مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله:www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بررسی جایگزینی فیبر تفاله سیب به عنوان جایگزین چربی بر ویژگی‌های شیمیایی و بافتی کیک

مریم ثابت قدم[۱]، محمد رضا سعیدی اصل[۱]، اکرم شریفی[۲*]، احمد پدرام نیا[۱]، محمد آرمین[۱]

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

۲- گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۰۱

کلمات کلیدی:

بافت سنجی،

جایگزینی

چربی،

کیک،

فیبر تفاله سیب.

DOI: 10.52547/fsct.18.119.259

* مسئول ماتبات:

asharifi@qiau.ac.ir

چکیده

هدف از این تحقیق، تولید کیک مناسب با چربی کاهش‌یافته به کمک فیبر تفاله سیب به‌عنوان جایگزین چربی بود. پس از تهیه فیبر از تفاله سیب به روش استخراج آبی، ابتدا برخی ویژگی‌های این فیبر ارزیابی شد. با توجه به مقدار چربی و انرژی پایین و مقدار فیبر خام، فیبر سیب استخراج‌شده قابلیت جایگزینی چربی بر پایه کربوهیدرات برای فرآورده‌های آردی را داشت. در این پژوهش بهینه‌سازی فرآیند تولید کیک توسط سه فاکتور که شامل فیبر سیب با نسبت (۰، ۵، ۱۰ درصد) و روغن(۱۶/۳۸، ۱۵/۴۷، ۱۴/۵۷ درصد) در زمان ماندگاری ۰، ۱۵ و ۳۰ روز توسط روش سطح پاسخ صورت گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش میزان فیبر، رطوبت، چربی، سفتی و چسبندگی، فنریت کیک‌ها افزایش و حجم کاهش یافت. با افزایش زمان ماندگاری، رطوبت، چربی، aw افزایش و سفتی، چسبندگی، فنریت کیک کاهش یافت. بررسی نتایج این پژوهش حاکی از آن است که کیک حاوی ۵/۱۶۳ درصد فیبر و ۱۴/۹درصد روغن، در روز ۸ بهترین نمونه بود. بررسی نتایج نشان داد که استفاده از تفاله سیب در کیک میزان چربی را ۹/۳٪ نسبت به نمونه شاهد کاهش داده است. با توجه به نتایج بهینه‌سازی میزان رطوبت نمونه بهینه ۲۲/۸۴۷درصد، فعالیت آبی ۰/۸۵۰، چربی ۱۵/۰۱۸ درصد، وزن مخصوص(cm^3/g) ۸۲/۷۳۷، سختی(N) ۱/۸۰۹، میزان فنریت (cm) ۰/۷۴۷ و میزان چسبندگی ۰/۳۹۲تعیین گردید.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.119.1.1]

[DOI: 10.52547/fsct.18.119.259]

۱- مقدمه

با توجه به بالا بودن میزان ضایعات تولید سیب در کشور و مازاد مصرف تازه‌خوری، به‌منظور کاهش میزان ضایعات این محصول، توجه زیادی به فراوری و تولید محصولات جدید شده است [۱]. افزایش تقاضا برای خرید و استفاده از محصولات باکیفیت بالا همراه با خواص سلامتی بخش باعث شده که در جهت بهبود کیفیت محصولات مختلف تلاش‌های زیادی صورت گیرد [۲]. امروزه دریافت مقادیر زیاد چربی و مصرف کم فیبر یکی از مشکلات اصلی تغذیه انسان است که با افزایش آمار بروز بیماری‌های چاقی، بیماری‌های قلبی عروقی، فشارخون بالا، مقاومت انسولین، بیماری کیسه صفرا و برخی انواع سرطان مانند سرطان پستان، کولون و پروستات مرتبط است و سبب هزینه‌های بالایی جهت مراقبت‌های پزشکی شده است [۳]. علیرغم مشکلات ناشی از مصرف زیاد چربی، فیبر می‌تواند نقش مفیدی در بسیاری از ویژگی‌ها تغذیه‌ای، عملکردی و ارگانولپتیکی فرآورده‌های غذایی داشته باشد. چربی به‌عنوان حامل طعم و بهبوددهنده مزه عمل می‌کند. چربی همچنین در جذب ویتامین‌های محلول در چربی نقش دارد [٤]. جایگزین چربی، جزئی است که می‌تواند ضمن تولید انرژی کمتر برخی یا همهٔ کارکردهای چربی را فراهم سازد. بنابراین جایگزین‌های چربی باید بتوانند دقیقاً برخی یا تمام خواص کاربردی (عملکردی) چربی را در غذایی که چربی آن کاهش یافته ایجاد کنند [۵]. جایگزین چربی بر پایه میوه (فیبر) یکی از انواع جایگزین‌های چربی بر پایه کربوهیدرات می‌باشد و پودر میوه یکی از انواع این نوع جایگزین چربی است که قابل استفاده برای فرآورده‌های نانوایی، شیرینی‌ها و فرآورده‌های لبنی است. جایگزین‌های چربی بر پایه میوه، دارای ویژگی رطوبت‌دهندگی و فراهم‌کننده احساس دهانی هستند [۲]. نقش تعیین‌کننده فیبرهای خوراکی در بهبود و مدیریت سلامتی انسان، به‌ویژه سیستم معدی و روده‌ای انسان، شناخته‌شده است. به دلیل حضور ترکیبات فعال زیستی به‌ویژه ترکیبات آنتی‌اکسیدانی فواید زیادی دارد. سیب یکی از این منابع است که قابلیت فوق‌العاده‌ای برای ترکیبات غذایی خوراکی دارد [٦]. سیب خشک دارای ۸۰ درصد رطوبت، ۰/۵۰ درصد خاکستر، ۲/۷۰ درصد چربی، ۲/۰٦ درصد پروتئین و ۵۱/۱۰ درصد فیبر کل هست [۷] بخش اصلی توده زیستی تولیدشده (حدود ۹۵٪) بافت تفاله/ پوست است که از پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی (مثل پکتین، سلولز، همی سلولز، لیگنین و صمغ) و ترکیبات فنولی پوسته مثل دی هیدروچالکون‌ها، فلاونول‌ها و اسیدهای فنولی تشکیل‌شده است. گوشت سیب به دلیل حضور فنول‌هایی مثل اپیکاتشین[1]، گلیکوزیدهای کورستین[2]، اسید کلروژنیک[3]، فلوریدزین[4] و ۳- هیدروکسی فلوریدزین[5] خواص آنتی‌اکسیدانی بالایی دارد [۸]. زاده زاد[6] و همکاران (۲۰۱٦) در مطالعه خود از آرد کامل دانه خربزه (مغز و پوسته) به‌عنوان جایگزین چربی در فرمولاسیون کیک روغنی استفاده نمودند .این محققین اذعان داشتند ترکیبات فیبری (نظیر پوسته دانه خربزه) در سطوح بالا اثر مثبت فرآیند هوادهی را از طریق افزایش بیش‌ازاندازه قوام مختل می‌کند و به همین دلیل تخلخل کیک کم‌چرب تولیدی و حجم آن کاهش یافت [۹]. کورشی[7] و همکاران (۲۰۱۷) نیز لایه آلبیدو گریپ‌فروت را به‌عنوان منبع فیبری به فرمولاسیون افزوده و کیکی تولیدی را ازنظر حسی ارزیابی کردند. پژوهشگران مذکور دریافتند که کیک حاوی ۵/٦ گرم فیبر لایه آلبیدو بهترین امتیازات ارزیابی را ازنظر رنگ، طعم، احساس دهانی و پذیرش کلی داشت [۱۰]. در مطالعه‌ای دیگر توسط جدو[8] و همکاران (۲۰۱۷) بهبود بافت و خواص حسی کیک‌ها را با افزودن پودر پوست سیب‌زمینی که دارای سطح بالای فیبر و پروتئین غذایی است موردبررسی قراردادند؛ نتایج آن‌ها نشان داد که کیک غنی‌شده با جایگزینی آرد گندم توسط ۵٪ پودر پوست سیب‌زمینی می‌تواند با کیفیت حسی خوب تولید شود [۱۱]. با توجه به‌ضرورت کاهش چربی در کیک به‌عنوان یک میان وعده محبوب جامعه، بررسی اثر جایگزینی بخشی از شورتنینگ با تفاله سیب بر ویژگی‌ها کیک روغنی به دلیل حضور مقادیر مناسبی از فیبر(ازجمله پکتین و سلولز)، نشاسته و قندهای احیاکننده شامل گلوکز و فروکتوز در ترکیبات این پودر که درمجموع سبب افزایش حجم، نرمی و ایجاد مزه مناسب در کیک می‌شود، امری ضروری تلقی می‌شود.

1. Epicatin
2. Quercetin Glycosides
3. Chlorogenic Acid
4. Fluoridine
5. 3hydroxyfluoridosine
6. Zavehzad
7. Qureshi
8. Jeddou

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-17]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.119.1.1]
[DOI: 10.52547/fsct.18.119.259]

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱-تهیه نمونه

تفاله‌ی سیب حاصل از ضایعات فرآیند تولید چیپس میوه از کارخانه ارمغان سلامتی ساسویه واقع در شهرستان سبزوار تهیه گردید. پس از هموژن کردن نمونه تا زمان شروع آزمایش در بسته پلی‌اتیلنی در فریزر در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

۲-۲-استخراج فیبر با آب

برای استخراج فیبر از روش سانز [1] و همکاران (۲۰۰۸) استفاده گردید [۲]. ابتدا تفاله سیب توسط آسیاب تهیه شد. سپس از روش خیساندن آبی استفاده شد. تفاله سیب به نسبت ۱:۵ با آب مقطر مخلوط گردید. سپس عمل استخراج در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹۰ دقیقه و هم زدن مداوم توسط دستگاه همزن آزمایشگاهی انجام گرفت. پس از مدت‌زمان ذکرشده، باقیمانده فیبری در آون هوای داغ تحت دمای ۶۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۰ دقیقه خشک گردید. سپس فیبر به‌دست‌آمده با آسیاب پودر و از الک با مش ۰/٤ میلی‌متر عبور داده شد و فیبرهایی با طول ۰/٤ میلی‌متر و کمتر مورداستفاده قرار گرفت.

۲-۳- تعیین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی فیبر سیب استخراج‌شده

۲-۳-۱-تعیین محتوای فیبر خام

میزان فیبر خام تفاله سیب به روش ذکرشده در استاندارد ملی ایران به شماره ۳۱۰۵ تعیین شد.

۲-۳-۲- تعیین محتوای رطوبت

محتوای رطوبت طبق روش مصوب AOAC به شماره ۹۲۵/٤۰ اندازه‌گیری گردید [۱۲].

۲-۳-۳- تعیین محتوای کربوهیدرات

به‌منظور محاسبه مقدار کربوهیدرات، مجموع مقادیر اندازه‌گیری شده برای رطوبت، پروتئین خام، چربی خام، فیبر خام و خاکستر از ۱۰۰ کم شد [۳].

1. Sanz

۲-۳-٤- اندازه‌گیری چربی خام فیبرسیب

چربی خام طبق روش مصوب AOAC به شماره ۹۲۰/۳۹ به روش سوکسله و با حلال n-هگزان انجام گرفت [۱۳].

۲-٤- روش تهیه خمیر کیک و کیک

تیمارهای خمیر کیک به روش فلیس برتو [2] و همکاران (۲۰۱۵) تهیه گردید [۱٤]. در مطالعه حاضر ابتدا مواد اولیه کیک شامل آرد، شکر، تخم‌مرغ و بیکینگ‌پودر تهیه و توزین شدند. در ادامه شکر و روغن ژل کیک، با مخلوط کردن به مدت ۱۰دقیقه با مخلوط‌کن انجام گرفت. سپس گلوکز و اینورت به مخلوط اضافه و به مدت یک دقیقه هم زده شدند بعدازآن تخم‌مرغ و وانیل اضافه و به مدت پنج دقیقه با سرعت‌بالا مخلوط شدند. آرد، بیکینگ‌پودر، زانتان، اسیدسیتریک، نمک و فیبر سیب با یکدیگر مخلوط گردید. درنهایت مواد مایع فرمول آب افزوده گردید و عمل مخلوط کردن ادامه یافت تا خمیر آماده شود. جهت پخت کیک، دمای فر از قبل در ۱۸۰°C تنظیم و خمیر کیک به مقدار ۱۲۰ گرم در قالب ریخته شد. پس از پخت کیک و خارج کردن آن از قالب و سرد شدن تا دمای ۲۵°C، در کیسه‌های پلاستیکی چندلایه قرار گرفت در زمان ماندگاری ۰، ۱۵ و ۳۰ روز آزمون‌های مربوطه زیر انجام گرفت.

۲-۵-آزمون‌های شیمیایی کیک

۲-۵-۱-آزمون اندازه‌گیری محتوای رطوبت کیک

با استفاده از روش مصوب AACC به شماره 44-15A، محتوای رطوبت کیک اندازه‌گیری شد [۱۵].

۲-۵-۲- فعالیت آبی کیک

فعالیت آبی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه AW SPRINT – TH 500(سوئیس، Mode_Novasina) ۰، ۱۵ و ۳۰ روز پس از پخت اندازه‌گیری شد[٦].

۲-۵-۳-اندازه‌گیری چربی کیک

تعیین چربی خام طبق روش مصوب AOAC به شماره ۹۲۰/۳۹ به روش سوکسله و با حلال n-هگزان انجام گرفت [۱۳].

۲-۵-٤-ارزیابی حجم

2. Felisberto

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-17]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.119.1.1]
[DOI: 10.52547/fsct.18.119.259]

برای تعیین حجم کیک از روش مصوب AACC به شماره ۱۰-۷۲ استفاده گردید [۱۶]. برای این منظور قطعه‌ای از کیک به ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر از مرکز هندسی کیک برش داده شد و حجم آن اندازه‌گیری شد.

وزن نمونه به گرم/ حجم کیک به سانتیمتر مکعب =حجم مخصوص

۲-۵-۵-آنالیز پروفیل بافت کیک

آنالیز پروفیل بافت[1] مغز کیک‌ها، با دستگاه بافت سنج(Brookfield، انگلستان) به کمک پروب۱۰و نرم‌افزار TexturePro CT V1.2 Build9 انجام شد و نمودارهای نیرو-زمان برای محصول پارامترهای پروفایل بافت (ویژگی‌های سفتی،[2] قابلیت ارتجاع،[3] فنریت[4] ،چسبندگی[5] تیمارها استفاده می‌گردد [۱۷].

۲-۵-۶-آزمون حسی

برای ارزیابی حسی از آزمون لذت بخشی نمونه استفاده شد. این آزمون، نوعی آزمون درجه‌بندی[6]است که برای تعیین میزان لذت بخشی یا به عبارت ساده‌تر میزان دوست داشتن یا دوست‌نداشتن نمونه توسط ارزیاب یا مصرف‌کننده به کار می‌رود. برای انجام آزمون هدونیک، از ۱۲ ارزیاب آموزش‌دیده و باتجربه استفاده شد.

۲-۶- طرح آماری و بهینه یابی فرآیند

در این تحقیق، از روش سطح پاسخ در قالب یک طرح (BOX -BEBKEN) جهت تعیین مناسب‌ترین روش تولید کیک استفاده شد که در آن متغیرهای ثابت روغن (۱۴/۵۷-۱۶/۳۸ درصد)، فیبر (۰- درصد ۱۰) و زمان(۰-۳۰ روز) بود. سطوح متغیرها و نمایش طراحی آزمون به ترتیب در جدول-های ۱ آمده است. تعداد نمونه‌های آزمایشی برابر ۱۷ عدد بود که در این میان آزمون تکرار در نقطه مرکزی بوده و این نقاط برای تعیین خطای آزمایش مورداستفاده قرار گرفت. کیک به‌دست‌آمده ازنظر خصوصیات فیزیکوشیمیایی (درصد رطوبت، چربی، حجم مخصوص، بافت سنجی،aw، ارزیابی حسی) بررسی و با یکدیگر مقایسه شد. در روش‌های سطح پاسخ برای هر متغیر وابسته مدلی تعریف می‌شود که آثار اصلی و متقابل فاکتورها را بر روی هر متغیر بیان می‌کند. پس از انتخاب مدل ریاضی مناسب، تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها، بررسی تناسب مدل آزمایشی و برای رسم نمودارهای بهینه‌سازی از نرم افزار Design Expert استفاده شد. همچنین شرایط بهینه نیز به‌وسیله رسم نمودارهای سه‌بعدی (صفحه پاسخ) حاصل از معادلات چند متغیره و همچنین خطوط کانتور حاصل از آن‌ها از طریق نرم‌افزار تعیین شد. داده های حاصل از طرح (BOX -BEBKEN) با مدل چندجمله‌ای درجه دوم زیر متناسب بود:

معادله[۱]

$$Y = \beta_0 + \Sigma_{i=1}^{k} \beta_i x_i + \Sigma_{j=1}^{k} \beta_{ii} x_j^2 + \Sigma\Sigma_{ij} \beta_{ij} x_i x_j$$

در این رابطه β_0، β_i، β_{ii} و β_{ij} به ترتیب ضرایب رگرسیونی برای عرض از مبدأ، اثرات خطی، اثرات مربعی و اثرات متقابل و x_i و x_j متغیرهای مستقل هستند.مناسب بودن مدل از روی داده های عدم برازش مدل (Lack fit of) ضریب رگرسیونی R^2 و F- value حاصل از جدول آنالیز واریانس (ANOVA) بررسی شد. معنی‌داری مدل و متغییرهای آن در سطح۰/۰۵ درصد ($P< 0/05$) تعیین شد.

Table 1 Coded values and levels of independent variables of the optimization process

Actual values			Variables
Top	Middle	Down	
30	15	0	Time (days) (A)
16.38	15.47	14.58	Oil(%) (B)
10	5	0	Fiber (%)(C)

۳- نتایج و بحث

۳-۱-ویژگی‌های شیمیایی فیبر

جدول(۲) نتایج حاصل از آزمایش‌های صورت گرفته بر روی فیبر تفاله سیب مورداستفاده در فرمولاسیون کیک را نشان می-دهد.

1. Texture profile analysis (TPA)
2. Hardness
3. Springiness
4. Resilience
5. Cohesiveness
6. Rating

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-17]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.119.1.1]
[DOI: 10.52547/fsct.18.119.259]

Table 2 Results of chemical experiments of apple fiber pulp used in cake production

carbohydrate(%)	Fat (%)	Humidity (%)	Fiber content**(%)**	Energy(Kcal/100 g)
87.66	2.857	2.651	4.77	342.298

۳-۲-بررسی متناسب بودن مدل های حاصل از روش سطح پاسخ

نتایج آزمایش‌ها در مورد پارامترهای وابسته فرآیند، شامل میزان رطوبت، چربی، aw، حجم مخصوص، سفتی، فنریت، چسبندگی، نشان داده‌شده است که شامل پاسخ‌های مشاهده‌شده و مقادیر پیش‌بینی‌شده توسط مدل است. با توجه به نتایج فوق، می‌توان دریافت که بین مقادیر حاصل از آزمایش‌ها و مقادیر پیش‌بینی‌شده توسط مدل، نزدیکی زیادی وجود دارد. مدل مناسب با توجه به معنی‌دار بودن آزمون F ($P\leq$۰/۰۵) و معنی‌دار نبودن فقدان برازش در مورد آن و همچنین مقادیر R^2 و R^2 تعدیل‌شده و ضریب تغییرات انتخاب شد. با توجه به جداول تجزیه واریانس می‌توان دریافت که مدل برازش داده‌شده برای تمام پارامترهای موردبررسی کاملاً معنی‌دار است ($p\leq$۰/۰۱).

پس از تجزیه‌وتحلیل داده‌ها جهت تعیین بهترین مدل پیشنهادی از میان مدل‌های موجود با توجه به جدول تجزیه واریانس، مدلی که مقدار مجموع مربعات آن دارای اختلاف معنی‌دار باشد و مقدار عدم برازش آن معنی‌دار نباشد، به‌عنوان بهترین مدل انتخاب شد. لذا پس از بررسی نتایج به‌دست‌آمده و انتخاب فاکتورهای مطلوب، از روش طراحی باکس بنکن به‌عنوان روش مؤثر سطح پاسخ به‌منظور بهینه‌سازی تولید کیک از ضایعات سیب و بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی کیک تولیدشده، استفاده شد. در این روش اثر سه فاکتور فیبر و زمان و روغن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کیک تولیدشده موردبررسی قرار گرفت. نتایج آنالیز واریانس مدل تجربی نشان می‌دهد که مدل معنی‌دار و میانگین مربعات برازش خطی (Lack of fit) معنی‌دار نیست و می‌توان نتیجه گرفت که نتایج حاصل با مدل آزمایشی مورداستفاده مطابقت دارد.

Table 3 Analysis of variance and coefficient estimate for BOX-BENKEN model
Values denoted by * are significant ($p \leq 0.05$).

	Humidity(%)		aw		Fat(%)		firmness		springtexture		Cohesiveness		Generalacceptance	
	Mean Square	Coefficients	Mean Square	Coefficients	Mean Square	Coefficients	Mean Square	Coefficients	Mean Square	Coefficients	Mean Square	Coefficients	Mean Square	Coefficients
Model	2.82	23.44	0.0003	+0.0024	0.7127	15.45	15.94	+2.34	0.0056	+0.719	0.0099	+0.372	0.8212	+7.39
A	0.2628	-1.812	0.0010	+0.0007	0.0612	-0.0875	6.54	+1.13	0.0025	+0.137	0.0139	+0.0105	1.12	1/12
B	0.0036	0.0213	0.0001	+0.0005	6.30	+0.8875	0.1921	+0.1297	0.0005	+0.0057	0.0029	+0.0013	0.1250	+0.125
C	21.19	1.63	0.0003	+0.0001	0.0050	+0.025	30.19	+1.47	0.0290	-0.0505	0.0590	-0.0597	0.5000	+0.5
AB	0.0012	-0.0888	0.0000	0.0000	0.0025	-0.025	0.4510	-0.1441	0.0001	-0.0018	0.0037	+0.001	0.2500	+0.25
AC	0.2116	0.031	0.0007	+0.0006	0.0000	+0.0000	1.60	-0.3992	0.0012	-0.0051	0.0030	+0.0012	8.882E-16	+0.0000
BC	0.0016	0.9288	0.0003	+0.0004	0.0000	+0.0000	0.1076	+0.3949	0.0019	+0.0218	0.0022	+0.0075	8.882E-16	+0.0000
A^2	0.0332	0.0175	0.0001	0.0000	0.0337	-0.0895	103.44	+5.29	0.0144	+0.061	0.0016	+0.0402	1.16	+1/16
B^2	0.0041	0.23	0.0000	0.0000	0.0066	-0.0395	0.1392	+0.128	0.0015	-0.009	0.0005	-0.0082	1.16	+1.16
C^2	3.63	4.02	0.0001	+0.0001	0.0009	-0.014	0.8261	-0.3665	2.988E-11	-0.0036	0.0024	+0.0201	2.53	+2.53
Lack of Fit		0.0089			0.0025		0.0180		0.0001		7.613E-06		0.2500	
R^2	0.9987		0.9793		0.9972		0.9994		0.9891		0.9997		0.8266	
R^2_{Adj}	0.9971		0.9527		0.9937		0.9987		0.9750		0.9993		0.6038	

۳-۳-بررسی پارامترها بر روی تأثیر میزان رطوبت کیک تولیدی

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، مقدار مقادیر P-value برای رگرسیون و P-value برای عدم برازش (LOF) برای این پاسخ (میزان رطوبت کیک تولیدی) به ترتیب کمتر و بیشتر از ۰/۰۵ است که بیانگر معنادار بودن مدل با سطح اطمینان ۹۵٪ است. همچنین با توجه به همبستگی بالا میان اعداد به‌دست‌آمده واقعی و مدل (R^2=۰/۹۹۸۷ و R^2_{adj} =۰/۹۹۷۱)

می‌توان نتیجه گرفت که نتایج حاصل با مدل آزمایشی مورد استفاده مطابقت دارد.

مدل‌های چندجمله‌ای درجه دوم برای میزان رطوبت کیک تولیدی در معادله (۲) ارائه شده است. در این معادلات ضرایب مثبت نشان می‌دهند که میزان رطوبت کیک در حضور مقادیر بالایی از این متغیرها (در گستره تعریف‌شده) افزایش می‌یابد. درحالی‌که ضرایب منفی نشان می‌دهند که پاسخ در مقادیر پایین‌تری از این متغیرها مطلوب‌تر است؛ به‌طوری‌که

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-17]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.119.1.1]
[DOI: 10.52547/fsct.18.119.259]

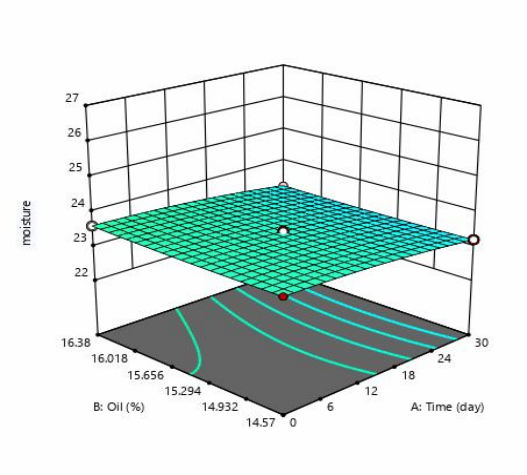
می‌توان گفت در این معادله فاکتورهای میزان فیبر و روغن به‌کاررفته در مقادیر بالاتری اثر مثبت و پارامتر زمان در مقادیر بسیار کمتری اثر مثبت بر میزان رطوبت کیک داشته است.

معادله [۲]

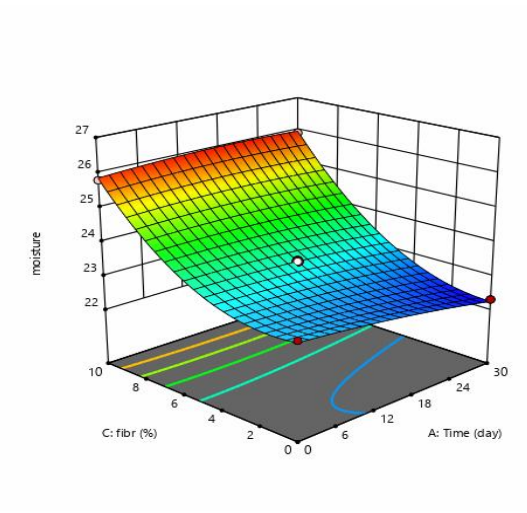
$$Y\ (\%) = +\ 23.44 - 0.1812A + 0.0213B + 1.63C - 0.0175AB + 0.23AC - 0.02BC - 0.0888A^2 + 0.031B^2 + 0.9288C^2$$

Y (٪): رطوبت؛ A: زمان؛ B: میزان روغن؛ C: میزان فیبر.

شکل (۱) اثر هم‌زمان زمان، محتوای فیبر و روغن را بر روی میزان رطوبت نشان می‌دهد. این سطوح پاسخ از ترسیم ۳ بعدی معادله پیش‌بینی‌شده به دست می‌آید و تأثیر هم‌زمان دو فاکتور را بر روی پاسخ نشان می‌دهد. شکل‌های (1-a) و (1-b) برهم‌کنش‌های هم‌زمان دو پارامتر را بر روی میزان رطوبت کیک تولیدی را نشان می‌دهد. شکل (1-a) اثر هم‌زمان زمان و محتوای فیبر را بر روی میزان رطوبت نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، با افزایش زمان، میزان رطوبت تغییرات بسیار ناچیزی داشته است و این تغییرات ابتدا تا حدود بسیار کمی روند افزایشی داشته است و سپس روند تقریباً کاهشی بوده است که این تغییرات بسیار نامحسوس می‌باشد. همچنین مطابق با این شکل، با افزایش میزان فیبر، میزان رطوبت به میزان چشمگیری رو به افزایش رفته است. همچنین بررسی اثر هم‌زمان زمان و میزان روغن بر روی میزان رطوبت کیک در شکل (1-b) نشان می‌دهد که با افزایش زمان، میزان رطوبت کیک ابتدا افزایش و سپس کاهش‌یافته است درصورتی‌که تغییرات میزان روغن در ابتدا منجر به کاهش ناچیز در رطوبت کیک شده است و سپس افزایش ناچیزی را در رطوبت کیک نشان داده است (تغییرات بسیار نامحسوس می‌باشد). به‌طورکلی بر طبق شکل (۱) با افزایش میزان فیبر، میزان رطوبت کیک افزایش‌یافته و با تغییرات میزان روغن، تغییرات خاصی بر روی میزان رطوبت کیک ایجاد نشده است. افزودن منابع فیبر گیاهی به کیک‌های تولیدی در پژوهش کیربس[1] و همکاران (۲۰۱۹) سبب کاهش رطوبت در نمونه‌های تولیدی گردید. این پژوهشگران، ظرفیت بالای نگهداری آب فیبرهای رژیمی را علت این پدیده دانستند. همچنین در پژوهش مذکور، وجود منابع فیبر، تأثیر معنی‌داری (p<۰/۰۵) بر میزان چربی نداشت و میزان خاکستر کیک‌ها زمانی که از مقادیر بیشتر از ۱۰ درصد منابع فیبر گیاهی استفاده شد، افزایش یافت [۱۸].



(a)



(b)

Fig 1 Interaction of time, oil and fiber variables on the moisture content of the produced cake; A) Simultaneous effect of time-fiber content; And b) the simultaneous effect of time-oil content

۳-٤- بررسی اثر پارامترها بر روی میزان فعالیت آبی کیک

در بررسی اثر پارامترهای مؤثر بر روی میزان فعالیت آبی کیک تولیدی، پارامترهای مختلف شامل زمان نگهداری، اثر زمان روغن و فیبر بر روی چربی کیک مطالعه شد. طبق نتایج آنالیز واریانس می‌توان نتیجه گرفت که مقدار مقادیر P-value برای رگرسیون و P-value برای عدم برازش (LOF) برای این پاسخ (میزان فعالیت آبی کیک تولیدی) به ترتیب کمتر و بیشتر از ۰/۰۵ می‌باشد که بیانگر معنادار بودن مدل با سطح اطمینان ۹۵٪ می‌باشد. بعلاوه نتایج به‌دست‌آمده با مدل آزمایشی در

1. Kirbas

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-17]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.119.1.1]
[DOI: 10.52547/fsct.18.119.259]

تطابق می‌باشد که ناشی از همبستگی بالا میان اعداد به‌دست‌آمده واقعی و مدل (R^2=۰/۹۷۹۳ و R^2_{adj} =۰/۹۵۲۷) می‌باشد.

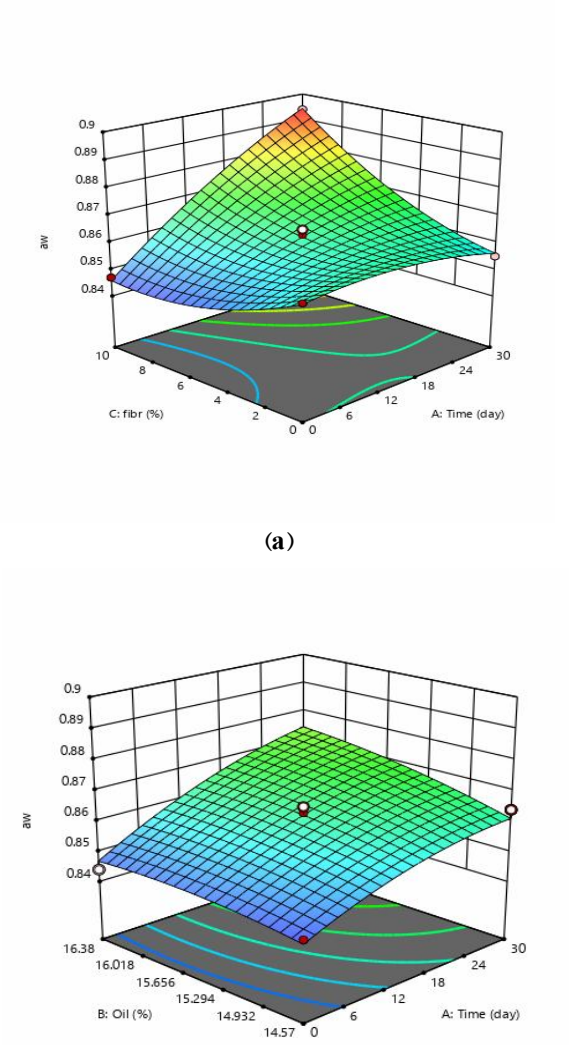
همچنین مدل چندجمله‌ای درجه دوم برای میزان فعالیت آبی کیک تولیدی با کمک نتایج حاصل از تحلیل آنالیز واریانس با معادله (۳) تعریف شد. با توجه به این معادله، هر سه فاکتور زمان، میزان فیبر و روغن به‌کاررفته در مقادیر بالاتری اثر مثبت بر پاسخ داشته است.

معادله [۳]

$$Y\ (\%) = +0.0024 + 0.0007A + 0.0005B + 0.0001C + 0.0006AC + 0.0004BC + 0.0001C^2$$

Y (٪): میزان فعالیت آبی؛ A: زمان؛ B: میزان روغن؛ C: میزان فیبر.

برای دست‌یابی به بهترین پاسخ (میزان فعالیت آبی)، سطوح پاسخ به‌صورت منحنی‌های سه‌بعدی که اثرات هم‌زمان دو پارامتر را نشان می‌دهد، رسم شد. بر این اساس، مطابق با شکل (1-a) اثر هم‌زمان دو پارامتر زمان و روغن بر روی پاسخ (میزان فعالیت آبی) بررسی شد. مطابق با این منحنی، با افزایش زمان، میزان فعالیت آبی روند افزایشی از خود نشان داده است درصورتی‌که با افزایش هم‌زمان روغن، در ابتدا تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای در پاسخ (میزان فعالیت آبی) مشاهده نشده ولی با افزایش هم‌زمان زمان، پارامتر روغن نیز اثرات افزایشی در پاسخ (میزان فعالیت آبی) از خود نشان داد. همچنین با توجه به شکل (2-b) اثرات هم‌زمان دو پارامتر فیبر و زمان بر روی پاسخ (میزان فعالیت آبی) موردبررسی قرار گرفت؛ بر طبق این نمودار، با افزایش هم‌زمان فیبر و زمان، میزان فعالیت آبی افزایش می‌یابد. خمیر کیک یک سیستم کلوئیدی آب‌دوست پیچیده است که در طول پخت جامد شده و ساختاری متخلخل و مویین تشکیل می‌دهد. این فرآیند جامد شدن نتیجه ژلاتینه شدن نشاسته و دناتوره شدن پروتئین‌ها است. فرآیند ژلاتینه شدن نشاسته به مصرف انرژی مرتبط است. بنابراین تغییرات بالقوه انرژی در کیک اسفنجی به‌وسیله تغییر در شکل آب متصل اتفاق می‌افتد. درنتیجه این امر ارتباطی میان فعالیت آبی و شکل آب متصل در سیستم خمیر کیک وجود دارد [۱۹]. کروشی[1] و همکاران (۲۰۱۷) مقادیر مختلفی از فیبر لایه آلبیدو گریپ‌فروت را به فرمولاسیون کیک اضافه کردند و فعالیت آبی کیک‌های تولیدی را موردبررسی قراردادند.



(a)

(b)

Fig 2 Interaction of time, oil and fiber variables on the amount of water activity of the produced cake; A) Simultaneous effect of time-oil content; And b) the simultaneous effect of time-fiber content.

۳-۵- بررسی اثر پارامترها برروی محتوای چربی کیک تولیدی

در بررسی اثر پارامترهای مؤثر بر روی محتوای چربی کیک تولیدی، پارامترهای مختلف شامل زمان نگهداری، اثر زمان روغن و فیبر بر روی چربی کیک مطالعه شد. طبق نتایج آنالیز واریانس می‌توان نتیجه گرفت که مقدار مقادیر P-value برای رگرسیون و P-value برای عدم برازش (LOF) برای این پاسخ (محتوای چربی کیک تولیدی) به ترتیب کمتر و بیشتر از

1. Qureshi

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-17]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.119.1.1]
[DOI: 10.52547/fsct.18.119.259]

۰/۰۵ می‌باشد که بیانگر معنادار بودن مدل با سطح اطمینان ۹۵٪ می‌باشد. بعلاوه نتایج به‌دست‌آمده با مدل آزمایشی در تطابق می‌باشد که ناشی از همبستگی بالا میان اعداد به دست آمده واقعی و مدل (R^2=۰/۹۹۷۲ و R^2_{adj} =۰/۹۹۳۷) می‌باشد. با کمک این طراحی و داده‌های آنالیز واریانس، مدل‌های چندجمله‌ای درجه دوم برای محتوای چربی کیک تولیدی به‌صورت مدل پیشنهادی (٤) ارائه شد. با توجه به این معادله فاکتورهای محتوای روغن (B) و فیبر (C) به‌کاررفته در مقادیر بالاتری اثر مثبت و پارامتر زمان (A) در مقادیر بسیار کمتری اثر مثبت بر پاسخ داشته است.

معادله [٤]

$$Y\ (\%) = +15.45 - 0.0875A + 0.8875B + 0.025C - 0.025AB - 0.0895A^2 - 0.0395B^2 - 0.0145C^2$$

Y (٪): محتوای چربی؛ A: زمان؛ B: میزان روغن؛ C: میزان فیبر.

در مرحله نهایی به‌منظور دست‌یابی به شرایط مناسبی از متغیرها جهت رسیدن به بهترین پاسخ، سطوح پاسخ به‌صورت اشکال سه‌بعدی رسم شد. بنابراین بر اساس شکل (۳)، اثرات متقابل پارامترهای زمان (A)، میزان روغن (B) و فیبر (C) بر روی پاسخ (محتوای چربی کیک تولیدی) بررسی شد. مطابق شکل (3-a) اثر هم‌زمان دو پارامتر روغن و زمان‌بر روی محتوای چربی کیک تولیدی بررسی شد که نتایج نشان‌دهنده اثر افزایشی میزان چربی کیک تولیدی با افزایش پارامتر روغن است. همچنین بر اساس شکل (3-b)، اثرات هم‌زمان دو پارامتر زمان و فیبر بر روی پاسخ (محتوای چربی کیک تولیدی) بررسی شد. بر طبق این شکل، با افزایش زمان تقریباً تا ۱۵ درصد میزان چربی کیک افزایش و سپس کاهش چشمگیری از خود نشان داد و از طرفی با افزایش میزان فیبر به‌طور هم‌زمان تغییری در میزان چربی کیک دیده نشده است. با توجه به شکل می‌توان در نظر گرفت که اثر هم‌زمان میزان فیبر بر روی محتوای چربی کیک تولیدی بسیار ناچیز بوده است. به‌طوری‌که می‌توان گفت، میزان فیبر اثر قابل‌ملاحظه‌ای بر روی محتوای چربی کیک تولیدی نداشته است. فیبرها معمولاً فاقد چربی می‌باشند بنابراین در مقدار ثابت روغن با افزایش میزان فیبر موجود در فرمولاسیون تغییر قابل‌توجهی در میزان چربی نمونه‌های کیک حاصل نشده است.

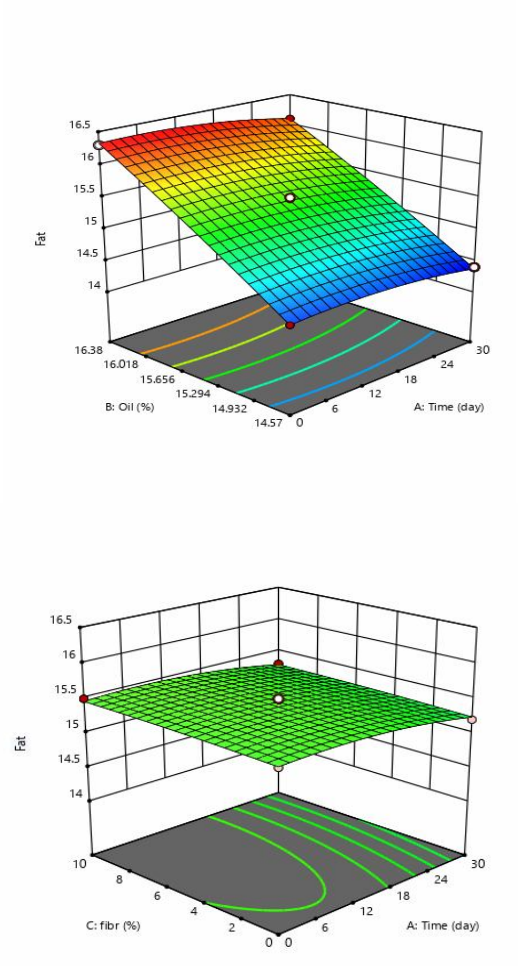


Fig 3 Interaction of time, oil and fiber variables on the fat content of the cake produced; A) Simultaneous effect of time-oil content; And b) the simultaneous effect of time-fiber content.

۳-٦- بررسی اثر پارامترها بر روی میزان حجم مخصوص

در بررسی اثر پارامترهای مؤثر بر روی میزان حجم مخصوص کیک تولیدی، پارامترهای مختلف شامل زمان نگهداری، اثر زمان روغن و فیبر بر روی حجم مخصوص کیک مطالعه شد. طبق نتایج آنالیز واریانس می‌توان نتیجه گرفت که مقدار مقادیر P-value برای رگرسیون و P-value برای عدم برازش (LOF) برای این پاسخ (میزان حجم مخصوص کیک تولیدی) به ترتیب کمتر و بیشتر از ۰/۰۵ می‌باشد که بیانگر معنادار بودن مدل با سطح اطمینان ۹۵٪ می‌باشد. بعلاوه نتایج به‌دست‌آمده با مدل آزمایشی در تطابق می‌باشد که ناشی از همبستگی بالا میان اعداد به‌دست‌آمده واقعی و مدل (R^2=۰/۹۸٤ و R^2_{adj} =۰/۹٦۵۱) می‌باشد. با کمک این طراحی و داده‌های آنالیز واریانس، مدل‌های چندجمله‌ای درجه دوم برای میزان حجم مخصوص کیک تولیدی به‌صورت مدل پیشنهادی (۵) ارائه

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-17]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.119.1.1]
[DOI: 10.52547/fsct.18.119.259]

شد. با توجه به این معادله، هر سه فاکتور زمان (A)، محتوای روغن (B) و فیبر (C) به‌کاررفته در مقادیر بالاتری اثر مثبت بر پاسخ داشته است.

معادله [۵]

$$Y = +3.43+0.0666A +0.02B + 2.5C + 0.0702AC + 0.01BC + 0.084A^2 + 0.0003B^2 +0.06445C^2$$

Y (cm^3/gr): میزان حجم مخصوص؛ A: زمان؛ B: میزان روغن؛ C: میزان فیبر.

اثر هم‌زمان پارامترهای زمان نگهداری، میزان روغن و فیبر موجود در فرمولاسیون بر میزان حجم مخصوص کیک موردبررسی قرار گرفت و بر این اساس نتایج حاصل در شکل (٤) ارائه شد.

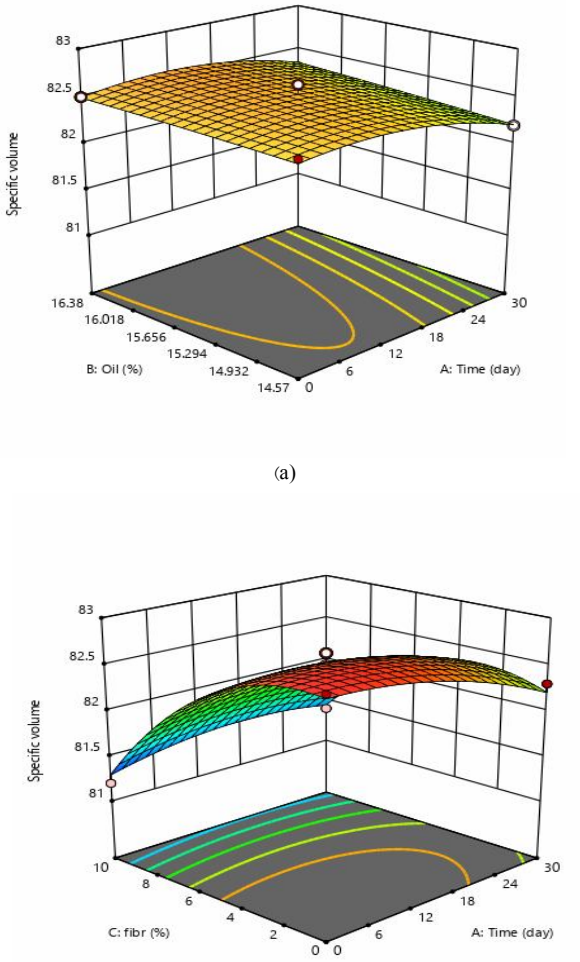


Fig 4 Interaction of time, oil and fiber variables on the specific volume of the cake produced; A) Simultaneous effect of time-oil content; And b) the simultaneous effect of time-fiber content.

طبق شکل (4-a)، با افزایش زمان تا تقریباً ۱۵ (Cm^3/gr) حجم کیک افزایش و سپس کاهش نشان داده است و به دنبال آن با افزایش روغن تغییری در حجم کیک ایجاد نشده است. همچنین طبق شکل (4-b)، در بررسی اثر هم‌زمان دو پارامتر زمان و فیبر بر روی حجم کیک بررسی شد که نتایج نشان داد که با افزایش فیبر، حجم کیک به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش داشته است. فیبر رژیمی استفاده‌شده می‌تواند با کاهش مقدار آب برای ژلاتینه شدن نشاسته، دمای ژلاتینه شدن نشاسته را افزایش دهد. افزایش درجه حرارت ژلاتینه شدن نشاسته باعث تأخیر در تغییر حالت خمیر از امولسیون مایع هوادهی شده به یک ساختار متخلخل و جامد می‌شود که این امر اجازه می‌دهد حباب هوا توسط گاز دی‌اکسید کربن و بخارآب به‌درستی قبل از مجموعه کیک گسترش یابد و به‌این‌ترتیب حجم کیک را برای مدت‌زمان بیشتری افزایش می‌دهد[۲۰]. در مطالعه انجام‌شده توسط کیربس[1] و همکاران (۲۰۱۹)، مشخص شد که افزودن پودر سیب، پرتقال و هویج، باعث کاهش حجم و حجم مخصوص کیک تولیدی شد. در این مطالعه بیشترین حجم در نمونه شاهد مشاهده گردید[۱۸].

۳-۷-ارزیابی بافت کیک

۳-۷-۱-ارزیابی سختی بافت کیک

در بررسی اثر پارامترهای مؤثر بر روی سختی کیک تولیدی، پارامترهای مختلف شامل زمان نگهداری، اثر زمان روغن و فیبر بر روی سختی کیک مطالعه شد. طبق نتایج آنالیز واریانس می‌توان نتیجه گرفت که مقدار مقادیر P-value برای رگرسیون و P-value برای عدم برازش (LOF) برای این پاسخ (میزان سختی کیک تولیدی) به ترتیب کمتر و بیشتر از ۰/۰۵ می‌باشد که بیانگر معنادار بودن مدل با سطح اطمینان ۹۵٪ می‌باشد. بعلاوه نتایج به‌دست‌آمده با مدل آزمایشی در تطابق می‌باشد که ناشی از همبستگی بالا میان اعداد به‌دست‌آمده واقعی و مدل (R^2=۰/۹۹۹٤ و R^2_{adj} =۰/۹۹۸۷) می‌باشد. با کمک این طراحی و داده‌های آنالیز واریانس،

1. Kirbas

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-17]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.119.1.1]
[DOI: 10.52547/fsct.18.119.259]

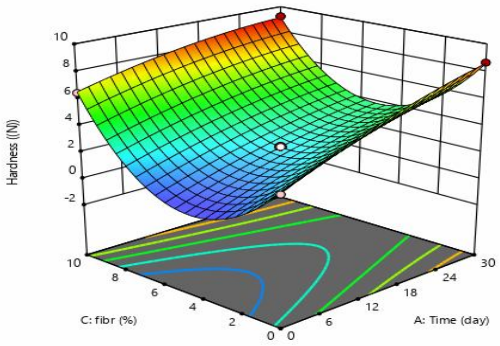
مدل‌های چندجمله‌ای درجه دوم برای میزان سختی کیک تولیدی به‌صورت معادله (٦) ارائه شد. در این معادله ضرایب مثبت نشان می‌دهند که میزان سختی کیک در حضور مقادیر بالایی از این متغیرها (در گستره تعریف‌شده) افزایش می‌یابد. درحالی‌که ضرایب منفی نشان می‌دهند که پاسخ در مقادیر پایین‌تری از این متغیرها مطلوب‌تر است. با توجه به این معادله فاکتورهای محتوای روغن (B) به‌کاررفته در مقادیر بالاتری اثر مثبت و پارامتر زمان (A) و فیبر (C) در مقادیر بسیار پائین اثر مثبت بر پاسخ داشته است.

معادله [٦]

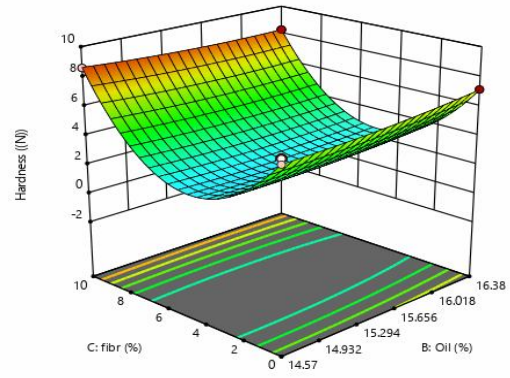
$$Y = +2.34+1.13A + 0.1297B + 1.47C - 0.1441AB - 0.3992AC + 0.3949BC +5.29A^2 +0.1281B^2 - 0.3665C^2$$

Y (N): پارامتر سختی؛ A: زمان؛ B: میزان روغن؛ C: میزان فیبر.

اثرات هم‌زمان دو پارامتر درصد روغن و زمان‌بر میزان سفتی بافت کیک در شکل (5-a) نشان داده‌شده است؛ که افزایش زمان اثر افزایشی بر روی میزان سفتی کیک داشته است درحالی‌که درصد روغن تأثیر قابل‌توجهی بر این پارامتر از خود نشان نداده است. بر اساس شکل(5-b) برهم‌کنش هم‌زمان درصد فیبر و درصد روغن بر میزان سختی کیک تولیدی نشان می‌دهد که با افزایش هم‌زمان این دو پارامتر تغییرات درصد فیبر به‌مراتب اثرات بیشتری بر میزان سختی کیک تولیدی دارد به‌طوری که با افزایش میزان درصد فیبر میزان سختی کیک تولیدی کاهش قابل‌توجهی از خود نشان داده و بعد از رسیدن به حد کمینه مجدد با افزایش میزان درصد فیبر میزان سختی کیک، افزایش می‌یابد این تغییرات در مورد میزان درصد روغن به‌عنوان پارامتر دیگر بر روی میزان سختی بافت کیک تأثیرات کمتری نشان داده است. آیدوگدو[1] و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از منابع فیبر گیاهی در تولید کیک، گزارش کردند که استفاده از فیبر، منجر به افزایش سفتی بافت کیک‌های تولیدی گردید[۲۱].



(a)



(b)

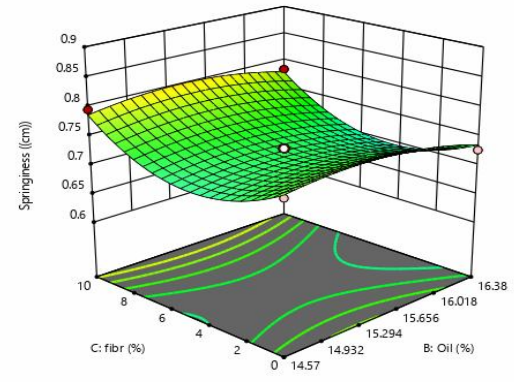
Fig 5 Interaction of time, oil and fiber variables on the firmness of the produced cake; A) simultaneous effect of fiber-oil; And b) the simultaneous effect .of time-oil content

۳-۷-۲-ارزیابی فنریت بافت کیک

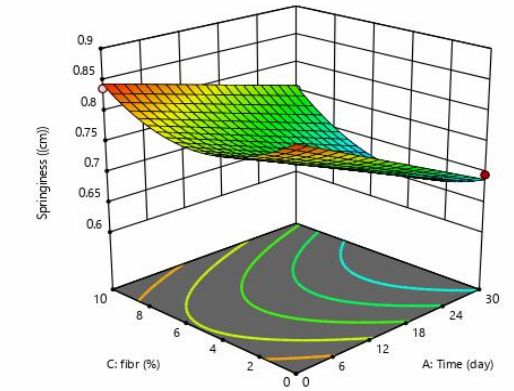
در بررسی اثر پارامترهای مؤثر بر روی فنریت کیک تولیدی، پارامترهای مختلف شامل زمان نگهداری، اثر زمان روغن و فیبر بر روی فنریت کیک مطالعه شد. طبق نتایج آنالیز واریانس می‌توان نتیجه گرفت که مقدار مقادیر P-value برای رگرسیون و P-value برای عدم برازش (LOF) برای این پاسخ (میزان فنریت کیک تولیدی) به ترتیب کمتر و بیشتر از ۰/۰۵ می‌باشد که بیانگر معنادار بودن مدل با سطح اطمینان ۹۵٪ می‌باشد. بعلاوه نتایج به‌دست‌آمده با مدل آزمایشی در تطابق می‌باشد که ناشی از همبستگی بالا میان اعداد

1. Aydogdu

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-17]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.119.1.1]
[DOI: 10.52547/fsct.18.119.259]



(a)



(b)

Fig 6 Interaction of time, oil and fiber variables on the spring texture of the produced cake; A) simultaneous effect of fiber-oil; And b) the simultaneous effect of time-fiber content.

۳-۷-۳-ارزیابی چسبندگی بافت کیک

در بررسی اثر پارامترهای مؤثر بر روی چسبندگی کیک تولیدی، پارامترهای مختلف شامل زمان نگهداری، اثر زمان روغن و فیبر بر روی چسبندگی کیک مطالعه شد. طبق نتایج آنالیز واریانس می‌توان نتیجه گرفت که مقدار مقادیر P-value برای رگرسیون و P-value برای عدم برازش (LOF) برای این پاسخ (میزان چسبندگی کیک تولیدی) به ترتیب کمتر و بیشتر از ۰/۰۵ می‌باشد که بیانگر معنادار بودن مدل با سطح اطمینان ۹۵٪ می‌باشد. بعلاوه نتایج به‌دست‌آمده با مدل آزمایشی در تطابق می‌باشد که ناشی از همبستگی بالا میان به‌دست‌آمده واقعی و مدل (R^2=۰/۹۸۹۱ و R^2_{adj} =۰/۹۷۵۰) است. با کمک این طراحی و داده‌های آنالیز واریانس، مدل‌های چندجمله‌ای درجه دوم برای میزان فنریت کیک تولیدی به‌صورت معادله (۷) ارائه شد. در این معادله ضرایب مثبت نشان می‌دهند که میزان فنریت کیک در حضور مقادیر بالایی از این متغیرها (در گستره تعریف‌شده) افزایش می‌یابد. درحالی‌که ضرایب منفی نشان می‌دهند که پاسخ در مقادیر پایین‌تری از این متغیرها مطلوب‌تر است. با توجه به این معادله فاکتور به‌کاررفته پارامتر زمان (A) در مقادیر بالاتری اثر مثبت و محتوای روغن (B) و فیبر (C) در مقادیر بسیار پائین اثر مثبت بر پاسخ داشته است.

معادله [۷]

$$Y = +0.719+0.137A+0.0057B- 0.0505C- 0.0018AB- 0.0051AC+ 0.0218BC+ 0.061A^2- 0.009B^2- 0.0036C^2$$

Y (cm): پارامتر فنریت؛ A: زمان؛ B: میزان روغن؛ C: میزان فیبر.

نمودار سه‌بعدی مربوط به بررسی هم‌زمان پارامترهای زمان نگهداری، میزان روغن و فیبر بر روی این فاکتور(فنریت بافت کیک) در شکل (٦)، نشان داده‌شده است. طبق شکل (6-a)، با افزایش درصد روغن، میزان فنریت بافت کیک افزایش و بعد از رسیدن به حد بیشینه کاهش می‌یابد. با افزایش درصد فیبر میزان فنریت کاهش و سپس افزایش می‌یابد. همچنین طبق شکل (6-b)، اثرات هم‌زمان درصد فیبر-زمان بر روی فنریت بافت کیک بررسی شد که نتایج نشان می‌دهد که با افزایش زمان میزان فنریت کاهش‌یافته و با افزایش درصد فیبر به‌طور هم‌زمان، ابتدا میزان فنریت تا حدودی کاهش و سپس افزایش می‌یابد. افزودن فیبر در سطوح بالا موجب افزایش سختی و مدول ظاهری نمونه‌ها می‌شود. در حقیقت به علت سهولت جذب آب توسط این ترکیبات و افزایش ویسکوزیته خمیر، دانسیته نمونه‌ها افزایش و فنریت آن‌ها کاهش می‌یابد[۵].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-17]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.119.1.1]
[DOI: 10.52547/fsct.18.119.259]

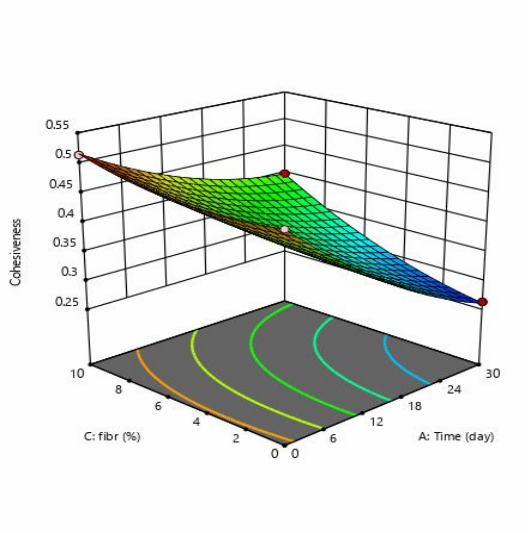
اعداد به‌دست‌آمده واقعی و مدل (R^2=۰/۹۹۹۷ و ۰/۹۹۹۳= R^2_{adj}) می‌باشد. با کمک این طراحی و داده‌های آنالیز واریانس، مدل‌های چندجمله‌ای درجه دوم برای میزان چسبندگی کیک تولیدی به‌صورت معادله (۸) ارائه شد. با توجه به این معادله فاکتور به‌کاررفته پارامتر زمان (A) در مقادیر بالاتری اثر مثبت و محتوای روغن (B) و فیبر (C) در مقادیر بسیار پائین اثر مثبت بر پاسخ داشته است.

معادله [۸]

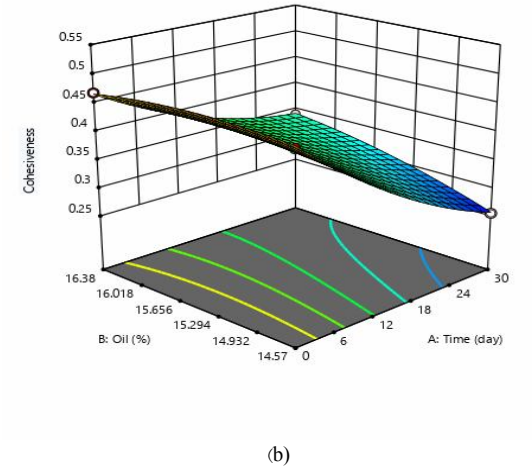
$$Y= +0.372+0.0105A +0.0013B -0.0597C + 0.001AB + 0.0012AC + 0.0075BC + 0.0402A^2 - 0.0082B^2 + 0.0201C^2$$

Y: پارامتر چسبندگی؛ A: زمان؛ B: میزان روغن؛ C: میزان فیبر.

همچنین اثر هم‌زمان پارامترهای مؤثر ازجمله زمان، محتوای روغن و فیبر در نمودارهای سه‌بعدی (شکل ۷) بر میزان چسبندگی کیک تولیدی نشان داده‌شده است. طبق شکل (7-a)، برهم‌کنش هم‌زمان درصد فیبر و زمان نشان می‌دهد که با افزایش درصد فیبر میزان چسبندگی افزایش می‌یابد و متعاقباً با افزایش زمان میزان چسبندگی کاهش می‌یابد. همچنین در شکل (7-b)، برهم‌کنش هم‌زمان زمان و درصد روغن بر روی میزان چسبندگی نشان می‌دهد که با افزایش روغن میزان چسبندگی افزایش‌یافته و متعاقباً با افزایش زمان میزان چسبندگی کاهش می‌یابد. پژوهش‌ها حکایت از افزایش در میزان سختی و چسبندگی کیک‌ها نسبت به نمونه شاهد در اثر افزودن پودر انجیر هندی[۵] و چای سبز به [۲۳] دارد. همچنین افزودن سبوس غلات[۲٤] و پودر پوست سیب‌زمینی [۱۱] نیز باعث تولید کیک‌هایی با بافت سخت‌تر نسبت به نمونه شاهد شد. به‌طورکلی جایگزینی مواد فیبری به دلیل تضعیف شبکهٔ گلوتنی، عدم امکان رشد و توزیع نامناسب سلول‌های گازی سبب کاهش تخلخل می‌شود که زمینه‌ساز افزایش فشردگی و سفتی محصول می‌شود[۲۵].



(a)



(b)

Fig 7 Interaction of time, oil and fiber variables on the texture adhesion of the produced cake; A) Simultaneous effect of time-fiber content; And b) .the simultaneous effect of time-oil content

۳-۸- ارزیابی حسی کیک‌های تولیدی

در بررسی اثر پارامترهای مؤثر بر روی ارزیابی حسی در شاخص پذیرش کلی کیک تولیدی، پارامترهای مختلف شامل زمان نگهداری، اثر زمان روغن و فیبر بر روی این فاکتور مطالعه شد. طبق نتایج آنالیز واریانس می‌توان نتیجه گرفت که مقدار مقادیر P-value برای رگرسیون و P-value برای عدم برازش (LOF) برای این پاسخ (پذیرش کلی کیک تولیدی) به ترتیب کمتر و بیشتر از ۰/۰۵ می‌باشد که بیانگر معنادار بودن مدل با سطح اطمینان ۹۵٪ می‌باشد. بعلاوه نتایج به‌دست‌آمده با مدل آزمایشی در تطابق می‌باشد که ناشی از همبستگی بالا

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-17]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.119.1.1]
[DOI: 10.52547/fsct.18.119.259]

میان اعداد بهدست‌آمده واقعی و مدل (R^2=۰/۸۲۶۶ و R^2_{adj} =۰/۶۵۱۲) می‌باشد. با کمک این طراحی و داده‌های آنالیز واریانس، مدل‌های چندجمله‌ای درجه دوم برای میزان چسبندگی کیک تولیدی به‌صورت معادله (۹) ارائه شد. با توجه به این معادله، هر سه فاکتور زمان، میزان روغن و فیبر به‌کاررفته در مقادیر بالاتری اثر مثبت بر پاسخ داشته است.

معادله [۹]

$$Y = +7.39+1/12A +0.125B + 0.5C + 0.25AB + 1/16A^2 +1.16B^2 + 2.53C^2$$

Y: پذیرش کلی؛ A: زمان؛ B: میزان روغن؛ C: میزان فیبر.

مطابق با شکل (8-a)، اثرات متقابل زمان و روغن بر روی منحنی پاسخ نشان داد که با افزایش هم‌زمان زمان و پارامتر روغن، میزان پاسخ منحنی روند افزایشی و سپس روند کاهشی از خود نشان داده است. همچنین مطابق شکل (8-b) مربوط به اثرات هم‌زمان دو پارامتر زمان و فیبر بر روی ارزیابی حسی کیک‌های تولیدی موردبررسی قرار گرفت، که نتایج آن‌ها روندی مشابه با اثر هم‌زمان روغن و زمان نشان داد. پذیرش کلی کیک‌های حاوی پنج درصد منابع فیبر به‌دست‌آمده از انبه در تحقیقات نورآزیا[1] و همکاران (۲۰۱۱) تفاوت معنی‌داری ($p > ۰/۰۵$) با نمونه کنترل نداشت اما با افزایش مقادیر این منابع از میزان پذیرش کلی کاسته شد[۲۶]. گریگلمو[2] میگوئل و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که استفاده از فیبرهای رژیمی در سطوح پایین تأثیری بر خواص حسی کیک‌های تولیدی نداشت اما استفاده از مقادیر بالای این فیبرهلو سبب کاهش میزان پذیرش نمونه‌های تولیدی گردید[۲۷].

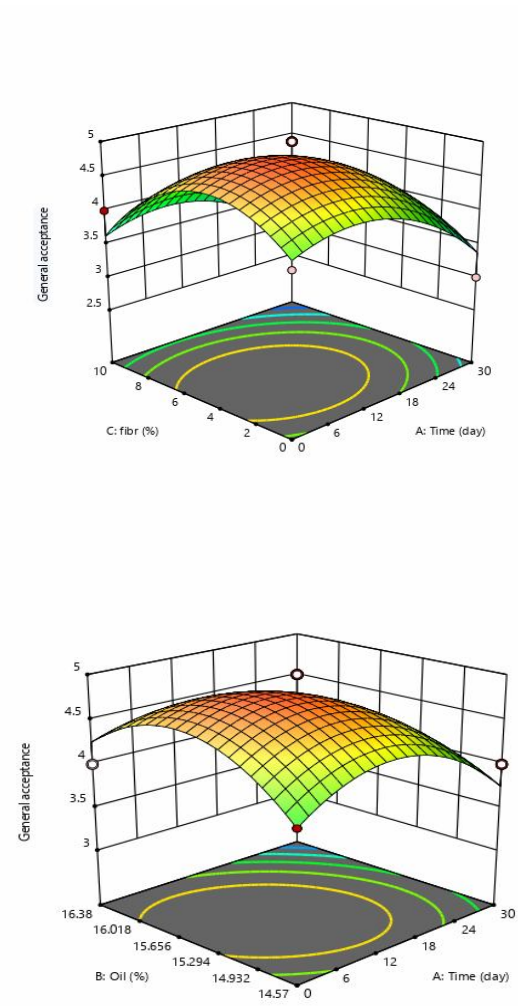


Fig 8 Interaction of time, oil and fiber variables on sensory evaluation (general acceptance) of the produced cake texture; A) Simultaneous effect of time-oil content; And b) the simultaneous effect of time-fiber content

۳-۹- بهینه سازی

نتایج فرایند بهینه سازی در جدول (٤) ارائه شده است. شرایط بهینه جایگزینی فیبر تفاله سیب به عنوان جایگزین چربی بر ویژگی¬های شیمیایی و بافتی کیک، مقدار فیبر ۹/۸۵۵٪و زمان ۱۳/۵۱٤ روز و روغن ۱۵/۳۸۵٪تعیین گردید. بر اساس نتایج به دست آمده درصد رطوبت،چربی،حجم مخصوص،سفتی بافت ،فنریت ،چسبندگی بافت و پذیرش کلی در نقطه بهینه آزمایش مطابق جدول (٤) می باشد.

1. Noor Aziah
2. Grigelmo-Miguel

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-17]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.119.1.1]
[DOI: 10.52547/fsct.18.119.259]

Table 4 Optimum conditions for the extraction process of apple pomace fiber of the cake

Parameters	Time (day)	(٪)Oil	(٪)Fibr	Humidity (%)	aw	(٪)Fat	Specific volume	spring texture	firmness	Cohesiveness	General acceptance
Optimum point	13/514	15/385	9/855	25/891	0/870	15/383	81/540	0/802	7/851	0/438	3/864

٤- نتیجه گیری

فیبر تفاله سیب، پسماند باارزشی است که سالیانه حدود ۲ میلیون تن در جهان تولید می‌شود. لذا درصورتی‌که زمینه مصرف آن در صنایع مختلف فراهم شود از هدر رفت آن جلوگیری می‌شود. بنابراین این پژوهش باهدف ارزیابی تأثیر افزودن فیبر سیب به‌عنوان یک منبع فیبری باارزش بر ویژگی-های کیفی و ماندگاری کیک طراحی شد. نتایج حاکی از تأثیر مثبت جایگزینی بر ویژگی‌های شیمیایی، کیفی و حسی محصول بود. به‌طوری‌که افزایش پودر فیبر تفاله سیب در فرمولاسیون، سبب افزایش فعالیت آبی، میزان صمغیت، شاخص جویدن، سفتی و چسبندگی، نمونه‌ها افزایش و سبب کاهش رطوبت، حجم شد. همچنین ارزیابی حسی نمونه‌ها نشان داد که افزایش مقدار فیبر سیب سبب اُفت پذیرش کلی تیمارها شد. بنابراین فیبر سیب می‌تواند راهکاری مناسب برای تولید محصولی جدید و غنی‌شده و مطلوب باشد که در بهبود کیفیت تغذیه‌ای مصرف‌کنندگان مؤثر است. بااین‌حال صنعتی‌شدن این محصول مستلزم مطالعات بیشتری درزمینهٔ افزایش مدت ماندگاری و جلوگیری از رشد میکروبی با استفاده از مواد نگهدارنده ترجیحاً با منشأ طبیعی می‌باشد.

٥- منابع

[1]Sereno A, Moreira R, Martinez E. Mass transfer coefficients during osmotic dehydration of apple in single and combined aqueous solutions of sugar and salt. J. Food Eng 2001; 47: 43-49.

[2]Sanz A, Salvador A, Jimenez S, Fiszman, M. Yogurt enrichment with functional asparagus fibre. Effect of fibre extraction method on rheological properties, colour, and sensory acceptance, Eur Food Res Technol 2008; 227:1515–1521.

[3]Anonymous. Determination of crude protein in cereals and cereal products for food and for feed. International Association for Cereal Science and Technology 199;1:105.

[4]Grigelmo-Miguel N, Carreras-Boladeras E, and Martin-Belloso O. The influence of the addition of peach dietary fiber in composition, physical properties and acceptability of reduced fat muffins. Food Science and Technology International 2001; 7: 425- 431.

[5]Gomez M, Moraleja A, Oliete B. Effect of fibre size on the quality of fibre-enriched layer cakes. LWT Food Sci Technol 2010; 43:33–38.

[6]Çikrikci S. Production of micro and nano fibers from hazelnut skin and utilization in cakes. MS Thesis. The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University; 2013.

[7]Kahforuoshan D, Malak Abbasloo M.R and Abbasnia, K. Investigation of dietary fiber production from fruit conversion industry pulp, 9th National Congress of Chemical Engineering of Iran, Iran University of Science and Technology, 2004. (Persian)

[8]Lebesi D.M, Tzia C. Effect of the addition of different dietary fiber and edible cereal bran sources on the baking and sensory characteristics of cupcakes. Food Bioproc, Tech 2011; 4: 710-722.

[9]Zavehzad, N., and Haghayegh, Gh.H. 2016. Utilization of melon seed flour as fat replacer in production of low fat oil cake and evaluation quantitative and qualitative of final product. *Journal of Food Science and Technology*, 52(13): 15-23 [in Persian].

[10]Qureshi1 A, Ainee1 A, Nadeem1 M, Munir M.T. Effect of Grape Fruit Albedo Powder on the Physicochemical andSensory Attributes of Fruit CakeSaqib Jabbar2 2017.

[11]Jeddou K.B. Bouaziz F. Zouari-Ellouzi S. Chaari F. Ellouz-Chaabouni S. Ellouz-Ghorbel R. & Nouri-Ellouz O. Improvement of texture and sensory properties of cakes by addition of potato peel powder with high level of dietary fibre and protein Food Chem 2017; 21(7): pp. 668-677.

[12]AOAC (Association of Official Analytical Chemists International). Official methods of

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-17]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.119.1.1]
[DOI: 10.52547/fsct.18.119.259]

analysis. 18th ed.Maryland: AOAC INTERNATIONAL.2005.
[13]Official Methods of Analysis (2000) 17th Ed., AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD, Official Method 920.39.
[14]Felisberto M.H.F, Wahanik A.L, Gomes-Ruffi C.R, Clerici M.T.P.S, Chang Y.K, and Steel C.J. (2015),. Use of chia (Salvia hispanica L.) mucilage gel to reduce fat in pound cakes. LWT - Food Science and Technology 2015; 63: 1-7.
[15]AACC. Approved Methods of the AACC. (10th Edition). American Association of Cereal Chemists, st Paul, (Methods 46-10, 30-25, 08-01, 44-15), 2000.
[16]Anonymous. Light Products Survey Booth Research Services, Inc. For the Calorie Control Council, Atlanta, GA. 2000 a.
[17]Kalinga D.N. Delivering β–glucan via selected bakery systems: cake. MS Thesis, School of Biomedical and Health Sciences Faculty of Health, Engineering and Science Victoria University, Blacksburg, Montgomery County, Virginia, USA, 2010.
[18]Kirbas Z, Kumcuoglu S, & Tavman S. Effects of apple, orange and carrot pomace powders on gluten-free batter rheology and cake properties. Journal of food science and technology 2019; 56(2), 914-926.
[19]Adegunwa M.O, Kayode B.I. Kayode R.M.O, Akeem S.A, Adebowale A.A & Baker H.A. Characterization of Wheat flour enriched with cashew apple(Anacardium occidentale L) fiber for cake production .journal of Food Measurement and Characterization 2020;1-12.
[20]Majzoobi M, Habibi M., Hedayati S, Ghiasi F, and Farahnaky A. Effects of commercial oat fiber on characteristics of batter and sponge cake. 2018
[21]Aydogdu A., Sumnu G., & Sahin S. Effects of addition of different fibers on rheological characteristics of cake batter and quality of cakes. Journal of food science and technology2018; 55(2), 667-677.
[22]Salehi F, Kashaninejad M, Asadi F. & Najafi A. Improvement of quality attributes of sponge cake using infrared driedbutton mushroom. Journal Food ScienceTechnology2016; 53(3):1418-1423.(Persian).
[23]Lu T. M, Lee C, Mau J. L, & Lin Sh. L. Quality and antioxidant property of green tea sponge cake. Journal of Food Chemistry2010; 119: 1090-1095
[24]Salehi F, Kashaninejad M, Asadi F. & Najafi A. Improvement of quality attributes of sponge cake using infrared dried button mushroom. Journal Food ScienceTechnology2016; 53(3):1418-1423. (Persian).
[25]Moradi F., Nasehi B. Investigation the properties of dough and Barbary bread enriched with sugarcane bagasse. Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology 2017; 6(3): 235-244. (Persian).
[26]Noor Aziah, A. A., Lee Min, W., & Bhat, R. (2011). Nutritional and sensory quality evaluation of sponge cake prepared by incorporation of high dietary fiber containing mango (Mangifera indica var. Chokanan) pulp and peel flours. International journal of food sciences and nutrition, 62(6), 559-567.
[27]Grigelmo-Miguel N, Carreras-Boladeras E, Martin-Belloso O (2001) Influence of the addition of peach dietary fiber in composition, physical properties and acceptability of reduced-fat muffins. Food Sci Technol Int 7(5):425–431.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-17]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.119.1.1]
[DOI: 10.52547/fsct.18.119.259]

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Effect of fat replacement with apple pomace fiber on the chemical and textural properties of the cake

Sabet Ghadam, M. [1], Saeedi Asl, M. R. [1], Sharifi, A. [2*], Pedram nia, A. [1], Armin, M. [1]

1. Department of Food Science and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran
2. Department of Food Science and Technology, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran

ARTICIE INFO

Article History:

Received 2019/ 09/ 14
Accepted 2021/ 08/ 23

Keywords:

Apple pomace fiber,
Cake,
Fat substitute,
Textur analysis.

DOI: 10.52547/fsct.18.119.259

*Corresponding Author E-Mail:
asharifi@qiau.ac.ir

ABSTRACT

The aim of this study was to produce a suitable cake with reduced fat with the help of apple pomace fiber as a fat substitute. After preparing fiber from apple pomace by water extraction method, first some properties of this fiber were evaluated. Due to the low amount of fat and energy and the amount of crude fiber, the extracted apple fiber was able to replace carbohydrate-based fat for flour products. In this study, optimization of the cake production process by three factors, including apple fiber with a ratio of (0.5, 10%) and oil (16.38, 15.47, 14.57%) with a shelf life of 0, 15 and 30 days. Response method was performed. The result showed that with increasing the amount of fiber moisture, fat, firmness and adhesion, the springiness of the cakes increased and the volume decreased. With increasing shelf life, moisture, fat, aw increased and the firmness and stickiness of cake spring decreased. The results of this study show that the cake containing 5.163% fiber and 14.9% oil in 8 days was the best sample. The results showed that the use of apple pomace in the cake reduced the fat content by 9.3% compared to the control sample. According to the optimization results, the optimum sample moisture content is 22.847%, water activity 0.850%, fat 15.018%, specific gravity 82.737 cm3/g, hardness 10809 (N), spring content 0.747 cm and the amount of adhesion was determined to be 0.392.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-17]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.119.1.1]
[DOI: 10.52547/fsct.18.119.259]