

تأثیر افزودن آرد کنجاله کنجد و پلی‌ساکارید محلول در آب سویا بر ویژگی‌های کیک فنجان‌ی

اخلاص عبدالنبی‌پور^۱، بهزاد ناصحی^{۲*} و محمد حجتی^۳

تاریخ دریافت: ۹۷/۴/۲۴

تاریخ پذیرش: ۹۷/۹/۵

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

^۲ دانشیار گروه مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران

^۳ دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

*مسئول مکاتبه: Email: Nasehi.b@pnum.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: استفاده از آرد کنجاله‌کنجد و پلی‌ساکارید محلول در آب سویا می‌تواند منجر به بهبود خواص فیزیکی-شیمیایی کیک فنجان‌ی شود. **هدف:** امروزه محدودیت منابع کشاورزی، سیر صعودی رشد جمعیت و آلودگی محیط زیست ناشی از پسماندهای صنایع غذایی توجه پژوهشگران را به بررسی استفاده دوباره از آنها معطوف داشته است. از سوی دیگر، فرآورده‌های قنادی با توجه به جایگاهی که نزد مصرف‌کننده دارند، با کمبود مواد ارزشمند و فراسودمند مواجه هستند. **روش کار:** بر این اساس در پژوهش حاضر از آرد کنجاله‌کنجد (۰ تا ۲۰ درصد براساس وزن آرد) و پلی‌ساکارید محلول در آب سویا (۰ تا ۲ درصد براساس وزن آرد) برای بهبود خواص کیفی کیک استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری و بهینه‌یابی در قالب طرح مرکب مرکزی چرخش‌پذیر و مقایسه میانگین با آزمون فیشر در سطح احتمال ۹۵ درصد انجام شد. **نتایج:** نتایج نشان داد که افزایش درصد آرد کنجاله‌کنجد در فرمولاسیون کیک در افزایش افت وزنی، خاکستر، سفتی و کاهش رطوبت، pH، حجم و پیوستگی کیک‌های تولیدی به طور معنی‌داری مؤثر بود. اما پلی‌ساکارید محلول در آب سویا، اثر معنی‌داری بر ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی تیمارها نداشت. نمونه حاوی ۹/۲۹ درصد آرد کنجاله‌کنجد و ۱/۸۷ درصد پلی‌ساکارید محلول در آب سویا به عنوان فرمول بهینه براساس ویژگی‌های مورد بررسی تعیین شد. ارزیابی ویژگی‌های نمونه‌ی بهینه مانند رطوبت، خصوصیات بافتی، عدد پراکسید در روزهای ۱، ۷ و ۱۴ ماندگاری و همچنین میزان فیبر و پروتئین نشان داد که پروتئین و فیبر نمونه بهینه بیشتر و سفتی، عدد پراکسید و رطوبت آن از شاهد کمتر بود. **نتیجه‌گیری نهایی:** بنابراین غنی‌سازی فرمول کیک با کنجاله‌کنجد سبب تولید محصول سلامتی بخش می‌شود که ماندگاری بهتری هم دارد.

واژگان کلیدی: آرد کنجاله‌کنجد، فیبر رژیمی، فراسودمند

مقدمه

تهیه می‌شود و به عنوان میان وعده غذایی طرفداران زیادی دارد (اونز ۲۰۰۱). اما از آنجایی که این محصول فاقد برخی از ترکیبات ارزشمند غذایی است، در حال

کیک نوعی شیرینی با بافت نرم است که از ترکیب آرد، روغن، شکر، تخم‌مرغ و مواد بهبوددهنده و طعم‌دهنده

خاصیت ضد اکسیدانی بوده و ثابت شده است که این ماده می‌تواند از اکسیداسیون روغن‌ها و سایر مواد غذایی مستعد اکسایش جلوگیری کند (مائدا و همکاران ۲۰۰۰). جهان‌دیده و همکاران (۱۳۹۴) با افزودن کنجاله ارده به نان باگت کاهش معنی‌داری در حجم مخصوص، تخلخل و پیوستگی و افزایش در صمغیت و سختی نان باگت را گزارش کردند. پژوهش کاروالهو و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که با اضافه کردن کنجاله‌کنجد به ذرت اکسترودی، ارزش تغذیه‌ای محصول نهایی بهبود می‌یابد. کنجاله‌کنجد موجب افزایش میزان پروتئین، چربی و خاکستر در محصول شد در حالی که میزان کربوهیدرات را کاهش داد.

بنابراین از آنجایی که محصولات قنادی از نظر میزان پروتئین، فیبر و ترکیبات فراسودمند با کمبود مواجه هستند، در این پژوهش، اثر افزودن آرد کنجاله‌کنجد که غنی از مواد ارزشمند تغذیه‌ای است و همچنین پلی‌ساکارید محلول در آب سویا که دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشد، بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی به منظور تولید کیک فنجانی سلامتی‌بخش بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه شامل آرد گندم با درجه استخراج ۷۲ درصد (کارخانه آرد جنوب، اهواز)، پودر قند (شرکت کوشا تغذیه ماندگار، تهران)، بیکنگ‌پودر (کارخانه هرمین، شهریار)، روغن (شرکت لادن، بهشهر) و تخم مرغ کامل (شرکت تلاونگ، تهران)، پودر شیر خشک (شرکت پارسیان صنعت شایان، نظرآباد) و پودر آب‌پنیر (کارخانه‌ی پگاه شوش)، پلی‌ساکارید محلول در آب سویا با نام تجاری SSPS (درجه پلیمریزاسیون ۴۷-۴۳) از شرکت فویل اوجی ژاپن تهیه شد. همچنین کنجاله‌کنجد از فروشگاه‌های روغن‌کشی در شهرستان اهواز تهیه و با آسیاب آشپزخانه (Sayona, SCG-133) پودر شد تا

حاضر اصلاح مواد اولیه به منظور بهبود کیفیت و افزایش زمان ماندگاری آن دغدغه پژوهشگران و تولیدکنندگان می‌باشد، به طوری که تاکنون مطالعات بسیاری در این زمینه صورت گرفته‌است. از سوی دیگر، با توجه به کاهش مقدار پروتئین در سبب مصرف کشورهای در حال توسعه، شناسایی و استفاده از منابع پروتئینی ارزانتر و مناسب‌تر، مورد توجه است (طه و همکاران ۱۹۸۷). دانه‌های روغنی دومین محصولات دانه‌ای هستند که پروتئین‌های گیاهی را برای مصرف انسان و حیوان تأمین می‌کنند. کنجد (*Sesamum indicum*) دانه روغنی گیاه علفی از خانواده پدالیاسه^۱ می‌باشد. فراورده‌ی جانبی تولید شده در نتیجه استخراج روغن کنجد، کنجاله‌کنجد بدون روغن^۲ نامیده می‌شود که غنی از پروتئین، اسیدآمینه متیونین، کلسیم، فسفر و نیاسین است. بنابر این کنجاله به عنوان یک منبع ارزان، مکمل خوبی برای تأمین اسیدهای آمینه ضروری، مواد معدنی و فیبر می‌باشد (جهان‌دیده و همکاران ۱۳۹۴). همچنین لیگنان‌های اصلی کنجاله‌کنجد مانند سزامین و سزامولین یک منبع عالی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی هستند (سوجا و همکاران ۲۰۰۵). پلی‌ساکارید محلول در آب سویا^۳ که از لوبیای سویا استخراج و تصفیه شده، در ساختار خود دارای پروتئین است. ترکیب این پلی‌ساکارید شامل: D-گالاکتوز، L-آرابینوز، D-گالاکتورونیک اسید و L-رامنوز می‌باشد که در محلول‌های آبی ویسکوزیته پایین و پایداری بالایی دارد (حجتی و همکاران ۲۰۱۱). این پلی‌ساکارید موجب کاهش کلاسترول، بهبود سستی و رخوت و کاهش ابتلا به دیابت می‌گردد. علاوه بر ارزش‌های تغذیه‌ای، می‌توان به عنوان عامل پراکندگی، چسبندگی، تثبیت‌کننده و امولسیفایر استفاده شود. مطالعات گذشته نشان داده که از این پلی‌ساکارید می‌توان به عنوان یک جزء اصلی در غذاهای غنی شده استفاده کرد (تاجیک و همکاران ۲۰۱۳). پلی‌ساکارید سویا دارای

ارزیابی ویژگی‌های بافتی کیک

سفتی و پیوستگی بافت نمونه‌های کیک توسط دستگاه بافت سنج مدل TA-XT-PLUS (Micro stable system, ساخت انگلستان) و براساس روش مجذوبی و همکاران (۲۰۱۶) انجام شد.

جدول ۱- ترتیب تیمارهای تصادفی در طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر کیک غنی شده

Table 1- The order of randomized treatments in the central composite design enriched cakes with sesame meal and soluble soybean polysaccharide

Treatment	(%) X ₁	(%) X ₂
1	20.00	1.00
2	10.00	1.00
3	2.92	0.29
4	10.00	1.00
5	17.07	0.29
6	2.92	1.70
7	10.00	2.00
8	10.00	0.00
9	10.00	1.00
10	10.00	1.00
11	10.00	1.00
12	17.07	1.70
13	0.00	1.00

X₁: Sesame meal, X₂: soybean soluble polysaccharide

تجزیه و تحلیل آماری

به منظور بررسی اثر متغیرهای فرمول بر کیفیت کیک و بهینه‌یابی آنها از طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر با دو فاکتور درصد آرد کنجاله کنجد (X₁) در دامنه ۰ تا ۲۰ درصد وزن آرد و پلی ساکارید محلول در آب سویا (X₂) در دامنه ۰ تا ۲ درصد وزن آرد، استفاده شد. جدول ۱، تیمارهای تصادفی آزمایش در طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر را نشان می‌دهد. نتایج پژوهش با استفاده از نرم افزار (Minitab V 16) به روش سطح پاسخ آنالیز شد. سپس بهینه‌یابی عددی به منظور دستیابی به سطوح بهینه متغیرهای مستقل و با در نظر گرفتن ویژگی‌های رطوبت، خاکستر، حجم، افت وزنی و pH انجام شد. جهت ارزیابی صحت مدل‌های برازش داده شده، آزمون ضعیف برازش، ضریب تغییرات، ضریب تبیین R²، Adj-R² مدل،

از الک با مش ۳۵ عبور کند. تمامی مواد تا زمان استفاده در سردخانه نگهداری شدند. فرمول تولید کیک به روش شکر-خمیر و براساس روش نورمحمدی و همکاران (۱۳۹۶) تهیه گردید. البته از مقدار روغن مایع براساس درصد چربی موجود در کنجاله کنجد کاسته شد. همچنین آرد کنجاله کنجد در دامنه ۰ تا ۲۰٪ وزن آرد، و پلی ساکارید محلول در آب سویا در دامنه ۰ تا ۲ درصد براساس وزن آرد، جایگزین آرد شدند. کیک‌ها پس از خروج از فر و سرد شدن به مدت ۴۰ دقیقه در دمای محیط، از قالب خارج شده و درون کیسه‌های پلی اتیلنی بسته‌بندی شدند. آزمون‌ها بر روی نمونه تازه و همچنین طی ۱۴ روز نگهداری در شرایط اتاق بر روی نمونه بهینه و شاهد انجام گرفت.

ارزیابی ترکیبات شیمیایی آرد کیک

رطوبت آرد با استفاده از روش شماره ۱۶-۴۴، پروتئین به روش ۱۲-۴۶، خاکستر روش شماره ۰۸-۰۱، گلوتن مرطوب با روش شماره ۱۰-۳۸ و عدد زلنی با روش شماره ۶۰-۵۶ AACC اندازه‌گیری شد. همچنین فیبر کنجاله کنجد با استفاده از روش ۴۳-۹۹۱ AOAC ارزیابی شد.

ارزیابی ترکیبات شیمیایی کیک

رطوبت کیک بر اساس روش ۲۰-۴۴، پروتئین به روش ۱۲-۴۶، چربی به روش ۲۵-۳۰، خاکستر به روش ۰۱-۰۸، pH به روش ۰۲-۵۲ AACC اندازه‌گیری شد. عدد پراکسید با استفاده از روش شانتا و همکاران (۱۹۹۴) و میزان فیبر نیز با استفاده از روش ۴۳-۹۹۱ AOAC ارزیابی شد.

ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی کیک

حجم کیک با استفاده از روش جابه جایی دانه کلزا (گومز و همکاران ۲۰۰۷) اندازه‌گیری شد. افت وزنی نمونه‌های کیک به روش نورمحمدی و همکاران (۱۳۹۱) انجام شد. جهت تعیین افت پخت، تفاوت وزن خمیر و وزن کیک ۲۰ دقیقه بعد از پخت اندازه‌گیری شد.

PRESS و P ضرایب به دست آورده شد (نوری و همکاران ۱۳۹۴).

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی آرد گندم و آرد کنجاله‌کنجد

Table 2- Chemical composition of wheat flour and sesame meal flour

Adjective	wheat flour	sesame meal flour
Moisture (%)	10.78	5.96
Ash (%)	0.52	12.39
Protein (%)	11.98	49.71
Fat (%)	-	15.00
Wet gluten (%)	28.82	-
Sedimentation(%)	25	-
Acidity (%)	2.10	-
pH	5.80	6.40
Crude fiber (%)	-	18.44

نتایج و بحث

ویژگی‌های شیمیایی کیک

تأثیر متغیرهای فرمول بر میزان رطوبت در شکل ۱ (۱) نمایان است. نتایج آنالیز واریانس حاکی از آن بود که کنجاله‌کنجد تأثیر خطی منفی و معنی‌داری ($p < 0.001$) بر محتوای رطوبت داشته در حالی که پلی‌ساکارید محلول در آب سویا اثر منفی و غیرمعنی‌داری بر نمونه‌ها داشت (جدول ۳). همانطور که در شکل ۱ نیز نشان داده شده است با افزایش درصد کنجاله‌کنجد رطوبت کیک به طور معنی‌داری کاهش یافت. علت کاهش جزئی رطوبت در کیک‌های تولیدی را می‌توان به پایین بودن رطوبت کنجاله‌کنجد نسبت به آرد مورد استفاده نسبت داد. همچنین ممکن است به علت حرارت به وجود آمده در حین روغن‌کشی و پخت، پروتئین‌های کنجاله‌کنجد تا حدی آسیب و ظرفیت نگهداری آب آن‌ها کاهش یافته باشد (پورصفر و همکاران ۱۳۸۹). همچنین کاهش در روغن موجود در فرمول و عدم استفاده از امولسیفایر سبب کاهش میزان رطوبت و سفتی بیشتر نمونه‌ها گردید (برگلوند و همکاران ۱۹۸۶). افزودن کنجاله‌کنجد به نان بربری با افزایش رطوبت همراه بود که با نتیجه این پژوهش مغایرت داشت (توان و همکاران ۱۳۹۶). همچنین روند تغییرات pH کیک در شکل ۱ (۲) ارائه شده است.

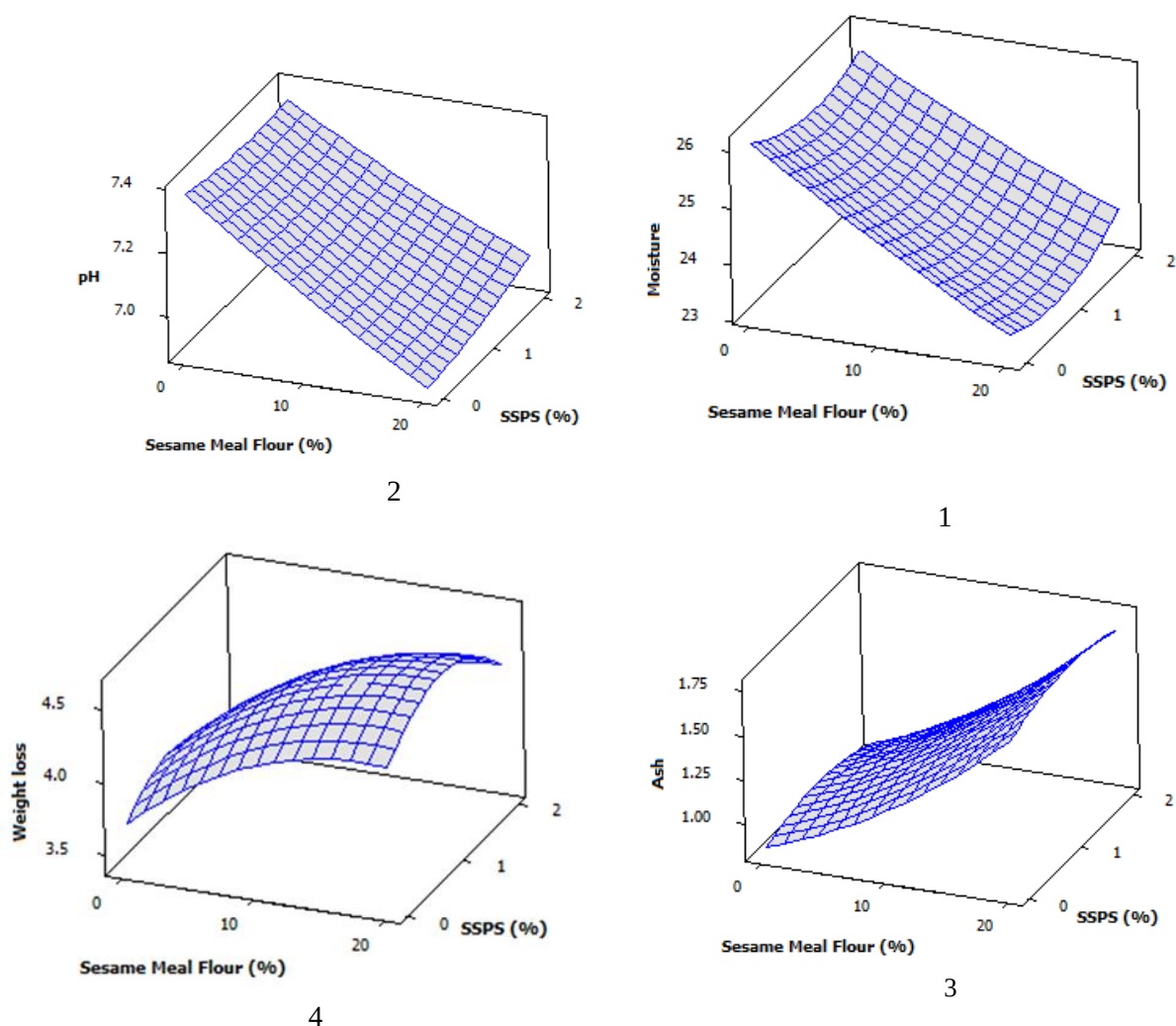
براساس نتایج آنالیز واریانس اثر خطی افزودن کنجاله‌کنجد معنی‌دار ($p < 0.001$) و منفی شد. در حالی که سایر ضرایب غیرمعنی‌دار شدند (جدول ۳). همان‌طوری که در شکل ملاحظه می‌شود با افزایش میزان کنجاله‌کنجد، pH کیک به طور معنی‌داری کاهش یافت. pH کنجاله‌کنجد در حدود ۶/۴ است، از این رو کاهش pH کیک طی جایگزینی کنجاله‌کنجد مورد انتظار بود. از سوی دیگر، شاید تجزیه جزئی روغن باقی‌مانده در کنجاله‌کنجد و تولید اسیدهای چرب نیز تا حدی در کاهش این شاخص موثر باشد. از سوی دیگر، تأثیر متغیرهای فرمول بر میزان خاکستر کیک در شکل ۱ (۳) به نمایش درآمده است. براساس نتایج آنالیز واریانس در جدول ۳، افزودن کنجاله‌کنجد

تأثیر خطی مثبت و معنی‌داری ($p < 0.001$) بر روی میزان خاکستر نمونه‌ها داشت، در حالی که افزودن پلی‌ساکارید اثر مثبت غیرمعنی‌داری بر نمونه‌ها داشت این در حالی است که پلی‌ساکارید سویا در حدود ۸/۶ درصد خاکستر دارد ولی با این حال به دلیل درصد اندک جایگزینی تأثیر معنی‌داری نداشت. میزان خاکستر کنجاله‌کنجد در حدود ۱۲/۳۹ درصد اندازه‌گیری شد که تأثیر مثبت کنجاله‌کنجد بر میزان خاکستر کیک‌ها را می‌تواند بیان کند. اسریواستوا و همکاران (۲۰۱۵) با افزودن کنجاله نارگیل نیز به نتیجه مشابهی رسیدند.

ویژگی‌های فیزیکی

روند تغییرات افت وزنی کیک در شکل ۱ (۴) ارائه شده است. براساس نتایج آنالیز واریانس در جدول ۳ اثر خطی افزودن کنجاله‌کنجد تأثیر معنی‌دار ($p < 0.001$) و مثبتی دارد، در حالی که اثر خطی پلی‌ساکارید محلول در آب سویا معنی‌دار نبود. در طول پخت و در دمای 170°C ، افزایش دما در داخل خمیر سبب تبخیر آب آزاد می‌شود (کاک و همکاران ۲۰۰۵). دلیل افزایش افت پخت کیک ناتوانی کنجاله‌کنجد در نگهداری آب است که سبب افزایش از دست دادن آب هنگام پخت کیک می‌شود. کاک و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که با افزایش پالپ

سیب‌زمینی و آرد نخودفرنگی افت پخت تیمارها افزایش یافت.



شکل ۱- نمودار سطح پاسخ: ۱: رطوبت (%)، ۲: pH، ۳: خاکستر، ۴: افت وزنی (gr)
Figure 1- response surface plot of Moisture (%), pH, Ash (%), Weight loss (gr)

افزایش حجم در اثر افزودن کنجاله کنجد در مقادیر کم به این دلیل است که چربی کنجاله در طی عمل اختلاط سبب محبوس شدن هوا در بین لایه‌های خمیر می‌شود که در موقع پخت منبسط شده و حجم کیک نهایی را افزایش می‌دهد. اما در مقادیر بالای این افزودنی، به دلیل افزایش نسبت فیبر و پروتئین به گلوتن، در تشکیل شبکه گلوتن بهینه اختلال ایجاد می‌شود. به طوری که توان خمیر در حفظ و نگهداری گازهای حجم دهنده کاهش و حجم محصولات کاهش می‌یابد (پومرانز و همکاران ۱۹۷۷). در

همچنین بررسی تأثیر متغیرهای فرمول بر میزان حجم در جدول ۳، نشان می‌دهد که افزودن کنجاله کنجد ($P < 0.05$) و پلی ساکارید محلول در آب سویا ($P < 0.01$) اثر خطی معنی‌دار و مثبت بر حجم کیک داشت. اثر درجه دوم کنجاله کنجد منفی و معنی‌دار ($P < 0.001$) بود. با توجه به شکل ۲ (۱) افزودن پلی ساکارید محلول در آب سویا باعث افزایش حجم نمونه‌ها شد، همچنین افزودن کنجاله کنجد تا سطح ۱۰ درصد باعث افزایش حجم شد اما با افزایش جایگزینی حجم نمونه‌ها کاهش یافت. علت

شکل ۲ (۳) با افزایش میزان کنجاله‌کنجد انسجام نمونه‌ها کاهش یافت. کاهش در میزان انسجام می‌تواند به این دلیل باشد که افزودن کنجاله‌کنجد یک ماتریکس متراکم در کیک ایجاد کرده و بنابراین نمونه‌ها بعد از تغییر شکل قادر به برگشت به حالت اولیه نیستند (مجنوبی و همکاران ۲۰۱۴). نتایج این پژوهش با نتیجه استفاده از کنجاله نارگیل در تهیه کیک (اسریواستوا و همکاران ۲۰۱۵) و جایگزینی آرد عدس در تولید کیک (هرا و همکاران ۲۰۱۲) مطابقت دارد.

بهینه‌یابی

بهترین فرمول با توجه به ویژگی‌های مورد بررسی در این پژوهش و با مطلوبیت ($D=0.77$) با جایگزینی ۹/۲۹ درصد آرد کنجاله‌کنجد و ۱/۸۷ درصد پلی‌ساکارید محلول در آب سویا بدست آمد. پس از تولید نمونه بهینه محتوی رطوبت، حجم، عدد پراکسید و ویژگی‌های بافتی در دوره‌ی ماندگاری (روزهای اول، هفتم و چهاردهم) و میزان پروتئین و فیبر با نمونه شاهد با استفاده از آزمون فیشر در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شد.

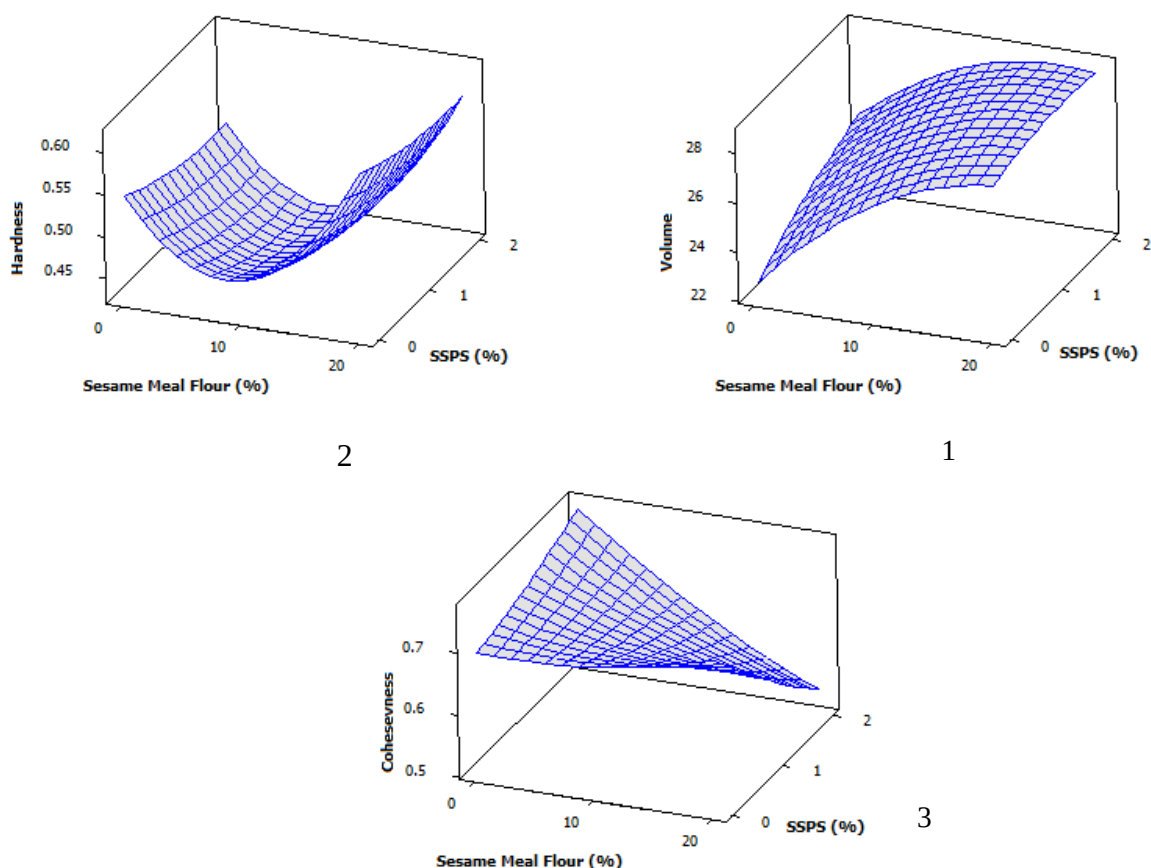
بررسی ویژگی‌های نمونه بهینه

بررسی مقدار رطوبت نمونه بهینه و شاهد در روزهای اول، هفتم و چهاردهم ماندگاری، اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. اگرچه کیک شاهد در روز اول رطوبت بیشتری نسبت به نمونه بهینه داشت اما اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در حالی که در روزهای هفتم و چهاردهم ماندگاری بین نمونه شاهد و بهینه اختلاف معنی‌داری وجود داشت و در تمام روزهای ماندگاری رطوبت نمونه بهینه از شاهد کمتر بود (جدول ۴). در طول ماندگاری، رطوبت از مغز به سطح مهاجرت کرده و از سطح محصول تبخیر می‌شود (پیازا و همکاران ۱۹۹۵). علاوه بر عدم توانایی کنجاله‌کنجد در نگهداری رطوبت، به نظر می‌رسد که مقدار فیبر منجر به تجزیه شبکه ژلی در کیک شده، در نتیجه تبخیر شدت یافته و محتوای رطوبت نمونه بهینه در مقایسه با نمونه شاهد کاهش می‌یابد (عطایی و همکاران ۲۰۱۷).

پژوهش‌هرا و همکاران (۲۰۱۲) نیز افزودن آرد عدس به کیک لایه‌ای کاهش حجم نمونه‌ها را به دنبال داشت.

ویژگی‌های بافتی

براساس نتایج آنالیز واریانس در جدول ۳، تأثیر خطی افزودن کنجاله‌کنجد ($P < 0.001$) و پلی‌ساکارید محلول در آب سویا ($P < 0.05$) منفی و معنی‌دار بود. همچنین اثر درجه دوم کنجاله‌کنجد نیز در سطح ($P < 0.001$) مثبت و معنی‌دار گردید. همان‌طور که در شکل ۲ نیز نشان داده شده است با افزایش سطح جایگزینی کنجاله‌کنجد تا سطح ۱۰ درصد سفتی کاهش یافته ولی در سطوح بالاتر جایگزینی سفتی با افزایش همراه بوده است. به نظر می‌رسد علت این امر وجود پروتئین و فیبر زیاد کنجاله باشد که مانع تشکیل بافتی متخلخل می‌شود و در نتیجه بافتی با نرمی کمتر ایجاد می‌کند (گومز و همکاران ۲۰۱۰). در این راستا نقی‌پور و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند افزایش بیش از حد محتوای پروتئینی در فرمول محصولات نانوائی به ویژه کیک (که شبکه‌ای نسبتاً ضعیف جهت ایجاد حجم مطلوب نیاز دارد) از طریق افزایش بیش از حد استحکام خمیر و ساختار آن، در نگهداری و پذیرش حباب‌های هوای ورودی به خمیر در طی به هم‌زدن اختلال ایجاد کند که در نتیجه آن بسیاری از خصوصیات فنی محصول نهایی از جمله حجم، کاهش و سفتی بافت افزایش می‌یابد. افزودن کنجاله نارگیل به کیک نیز با افزایش سفتی نمونه‌ها همراه بود که مبین نتایج این پژوهش است (اسریواستوا و همکاران ۲۰۱۵). بررسی آنالیز واریانس پیوستگی نمونه‌ها در جدول ۳، نشان داد که اثر خطی افزودن کنجاله‌کنجد در سطح ($P < 0.01$) منفی و معنی‌دار بود در حالی که پلی‌ساکارید محلول در آب سویا تأثیر خطی مثبت و غیرمعنی‌داری داشت. کمیت پیوستگی یا انسجام مقاومت اولیه ساختار غذا را نشان می‌دهد. بطور خلاصه، پیوستگی توانایی یک ماده است که بتواند ساختار خود را حفظ کند. با توجه به



شکل ۲- نمودار سطح پاسخ ۱: حجم (cm^3), ۲: سفتی (N), ۳: پیوستگی

Figure 2- response surface plot of Volume (cm^3), Hardness (N), Cohesiveness

ویژگی‌های بافتی

با توجه به نتایج مقایسه میانگین در جدول ۴، سفتی کیک شاهد در روز اول با روز هفتم و چهاردهم اختلاف معنی‌داری داشت. همچنین میزان سفتی نمونه بهینه در روزهای اول، هفتم و چهاردهم ماندگاری اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. سفتی نمونه بهینه در روز اول و چهاردهم از سفتی نمونه شاهد کمتر بود ولی اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. در صورتی که سفتی نمونه بهینه در روز هفتم ماندگاری از نمونه شاهد کمتر و دارای اختلاف معنی‌داری بود. به نظر می‌رسد که مقدار کنجاله کنجد با تغییر ساختار نشاسته رطوبت را از شبکه پروتئینی به شبکه نشاسته منتقل می‌کند. در نتیجه حجم کیک کاهش و سفتی افزایش می‌یابد (عطایی و همکاران ۲۰۱۷). نتایج مقایسه میانگین داده‌های انسجام برای

نمونه شاهد نشان دادند که با گذشت زمان ماندگاری انسجام نمونه‌ها کاهش یافت و دارای اختلاف معنی‌داری بودند. کیک بهینه در روز اول انسجام کمتری نسبت به نمونه شاهد داشت و با گذشت زمان در روز هفتم ماندگاری نیز اختلاف معنی‌داری را با نمونه شاهد نشان داد در حالی که در روز چهاردهم ماندگاری با وجود کمتر بودن انسجام نسبت به نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کاهش در میزان انسجام کیک ممکن است به علت افزایش میزان فیبر باشد که با شبکه گلوتنی مداخله کرده و منجر به ضعف پیوستگی بین فیبرها و ماتریکس گلوتن- نشاسته می‌شود (پریمی و همکاران ۲۰۱۷).

عدد پراکسید

براساس نتایج جدول ۴، عدد پراکسید برای نمونه بهینه در روز اول دارای اختلاف معنی‌داری با روز هفتم و چهاردهم داشت. به طوری که با گذشت زمان نگهداری عدد پراکسید افزایش پیدا کرد. مقایسه میانگین بین نمونه بهینه و شاهد نیز نشان داد که در روز اول عدد پراکسید مربوط به نمونه بهینه کمتر از نمونه شاهد بود ولی اختلاف معنی‌دار نبود. در روز هفتم نگهداری تفاوت معنی‌داری بین نمونه شاهد و بهینه مشاهده نشد. همچنین در روز چهاردهم عدد پراکسید نمونه بهینه کمتر از شاهد و اختلاف معنی‌دار بود. عدد پراکسید در تمام نمونه‌ها در طی زمان ماندگاری افزایش پیدا کرده، اما نمونه شاهد افزایش ناگهانی در عدد پراکسید از خود نشان داده است. در محصولات پخت، چربی یکی از مواد مهمی است که در طول زمان ماندگاری اکسید شده و بد طعمی ایجاد می‌کند (پرمی و همکاران ۲۰۱۷). با توجه به نتایج، عدد

پراکسید نمونه بهینه طی مدت نگهداری کمتر از نمونه شاهد بود که به دلیل وجود ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در کنجاله‌کنجد و پلی‌ساکارید محلول در آب سویا می‌باشد که قادر است با کاهش سرعت تشکیل هیدروپراکسیدها، فرایند اکسیداسیون چربی را به تعویق بیندازند (مائدا و همکاران ۲۰۰۰).

میزان پروتئین

میزان پروتئین نمونه بهینه حدود ۲۹/۱۲ درصد بود که به طور معنی‌داری از شاهد با ۲۳/۳۸ درصد پروتئین بیشتر بود. از آنجایی که میزان پروتئین کنجاله‌کنجد در حدود ۴۹ درصد اندازه‌گیری شد (جدول ۲)، بنابراین افزودن آن به فرمول سبب افزایش پروتئین در نمونه بهینه شده است. از سوی دیگر، اضافه نمودن آرد کنجد به ذرت اکسترویدی، با افزایش معنی‌دار پروتئین در فراورده‌ی اکستروود شده همراه بوده که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت (کاروالهو و همکاران ۲۰۱۲).

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس ویژگی‌های شیمیایی و بافتی تیمارهای کیک در طرح مرکب مرکزی**Table 3- Analysis of variance for chemical and textural properties of cakes in Response Surface Quadratic Model**

Source	Hardness (N)	Volume (cm ³)	Weight loss (gr)	Ash (%)	pH	Moisture (%)	Cohesiveness
Model(P-value)	0.000***	0.001***	0.000***	0.000***	0.000***	0.000***	0.015*
α_0	0.543	22.503	3.691	0.853	7.373	26.082	0.695
α_1	-0.019***	0.529*	0.079***	0.022***	-0.028***	-0.154***	-0.001*
α_2	-0.038*	3.009***	0.479 ^{ns}	0.149 ^{ns}	-0.046 ^{ns}	-0.879 ^{ns}	0.019*
$\alpha_1\alpha_1$	0.001***	-0.017***	-0.002*	0.000 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.000 ^{ns}
$\alpha_2\alpha_2$	0.010 ^{ns}	-0.193 ^{ns}	-0.306**	-0.076 ^{ns}	0.018 ^{ns}	0.370**	0.007 ^{ns}
$\alpha_1\alpha_2$	0.000 ^{ns}	-0.120*	0.005 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.014 ^{ns}	-0.007*
Lack of fit	0.166 ^{ns}	0.051 ^{ns}	0.256 ^{ns}	0.059 ^{ns}	0.827 ^{ns}	0.110 ^{ns}	0.194 ^{ns}
R ²	97.460	93.050	94.260	96.420	98.970	98.99	82.160
R ² -Adj	95.640	88.090	90.160	93.860	97.920	98.270	69.410
CV(%)	10.600	4.450	6.320	19.890	1.770	2.900	6.550
PRESS	0.004	7.410	0.240	0.163	0.005	0.347	0.021

Ns: meaningless in > 0.05 , *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$, cv: coefficient Changes, α_1 : sesame meal, α_2 : soluble soybean polysaccharide

میزان فیبر

براساس نتایج این پژوهش مشخص شد که میزان فیبر نمونه بهینه با حدود ۵/۹۶ درصد، نسبت به نمونه شاهد با حدود ۱/۶۸ درصد به طور معنی‌داری در سطح ۹۵٪ بیشتر است. همان‌گونه که در جدول ۲، ملاحظه شد،

میزان فیبر در کنجاله‌کنجد در حدود ۱۸/۴۴ درصد بود. از سوی دیگر، با توجه به اینکه پلی‌ساکارید محلول در آب سویا نیز دارای فیبر می‌باشد، افزایش میزان فیبر نمونه بهینه دور از انتظار نبود. همچنین افزودن کنجاله‌کنجد به نان بربری نیز با افزایش میزان فیبر همراه بود

که با نتیجه پژوهش حاضر مطابقت دارد (توان و همکاران ۱۳۹۶).

جدول ۴- مقایسه میانگین ویژگی‌های نمونه شاهد و بهینه طی مدت ماندگاری

Table 4- Comparison of the characteristics of the control sample and the optimum during the shelf-life

Adjective	Control			Optimum		
	1	7	14	1	7	14
Moisture (%)	24.59±0.238 ^{aA} 0	15.0403±0.490 ^B a	13.950±0.429 ^C a	22.207±1.637 ^A a	14.380±0.406 ^B b	11.450±0.400 ^C b
Hardness (%)	0.619±0.146 ^{Ba}	2.111±0.033 ^{Aa}	1.896±0.147 ^{Aa}	0.600±0.038 ^{Ca}	1.152±0.032 ^{Bb}	1.806±0.031 ^{Aa}
Cohesiveness	0.770±0.009 ^{Aa}	0.526±0.006 ^{Ba}	0.412±0.047 ^{Ca}	0.655±0.014 ^{Ab}	0.407±0.014 ^{Bb}	0.319±0.016 ^{Ca}
Peroxide(meq/k g fat)	0.167±0.032 ^{Ca}	0.554±0.044 ^{Ba}	0.901±0.135 ^{Aa}	0.157±0.007 ^{Ba}	0.425±0.008 ^{Aa}	0.460±0.034 ^{Ab}

*Different large letters in each row indicate a significant difference at 5% level between the shelf life of each sample

*Different large letters in each row indicate a significant difference at 5% level between the control sample and optimum in same day.

نتیجه گیری

در آب سویا نیز تأثیر خطی مثبتی بر روی حجم و پیوستگی کیک‌ها داشت. همچنین به منظور بهینه‌یابی و پس از تعیین حدود بالا، پایین و مطلوب هریک از صفات، وزن و اهمیت آن‌ها، مشخص شد که استفاده از ۲۹/۹ درصد آرد کنجاله‌کنجد و ۱/۸۷ درصد پلی‌ساکارید محلول در آب سویا بیشترین تأثیر را بر ویژگی‌های کیفی و فراسودمند کیک دارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان جهت حمایت مالی این تحقیق تشکر می‌نمایند.

از آنجایی که مهاجرت رطوبت، بیاتی و کم بودن فیبر آرد کیک از جمله مشکلات رایج این محصول است که علاوه بر کاهش خواص سلامتی بخشی، سبب تغییرات غیرقابل برگشتی در ویژگی‌های حسی و میکروبی محصول شده و عمر ماندگاری آن را کاهش می‌دهد، لذا در این پژوهش از کنجاله‌کنجد و پلی‌ساکارید محلول در آب سویا به منظور بهبود ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی کیک استفاده شد. ارزیابی نتایج این پژوهش حاکی از آن بود که افزودن کنجاله‌کنجد به فرمولاسیون کیک فنجانی باعث افزایش خاکستر و افت وزنی گردید و همچنین سفتی نمونه‌ها و رطوبت نیز کاهش یافت. پلی‌ساکارید محلول

منابع مورد استفاده

- توان ز، حجتی م، ناصحی ب و جوینده ح، ۱۳۹۶. تأثیر کنجاله کنجد و پلی‌ساکارید محلول در آب سویا بر ویژگی‌های نان بربری، مجله بیوسیستم ایران، ۴۸ (۲)، ۳۴۲-۳۳۳.
- پورصفر ل، پیغمبردوست س ه و علیزاده شلچی ل، ۱۳۸۹. بررسی تأثیر دما و زمان فرایند حرارت‌دهی آرد گندم بر ویژگی‌های کیفی کیک اسنچی، مجله الکترونیک فراوری و نگهداری مواد غذایی، ۲(۴): ۱۰۴-۸۷.
- جهاندیده ح، تقی زاده م، حداد خداپرست م ح و کوچکی آ، ۱۳۹۴. تأثیر زانتان بر خواص فیزیکی و بافتی نان باگت حاوی کنجاله ارده، نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی، ۴، ۳۵۰-۳۳۷.
- نورمحمدی ا، پیغمبردوست س ه و اولاد غفاری ع، ۱۳۹۱. تأثیر روش مخلوط کردن بر ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خمیر و خواص کیفی کیک اسفنجی، نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۲(۴)، ۲۶۲-۲۴۹.

- نوری م، ناصحی ب، سماواتی و و آبدانان مهدی زاده س، ۱۳۹۴. تأثیر پیش‌فرآیند مایکروویو بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی دونات حاوی منابع فیبر خوراکی صمغ فارسی و پودر تفاله هویج، پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۳(۲)، ۲۲۷-۲۳۹.
- AACC, 1999. Approved method of the American association of cereal chemists, 9th end. American association of cereal chemists Inc., Minnesota.
- AOAC, 2000. Official Method of Analysis, 17th end. Association of Official Analytical Chemists Inc, Maryland.
- Ataei F, and Hojjatoleslami M, 2017. Physicochemical and sensory characteristics of sponge cake made with olive leaf. *Journal of Food and Measurement and Characterization* 11(4): 2259-2264.
- Berglund PT, Hertsgaard DM, 1986. Use of vegetable oils at reduced levels in cake, crust, cookies, and muffins. *Journal of Food Science* 51: 640-644.
- Carvalho CWP, Takeiti CY, Freitas DDGC, and Ascheri JLR, 2012. Use of sesame oil cake (*Sesamum indicum* L.) on corn expanded extrudates. *Food Research International* 45(1): 434-443.
- Gomez M, Ronda F, Caballero PA, Blanco CA, and Rosell CM, 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids* 21: 167-170.
- Gomez M, Moraleja A, Oliete B, Ruiz E, and Caballero PA, 2010. Effect of fiber size on the quality of fiber-enriched layer cakes. *LWT - Food Science and Technology* 43: 33-38.
- Hera E, Ruiz-París E, Oliete B, and Gómez M, 2012. Studies of the quality of cakes made with wheat-lentil composite flours. *LWT - Food Science and Technology* 49(1): 48-51.
- Hojjati M, Razavi SH, Rezaei K. and Gilani K, 2011. Spray drying microencapsulation of natural canthaxanthin using soluble soybean polysaccharide as a carrier. *Food Science and Biotechnology* 20 (1): 63-69.
- Kaack K, and Pedersen L, 2005. Low energy chocolate cake with potato pulp and yellow pea hulls. *Europe Food Research Technology* 221: 367-375.
- Maeda H., Philips G O, and Williams, P A, 2000. Soluble soybean polysaccharide. *Handbook of hydrocolloids*. Woodhead publishing ltd. UK. 309-320.
- Majzoobi M, Hedayati S, Habibi M, Ghiasi F, and Farahnaky A, 2014. Effect of corn resistant starch on the physicochemical properties of cake. *Journal of Agricultural Science and Technology* 16: 569-576.
- Majzoobi M, Vosoughi Poor Z, Jamalian J, and Farahnaky A, 2016. Improvement of the quality of gluten-free sponge cake using different levels and particle sizes of carrot pomace powder. *International Journal of Food Science and Technology* 51(6): 1369-1377.
- Naghipour F, Karimi M, HabibiNajafi MB, HadadKhodaparast MH, Sheikholeslami Z, Ghiafeh Davoodi M, and Sahraian B, 2013. Investigation on production of gluten free cake utilizing sorghum flour, guar and xanthan gums. *Journal of Food Science and Technology* 41(10): 127-139.
- Owens G, 2001. *Cereals processing technology*. CRC Press, Cambridge, England.
- Piazza L, and Masi P, 1995. Moisture redistribution throughout the bread loaf during staling and its effect on mechanical properties. *Cereal Chemistry* 72(3): 320-325.
- Premi M, and Sharma HK, 2017. Effect of drumstick leaves powder on the rheological, microstructural and physico-functional properties of sponge cake and batter. *Journal of Food Measurement and Characterization* 1-11.
- Pomeranz Y, Shogren M, Finney K, and Bechtel D, 1977. Fiber in bread making effects on functional properties. *Cereal Chemistry* 54: 25-41.
- Shantha CN, and Decker AE, 1994. Rapid, sensitive, Iron-based Spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. *Journal of AOAC International* 77(2): 421-424.
- Srivastava Y, and Semwal AD, 2015. Effect of virgin coconut meal (VCM) on the rheological, micro-structure and baking properties of cake and batter. *Journal Food Science Technology* 52(12): 8122-8130.
- Suja KP, Jayalekshmy A, and Arumughan C, 2005. Antioxidant activity of sesame cake extract. *Food Chemistry* 91: 213-219.
- Taha F, Fahmy M. and Sadek M, 1987. Low-phytate protein concentrate and isolate from sesame seed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 35: 289-292.
- Tajik S, Maghsoudlou Y, Khodaiyan F, Jafari SM, Ghasemlou M, and Aalami M, 2013. Soluble soybean polysaccharide: a new carbohydrate to make a biodegradable film for sustainable green packaging. *Carbohydrate Polymer* 97(2): 817-824.

Investigation of cupcakes properties containing sesame meal flour and soluble soybean polysaccharide

E Abdolnabipoor¹, B Nasehi^{2*} and M Hojjati³

Received: July 15, 2018

Accepted: November 26, 2018

¹MSc Student, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

²Associate Professor, Department of Agricultural Engineering and Technology, Payame Noor University (PNU), Iran

³Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

*Corresponding author: E mail: Nasehi.b@pnum.ac.ir

Introduction: The limitations of agricultural resources, the upward trend in population and environmental pollution caused by food processing remaining, have attracted researchers to make optimal use of these wastes. The bakery industry is one of the largest food industries in the world. Products like biscuits, muffins and cakes are one of the most popular products, due to their ease of eat and storable. Nowadays, one of the main problems is malnutrition of the protein. Of course, this critical issue depends on factors such as resident's growth rates, inadequate agricultural production, and the limited availability of high-quality protein sources. Thus, to fix this problem, protein-rich sources and cheap have attracted the attention of researchers (Burns et al., 1972). Sesame flour after extraction fat is rich in protein, methionine, calcium, phosphorus and niacin (Jahandideh et al., 2015). Soluble Soybean polysaccharide is a water-soluble polysaccharide that is extracted and refined from the soybean beans. Hence the aim of this study was to study the effect of addition sesame meal flour and soluble soybean polysaccharide in order to improve the structure and nutritional properties of cupcake.

Materials and methods: In this study, the use of sesame meal flour and soybean soluble polysaccharide were studied in order to improve the structure and nutritional properties of cupcake. In this research, the sesame meal flour at range of 0 to 20% replacing of wheat flour, and soluble soybean polysaccharide at range of 0 to 2%, were used in cake formulations. Sugar-batter method was used to prepare the dough. Components used in cakes formulation were consisted of 100g of wheat flour, 72g of sugar, 1.34g baking powder, 57g oil, 72g eggs, 2g nonfat dried milk powder, 4g whey powder and 25g water. The dough was poured via funnel to pans with a diameter of 8 cm. Then the pans were placed in an oven at 175°C for 40 minute. For cooling, let pans for 40 minute being in the environment, and then pack in polyethylene bags. All tests on the treatments were done on the same day of baking. First, the chemical tests including moisture, ash, fiber and pH were conducted on the sesame meal and wheat flour. Then Cake moisture content was determined by drying samples at 103±2°C in a hot air oven. The weight loss calculated by measuring difference of weight before and after baking. pH was measured by a digital pH meter. The volumes of the cake samples were measured by the seed displacement method. Ash was measured by AACC 08-01, fiber by AOAC 43-991, protein by a kjeldahl method and peroxide value based on the method by Shantha and Dicker (1994). Textural properties (hardness and cohesiveness) of cupcake samples were measured by a texture analyzer (Micro stable system, UK). Prepared product based on optimized formulation according to the results of chemical and physical analysis was evaluated in moisture, protein, ash, fiber, volume, textural properties and peroxide value and its results were compared to the control sample. Data was analyzed according to the response surface methodology (RSM) in central composite design by MINITAB software (version 16), and the means were compared by Fisher's test at 5 significance percent level.

Results and discussion: The finding showed that by increasing the of sesame meal flour in formulation, moisture of sample decreased, this result is probably due to lower moisture of sesame

than wheat flour and protein may be partially damaged during the process extraction, which caused the reduction in the water holding capacity of proteins. Also weight loss of cake increased, because of damaged of protein during the process extraction, which caused the reduction in the water holding capacity of them. Ash of the cupcake was better by increasing the enrichment. The ash content of sesame meal was measured to be 12.39%, which may indicate the positive effect of sesame meal on the ash content of cakes. Similarly, hardness enlarged significantly with increasing replacement of wheat flour with sesame meal. The possible reason for this result was due to the presence of high protein in sesame meal, which caused the strength of gluten bonds in dough. pH and cohesiveness decreased by increasing the sesame meal. Decomposition of residual oil in sesame meal and production of fatty acids can reduce pH. The decrease in cohesiveness may be due to the addition of sesame meal to a dense matrix in the cake and thus the samples are unable to return to their original state after deformation. Adding sesame meal increased the volume by 10% but decreased with increasing sample replacement. The reason for the increase in volume due to the addition of sesame meal in small quantities is because the fat in the mix causes the air to be confined between the layers of dough, which is expanded during baking and increases the volume of the final cake. However, high amounts of this additive impair the formation of the optimal gluten network due to the increased fiber and protein to gluten ratio. So that the dough strength in the storage of the volatile gases is reduced and the volume of the products is reduced. On the other hand, increasing soluble soybean polysaccharide often did not have a significant effect. Finally, the optimal sample based on the physicochemical characteristics was introduced a cupcake with 9/29% sesame meal flour and 1/87% soluble soybean polysaccharide. During storage, moisture migrates from the crumb to the surface and evaporates from the surface of the product. In addition to the inability of sesame meal to retain moisture, it appears that the amount of fiber resulted in the breakdown of the gel network in the cake, thereby intensifying evaporation and reducing the optimum sample moisture content. Comparison of textural features of optimum and control samples during storage was indicated the optimal cupcake was softness texture than control sample. The optimal sample had significantly higher protein and fiber content, also the volume of it increased significantly. Peroxide value of optimal sample during storage was less than of control sample. It can be concluded that wheat flour could replace with sesame meal flour to improve textural and nutritional value of cupcakes.

Key words: Sesame meal, Dietary fiber, Functional food