

مدلسازی و بهینه یابی خصوصیات بافتی و فیزیکوشیمیایی کیک کم کالری پخته شده به روش مایکروویو با استفاده از متدولوژی سطح پاسخ (RSM)

زهرا نظری^۱، ناصر صداقت^{۲*}، آرش کوچکی^۳

۱- دانش آموخته دکترا، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۳- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۴/۰۵/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۰/۲۰)

چکیده

یکی از مشکلات شایع در جوامع امروزی، میزان کالری دریافتی و افزایش وزن به علت مصرف طولانی محصولات پرکالری است. از این رو هدف از این تحقیق تولید کیک کم کالری پخته شده با روش مایکروویو، با کاهش میزان چربی و بهینه سازی فرمولاسیون آن توسط جایگزینی بخشی از چربی با صمغ زانتان و نشاسته پری ژلاتینه به منظور کاهش کالری و به تأخیر انداختن بیاتی بود. در این پژوهش از متدولوژی سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی صاف به منظور بررسی و بهینه سازی متغیرهای مستقل شامل روغن (۱۳-۳ درصد؛ X_1)، صمغ زانتان (۳-۰/۳ درصد؛ X_2) و نشاسته پری ژلاتینه (۱-۰ درصد؛ X_3) بر ویژگی های مورد اندازه گیری استفاده شد. نتایج مرحله فرمولاسیون پخت کیک با مایکروویو نشان داد که با کاهش چربی فرمولاسیون و افزودن هیدروکلوئیدهای زانتان و نشاسته پری ژلاتینه میزان رطوبت و فعالیت آبی نمونه های کیک بهتر حفظ شده که منجر به کاهش سفتی و صمغی بودن و همچنین افزایش پیوستگی بافت نمونه های کیک تولید شده با مایکروویو شده و در نتیجه محصولی نرم تر با بیاتی کمتر و عمر ماندگاری طولانی تری 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 صمغیت بافت و همچنین به حداکثر رساندن حجم و پیوستگی کیک که در آزمایش های عملی مورد تایید قرار گرفت، برای پارامترهای مستقل شامل میزان روغن، صمغ زانتان و نشاسته پری ژلاتینه به ترتیب ۶/۲٪، ۰/۳٪ و ۱٪ بدست آمد. در این نقطه بهینه مقادیر پاسخ ها شامل رطوبت، a_w ، سفتی، صمغی بودن، پیوستگی بافت و حجم نمونه ها به ترتیب برابر ۲۰/۳۴ درصد، ۰/۸۰، ۰/۱۹ نیوتن، ۰/۲۰۴ نیوتن، ۱/۰۸ و ۹۸ سانتی متر مکعب بود. در نهایت با مقایسه دو روش پخت با مایکروویو و روش سنتی نیز مشخص شد که از نظر بسیاری از ویژگی های مورد بررسی اختلاف قابل توجهی بین دو روش پخت وجود ندارد، با این تفاوت که نمونه هایی که در مایکروویو تولید شدند به دلیل حفظ بیشتر رطوبت نرم تر بوده و در نتیجه دیرتر دچار بیاتی می شوند و عمر ماندگاری بالاتری را دارا می باشند.

کلید واژگان: کیک کم کالری، صمغ زانتان، نشاسته پری ژلاتینه، خصوصیات بافتی، متدولوژی سطح پاسخ

* مسئول مکاتبات: sedaghat@um.ac.ir

۱- مقدمه

گرایش افراد به مواد غذایی رژیمی برای جلوگیری از افزایش وزن و حفظ سلامتی، توجه بسیاری از محققان را به این سمت جلب کرده است. با توجه به اینکه چربی در محاسبات ارزش کالری زایی بالاترین فاکتور را داراست (۹kcal/g)، کاهش آن در فرمولاسیون بسیار مورد توجه قرار گرفته است. از سوی دیگر به سبب نقش کلیدی چربی در یک می بایست جایگزین مناسبی برای آن انتخاب شود تا ویژگی های آن از لحاظ کیفی مانند طعم و رنگ آن حفظ گردد، در این رابطه برخی صمغ ها مانند گوار و زانتان و برخی امولسیفایرها مانند دی استیل تارتارات استر منوگلیسرید می تواند جایگزین مناسبی باشد [۱]. بنابراین تهیه محصولات کم چرب، هدف اکثر کارخانجات غذایی است و این پدیده، محققین صنعت غذا را بر آن داشته است تا راهکارهایی جهت کاهش چربی مواد غذایی ارائه دهند که در عین حال خواص کاربردی چربی نیز در سیستم های غذایی حفظ گردد. بنابراین در اکثر فرآورده های غذایی در هنگام حذف چربی، از یک افزودنی دیگر که بتواند نقش چربی را ایفا کرده و باعث تولید محصول مطلوب شود استفاده می گردد. موادی که برای رسیدن به این هدف استفاده می شوند جایگزین چربی نامیده می شوند [۲]. هیدروکلوئیدها از جمله جایگزین های چربی هستند و در صنایع نانویی این ترکیبات به بهبود بافت، به تعویق انداختن رتروگراداسیون نشاسته، حفظ رطوبت و افزایش کیفیت نهایی محصولات در حین نگهداری کمک می کند [۳]. گومز و همکاران (۲۰۰۷) عملکرد هیدروکلوئیدهای مختلف بر روی کیفیت و ماندگاری کیک را مورد بررسی قرار دادند، در این مطالعه انواع هیدروکلوئیدهای با منشأ متفاوت شامل آلژینات سدیم، کاراگینان، پکتین، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و صمغ های لوکاست، گوار و زانتان، برای بررسی پتانسیل آنها در بیاتی مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مطالعه نشان داده شد که دانسیته خمیرها در تمام موارد افزایش می یابد و بیشترین دانسیته مربوط به زانتان، گوار و کاراگینان و کمترین مربوط به آلژینات بوده است.

حرارت دهی یکی از مهمترین روش های متداول در فرآیند مواد غذایی است. در روش های پخت متداول حرارت از منبع

حرارتی خارجی به ماده غذایی اعمال می شود ولی در پخت با مایکروویو حرارت داخل ماده غذایی تولید می گردد. پخت با مایکروویو یکی از روش های جدیدی است که امتیازات زیادی شامل زمان اولیه کمتر، گرم شدن سریعتر، بازده انرژی بالاتر، اشغال فضای کمتر، کنترل دقیق فرآیند و آماده سازی غذایی با کیفیت بالای تغذیه ای است [۴]. استفاده از فرآیند مایکروویو در مقیاس وسیع در حال افزایش است، بهبودهای اخیر در طراحی آون های مایکروویو با قدرت بالا، باعث کاهش هزینه ساخت تجهیزات و هزینه مصرف انرژی در آنها شده است [۵]. تحقیقات نشان داده است که تحت شرایط پخت با مایکروویو، تشعشعات مایکروویو با مولکوهایی مثل آب پیوند شده و حرارت تولید می کند که باعث تغییر ساختار کیک می شود. پخت با مایکروویو باعث کاهش زمان، انرژی، فضا و حفظ ترکیبات تغذیه ای در مقایسه با روش پخت سنتی می شود [۶].

یکی از مشکلات کیک های پخته شده با روش مایکروویو، سرعت بیاتی و نیز میزان بالای از دست دادن رطوبت آنها نسبت به روش پخت با آون های معمولی است. بنابراین از دست دادن رطوبت به میزان بالا در محصولات پخته شده به روش مایکروویو، دلیلی بر سرعت بیاتی در این محصولات می باشد. وقتی محصولات نانویی با مایکروویو حرارت داده می شوند، آمیلوز بیشتری از گرانول های نشاسته نشت می کند. هنگامیکه ترکیبات ماده غذایی در مایکروویو تحت حرارت دهی قرار می گیرند، میزان حرارت نسبتاً زیاد داخلی باعث افزایش تبدیل رطوبت به بخار در قسمت جامد ماده غذایی می شود که باعث ایجاد فشار داخلی و گرادیان غلظتی مشخصی می شود، فشار مثبت داخلی ایجاد شده در ترکیبات ماده غذایی باعث افزایش جریان بخار از میان ترکیبات ماده غذایی به سمت مرزها می شود [۷]. مهمترین تغییر در بیاتی، افزایش سفتی در محصولات پخته می باشد و سفتی به نیروی لازم جهت ایجاد تغییر اطلاق می گردد [۸]. رتروگراداسیون نشاسته باعث سفتی ژل نشاسته می شود، بنابراین عامل افزایش سفتی در محصولات بیات شده است. رتروگراداسیون نشاسته تحت تأثیر سه فاکتور دما، حجم

۲-۲- روش تولید کیک

ابتدا سفیده تخم مرغ 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 قالب های کاغذی توزین گردید، سپس در آون مایکروویو با قدرت ۱۰۰٪ و مدت ۲ دقیقه پخت شد. نمونه شاهد نیز به روش بالا تهیه گردید و در آون معمولی برای ۲۵ دقیقه در دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد. پس از پخت، کیک ها در دمای اتاق به مدت نیم ساعت سرد و بسته بندی شدند [۱۲]. صمغ زانتان و نشاسته پری ژلاتینه نیز همراه با مواد خشک به فرمولاسیون کیک افزوده شدند. پخت نمونه ها و آزمون های فیزیکی، شیمیایی در سه تکرار انجام گرفت.

۲-۳- آزمون ها

۲-۳-۱- اندازه گیری ویژگی های آرد

رطوبت آرد با استفاده از روش AACC 44-15، خاکستر بر اساس روش AACC 08-01، گلوتن مرطوب با روش AACC 38-10، پروتئین با روش AACC 46-12 و عدد زلنی بر اساس روش AACC 56-60 اندازه گیری شدند [۱۳].

۲-۳-۲- اندازه گیری حجم

برای محاسبه حجم نمونه های کیک از استاندارد AACC ۲۰۰۰ شماره ۷۲-۱۰ استفاده شد. نمونه های کیک پس از خنک شدن کامل با دقت ۰/۰۰۱ توزین و سپس جهت محاسبه حجم نمونه ها از روش جایجایی با دانه کلزا استفاده شد، به این ترتیب که یک مزور ۱۰۰۰ میلی لیتری از دانه کلزا پر و سپس مقداری از دانه ها درون یک بشر ۲۰۰۰ میلی لیتری ریخته شد، نمونه داخل بشر قرار گرفت و به حجم ۱۰۰۰ رسید حجم دانه باقیمانده در مزور نمایانگر حجم نمونه های کیک بر حسب سانتی متر مکعب بود [۱۴].

مخصوص محصول پخته شده و میزان رطوبت قرار می گیرد. نشاسته های فوری و یا صمغ ها می توانند برای نگهداری رطوبت مورد استفاده قرار بگیرند. راسل و همکاران (۲۰۰۱) اثر صمغ را بر روی خواص رئولوژیکی و کیفیت نهایی نان مورد بررسی قرار دادند. این محققین نشان دادند که با افزودن صمغ به خمیر، پایداری خمیر در طی تخمیر بهبود یافت و حجم مخصوص، فعالیت آبی و حفظ رطوبت نان نیز افزایش یافت [۹]. نتایج تحقیقات گواردا و همکاران (۲۰۰۳) و دیوید و همکاران (۱۹۹۶) در بررسی چندین هیدروکلوئید با ساختارهای شیمیایی متفاوت در نان حجیم نشان داد که برخی از این هیدروکلوئید ها قادرند میزان از دست رفتن رطوبت در طی نگهداری نان و سرعت دهیدراته شدن مغز نان را کاهش دهند و از بیاتی نان جلوگیری کنند [۱۰ و ۱۱].

استفاده از انواع مواد اولیه اثرات متفاوتی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بیاتی کیک های پخته شده به روش مایکروویو دارد. بنابراین هدف از این تحقیق بهینه سازی فرمولاسیون کیک کم کالری و کاهش بیاتی کیک های پخته شده به روش مایکروویو با استفاده از نشاسته پری ژلاتینه و صمغ زانتان و مقایسه آن ها با کیک های پخته شده به روش آون معمولی می باشد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد اولیه

مواد اولیه این تحقیق شامل آرد نول ۲۵٪/رطوبت ۱۲/۸٪، خاکستر ۰/۵۸٪، گلوتن مرطوب ۲۶/۸٪، پروتئین ۹/۶۹٪، عدد زلنی ۲۱/۸٪، شکر ۲۵٪، چربی ۱۲٪، آب ۲۷٪، پودر کاکائو ۳٪، پودر شیرخشک ۳٪، سفیده تخم مرغ ۳٪، نمک ۱٪، بیکنینگ پودر ۱٪ از فروشگاه های مواد غذایی، صمغ زانتان از شرکت سیگما و نشاسته پری ژلاتینه ۱٪ (به همین مقدار از میزان آرد کاسته شد) از شرکت گلوکوزان قزوین تهیه شد.

۲-۳-۳- تعیین رطوبت

برای محاسبه میزان رطوبت، از استاندارد AACC ۲۰۰۰ شماره ۴۴-۱۶ و با استفاده از دستگاه رطوبت سنج مادون قرمز و براساس دستورالعمل سازنده تعیین گردید [۱۴].

۲-۳-۴- تعیین فعالیت آبی

برای تعیین فعالیت آب از دستگاه تستو مدل ۴۰۰ و فعالیت آب نمونه هامتابق دستورالعمل سازنده این دستگاه تعیین شد. سل دستگاه با کیک آسیاب شده در روز تولید پر شد و میزان فعالیت آب در دمای ۲۵ درجه تعیین گردید [۱۵].

۲-۳-۵- ارزیابی بافت به روش دستگاهی

برای تعیین خصوصیات بافت کیک (شامل سفتی^۱، صمغی بودن^۲ و پیوستگی^۳) از دستگاه بافت سنج و آزمون TPA بر اساس روش روندا و همکاران (۲۰۰۵) استفاده شد. در این آزمون قطعه ای ۲۰×۲۰×۲۰ میلیمتر مکعب از مغز کیک توسط چاقوی برقی بریده شده و در زیر پروب دستگاه قرار گرفت، پروب استوانه ای مسطح به قطر خارجی ۳۵ میلی متر 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].

۲-۴- تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق طرح مرکب مرکزی متمرکز شده (FCCD) 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 پخته شده به روش میکروویو مورد استفاده قرار گرفت. داده های به دست آمده در این طرح با استفاده از نرم افزار Design Expert مدل 6.0.2 (میناپولیس آمریکا) مدلسازی شده و شکل های سه بعدی (منحنی های

سطح پاسخ) جهت بررسی رابطه میان پاسخ ها و متغیرهای مستقل رسم شد. سطوح متغیرهای مستقل به صورت حقیقی و کد شده در جدول ۱ ارائه شده است. بر داده های حاصل از آزمایش ها مدل چند جمله ای درجه دوم برازش داده شد. پس از برازش مدل، رابطه های به دست آمده در معرض الگوریتم Stepwise قرار گرفتند. با استفاده از الگوریتم مذکور، جملات مدل که از نظر آماری در سطح ۹۵٪ معنی دار نبودند حذف شده و در نتیجه تعداد جملات مدل کاهش داده شدند. با توجه به مقادیر R^2 و R^2 -Adj مربوط به مدل درجه دوم که در جدول ۲ نشان داده شده است، مشاهده می شود که مدل چند جمله ای درجه دوم کاسته دارای مقادیر بالا و قابل قبولی است، بنابراین در برازش داده ها توان بیشتری را دارا می باشد. جدول ۴ نیز نتایج حاصل از آنالیز واریانس مدل درجه دوم کاسته را نشان می دهد. رابطه ۱، مدل تعریف شده برای هر پاسخ می باشد. در این فرمول Y پاسخ پیش بینی شده، b_0 ضریب ثابت، b_i اثرات خطی، b_{ii} اثر مربعات و b_{ij} اثرات متقابل و x_i, x_j متغیرهای مستقل کدبندی شده هستند.

$$Y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ii} x_i^2 + \sum b_{ij} x_i x_j$$

رابطه (۱)

معنی داری ضرایب مدل با استفاده از آنالیز واریانس برای هر پاسخ تعیین شد. کفایت مدل با استفاده از R^2 ، R^2 اصلاح شده و آزمون Lack of fit مورد بررسی قرار گرفت. در یک مدل مناسب R^2 ، R^2 اصلاح شده بایستی بالا ($>0/80$) و آزمون عدم برازش غیر معنی دار باشد.

Table 1 Independent variables and their values

code	Independent variables	-1	0	+1
X_1	Fat(%)	3	8	13
X_2	Xanthan gum(%)	0	0.15	0.3
X_3	Starch(%)	0	0.5	1

1. Hardness
2. Gumminess
3. Cohesiveness
4. Stat-Ease Inc., Minneapolis, USA

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

R ² -adj	R ²	Standard deviation	Average	Model	Test
0.93	0.95	0.18	21.12	$M = 21.31 - 0.55x_1 - 12.56x_2 - 0.62x_3 + 0.041x_1^2 - 26.94x_2^2 - 3.50x_2x_3$	Moisture
0.96	0.97	0.012	0.82	$aw = 0.67 + 0.021x_1 - 0.135x_2 - 0.0305x_3 + 0.66x_2^2 - 0.018x_1x_2 + 0.15x_2x_3$	Water activity
0.91	0.92	0.0056	0.19	$H = 0.246 - 0.0044x_1 - 0.046x_2 - 0.022x_3$	Hardness (N)
0.80	0.84	0.0068	0.21	$G = 0.0203 + 0.0078x_1 - 0.032x_2 - 0.013x_3 - 0.00064x_1^2$	Gumminess
0.996	0.997	0.0041	1.07	$Coh = 0.925 + 0.015x_1 + 1.24x_2 - 0.106x_3 - 0.00066x_1^2 - 3.84x_2^2 + 0.084x_3^2 + 0.0107x_1x_3$	Cohesiveness
0.98	0.99	1.39	95.88	$V = 96.71 - 5.12x_1 - 2.53x_2 - 4.28x_3 + 0.403x_1^2 + 3.20x_1x_2 + 1.99x_1x_3$	Volume

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر تغییرات

رطوبت کیک

تأثیر متغیرهای مستقل بر درصد رطوبت محصول نهایی به صورت شکل های سه بعدی سطح پاسخ در شکل ۱ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود میزان چربی فرمولاسیون کیک تأثیر عمده ای بر تغییرات رطوبت و در نتیجه بیاتی محصول نهایی داشته است. نتایج آنالیز واریانس و شکل های سطح پاسخ نشان می دهد که با افزایش روغن در فرمولاسیون تا میزان ۸ درصد تغییر قابل توجهی در میزان رطوبت کیک مشاهده نشد هر چند که روند کاهشی بود ولی در ادامه با افزایش آن تا ۱۳ درصد، رطوبت باقی مانده در محصول به طور معنی داری افزایش نشان داد که علت آن را می توان به نقش روغن در نگهداری بخار آب و هوا در خمیر کیک طی پخت نسبت داد که در نتیجه بیاتی کیک را بطور چشمگیری به تأخیر انداخت ($p < 0.05$)، این در حالی بود که تغییرات نشاسته پری ژلاتینه تأثیر معنی داری بر رطوبت کیک نداشت (جدول ۳ و شکل ۱). نتایج اثر صمغ زانتان نیز نشان داد که با افزودن صمغ تا ۰/۲ درصد میزان رطوبت باقی مانده در محصول نهایی و

تاخیر در بیاتی افزایش یافت در حالیکه با ادامه افزودن صمغ تا میزان ۰/۳ درصد در فرمولاسیون کیک، رطوبت محصول تغییر قابل ملاحظه ای پیدا نکرد (شکل ۱). بنابراین نمونه های کیک حاوی ۱۳ درصد روغن و ۰/۱۵ صمغ زانتان دارای بیشترین میزان رطوبت و در نتیجه کمترین میزان بیاتی می باشد. صمغ زانتان از قدرت جذب و قابلیت نگهداری آب بالایی برخوردار است، لذا این ویژگی می تواند دلیل عمده این افزایش معنی دار در رطوبت کیک با افزایش سطح صمغ باشد. همانطور که قبلاً اشاره شد یکی از مشکلات کیک های پخته شده به روش مایکروویو، سرعت بیاتی و نیز میزان بالای از دست دادن رطوبت آنها نسبت به روش پخت با آون های معمولی است. مطالعات نشان داده است که نشاسته های فوری و انواع صمغ ها برای حفظ رطوبت و در نتیجه تأخیر در بیاتی محصولات آردی مورد استفاده قرار می گیرد.

در تحقیقات مشابهی تلریتی (۲۰۰۰) و ساواس (۱۹۹۹) مشاهده کردند که استفاده از انواع مختلف کربوهیدرات ها (پلی دکستروز، مالتودکسترین، پکتین، اینولین) به عنوان جایگزین چربی در کیک باعث افزایش محتوای رطوبت و فعالیت آبی در مقایسه با نمونه چربی کامل شد. [۱۷ و ۱۸]. اثر امولسیفایر، صمغ های گوار، زانتان و متیل سلولز و مقدار چربی بر بیاتی کیک های پخته شده در

که در جدول ۲ و ۳ نشان داده شده است، ترتیب اثر گذاری متغیرهای مستقل بر این پارامتر به صورت: چربی > صمغ زانتان > نشاسته پری ژلاتینه بود. تابع پاسخ (رابطه مدل) جهت تخمین میزان رطوبت کیک با توجه به ضرایب رگرسیونی محاسبه شده، به صورت رابطه ۲ به دست آمد که بالا بودن ضریب R^2 و R^2 اصلاح شده و همچنین عدم معنی داری آزمون Lack of fit مؤید قدرت بالای مدل درجه دوم کاسته می باشد (جدول ۲).

مایکروویو توسط سپین و همکاران (۲۰۰۳) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیقات نشان داد که استفاده از امولسیفایر و صمغ به طور چشمگیر میزان بیاتی کیک را به تأخیر انداخت [۱۹]. بررسی اثر صمغ های گوار و زانتان (۰/۱۵ درصد وزن آرد) بر ویژگی های کیک کم چرب نشان داد، کیک های تهیه شده با صمغ های گوار و زانتان در ۵، ۱۰ و ۱۵ روز پس از تولید، سفتی و قابلیت ارتجاعی مشابهی با کیک های پرچرب داشتند [۲۰]. بر اساس مقادیر و معنی داری ضرایب مدل کاسته

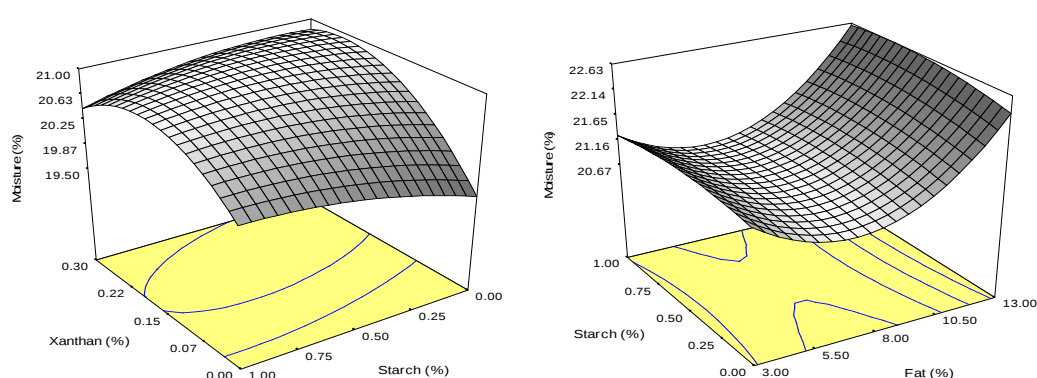


Fig 1 The effectiveness of the response surface curves a) xanthan gum and starch b) starch and fat on moisture content of microwave baked cake

Table 3 The results of the analysis of variance of the reduced quadratic model of response surface for the microwaved baked cake

	Volume (cm ³)		Cohesi venss		Gummi ness (N)		Hardne ss (N)		aw		moisture (%)	
p index	sum of squares	p index	sum of squares	p index	sum of squares	p index	sum of squares	p index	sum of squares	p index	sum of squares	Source of changes
<0.0001	3182.78	<0.0001	0.078	0.0001	0.0035	0.0001	0.0068	0.0001	0.087	0.0001	9.11	Model
<0.0001	1971.22	<0.0001	0.024	0.0001	0.0015	0.0001	0.0048	0.0001	0.083	0.0001	3.36	(fat)A
<0.0001	119.72	<0.0001	0.0017	0.0408	0.00023	0.0012	0.005	0.80	0.00001	0.0001	1.68	(xanthan)B
<0.0001	338.72	<0.0001	0.0099	0.0090	0.00042	0.0001	0.0012	0.31	0.00016	0.407	0.025	(starch)C
<0.0001	509.04	<0.0001	0.00074	0.0001	0.0013	0.044	0.0001	-	-	0.0001	3.49	A ²
-	-	<0.0001	0.021	-	-	0.0205	0.0002	0.016	0.0011	0.0001	1.18	B ²
-	-	<0.0001	0.0012	-	-	-	-	-	-	-	-	C ²
0.0003	46.08	-	-	-	-	-	-	0.007	0.0015	-	-	AB
<0.0001	198.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	AC
-	-	<0.0001	0.0057	-	-	-	-	0.021	0.0010	0.0014	0.55	BC
<u>0.248</u>	18.89	<u>0.121</u>	0.00015	<u>0.339</u>	0.00052	<u>0.692</u>	0.0009	<u>0.317</u>	0.0014	<u>0.133</u>	0.36	Lack of fit
-	6.21	-	0.00004	-	0.00017	-	0.00015	-	0.00055	-	0.080	Pure error

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

ژلاتینه و عدم اثر معنی دار اثرات مستقل و خطی آن ها می باشد (جدول ۳). نتایج همچنین نشان داد که اثر مستقل میزان روغن و اثر متقابل آن با صمغ زانتان معنی دار بود ($P < 0.05$)، بدین ترتیب با افزایش میزان روغن فرمولاسیون از ۳ تا ۱۳ درصد فعالیت آبی نمونه های کیک افزایش معنی داری پیدا کرد بطوریکه بیشترین میزان رطوبت و فعالیت آبی و در نتیجه کمترین مقدار بیباتی در نمونه های حاوی ۱۳ درصد روغن حاصل گردید (شکل ۲). نتایج آنالیز واریانس و نمودارهای رویه نشان دهنده اثر بیشتر چربی بر فعالیت آبی می باشد و بعد از آن به ترتیب صمغ زانتان و نشاسته ذرت پری ژلاتینه می باشد. گواردا و همکاران (۲۰۰۳) نیز دریافتند که با افزودن صمغ زانتان به نان، از میزان از دست رفتن رطوبت در طی نگهداری کاسته شد [۱۰].

همانطور که در شکلهای سطح پاسخ مشاهده می شود افزودن صمغ زانتان و نشاسته پری ژلاتینه به فرمولاسیون کیک تأثیر مثبتی بر فعالیت آبی نمونه های کیک پس از تولید داشته است. شکل ها و نتایج آنالیز واریانس بیان کننده این مطلب است که در صورت به کارگیری همزمان زانتان و نشاسته ذرت پری ژلاتینه با هم، فعالیت آبی بیشتری نسبت به آنچه وقتی زانتان و نشاسته به صورت جداگانه به کار می روند برای نمونه های کیک ایجاد خواهد شد که نشان دهنده اثر سینرژیستی این دو ترکیب بر این پارامتر می باشد (شکل ۲). این نتیجه نیز تایید کننده وجود اثر متقابل معنی دار ($P < 0.05$) بین زانتان و نشاسته ذرت پری

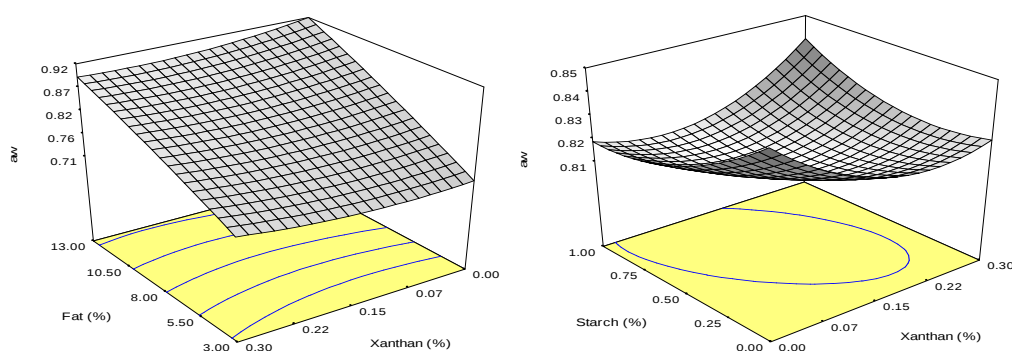


Fig 2 The effectiveness of the response surface curves a) fat and xanthan gum b) starch and xanthan gum on water activity of microwave baked cake

داشت، بدین صورت که با افزایش میزان روغن فرمولاسیون سفتی کاهش یافت (شکل ۳). احتمالاً دلیل کاهش سفتی کیک با افزایش صمغ، نشاسته و روغن این باشد که با افزایش میزان هر سه متغیر مستقل در فرمولاسیون، میزان حفظ رطوبت و در نتیجه فعالیت آبی نمونه ها پس از پخت افزایش پیدا میکند. بر اساس مقادیر و معنی داری ضرایب مدل کاسته که در جدول ۲ و ۳ نشان داده شده است، ترتیب اثر گذاری متغیرهای مستقل بر سفتی بافت کیک به صورت: چربی < نشاسته پری ژلاتینه < صمغ زانتان بود.

بافت از ویژگی های کیفی مهمی است که تجربه حسی مصرف کننده نسبت به یک محصول را به شدت تحت تأثیر قرار می دهد. تعداد، اندازه و نحوه توزیع سلول های هوا بر بافت و در نتیجه

۳-۳- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر ویژگی

های بافتی کیک سفتی بافت

تأثیر متغیرهای مستقل بر میزان سفتی بافت محصول نهایی به صورت شکل های سه بعدی سطح پاسخ در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که صمغ زانتان و نشاسته پری ژلاتینه به طور عمده ای بر سفتی محصول مؤثر بودند به طوری که با افزایش صمغ و نشاسته در غلظت ثابت چربی (۸ درصد) سفتی بافت کیک به طور معنی داری کاهش یافت ($P < 0.01$)، بدین ترتیب بیشترین سفتی مربوط به نمونه های کیک حاوی کمترین مقادیر این ترکیبات بود. همان طور که مشاهده می شود میزان چربی فرمولاسیون نیز اثر قابل توجهی بر سفتی نمونه های کیک

(۲۰۰۶) میزان سفتی بیشتری را برای نمونه با ۴۰ درصد روغن و دارای ژل پکتین به عنوان جایگزین چربی نسبت به نمونه شاهد با ۸۰ درصد روغن گزارش کردند [۲۳]. سیارانی و همکاران (۲۰۱۲)، موریرا و همکاران (۲۰۱۲)، دمیرکسن و همکاران (۲۰۱۰ الف و ب) بیان نمودند که با افزودن ترکیبات هیدروکلوئیدی نظیر گزانتان و گوار به فرمولاسیون محصولات خمیری حاوی آرد بدون گلوتن، سفتی مغز نمونه‌ها نسبت به نمونه فاقد صمغ کاهش می‌یابد [۲۴، ۲۵، ۲۶ و ۲۷].

کیفیت خوراکی محصول اثر دارد. تعداد و اندازه سلول‌های هوا بر ساختار کیک، بر ضخامت دیواره‌های سلولی و در نتیجه بر نیروی مورد نیاز برای گاز زدن، جویدن و بلع آن مؤثر است [۲۱]. بیاتی یا سفت شدن بافت محصولات صنایع پخت در طول مدت زمان نگهداری، فرآیند پیچیده‌ای است که عوامل متعددی نظیر رتروگراداسیون آمیلوپکتین، آرایش مجدد پلیمرها در ناحیه آمورف، کاهش مقدار رطوبت و یا توزیع رطوبت بین ناحیه آمورف و کریستالی در آن دخیل است [۲۲]. لیو و همکاران

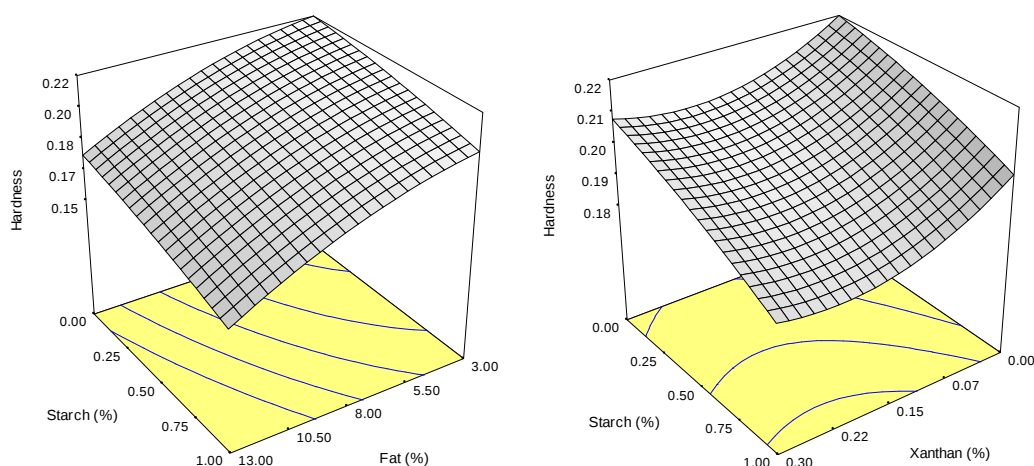


Fig 3 The effectiveness of the response surface curves a) starch and fat b) starch and xanthan gum on hardness of microwave baked cake

(شکل ۴). نتایج آنالیز واریانس و نمودارهای سطح پاسخ نشان دهنده اثر بیشتر چربی بر فعالیت آبی می باشد و بعد از آن به ترتیب نشاسته پری ژلاتینه و صمغ زانتان می باشد. همچنین نتایج نشان دهنده وجود رابطه سینرژیست بین صمغ زانتان و نشاسته ذرت پری ژلاتینه بود به طوریکه در تمامی غلظت‌های نشاسته افزایش زانتان باعث کاهش قابل توجه سفتی و صمغیت بافت نمونه ها شد. این اثر تشدید کنندگی بین زانتان و نشاسته باعث ایجاد بافتی تازه و نرم برای نمونه های حاوی این دو ترکیب گردید.

۳-۴- صمغی بودن بافت

نتایج آنالیز واریانس داده ها و میزان عدم برازش برای هر مدل در جدول ۲ آورده شده است. با توجه به داده های موجود در جدول ۳ مشخص شد که حضور هر سه ترکیب استفاده شده در ایجاد ویژگی های صمغی بودن کیک معنی دار بوده است. نتایج ویژگی صمغی بودن بافت کیک مشابه سفتی بافت بود، بدین صورت که با افزایش مقادیر هر سه متغیر شامل صمغ زانتان، نشاسته پری ژلاتینه و روغن در فرمولاسیون کیک، از میزان صمغیت بافت کاسته شد و کمترین حالت این ویژگی در نمونه های نرم تر که حاوی بیشترین مقادیر روغن، نشاسته و صمغ بود مشاهده شد

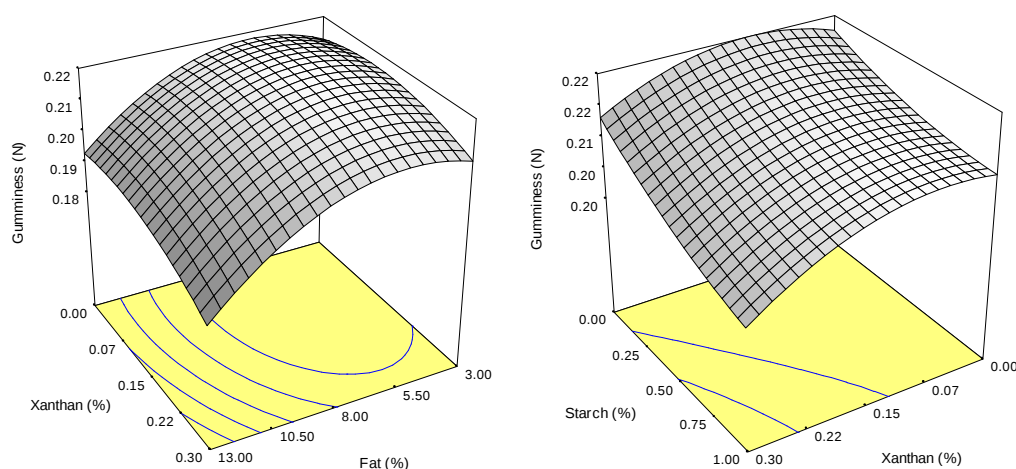


Fig 4 The effectiveness of the response surface curves a) xanthan gum and fat b) starch and xanthan gum on gumminess of microwave baked cake

داری آزمون Lack of fit مؤید قدرت بالای مدل درجه دوم

کاسته می باشد (جدول ۲).

Baixauli و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی تغییرات رنگی و بافتی و عمر ماندگاری حسی کیک مافین^۵ حاوی نشاسته در طول زمان نگهداری گزارش دادند که مقدار پارامترهای بافت (شامل سفتی، فنری و پیوستگی) با افزایش مقدار جایگزینی آرد گندم توسط نشاسته تا میزان ۲۰ درصد کاهش یافت و منجر به تولید کیک با بافت نرم تری گردید. نتایج این محققین همچنین نشان داد که میزان کاهش پارامترهای بافتی در طول زمان نگهداری برای مقادیر بیشتر نشاسته شامل ۱۵ و ۲۰ درصد جایگزینی نسبت به نمونه شاهد کمتر بود. با بررسی نتایج آنالیز حسی نیز مشخص شد که در روزهای اولیه نگهداری میزان پذیرش نمونه شاهد نسبت به کیک مافین حاوی ۲۰ درصد نشاسته، بیشتر بود، ولی با ادامه زمان نگهداری روند برعکس شد و پذیرش نمونه های تحت تیمار حاوی ۲۰ درصد نشاسته مقاوم توسط مصرف کننده در مقایسه با نمونه شاهد بالاتر بود که دلیل آن همانطور که ذکر شد کاهش تغییرات بافتی در طول زمان نسبت به نمونه های شاهد می باشد [۲۸].

پیوستگی بافت

تأثیر متغیرهای مستقل بر میزان پیوستگی بافت محصول نهایی به صورت شکل های سه بعدی سطح پاسخ در شکل ۵ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود متغیرهای روغن و نشاسته پری ژلاتینه بصورت سینرژیک موجب افزایش پیوستگی و انسجام بافت کیک پس از پخت شده است، بدین معنی که در تمامی غلظت های نشاسته افزایش چربی باعث افزایش قابل توجه پیوستگی بافت نمونه ها شده است. این اثر تشدید کنندگی با معنی دار شدن اثرات متقابل این دو ترکیب تایید می شود که باعث ایجاد بافتی با پیوستگی بیشتر برای نمونه های حاوی این دو ترکیب می شود. طبق نتایج آنالیز واریانس و شکل های سطح پاسخ افزودن صمغ زانتان تا ۰/۱۵ درصد در فرمولاسیون خمیر کیک نیز باعث افزایش پیوستگی بافت محصول نهایی شد، در حالیکه با ادامه افزودن این صمغ در فرمولاسیون تا ۰/۳ درصد، روند پیوستگی بافت کاهشی بود (شکل ۵). بر اساس مقادیر و معنی داری ضرایب مدل کاسته که در جدول ۲ و ۴ نشان داده شده است، ترتیب اثر گذاری متغیرهای مستقل بر پیوستگی بافت به صورت: چربی < نشاسته پری ژلاتینه < صمغ زانتان بود. تابع پاسخ (رابطه مدل) جهت تخمین میزان این پارامتر با توجه به ضرایب رگرسیونی محاسبه شده، به صورت رابطه ۶ به دست آمد که بالا بودن ضریب R^2 و R^2 اصلاح شده و همچنین عدم معنی

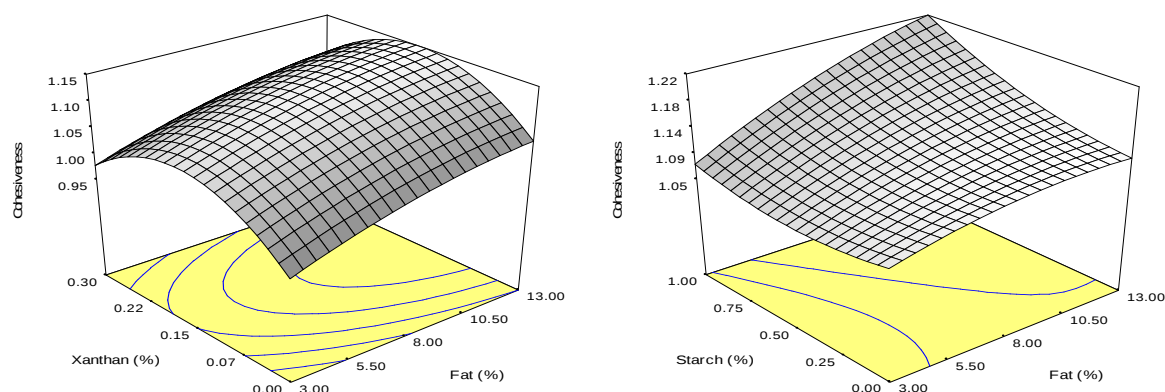


Fig 5 The effectiveness of the response surface curves a) xanthan gum and fat b) starch and fat on cohesiveness of microwave baked cake

حالت نیمه جامد به امولسیون هوا در یک فاز جامد منجر می شود، تخلخل و انعقاد ساختمان، دیر تر اتفاق می افتد و باعث افزایش حجم در مدت طولانی می گردد. میلر و حسینی (۱۹۹۳) نیز نشان دادند که کیک هایی که حاوی صمغ زانتان در فرمولاسیون خمیر خود بودند، از نظر حجم، ارتفاع و چروکیدگی وضعیتی بهتر از نمونه های شاهد داشتند [۲۹]. حجم و شکل فرآورده های نانویی از فاکتورهای مهم جهت ارزیابی کیفی این فرآورده ها می باشد. یکی از فاکتورهای مهم و مؤثر بر حجم کیک هوادهی خمیر است که در مقدار چگالی خمیر انعکاس می یابد و خود تابعی از ویسکوزیته خمیر می باشد. کاهش چربی باعث افزایش ویسکوزیته خمیر و استفاده از جایگزین چربی باعث کاهش چگالی خمیر می گردد [۳۰]. خمیرهای تهیه شده با چربی بیشتر نسبت به خمیرهای حاوی چربی کمتر (به دلیل ورود هوا و چربی بیشتر) عایق های بهتری هستند بنابراین در هنگام پخت شیب حرارتی شدیدی از بیرون به مرکز کیک بوجود می آید که باعث برآمده شدن سطح کیک می گردد. در خمیر تهیه شده با جایگزین چربی، شیب گرمایی کمتری وجود دارد و بسیار سریعتر گرم می شوند و ظاهری مسطح تر دارند [۳۱].

۳-۴- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر تغییرات

حجم کیک

نتایج آنالیز واریانس و شکل های سطح پاسخ نشان داد که در بین متغیرهای مستقل، چربی بیشترین تأثیر را بر افزایش حجم نمونه های کیک داشت، بطوریکه با افزایش میزان روغن در فرمولاسیون خمیر حجم نمونه های کیک افزایش نشان داد که دلیل معنی دار بودن عبارت توان دوم آن، تغییرات بصورت سهمی بود (شکل ۶). نتایج همچنین نشان داد که افزایش صمغ زانتان و نشاسته پری ژلاتینه نیز تأثیر مثبت و معنی داری بر افزایش حجم نمونه های کیک داشت ($p < 0.05$), بدین صورت که با افزایش میزان صمغ و نشاسته در فرمولاسیون، میزان حجم نمونه های کیک بطور خطی افزایش یافت (شکل ۶). به نظر میرسد که به علت بهبود توزیع آب و توزیع گاز در اثر حضور صمغ تعداد حباب های گاز موجود در خمیر افزایش یافته و به همین دلیل حجم محصول نیز افزایش می یابد [۱۰].

اثر هیدروکلوئیدها در ویژگی خمیر ناشی از نوع پیوند، نوع نشاسته و گروه هیدروکسیل هیدروکلوئید است و این به ساختمان شیمیایی هیدروکلوئید بستگی دارد. وقتی افزایش در دمای ژلاتینه شدن نشاسته اتفاق می افتد به تغییر شکل خمیر از

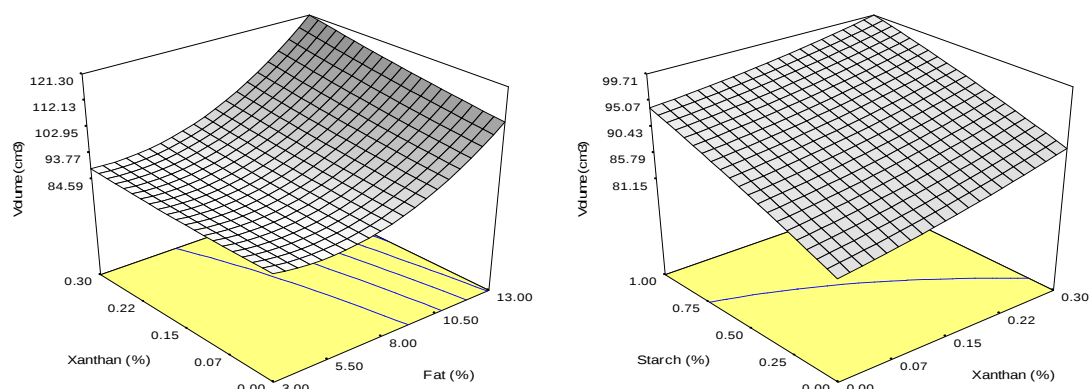


Fig 6 The effectiveness of the response surface curves a) xanthan gum and fat b) starch and xanthan gum on volume of microwave baked cake

۳-۵- بهینه یابی

در نهایت برای نشان دادن کارایی روش پخت با مایکروویو در مقایسه با آون معمولی، سه نمونه پخت با فرمولاسیون یکسان نقطه بهینه حاصل از روش مایکروویو (۶/۲٪ روغن، ۰/۳٪ صمغ زانتان و ۱٪ نشاسته ذرت پری ژلاتینه) توسط آون معمولی تهیه گردید و سپس میانگین ویژگی های کیک پخته شده با آون اندازه گیری و با نقطه بهینه روش مایکروویو مقایسه گردید. نتایج نشان داد در مجموع به جز سفتی و پیوستگی بافت، اختلاف قابل توجهی بین دو روش پخت کیک از نظر خصوصیات مورد بررسی وجود نداشت (جدول ۵). همانطور که مشاهده می شود نمونه های پخته شده با مایکروویو بدلیل حفظ رطوبت و در نتیجه فعالیت آبی بالاتر، در مقایسه با نمونه های پخته شده در آون معمولی سفتی بافت کمتر و در نتیجه بیاتی کمتری داشتند. همچنین کیک های پخته شده در مایکروویو از نظر پیوستگی بافت نیز برتری نشان دادند و در مقایسه با کیک های تولید شده در آون معمولی بطور معنی داری دارای پیوستگی و انسجام بافت بیشتری بودند.

شرایط عملیاتی بهینه برای فرمولاسیون کیک کم کالری پخته شده به روش مایکروویو با استفاده از متغیرهای مستقل میزان روغن، صمغ زانتان و نشاسته پری ژلاتینه ذرت بر روی پارامترهای مورد اندازه گیری با استفاده از تکنیک بهینه سازی عددی^۶ نرم افزار Design Expert جستجو شد. بدین منظور، در ابتدا اهداف بهینه سازی را مشخص کرده و سپس سطوح پاسخ ها و متغیرهای مستقل تنظیم شد. برای این منظور مقدار حجم و پیوستگی در حداکثر و مقدار سفتی و صمغیت بافت در حداقل و صفات رطوبت و a_w و همچنین متغیرهای مستقل در حالت in range انتخاب شدند. پس از بهینه یابی نهایی، مقادیر پاسخ ها شامل رطوبت، a_w ، سفتی، صمغی بودن و پیوستگی بافت و حجم نمونه ها به ترتیب برابر ۲۰/۳۴ درصد، ۰/۸۰، ۰/۱۹ نیوتن، ۰/۲۰۴ نیوتن، ۱/۰۸ و ۹۸ سانتی متر مکعب بود. در شرایط بهینه مقادیر متغیرهای مستقل شامل میزان روغن، غلظت زانتان و نشاسته به ترتیب ۶/۲، ۰/۳ و ۱ درصد به دست آمد (جدول ۴).

6. Numerical optimization

Table 4 The results of the optimization of formulation of low calorie microwave baked cake and comparison with conventional oven

volume (cm ³)	*cohesiveness	gumminess (N)	*hardness (N)	a _w	moisture (%)	starch (%)	xanthan (%)	fat (%)	Baked method
98.8	1.08	0.204	0.19	0.80	20.34	1	0.3	6.2	Microwave baked
101.5	0.98	0.187	0.25	0.78	19.02	1	0.3	6.2	Conventional baked

(significant difference at P < 0.05)

ویژگی های مورد بررسی اختلاف قابل توجهی بین دو روش پخت وجود ندارد، با این تفاوت که نمونه هایی که در مایکروویو تولید شدند به دلیل حفظ بیشتر رطوبت نرم تر بوده و در نتیجه دیرتر دچار بیاتی می شوند و عمر ماندگاری بالاتری را دارا می باشند.

۵- منابع

- [1] Seyhun, N., Sumnu, G., Sahin, S. 2003. Effects of different emulsifier types, fat and gum types on retardation of staling of microwave-baked cakes. *Food/Nahrung*, 42:248-252.
- [2] Frye, A.M., Setster, C.S. 1993. Bulking agents and fat substitutes. In: Altschul, A.A., Editor. *Low-Calorie Food Handbook*. New York: Marcel Dekker Inc. Pp.211-251.
- [3] Gomez, M., Ronda, F., Caballero, P.A., Blanco, C.A., Rosell, C.M. 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf life of yellow layer cakes. *Food hydrocolloids*, 21:167-173.
- [4] Sumnu, G., Datta, A.K., Sahin, S., Keskin, S. O., & Rakesh, V. 2007. Transport and related properties of breads baked using various heating modes. *Journal of Food Engineering*, 78, 1382-1387.
- [5] Sánchez-Pardo, M.E., Ortiz-Moreno, A., García-Zaragoza, F.J., Necoechea-Mondragón, H., Chanona-Pérez, J.J. 2012. Comparison of pound cake baked in a two cycle microwave-toaster oven and in conventional oven, *LWT - Food Science and Technology* 46, 356-362.
- [6] Sumnu, G., & Sahin, S. 2005. The microwave processing of foods. In H. Schubert, & M. Regier (Eds.), *Baking using microwave processing* (pp. 119-141). Cambridge: CRC Press.
- [7] Sumnu, G., Datta, A. K., Sahin, S., Keskin, S. O., & Rakesh, V. (2007). Transport and related

۴- نتیجه گیری کلی

امروزه مصرف کنندگان مواد غذایی اهمیت بیشتری به کیفیت و سلامت مواد غذایی می دهند و بنابراین تقاضای زیادی برای تولید محصولات غذایی کم کالری و رژیم غذایی کم چرب وجود دارد. هیدروکلوئیدها از جمله جایگزین های چربی هستند که در صنایع نانوائی برای بهبود بافت، به تعویق انداختن رتروگراداسیون نشاسته، حفظ رطوبت و افزایش کیفیت نهایی محصولات در حین نگهداری استفاده می شود. از این رو در این تحقیق ابتدا فرمولاسیون کیک کم کالری از طریق کاهش میزان چربی و جایگزینی آن توسط صمغ زانتان و نشاسته پری ژلاتینه جهت به تأخیر انداختن بیاتی بهینه سازی و با روش مایکروویو پخت گردید. سپس فرمولاسیون بهینه کیک کم کالری توسط روش آون معمولی نیز پخت شده و ویژگی های بافتی و تکنولوژیکی آن ها با هم مقایسه گردید. نتایج مرحله بهینه سازی فرمولاسیون پخت با مایکروویو نشان داد که با کاهش چربی فرمولاسیون و افزودن زانتان و نشاسته پری ژلاتینه میزان رطوبت و فعالیت آبی نمونه های کیک بهتر حفظ شده که منجر به کاهش سفتی و صمغی بودن و همچنین افزایش پیوستگی بافت نمونه های کیک تولید شده با مایکروویو شده و در نتیجه به تولید محصولی نرم تر با بیاتی کمتر و عمر ماندگاری بالاتری منتهی شد. طبق نتایج کاهش چربی فرمولاسیون منجر به کاهش حجم نمونه های کیک می شود که با افزودن زانتان و نشاسته پری ژلاتینه این کاهش حجم نسبتاً جبران می گردد. فرمولاسیون بهینه نشان داد که با افزودن ۰/۳٪ صمغ زانتان و ۱٪ نشاسته پری ژلاتینه می توان میزان چربی فرمولاسیون را به نصف کاهش داد و در نتیجه محصولی کم کالری با ویژگی های سلامتی بخش بیشتری تولید کرد. در نهایت با مقایسه دو روش پخت با مایکروویو و آون معمولی نیز مشخص شد که از نظر بسیاری از

- [19] Seyhun, N., Sumnu, G., Sahin, S. (2003). Effects of different emulsifier types, fat and gum types on retardation of staling of microwave-baked cakes. *Food/Nahrung*, 42:248-252.
- [20] Zambrano, F., Despinoy, P., Ormenese, R., Faria, E. (2004). The use of guar and xanthan gums in the production of light low fat cake. *International Journal of Food Science & Technology*, 39:959-966.
- [21] Cauvain, S.P., Young, L.S. (2006). Baked products: Science, technology and practice Wiley on line library.
- [22] Ahlborn, G. J., Pike, O. A., Hendrix, S. B., Hess, W. M., and Huber, C, S. 2005. Sensory, mechanical and microscopic evaluation of staling in low protein and gluten free bread. *Cereal Chemistry*, 82: 328-335.
- [23] Liu, H., Xu, X. M., & Guo, Sh. D. 2007. Rheological, texture and sensory properties of low fat mayonnaise with different fat mimetics, *LWT*, 40, 946- 954.
- [24] Sciarini, L. S., Ribotta, P. D., Leon, A. E., and Perez, G. T. 2012. Incorporation of several additives into gluten free bread: Effect on dough properties and bread quality. *Journal of Food Engineering*, 111(4): 590-579.
- [25] Moreira, R., Chenlo, F., and Torres, M. D. 2012. Effect of chia (*Sativa Hispanica* L.) and hydrocolloids on the rheology of gluten free doughs based on chesnut flour. *LWT- Food Science and Technology*. In Press.
- [26] Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., and Sahin, S. 2010a. Rheological properties of gluten-free bread formulation. *Journal of Food Engineering*, 96: 295-303.
- [27] Demirkesen, I., Mert, B., Summu, G., and Sahin, S. 2010b. Utilization of chest nut flour in gluten – free bread formulation. *Journal of Food Engineering*, 101: 329-336.
- [28] Baixauli R., Salvador A., Fiszman S M. 2008. Textural and colour changes during storage and sensory shelf life of muffins containing resistant starch. *Eur Food Res Technol*, 226:523–530.
- [29] Miller, R. A., and Hoseney, R. C. 1993. The role of xanthan gum in white layer cakes. *Cereal Chem.* 70(5): 585-588.
- [30] Hui, Y.H. (2007). Bakery products: science and technology, Wiley-Blackwell.
- [31] Bath, D., Shelke, K., Hoseney, R. (1992). Fat replacers in high ratio layer cakes. *Cereals Foods Word*, 37.
- properties of breads baked using various heating modes. *Journal of Food Engineering*, 78, 1382e1387.
- [8] Gil, M.J., Callejo, M.J., Rodriguez, G. and Ruiz, M.V., 1999, Keeping qualities of white pan bread upon storage: effect of selected enzymes on bread firmness and elasticity, *Zeitschrift fu'r Lebensmittel Untersuchung und Forschung A*, 208: 394–399.
- [9] Rosell, C. M., Rogas. J. A., and Barber, C. B. 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*. 15: 75 – 81.
- [10] Guarda , A., Rossel ,C. M., Benedito, C., and Galotto, M. J. 2003. Different Hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*.
- [11] Davidou, S., Le Meste, M ., Debever, E., and Bakaert, D. 1996. A contribution to the study of staling of white bread: effect of water and hydrocolloid. *Food Hydrocolloids*. 10: 375-383.
- [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 and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. *Food Chemistry*, 90(4), 549–555.
- [17] Theleriti, P. (2003). Replacement of fat and sugar in cakes. Diploma thesis. Athens, Greece: National Technical University Athenes. Cited in Hui, Y.H. (2007). Bakery products: Science and Technology: Wiley-Blackwell.
- [18] Savas, M.P. (1999). Replacement of fat in cakes. Diploma thesis. Athens, Greece: National Technical University Athenes. Cited in Hui, Y.H. (2007). Bakery products: Science and Technology: Wiley-Blackwell.

The modeling and optimization of textural and physicochemical properties of low-calorie microwave baked cake by using response surface methodology (RSM)

Nazari, Z.¹, Sedaghat, N.^{2*}, Koocheki, A.³

1. Phd educated, Department of Food Science & Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran,

2. Associate Prof., Department of Food Science & Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran,

3. Associate Prof., Department of Food Science & Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran,

(Received: 2015/08/13 Accepted: 2016/01/10)

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 microwave baked low calorie cake, by reducing fat and optimization of formulation with xanthan gum and pre-gelatinized starch to calorie reducing and retardation of staling. In this study, response surface methodology and central composite design In order to evaluate and optimization of the independent variables including oil (x1:3-13%), xanthan gum (x2: 0-0.3%) and pre-gelatinized starch (x3:0-1%) on the characteristics of the final product were used. The results of formulation of microwave baked cakes showed that with reduced fat and add xanthan gum and pre-gelatinized starch, moisture content and water activity of the cake, better preserved which leads to reduced stiffness and gumminess and increases the cohesiveness, therefore softer cake with a longer shelf-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 and gumminess as well as to maximize the volume and cohesiveness of cake that was confirmed in practical tests for Independent parameters of the oil, xanthan and pregelatinized starch 6.2%, 0.3% and 1% respectively. At this point, the optimal response levels include humidity, a_w , stiffness, gumminess, the cohesiveness and volume of samples was 20.34 %, , 0.80, 0.19 N, 0.204 N, 1.08 and 98 cm³ respectively. Finally, by comparing the two methods of baking with microwave and conventional methods shows that there was no significant difference between these two methods of baking, except that the microwave baked cake due to preserve more moisture, was softer and therefore have a longer shelf life.

Keywords: Low-calorie cake, Xanthan gum, Pre-gelatinized starches, Textural characteristics, Response surface methodology

* Corresponding Author E-Mail Address: sedaghat@um.ac.ir