Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 11:22 IRST on Monday November 23rd 2020

بررسی اثر پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* به عنوان جایگزین سفیده تخم‌مرغ بر ویژگی‌های کیک اسفنجی

حسن برزگر[۱*]، بهروز علیزاده بهبهانی[۲]، نگین زنگنه[۳]، اخلاص عبدالنبی‌پور[۳]

۱- دانشیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

۲- استادیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۹ /۰۳/۰٤ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰٦/۰۱)

چکیده

جلبک‌ها و ریزجلبک‌ها به صورت منبع بالقوه بزرگی از ترکیبات طبیعی هستند. ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* یکی از ریزجلبک‌های خوراکی و بدون عوارض جانبی است. فقدان سلولز در دیواره سلولی ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* باعث هضم آسان آن شده که سایر ریزجلبک‌ها فاقد این مزیت هستند و همین ویژگی ارزش ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* را دوچندان نموده است. هدف از این پژوهش، استفاده از ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* به عنوان جایگزین سفیده تخم‌مرغ و بررسی تاثیر آن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک اسفنجی در طی زمان بود. بدین منظور درصدهای مختلف وزنی سفیده تخم‌مرغ (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) در فرمولاسیون کیک اسفنجی با پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* جایگزین شد. نتایج نشان داد که افزودن پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* باعث کاهش رطوبت، حجم مخصوص، تخلخل و پیوستگی نمونه‌ها شد. میزان پروتئین، چربی، خاکستر، pH و سفتی نمونه‌های کیک اسفنجی با افزایش درصد پودر ریزجلبک افزایش یافت. با افزایش درصد پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* پذیرش کلی نمونه‌ها کاهش پیدا کرد اما این کاهش پذیرش در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. به طور کلی استفاده از پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* در سطوح پایین به عنوان جایگزین جزیی سفیده تخم‌مرغ باعث بهبود ویژگی‌های کیک اسفنجی شد.

کلید واژگان: ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس*، سفیده تخم‌مرغ، تخلخل، ویژگی‌های حسی.

* مسئول مکاتبات: hbarzegar@asnrukh.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 11:22 IRST on Monday November 23rd 2020

۱- مقدمه

ریزجلبک‌ها منابع مغذی طبیعی هستند که می‌توان از آن‌ها در محصولات غذایی استفاده کرد. ریزجلبک‌ها دارای ترکیبات فعال بیولوژیکی بوده که این ترکیبات در سلول‌های آن‌ها محصور شده، بنابراین می‌توانند در برابر شرایط سخت تکنولوژیکی در فرایندهای غذایی مقاومت کنند [۱]. وجود تعادل در ترکیبات شیمیایی در ریزجلبک‌ها باعث شده از این منابع زیستی به عنوان بهبود دهنده‌ی ارزش تغذیه‌ای و خوراک دام نیز استفاده شود [۲].

ریزجلبک، اصطلاحی است که برای نامیدن کلیه‌ی جلبک‌های میکروسکوپی اعم از پروکاریوت و یوکاریوتی به کار می‌رود و آن‌ها را از جلبک‌های ماکروسکوپی متمایز می‌سازد. این ریزجلبک‌ها در اکثر موارد به صورت کلنی رشد می‌کنند [۳]. ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* (*Spirulina platensis*) یکی از ریزجلبک‌های خوراکی و بدون عوارض جانبی است. فقدان سلولز در دیواره سلولی ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* باعث هضم آسان آن شده که سایر ریزجلبک‌ها فاقد این مزیت هستند و همین ویژگی ارزش *اسپیرولینا پلاتنسیس* را دوچندان نموده است [٤]. اسپیرولینا از جمله ریزجلبک‌های چندسلولی و رشته‌ای سبز- آبی است که اسم این جلبک از شکل مارپیچی و رشته‌ای آن مشتق شده است [٥]. *اسپیرولینا پلاتنسیس* دارای مقادیر فراوانی پروتئین‌های گیاهی، اسیدهای چرب غیراشباعی، گلیکولیپیدها، پیش‌ساز ویتامین‌ها، انواع ویتامین‌ها به ویژه ویتامین B_{12} و مواد معدنی مثل کلسیم، آهن، منیزیم، پتاسیم، روی و سلنیم می‌باشد. فایکوسیانین، یکی از رنگدانه‌های موجود در *اسپیرولینا پلاتنسیس* است که در صنایع غذایی از آن به عنوان ماده رنگی، امولسیفایر، قوام دهنده و عامل ایجاد ژل استفاده می‌شود [٦]. وجود ترکیباتی مثل فایکوسیانین، سلنیوم، کاروتنوئیدها و اسید چرب گاما لینولئیک اسید، باعث ایجاد پتانسیل آنتی‌اکسیدانی و قابلیت حذف رادیکال‌های آزاد در این ریزجلبک شده است [٦]. *اسپیرولینا پلاتنسیس* در مقایسه با سایر جلبک‌ها دارای قابلیت تولید مواد غذایی متراکم با کیفیت بالاتری بوده به همین دلیل از آن به عنوان "غذایی برای آینده" نام برده می‌شود [۷].

کیک از جمله محصولات پرطرفدار صنایع نانوایی و قنادی است. آرد، شکر، تخم مرغ، و چربی ترکیبات اصلی در تولید کیک محسوب می‌شوند و هرکدام نقش مهمی را در ساختار و کیفیت محصول ایفا می‌کنند [۸]. تخم‌مرغ به دلیل داشتن قابلیت منحصر به فرد کف‌کنندگی، امولسیون کنندگی، ویژگی انعقاد حرارتی پروتئین‌ها و هوادهی نقش مهمی را در ویژگی-های رئولوژیکی و کیفی خمیر و محصول نهایی (کیک) دارد. پروتئین‌های سفیده تخم‌مرغ در خمیر کیک به صورت لایه‌ای نازک همراه با گلوتن آرد، دیواره سلولی محکمی را تشکیل می‌دهند که که در اثر این پدیده، هوا در لا به لای آن حبس شده و در نتیجه اختلاط اجزای کیک را تسهیل می‌نماید [۹]. در طی پخت کیک، زمانی که کریستال‌های چربی ذوب می-شوند و سلول‌های گازی از چربی به فاز آبی مهاجرت می‌کنند، پروتئین‌های سفیده تخم‌مرغ سلول‌های گازی را تثبیت می‌کنند. پروتئین‌های سفیده تخم‌مرغ می‌توانند در تشکیل کف در اطراف سلول‌های گازی نقش داشته باشند. بخش گلوبین سفیده تخم‌مرغ یک عامل کف‌کننده عالی، در حالی که اوموکوئید تثبیت کننده کف مناسبی است [۱۰]. تعامل بین پروتئین‌های مختلف سفیده مثل لیزوزیم-اوموسین یا اووترانسفرین – اووآلبومین می‌تواند ثبات کف را تشدید کند [۱۱]. جایگزینی پروتئین‌های سفیده تخم‌مرغ با پروتئین‌های لبنی یا گیاهی بر ویژگی‌های بافتی و فیزیکوشیمیایی کیک می-تواند اثر گذار باشد [۱۲ و ۱۳].

زنگنه و همکاران (۱۳۹۹)، اثر سطوح مختلف ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بر ویژگی‌های حسی، تغذیه‌ای و فیزیکوشیمیایی کیک اسفنجی را مورد بررسی قرار دادند. این پژوهشگران گزارش کردند که با افزایش سطوح مختلف ریزجلبک، ویژگی‌های تغذیه‌ای و فیزیکوشیمیایی کیک اسفنجی در طی زمان بهبود پیدا کرد [١٤]. صالحی‌فر و همکاران (۱۳۹۱)، استفاده از ریز جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* را در کلوچه صنعتی مورد بررسی قرار دادند. یافته‌ها حاکی از افزایش میزان پروتئین، آهن و اسید چرب گامالینولئیک و کاهش معنی دار عدد پراکسید بود [۱٥]. Danesi و همکاران (۲۰۱۰)، نشان دادند که می‌توان به منظور غنی‌سازی پروتئین در محصولات نانوایی از ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* استفاده کرد بدون آنکه تغییر قابل ملاحظه‌ای در بافت، ضریب انبساط، درصد ترکیب و پذیرش حسی محصول ایجاد شود [١٦].

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 11:22 IRST on Monday November 23rd 2020

با وجود مزایای گفته شده، پروتئین موجود در تخم‌مرغ (به خصوص پروتئین سفیده تخم‌مرغ) می‌تواند منجر به بروز حساسیت‌هایی از قبیل خارش، کهیر، سردرد و حالت تهوع در برخی افراد گردد [۱۷]. با توجه مورد ذکر شده و اینکه ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* قابلیت امولسیفایری خوبی دارد، جایگزینی سفیده تخم‌مرغ با این ریزجلبک در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. هدف از این پژوهش، استفاده از ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* به عنوان جایگزین سفیده تخم‌مرغ و تاثیر آن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک اسفنجی در طی زمان بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه

پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* از شرکت تحقیقات آرین گستر خریداری شد. آرد گندم با درجه استخراج ۷۲ درصد از کارخانه آرد جنوب اهواز تهیه و در جای مناسب نگهداری شد. سایر مواد شامل شکر، بیکینگ پودر، وانیل و روغن مایع از فروشگاه لوازم قنادی شهر اهواز خریداری گردید. تخم مرغ تازه یک روز قبل از تولید کیک خریداری و در یخچال نگهداری شد. جدول ۱، ترکیبات تشکیل دهنده ریز جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* را نشان می‌دهد [۱۸].

Table 1 Nutritional profile of *Spirulina platensis* powder [18]

Composition	Na (mg)	Zn (mg)	P (mg)	Fe (mg)	Ca (mg)	β-Carotene (mg)	Vit B_{12} (mg)	Vit K (mcg)	Vit A (Iu)	Protein (gr)	Fiber (gr)	Fat (gr)	Carbohydrate (gr)
100 gr	641	1.45	961	87.4	468	211	162	1090	352000	63	7.7	4.3	17.8

۲-۲- روش تهیه خمیر کیک اسفنجی

فرمولاسیون کیک‌های تولیدی در جدول ۲، آورده شده است. پس از تولید نمونه شاهد، تیمارهایی با جایگزینی ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد وزنی سفیده تخم‌مرغ مورد استفاده در فرمولاسیون این نوع کیک، با پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* تولید شد. جهت تهیه خمیر، ابتدا سفیده و زرده تخم‌مرغ جدا گردید و زرده تخم‌مرغ با وانیل و شکر زده شده تا کرم رنگ شود. سپس مواد مایع، آب و روغن اضافه گردید، در مرحله آخر آرد و بکینگ پودر همراه با پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* الک شده و سفیده تخم مرغ اضافه شده و عمل هم‌زدن ادامه یافت تا مخلوط یک‌دست تشکیل گردد [۱۹].

Table 2. Sponge cake formulation

Sample	Flour	Sugar	Water	Microalgae powder	Egg white	Egg yolk	Oil	Baking powder
Control	400	320	29.6	0	64	146	160	8
25%	400	320	44	1.76	48	146	160	8
50%	400	320	58.4	3.52	32	146	160	8
75%	400	320	72.8	5.28	16	146	160	8
100%	400	320	87.2	7.04	0	146	160	8

۲-۳- تعیین محتوای رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر کیک اسفنجی

رطوبت کیک براساس استاندارد AOAC 2000 اندازه‌گیری شد. در این روش ۳ گرم از نمونه‌های کیک اسفنجی در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت قرار گرفت [۲۰]. اندازه‌گیری پروتئین نمونه‌های کیک اسفنجی در طی زمان طبق استاندارد AACC ۱۲-٤٦ در دستگاه کلدال اتوماتیک انجام پذیرفت [۲۱]. اندازه‌گیری چربی نمونه‌های کیک اسفنجی در طی زمان طبق استاندارد AACC ۱۰-۳۰ در دستگاه سوکسله اتوماتیک انجام پذیرفت. میزان درصد خاکستر نمونه‌های کیک در طی زمان مطابق با روش AACC ۰۱-۰۸ تعیین شد. بدین منظور ظرف خاکستر خشک و تمیز به مدت یک ساعت در آون ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده و در دسیکاتور خنک گردید. مقدار ۲ گرم نمونه در ظرف مخصوص خاکستر وزن شد. ظرف مخصوص خاکستر روی

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 11:22 IRST on Monday November 23rd 2020

شعله آزمایشگاهی زیر هود به آرامی سوزانده شد تا دود آن محو شد. ظرف حاوی نمونه به مدت ٦ ساعت در کوره الکتریکی در دمای ٥٥٠ تا ٦٠٠ درجه سانتی‌گراد حرارت دید تا خاکستر روشنی تشکیل گردید. در نهایت ظرف در دسیکاتور قرار داده شد تا خنک گردد و سپس دوباره توزین شد. اختلاف میزان وزن بوته حاوی خاکستر از وزن بوته بر وزن نمونه، میزان خاکستر را نشان می‌دهد [١٤].

٢-٤- pH نمونه‌های کیک اسفنجی

pH نمونه‌های کیک اسفنجی در طی زمان طبق استاندارد ٥٢-٠٢ AACC توسط pH متر (Metrohm مدل ٨٢٧ سوئیس) اندازه‌گیری شد [١٤].

٢-٥- حجم مخصوص

تعیین حجم مخصوص کیک اسفنجی مطابق با روش Gomez و همکاران (٢٠٠٧)، انجام شد [٢٢]. افت وزنی نمونه‌های کیک اسفنجی به روش چهارطاق و همکاران (١٣٩٦)، انجام شد. جهت تعیین افت پخت، تفاوت وزن خمیر و وزن کیک ٢٠ دقیقه بعد از پخت اندازه گیری شد [٢٣].

٢-٦- رنگ‌سنجی

آنالیز رنگ از طریق تعیین سه شاخص L^* که بیانگر روشنی نمونه در محدوده صفر (سیاه مطلق) تا ١٠٠ (سفید مطلق)، a^* بیانگر محدوده ١٢٠+ (قرمزی مطلق) تا ١٢٠- (سبز مطلق) و b^* بیانگر محدوده ١٢٠+ (زردی مطلق) تا ١٢٠- (آبی مطلق) صورت پذیرفت. از تمام نمونه‌ها توسط دوربین Canon عکس تهیه شد و بعد از ذخیره تصاویر با ابعاد و فرمت معین، در اختیار نرم‌افزار Image J (نسخه ١٤/٢) قرار گرفتند. با تبدیل فضای رنگی RGB به LAB، شاخص‌های فوق محاسبه شدند [٢٤].

٢-٧- تخلخل

تخلخل نمونه‌ها با استفاده از تکنیک پردازش تصویر تعیین شد. بدین منظور برشی از کیک تهیه و به وسیله دوربین عکاسی Canon تصاویر گرفته شد. تصویر گرفته شده به نرم-افزار Image J (نسخه ١٤/٢) منتقل و تخلخل نمونه‌های کیک اسفنجی تعیین شد [٢٥].

٢-٨- بافت‌سنجی

بررسی بافت نمونه‌های کیک اسفنجی تولیدی در فواصل زمانی ١، ٥ و ١٠ روز پس از پخت و مطابق با استاندارد ٠٩-٧٤ AACC و با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (TA-XT-Micro stable system PLUS، ساخت انگلستان) با اندکی تغییرات اندازه‌گیری شد [١٤].

٢-٩- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌های کیک اسفنجی توسط ١٠ ارزیاب آموزش دیده و با استفاده از مقیاس هدونیک ٥ نقطه‌ای انجام شد. در آزمون هدونیک ٥ نقطه‌ای به ترتیب ١ بسیار بد، ٢ بد، ٣ متوسط، ٤ خوب و ٥ بسیار خوب است. به عدد ١ کمترین امتیاز و عدد ٥ بیشترین امتیاز تعلق می‌گیرد. در این پژوهش صفات حسی شامل طعم و مزه (میزان درک طعم مطلوب در تست چشایی)، عطر و بو (میزان احساس عطر مطلوب در تست بویایی)، رنگ، بافت و پذیرش کلی تعیین شد [٢٦].

٢-١٠- آنالیز آماری

تمامی آزمون‌ها در سه تکرار و در روزهای ١، ٥ و ١٠ ماندگاری انجام گرفت. ابتدا آنالیز واریانس و سپس میانگین تکرارها در قالب آزمون دانکن و در سطح معنی داری ٥ درصد مورد مقایسه قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده ها با کمک نرم-افزار Statistical package for the social (SPSS) sciences (Version18.0, SPSS Inc., Chicago, USA) انجام پذیرفت. نمودارها به وسیله نرم‌افزار Excel 2013 رسم شدند.

٣- نتایج و بحث

٣-١- تغییرات رطوبت کیک اسفنجی طی زمان نگهداری

نتایج تاثیر جایگزینی سفیده تخم مرغ با پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بر رطوبت نمونه‌های کیک اسفنجی در شکل ١ نشان داده شده است. همانگونه که در شکل ١ مشخص است، با افزایش میزان جایگزینی پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس*، رطوبت نمونه‌های کیک اسفنجی کاهش یافت. درتمام روزهای نگهداری، رطوبت نمونه شاهد از نمونه‌های حاوی پودر جلبک بیشتر بود که با نمونه حاوی ٢٥ درصد تفاوت معنی‌داری نداشت ($p<٠/٠٥$). رطوبت نمونه شاهد در روزهای پنجم و دهم نگهداری کاهش معنی‌داری نشان نداد ($p<٠/٠٥$). در روز پنجم نگهداری با افزایش درصد جایگزینی پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* رطوبت کاهش

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 11:22 IRST on Monday November 23rd 2020

یافت که در نمونه‌های ۲۵، ۷۵ و ۱۰۰ درصد پودر ریزجلبک معنی‌دار نبود ($p<۰/۰۵$). در روز دهم نگهداری این کاهش رطوبت بین نمونه‌های حاوی پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$).

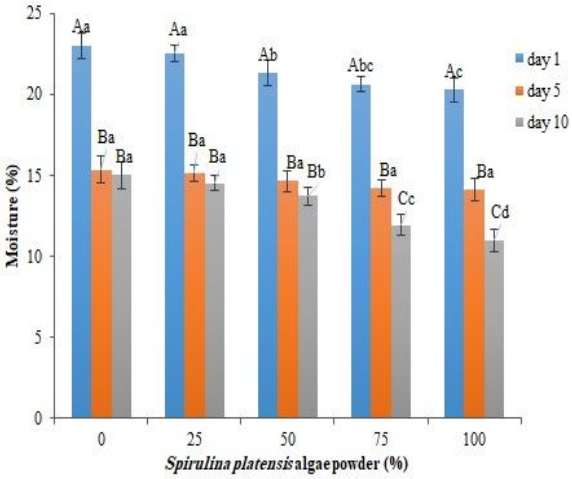

Fig 1 Substitution effect of egg white with *Spirulina platensis* algae powder (SPAP) on moisture content of sponge cake.

۳-۲-تغییرات pH، خاکستر، چربی و پروتئین کیک اسفنجی طی زمان نگهداری

نتایج تاثیر جایگزینی سفیده تخم‌مرغ با پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بر pH نمونه‌های کیک در جدول ۳، آورده شده است. نتایج نشان داد که با افزایش درصد جایگزینی پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* میزان pH در نمونه‌های تولیدی کاهش یافت که با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($p<۰/۰۵$). در روزهای پنجم و دهم ماندگاری نیز pH نمونه شاهد از نمونه‌های حاوی پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بیشتر بود که اختلاف معنی-داری با نمونه‌های دیگر مشاهده نشد ($p<۰/۰۵$).

نتایج تاثیر جایگزینی سفیده تخم‌مرغ با پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بر خاکستر نمونه‌های کیک اسفنجی در روزهای ماندگاری (۱، ۵ و ۱۰ روز) در جدول ۳، آورده شده است. نتایج نشان داد که با افزایش میزان جایگزینی سفیده تخم‌مرغ با پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* میزان خاکستر نمونه‌های کیک اسفنجی افزایش معنی‌داری یافت ($p<۰/۰۵$). بین نمونه‌های حاوی ۷۵ و ۱۰۰ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در روز پنجم و دهم ماندگاری میزان خاکستر نمونه‌های حاوی پودر ریزجلبک از نمونه شاهد بیشتر بود که اختلاف معنی‌داری داشتند ($p<۰/۰۵$).

نتایج تاثیر جایگزینی سفیده تخم‌مرغ با پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بر محتوای چربی نمونه‌های کیک اسفنجی در روزهای نگهداری (۱، ۵ و ۱۰ روز) در جدول ۳، آورده شده است. نتایج نشان داد که بیشترین میزان چربی مربوط به نمونه حاوی ۷۵ و ۱۰۰ درصد جایگزینی با پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* و کمترین میزان چربی مربوط به نمونه شاهد بود. در طی زمان نگهداری نیز کمترین و بیشترین میزان چربی به ترتیب مربوط به نمونه شاهد و نمونه ۱۰۰ درصد جایگزینی بود.

Table 3 Substitution effect of egg white with SPAP on physico-chemical properties of sponge cake

Parameters	Days of storage	Sponge cake				
		%0 SPAP	%25 SPAP	%50 SPAP	%75 SPAP	%100 SPAP
pH	1	7.13 ± 0.21^{Aa}	7.11 ± 0.12^{Aa}	7.07 ± 0.05^{Aa}	7.04 ± 0.09^{Aa}	7.01 ± 0.07^{Aa}
	5	7.06 ± 0.17^{Ba}	6.96 ± 0.19^{Ba}	6.90 ± 0.09^{Ba}	6.88 ± 0.08^{Ba}	6.87 ± 0.14^{Ba}
	10	7.04 ± 0.10^{Ba}	7.02 ± 0.13^{Ba}	7.00 ± 0.11^{Ba}	6.89 ± 0.25^{Ba}	6.89 ± 0.15^{Ba}
Ash	1	0.56 ± 0.03^{Cc}	0.58 ± 0.01^{Cc}	0.62 ± 0.04^{Cb}	0.79 ± 0.10^{Ca}	0.82 ± 0.02^{Ca}
	5	1.22 ± 0.11^{Bd}	1.42 ± 0.14^{Bc}	1.45 ± 0.08^{Bc}	1.54 ± 0.10^{Bb}	1.76 ± 0.08^{Ba}
	10	2.18 ± 0.10^{Ad}	2.32 ± 0.11^{Ac}	2.38 ± 0.06^{Ab}	2.45 ± 0.20^{Aa}	2.49 ± 0.13^{Aa}
Protein	1	5.18 ± 0.22^{Be}	6.35 ± 0.28^{Bd}	7.89 ± 0.19^{Bc}	8.68 ± 0.38^{Ab}	10.44 ± 0.41^{Ba}
	5	4.22 ± 0.18^{Be}	6.07 ± 0.24^{Bd}	7.17 ± 0.30^{Bc}	7.49 ± 0.28^{Ab}	10.11 ± 0.27^{Ba}
	10	4.01 ± 0.13^{Ae}	6.00 ± 0.15^{Ad}	7.10 ± 0.27^{Ac}	7.80 ± 0.10^{Ab}	9.96 ± 0.31^{Aa}
Fat	1	34.39 ± 0.62^{Ad}	35.48 ± 0.12^{Ac}	36.90 ± 0.19^{Ab}	37.40 ± 0.63^{Aa}	37.81 ± 0.33^{Aa}
	5	32.33 ± 0.43^{Be}	32.80 ± 0.32^{Bd}	33.02 ± 0.48^{Bc}	34.82 ± 0.49^{Bb}	35.80 ± 0.19^{Ba}
	10	31.96 ± 0.50^{Ce}	31.51 ± 0.52^{Cd}	32.26 ± 0.20^{Cc}	33.29 ± 0.38^{Cb}	33.71 ± 0.32^{Ca}

Values are expressed as means ± SD; n = 3; Non-Latin capital letters in each row indicate a significant difference of 5% between the shelf life days in each sample. The lowercase letters in each column indicate a significant difference at the 5% level between the different treatments in a single day.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 11:22 IRST on Monday November 23rd 2020

نتایج تاثیر جایگزینی سفیده تخم‌مرغ با پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بر محتوای پروتئین نمونه‌های کیک اسفنجی در روزهای نگهداری در جدول ۳، آورده شده است. با افزایش میزان جایگزینی سفیده تخم‌مرغ با پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* محتوای پروتئین نمونه‌ها به طور معنی-داری افزایش یافت (p<۰/۰۵). در طی زمان نگهداری میزان پروتئین در تمام نمونه‌ها کاهش یافت.

۳-۳- تغییرات حجم مخصوص و تخلخل کیک اسفنجی طی زمان نگهداری

نتایج تاثیر جایگزینی سفیده تخم‌مرغ با پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بر حجم مخصوص نمونه‌های کیک اسفنجی در طی زمان در جدول ٤، آورده شده است. نتایج نشان داد که بیشترین میزان حجم مخصوص مربوط به نمونه شاهد و نمونه حاوی ۲۵ درصد پودر ریزجلبک بود. از نظر آماری بین این دو نمونه اختلاف معنی‌داری مشاهد نشد (p<۰/۰۵). با افزایش درصد جایگزینی، حجم مخصوص نمونه‌های کیک اسفنجی کاهش یافت، اما از نظر آماری فقط در سطوح ۷۵ و ۱۰۰ درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (p<۰/۰۵). در روز پنجم و دهم نگهداری بین نمونه‌های حاوی ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد پودر ریزجلبک کاهش معنی‌داری مشاهده شد اما بین نمونه شاهد و ۲۵ درصد جلبک اختلاف معنی‌دار نبود (p<۰/۰۵).

نتایج تاثیر جایگزینی سفیده تخم‌مرغ با پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بر تخلخل نمونه‌های کیک اسفنجی در طی زمان در جدول ٤، آورده شده است. در تمام روزهای نگهداری، بیشترین میزان تخلخل مربوط به نمونه شاهد بود. با افزایش جایگزینی ریزجلبک با سفیده تخم‌مرغ میزان تخلخل نمونه‌ها کاهش معنی‌داری نشان داد (p<۰/۰۵). در روزهای پنجم و دهم ماندگاری تخلخل نمونه‌های کیک اسفنجی کاهش یافت که این اختلاف در تمام سطوح جایگزینی معنی‌دار بود (p<۰/۰۵).

Table 4. Substitution effect of egg white with SPAP on porosity and specific volume of sponge cake

Parameters	Days of storage	Sponge cake				
		%0 SPAP	%25 SPAP	%50 SPAP	%75 SPAP	%100 SPAP
Porosity	1	35.07 ± 0.41^{Aa}	23.71 ± 0.51^{Ae}	24.41 ± 0.39^{Ad}	27.11 ± 0.18^{Ac}	27.51 ± 0.25^{Ab}
	5	32.46 ± 0.53^{Ba}	22.83 ± 0.19^{Be}	24.12 ± 0.28^{Bd}	26.00 ± 0.49^{Bc}	26.25 ± 0.34^{Bb}
	10	29.08 ± 0.64^{Ca}	20.82 ± 0.33^{Ce}	22.15 ± 0.37^{Cd}	22.90 ± 0.50^{Cc}	23.56 ± 0.37^{Cb}
Specific volume	1	2.96 ± 0.11^{Aa}	2.94 ± 0.12^{Aab}	2.90 ± 0.10^{Aab}	2.86 ± 0.23^{Ab}	2.78 ± 0.16^{Ac}
	5	2.89 ± 0.09^{Ba}	2.88 ± 0.08^{Ba}	2.63 ± 0.20^{Bb}	2.56 ± 0.19^{Bc}	2.08 ± 0.11^{Bd}
	10	2.73 ± 0.14^{Ca}	2.70 ± 0.15^{Ca}	2.59 ± 0.19^{Cb}	2.44 ± 0.14^{Cc}	2.06 ± 0.21^{Cd}

Values are expressed as means ± SD; n = 3; Non-Latin capital letters in each row indicate a significant difference of 5% between the shelf life days in each sample. The lowercase letters in each column indicate a significant difference at the 5% level between the different treatments in a single day.

۳-٤- تغییرات افت وزنی کیک اسفنجی طی زمان نگهداری

نتایج تاثیر جایگزینی سفیده تخم مرغ با پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* در شکل ۲، نشان داده شده است. با توجه به شکل ۲، افت وزنی در نمونه حاوی ۲۵ درصد جایگزینی با پودر ریزجلبک کمتر از نمونه شاهد بود که از نظر آماری این اختلاف معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). ولی در سطوح بالاتر جایگزینی با پودر ریزجلبک افت وزنی افزایش معنی‌داری نشان داد که نمونه حاوی ۱۰۰ درصد جایگزینی سفیده تخم-مرغ با پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بیشترین افت وزنی را داشت.

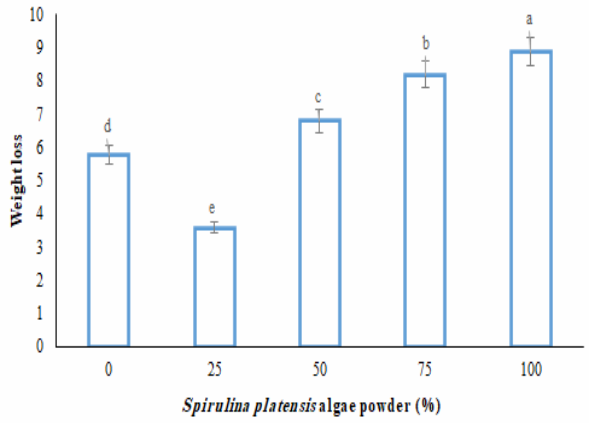

Fig 2 Substitution effect of egg white with SPAP on weight loss of sponge cake.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 11:22 IRST on Monday November 23rd 2020

۳-۵- تغییرات سفتی و پیوستگی کیک اسفنجی طی زمان نگهداری

نتایج تاثیر جایگزینی سفیده تخم مرغ با پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بر سفتی کیک اسفنجی طی زمان در شکل ۳، نشان داده شده است. نتایج نشان داد که نمونه شاهد کمترین سفتی را داشت. با افزایش میزان جایگزینی پودر ریزجلبک با سفیده تخم‌مرغ سفتی نمونه‌ها افزایش یافت. آنالیز آماری نشان داد بین نمونه‌های حاوی ۲۵ و ۵۰ درصد پودر ریزجلبک با سفیده تخم‌مرغ و نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد اما میان نمونه‌های حاوی ۷۵ و ۱۰۰ درصد اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد مشاهده گردید ($p<۰/۰۵$). در روز پنجم ماندگاری سفتی نمونه‌ها با افزایش درصد پودر ریزجلبک افزایش یافت که بین تمام نمونه‌ها اختلاف معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). در روز دهم ماندگاری نیز سفتی با افزایش معنی‌داری همراه بود. البته در روز پنجم و دهم ماندگاری بین نمونه حاوی ۷۵ درصد و نمونه شاهد اختلاف معنی‌دار نبود ($p<۰/۰۵$).

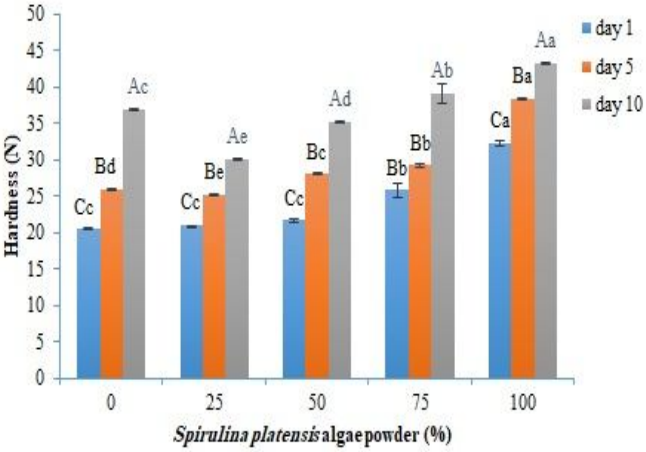

Fig 3 Substitution effect of egg white with SPAP on hardness of sponge cake.

نتایج تاثیر جایگزینی سفیده تخم‌مرغ با پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بر پیوستگی کیک اسفنجی در شکل ٤، نشان داده شده است. نتایج نشان داد، بیشترین میزان پیوستگی مربوط به نمونه شاهد و نمونه حاوی ۲۵ درصد جایگزینی با پودر ریزجلبک با سفیده تخم‌مرغ بود. با افزایش بیشتر جایگزینی پودر ریزجلبک پیوستگی نمونه‌ها کاهش معنی‌داری داشت ($p<۰/۰۵$). در روز پنجم نگهداری پیوستگی نمونه‌ها کاهش یافت اما فقط بین نمونه حاوی ۷۵ و ۱۰۰ درصد جایگزینی این کاهش معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). در روز دهم نگهداری نیز پیوستگی با کاهش همراه بود که اختلاف فقط در نمونه حاوی ۱۰۰ درصد جایگزینی معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$).

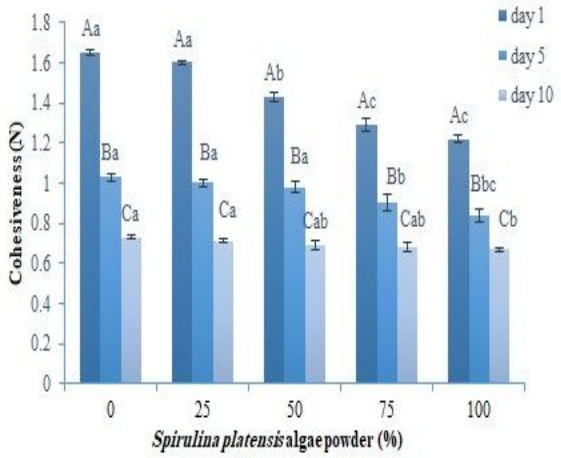

Fig 4 Substitution effect of egg white with SPAP on cohesiveness of sponge cake.

۳-٦-ویژگی‌های رنگ پوسته کیک اسفنجی طی زمان نگهداری

نتایج تاثیر جایگزینی سفیده تخم‌مرغ با پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بر ویژگی‌های رنگ‌سنجی پوسته کیک اسفنجی در شکل ۵، نشان داده شده است.

نتایج نشان داد بیشترین میزان روشنی پوسته مربوط به نمونه شاهد بود. با افزایش درصد جایگزینی پودر ریزجلبک روشنی پوسته افزایش معنی‌داری در تمام سطوح نشان داد ($p<۰/۰۵$). در روز پنجم و دهم ماندگاری روشنی پوسته نمونه‌ها با افزایش درصد جایگزینی پودر ریزجلبک کاهش معنی‌داری نشان داد ($p<۰/۰۵$). میزان قرمزی پوسته کیک اسفنجی نمونه شاهد از دیگر سطوح جایگزینی بیشتر بوده ودارای اختلاف معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). در روزهای ماندگاری پنجم و دهم نمونه‌های کیک اسفنجی با افزایش سطح جایگزینی پودر ریزجلبک کاهش معنی‌داری در میزان قرمزی پوسته مشاهده شد. میزان زردی نمونه شاهد بیشتر از نمونه‌های حاوی پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بود. در تمام روزهای نگهداری میزان زردی نمونه‌های حاوی پودر ریزجلبک نسبت به نمونه شاهد کاهش معنی‌داری نشان دادند ($p<۰/۰۵$).

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 11:22 IRST on Monday November 23rd 2020

۳-۷- ارزیابی حسی کیک اسفنجی طی زمان نگهداری

نتایج تاثیر جایگزینی سفیده تخم‌مرغ با پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بر ویژگی‌های حسی کیک اسفنجی در طی زمان نگهداری در شکل ٦، نشان داده شده است. نتایج نشان داد که نمونه حاوی ۷۵ درصد جایگزینی پودر ریزجلبک با سفیده تخم‌مرغ بیشترین امتیاز بافت ظاهری را از سوی ارزیاب‌ها کسب کرد. کمترین امتیاز به نمونه حاوی ۱۰۰ درصد جایگزینی پودر ریزجلبک با سفیده تخم‌مرغ تعلق گرفت در تمام روزهای ماندگاری امتیاز بافت ظاهری نمونه‌ها کاهش پیدا کرد اما از نظر آماری اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد مشاهده نشد(شکل ٦A). با توجه به نتایج شکل ٦B، در تمام روزهای ماندگاری بیشترین امتیاز طعم از سوی ارزیاب‌ها مربوط به نمونه شاهد بود. کمترین امتیاز از نظر طعم به نمونه حاوی ۵۰ و ۱۰۰ درصد جایگزینی پودر ریزجلبک با سفیده تخم‌مرغ بود که از نظر آماری داری اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد بودند ($p<۰/۰۵$). نتایج نشان داد که در طی ماندگاری نمونه‌ها، امتیاز بو با افزایش همراه بود که اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند ($p<۰/۰۵$). بیشترین امتیاز مربوط به نمونه حاوی ۲۵ درصد پودر ریزجلبک بود که با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد نشان نداد (شکل ٦C). بیشترین امتیاز رنگ از نظر ارزیاب‌ها به نمونه حاوی ۵۰ درصد پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* تعلق گرفت. در روز پنجم ماندگاری امتیاز مربوط به نمونه‌های حاوی پودر ریزجلبک کاهش معنی‌داری را نسبت به نمونه شاهد نشان دادند ($p<۰/۰۵$). در روز دهم ماندگاری نیز امتیاز مربوط به رنگ نمونه‌ها با کاهش معنی‌داری همراه بود (شکل ٦D). نتایج حسی جهت پذیرش کلی نشان داد که با افزایش سطح جایگزینی پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* امتیاز پذیرش کلی کیک کاهش یافت. البته این کاهش فقط در سطح ۷۵ درصد جایگزینی با نمونه شاهد معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). در تمام روزهای ماندگاری پذیرش کلی نمونه شاهد بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داد که اختلاف معنی‌داری با نمونه‌های حاوی پودر ریزجلبک در سطح ۵ درصد نداشت (شکل ٦E).

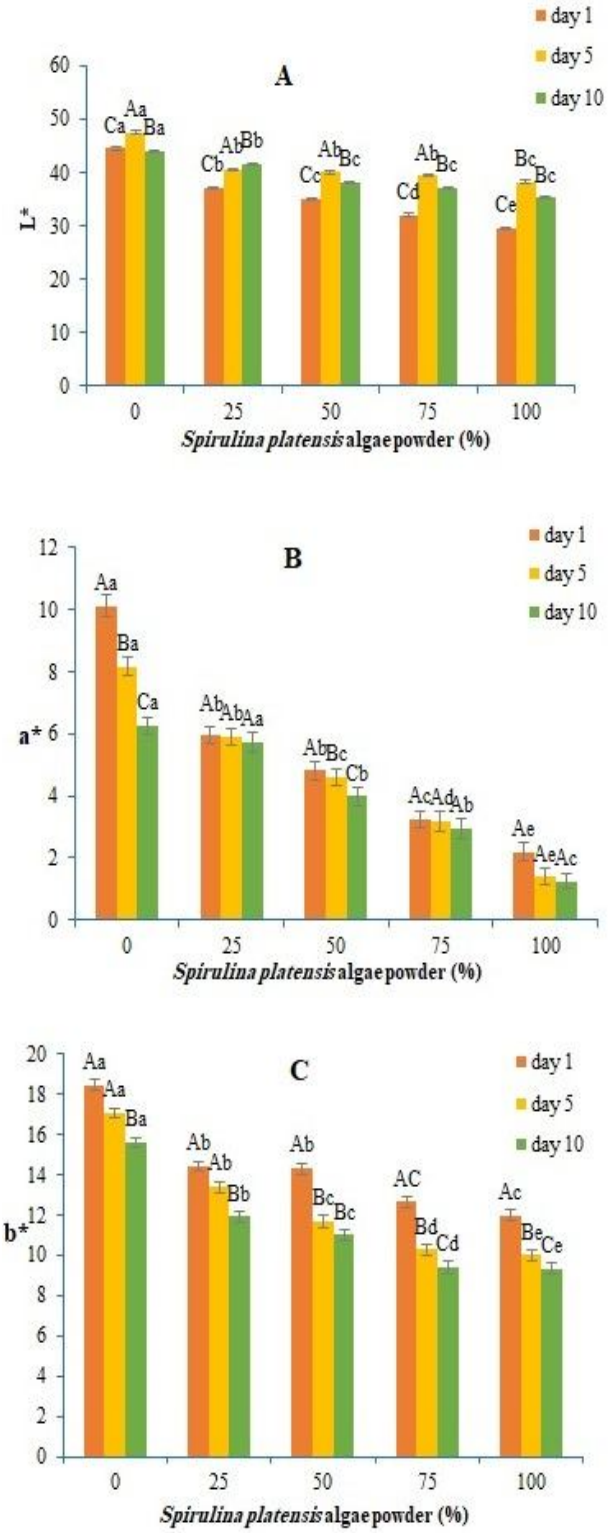

Fig 5 Substitution effect of egg white with SPAP on color properties of sponge cake.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 11:22 IRST on Monday November 23rd 2020

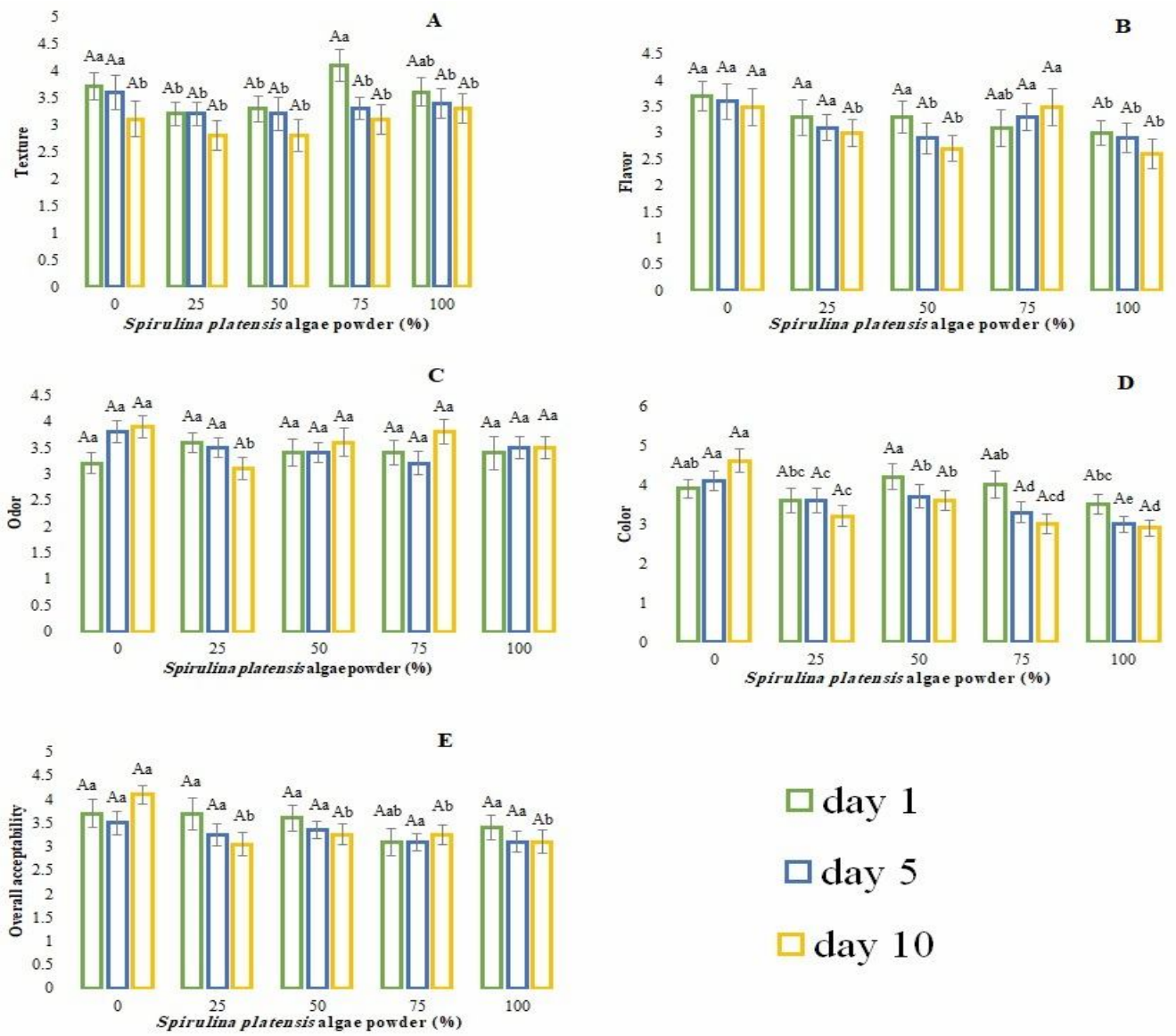

Fig 5 Substitution effect of egg white with SPAP on sensory properties of sponge cake.

جذب آب را باید مهمترین ویژگی فیزیکی پروتئین‌ها دانست. این پدیده نه تنها بر ساختمان فیزیکی و ویژگی‌های فرآیندی ماده غذایی حاوی پروتئین اثر می‌گذارد، بلکه از نقطه نظر فساد موادغذایی نیز به دلیل تأثیری که بر فعالیت آبی دارد بسیار حائز اهمیت است [۲۷]. ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* دارای بیش از ٦٠ درصد وزنی پروتئین می‌باشد. با این وجود، به نظر می‌رسد پروتئین‌های موجود در *اسپیرولینا پلاتنسیس* توانایی نگهداری آب را در محصول ندارند. کاراژیان و همکاران (۱۳۹٤)، با افزودن عصاره چوبک به عنوان جایگزین سفیده تخم‌مرغ به کیک افزایش رطوبت را گزارش کردند [۲۸]. جایگزینی سفیده تخم‌مرغ با پودر جلبک *کلرا ولگاریس* کاهش معنی‌داری بر رطوبت را سبب شد [۲۹]. افزودن پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* به نان منجر به افزایش رطوبت شد، در حالی که در کیک با کاهش رطوبت همراه بود [۳۰]. نقی‌پور و همکاران (۱۳۹۲)، گزارش کردند که افزودن آرد سویا به عنوان جایگزین تخم‌مرغ رطوبت کیک‌های تولیدی را افزایش داد در حالی که آرد جوانه گندم کاهش رطوبت کیک‌ها را سبب شد [۳۱].

pH سفیده تخم‌مرغ در حدود ۸/۷ و پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* یک ترکیب نسبتا قلیایی است [۳۲]. بنابراین افزایش pH نمونه‌های کیک مورد انتظار بود. میزان بالای درصد پروتئین در پودر ریزجلبک و افزایش تحرک یون‌ها دلیلی بر

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 11:22 IRST on Monday November 23rd 2020

افزایش pH نمونه‌های کیک بود [۳۳]. جایگزینی تخم‌مرغ با پروتئین آب پنیر کاهش pH نمونه‌های کیک را باعث شد که علت آن را کاهش سفیده تخم‌مرغ در فرمولاسیون نمونه‌های جایگزین شده نسبت دادند [۳٤] . نتایج این مطالعه با یافته‌های پژوهش حاضر همخوانی نداشت. میزان بالا بودن خاکستر در نمونه‌های کیک را می‌توان به میزان بالای مواد معدنی در جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس نسبت داد (جدول ۱).

حجم مخصوص و تخلخل ویژگی‌هایی هستند که تحت تاثیر نحوه فرآیند هوادهی در خمیر کیک قبل از پخت و پایداری و انبساط حباب‌های هوا در ساختار کیک حین پخت قرار می‌گیرد [۲۸]. سفیده تخم‌مرغ در مقایسه با پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* در نگهداری حباب‌های هوا در ساختار کیک و هم‌چنین ایجاد بافتی با حفرات ریز در محصول نهایی نقش مؤثرتری دارد. به همین دلیل نمونه‌های حاوی پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* حجم مخصوص و تخلخل کمتری نسبت به نمونه شاهد داشتند. کاراژیان و همکاران (۱۳۹٤)، با جایگزینی سفیده تخم‌مرغ با عصاره چوبک نتایج مشابهی را گزارش کردند [۲۸]. حصاری نژاد و همکاران (۱۳۹٦)، گزارش کردند که در اثر افزودن پودر جلبک *کلرا ولگاریس* به کیک، حجم مخصوص کاهش یافت [۲۹]. Ratnayake و همکاران (۲۰۱۲)، جایگزینی بخشی از تخم‌مرغ با آرد سویا را در کیک مورد بررسی قرار دادند. این پژوهشگران بیان کردند که سویا با داشتن لسیتین و آنزیم لیپوکسیژناز سبب بهبود ویژگی‌های مکانیکی خمیر و در نتیجه بهبود حجم محصول شد [۳۵].

در فرآیند پخت، گاز تولید می‌شود و زمانی که حرارت در خمیر کیک منتشر می‌شود، مایعات منبسط می‌شوند و فشار بخار افزایش می‌یابد. اگر گاز رها شود پدیده‌ای به نام افت پخت رخ می‌دهد. افت پخت یک نگرانی برای تغییر ساختار کیک و باعث کاهش عمر محصولات است [۳٦]. علت افزایش افت پخت در کیک‌های حاوی پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* احتمالا به دلیل این است که ریزجلبک تشکیل یک سیستم محلول در آب می‌دهد که قادر به ایجاد اتصال به آب نمی‌باشد. البته شاید بتوان علت افت پخت را نیز به دلیل عدم توانایی پروتئین‌های جلبک در نگهداری آب ذکر کرد که سبب افزایش از دست دادن آب در هنگام پخت کیک می‌شود. ایوبی و همکاران (۲۰۱۱)، با جایگزینی بخشی از تخم‌مرغ با پروتئین آب پنیر افزایش افت وزنی نمونه‌های کیک را با افزایش جایگزینی گزارش کردند [۳٤].

علت افزایش میزان چربی در نمونه‌های کیک اسفنجی به دلیل میزان چربی بالای ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بود (جدول ۱). Lemes و همکاران (۲۰۱۲)، سطوح مختلف پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* را در پاستا مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهشگران نشان داد که افزودن پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* به پاستا باعث افزایش میزان چربی شد که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت [۳۷]. علت افزایش پروتئین نمونه‌های کیک حاوی پودر ریزجلبلک نسبت به نمونه کنترل به علت وجود مقدار قابل توجه پروتئین (٦۰ درصد) در *اسپیرولینا پلاتنسیس* است. یافته‌های مطالعه حاضر با نتایج سوزنکار و همکاران (۱۳۹۷)، مطابقت داشت [۳۸].

سفتی یکی از پارامترهای بافتی است که بیشترین ارتباط را با درک انسان از تازگی محصول دارد. سفتی، بالاترین نیروی مورد نیاز جهت فشرده شدن محصول تحت یک تغییر شکل ثابت تعریف می‌شود [۳۹]. علت افزایش سفتی در مقادیر جایگزینی بالای پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* احتمالا به دلیل وجود پروتئین بالا بوده که مانع از تشکیل بافتی متخلخل شده و در نتیجه بافتی با نرمی کمتر ایجاد می‌کند. افتخاری یزدی و همکاران (۱۳۹۸)، گزارش کردند که افزودن جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* تا سطح ۱ درصد سفتی نان را کاهش داده و درصدهای بالاتر از ۱ درصد باعث افزایش سفتی نان می‌شود [٤۰]. استفاده از عصاره چوبک به عنوان جایگزین سفیده تخم-مرغ در کیک اسفنجی باعث کاهش سفتی کیک شد [۲۸]. ایوبی و همکاران (۲۰۱۱)، کاهش سفتی نمونه‌های کیک در اثر جایگزینی تخم‌مرغ با پروتئین آب پنیر را گزارش کردند که با نتایج این پژوهش همخوانی نداشت [۳٤]. افزودن آرد سویا به عنوان جایگزین تخم‌مرغ در کیک کاهش سفتی را به همراه داشت در حالی که استفاده از آرد جوانه گندم باعث افزایش سفتی نمونه‌های کیک گردید [۳۱]. کمیت پیوستگی (انسجام) مقاومت اولیه ساختار غذا است. به طور خلاصه، پیوستگی توانایی یک ماده است که بتواند خود را حفظ کند. کاهش در میزان انسجام می‌تواند به این دلیل باشد که افزودن پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* یک ماتریکس متراکم در کیک ایجاد کرده و بنابراین نمونه‌ها بعد از تغییر شکل قادر به برگشت به حالت اولیه نیستند [٤۱].

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 11:22 IRST on Monday November 23rd 2020

رنگ مواد غذایی به عنوان مهم‌ترین ویژگی ظاهری در درک کیفیت آن مطرح شده است. اغلب مصرف کننده، رنگ محصول را با طعم، ایمنی، ماندگاری و ویژگی‌های تغذیه‌ای آن مرتبط می‌داند [٤٢]. رنگ پوسته تحت تأثیر واکنش مایلارد قرار دارد. از آنجا که حضور فیبر در مقدار آمینواسیدها و قندها تغییری ایجاد نمی‌کند، ممکن است تغییرات رنگ به خاطر تغییر در pH باشد (فیبر به عنوان بافر عمل می‌کند) و تغییرات در آب در دسترس این واکنش‌ها را سبب می‌شود. در مقابل آنچه در مغز اتفاق می‌افتد، دمای پوسته کیک در طی پخت از ۱۵۰درجه سانتیگراد تجاوز می‌کند و بنابراین مایلارد و کاراملیزاسیون قند اتفاق می‌افتد و مسئول رنگ نهایی پوسته است [٤٣]. کاهش روشنی کیک می‌تواند به دلیل محتوای پروتئینی بالای ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* در مقایسه با سفیده تخم‌مرغ باشد که سبب واکنش قهوه‌ای شدن بیشتری می‌گردد و رنگدانه‌های قهوه‌ای بیشتری تولید می‌شود. با افزودن آرد سویا و آرد جوانه گندم در کیک به عنوان جایگزین تخم‌مرغ میزان روشنایی پوسته (L) افزایش یافت در حالی که میزان مولفه a با کاهش همراه بود. این در حالی بود که آرد سویا سبب کاهش و آرد جوانه گندم سبب افزایش مولفه b شد [۳۱]. حصاری نژاد و همکاران (١٣٩٦)، نتایج مشابهی را در استفاده از جلبک *کلرا ولگاریس* به عنوان جایگزین سفیده تخم‌مرغ گزارش کردند [۲۹].

بررسی نتایج پذیرش کلی نشان داد که جایگزینی سفیده تخم‌مرغ با پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری نشان نداد. حصاری نژاد و همکاران (١٣٩٦)، با جایگزینی سفیده تخم‌مرغ با جلبک *کلرا ولگاریس* کاهش پذیرش کلی را گزارش کردند [۲۹].

٤- نتیجه‌گیری

با توجه به ارزش تغذیه‌ای بالای ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس*، حساسیت برخی افراد به پروتئین‌های سفیده تخم‌مرغ و پایین بودن ارزش تغذیه‌ای محصولات پخت هدف از این پژوهش غنی‌سازی کیک به عنوان یک جایگزین سفیده تخم‌مرغ بود. از آنجایی که کیک یک محصول پرطرفدار به ویژه برای کودکان می‌باشد، استفاده از این ریزجلبک می‌تواند تاثیر خوبی در بهبود تغذیه کودکان داشته باشد. با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش می‌توان گفت استفاده از ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* در سطوح پایین به عنوان جایگزین جزیی سفیده تخم‌مرغ و هم‌چنین به عنوان یک افزودنی فراسودمند باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کیک اسفنجی شد.

٥- تقدیر و تشکر

مقاله حاضر مستخرج از طرح پژوهشی شماره ۹۸۱/۵۱ می‌باشد، لذا نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان جهت حمایت انجام این طرح صمیمانه تشکر و قدردانی نمایند.

٦- منابع

[1] Batista, A.P, Gouveia, L., Nunes, M.C., Fradinho, P., sabel Sousa, I., Raymundo, A., Franco, J.A. 2012. Novel foods with microalgal ingredients-Effect of gel setting conditions on the linear viscoelasticity of Spirulina and Haematococcus gels. Food Engineering, 110: 182–189.

[2] Gouveia, L., Batista, A.P., Sousa, I., Raymundo, A., Bandarra, N.M. 2008. Microalgae in novel food products. In Papadoupoulos, K. Food Chemistry Research Developments. Nova Science Publishers, p. 75-112.

[3] Aslan, S. and Kapdan, I.K. 2006. Batch kinetics of nitrogen and phosphorus removal from synthetic wastewater by alga. Ecological Engineering, 28(1): 64-70.

[4] Gershwin, M.E. and Belay, A. 2008. Spirulina in Human Nutrition and Health. Boca Raton: Taylor and Francis group London New York CRC Press, 312.

[5] Vonshak, A. 1997. Vonshak A. Spirulina platensis arthrospira: physiology, cell-biology and biotechnology: CRC Press.

[6] Shetty, K., Paliyath, G., Pometto Aand Levin, R.E. 2006. Food Biotechnology, CRC Press, 498.

[7] Choonawala, B. 2007. Spirulina production in brine effluent from cooling towers. Durban University of Technology, 421.

[8] Mastakidou, A., Blekas, G. and Paraskevopoulou, A. 2010. Aroma and physical characteristics of cakes prepared by

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 11:22 IRST on Monday November 23rd 2020

characteristics of sponge cake. Food Science, 155-165. [Full text in Persian].

[20] AOAC. 2000. Official Methods of Analysis, Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

[21] AACC International. 2000. Approved methods of the American Association of Cereal

Chemists (10th ed). St. Paul, MN, USA: American Association of Cereal Chemists.

[22] Gomez, M., Ronda, F., Caballero, P.A., Blanco, C.A. and Rosell, C.M. 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf life of yellow layer cakes. Food Hydrocolloid, 21:167–173.

[23] Chahartagh, F., Nasehi, B. and Barzegar, H. 2017. Optimization characteristics of low calorie Cake enriched with stevia leaf powder. Food Science and Technology, 14: 31-41. [Full text in Persian].

[24] Afshari-Jouybari, H. and Farahnaky, A. 2011. Evaluation of Photoshop software potential for food colorimetry. Food Engineering, 106: 170-175.

[25] Nouri, M., Nasehi, B. and Abdanan, M.S. 2017. Modeling the effects of Persian gum and carrot pomace powder addition on visual features of donut using response surface methodology. Food Science and Technology, 14:285-296. [Full text in Persian].

[26] Ayoubi, A. 2018. The Effect of Wheat Flour Replacement with Eleaagnus Angustifolia Powder on Quality Characteristics of Cupcake. Nutrient Science and Food Technology, 79-88. [Full text in Persian].

[27] Fatemi H. 2009. Food chemistry. Tehran, 78-79. [Full text in Persian].

[28] Karazhiyan, H. and Keyhani, V. 2015. The effect of Chubak extract on sponge cake as an egg white substitute. Food Science and Technology Research, 11: 63-76 [in Persian].

[29] Hesarinejad, M.A., Rezaiyan Attar, F., Mosaffa, O. and Shokrollahi Yancheshmeh, B. 2017. The effect of incorporation of *Chlorella vulgaris* into cake as an egg white substitute on physical and sensory properties. Food Science and Technology, 68: 61-72[in Persian].

[30] Moradi, Y., Mattlebi, A.A., Ghaeni, M., Hadaegh, H., Mosadegh, M. and Khosravi, K. 2016. Investigation on possibility of enrichment some grain products (bread, cup cake and cookie by using *Spirulina microalga*. ministry of jihad-e-agriculture Agricultural replacing margarine with extra virgin olive oil. Food Science and Technology, 43: 949-957.

[9] Payan, R. 2011. Introduction to technology of cereal products. 3th edition. Tehran. Press, P: 313-316. [Full text in Persian].

[10] Mine, Y. 1995. Recent advances in the understanding of egg white protein functionality. Trends in Food Science and Technology, 6: 225-232.

[11] Weijers, M., van de Velde, F., Stijnman, A., van de Pijpekamp, A. and Visschers, R.W. 2006. Structure and rheological properties of acid-induced egg white protein gels. Food Hydrocolloid, 20: 146-159.

[12] Arunepanlop, B., Morr, C.V., Karleskind, D. and Laye, I. 1996. Partial replacement of egg white proteins with whey proteins in angel food cakes. Food Science, 61: 1085–1093.

[13] Zhu, H. and Damodaran, S. 1994. Protease peptones and physical factors affect foaming properties of whey protein isolate. Food Science, 59: 554–560.

[14] Zanganeh, N., Barzegar, H., Alizadeh Behbahani, B., & Mehrnia, M.A. 2019. Investigation of the effect of different *Spirulina platensis* levels on nutritional, physicochemical and sensory properties of sponge cake. Iranian Food Science and Technology Research Journal, 16(2): 207-220. [Full text in Persian].

[15] Danesi, E., Navacchi, M., Takeuchi, K., Frata, M., Carlos, J. and Carvalho, M. 2010. Application of *Spirulina platensis* in protein enrichment of Manico based bakery products. Journal of Biotechnology, 150:311.

[16] Salehifar, M., Shahbazizadeh, S., Khosravi-Darani, K., Behmadi, H. and Ferdowsi, R. 2013. Possibility of using microalgae *Spirulina platensis* powder in industrial production of Iranian traditional cookies. Nutrient Science and Food Technology, 7: 63-72. [Full text in Persian].

[17] Perkin, J.E. 1990. Food allergies and adverse reactions. (1nd ed.). An Aspen Publication, Inc, Gaithersburg, Mryland, 129-170.

[18] Belay, H. and Gershwin, M.E. 2007. Spirulina In Human Nutrition And Health. 1 ed. Taylor and Francis group London New York.

[19] Nourmohammadi, E., Peighambardoust, S.H., Olad Ghaffari, A., Azadmard-Damirchi, S. and Hesari, J. 2011. Effect of sucrose replacement with polyols and aspartame on the

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 11:22 IRST on Monday November 23rd 2020

[37] Lemes, A.C., Takeuchi, K.P., Carvalho, M.D. and Danesi, E.D.G. 2012. Fresh pasta production enriched with Spirulina platensis biomass. Brazilian Archives of Biology and Technology, 55: 741-750.

[38] Souzankar, R., Chaichi- Nosrati, A. and Movahhed, S. 2018. Enrichment of Coated Wafers by Addition of Micro Algae Arthrospira (Spirulina) Platensis Powder. Nutreint Science and Food Technology, 13: 51-60[in Persian].

[39] Singh, J.P., Kaur, A., Khetan Shevkani, K. and Singh, N. 2015. Influence of jambolan (*Syzygium cumini*) and xanthan gum incorporation on the physicochemical, antioxidant and sensory properties of gluten-free eggless rice muffins. Food Science and Technology, 50: 1190-1197.

[40] Eftekhari Yazdi, M., sheikh Eslami, Z. and Sharifi, A. 2017. Improving the Qualitative Characteristics of Barberry Bread Using Spirulina Plattensis Algae. Innovation in Food Science and Technology, 11: 69-77[in Persian].

[41] Majzoobi, M., Hedayati, S., Habibi, M., Ghiasi, F. and Farahnaky, A. 2014. Effects of Corn Resistant Starch on the Physicochemical Properties of Cake. Journal Agriculture Science and Technology, 16: 569-576.

[42] Pedreschi, F., Leo´n, J., Mery, D. and Moyano, P. 2006. Development of a computer vision system to measure the color of potato chips. Food Research International, 39:1092-1098.

[43] Purlis, E. 2010. Browning development in bakery products e a review. Journal of Food Engineering, 99: 239-249.

research, education and extension organization Iranian fisheries science research institute, 1-41. [Full text in Persian].

[31] Naghipour, F., Mazaheri Tehrani, M., Sahraiyan, B., Sheikholeslami, Z. and Soleimani, M. 2013. Replacing eggs with soy flour and mixing with wheat flour with wheat germ for oil cake production. Nutrient Science and Food Technology, 8: 211-220. [Full text in Persian].

[32] Babakhani, Z., Karami, M. and Rezazadeh bari, M. 2018. The Use of Spirulina platensis in formulation of functional lowcalorie sauce fortified with iron and zinc. Food Science and Technology, 84:125-136. [Full text in Persian].

[33] Zarea, Z., Nouri, L. and Fahim Danesh, M. 2016. The effect of wheat flour substitution with Eleaagnus Angustifolia Powder on physicochemical and sensory properties of oil cake. Food Science and Technology, 8:55-63. [Full text in Persian].

[34] Ayoubi, A., Habibi Najafi, M.B. and Karimi, M. 2011. Effect of different levels of whey protein concentrate on the physicochemical and sensory properties of muffin cake. Food Science and Technology, 29(8): 1-8. [Full text in Persian].

[35] Ratnayake, W., Bhimalingesarappa, G. and Dana, A.R. 2012. Effects of egg and egg replacers on yellow cake product quality. Journal of Food Processing and Preservation, 36(1): 21-29.

[36] Kim, J.H., Jung, L.H., Sun, L.H., Jeong, L.M., Young, I.J. and Joo, S.H. 2012. Physical and sensory characteristics of fiber-enriched sponge cakes made with Opuntia humifusa. Food Science and Technology, 47: 478-484.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of *Spirulina platensis* microalgae powder as an egg white substitute on the sponge cake properties

Barzegar, H. [1*], Alizadeh Behbahani, B. [2], Zangene, N. [3], Abdolnabipoor, E. [3]

1. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
2. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
3. MSc graduated student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

(Received: 2020/05/24 Accepted: 2020/08/22)

Algae and microalgae are great potential sources of natural compounds that can be used to produce functional foods. *Spirulina platensis* is one of the edible microalgae with no side effects. Lack of cellulose in the cell wall of *Spirulina platensis* makes it easy to digest. However, other microalgae do not have this advantage. This property has made *Spirulina platensis* more valuable. The purpose of this study was to use *Spirulina platensis* as egg white replacer and investigate its effect on physicochemical and sensory properties of sponge cake during storage time. For this purpose, different egg white ratios (0, 25, 50, 75 and 100% w/w) were substituted in sponge cake formulation with *Spirulina platensis* powder. The results showed that the addition of *Spirulina platensis* powder reduced the moisture content, specific volume, porosity and cohesiveness of the samples. Protein, fat, ash, pH and firmness of sponge cake samples increased with increasing amounts of microalgae powder. As the amount of *Spirulina platensis* microalgae powder increased, overall acceptance of the samples decreased, but this decrease was not significant ($p<0.05$). In general, the use of *Spirulina platensis* powder in small quantities as an egg white replacer, improved the properties of sponge cake.

Keywords: *Spirulina platensis* microalgae, Egg white, Porosity, Sensory properties.

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 11:22 IRST on Monday November 23rd 2020

*Corresponding Author E-Mail Address: hbarzegar@asnrukh.ac.ir

www.SID.ir