

بهینه سازی فرمولاسیون کیک کمالی حاوی جایگزین چربی (موسیلاز بزرک) با استفاده از روش سطح پاسخ

معصومه بی تقصیرمهدي کدیور، محمد شاهدی

برتیپ دانشجوی کارشناسی ارشد و استادان گروه صنایع غذایی
و قطب علمی سلامت مواد غذایی دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

M.bitaghsir@ag.iut.ac.ir

چکیده: محصولاتی که دارای چربی بالایی هستند سبب افزایش بروز مشکلاتی مانند بیماریهای قلبی-عروقی، چاقی و سلطان میشوند. استفاده از جایگزین های چربی یکی از نوآوریهای تغییر فرمول مواد غذایی فرآوری شده است که در نتیجه تغییر در نیاز مصرف کننده و تقاضای بازار معروفی می گردد. کیک از جمله محصولاتی است که میتوان در تهیه آن از جایگزین چربی استفاده کرد. مهمترین مستله در این پژوهش بهینه سازی ترکیب کیک کمالی با استفاده از بررسی آثار اصلی و متقابل غلظت اجزاء بر ویسکوزیته خمیر و بافت کیک حاصل از آن است. در این پژوهش، کاهش چربی در فرمولاسیون کیک با استفاده از موسیلاز بزرک به عنوان جایگزین چربی بررسی شد. به منظور بهینه سازی فرمول و تولید کیک کمالی سه فاکتور میزان آب، چربی و موسیلاز هر یک در سه سطح با استفاده از طرح دی اپتیمال بوسیله روش آماری سطح پاسخ انتخاب شدند. جهت بررسی مدل و انتخاب فرمول بهینه از پاسخ ویسکوزیته خمیر و بافت کیک حاصل از آن استفاده شد. در بررسی مدل مشاهده گردید که سه فاکتور مذبور به صورت خطی و درجه دوم بترتیب بر ویسکوزیته و بافت موثر بودند و بین آب و موسیلاز یک اثر متقابل وجود داشت. با توجه به نتایج، اختلاف معناداری بین ویسکوزیته و بافت اندازه‌گیری و پیش‌بینی شده توسط مدل وجود نداشت و شرایط بهینه بصورت $71/53$ درصد آب، $1/60$ درصد موسیلاز و $10/28$ درصد چربی تعیین گردید. نتایج نشان داد که با استفاده از موسیلاز بزرک تولید کیک کمالی امکان پذیر است. بطوریکه میتوان میزان چربی را به $76/40$ درصد مقدار معمول آن تقلیل داد بدون آنکه در خصوصیات محصول تغییر اساسی ایجاد شود.

واژه های کلیدی: جایگزین چربی، روش سطح پاسخ، کیک، موسیلاز بزرک

مقدمه

رژیم غذایی نقش مهمی را در سلطان که دومین بیماری کشنده و مهم است، ایفاء میکند. هماهنگی و تطابق قوی بین دریافت کمالی (خصوصاً از چربی) و بسیاری از سلطانهای معمول و ناگهانی وجود دارد. شواهد موجود نشان میدهد که دریافت چربی با میزان کمالی دریافتی کل متناسب میباشد. چربی موجود در رژیم غذایی، فاکتور عمومی در تمایی بیماریهایست و تحقیقات اخیر بیانگر این واقعیت است که بطور معمول غذای مصرفی غربیها تأمین کننده مقدار بیش از حد چربی و کلسترول است. بنا بر این برای درمان آنها باید مقدار مصرف این مواد کاهش باید (۱۰). تمایل به استفاده از غذای حاوی چربی کمتر در بین مصرف کنندگان به دلیل وجود رژیم غذایی و هشدار های سلامتی وجود دارد. امروزه مصرف کنندگان به میزان قابل توجهی نگران خطرات سلامتی ناشی از رژیم غذایی با چربی بالا مستند و سعی در کاهش میزان چربی رژیم غذایی خود دارند. افرادی که اضافه وزن دارند یا کسانی که میزان کلسترول خون آنها بالا است، باید میزان چربی دریافتی رژیم غذایی خود را به کمتر از 30 درصد کاهش دهند (۱۹). شواهد اپیدمیولوژیکی نشان می دهد رژیم غذایی حاوی میزان بیشتری فیبر رژیمی و میزان کمتری رژیم اشباع، چربی ترانس و کلسترول سبب افزایش سلامتی می شود (۶). حذف چربی در غذا منجر به ایجاد خواص حسی و عملکردی نامطلوبی می گردد که برای رفع مشکلات کیفی این دسته از محصولات، تعدادی ترکیبات تحت عنوان جایگزین چربی مورد استفاده قرار می گیرد. در میان ترکیبات جایگزین، کربوهیدراتها بطور گسترده در محصولات نانوایی مورد استفاده قرار میگیرند؛ که بعلت مزایای اقتصادی نسبی آنها در مقایسه با سایر جایگزینهای چربی است (۱۷). موسیلاز در بیرونیتین لایه دانه قرار دارد. به محض پیدا راتاسیون، دانهها منبسط شده و سلولهای موسیلازی میشکند و روی سطح دانهها تراوش میکند (۸).

ترکیب موسیلازی جدا شده از بزرک به عنوان یک منبع صمغ گیاهی است (۱۵). این صمغ به همراه ایزوله پروتئینی آب پنیر برای پایداری امولسیون بهکار میرود (۲۱). صمغ بزرک به طور تجاری به عنوان جانشین سفیده تخمرغ در صنعت شیرینیپزی و بستنی به کار رفته است (۸)، بسیاری از مقالات بیانگر خواص سودمند موسیلاز بزرک ^۱ است که یک پلی ساکارید هترو ژنیک بوده و به علت این که در ساختارش ترکیبات دی فنل وجود دارد دارای طیف وسیعی از فعالیت های بیو لوژیکی می باشد. تا به حال از جایگزین های چربی زیادی همچون انواع صمغ ها، ژل ها و اینولین و ... به عنوان

¹Linseed Mucilage

جایگزین چربی استفاده شده است اما تاکنون هیچ گونه مطالعه‌ای بر روی استفاده از موسیلاز بزرک به عنوان جایگزین چربی در کیک انجام نگرفته است، در این تحقیق سعی می‌شود با به کار گیری موسیلاز بزرک، میزان چربی در فرمولاسیون کیک کاهش یابد و فرآیند تولید کیک کمکالری به روش آماری سطح پاسخ با بررسی سه فاکتور مقدار آب، موسیلاز و چربی در سه سطح بهینه‌سازی شد.

مواد و روش‌ها

دانه بزرک از شرکت پاکان بذر اصفهان خردباری شد. استخراج صمغ از دانه بزرک طبق روش کوئی و همکاران (۱۹۹۴) انجام شد (۳). در ادامه با غلظتها مختلف آب، موسیلاز و چربی بر اساس طرح آماری ۲۰ فرمولاسیون کیک تهیه شد. برای اندازه‌گیری گرانزوی خمیر، ویسکومتر بروکفیلد مدل DV ساخت آمریکا و با استفاده از اسپیندل شماره ۷، سرعت ۲۰ دور در دقیقه و در دمای محیط به کار گرفته شد. ارزیابی بافت از نقطه نظر بیاتی با کمک دستگاه اینستران و ۷۲ ساعت پس از پخت انجام گرفت (۱۱).

طراحی آزمایش

به منظور بررسی و بهینه‌سازی فرمول کیک کمکالری سه فاکتور آب، موسیلاز و چربی در سه سطح مختلف بر اساس جدول ۱ و با استفاده از روش آماری سطح پاسخ انتخاب شدند.

جدول ۱ - فاکتورها و سطوح اندازه‌گیری

کد			فاکتور
-۱	۰	۱	کد
۶۰	۷۰	۸۰	آب(%)
۱	۱/۷۵	۲/۵	موسیلاز(%)
•	۱۰	۲۰	چربی(%)

با استفاده از طراحی فاکتوریل بعد جزئی در قالب طرح دیاپتیمال، ۲۰ تیمار مختلف بر اساس سطوح متغیرهای مورد بررسی مشخص شد. برای بررسی مدل و انتخاب فرمول بهینه از پاسخ ویسکوزیته خمیر و بافت کیک حاصل از آن استفاده شد.

نتایج و بحث

همانطور که گفته شد برای بررسی مدل و انتخاب فرمول بهینه از پاسخ ویسکوزیته خمیر و بافت کیک استفاده گردید که در جدول ۲ تعداد آزمایشات، ویسکوزیته خمیر و بافت کیک واقعی و پیش‌بینی شده ارائه شده است. با توجه به نتایج جدول ۲ می‌توان دریافت که اختلاف معنیداری بین ویسکوزیته و بافت واقعی و پیش‌بینی شده توسط مدل وجود ندارد. مناسبترین مدل جهت پاسخ ویسکوزیته و بافت که توسط نرم افزار پیشنهاد شد، به ترتیب مدل درجه اول و درجه دوم بود. به عبارت دیگر میتوان اینگونه بیان کرد که مقادیر R^2 و R^2 تعديل شده بیانگر اعتبار مناسب مدل می‌باشد. ضرایب برآورده شده حاصل از تجزیه واریانس نتایج مربوط به ویسکوزیته و بافت و شاخص P فاکتورهای بررسی شده که از لحاظ آماری معنیدار هستند، به ترتیب در جداول ۳ و ۴ نشان داده شده است. ضرایب فاکتورها در پاسخ ویسکوزیته و بافت به ترتیب به صورت معادله ۱ و ۲ نشان داده شده است.

$$Y = 93301/71 - 19269/44 X_1 + 31970/24 X_2 + 7723/93 X_3 \quad (معادله ۱)$$

$$Y = 1/32 + 0/15 X_1 - 0/46 X_2 + 0/38 X_3 + 0/49 X_1 X_2 + 0/77 X_1^2 + 0/53 X_2^2 - 1/10 X_3 \quad (معادله ۲)$$

جدول ۲ - تیمارهای انتخابی مطابق طرح دی اپتیمال و مقدار ویسکوزیته و بافت واقعی و پیش‌بینی شده

تیمار ها	آب(%)	موسیلاز(%)	چربی (%)	واقعی(ذیوتون/سانتی شده(ذیوتون/سانتی متر مربع)	پیش بینی شده(سانتی بویز)	ویسکوزیته پیش بافت	ویسکوزیته	بافت
۱	۸۰	۱	۲۰	۲/۱۵	۲/۰۳	۵/۳۸*۱۰ ^۴	۴/۹۷*۱۰ ^۴	
۲	۷۵/۵۷	۱/۵۶	۳/۹۴	۰/۹۷	۱/۰۹	۶/۷*۱۰ ^۴	۰/۹۹*۱۰ ^۴	
۳	۸۰	۲/۵۰	۰	۱/۴۵	۱/۳۲	۱/۰۸*۱۰ ^۵	۹/۸۲*۱۰ ^۴	
۴	۶۰	۱/۶۰	۶/۵۹	۱/۸۴	۱/۸۸	۸/۷*۱۰ ^۴	۱/۰۳*۱۰ ^۵	



666×10^{-4}	8×10^{-4}	$2/44$	$2/55$	$11/95$	۱	6703	۵
$1/42 \times 10^{-5}$	$1/45 \times 10^{-5}$	$1/30$	$1/43$	$6/95$	$2/50$	۶۰	۶
$9/52 \times 10^{-4}$	$1/16 \times 10^{-5}$	$0/239$	$0/03$	۰	$1/89$	6712	۷
666×10^{-4}	$7/18 \times 10^{-4}$	$2/44$	$2/55$	$11/95$	۱	6703	۸
$1/27 \times 10^{-5}$	$1/11 \times 10^{-5}$	$0/92$	$0/61$	۲۰	$2/50$	$72/88$	۹
$8/18 \times 10^{-4}$	$6/36 \times 10^{-4}$	$2/30$	$2/19$	$11/95$	$1/90$	۸۰	۱۰
$8/81 \times 10^{-4}$	$9/32 \times 10^{-4}$	$0/81$	$0/82$	۲۰	$1/56$	$72/56$	۱۱
$1/07 \times 10^{-5}$	$1/04 \times 10^{-5}$	$1/25$	$1/12$	$12/22$	$1/94$	$67/69$	۱۲
$5/43 \times 10^{-4}$	$5/1 \times 10^{-4}$	$1/27$	$1/13$	۰	۱	۸۰	۱۳
$1/52 \times 10^{-5}$	$1/69 \times 10^{-5}$	$0/71$	$0/80$	۲۰	$2/50$	۶۰	۱۴
$9/82 \times 10^{-4}$	$9/44 \times 10^{-4}$	$1/32$	$1/45$	۰	$2/50$	۸۰	۱۵
$7/28 \times 10^{-4}$	$6/48 \times 10^{-4}$	$1/94$	$1/89$	۰	۱	۶۰	۱۶
$3/43 \times 10^{-4}$	$1/71 \times 10^{-4}$	$1/27$	$1/12$	۰	۱	۸۰	۱۷
$1/11 \times 10^{-5}$	$1/05 \times 10^{-5}$	$1/53$	$1/64$	۲۰	$1/54$	۶۰	۱۸
$7/28 \times 10^{-4}$	$6/78 \times 10^{-4}$	$1/94$	$1/84$	۰	۱	۶۰	۱۹
$4/97 \times 10^{-4}$	$5/38 \times 10^{-4}$	$2/03$	$2/18$	۲۰	۱	۸۰	۲۰

بررسی اثر پارامترهای بدرسی شده و برهمکنش آنها بر ویسکوزیته خمیر: تاثیر در صد آب

بر اساس معادله (۱) مشاهده میشود که اثر آب بر ویسکوزیته به صورت خطی است. چنانچه سطوح مختلف آب در معادله (۱) وارد شود منحنی شکل (۱) بدست میآید. بر اساس این منحنی مشاهده میشود که با افزایش مقدار آب، میزان ویسکوزیته با یک شیب نزولی به صورت درجه اول کاهش میباید. به عبارت دیگر میزان ویسکوزیته با افزایش مقدار آب نسبت عکس دارد. زمانیکه میزان آب 60 درصد بوده مقدار ویسکوزیته 112571 سانتی پویز است که با افزایش میزان آب به 80 درصد، مقدار ویسکوزیته به حدود $740322/3$ سانتی پویز تقلیل یافت. زمانیکه مقدار بالای آب در سیستم باشد، قوام خمیر به میزان قابل توجهی کاهش یافته و باعث سهولت فرایند مخلوط کردن میگردد. فرخنایی و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی تأثیر نمک، آب و دما بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر کیک پرداختند. آنها بیان کردند که اضافه کردن آب سبب کاهش قوام خمیر میگردد. به طوری که افزایش میزان آب مصرفی در تهیه خمیر از 50 به 74 درصد سبب کاهش معناداری در قوام خمیر گردید. به طوری که قوام خمیر حاصل، در اثر افزودن این مقدار آب به حدود 8 برابر مقدار اولیهاش تنزل یافت (۴).

تاثیر در صد موسیلاز

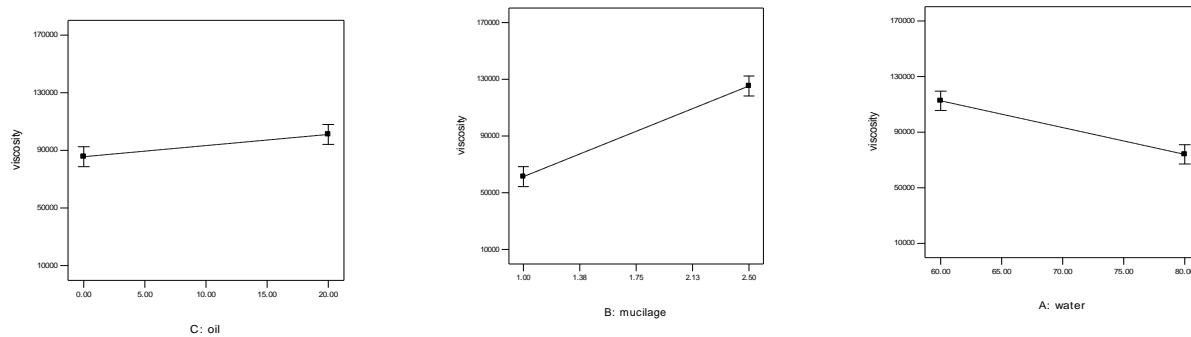
اثر غلظت موسیلاز بر ویسکوزیته خمیر در شکل ۲ نشان داده شده است. بر طبق ضرایب معادله (۱)، مشاهده میشود که آنچه بیش از دیگر فاکتورها در ویسکوزیته مؤثر بوده میان موسیلاز است که اثر موسیلاز بر ویسکوزیته به صورت خطی میباشد و در مقایسه با دو متغیر دیگر، با افزایش درصد موسیلاز، مقدار ویسکوزیته با شیب تندتری افزایش میباید. بر اساس این منحنی، با افزایش مقدار موسیلاز، مقدار ویسکوزیته به صورت درجه اول و با یک شیب صعودی افزایش میباید. در واقع تقریباً با $2/5$ برابر شدن مقدار موسیلاز، میزان ویسکوزیته نیز حدود $2/05$ برابر افزایش یافته است. افزایش در ویسکوزیته خمیر در اثر افزودن صمغ، از طریق ظرفیت اتصال به آب بالای صمغها توضیح داده میشود. بدین صورت که چنانچه هیدروکلرید با مقدار قابل توجه رطوبت پیوند کند سبب ایجاد قوام بالاتری در خمیر میشود. اکسو (۲۰۰۷) گزارش کرد که افزودن سلولز سبب افزایش جذب آب شده و درنتیجه ویسکوزیته خمیر افزایش میباید (۲۲). آلتاناکار و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیق خود به مطالعه تأثیر هیدروکلریدهای مختلفی از جمله صمغ زانتن، عربی، گوار، متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز بر ویسکوزیته ظاهری خمیر پرداختند. آنها دریافتند که



افزایش در غلظت این ترکیبات سبب افزایش ویسکوزیته میگردد. به طوری که خمیر حاوی صمغ زانتان و گوار به ترتیب دارای بالاترین و پائینترین ویسکوزیته بودند. افزایش در ویسکوزیته خمیر از طریق ظرفیت اتصال به آب بالای صمغها توضیح داده میشود. به گونهایی که اگر هیدروکلوفیند با مقدار قابل توجهی رطوبت پیوند دهد، سبب ایجاد قوام بالاتری میگردد. هسیا و همکاران (۱۹۹۲) تأثیر ۳ هیدروکلوفیند گوار، زانتان و کربوکسی متیل سلولز در غلظت مختلف را بر خواص رئولوژیکی خمیر ارزیابی کردند و متوجه شدند که افزایش غلظت این هیدروکلوفیندها سبب افزایش ویسکوزیته میگردد. مارکوت و همکاران (۲۰۰۱) بیان کردند افزایش غلظت هیدروکلوفیندهای مختلفی مانند کاراجینان، پکتین، ژلاتین، ناشاسته و زانتان در سیستم خمیر سبب افزایش ویسکوزیته حاصل، میشود (۱). خلیل (۱۹۹۸) بیان کرد به مواد افزایش در میزان جایگزین چربی بر پایه کربوهیدرات در تهیه کیک کم چرب، ویسکوزیته افزایش میابد که به دلیل نگهداری حباب هوا توسط فیلمها (غشاها) با چسبناکی بالا در اطراف آنها و تشکیل حباب قویتر میباشد (۶). آشوینی و همکاران (۲۰۰۹) از هیدروکلوفیندهای مختلفی از جمله زانتان، کاراجینان، عربی، گوار و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز در تهیه کیک استفاده کرده و بدین نتیجه رسیدند که اضافه کردن آنها سبب افزایش ویسکوزیته خمیر میگردد. در مقایسه با سایر صمغها زانتان نیز سبب ایجاد بالاترین مقدار ویسکوزیته میگردد (۷).

تأثیر در صد چربی

بر اساس معادله (۱) مشاهده میشود میزان چربی به صورت معادله درجه اول بر ویسکوزیته مؤثر است. بر اساس منحنی شکل (۳) با افزایش درصد چربی، مقدار ویسکوزیته با شب نسبتاً ملایم به صورت خطی افزایش میابد و مشخص می شود که در اثر افزودن ۲۰ درصد چربی ویسکوزیته سرعت کمی افزایش یافت و بیانگر این میباشد که تأثیر چربی بر ویسکوزیته نسبت به دو متغیر دیگر کمتر است، که عدمهترین دلیل عدم تأثیر این عامل بر ویسکوزیته مقدار کم این ترکیب در فرمولاسیون میباشد.



شکل ۳ - تأثیر در صد چربی ویسکوزیته

شکل ۲ - تأثیر در صد موسیلاز بر ویسکوزیته

شکل ۱ - تأثیر در صد آب بر ویسکوزیته

بررسی اثر پارامترهای بررسی شده و برهمکنش آنها بر بافت کیک : تأثیر در صد آب

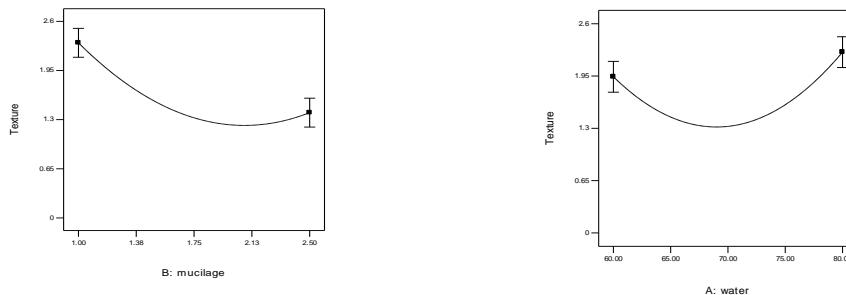
بر اساس معادله (۲) مشاهده میگردد که میزان آب بر بافت به صورت معادله درجه دوم و همچنین بصورت اثر مقابل با پکتین مؤثر است. بر اساس این منحنی میتوان دریافت که با افزایش مقدار آب تا حدود ۷۲ درصد میزان سفتی بافت با یک شب نزولی کاهش میابد و چنانچه مقدار آب از این حد بیشتر شود، سفتی بافت با شب ملایم صعودی افزایش میابد. با افزایش میزان آب تا ۷۲ درصد سفتی بافت کم میشود که به علت افزایش در محتوای رطوبتی کیک میباشد. لازم به ذکر است که بدانیم پروتئین در مقایسه با ناشاسته آب را با سرعت کمتر جذب میکند، بنابراین آب ابتدا ذرات ناشاسته را هیدراته کرده و سبب ایجاد خمیر میگردد و سپس پروتئینها شروع به جذب آب میکنند. همانطور که میدانیم در محصولات حجیم مانند کیک هدف اصلی ما جلوگیری از گسترش و ایجاد شبکه گلوتونی است و طبق شکل (۴) در میباشیم، در صورتیکه میزان آب از ۷۲ درصد بیشتر شود به دلیل افزایش گسترش پروتئینهای گلوتون شاهد سفتی بافت میباشیم. مانوهار و همکاران (۱۹۹۹) در تحقیق خود به بررسی تأثیر آب بر خواص رئولوژیکی خمیر و کیفیت بیسکویت اشاره کردند تغییر در محتوای آب حتی به میزان ۱ درصد سبب ایجاد تغییرات قبل توجه در خصوصیات رئولوژیکی میگردد. با افزایش میزان آب چسبناکی خمیر بیشتر شده و بیسکویت حاصل سفتتر میگردد، که بیانگر افزایش در دانسیته، نیروی شکستن و فشرده‌گی میباشد (۱۳).

تأثیر در صد موسیلاز

بر اساس معادله (۲) تأثیر افزایش درصد موسیلاز بر سفتی بافت بصورت منحنی با شب نزولی میباشد. مطابق منحنی شکل (۵) در میباشیم که با افزایش مقدار موسیلاز سفتی بافت با یک شب نزولی به صورت درجه دوم کاهش میابد. زمانیکه غلظت موسیلاز ۱ درصد بوده میزان سفتی



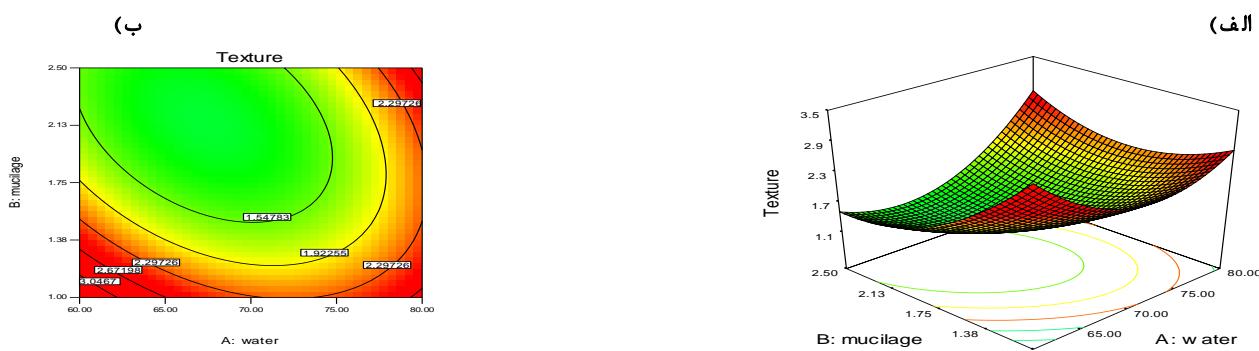
۲/۳۱۵۹۶ نیوتن بر سانتی متر مربع است و با افزایش موسیلاز به میزان ۰/۵ درصد، میزان سفتی بافت به حدود ۱/۳۹۲۴۳ نیوتن بر سانتی متر مربع کاهش یافت. در واقع با افزایش ۰/۵ درصدی در غلظت موسیلاز، مقدار سفتی بافت حدود ۲ درصد کاهش یافت(با فرض ثابت بودن درصد آب و چربی). صمغها بر رتروگراداسیون و لاتینه شدن ناشاسته تأثیر گذاشت و از طریق پیوستن صمغ با آمیلور منجر به کاهش بیاتی نشاسته میگردد (۲). از سوی دیگر هیدروکلوئیدها سبب افزایش جذب آب میشود و به علت وجود گروههای هیدروکسیل در ساختار هیدروکلوئید سبب عملکرد متقابل آب با هیدروکلوئید از طریق پیوند هیدروژنی میشود . آشوبینی و همکاران (۲۰۰۹) نیز بیان کردند هیدروکلوئیدها سبب افزایش ظرفیت اتصال به آب در محیط آبی ناشاسته میگردد که بیانگر کنترل حرک آب است و باید یکی از فاکتورهای مهم در جلوگیری از بیاتی ناشاسته و سفتی بافت حاصل باشد. آنها گزارش کردند که با اضافه کردن زانتان و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز به عنوان جایگزین تخم مرغ در کیک، میزان سفتی مغز کاهش می یابد. آنها به این نتیجه رسیدند که استفاده از صمغ عربی و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز به عنوان جایگزین تخم مرغ در کیک سبب کاهش سفتی و بهبود بافت کیک میگردد. علاوه بر این در مطالعات ریز ساختاری خود مشاهده کردند که به نظر میرسد گرانولهای ناشاسته توسط هیدروکسی پروپیل متیل سلولز پوشیده شده است که باعث بهبود کیفیت کلی کیک به ویژه حجم و بافت آن میگردد (۲). خلیل (۱۹۹۸) گزارش کرد کیکهای حاوی جایگزین چربی بر پایه کربوهیدرات قابلیت فشرده‌گی و نرمی بیشتری نسبت به کیک شاهد دارند که به دلیل وجود صمغ در کیک حاوی جایگزین چربی است(۹). اکسو (۲۰۰۷) بیان کرد استفاده از زانتان در فرمولاسیون کیک سبب محدود کردن بیاتی ناشاسته و در نتیجه بهبود کیفیت خوارکی و ظاهری آن میگردد. از سوی دیگر به دلیل نگهداری رطوبت خمیر کیک در بهبود بافت آن نقش اساسی دارد (۲۲). سوانسون و همکاران (۱۹۹۷) از اوتریم^۳ (حاصل از هیدرولیز آرد یا سیوس یولاف) به عنوان جایگزین چربی در کیک استفاده کردند. آنها بیان کردند در کیک کم کالری با افزایش میزان اوتریم، سختی بافت کیک کاهش مییافتد. این ماده به علت ترکیب آب در ساختار ژلمنند آن، سبب ایجاد خواص روانکنندگی و تغییر در گرانولهای شبیه اثر چربیها میگردد (۲۰).



شکل۵- تأثیر درصد آب بر بافت

شکل۶- تأثیر درصد آب بر بافت

بر اساس مدل مربوط به بافت و معادله (۲)، موسیلاز با آب اثر متقابل دارد. هنگامی که اثر متقابل دو متغیر بر روی فاکتور مورد نظر بررسی گردد، نمودارهای کانتور دو بعدی و سطح پاسخ سه بعدی آنها رسم میشود. برای رسم این منحنیها یک متغیر ثابت فرض شده و چگونگی تغییر هم زمان دو متغیر دیگر تعیین میشود. به همین دلیل نمودار کانتور دو بعدی و نمودار سطح پاسخ سه بعدی بافت در مقابل درصد آب و موسیلاز ترسیم شده است(شکل ۶). در نمودار سطح پاسخ سه بعدی شکل ۶-(الف) مشاهده میشود که با افزایش میزان موسیلاز کاهش قابل توجهی در سفتی بافت صورت میگیرد. در مورد آب نیز تا سطح ۷۲ درصد چنین اثری مشاهده میشود اما اثرش نسبت به موسیلاز کمتر است. از سوی دیگر چنانچه میزان آب افزایش یافته شاهد افزایش سفتی با شبیه سیار کم میباشیم. با توجه به نمودار کانتور دو بعدی (شکل ۶-ب) مشاهده میشود که هرچه غلظت موسیلاز و آب افزایش یابد، سفتی بافت کاهش خواهد یافت.

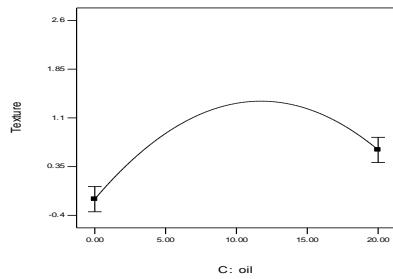


²Oatrim

شکل ۸ - (الف) نمودار سطح پاسخ سه بعدی و (ب) کانتور دو بعدی بافت در مقابله در صد آب و موسیلاز

تأثیر در صدقه چربی

بر اساس معادله (۲) مشاهده میشود که اثر چربی بر بافت بصورت معادله درجه دوم است. همانطور که مشاهده میکنیم میزان چربی در مقادیر کم با سفتی بافت رابطه مستقیم دارد ولی چنانچه میزان چربی از ۱۰ درصد بیشتر شود در اینصورت میزان سفتی بافت کاهش میباید همانطور که میدانیم از جمله وظایف چربی در خمیر کیک این است که اطراف ذرات نشاسته را احاطه کرده و مانع جذب آب توسط ذرات گردد که در نهایت مانع از تشکیل شبکه گلوتنی شده و در نتیجه شاهد افزایش حجم و ایجاد ساختار طریف و متخلخل در بافت خواهیم بود. مطابق شکل (۷) در میباییم که افزایش چربی تا محدوده ۱۰ درصد در جلوگیری از بیاتی و سفتی بافت نقشی ندارد، به این دلیل که این مقدار چربی در حدی نبوده که بتواند سطح تمامی ذرات آرد را پوشاند و در نتیجه سفتی بافت رخ میدهد. ابرایان و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که در صورت عدم وجود چربی کافی، جذب آب توسط آرد سبب ایجاد سفتی خمیر میگردد و بنابراین منجر به سفتی محصول فنادی میشود (۱۶). خلیل (۱۹۹۸) بیان کرد که چربی در سطوح پائین سبب ایجاد ساختار متراکم و در نتیجه سفتر شدن بافت کیک میگردد. پنگ و همکاران (۱۹۹۱) نیز گزارش کردند، حذف کامل چربی سبب ایجاد سفتی در بافت میشود (۹). حسین و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند چنانچه سورتینینگ از فرمولاسیون کیک به طور کامل حذف گردد سبب ایجاد ساختار سلولی ناهمگون و ایجاد سفتی در بافت میگردد (۷). لی و همکاران (۲۰۰۵) به این نتیجه رسیدند که با افزایش درصد جایگزینی چربی و کاهش سورتینینگ در فرمولاسیون کیک، بافت حاصل سفتر شود (۱۲). مطابق شکل (۷) در میباییم چنانچه سطح چربی از ۱۰ درصد بیشتر شود در اینصورت سفتی بافت با یک شبیه نزولی کاهش میباید زیرا این مقدار چربی، اطراف ذرات آرد را احاطه کرده و مانع جذب آب توسط ذرات گردیده که در نهایت مانع از ایجاد سفتی در بافت میشود. منجیوار و همکاران (۱۹۹۴) بیان کردند در صورت وجود مقدار کافی چربی، این ماده سطح ذرات آرد را میپوشاند و از گسترش پروتئینهای گلوتن جلوگیری میکند (۱۴). فارای و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کرد میزان چربی نسبت به آب در تردی محصول تأثیر بیشتری دارد و هرچه میزان چربی در کیک افزایش یابد در اینصورت کیک حاصل نرمر خواهد بود البته این در حالتی صادق است که میزان رطوبت نیز در محدوده مناسبی باشد (۵).



شکل ۷ - تأثیر در صد چربی بر بافت

بهینه‌سازی

پس از تعیین مدل، بهینه‌سازی برای دستیابی به سطوحی از متغیرهای مستقل که در نتیجه بکارگیری آنها بهترین فرمولاسیون از لحاظ ویسکوزیته خمیر و بافت کیک به دست آید، انجام شد. نرمافزار بر اساس مدل توصیفی و همچنین سطوح تعیین شده، نقاطی را تعیین میکند که در این شرایط بهترین ویسکوزیته خمیر و بافت کیک حاصل میشود. مدل توصیفی تأیید شده و برای شرایط دیگر قابل استفاده است. در جدول (۵) نقطه بهینه تعیین شده توسط نرمافزار جهت رسیدن به ویسکوزیته و بافت مورد نظر و همچنین مقادیر واقعی و پیشنبینی شده آنها را مشاهده میکید.

جدول ۵ - سطح بهینه متغیرها و مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده ویسکوزیته و بافت

متغیر	سطح بهینه	٪ ۷۱/۵۳	٪ ۱۰	موسیلاز (%)	چربی (%)	واقعی (پوتن/سانانی مه شده گلیوتون/سانانی مه واقعی بدانستی پویز) (مریخ)	باft پیش‌bینی ویsکوزیte	ویsکوزیte پیش‌bینی شده (انtی پoیz)	باft
		۶۴۸۰۰	۷۴۷۰۹	۱/۴۱۰	۱/۵۱۷				

با مقایسه نتایج واقعی و پیش‌بینی شده مشخص می‌شود که مدل تعیین شده به خوبی می‌تواند برای تولید کیک کمکالری استفاده شود و کاهش ۷۶/۴۰ درصدی در میزان چربی مصرفی در فرمولاسیون کیک را شاهد هستیم.

ارزیابی حسنی

برای تعیین وجود یا عدم اختلاف معنیدار بین کیک کمکالری تهیه شده با کیک شاهد از آزمون سهتایی استفاده شد، به این صورت که نمونه‌ها با مرزهای عددی سهتایی به همراه برگ ارزیابی در اختیار ارزیابها قرار گرفت. تعداد کل ارزیابها ۲۰ نفر و تعداد پاسخهای صحیح ۱۲ بود. به این معنی که از ۲۰ ارزیاب شرکتکننده، ۱۲ ارزیاب قادر به تشخیص تفاوت بوده و ۸ ارزیاب موفق به تشخیص تفاوت نشدند. بر اساس جدول ۲ ارائه شده توسط رواسلر و همکاران (۱۹۷۸)، در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنیداری بین نمونه بهینه تولیدی و نمونه شاهد وجود نداشت. به عبارت دیگر برای معناداری تفاوت بین دو نمونه در سطح احتمال ۱ درصد از بین ۲۰ ارزیاب حداقل باید ۱۳ نفر قادر به تشخیص تفاوت باشند (۱۸).

نتیجه گیری کلی :

نتایج این تحقیق بیانگر این مطلب است که استفاده از موسیلاز بزرک به عنوان جایگزین چربی جهت تولید کیک کمکالری امکان‌پذیر است، به طوری که می‌توان میزان چربی مصرفی در فرمولاسیون را به ۷۶/۴۰ درصد مقدار معمول آن تقلیل داد بدون آنکه خصوصیات ارگانولوپتیکی محصول تغییر یابد و کیک کمکالری حاصل در سطح آماری ۱ درصد مشابه کیک شاهد بود.

منابع:

- .1 Altunakar, B., S. Sahin, and G. Sumnu, 2006, Effects of hydrocolloids on apparent viscosity of batters and quality of chicken nuggets, *Chemical Engineering Communications*, 193:675-682.
- .2 Ashwini, A., R. Jyotsna, and D. Indrani, 2009, Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake, *Food Hydrocolloids*, 23:700-707.
- .3 Cui, W., G. Mazza, B. D. Oomah, and C. G. Biliaderis, 1994, Optimization of an aqueous extraction process for flaxseed gum by response surface methodology, *LWT-Food Science and Technology*, 27:363-369.
- .4 Farahnaky, A., and S. E. Hill, 2007, The effect of salt, water and temperature on wheat dough rheology, *Journal of Texture Studies*, 38:499-510.
- .5 Ferrari, I., C. Alamprese, M. Mariotti, M. Lucisano, and M. Rossi, 2013, Optimisation of cake fat quantity and composition using response surface methodology, *International Journal of Food Science & Technology*, 48:468-476.
- .6 Hu, F. B, 2002, Dietary pattern analysis: a new direction in nutritional epidemiology, *Current opinion in lipidology*, 13:3-9.
- .7 Hussien, E. A., A. E. El-Beltagy, and A. M. Gaafar, 2011, Production and quality Evaluation of low calorie cake, *American Journal of Food Technology*, 6:827-834.
- .8 Izidorczyk, M., S .W. Cui, and Q. Wang, 2005. Food carbohydrates: Chemistry, physical properties and applications, *Poly saccharide gums: Structures, functional properties, and applications*:261-305.
- .9 Khalil, A. H, 1998, The influence of carbohydrate-based fat replacers with and without emulsifiers on the quality characteristics of lowfat cake, *Plant Foods for Human Nutrition*, 52:299-313.
- .10 khan, r, 1993, low calorie foods and food ingredients, blackie academic & professional, UK.
- .11 Lakshminarayan, S. M., V. Rathinam, and L. KrishnaRau, 2006, Effect of maltodextrin and emulsifiers on the viscosity of cake batter and on the quality of cakes, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86:706-712.
- .12 Lee, S., S. Kim, and G. E. Inglett, 2005, Effect of shortening replacement with oatrim on the physical and rheological properties of cakes, *Cereal Chemistry*, 82:120-124.
- .13 Manohar, R. S., and P. H. Rao, 1999, Effects of water on the rheological characteristics of biscuit dough and quality of biscuits, *European Food Research and Technology*, 209:281-285.
- .14 Menjivar, J. A., and H. Faridi, 1994, Rheological properties of cookie and cracker doughs, *The Science of Cookie and Cracker Production*, H. Faridi, ed. Chapman and Hall: New York:283-322.
- .15 Mirhosseini, H., and B. T. Amid, 2012, A review study on chemical composition and molecular structure of newly plant gum exudates and seed gums. *Food Research International*, 46:387-398.

- .16 O'Brien, C. M., D. Chapman, D. P. Neville, M. K. Keogh, and E. K. Arendt, 2003, Effect of varying the microencapsulation process on the functionality of hydrogenated vegetable fat in shortdough biscuits, *Food Research International*, 36:215-221.
- .17 Paintsil, Y. P, 2008, Sensory and Rheological Properties of Reduced-Fat Rock Buns and Mango Pie Containing a Papaya (*Carica papaya*)-Derived Fat Replacer, *Kwame Nkrumah University of Science and Technology*, Kumasi, Ghana
- .18 Roessler, E. B., R. M. Pangborn, J. L. Sidel, and H. Stone, 1978, Expanded statistical tables for estimating significance in paired-preference, paired-difference, duo-trio and triangle tests, *Journal of Food Science*, 43:940-943.
- .19 Sandra Bastin, M. N. S., R.D, 1997, fat replacers, State Extension Specialist, Food and Nutrition Cooperative Extension Service. University of Kentucky ,College of Agriculture H.E, 3-208.
- .20 Swanson, R. B., L. A. Garden, and S. S. Parks, 1999, Effect of a carbohydrate-based fat substitute and emulsifying agents on reduced-fat peanut butter cookies, *Journal of Food Quality*, 22:19-29
- .21 Wang, Y., D. Li ,L.-J. Wang, and B. Adhikari, 2011, The effect of addition of flaxseed gum on the emulsion properties of soybean protein isolate (SPI), *Journal of Food Engineering*, 104:56-62.
- .22 Xue, J, 2007, Thermal and Rheological Properties of Batter Systems, Department of Bioresource Engineering Macdonald Campus, McGill University.