مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

کاربرد پودر جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* (***Spirulina platensis***) و عسل در فرمولاسیون پاستیل انبه

نگار فتحی دوآبی[۱]، دکترسید ابراهیم حسینی*[۲]، دکتر غلام حسن اسدی[۳]

۱. گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۲. استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۳. استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۶/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۱۶

کلمات کلیدی:

جلبک ها،

ارزش غذایی،

فرآورده های برپایه میوه،

خاصیت آنتی اکسیدانی

DOI: 10.22034/FSCT.20.141.19

DOR:20.1001.1.20088787.1402.20.141.2.0

* مسئول مکاتبات:

ebhoseini@yahoo.com

چکیده

پاستیل‌ها از جمله فراورده های قنادی محبوب و پر مصرف می‌باشند که مصرف بالای آنها، به دلیل ارزش تغذیه‌ای پایین موجب برخی نگرانیها می‌شود. لذا هدف از این مطالعه بررسی فرمولاسیون پاستیل انبه با پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس به همراه شیرین‌کننده عسل بود. اجزای فرمولاسیون شامل ۰ تا ۲۰٪ پوره انبه، ۰ تا ۱۰٪ عسل، ۵/۳۴٪ ژلاتین، اسپیرولینا پلاتنسیس در بازه (۰ تا ۱٪) و ۲۳/۳۸٪ آب، ۳۳/۵ ساکارز، ۳۶/۵٪ گلوکز و۱/۲۸٪ سیتریک اسید بود. از روش سطح پاسخ (RSM) و طرح مرکب مرکزی استفاده شد. نتایج نشان داد پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس حاوی مقادیر بالایی پروتئین، خاکستر و ترکیبات فنولی است. نمودارهای سطح پاسخ سه بعدی نشان داد با افزایش میزان جلبک، انبه و عسل، رطوبت بطور چشمگیری افزایش می‌یابد. کمترین میزان فعالیت آبی برای حداکثر عسل و حداقل انبه و اسپیرولینا ۰/۲ درصد است. بیشترین فعالیت آبی برای حداکثر انبه و ۰/۸ درصد اسپیرولینا و حداقل عسل بود. با افزایش میزان جلبک، انبه و عسل، فعالیت آنتی اکسیدانی و چربی و پروتئین و خاکستر بطور چشمگیری افزایش یافت. فعالیت آنتی اکسیدانی با افزایش عسل و اسپیرولینا و حدود نصف انبه بیشترین مقدار و کمترین مقدار هم برای انبه ۴/۰۵ درصد، عسل ۲/۰۳ درصد و اسپیرولینا ۰/۲ درصد است. بیشترین مقدار سفتی در ۰/۲ درصد اسپیرولینا و ۴/۰۵ درصد انبه و بیشترین مقدار عسل گزارش شد. با افزایش انبه و اسپیرولینا، سفتی به میزان کم کاهش و سپس با افزایش بیشتر انبه سفتی افزایش پیدا کرد. بیشترین رنگ مربوط به بیشترین مقدار انبه و کمترین مقدار عسل بود. بیشترین مقدار پذیرش حسی در ۱۵/۹۵ درصد انبه، ۷/۹۷ درصد عسل و ۰/۸ درصد اسپیرولینا مشاهده شد و کمترین مقدار هم در ۴/۰۵ درصد انبه، ۲/۰۳ درصد عسل و ۰/۲ درصد اسپیرولینا گزارش شد. نتایج حاصل از بهینه سازی پاستیل فراسودمند نشان داد بهترین نمونه در ۱۱/۶۷ درصد پودر انبه، ۲/۰۲ درصد عسل و ۰/۷۹ درصد پودر جلبک اسپیرولینا بدست می‌آید.

۱- مقدمه

با افزایش نگرانی در خصوص کنترل وزن و سلامتی، افراد جامعه سعی دارند تا غذاهای سالم‌تری را مصرف کنند. از طرفی تغییر در عادت مصرف‌کنندگان از جمله تمایل به مصرف غذاهای آماده و تنقلات، یکی از دلایل رشد و توسعه فرآورده‌های نوین می‌باشد. بنابراین انواع اسنک‌ها و تنقلات آماده بخصوص پاستیل‌ها و فرآورده‌های که مصرف آن‌ها روز به روز در حال گسترش است و به شدت مورد پسند اقشار مختلف جامعه بخصوص کودکان و نوجوانان است. باید طوری طراحی گردند تا علاوه بر دارا بودن خواص حسی مطلوب، ماندگاری بالایی نیز داشته باشند. همچنین این تنقلات باید دارای مواد مغذی خوب و ارزش تغذیه‌ای بالایی باشند تا اثر مفیدی بر سلامتی مصرف‌کنندگان بخصوص کودکان داشته باشند [۱]. پاستیل‌ها از دیر باز مورد پسند طیف وسیعی از مصرف‌کنندگان، به ویژه کودکان بوده است که علی‌رغم پذیرش بالا، به لحاظ دارا بودن مواد رنگ دهنده و طعم دهنده‌های مصنوعی، نه تنها فاقد ارزش غذایی هستند، بلکه مصرف آن‌ها عوارضی را نیز به دنبال دارد [۲].

امروزه بهره‌برداری از جلبک‌ها در ابعاد صنعتی، کشاورزی، دارویی و غذایی ابعاد بسیار گسترده‌ای یافته و تکنولوژی مدرن برای تولید و بهره‌برداری از جلبک‌ها در کشورهای صنعتی و پیشرفته جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. جلبک‌ها گیاهان متنوع و پراهمیتی هستند و به دلیل کاربردهای متنوعی که دارند توجهات زیادی را به سمت خود جلب کرده‌اند. با توجه به وجود منابع بزرگی از جلبک در کشور ایران می‌توان در زمینه‌های مختلف از این گیاه استفاده‌های بهینه و سودمندی کرد [۳]. ریزجلبک‌ها به دلیل تعادل ترکیبات شیمیایی، منابع زیستی مهمی برای تولید محصولات و کاربردهای جدید بوده و می‌توانند به عنوان بهبود دهنده ارزش تغذیه‌ای غذاها و خوراک دام مورد استفاده قرار گیرند. آنها حاوی مواد ارزشمند مانند اسیدهای‌چرب غیراشباع، رنگدانه‌ها، آنتی اکسیدان‌ها، ترکیبات دارویی و دیگر ترکیبات زیست فعال هستند [۴].

ریز جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* منبع ارزان قیمت و غنی از پروتئین، آهن، ویتامین B_{12} و اسید لاندا-لینولنیک است، که بکارگیری از آن در ترکیب محصولات مورد استفاده کودکان می‌تواند موجب ارتقای سطح سلامت و پیشگیری از بروز سوء تغذیه در کودکان شود [۵]. ارزش *اسپیرولینا پلاتنسیس* به علت هضم آسان ناشی از فقدان سلولز در دیواره سلولی است که سایر ریز جلبک‌ها از جمله *کلرلا*، *آنکیستردسموس*[1]، *سلنستروم*[2] و *سندموس*[3] فاقد این مزیت هستند. میزان اسید نوکلئیک از نگرانی‌ها در مورد مصرف ریزجلبک‌ها است. در اسپیرولینا میزان اسید نوکلئیک کمتر از سایر ریز جلبک‌ها مانند کلرلا و سندموس می‌باشد. ۶۵ تا ۷۱ درصد وزن خشک اسپیرولینا پروتئین است در حالیکه گوشت گوساله ۲۲ درصد پروتئین دارد. بطور کلی ریزجلبک اسپیرولینا دارای ۹-۱۰ درصد رطوبت، ۰/۷-۰/۸ درصد خاکستر، ۶۵-۷۵ درصد پروتئین، ۰/۱ -۰/۲ درصد چربی و مقداری ترکیبات زیر مغذی نظیر ویتامین‌ها می‌باشند [۶].

فرآورده‌های بر پایه میوه سال‌ها است که به عنوان تنقلات در بسیاری از نقاط جهان طرفداران زیادی دارند. فرآورده‌های میوه‌ای به آسانی قابل خوردن هستند، احساس

1 -Ankistrodesmus
2 -Selenastrum
3 -Scenedesmus

دهانی خوبی دارند و از نظر سلامتی مفید هستند. معمولا در فرمولاسیون این فرآورده‌ها از پوره میوه استفاده می‌شود. میوه‌های تازه میان وعده‌های ایده آلی هستند، اما توزیع و نگهداری و در ضمن فصلی بودن آن‌ها از بزرگترین مشکلات در استفاده و میزان دسترسی به آن‌ها می‌باشد [۷].

انبه با نام علمی (*Indica Mangifera*) میوه‌ای گرمسیری است. خاستگاه انبه شبه جزیره هند، پاکستان، بنگلادش و آسیای جنوب شرقی است. مناطق جنوب و جنوب شرقی ایران شامل استان‌های سیستان و بلوچستان، هرمزگان و منطقه جیرفت، به عنوان مناطق مستعد برای تولید این محصول شناسایی شده‌اند. این درخت امروزه در بسیاری از کشورهای گرمسیری پرورش داده شده و میوه آن به سراسر دنیا صادر می‌شود [۸]. میوه انبه دارای بتاکاروتن (۶۴۰ میکروگرم)، ویتامین ث (۰۰۰ ۲۵ میکروگرم) و ویتامین آ (۳۵۰۰ واحد) است که آنتی‌اکسیدان بوده و به جلوگیری از آسیب‌های رادیکال‌های آزاد و در نتیجه کاهش ریسک برخی سرطان‌ها کمک می‌کنند. از میوه انبه فرآورده‌های مختلفی از جمله مربا، کمپوت، پاستیل، عصاره و انواع مختلف چاشنی‌ها تهیه می‌شود [۹].

عسل حاوی آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند بتاکاروتن است. ویتامین C، اسید اوریک و بسیاری از مواد معدنی که در متابولیسم لیپیدها نقش دارند، این مواد ممکن است باعث افزایش کاتابولیسم چربی‌ها وکاهش سطح سرمی آن‌ها شوند. اساساً مکانیسم عملکرد عسل مشخص نیست. با این حال، حاوی بسیاری از عناصر کمیاب مانند روی، مس، آنتی‌اکسیدان‌ها و بسیاری از مواد دیگر است. محتوای عسل فروکتوز و گلوکز می‌تواند نقش مهمی در تأثیر آن داشته باشد [۱].

با توجه به مزیت‌های زیادی که جلبک اسپیرولینا دارد می‌توان آن را در محصولات غذایی نظیر پاستیل انبه به منظور افزایش ارزش غذایی و بهبود ویژگی‌های کیفی به کار برد، و همچنین به جای شکر از عسل استفاده شود. هدف از این پژوهش بررسی فرمولاسیون پاستیل انبه با پودر جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* به همراه عسل بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

در این پژوهش جلبک خشک و پودر شده مورد تایید کارشناسان از بانک جلبک تهیه شد و آزمون‌های مربوطه انجام شد.انبه و عسل مورد استفاده از بازار و مواد شیمیایی که شامل: DPPH، فولین سیو کالتیو، کربنات سدیم، اسیدسیتریک، هیدروکسید سدیم، فنل فتالئین، اتانول، هیدروکسید سدیم، سولفات سدیم، سولفات مس، بورات آمونیوم، اسید هیدروکلریک و پترولیوم‌اتر بود از شرکت مرک آلمان خریداری شد.

۲-۲- روش‌ها

جهت تولید پاستیل میوه‌ای بر پایه پوره انبه، ابتدا انبه‌ها شستشو، پوست‌گیری و قطعه‌قطعه شد. سپس این قطعات در خردکن خرد شد. سپس انبه خرد شده جهت غیرفعال شدن آنزیم‌ها به مدت یک دقیقه در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد. پودر *اسپیرولینا پلاتنسیس*، ۵/۳۴ ٪ژلاتین با بلوم ۲۹۰ و ساکارز به میزان ۳۳/۵ ٪وزنی–وزنی و گلوکز به میزان ۳۶/۵ ٪ وزنی–وزنی (ضمن اعمال حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد) مخلوط شد.همچنین آب مقطر مورد استفاده به میزان ۲۳/۳۸ ٪وزنی–وزنی خواهد بود. در انتها پس از تعدیل pH به ۳/۴ با افزودن اسید سیتریک با غلظت ۴۰ مولار به میزان ۱/۲۸ ٪ وزنی–وزنی و کنترل درجه بریکس تا بریکس ثابت ۴۵، مخلوط آماده شد. سپس مخلوط

آماده درون قالب‌های شبکه‌ای از جنس استیل در حفره‌هایی با ابعاد ۱/۲×۲×۲ سانتی‌متر ریخته شد و قالب‌ها به مدت ۲ ساعت درون یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد جهت بستن ژل قرار گرفت. سپس ژل حاصل از درون حفره‌های قالب خارج شد و نمونه‌ها به مدت ۶ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد درون خشک کن هوای داغ با سرعت سیرکولاسیون هوا ۱/۵ متر/ثانیه خشک شد. عملیات خشک کردن به منظور کاهش رطوبت فراورده نهایی تا رطوبت ۲۰-۲۳ درصد و همچنین افزایش مدت زمان ماندگاری پاستیل انجام شد.

۱-۳-۲- آزمون‌های پودر جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس*

۱-۱-۳-۲- تعیین رطوبت پودر جلبک

اندازه‌گیری رطوبت طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۷۰۵ انجام شد. به این منظور مقدار مشخصی از نمونه به‌طور دقیق وزن شد و در آون با دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس، تا رسیدن به وزن ثابت نگهداری شد. با محاسبه اختلاف وزن اولیه و وزن ثابت میزان رطوبت نمونه‌ها بدست آمد.

۲-۱-۳-۲- اندازه‌گیری خاکستر پودر جلبک

به این منظور ۳ گرم نمونه به طور دقیق وزن شد و پس از سوزاندن روی شعله، درون کوره الکتریکی با دمای ۴۵۰ درجه سلسیوس قرار داده شد و به تدریج دمای کوره به ۵۵۰ درجه سلسیوس رسانده شد و تا رسیدن نمونه به وزن ثابت در همین دما نگهداشته شد. سپس نمونه درون دیسکاتور قرار داده شد. پس از خنک شدن وزن آن تعیین گردید [۱۰].

۳-۱-۳-۲- اندازه‌گیری پروتئین پودر جلبک

میزان پروتئین پاستیل بر اساس روش AACC (۲۰۱۰) تعیین شد.۶ گرم از پودر جلبک اسپیرولینا وزن شد و داخل بالن کجلدال قرار گرفت. برای تعیین درصد پروتئین باید درصد نیتروژن بدست آمده در فاکتور پروتئینی (۶/۲۵) ضرب شد [۱۰].

۴-۱-۳-۲- اندازه‌گیری چربی پودر جلبک

۳ گرم از پودر جلبک اسپیرولینا در یک انگشتانه که فاقد چربی بود دقیقا وزن گردید، دهانه آن با مقداری پشم شیشه به صورت شل پوشانده شد، انگشتانه در استخراج کننده قرار گرفت و آنقدر پترولیوم‌اتر اضافه شد، تا یک بار سیفون گردد. در ادامه مبرد وصل گردید. سپس مجموعه روی هیتر برقی قرار گرفت تا به آرامی به جوش آید و حداقل ۱۰ بار محفظه استخراج کننده پر و خالی شد [۱۰].

۵-۱-۳-۲- اندازه‌گیری ترکیبات فنولی کل

ترکیبات فنولی موجود با استفاده از معرف فولین سیوکالتیو و بر مبنای اسید گالیک، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. ۰/۵ میلی لیتر از نمونه با ۵ میلی لیتر از معرف فولین‌سیوکالتیو و ۴ میلی لیتر از محلول کربنات سدیم ۱ مولار به خوبی مخلوط شد. مخلوط به مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت. سپس مقدار جذب محلول توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۵ نانومتر قرائت شد. مقدار کل ترکیبات فنولی با استفاده از منحنی استاندارد بر مبنای اسید گالیک و به صورت میلی گرم در گرم نمونه روغنی بیان شد [۱۱].

۶-۱-۳-۲- اندازه گیری ویژگی‌های آنتی اکسیدانی

فعالیت آنتی اکسیدانی پاستیل با استفاده از روش ۲ و ۲ دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل بر مبنای درصد مهار تولید رادیکال آزاد (DPPH) اندازه گیری شد. ابتدا غلظت های مختلف تهیه شد. سپس پاستیل با محلول استوک DPPH مخلوط و برای

مدت زمان ۳۰ دقیقه در تاریکی توسط دستگاه شیکر تکان داده شد. جذب نمونه ها بعد از این مدت زمان، در طول موج ۵۱۷ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. درصد مهار DPPH توسط رابطهٔ ۱-۴ محاسبه شد [۱۲]:

$$\text{مهار DPPH (\%)} = [\ ۱ - \frac{AA}{AB}\ ] \times ۱۰۰$$

رابطه ۳-۱

AA: جذب نمونه ، AB: جذب شاهد = جذب اولیه DPPH به تنهایی

۲-۳-۲- اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی پاستیل

۱-۲-۳-۲- رطوبت

اندازه گیری رطوبت طبق استاندارد ملی ایران شماره ۲۶۸۲ انجام شد. برای این منظور ۱۰ گرم از نمونه خردشده پاستیل در پلیت‌هایی با وزن مشخص توزین و به مدت ۳ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد قرار داده شد. خشک کردن نمونه‌ها تا رسیدن به وزن ثابت انجام گرفت. پس از خشک شدن و خنک شدن در دیسکاتور پلیت‌ها توزین شده و رطوبت از رابطه ۳-۲ در روز بعد از پخت محاسبه شد.

$$\text{درصد رطوبت} = \frac{B-C}{B-A} \times 100$$

رابطه ۳-۲

A: وزن بوته خالی، B: وزن نمونه با ظرف قبل از خشک کردن، C: وزن نمونه با ظرف بعد از خشک کردن

۲-۲-۳-۲- تعیین فعالیت آبی

فعالیت آبی نمونه‌ها به کمک یک دستگاه فعالیت آبی اندازه‌گیری شد. فعالیت آبی در دو ساعت بعد از تهیه محصول انجام گرفت [۱۳].

۲-۲-۳-۳- تعیین پروتئین

میزان پروتئین پاستیل بر اساس روش ۱۳- ۴۶ AACC (۲۰۱۰) تعیین شد.

۲-۲-۳-۴- تعیین چربی

میزان چربی پاستیل بر اساس روش ۱۰- ۳۰ AACC (۲۰۱۰) تعیین شد.

۲-۲-۳-۵- اندازه گیری خاکستر

اندازه گیری خاکستر طبق استاندارد ملی ایران شماره ۲۶۸۲ انجام شد. بدین منظور ظرف خاکستر خشک و تمیز به مدت یک ساعت در آون ۱۰۰ درجه سانتیگراد حرارت داده و در دسیکاتور خنک شد. مقدار ۲ تا ۳ گرم نمونه پاستیل در ظرف مخصوص خاکستر وزن شد. کروزه یا ظرف مخصوص خاکستر روی شعله آزمایشگاهی زیر هود به آرامی سوزانده شد تا دود آن محو شود. ظرف حاوی نمونه به مدت ۶ ساعت در کوره الکتریکی در ۵۵۰ تا ۶۰۰ درجه سانتیگراد حرارت دید تا خاکستر روشنی تشکیل گردد. ظرف در دسیکاتور قرار داده شد تا خنک گردد و سپس وزن شد و میزان خاکستر طبق رابطه ۳-۳ محاسبه شد.

$$\text{درصد خاکستر} = \frac{\text{وزن بوته چینی}-\text{وزن بوته حاوی خاکستر}}{\text{وزن نمونه}} \times 100$$

(رابطه ۳-۳)

۳-۳-۲- اندازه گیری ویژگی‌های فیزیکی پاستیل

۱-۳-۳-۲- بافت

آزمون بافت‌سنج با استفاده از دستگاه بافت سنج انجام شد. بدین منظور در تمامی نمونه‌ها ابتدا قطعات مکعبی با ابعاد ۴۰×۴۰×۲

میلی‌متر تهیه شد. در ادامه نمونه‌ها در زیر یک پروپ استوانه از جنس آلومینیوم و با قطر ۲۵ میلی‌متر تحت آزمون فشردگی قرار گرفت. سرعت پروپ در طی آزمون ۳۰ میلی‌متر در دقیقه میزان فشرده شدن ۲۰ میلی‌متر و آستانه شروع ۵۰ گرم در نظر گرفته شد. حداکثر نیروی مورد نیاز جهت اعمال این فشردگی به عنوان شاخصی از میزان سفتی نمونه بر حسب نیوتن ثبت شد. این آزمون در فاصله ۲ ساعت پس از نگهداری پاستیل در دمای اتاق انجام شد [۱۴].

۲-۳-۳-۲- رنگ

رنگ با استفاده از سیستم هانترلب اندازه‌گیری شد. هانترلب براساس سه شاخص L^*،a^*،b^*، برای ارزیابی رنگ به کار برده می‌شود. نمونه بر روی صفحه شیشه‌ای شفاف قرار گرفته شد و اعداد مربوط به ۳ نقطه خوانده شد. رنگ قبل و بعد از فرایند در یخچال در سه نقطه به طور تصادفی تعیین و میانگین آن‌ها گزارش خواهد شد. تغییر کلی رنگ به صورت زیر محاسبه شد [۱۵]:

$$\Delta E= \sqrt{(L^*-L0^*)2 +(a^*-a0^*)2 +(b^*-b0^*)2}$$

۲-۳-۴- ارزیابی حسی پاستیل

نمونه‌های پاستیل که به طور تصادفی رمزگذاری شدند توسط یک گروه حسی پذیرش مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، ارزیاب‌های گروه پذیرش شامل ۱۰ نفر داور نیمه آموزش داده بود. پاستیل از دیدگاه طعم، بو، رنگ، بافت و پذیرش کلی براساس مقیاس هدونیک ۵ امتیازی (۱= نامطلوب ترین، ۵= مطلوب ترین) مورد ارزیابی قرار گرفت. قطعه‌های پاستیل به تکه‌هایی با اندازه استاندارد برای گاز زدن بریده می‌شوند و در داخل ظرف‌های پلاستیکی غیر قابل نفوذ به هوا قرار داده شد تا پیش از ارزیابی، به مدت ۲ ساعت در دمای اتاق به تعادل برسند. ارزیاب‌ها برای شست و شوی دهان در بین نمونه‌ها از آب مقطر در دمای محیط استفاده کردند [۲].

۲-۳-۵- تجزیه و تحلیل داده‌ها

کلیه آنالیزهای آماری توسط نرم افزار Design Expert انجام خواهد شد. در این پژوهش ازروش سطح پاسخ (RSM) طرح مرکب مرکزی استفاده شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار Design Expert استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی ویژگی های پودر جلبک

ترکیبات شیمیایی جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* در جدول ۳-۱ آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود پودر جلبک حاوی مقادیر بالایی پروتئین، خاکستر و ترکیبات فنولی است.

Table 3-1 chemical compounds of Spirulina platensis algae.

Property	Amount (g / 100g)
humidity (%)	7
ash (%)	19
protein (%)	60
fat (%)	5
carbohydrate (%).	17
Total phenolic compounds	450mg

حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد وزن خشک اسپیرولینا پروتئین است. جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* به ازای هر کیلوگرم ماده خشک دارای ۴۶۰-۶۳۰ گرم پروتئین می‌باشد. لذا این ماده غذایی می‌تواند به عنوان یک منبع پروتئینی مهم در تغذیه دام و انسان مورد استفاده قرار گیرد امروزه از اسپیرولینا در

کلوچه‌ها، نان‌ها، سالاد و سوپ استفاده می‌نمایند و در کشورهای اروپایی برای بهبود رژیم غذایی قرص‌های اسپیرولینا به‌صورت روزانه مصرف می‌شود. با توجه به رشد جمعیت و کمبود منابع کشاورزی در خشکی، این روش‌ها می‌تواند به استفادهٔ بهینه از منابع کمک نماید [۱۶].

نتایج حاصل از افزودن سطوح مختلف پودر جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بر کیک اسفنجی توسط زنگنه و همکاران (۱۳۹۸)، نشان داد که پتانسیل آنتی اکسیدانی و میزان فنول کل نمونه‌های کیک اسفنجی با افزایش درصد پودر جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* نسبت به نمونه کنترل افزایش یافت. علت افزایش فنول کل کیک اسفنجی حاوی جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* را به مقدار بالای مواد فیتوشیمیایی و بیولوژیکی فعال نظیر فلاوونوئیدها، استرول-ها و دیگر ترکیبات فنولی نسبت دادند [۱۷]. نتایج Atik و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد با افرایش غلظت جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* در کفیر محتوای فنولی کل افزایش معنی داری را نشان داد [۱۸].

۲-۳- رطوبت پاستیل

نمودارهای سطح پاسخ سه بعدی برای رطوبت پاستیل انبه با پودر جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* همراه عسل در شکل۱ ارائه شده است. طبق نتایج هنگامی که غلظت پودر جلبک ثابت است با افزایش میزان انبه و عسل، رطوبت بطور چشمگیری افزایش یافت. همچنین با افزایش میزان جلبک، رطوبت به‌طور خطی افزایش یافت.

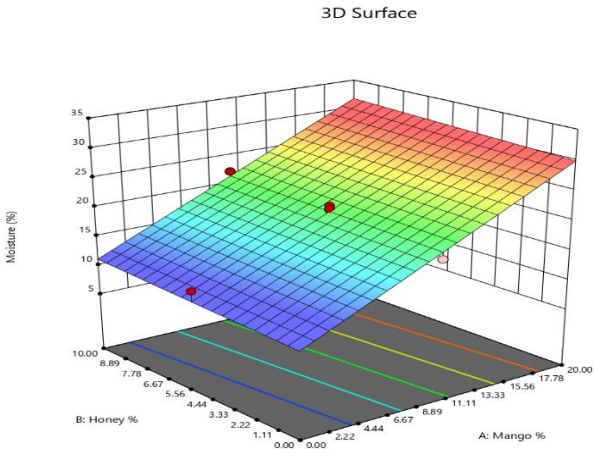

Figure 1 Three-dimensional response surface diagrams for the moisture content of mango pastille with *Spirulina platensis* algae powder and honey.

پودر جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* قادر به بهبود حفظ رطوبت است. احتمالا ترکیبات هیدروکلوئیدی موجود در ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس*، اتلاف رطوبت را در پاستیل کاهش می‌دهند [۱۹]. در سال ۱۳۹۵، خزایی‌پول و همکاران با بررسی سطوح مختلف ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پاستیل کیوی نشان دادند در اثر افزودن اسپیرولینا رطوبت افزایش یافت [۲۰]. همچنین Golmakani و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند ترکیبات هیدروکلوئیدی موجود در *اسپیرولینا پلاتنسیس*، اتلاف رطوبت را در کیک یزدی کاهش می‌دهد [۱۹].

۳-۳- فعالیت آبی پاستیل

نمودارهای سطح پاسخ سه بعدی برای فعالیت آبی پاستیل انبه با پودر جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* همراه عسل در شکل ۲ ارائه شده است. کمترین میزان فعالیت آبی برای حداکثر عسل و حداقل انبه و اسپیرولینا ۰/۲ درصد است. با افزایش اسپیرولینا تا ۰/۸ درصد فعالیت آبی کل افزایش پیدا کرد و بیشترین فعالیت آبی در حداکثر انبه و ۰/۸ درصد اسپیرولینا و حداقل عسل بود (مدل درجه ۲ کاهش یافته).

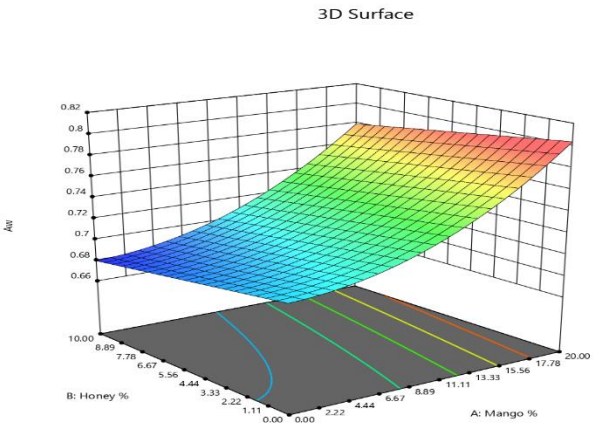

Figure 2. 3D response surface diagrams for water activity of mango pastille with *Spirulina platensis* algae powder with honey.

فعالیت آبی نمونه‌های پاستیل در این تحقیق در محدوده ۰/۷-۰/۶ متفاوت است که در محدوده ذخیره سازی ایمن است. به طور کلی پذیرفته شده است که فعالیت آبی باید کمتر از ۰/۶ و میزان رطوبت زیر ۲۰٪ باشد تا از پایداری اطمینان حاصل شود. طبق نتایج خزائی‌پول و همکاران (۱۳۹۴) اثر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس*، هیدروکلوئیدهای آگار و گوار روی فعالیت آب پاستیل میوه ای بر پایه پوره کیوی معنی دار بود [۲۰].

۳-۴- چربی پاستیل

نمودارهای سطح پاسخ سه بعدی برای چربی پاستیل انبه با پودر جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* همراه عسل در شکل۳ ارائه شده است. هنگامی که غلظت پودر جلبک ثابت است با افزایش میزان انبه و عسل، چربی بطور چشمگیری افزایش یافت. همچنین با افزایش میزان جلبک، چربی به-طور خطی افزایش یافت. همچنین با کاهش هر یک از ترکیبات، میزان چربی کاهش یافت.

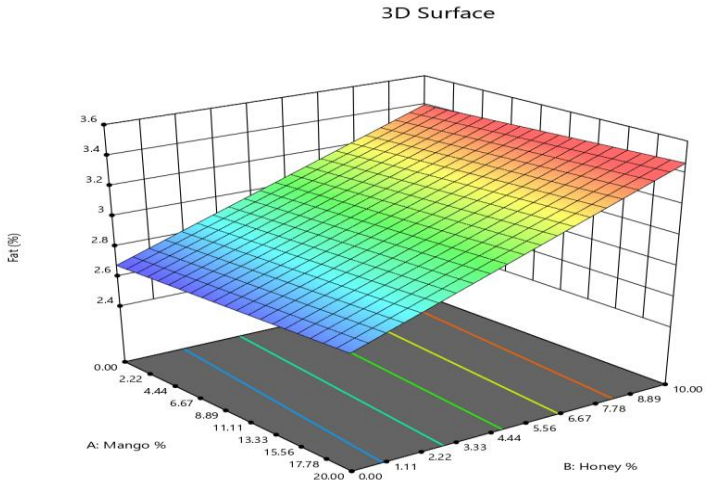

Figure 3. Three-dimensional response surface plots for mango pastille fat with *Spirulina platensis* algae powder and honey.

میزان چربی نمونه های مختلف پاستیل در این تحقیق در محدوده ۲/۷-۳/۴ درصد بود.

۳-۵- پروتئین پاستیل

نمودارهای سطح پاسخ سه بعدی برای پروتئین پاستیل انبه با پودر جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* عسل در شکل ۴ ارائه شده است. هنگامی که غلظت پودر جلبک ثابت است با افزایش میزان انبه و عسل، پروتئین بطور چشمگیری افزایش یافت. همچنین با افزایش میزان جلبک، پروتئین افزایش و با کاهش آن کاهش یافت.بیشترین میزان پروتئین در بیشترین میزان عسل، انبه و اسپیرولینا بود (مدل درجه ۲ کاهش یافته).

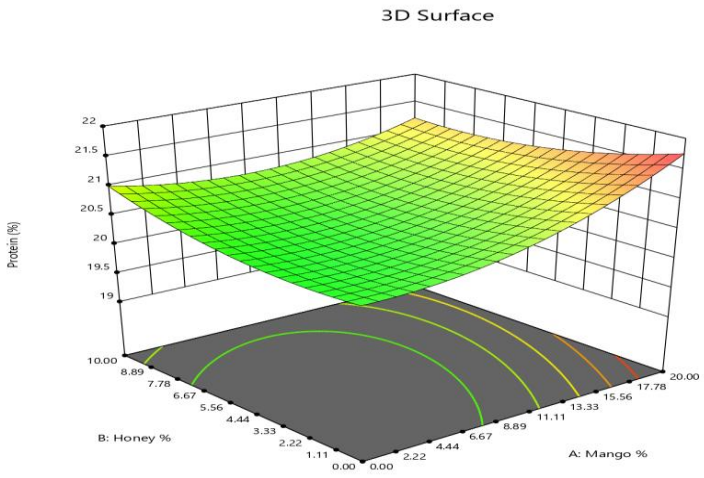

Figure 4. 3D response surface plots for mango pastille protein with *Spirulina platensis* algae powder with honey.

میزان پروتئین نمونه های مختلف پاستیل در این تحقیق در محدوده ۱۹/۲۸-۲۱/۶۹ درصد بود. محمدی الستی و همکاران (۱۳۹۵) نشان دادند که پروتئین و آهن نمونه‌های ماست غنی شده با ریز جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* افزایش یافت [۲۱]. زنگنه و همکاران (۱۳۹۹) گزارش کردند *اسپیرولینا پلاتنسیس* حاوی میزان پروتئین بالایی است که بیشتر شدن میزان پروتئین با افزایش سطح *اسپیرولینا پلاتنسیس* سبب تضعیف شبکه گلوتن می‌شود و این امر باعث ساختار متراکم تر کیک و کم شدن حجم آن می‌شود [۱۸]. اسلامی و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند که افزودن جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* تأثیر مثبت بر محتوای پروتئین و آهن دوغ پروبیوتیک داشت [۲۲].

۶-۳- خاکستر پاستیل

نمودارهای سطح پاسخ سه بعدی برای خاکستر پاستیل انبه با پودر جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* همراه عسل در شکل ۵ ارائه شده است. هنگامی که غلظت پودر جلبک ثابت است با افزایش میزان انبه و عسل، خاکستر بطور چشمگیری افزایش یافت. همچنین با افزایش میزان جلبک، خاکستر به-طور خطی افزایش یافت.

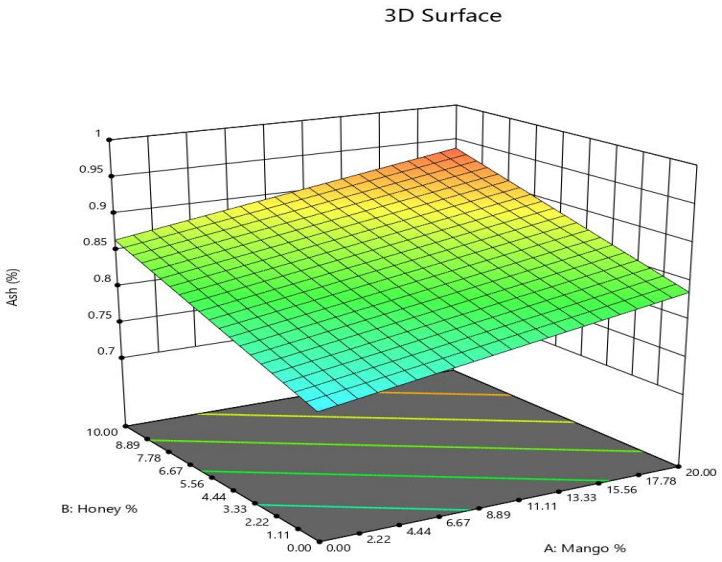

Figure 5. 3D response surface plots for mango pastille ash with Spirulina platensis algae powder and honey .

میزان خاکستر نمونه‌های مختلف پاستیل در این تحقیق در محدوده ۰/۷-۰/۹ درصد بود.

۷-۳- ظرفیت آنتی اکسیدانی پاستیل

نمودارهای سطح پاسخ سه بعدی برای خاصیت آنتی اکسیدانی پاستیل انبه با پودر جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* همراه عسل در شکل۶ ارائه شده است. هنگامی که غلظت پودر جلبک ثابت است با افزایش میزان انبه و عسل، خاصیت آنتی‌اکسیدانی بطور چشمگیری افزایش یافت. همچنین با افزایش میزان جلبک، خاصیت آنتی اکسیدانی افزایش یافت. ظرفیت آنتی اکسیدانی با افزایش عسل و اسپیرولینا و حدود نصف انبه بیشترین مقدار و کمترین

مقدار هم برای انبه ۴/۰۵ درصد، عسل ۲/۰۳ درصد و اسپیرولینا ۰/۲ درصد است (مدل درجه ۲ کاهش یافته).

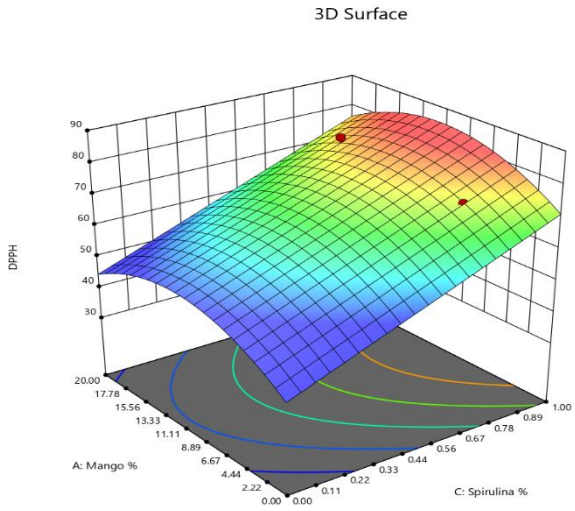

Figure 6. Three-dimensional response surface diagrams for the antioxidant capasity of mango pastille with *Spirulina platensis* algae powder and honey.

ظرفیت آنتی اکسیدانی نمونه‌های مختلف پاستیل در این تحقیق در محدوده ۸۲-۵۲ درصد بود. صالحی‌فر و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که عصاره الکلی جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* نسبت به آنتی‌اکسیدانهای شیمیایی مانند هیدروکسی‌آنیزول بوتیله (BHA) و بتاکاروتن و عصاره آبی آن نسبت به اسیدگالیک و کلروژنیک‌اسید اثر آنتی‌اکسیدانی بیشتری داشت [۲۳]. نتایج حاصل از افزودن پودر جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بر میزان فنول کل کیک اسفنجی نشان داد که پتانسل آنتی اکسیدانی کیک اسفنجی با افزایش پودر جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* افزایش یافت [۱۸].

Safari و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند فیکوسیانین (C-PC) حاصل از *اسپرولینا پلاتنسیس* دارای توانایی بالقوه بالایی از فعالیت آنتی اکسیدانی در شرایط آزمایشگاهی است و می‌توان از آن به عنوان آنتی‌اکسیدان در انواع مواد غذایی استفاده کرد [۱۲].

۸-۳- سفتی بافت پاستیل

نمودارهای سطح پاسخ سه بعدی برای سفتی پاستیل انبه با پودر جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* همراه عسل در شکل ۷ ارائه شده است. بیشترین مقدار سفتی در ۰/۲ درصد اسپیرولینا و ۴/۰۵ درصد انبه و بیشترین مقدار عسل گزارش شد. با افزایش انبه و اسپیرولینا تا حدود نصف، سفتی بافت به میزان کم کاهش و سپس با افزایش بیشتر انبه سختی افزایش پیدا کرد (مدل درجه ۲ کاهش یافته).

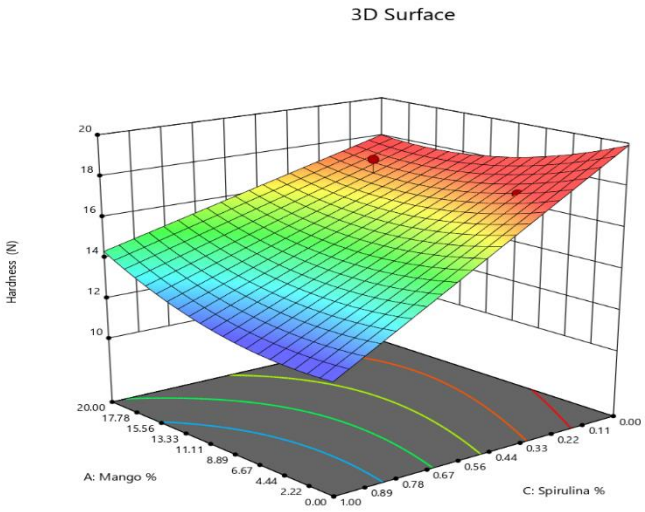

Figure 7. Three-dimensional response surface diagrams for firmness of mango pastille texture with *Spirulina platensis* algae powder and honey.

میزان سفتی نمونه های مختلف پاستیل در این تحقیق در محدوده ۱۲-۱۷ نیوتن بود. اسپیرولینا با داشتن گروهای قطبی، آب موجود در فرمولاسیون را در ساختار خود به دام انداخته و در نهایت منجر به روند صعودی در میزان صمغیت، استحکام و پایداری بافت نمونه ها گردیده است [۱۸].

در شکل ۸ ارائه شده است. هنگامی که غلظت پودر جلبک ثابت است با افزایش میزان انبه و عسل، تغییرات رنگی بطور چشمگیری افزایش یافت. بیشترین رنگ مربوط به بیشترین مقدار انبه و کمترین مقدار عسل بود. تغییرات رنگ وقتی اسپیرولینا ۰/۲ درصد است، بیشترین افزایش در حداکثر انبه و عسل است و با افزایش اسپیرولینا رفتار نمودار تغییر کرد (مدل fi۲).

۹-۳- ویژگی‌های رنگی پاستیل

نمودارهای سطح پاسخ سه بعدی برای تغییرات رنگی پاستیل انبه با پودر جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* همراه عسل

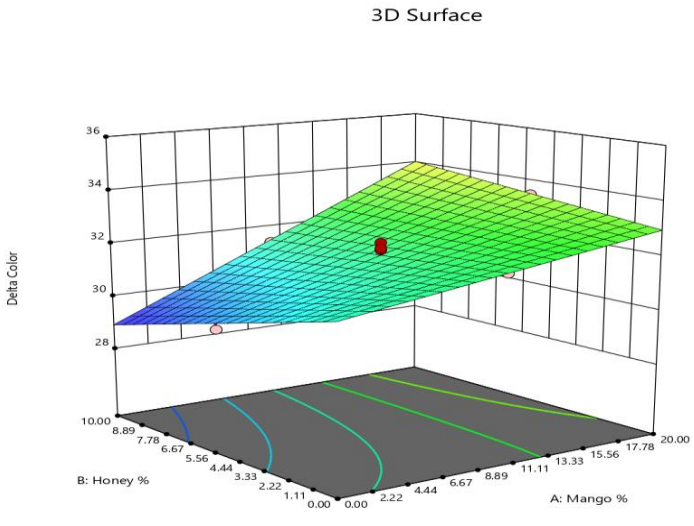

Figure 8-3. Three-dimensional response surface diagrams for color changes of mango pastille with *Spirulina platensis* algae powder and natural honey sweetener.

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود با جایگزینی جلبک به دلیل به توانایی نگهداری و حفظ رطوبت و ممانعت از خروج آب، تغییرات رنگی محصول نهایی کاهش یافت. میزان ΔE نمونه‌های مختلف پاستیل در این تحقیق در محدوده ۲۹-۳۵ بود. بنابراین می‌توان از جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس*، به عنوان یک رنگ‌دهنده (رنگدانه آن فایکوسیانین است) در محصولات غذایی بهره‌مند شد [۱۸].

فایکوسیانین رنگدانه آبی رنگ، گیرنده نور با خاصیت آنتی-اکسیدانی و فلورسنت در *اسپیرولینا پلاتنسیس* است. از فایکوسیانین به عنوان رنگ‌دهنده در مواد غذایی مانند آدامس، شربت یخی، نوشابه، آب نبات، مواد آرایشی و بهداشتی و همچنین رژیم های غذایی استفاده شده است [۲۴].

خزایی‌پول و همکاران (۱۳۹۴) با بررسی اثر سطوح مختلف ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* و هیدروکلوئیدهای آگار و گوار روی پارامترهای رنگی پاستیل میوه ای بر پایه پوره کیوی دریافتند تاثیر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* در تمامی سطوح افزوده شده بر هر سه پارامتر رنگی L*، a* و b* معنی دار بود [۲۰]. نتایج محمدی الستی و همکاران (۱۳۹۵) نشان دادند که *اسپیرولینا پلاتنسیس* بر پارامترهای b*، a* و L* رنگ نمونه‌های ماست مؤثر بود، در ضمن ویسکوزیته نمونه‌ها را کاهش داد [۲۱]. نتایج حاصله در توافق با یافته‌های زنگنه و همکاران (۱۳۹۹) بود. آنها در تحقیقی اثرات افزودن سطوح مختلف پودر جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بر تغییرات رنگ نمونه های کیک اسفنجی را مورد بررسی قرار دادند و نشان داد که با افزایش سطوح مختلف جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* به کیک اسفنجی، نمونه‌ها سبزتر شد [۱۸].

۱۰-۳- ویژگی‌های حسی پاستیل

نمودارهای سطح پاسخ سه بعدی برای ویژگیهای حسی پاستیل انبه با پودر جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* همراه عسل در شکل ۹ ارائه شده است. هنگامی که غلظت پودر جلبک ثابت است با افزایش میزان انبه و عسل، رطوبت بطور

چشمگیری افزایش یافت. همچنین با افزایش میزان جلبک، رطوبت به‌طور خطی افزایش یافت. بیشترین مقدار پذیرش حسی در ۱۵/۹۵ درصد انبه، ۷/۹۷ درصد عسل و ۰/۸ درصد اسپیرولینا مشاهده شد و کمترین مقدار هم در ۴/۰۵ درصد انبه، ۲/۰۳ درصد عسل و ۰/۲ درصد اسپیرولینا گزارش شد (مدل درجه ۲ کاهش یافته).

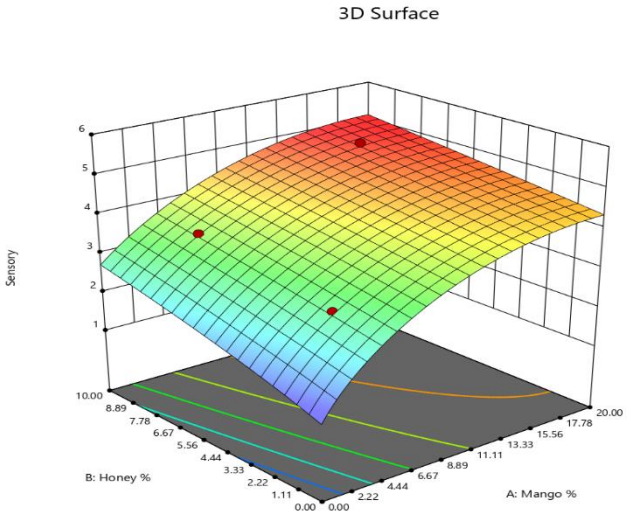

Figure 9. Three-dimensional response surface diagrams for the sensory characteristics of mango pastille with *Spirulina platensis* algae powder and honey.

ارزیابی حسی نمونه‌ها نشان داد که افزودن جلبک، انبه و عسل تاثیر نامطلوبی بر ویژگی‌های حسی نمونه مانند عطر و بو، طعم و مزه و رنگ نمی‌گذارد. نمره پذیرش کلی نمونه های مختلف پاستیل در این تحقیق در محدوده ۱/۹–۵ بود.

خزایی‌پول و همکاران (۱۳۹۴) با بررسی اثر سطوح مختلف ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بر پاستیل میوه‌ای بر پایه پوره کیوی دریافتند نمونه‌های حاوی ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد *اسپیرولینا پلاتنسیس* پذیرش کلی بیشتری نسبت به نمونه-های بدون اسپیرولینا داشتند [۲۰].

در سال ۱۳۹۵، خزایی‌پول و همکاران با بررسی سطوح مختلف ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بر ویژگی‌های حسی پاستیل کیوی نشان دادند نمونه‌های حاوی ۰/۲۵ درصد اسپیرولینا ویژگی‌های حسی (رنگ، آروما، طعم و پذیرش کلی) بهتری نسبت به سایر نمونه‌ها داشتند [۲۰].

۴- نتیجه گیری

نمودارهای سطح پاسخ سه بعدی نشان داد با افزایش میزان جلبک، انبه و عسل، رطوبت، چربی، پروتئین و خاصیت آنتی اکسیدانی افزایش یافت. کمترین میزان فعالیت آبی برای حداکثر عسل و حداقل انبه و اسپیرولینا ۰/۲ درصد است. با افزایش اسپیرولینا تا ۰/۸ درصد فعالیت آبی کل افزایش پیدا کرد. با افزایش انبه و اسپیرولینا، سفتی به میزان کم کاهش و سپس با افزایش بیشتر انبه سفتی افزایش پیدا کرد. بیشترین رنگ مربوط به بیشترین مقدار انبه و کمترین مقدار عسل بود. بیشترین مقدار پذیرش حسی در ۱۵/۹۵

درصد انبه، ۷/۹۷ درصد عسل و ۰/۸ درصد اسپیرولینا مشاهده شد. نتایج حاصل از بهینه سازی پاستیل فراسودمند نشان داد بهترین نمونه در ۱۱/۶۷ درصد پودر انبه، ۲/۰۲ درصد عسل و ۰/۷۹ درصد پودر جلبک اسپیرولینا بدست می آید.

۵- منابع

[1]AfiniIsmail, N., Shameli, K., Wong, M. M.-T., Sin-YeangTeow, Chew, J., & Sukria, S. N. A. M. (2019). Antibacterial and cytotoxic effect of honey mediated copper nanoparticles synthesized using ultrasonic assistance. *Materials Science and Engineering: C*, *104*(1), 109899.

[2]Hashim, N. H., Zin, Z. M., Zamri, A., Rusli, N. D., & medley, K. L. (2021). Physicochemical properties and sensory characteristics of ciku fruit (Manilkara zapota) pastilles. *Food Research*, *5*(2), 164 - 172.

[3]Spolaore P, Joannis-Cassan C, Duran E, Isambert A.2006. Commercial applications of microalgae. Journal of Bioscience and Bioengineering 101: 87-96.

[4]Gouveia L, Sousa I, Batista AP, Raymundo A, Bandarra NM. Microalgae in novel food products. Food Chemistry Research Developments. 2008 Nova Science Publishers, Inc.

[5]Faieta, M., Corradini, M. G., Michele, A. D., Ludescher, R. D., & Pittia, P. (2020). Effect of Encapsulation Process on Technological Functionality and Stability of Spirulina Platensis Extract. *Food Biophysics*, *15*(1), 50-63.

[6]Agustina, S., Aidha, N. N., & Oktarina, E. (2019). Effect of maltodextrin concentration on the characteristic of phycocyanin powder as a functional food. *AIP Conference Proceeding*, *2175*(1), 10-25.

[7]Shendi, H. M., & Zomorodi, S. H. (2018). The Effect Of Date Syrup And Pectin Gum On The Color, Textural And Sensory Properties Of Fruit Pastilles Based On Bananas. *JOURNAL OF FOOD RESEARCH (UNIVERSITY OF TABRIZ)*, *28*(4), 45-55.

[8]Nouri Farid, F., Sharifi, A., Stiri, H. (2018). Optimizing the formulation of mango and pear pastille by response surface method. Innovation in food science and technology. 11(2): 119 129.

[9]Chadha, K. L., & Pal, R. N. (2018). *Mangifera indica* (Vol. 1): CRC Handbook of Flowering.

[10]AACC. (2000). Approved methods of the AACC (8th ed).St. Paul. MN: American Association of Cereal Chemists.

[11] Adilah, Z. A. M., Jamilaha, B., & Hanania, Z. A. N. (2018). Functional and antioxidant properties of protein-based films incorporated with mango kernel extract for active packaging. *Food Hydrocolloids*, *74*(1), 207-218.

[12]Safari R.; Raftani Amiri Z.; Esmaeilzadeh Kenari R.Antioxidant and antibacterial activities of C-phycocyanin from common name *Spirulina platensis* .Iranian Journal of Fisheries Sciences DOI: 10.22092/ijfs.2019.118129.

[13]Rahman, M. S., & Labuza, T. P. (2020). *Water Activity and Food Preservation* (Vol. 3): CRC Press.

[14] Ketelab, E. C., Wijk, R. A., Graaf, C., & Stiegera, M. (2020). Effect of cross-cultural differences on thickness, firmness and sweetness sensitivity. *Food Research International*, *10*(1), 109890.

[15]Abugoch, L., Tapia, C., Plasencia, D., Pastor, A., Castro-Mandujano, O., López, L., & Escalona, V. H. (2016). Shelf-life of fresh blueberries coated with quinoa protein/chitosan/sunflower oil edible film. *J. Sci. Food Agric*, *96*(619-626).

[16]Lupatini, A. l., Colla, L. M., Canan, C., & Colla, E. (2017). Potential application of microalga Spirulina platensis as a protein source. *J. Sci. Food Agric*, *97*(1), 724-732.

[17]Zanganeh, N., Barzegar, H., Alizadeh Behbahani, B., Mehrniya, M. (2019). Investigating the effect of different levels of Spirulina platensis microalgae on nutritional, physicochemical and sensory characteristics of sponge cake. Researches of science and food industry of Iran. 16 (2): 207 220.

[18]Atik, D. S., Esr, B. G., & Palabıyık, B. (2021). Development of vegan kefir fortified with Spirulina platensis. *Food Bioscience*, *42*(1), 101050.

[19]Golmakani, M. T., Soleimanian-Zad, S., & Alavi, N. (2019). Effect of Spirulina (Arthrospira platensis) powder on probiotic bacteriologically acidified feta-type cheese. *J Appl Phycol*, *31*(1), 1085-1094.

[20]Khazaipol, A., Shahidi, F., Mortazavi, A., Mohebi, M. (2015). Investigating the effect of different levels of Spirulina platensis microalgae and agar and guar hydrocolloids on water activity, texture, color parameters and overall acceptance of fruit paste based on kiwi puree. Iran food science and industry. 12(48): 47 59.

[21]Mohammadi Al-Sati F, Fadai Noghani and Khosravi Darani K. The effect of different

concentrations of Spirulina platensis algae on some physical, chemical and sensory properties of probiotic spinach yogurt. Food Industry Research Journal / Volume 26 Number 2 / 2015.

[22]Islami Meshkanani A, Fadai Noghani V, Khosravi Darani K, Mazinani P. 2013. Investigating the effect of adding microalgae powder on some physicochemical and sensory properties of probiotic buttermilk containing mint powder. New Food Technologies Quarterly, second year, number 6, page 59 70.

[23]Salehi Far, Mania, Shahbazizadeh, Saeeda, Khosravi Darani, Kianoush, Behmdi, Homa. and Ferdowsi, the spirit of Allah. 2013. Investigating the possibility of using spirulina platensis microalgae powder in the production of industrial cookies. Journal of Nutrition Sciences and Food Industries of Iran, 4:7.

[24]Adilah, Z. A. M., Jamilaha, B., & Hanania, Z. A. N. (2018). Functional and antioxidant properties of protein-based films incorporated with mango kernel extract for active packaging. *Food Hydrocolloids*, *74*(1), 207-218.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Application of *Spirulina platensis* algae powder and honey in mango pastille formulation

Negar Fathi Doabi [1], Dr. Ebrahim Hosseini[* 2], Dr. Gholam Hassan Asadi [3]

1. Department of Food Science and Industry, Islamic Azad University, Science and Research Unit, Tehran, Iran

2. Professor, Department of Food Science and Industry, Islamic Azad University, Science and Research Unit, Tehran, Iran

3. Professor, Department of Food Science and Industry, Islamic Azad University, Science and Research Unit, Tehran, Iran.

ABSTRACT

Pastilles are one of the popular and highly consumed confectionery products that raise concerns due to their low nutritional value.Therefore, the aim of this study was to examine the formulation of mango pastilles with Spirulina platensis powder and honey sweetener. The formulation ingredients included 0 to 20% mango puree, 0 to 10% honey, 5.34% gelatin, Spirulina platensis in the range of 0 to 1%, 23.38% water, 33.5% sucrose, 36.5% glucose, and 1.28% citric acid. The response surface methodology (RSM) and central composite design were used. The results showed that Spirulina platensis powder contains high amounts of protein, ash, and phenolic compounds. The three-dimensional response surface plots showed that moisture significantly increased with an increase in the amount of algae, mango, and honey. The minimum water activity was 0.2 for maximum honey and minimum mango and Spirulina. The maximum water activity was achieved for maximum mango and 8.0% Spirulina and minimum honey. With an increase in the amount of algae, mango, and honey, antioxidant activity, fat, protein, and ash content significantly increased. The highest antioxidant activity was achieved for maximum honey and Spirulina and about half of the mango. The highest firmness was recorded at 2.0% Spirulina and 0.54% mango, and the highest honey content. Firmness decreased slightly with an increase in mango and Spirulina, and then increased with a further increase in mango. The highest color was related to the highest amount of mango and the lowest amount of honey. The highest sensory acceptance was observed at 15.95% mango, 7.97% honey, and 0.80% Spirulina, and the lowest was at 4.05% mango, 2.32% honey, and 0.20% Spirulina. The results of optimizing the functional pastilles showed that the best sample was obtained at 11.67% mango powder, 2.02% honey, and 9.79% Spirulina powder.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2022/9/19
Accepted: 2023/8/7

Keywords:

Algae,

nutritional value,

fruit-based products,

antioxidant properties.

DOI: 10.22034/FSCT.20.141.19
DOR:20.1001.1.20088787.1402.20.141.2.0

*Corresponding Author E-Mail:
ebhoseini@yahoo.com