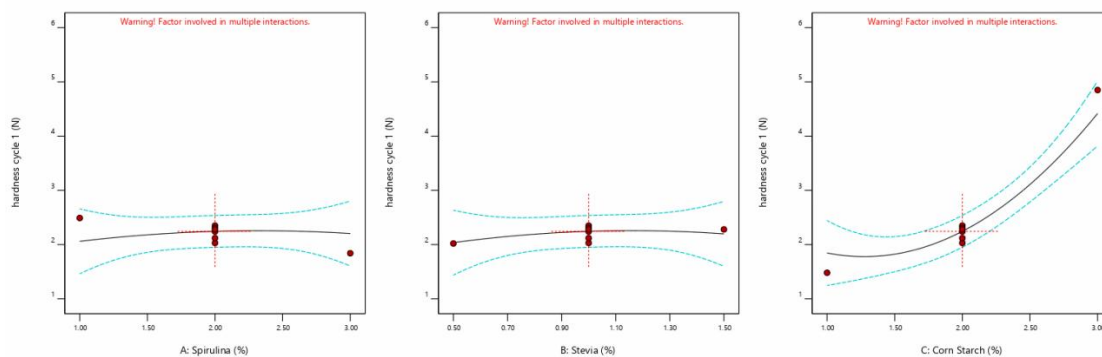
(a)



(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.

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-گاروانی و همکاران (۲۰۰۵) بر روی خواص رئولوژیکی 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 غیائی 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 نشان‌دهنده 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. در واقع با افزایش میزان اسپیرولینا، میزان نرمی کاهش معنادار یافته است. علت کاهش نرمی نمونه‌های ماست،

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 ۲ مشخص 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 افزایش یافت که با توجه به 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 افزایش یافت. 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

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].

۳-۴- بررسی رنگ نمونه‌های دسر لبنی

باتوجه به 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 ($p < 0.05$). 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 ($p < 0.05$). 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 ۶).

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 با 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 هنگامی که اندازه قطرات پخش شده ۱ تا ۱۰ میکرون باشد امولسیون از نظر ظاهر به صورت سفید شیری است. به عبارتی هرچه 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 [۴۰]. غیثی و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعات خود، نشان دادند که استفاده از جوانه‌ی 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 افزایش یافته 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 اسپیرولینا پلاتنسیس پیشنهاد داده‌اند از جمله ریزپوشانی پودر یا عصاره حاصل از آن که می‌تواند با روش‌های قابل دسترس مانند خشک‌کن پاششی صورت بگیرد [۴۱]. شرعی و همکاران (۱۳۹۷) استفاده از مقادیر بالای استویا را از جمله دلایل اصلی افزایش میزان روشنایی نمونه‌های مربای هویج دانسته‌اند [۴۲]. کلیکی و همکاران (۲۰۱۹) نیز نشان دادند که با افزایش میزان اسپیرولینا میزان روشنایی نمونه‌های غذای فراسودمند ایران^۱ کاهش معنادار داشته و همچنین با افزایش میزان اسپیرولینا میزان a^* نیز کاهش یافته است که همسو با نتایج این پژوهش است.

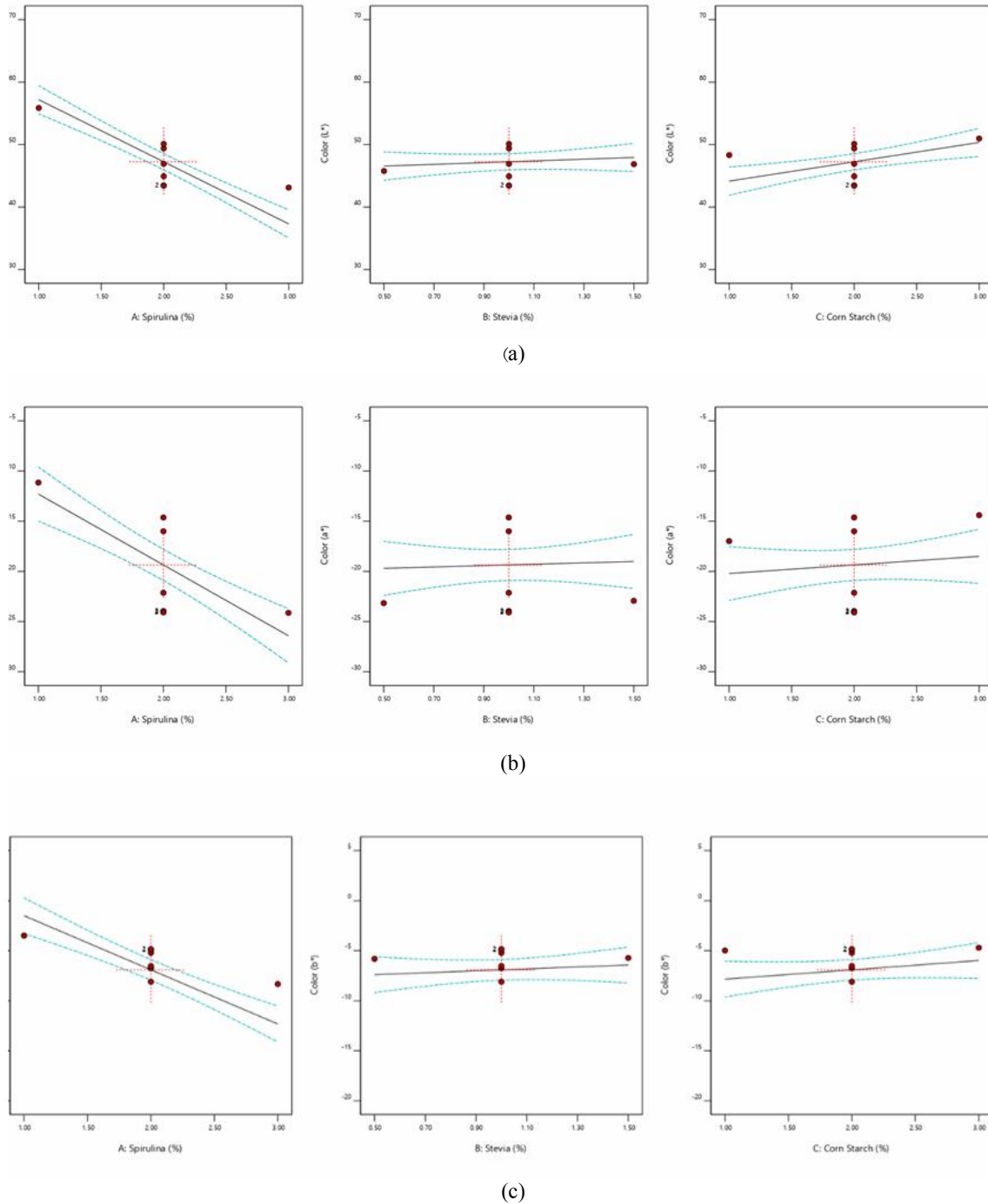


Fig 6 Independent effect of test variables on brightness factor (a), redness (b), and yellowness (c)

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 [۴۴].

۳-۵- بررسی پارامتر پذیرش کل حسی

نمونه‌های دسر لبنی

دلیل تغییرات رنگ در ماتریکس غذایی، وجود رنگدانه‌های آلوپیکوسیانین^۱ و C- فیکوسیانین^۲ بیان شده است [۴۳]. در پژوهش خزایی و همکاران (۱۳۹۷) بیان شد که اسپیرولینا توانایی پوشش‌دهندگی رنگ زرد حاصل از قهوه‌ای شدن

1. Allophycocyanin
2. C-phycocyanin

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 سلامتی بخش 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.

۵- 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 cress seed mucilages on rheological behavior of low-fat chocolate dairy dessert. *Journal of Food Industry Research*, 29(1): 83-98 [In Persian].
- [3] Ghiasi, F., Majzoubi, 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., Yaghibani, M., Nadian, N., Akbarian

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.

۳-۶- 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 ۰/۹۶ 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 آزمون‌های فیزیکوشیمیایی من جمله؛ اندازه گیری pH، ماده جامد کل، پروتئین، آهن و پارامتر رنگ و آزمون‌های رئولوژیکی بافت شامل خاصیت فزنی 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 پیش‌بینی شده توسط نرم افزار معنادار نبود که بیانگر کارایی بالای مدل در پیش‌بینی خواص کیفی دسر تولید شده است.

۴- نتیجه‌گیری کلی

تلاش‌ها برای کاهش بروز بیماری‌هایی نظیر سرطان، بیماری‌های قلبی و عروقی و بهبود سلامتی افراد جامعه همواره

- and Food Technology, 13(3):115-125 [In Persian].
- [16] Agustini, T., ruf, W., Suzery, M., Benjakul, S. 2016. Application of spirulina 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., Ghaffarpour, 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 titrable 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 plantensis* 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 Engineering, 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 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., Deghani 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

- 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 Rosta, 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.



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/FSC.T.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%, *Spirulina 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.