مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بهینه یابی فرمولاسیون پرمیکس جایگزین چربی به روش سطح پاسخ و بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی کیک با چربی کاهش یافته

زهرا نظری[۱]، رضا کاراژیان[۲*]، معصومه مهربان سنگ آتش[۱]، احمد احتیاطی[۱]

۱- گروه پژوهشی کیفیت و ایمنی مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی. جهاد دانشگاهی خراسان رضوی.

۲- گروه بیوتکنولوژی صنعتی میکروارگانیسم‌ها، پژوهشکده بیوتکنولوژی صنعتی. جهاد دانشگاهی خراسان رضوی.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۱۰

کلمات کلیدی:

کیک کم‌کالری،

مالتودکسترین،

اینولین،

خصوصیات بافتی،

متدولوژی سطح پاسخ

DOI: 10.22034/FSCT.19.133.187

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.133.16.1

* مسئول مکاتبات:

Reza_karazhyan2002@yahoo.com

چکیده

یکی از مشکلات شایع در جوامع امروزی، میزان کالری دریافتی و افزایش وزن به علت مصرف طولانی محصولات پرکالری است. از این‌رو هدف از این تحقیق تولید کیک کم‌کالری، با کاهش میزان چربی و بهینه‌سازی فرمولاسیون آن توسط کنستانتره پروتئین آب‌پنیر، مالتودکسترین و اینولین به‌منظور کاهش کالری بود. در این پژوهش از متدولوژی سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی به‌منظور بررسی و بهینه‌سازی متغیرهای مستقل شامل کنستانتره پروتئین آب‌پنیر (۱۳-۳ درصد؛x_1)، مالتودکسترین (۳/۰-۰ درصد؛x_2) و اینولین (۱-۰ درصد؛x_3) بر ویژگی‌های محصول نهایی استفاده شد. نتایج مرحله بهینه‌سازی نشان داد که با کاهش چربی فرمولاسیون و افزودن مالتودکسترین و اینولین میزان رطوبت و فعالیت‌آبی نمونه‌های کیک بهتر حفظ شده که منجر به کاهش سفتی و همچنین افزایش پیوستگی بافت نمونه‌های کیک و درنتیجه محصولی نرم‌تر با بیاتی کمتر تولید گردید. همچنین کاربرد این ترکیبات در فرمولاسیون کیک اثر منفی ناشی از حذف بخشی از چربی بر کاهش تخلخل و حجم کیک را تا حد زیادی جبران نمود. شرایط بهینه فرمولاسیون جهت به حداقل رساندن سفتی و همچنین به حداکثر رساندن حجم و پیوستگی کیک که درآزمایش‌های عملی مورد تأیید قرار گرفت، برای پارامترهای مستقل شامل میزان کنستانتره پروتئین آب‌پنیر، مالتودکسترین و اینولین به ترتیب ۶/۶٪، ۰/۳٪ و ۱٪به دست آمد. در این نقطه بهینه مقادیر پاسخ‌ها شامل رطوبت، فعالیت‌آبی، سفتی، پیوستگی بافت و حجم نمونه‌ها به ترتیب برابر ۱۸/۰۷ درصد، ۰/۷۸، ۰/۱۸ نیوتن، ۱/۲۶ و ۹۶ سانتی‌متر مکعب بود.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-16]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.133.16.1]

[DOI: 10.22034/FSCT.19.133.187]

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-16]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.133.16.1]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.133.187]

۱- مقدمه

امروزه، تحرک کم و مصرف مقادیر بالای چربی یکی از عواملی است که باعث ایجاد چاقی و بیماری‌های بسیار در جوامع بشری می‌شود. میانگین مصرف سرانه روغن ایران حدود ۲۲ کیلوگرم اعلام شد، این در حالی است که میانگین مصرف سرانه آن در کشورهای توسعه‌یافته ۱۹ کیلوگرم است. در نتیجه، اهداف تغذیه‌ای جهت محدود کردن کل چربی دریافتی به کمتر از ۳۱٪ کل کالری و چربی اشباع شده به کمتر از ۹۱٪ کل انرژی مصرفی در نظر گرفته شده است [۱]. به جهت اینکه چربی سبب تغییر یا ایجاد خصوصیات متعددی در انواع غذا می‌شود، جایگزینی آن امری دشوار است[۲]. جایگزین‌های چربی ترکیباتی هستند که دارای خواص عملکردی، ثبات، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی همانند چربی‌ها هستند ولی در هر گرم میزان کالری کمتری در مقایسه با چربی‌ها تولید می‌کنند. در جایگزین کردن چربی بایستی خواص عملکردی آن ترکیبات در فرمولاسیون فرآورده از قبیل ثبات امولسیون، ماندگاری و خواص ارگانولپتیکی مورد توجه قرار گیرد[۳]. جایگزین‌های چربی می‌توانند بر اساس ساختمان شیمیایی خود به سه دسته برپایه کربوهیدرات، پروتئین و چربی طبقه‌بندی شوند[٤]. ظرفیت ژله‌ای شدن، توانایی افزایش ویسکوزیته محلول‌های آبی و اثر بر ویژگی‌های رئولوژیکی، مهم‌ترین ویژگی جایگزین‌های چربی است[٤]. مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی کیک، رنگ، اندازه، شکل و بافت آن است. تفاوت در نسبت مواد مورداستفاده و از طرفی ویژگی‌های خمیر به‌عنوان محصول میانی بین مواد اولیه و محصول نهایی، بر ویژگی‌های محصول نهایی تأثیر دارد[۵]. کاهش چربی باعث افزایش ویسکوزیته خمیر و استفاده از جانشین چربی باعث کاهش چگالی خمیر می‌گردد[٦]. بث و همکاران (۱۹۹۲) دریافتند خمیرهای تهیه‌شده با چربی بیشتر نسبت به خمیرهای حاوی چربی کمتر (به دلیل ورود هوا و چربی بیشتر) عایق‌های بهتری هستند[۷]؛ بنابراین در هنگام پخت شیب حرارتی شدیدی از بیرون به مرکز کیک به وجود می‌آید که باعث برآمده شدن سطح کیک می‌گردد. سیستم‌های اصلاح‌شده چربی می‌توانند خصوصیات سلامتی و تغذیه‌ای بهتری را ایجاد کنند[۸]. اثر جانشین‌های چربی بر روی خصوصیات خمیر کیک توسط سیمولی و همکاران (۲۰۱۳) مورد ارزیابی قرار گرفت. آن‌ها از جانشین‌های چربی شامل مالتودکسترین، اینولین، اولیگوفروکتوز، پکتین مرکبات و پروتئین‌های ریز مولکول شدهبه‌صورت مجزا استفاده کردند. در نمونه‌های کیک با جایگزینی بیشتر از ٦٥ درصد جایگزین چربی، در همه نمونه‌ها، سختی و الاستیسیته افزایشیافت و این در حالی بود که میزان حجم کاهش یافت. همچنین در نمونه‌ها با افزایش میزان جانشین چربی امتیاز طعم و عطر آن کاهش یافت و در کل نمونه‌های ۱۰۰ درصد جایگزین شده چربی، قابل‌قبول نبودند؛ اما در میزان جایگزینی ٦٥ درصد نمونه‌ها ازلحاظ بافتی، فیزیکی و حسی قابل‌قبول بودند[۹]. در تحقیق رودریگویز و همکاران (۲۰۱٤) چندین سطح جانشین چربی به‌وسیله اینولین در کیک اسفنجی از لحاظ خصوصیات فیزیکوشیمیایی و ریزساختاری بررسی شد. جایگزینی روغنی با اینولین به‌طور قابل‌توجهی، ویسکوزیته خمیر کیک را کاهش داد و در آن حباب‌های غیریکنواخت را که با میکروسکوپ نوری قابل‌رؤیتبود ایجاد کرد. چربی قرارگرفته در لایه داخل حباب‌ها باعث توسعه ساختار کیک در حین پخت گردید. کیک‌ها با میزان جانشینی چربی تا حدود ۷۰ درصد دارای حباب‌های هوای بیشتری در بافت خود بوده، بافت نرم‌تر بود و قابلیت پذیرش بیشتری ازنظر ارزیابان حسی داشتند[۱۰]. سندرز و همکاران (۱۹۹۳) از ایزوله پروتئین آب‌پنیر و صمغ زانتان به‌عنوان یک مخلوط برای جایگزینی چربی در نان استفاده کردند. خصوصیات بافتی و ویسکوزیته نمونه‌های با میزان چربی کاهش‌یافته برای بهینه‌سازی فرمولاسیون جایگزینی چربی با استفاده از روش سطح پاسخ ارزیابی شد. نتایج نشان داد که مخلوط پروتئین آب‌پنیر و زانتان اثر مثبتی دارد و ازنظر بافت و ویسکوزیته شرایط مناسبی را در نمونه‌های با چربی کاهش‌یافته ایجاد می‌کنند[۱۱]. رودریگز و همکاران (۲۰۱٤) عملکرد آنزیم لیپاز و امولسیفایر را در خمیر کیک دارای اینولین، به‌عنوان جانشین چربی مطالعه کردند. افزودن امولسیفایر باعث کاهش دانسیته نسبی در خمیر کیک شد. همچنین خصوصیات ویسکوالاستیک خمیر کیک را افزایش داد[۱۰]. نقش تکنولوژیکی چربی در فرآورده‌های بر

پایه غلات شامل نگهداری هوا در خمیر و تشکیل غشا در اطراف سلول‌های هوا و ایجاد تخلخل در فرآورده، نرمی بافت و بهبود طعم، احساس دهانی مطلوب، بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی و افزایش ماندگاری محصول می‌باشد. ازاین‌رو جانشین‌های چربی بر پایه چربی، پروتئین و کربوهیدرات، برای تهیه مخلوط جایگزین، مورداستفاده قرار می‌گیرند. هدف از این تحقیق دستیابی به جایگزین چربی مناسب برای محصولات پخت (به‌صورت موردی، کیک)بود. جهت ارزیابی مخلوط جایگزین چربی، خصوصیات بافتی، رطوبت، فعالیت-آبی و حجم کیک حاصله مورد ارزیابی قرار گرفت و ترکیبات بهینه جایگزین چربی انتخاب شد.

۲- مواد و روش‌ها

مواد اولیه این تحقیق شامل آرد نول ۲۸٪ (رطوبت ۱۲/۶٪، خاکستر ۰/۵۶٪، گلوتن مرطوب ۲۶/۷٪، پروتئین ۹/۶۷٪، عدد زلنی ۲۱/۷٪)، شکر ۲۵٪، چربی ۱۲٪، آب ۲۷٪، پودرشیرخشک ۳٪، تخم‌مرغ ۳٪، نمک ۱٪، بیکینگ‌پودر ۱٪ بودند که از فروشگاه‌های مواد غذایی تهیه شد. کنستانتره پروتئین آب‌پنیر[1] (هیلمار ۸۰۱۰-امریکا)، مالتودکسترین (چین) و اینولین از شرکت پویاکابک تهیه شد.

۲-۱- تولید کیک

ابتدا تخم‌مرغ و شکر به مدت یک دقیقه با کمترین سرعت، مخلوط شد، سپس روغن اضافه و مخلوط شد، همه مواد خشک و آب به ترتیب اضافه شد و به مدت سه دقیقه مخلوط شد. ۳۶ گرم از خمیر کیک در قالب‌های کاغذی توزین گردید، سپس در آون معمولی برای ۲۵ دقیقه در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد.پس از پخت، کیک‌ها در دمای اتاق به مدت ۲۰ دقیقه سرد و بسته‌بندی شدند [۱۲]. WPC، مالتودکسترین و اینولین پس از آماده‌سازی اولیه (مخلوط شدن و ماندن به مدت یک شب) به صورت ژل به فرمولاسیون کیک افزوده شدند. پخت نمونه‌ها و آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی در سه تکرار انجام گرفت.

۲-۲- اندازه‌گیری ویژگی‌های آرد

رطوبت آرد با استفاده از روش AACC 15-44، خاکستر بر اساس روش AACC 08-01، گلوتن مرطوب با روش AACC38-10، پروتئین با روش AACC 12-46 و عدد زلنی بر اساس روش AACC 56-60 اندازه‌گیری شدند[۱۳].

۲-۳- اندازه‌گیری حجم

برای محاسبه حجم نمونه‌های کیک از استاندارد AACC، ۲۰۰۰ شماره ۷۲-۱۰ استفاده شد. نمونه‌های کیک پس از خنک شدن کامل با دقت ۰/۰۰۱ توزین و سپس جهت محاسبه حجمنمونه‌ها از روش جابجایی با دانه کلزا استفاده شد، به‌این‌ترتیب که یک مزور ۱۰۰۰ میلی‌لیتری از دانه کلزا پروسیس مقداری از دانه‌ها درون یک بشر ۲۰۰۰ میلی‌لیتری ریخته شد، نمونه داخل بشر قرار گرفت و به حجم ۱۰۰۰ رسید حجم دانه باقیمانده در مزور نمایانگر حجم نمونه‌های کیکبرحسبسانتی‌متر مکعببود[۱۴].

۲-۴- تعیین رطوبت

برای محاسبه میزان رطوبت، از استاندارد AACC،۲۰۰۰ شماره ۴۴-۱۶ و با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج مادون‌قرمز و بر اساس دستورالعمل سازنده برای محاسبه رطوبت استفاده گردید[۱۴].

۲-۵- تعیین فعالیت‌آبی

برای تعیین فعالیت‌آبی از دستگاه تست و مدل ۴۰۰ و فعالیت‌آبی نمونه ها مطابق دستورالعمل سازنده این دستگاه تعیین شد. سل دستگاه با کیک آسیاب شده در روز تولید پر شد و میزان فعالیت‌آبی در دمای ۲۵ درجه تعیین گردید[۱۵].

۲-۶- ارزیابی بافت

برای تعیین خصوصیات بافت کیک (شامل سفتی[2]، صمغی بودن[3] و پیوستگی[4]) از دستگاه بافت سنج و آزمون TPA بر اساس روش روندا و همکاران(۲۰۰۵) استفاده شد[۱۶]. در این آزمون قطعه‌ای ۲۰×۲۰×۲۰ میلی‌متر مکعب از مغز کیک توسط چاقوی برقی بریده‌شده و در زیر پروب دستگاه قرار گرفت،

1. whey protein concentrate: WPC

2. Hardness
3. Gumminess
4. Cohesiveness

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-16]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.133.16.1]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.133.187]

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-16]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.133.16.1]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.133.187]

پروب استوانه‌ای مسطح به قطر خارجی ۳۵ میلی‌متر برای فشردن هر نمونه تا ۵۰٪ ارتفاع اولیه این (۲۰ میلی‌متر) با سرعت ۳۰ میلی‌متر بر دقیقه، نقطه شروع ۰/۰۵ نیوتن و سل اعمال نیروی ۵ کیلوگرم برای انجام این آزمون انتخاب شد. خصوصیات بافتی در روز تولید مورد ارزیابی قرار گرفت[۱۶].

۲-۷- تجزیه‌وتحلیل آماری

در این تحقیق طرح مرکب مرکزی (CCD) با سه متغیر مستقل و شش تکرار در نقطه مرکزی طرح، جهت یافتن اثر متغیرهای مستقل (چربی x_1، صمغ زانتان x_2، نشاسته x_3) بر برخی خصوصیات کیفی کیک پخته‌شده به روش ماکروویو مورداستفاده قرار گرفت. داده‌های به‌دست‌آمده در این طرح با استفاده از نرم‌افزار Design Expertمدل‌سازی شده منحنی‌های سطح پاسخ جهت بررسی رابطه میان پاسخ‌ها و متغیرهای مستقل رسم شد. سطوح متغیرهای مستقل به‌صورت حقیقی و کدشده در جدول ۱ارائه شده است. برای ارزش سنجی شرایط پیشنهادشده توسط نرم‌افزار، نمونه بهینه از فرمول پیشنهادی نرم‌افزارDesign Expert در سه تکرار تولید شد و برای مقایسه از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۲۱) استفاده گردید.

Table 1 Independent variables and their values

Independent variables	code	-1	0	+1
WPC(%)	X_1	3	8	13
Maltodextrin(%)	X_2	0	0.15	0.3
Inulin(%)	X_3	0	0.5	1

Table 2 Statistical analysis result of reduced second-order polynomial fitted model on the response data

Test	Model	Average	Standard deviation	R^2	R^2-adj	Lack of fit
Moisture	$M = 21.30 - 0.56x_1 - 12.54x_2 - 0.60x_3 + 0.042x_1^2 - 26.92x_2^2 - 3.51x_2x_3$	21.13	0.19	0.95	0.93	0.133
Water activity	$aw = 0.66 + 0.022x_1 - 0.136x_2 - 0.0304x_3 + 0.67x_2^2 - 0.017x_1x_2 + 0.16x_2x_3$	0.87	0.013	0.97	0.96	0.317
Hardness(N)	$H = 0.244 - 0.0046x_1 - 0.044x_2 - 0.025x_3$	0.21	0.0058	0.92	0.91	0.692
Cohesiveness	$Coh = 0.924 + 0.014x_1 + 1.22x_2 - 0.107x_3 - 00067x_1^2 - 3.86x_2^2 + 0.085x_3^2 + 0.0106x_1x_3$	1.09	0.0042	0.99	0.99	0.121
Volume	$V = 96.72 - 5.13x_1 - 2.52x_2 - 4.27x_3 + 0.402x_1^2 + 3.21x_1x_2 + 1.98x_1x_3$	95.67	1.38	0.98	0.98	0.248

۳- بحث و نتیجه‌گیری

۳-۱- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر میزان رطوبت کیک

همان‌طور که تأثیر متغیرهای مستقل بر درصد رطوبت در شکل ۱ نشان داده شده است، میزان چربی تأثیر زیادی بر تغییرات رطوبت محصول نهایی داشت. نتایج آنالیز واریانس و شکل‌های سطح پاسخ نشان می‌دهد که با افزایش WPC در فرمولاسیون تا ۸ درصد تغییر معنی‌داری در میزان رطوبت مشاهده نشد ولی با افزایش آن تا ۱۳ درصد، رطوبت محصول به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد ($p<۰/۰۵$)، این در حالی بود که تغییرات اینولین تأثیر معنی‌داری بر رطوبت کیک نداشت. نتایج اثر مالتودکسترین نیز نشان داد که با افزودن مالتودکسترین تا ۰/۲ درصد میزان رطوبت در محصول نهایی افزایش یافت درحالی‌که با افزودن مالتودکسترین تا میزان ۰/۳ درصد در فرمولاسیون کیک، رطوبت محصول تغییر زیادی پیدا نکرد، بنابراین نمونه‌های کیک حاوی ۱۳ درصد WPC و ۰/۱۵ مالتودکسترین دارای بیشترین میزان رطوبت بودند. تابع پاسخ (رابطه مدل) جهت تخمین میزان رطوبت کیک با توجه به ضرایب رگرسیونی محاسبه شده، به‌صورت رابطه جدول ۲ به دست آمد که بالا بودن ضریب R^2 و R^2 اصلاح‌شده و همچنین عدم معنی‌داری آزمون Lack of fit مؤید قدرت بالای مدل درجه دوم کاسته می‌باشد. ترتیب اثرگذاری متغیرهای مستقل بر این پارامتر به‌صورت:

WPC> مالتودکسترین > اینولین بود. راهم و همکاران (۲۰۱۲) نشان داند که استفاده از اینولین به‌عنوان جایگزین چربی در مافینبر مقدار رطوبت اثر معنی‌داری نداشت.[۱۷].

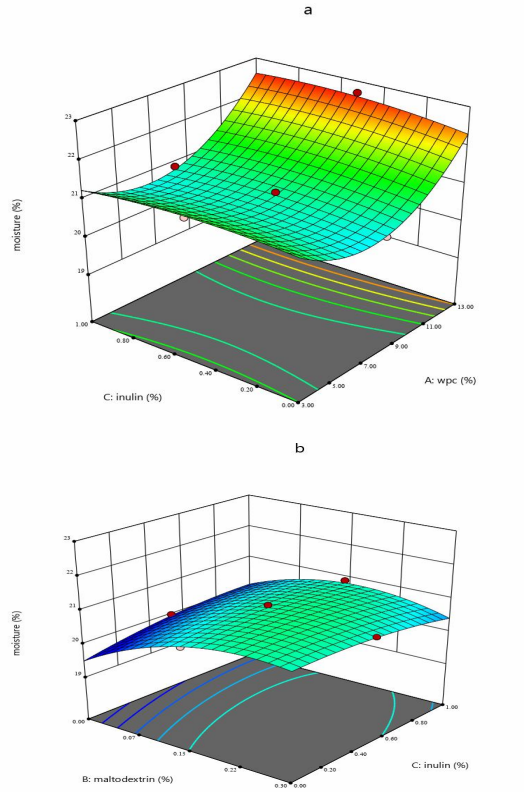

Fig 1 The effectiveness of the response surface curves a) Inulin and WPC b) Maltodextrin and Inulin on moisture content of cake

۳-۲- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر فعالیت آبی کیک

شکل ۲ نشان می‌دهد که در صورت استفاده هم‌زمان مالتودکسترین و اینولین، به علت افزایش تعداد گروه‌های عاملی و اثر آن برافزایش میزان جذب آب، فعالیت‌آبی بیشتری نسبت به زمانی که مالتودکسترین و اینولین به‌صورت جداگانه استفاده می‌شوند، داشته که نشان‌دهنده اثر سینرژیستی این دو ترکیب بر این پارامتر می‌باشد (شکل ۲). همچنین نتایج نشان داد که اثر مستقل میزان WPC و اثر متقابل آن با مالتودکسترین معنی‌دار بود (P<۰/۰۵) و با افزایش میزان WPC فرمولاسیون از ۳ تا ۱۳ درصد فعالیت‌آبی نمونه‌های کیک به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد و بیشترین فعالیت‌آبی در نمونه‌های حاوی ۱۳ درصد WPC مشاهده گردید (شکل ۲). ترتیب اثرگذاری متغیرهای مستقل بر این پارامتر به‌صورت:

WPC> مالتودکسترین > اینولین بود.

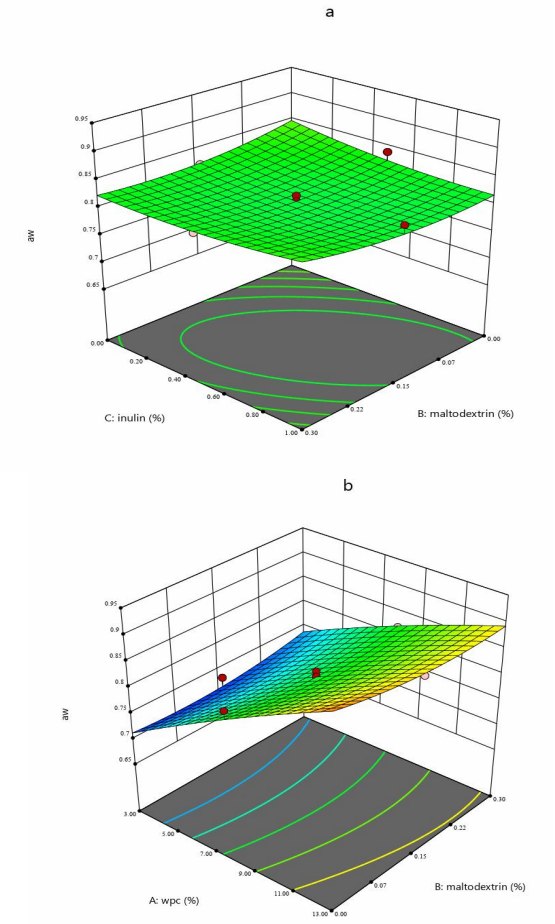

Fig 2 The effectiveness of the response surface curves a) Maltodextrin and Inulin b) Maltodextrin and WPC on water activity of cake

۳-۳- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر ویژگی‌های بافتی کیک

۳-۳-۱- سفتی بافت

بافت از ویژگی‌های کیفی مهمی است که نظر مصرف‌کننده نسبت به یک محصول را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. تعداد، اندازه و نحوه توزیع سلول‌های هوا بر بافت و درنتیجه کیفیت خوراکی محصول اثر دارد. همچنین تعداد و اندازه سلول‌های هوا بر ساختار کیک، بر ضخامت دیواره‌های سلولی و درنتیجه بر نیروی موردنیاز برای گاز زدن، جویدن و بلع آن مؤثر است [۱۸]. از آن جایی که گلبول‌های چربی، هوا را به دام می‌اندازند در ماتریکس خمیر و طی فرایند مخلوط کردن، محصولی حجیم، با بافتی نرم طی فرایند پخت به دست می‌آید،

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-16]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.133.16.1]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.133.187]

همچنین چربی خصوصیت امولسیفایری داشته و با مقدار زیادی آب در خمیر باند می‌شود که باعث بهبود و نرمی بافت می‌شود[۱۹]. با کاهش میزان روغن، به علت این‌که روغن باعث نگهداری حباب‌های هوا می‌شود بنابراین با کاهش روغن، میزان حباب‌های هوا کمتر می‌شود و کیک فشرده‌تر و بافت سفت‌ترمی‌شود و افزودن اینولین به نمونه‌های کیک اسفنجی کم‌چربی، باعث کاهش میزان سفتی بافت گردید[۲۰]. تأثیر متغیرهای مستقل بر میزان سفتی بافت در شکل ۳ نشان داده‌شده است. نتایج نشان داد که مالتودکسترین و اینولین به‌طور معنی‌داری بر سفتی محصول مؤثر بودند به‌طوری‌که با افزایش مالتودکسترین و اینولین در غلظت ثابت WPC (۸ درصد) سفتی بافت کیک به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P<0/01$)، به این ترتیب، بیشترین سفتی مربوط به نمونه‌های کیک حاوی کمترین مقادیر این ترکیبات بود. همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان WPC فرمولاسیون نیز اثر قابل‌توجهی بر سفتی نمونه‌های کیک داشت و با افزایش میزان WPC، سفتی بافت، کاهش یافت (شکل ۳).

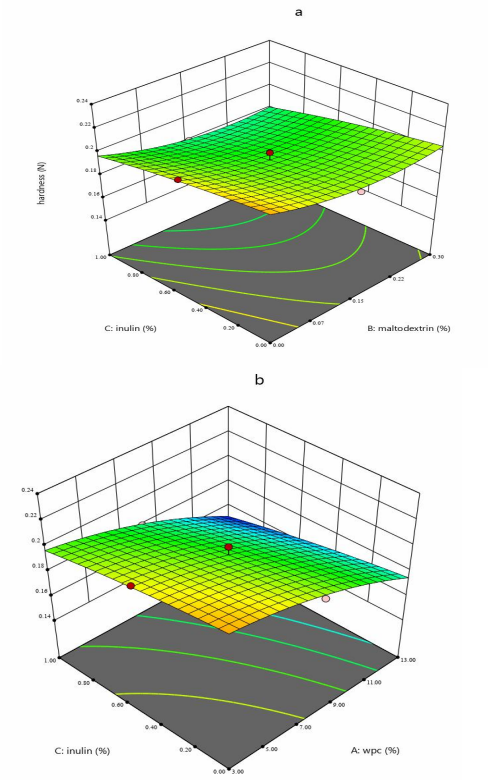

Fig 3 The effectiveness of the response surface curves a) Maltodextrin and Inulin b) WPC and Inulin on hardness of cake

احتمالاً دلیل کاهش سفتی کیک با افزایش مالتودکسترین، اینولین و WPC این باشد که با افزایش میزان هر سه متغیر مستقل در فرمولاسیون، میزان حفظ رطوبت و در نتیجه فعالیت آبی نمونه‌ها پس از پخت افزایش پیدا می‌کند. ترتیب اثرگذاری متغیرهای مستقل بر این پارامتر به‌صورت: WPC> اینولین > مالتودکسترین بود.

۳-۳-۲- پیوستگی بافت

همان‌طور که در شکل ٤ مشاهده می‌شود متغیرهای WPC و اینولین به‌صورت سینرژیست موجب افزایش پیوستگی بافت کیک پس از پخت شد، در تمام سطوح اینولین،افزایش WPC باعث افزایش قابل توجه پیوستگی بافت نمونه‌ها شده است.

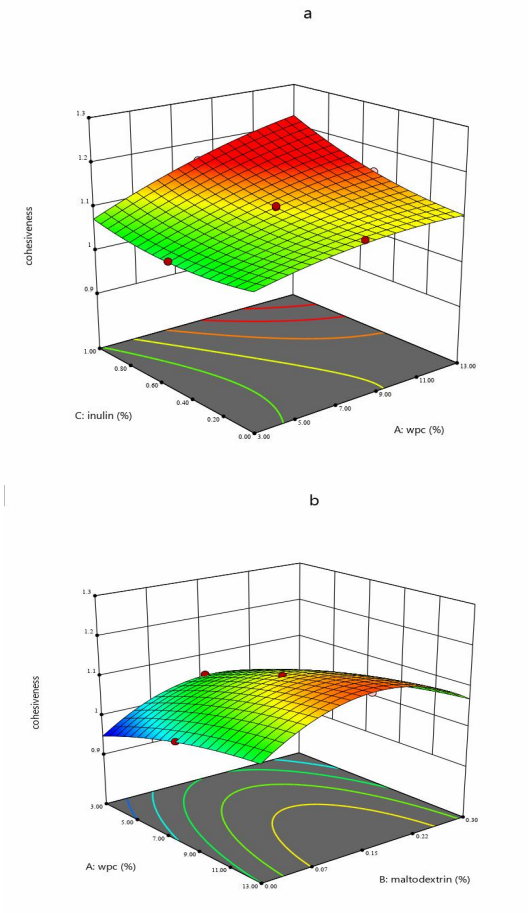

Fig 4 The effectiveness of the response surface curves a) Inulin and WPC b) Maltodextrin and WPC on cohesiveness of cake

با توجه به اثر سینرژیستی این دو ترکیب، پیوستگی بافت نمونه‌های حاوی این ترکیبات افزایش یافته است. طبق نتایج آنالیز واریانس و شکل‌های سطح پاسخ افزودن مالتودکسترین تا ۰/۱۵ درصد در فرمولاسیون خمیر کیک نیز باعث افزایش

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-16]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.133.16.1]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.133.187]

پیوستگی بافت محصول نهایی شده، درحالی‌که با افزایش مالتودکسترین تا ۰/۳ درصد، روند پیوستگی بافت کاهشی بود (شکل ٤). بر اساس مقادیر و معنی‌داری ضرایب مدل کاسته که در جدول ۲نشان داده‌شده است، ترتیب اثرگذاری متغیرهای مستقل بر پیوستگی بافت به‌صورت: WPC> اینولین > مالتودکسترین بود. راسل و همکاران در سال ۲۰۱۲ با افزودن اینولین به کیک لایه‌ای بدون گلوتن نشان دادند که با افزودن اینولین به فرمولاسیون کیک نسبت به نمونه شاهد، پیوستگی افزایش می‌یابد[۲۱].

۳-٤- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر تغییرات حجم کیک

همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شودWPC بیشترین تأثیر را برافزایش حجم نمونه‌های کیک داشت و با افزایش میزان WPC در فرمولاسیون خمیر حجم نمونه‌های کیک افزایش نشان داد.

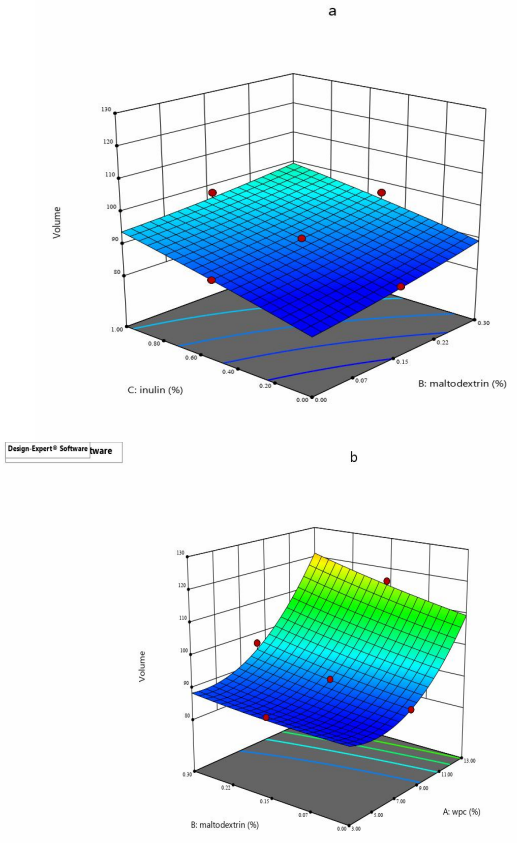

Fig 5 The effectiveness of the response surface curves a) Maltodextrin and Inulin b) Maltodextrin and WPC on volume of cake

نتایج همچنین نشان داد که افزایش مالتودکسترین و اینولین نیز تأثیر مثبت و معنی‌داری برافزایش حجم نمونه‌های کیک داشت ($p<۰/۰۵$)، بدین‌صورت که با افزایش میزان مالتودکسترین و اینولین در فرمولاسیون، میزان حجم نمونه‌های کیک به‌طور خطی افزایش یافت. یکی از عوامل مهم بر مقدار حجم کیک، هوادهی خمیر است که تابعی از ویسکوزیته خمیر می‌باشد. کاهش چربی باعث افزایش ویسکوزیته خمیر و استفاده از جایگزین چربی باعث کاهش چگالی خمیر می‌گردد[۲].

۳-۵- نتایج حاصل از بررسی ارزیابی حسی

برای تعیین وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین کیک کم‌کالری تهیه‌شده با کیک شاهد از آزمون سه‌تایی استفاده شد، به این صورت که نمونه‌ها با رمزهای عددی سه‌تایی به همراه برگه ارزیابی در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفت. تعداد کل ارزیاب‌ها ۲۰ نفر و تعداد پاسخ‌های صحیح ۸ بود. به این معنی که از ۲۰ ارزیاب شرکت‌کننده، ۸ ارزیاب قادر به تشخیص تفاوت بوده و ۱۲ ارزیاب موفق به تشخیص تفاوت نشدند. اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ($p<0.01$) بین نمونه بهینه تولیدی و نمونه شاهد وجود نداشت، به‌عبارت‌دیگر برای معنی‌داری تفاوت بین دو نمونه در این سطح احتمال، از بین ۲۰ ارزیاب حداقل باید ۱۳ نفر قادر به تشخیص تفاوت باشند.

۳-٦- بهینه یابی

شرایط بهینه برای فرمولاسیون پرمیکس جایگزین چربی جهت تهیه کیک کم‌کالری با استفاده از متغیرهای مستقل WPC، مالتودکسترین و اینولین بر روی پارامترهای مورداندازه‌گیری با استفاده از تکنیک بهینه‌سازی عددی[5] نرم‌افزار Design Expert بررسی شد. بدین منظور، ابتدا اهداف بهینه‌سازی را مشخص کرده و سپس سطوح پاسخ‌ها و متغیرهای مستقل تنظیم شد. برای این منظور مقدار حجم و پیوستگی در حداکثر و مقدار سفتی بافت در حداقل و رطوبت و a_w و همچنین متغیرهای مستقل در حالت in range انتخاب شدند. پس از بهینه یابی نهایی، مقادیر پاسخ‌ها شامل رطوبت، فعالیت‌آبی، سفتی و پیوستگی بافت و حجم نمونه‌ها به ترتیب برابر ۱۸/۰۸ درصد، ۰/۷۸، ۰/۱۸ نیوتن، ۱/۲٦ نیوتن و ۹٦ سانتی‌متر مکعب بود. در شرایط بهینه مقادیر متغیرهای مستقل شامل میزان WPC، مالتودکسترین و اینولین به ترتیب ٦/٦، ۰/۳ و ۱ درصد به دست آمد (جدول ۳).

5. Numerical optimization

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-16]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.133.16.1]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.133.187]

Table 3 The results of the optimization of formulation of low calorie

	Moisture(%)	aw	*hardness(N)	*cohesiveness	Volume(cm^3)
Low fat cake	18.08	0.78	0.18	1.26	96
control	17.91	0.76	0.21	1.24	95

* (significant difference at $P < 0.05$)

نتایج مرحله بهینه‌سازی فرمولاسیون پرمیکس جایگزین چربی نشان داد که با کاهش WPC و افزودن مالتودکسترین و اینولین، میزان رطوبت و فعالیت‌آبی نمونه‌های کیک بهتر حفظ‌شده و درنتیجه باعث کاهش سفتی و همچنین افزایش پیوستگی بافت نمونه‌های کیک شده و در نتیجه به تولید محصولی باکیفیت نهایی بالاتر منتهی شد. طبق نتایج کاهش WPC فرمولاسیون منجر به کاهش حجم نمونه‌های کیک می‌شود که با افزودن مالتودکسترین و اینولین این کاهش حجم نسبتاً جبران می‌گردد. فرمولاسیون بهینه نشان داد که با افزودن ۰/۳٪ مالتودکسترین و ۱٪ اینولین می‌توان میزان چربی فرمولاسیون را به نصف کاهش داد و درنتیجه محصولی کم‌کالری با ویژگی‌های سلامتی بخش بیشتری تولید کرد.درنهایت برای نشان دادن کارایی اثر پرمیکس جایگزین چربی در مقایسه با چربی، سه تکرار با فرمولاسیون یکسان نقطه بهینه پرمیکس جایگزین چربی (۶/۶٪WPC، ۰/۳٪ مالتودکسترین و ۱٪ اینولین) تهیه گردید و سپس میانگین ویژگی‌های کیک پخته‌شده با نمونه شاهد حاوی چربی مقایسه گردید. نتایج نشان داد درمجموعبه‌جز سفتی و پیوستگی بافت، اختلاف قابل‌توجهی بین دو نمونه کیک ازنظر خصوصیات مورد بررسی وجود نداشت (جدول ۳). همان‌طور که مشاهده می‌شود نمونه‌های حاوی پرمیکس جایگزین چربی به دلیل حفظ رطوبت و درنتیجه فعالیت‌آبی بالاتر، در مقایسه با نمونه شاهد سفتی بافت کمتری داشتند. همچنین کیک‌های حاوی پرمیکس جایگزین چربی ازنظر پیوستگی بافت نیز برتری نشان دادند و در مقایسه با کیک‌های شاهد به‌طورمعنی‌داری دارای پیوستگی و انسجام بافت بیشتری بودند.

٤- نتیجه‌گیری کلی

با توجه به اینکه چربی در محاسبات ارزش کالری زایی بالاترین فاکتور را داراست (۹ کیلوکالری /گرم)، کاهش آن در فرمولاسیون بسیار مورد توجه قرارگرفته است. از سوی دیگر به سبب نقش کلیدی چربی در کیک می‌بایست جایگزین مناسبی برای آن انتخاب شود تا ویژگی‌های آن ازلحاظ کیفی مانند طعم و رنگ آن حفظ گردد. جایگزین چربی حاوی سطوح بهینه‌ای از WPC، مالتودکسترین و اینولین به ترتیب ٦/٦، ۰/۳ و ۱٪ توسط روش آماری سطح پاسخ تعیین شد.

٥- منابع

[1] Anonymous. 2010. Dictionary of food science and technology, 2nd ed. International food information service. Wiley-Blackwell.

[2] Hui, Y.H. 2007. Bakery products: science and technology, Wiley-Blackwell.

[3] Rusinek, M. 2012. Cake: The centerpiece of celebrations. In: McWilliams, M. Editor. Celebration Proceedings of the Oxford Symposium on Food and Cookery 2011. Jellyfish Solutions. 308.

[4] Jia, C. Kim, Y.S. Huang, G. (2008). Sensory and instrumental assessment of Chinese.

[5] Laneuville, S. Paquin, P. Sylvie, L.2005 Formula Optimization of a Low-fat Food System Containing Whey Protein Isolate–Xanthan Gum Complexes as Fat Replacer. Journal of food science. Vol. 70, Nr. 8, 2005.

[6] Kalinga D.N. 2010. 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.

[7] Bath, D. Shelke, K. Hoseney, R. (1992). Fat replacers in high ratio layer cakes. Cereals Foods Word, 37.

[8] Hesso, N. Le-Bail, A. Loisel, C. Chevallier, S. Pontoire, B. Queveau, D. and Le-Bail, P. 2015. Monitoring the crystallization of starch and lipid components of the cake crumb during staling. Carbohydrate polymers, 133: 533-534.

[9] Psimouli, V. Oreopoulou, V. The Effect of Fat Replacers on Batter and Cake Properties. Journal of Food Science. Vol. 78. No. 10.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-16]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.133.16.1]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.133.187]

2013
[10] Rodríguez-García, j. Sahi, S. Hernando, I. Functionality of lipase and emulsifiers in low-fat cakes with inulin. LWT - Food Science and Technology. 58 (2014) 173-182.
[11] Sanders, S.W.1993. Dried Plums: A Multi-Functional Bakery Ingredient. Bulletin, 228:1-2.
[12] Seyhun, N. Sumnu, G. Sahin, S. 2005. Effects of different starch types on retrogradation of staling of microwave baked cakes, Food and Bioproducts Processing, 83(C1): 1–5.
[13] AACC, 1991, Approved methods of the AACC. Method 10-91. American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN.
[14] AACC.2000. Approved methods of the American of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
[15] Roa, V and Tapia, D.D. 1991. Evaluation of water activity measurement with a dew point electronic humidity meter. Lebensmwiss. Technol., 24(3): 208-213.
[16] Ronda, F., Gomez, M., Blanco, C. A., & Caballero, P. A. 2005. Effects of polyols andnondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. Food Chemistry, 90(4), 549–555.
[17] Rohm, H., Zahn, S. and Pepke, F.(2010). Effect of inulin as a fat replacer on texture and sensory propertiesof muffins. Journal of Food Science and Technology, 45: 2531–2537.
[18] Cauvain, S.P. Young, L.S. (2006). Baked products: Science, technology and practice Wiley on line library.
[19] O'Sullivan, M. G. (2019). Nutritional optimisation through reductions of salt, fat and sugar using sensory and consumer driven techniques. In R. Vasilios (Ed.)
[20] Go´mez, M., Mancho n, L., Oliete, B., Ruiz, E. and Caballero, C.M. (2005). Effects of polyols and nondigestibleoligosaccharides on the quality of suger –free sponge cakes. Food Chemistry, 90: 549-555.
[21] Rosell, M., Gularte, M.A., Hera, E. and Gómez, M. (2012). Effect of different fibers on batter and gluten-free layer cake properties. Food Science and Technology, 48: 209-214

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-16]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.133.16.1]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.133.187]

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-05-16]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.133.16.1]

[DOI: 10.22034/FSCT.19.133.187]

The modeling and optimization of Fat Replacer Permixformulation by using response surface methodology (RSM)

Nazari, Z. [1], Karazhian, R. [2*], Mehraban sangh atash, M. [1], Ehtiati, A. [1]

1. Department of Food quality and safety, Iranian Academic Center for Education Culture and Research (ACECR), Mashhad, Iran.
2. Department of industrial microbial biotechnology, Iranian Academic Center for Education Culture and Research (ACECR), Mashhad, Iran.

ABSTRACT

One of the most common problems in modern communities is long-term high energy intakes due to consumption of high energy foods, resulting in overweight and obesity. Therefore the aim of this study was to produce low calorie cake, by reducing fat and optimization of formulation with whey protein concentrate, Maltodextrin and Inulin to calorie reducing. In this study, response surface methodology and central composite design In order to evaluate and optimization of theindependent variables including whey protein concentrate (x1:3-13%), Maltodextrin (x2: 0-0.3%) and Inulin (x3:0-1%) on the characteristics of the final product were used. The results of optimization showed that with reduced fat and add Maltodextrin and Inulin, moisture content and water activity of the cake, better preserved which leads to reduced stiffness and increases the cohesiveness, therefore softer cake with a longer sshelf-life was produced. The uses of these compounds in the cake formulation can offset the negative effect from the fat reducing results in reduce the porosity and volume of the cake. Formulation optimization done to minimize stiffness as well as to maximize the volume and cohesiveness of cake that was confirmed in practical tests for Independent parameters of the WPC, Maltodextrin and Inulin 6.6%, 0.3% and 1% respectively. At this point, the optimal response levels include humidity, aw, stiffness, the cohesiveness and volume of samples was 18.07%, 0.78, 0.18 N, 1.26 and 96 cm^3 respectively.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2021/ 09/ 22
Accepted 2022/ 12/ 01

Keywords:

Low-calorie cake,
Maltodextrin,
Inulin,
Textural characteristics,
Response surface.

DOI: 10.22034/FSCT.19.133.187
DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.133.16.1

*Corresponding Author E-Mail:
Reza_karazhyan2002@yahoo.com