مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بهینه‌یابی فرمولاسیون کیک اسفنجی فاقد گلوتن بر پایه آرد برنج حاوی صمغ کتیرا و پودر تفاله خرما با استفاده از طرح آماری مخلوط

فرزانه محمدزاده[۱]، مهدی قره خانی[۱]، احمد قره خانی[۲]، حمید بخش آبادی[۳]

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

۲-گروه دامپزشکی، واحد ماکو، دانشگاه آزاد اسلامی، ماکو، ایران

۳- گروه کشاورزی، مرکز آموزش عالی میناب، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۹/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۸

کلمات کلیدی:

کیک اسفنجی،

برنج،

بهینه‌یابی،

صمغ کتیرا،

پودر تفاله خرما

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.229.

* مسئول مکاتبات:

m.gharekhani@iaut.ac.ir

چکیده

سلیاک یک بیماری ایجاد شده توسط مصرف گلوتن در افراد مستعد از لحاظ ژنتیکی می‌باشد که تنها درمان موثر برای این بیماری پایبندی به یک رژیم غذایی فاقد گلوتن در سراسر طول عمر بیمار می‌باشد. بنابراین هدف از این مطالعه بهینه‌یابی فرمولاسیون کیک اسفنجی بر پایه آرد برنج با افزودن صمغ کتیرا و تفاله خرما بود. اثرات دو غلظت صمغ کتیرا (۰ تا ۱/۵ درصد) و پودر تفاله خرما در محدوده‌ی ۰ تا ۹ درصد با کمک طرح آماری مخلوط بر پارامترهای رطوبت، حجم مخصوص، تخلخل، سختی، شاخص‌های رنگی و خصوصیات حسی کیک برنجی بررسی گردید. بر اساس نتایج این پژوهش کلیه ویژگی‌های مورد آزمایش کیک تهیه شده تحت تأثیر اجزای مخلوط بود ($P<۰/۰۵$). افزایش میزان صمغ کتیرا در فرمولاسیون منجر به افزایش مقدار رطوبت، تخلخل، شاخص L^* و b^* شد. به‌گونه‌ای که بیشینه میزان رطوبت متعلق به نمونه حاوی ۱/۵ درصد صمغ کتیرا و فاقد پودر تفاله خرما بود که این نمونه دارای ۴۹/۹۳ درصد رطوبت بیشتری از نمونه‌ی حاوی ۹ درصد پودر تفاله خرما داشت. در حالی‌که میزان سختی، شاخص a^* و پذیرش کلی کاهش یافت. با افزایش پودر تفاله خرما در فرمولاسیون میزان رطوبت، حجم مخصوص، شاخص L^* و b^* و پذیرش کلی کاهش ولی میزان سختی، تخلخل و شاخص a^* افزایش یافت. میزان صمغ کتیرا، پودر تفاله خرما و سایر مواد در فرمولاسیون بهینه به ترتیب برابر ۰/۹، ۰/۲۵ و ۹۸/۸۵ درصد بود که در این نقطه مطلوبیت ۰/۸۵۴ حاصل گردید.

۱-مقدمه

غلات از اولین غذاهای شناخته شده بشر بوده که از زمان‌های بسیار کهن تاکنون همواره نقش بسیار مهمی در اقتصاد و تغذیه مردم دنیا به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه داشته است[۱]. کیک به عنوان یکی از محصولات صنایع آردی، دارای تنوع بالایی بوده و در بین مردم و به‌خصوص کودکان و نوجوانان طرفداران زیادی دارد. این محصول نوعی شیرینی با بافت نرم می‌باشد که جزء دسته غذاهای پخته شده طبقه‌بندی می‌شود و مواد اصلی آن را آرد، روغن (به استثنای کیک اسفنجی) شکر و تخم مرغ تشکیل می‌دهد [۲]. که از آرد به‌عنوان در برگیرنده اجزای مختلف کیک و شکل دهنده آن استفاده می‌شود. این محصول بایستی دارای بافتی متخلخل، حفره‌های ریز با دیواره نازک و حالت اسفنجی باشد. هرچند که برای ایجاد تخلخل در بافت کیک می‌توان از گاز کربنیک، مواد شیمیایی مجازی که گاز کربونیک آزاد می‌کنند و یا عمل هوا دادن در اثر کرم کردن روغن، شکر و تخم مرغ استفاده نمود اما حفظ حالت اسفنجی به عهده شبکه گلوتن است [۳]. ولی متأسفانه عده‌ای از افراد به‌دلیل بیماری سلیاک قادر به‌مصرف محصولات دارای گلوتن نیستند. سلیاک یک بیماری ایجاد شده توسط مصرف گلوتن در افراد مستعد از لحاظ ژنتیکی است که قسمت پرولامین محلول در الکل شامل گلیادین در گندم، سکالین در جو، آونین در جو دو سر و هوردئین در جو از عوامل مسبب این بیماری هستند. افراد مبتلا به سلیاک بعد از مصرف غذای حاوی گلوتن یک سری نشانه‌های بالینی ناشی از اختلال در هضم گلوتن نشان می‌دهند که در زمان‌های طولانی منجر به آسیب پرزهای ویلی موجود در روده‌ی کوچک می‌شود. پوکی استخوان، کمبود ویتامین D و کلسیم به دلیل سوء جذب روده، اختلالات عصبی و روانی، ناباروری، اختلالات جنسی و اختلالات گوارشی از علائم بیماری سلیاک می‌باشند[٤، ٥ و ٦]. تنها درمان موثر برای بیماری سلیاک پایبندی به یک رژیم غذایی فاقد گلوتن در سراسر طول عمر بیمار می‌باشد. این بیماران بایستی از مصرف برخی پروتئین‌های ذخیره‌ای (پرولامین‌ها) که در گندم (گلایدین)، چاودار (سکالین) و جو (هوردئین) وجود دارند، اجتناب کنند. برنج با نام علمی *Oryza Sativa* از تیره‌ی Gramineae که خواصی مانند فقدان گلوتن، سطوح پایین سدیم و مقادیر زیاد کربوهیدرات‌های سریع والهضم را دارد، که آن را برای بیماران سلیاکی مناسب ساخته است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که اکثر نان‌های بدون گلوتن تجاری به‌دلیل حذف گلوتن، خواص حسی بسیار نامطلوبی دارند و بافت نان حاصله، زبر، متراکم، کم حجم و رنگ پوسته ضعیف بوده و در نهایت برای مصرف کننده قابل قبول نبوده و ماندگاری کمی داشتند [۷ و ۸]. جایگزینی گلوتن، یکی از مسائل چالش بر انگیز برای صنعت غذا است، زیرا تهیه مواد غذایی فاقد گلوتن که از کیفیت تغذیه‌ای و عملکردی مطلوب برخوردار باشند، دشوار است. پروتئین‌ها، هیدروکلوئیدها، امولسیفایرها و یا ترکیبی از این مواد به منظور بهبود خواص فیزیکی و محتوای تغذیه‌ای محصولات فاقد گلوتن استفاده می‌شوند [۹]. صمغ کتیرا به عنوان یکی از صمغ‌های تراوشی گیاهی، از گونه‌های چند ساله آستراگالوس[1] (گون) و گونه‌های بوته مانند با ساقه‌های چوبی به دست می‌آید [۱۰ و ۱۱] که در کشورهای ایران، سوریه، ترکیه و برخی نقاط دیگر از قاره آسیا می‌روید [۱۲]. از نظر شیمیایی کتیرا یک کربوهیدرات آب‌دوست غیریکنواخت و بسیار منشعب است و از دو جزء اصلی تحت عنوان تراگاکانتیک اسید یا باسورین و تراگا کانتین تشکیل شده است [۱۳]. کتیرا توسط سازمان جهانی غذا و داروی آمریکا به‌عنوان هیدروکلوئیدی با کیفیت در فهرست GRAS قرار گرفته است [١٤]. این صمغ در صنایع غذایی

1 -*Astragalus*

به خصوص فرآورده‌های صنایع پخت دارای کاربرد گسترده‌ای بوده که از آن دسته می‌توان به خاصیت امولسیفایری، پایدارکنندگی و قوام دهندگی در این محصولات اشاره کرد[۱۵]. از محققینی که از صمغ‌ها در فرمولاسیون محصولات مختلف بر پایه غلات استفاده کردند، می‌توان به مطالعات شیخ الاسلامی و همکاران (۲۰۱۷)، بیلیادریس و همکاران (۱۹۹۷) و کوماری و همکاران، (۲۰۱۱) اشاره نمود [۱٦، ۱۷ و ۱۸]. درخت خرما یکی از قدیمی‌ترین درختان میوه شناخته شده برای انسان است. بیشتر گونه‌های جنس فولیکس به عنوان گیاه زینتی در درون یا بیرون خانه‌ها پرورش داده می‌شوند و تنها گونه‌ای که میوه آن مصرف خوراکی دارد همان خرمای معمولی است. عراق همواره بزرگترین تولید کننده خرما در جهان است و بصره به خاطر ارقام بسیار مرغوب خرما شهرت جهانی دارد [۱۹] که با توجه به وجود املاح، فیبرهای غذایی و ویتامین‌های مختلف در خرما می‌توان با افزودن آن به محصولات غذایی گوناگون این محصولات را غنی سازی نمود. تحقیقات مختلفی در خصوص استفاده از مشتقات خرما از جمله پودر میوه خرما، قند و شیره خرما در تهیه محصولات نانوایی انجام شده است [۲۰، ۲۱ و ۲۲]. هدف از این مطالعه با توجه به مطالعات اندک در زمینه استفاده از صمغ کتیرا و پودر تفاله خرما که از ضایعات کارخانجات تولید قند ارگانیک می‌باشد در تولید کیک اسفنجی بدون گلوتن پایه آرد برنج به‌منظور افزایش بهبود ویژگی‌های آن و بهینه‌یابی فرمولاسیون کیک اسفنجی بود.

۲-مواد و روش‌ها

۲- ۱- مواد

در این مطالعه برای تهیه کیک اسفنجی از صمغ کتیرا شرکت پارس آنالیز، پودر تفاله خرما شرکت شهد بابارس و سایر مواد مورد نیاز نیز از فروشگاه‌های سطح شهرستان تبریز استفاده گردید. تجهیزات مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از الک آزمایشگاهی، آون آزمایشگاهی(Memert، آلمان)، ترازوی دیجیتال(Gec Avery، ساخت انگلستان)، مخلوط کن برقی خمیر (Philps، چین)، فر پخت نانوایی (صنایع پخت مشهد، ایران) و بافت سنج (Lefra، آمریکا).

۲-۲- روش‌ها

۲- ۲- ۱- تهیه خمیر و پخت کیک اسفنجی

خمیر کیک بر اساس روش شکر – خمیر تهیه گردید. فرمولاسیون‌های مختلف به کار رفته در این مطالعه در جدول شماره ۱ آورده شده است. بعد از تهیه خمیر، داخل قالب‌های کیک، کاغذ روغنی گذاشته شد و میزان ۵۰ گرم از مخلوط تهیه شده داخل هر کدام از آنها ریخته شد. قالب‌های حاوی خمیر کیک داخل فر با دمای ۱۹۰- ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۵-۲۰ دقیقه قرار داده شدند. کیک‌های آماده شده از فر خارج و خنک شدند. قالب‌های کیک به منظور خنک شدن سریعتر وارونه قرار داده شد تا بدنه آنها در معرض هوا قرار گرفته و زودتر خنک شوند. این امر به خروج کیک از قالب‌ها کمک نمود و مشکل تعریق را نیز برطرف کرد. پس از کامل شدن مراحل تولید، نمونه‌ها تا انجام مراحل آزمایش، داخل کیسه‌های پلی‌اتیلنی و در دمای محیط (۲۵ درجه سانتی‌گراد) نگه داشته شدند.

Table 1- Mixture composition in the soup formulated with Tragacanth gum (x_1), Date pulp power (x_2) and Other compound (x_3) in a three component constrained D-optimal mixture design.

Number of sample	Tragacanth gum (x_1): (%)	Date pulp power (x_2): (%)	Other compound (x_3): (%)
1	1.5	9	89.5
2	1.5	0	98.5
3	0.5	9	90.5
4	0.5	6	93.5
5	0	0	100

6	0	9	91
7	1	3	96
8	0	6	94
9	1.5	3	95.5
10	0	6	94

۲-۲-۲- تعیین میزان رطوبت

برای اندازه‌گیری میزان رطوبت نمونه‌ها از روش AACC به‌شماره ١٦-٤٤ استفاده گردید [۲۳].

۲-۲-۳- اندازه‌گیری حجم مخصوص

حجم نمونه‌های حاصله با استفاده از روش جابه‌جایی دانه‌ی کلزا اندازه گیری شد [٢٤].

۲-۲-٤- ارزیابی میزان تخلخل

برای ارزیابی تخلخل نمونه‌ها از روش پردازش تصویر توسط عکس‌برداری با دوربین دیجیتال با وضوح ۱۲مگا پیکسل و آنالیز با نرم افزار Image J استفاده شد [۲۵].

۲-۲-۵- آزمون سختی بافت

سفتی بافت داخلی نمونه‌های تولیدی، در روز اول پس از پخت توسط دستگاه بافت سنج اندازه‌گیری و مورد ارزیابی قرارگرفتند. حداکثر نیروی لازم برای نفوذ پروپ استوانه‌ای با قطر ۳۸/۱ میلی‌متر با سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه به مرکز برش‌های مغز کیک بعنوان شاخص سفتی محاسبه گردید. زمان استراحت[۲] ۱/۵ ثانیه در نظر گرفته شد و ضخامت برش‌های مغز کیک ۲×۲×۲ سانتی‌مترمکعب و میزان فشردگی تا ۵۰ درصد ارتفاع اولیه کیک تعیین گردید. نقطه شروع و نقطه هدف به‌ترتیب ۵ گرم و ۱۰ میلی‌متر بود. این آزمون در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت [٢٦].

۲-۲-٦- ارزیابی میزان شاخص‌های رنگی

برای آنالیز رنگ نمونه‌ها از روش پردازش تصویر با کامپیوتر استفاده گردید. در این روش با ا ستفاده از دوربین دیجیتال از سطح نمونه‌ها عکس‌برداری شد (به‌منظور عکس‌برداری، نمونه‌ها در داخل یک محفظه با زمینه‌ای به رنگ سیاه قرار گرفتند، جهت نورپردازی فضا از لامپ فلوئورسنت کم مصرف استفاده گردید زاویه بین عدسی دوربین و محور منبع نوری حدود ۴۵ درجه بود تا نور منعکس شده به دوربین از منبع نوری نبوده، بلکه از نمونه‌ها باشد، همچنین فاصله نمونه ها از دوربین ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد) و بعد از انتقال به کامپیوتر، شتاخص‌های رنگی (L^*، a^* و b^*) با برنامه فتوشاپ نسخه (CC) تعیین شدند. با استفاده از کالیبره کردن مقدار این پارامترها توسط کارت‌های رنگی، میزان واقعی این پارامترها تعیین شد شاخص L^* معرف میزان روشنی نمونه می‌باشد و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. شاخص a^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر بوده و در نهایت شاخص b^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگهای آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰-(آبی خالص) تا ۱۲۰+ (زرد خالص) متغیر می‌باشد[۲۵].

۲- ۲- ۷- ارزیابی حسی نمونه‌ها

خصوصیات حسّی نمونه‌های تولیدی از طریق آزمون چشایی ارزیابی شد. ۹ ارزیاب از بین افراد آموزش دیده، خصوصیات نمونه‌های تولیدی را جهت تعیین میزان

2-Recovery Time

پذیرش کلّی با استفاده از رابطه (۱) و با اعمال ضرایب ارزشیابی ۱، ۳، ٤ و ۳ به ترتیب برای صفات رنگ، بافت، طعم ومزه و بو بر مبنای مقیاس ۵-۱ (۱ کمترین و ۵ بالاترین امتیاز) ارزیابی کردند [۲۷].

رابطه (۱) $$Q = \frac{\sum(P \times G)}{\sum P}$$

Q= پذیرش کلّی (عدد کیفیت نمونه‌های تولیدی)، P= ضریب رتبه صفات و G= ضریب ارزیابی صفات.

۲- ۳- تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش به‌منظور بهینه‌یابی فرمولاسیون کیک اسفنجی بدون گلوتن بر پایه برنج از طرح مخلوط D-optimal و نرم‌افزار Design Expert نسخه 6.0.2 استفاده شد که سه جزء فرمول شامل درصدهای مختلف صمغ کتیرا (x_1)، پودر تفاله خرما (x_2) و سایر مواد (x_3) بود. برای مقایسه داده‌ها با یکدیگر نیز از طرح کاملا تصادفی نرم افزار SAS ۹/۱ و آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ($P<۰/۰۵$) استفاده گردید.

۳- نتایج و بحث

۳- ۱-تأثیر نوع فرمولاسیون بر میزان رطوبت

نتایج حاصل از آزمون دانکن و همچنین شکل ۱ نشان داد که بیشینه میزان رطوبت متعلق به نمونه حاوی ۱/۵ درصد صمغ کتیرا و فاقد پودر تفاله خرما بود به گونه‌ای که این نمونه دارای ٤۹/۹۳ درصد رطوبت بیشتری از نمونه‌ی که حاوی ۹ درصد پودر تفاله خرما بود، داشت. همانطور که مشخص است با افزایش میزان صمغ کتیرا در فرمولاسیون میزان رطوبت افزایش یافت. هیدروکلوئیدها به‌دلیل داشتن ماهیت هیدروفیلیکی، حاوی گروه‌های هیدروکسیل در ساختار خود می‌باشند که باعث واکنش بیشترآنها با آب از طریق پیوندهای هیدروژنی می‌شود، در نتیجه میزان جذب آب و رطوبت را افزایش می‌دهند [۲٦ و ۲۸]. مویدی و همکاران (۲۰۱٤) نیز در نتایج پژوهش خود نشان داده‌اند که افزودن کتیرا به فرمول نان حجیم سبب افزایش رطوبت آن شد و با افزایش سطح غلظت کتیرا میزان رطوبت بیشتر شد [۱۵]. شیخ الاسلامی و همکاران (۲۰۲۰) نیز نشان دادند که استفاده از هیدروکلوئیدهای آب دوست مانند صمغ‌ها، به‌دلیل طبیعت آب‌دوست خود با آب بر همکنش می‌دهند و سبب کاهش انتشار آب و پایداری حضور آن در سیستم می‌شوند که همین امر در افزایش جذب آب خمیر و حفظ رطوبت محصول نهایی در حین فرایند پخت و نگهداری موثر است[۲۹]. عرب‌شیرازی و همکاران (۲۰۱۲)، آشوینی و همکاران (۲۰۰۹) و سیهان و همکاران (۲۰۰۳)، در مطالعات خود قابلیت امولسیفایرها در افزایش رطوبت محصول نهایی را تائید نمودند. ولی با افزایش بیشتر تفاله خرما، به علت دارا بودن ترکیبات مختلفی از قبیل بیشتر بودن میزان چربی، رطوبت نمونه‌ها کاهش یافت [۳۰، ۳۱ و ۳۲]. نتایج این بخش با نتایج ابیگوبنا و همکاران (۲۰۱۳) و پتر اکچکووا و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت داشت [۲۰ و ۲۱]. مدل ۱ ارائه شده در جدول ۳ بیانگر تأثیر بیشتر میزان صمغ کتیرا بر رطوبت نمونه‌ها داشت و از طرفی مشخص گردید که مدل خطی بهترین مدل برای بررسی نتایج حاصل از رطوبت نمونه‌ها بود.

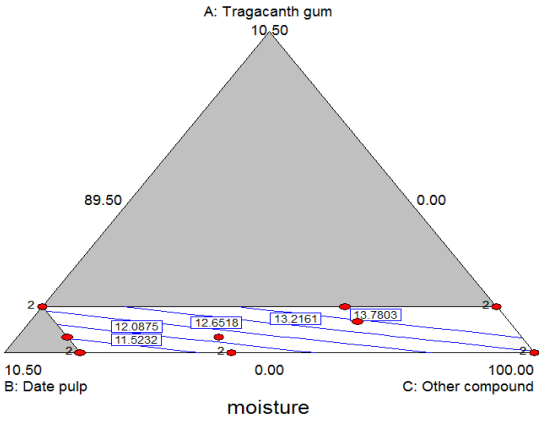


Figure 1- Contour diagram of the moisture content of the produced cakes under the influence of different formulations

Table 2-Experimental results of the assessed properties

Number of sample	Moisture (%)	Specific volume (ml/g)	Hardness (g)	Porosity(%)	L*	a*	b*	Total acceptance
1	12.90^{d}	1.22^{e}	1500^{e}	23.14^{de}	72.49^{f}	-10.22^{h}	52.93^{h}	3.75^{d}
2	15.45^{a}	1.46^{b}	735^{j}	33.54^{bc}	80^{a}	-10.89^{i}	76.12^{a}	4.32^{b}
3	11.80^{h}	1.16^{g}	1705^{b}	32.2^{bc}	75.9^{d}	-9.9^{g}	68.29^{c}	3.78^{d}
4	12.60^{e}	1.25^{d}	1320^{f}	34.69^{b}	75.9^{d}	-5.81^{bc}	63.27^{f}	3.9^{cd}
5	13.10^{c}	1.31^{b}	1132^{g}	23.07^{ef}	78.58^{b}	-9.15^{f}	70.17^{b}	5^{a}
6	10.66^{i}	1.14^{h}	1898^{a}	27.07^{cd}	72.05^{g}	-7.67^{e}	63.59^{f}	3.8^{cd}
7	12.39^{f}	1.24^{d}	1027^{i}	40.02^{a}	78.15^{c}	-7.49^{d}	65.47^{e}	4.33^{b}
8	12.00^{g}	1.19^{f}	1608^{c}	21.74^{f}	71^{h}	-5.8^{b}	66^{d}	4^{c}
9	14.00^{b}	1.27^{c}	1120^{h}	32.01^{bc}	73.14^{e}	-5.84^{c}	60.45^{g}	3.99^{c}
10	12.10^{g}	1.20^{f}	1515^{d}	21.74^{f}	70.96^{h}	-3.65^{a}	66.09^{d}	4^{c}

Numbers with different letters in each column imply significant differences in the 5% level of probability.

۳- ۲- تأثیر متغیرها بر حجم مخصوص

حجم کیک نشان‌دهنده میزان هوا، بخار آب تولید شده و دی‌اکسید کربن و میزان تغییرات آن در طول پخت در خمیر کیک می‌باشد به عبارت دیگر حجم کیک به توانائی شبکه پروتئینی در نگهداری گاز دی‌اکسیدکربن تولید شده در طول تخمیر بستگی دارد [۳۳]. با افزایش میزان کتیرا در فرمولاسیون کیک‌های تولیدی میزان حجم مخصوص نمونه‌ها افزایش یافت (شکل و جدول ۲). محققان دلیل افزایش حجم مخصوص با استفاده از صمغ‌ها را در محصولات پخت ناشی از تأثیر صمغ‌ها بر ازدیاد قوام و استحکام محیط داخلی خمیر و افزایش الاستیسیته که به موجب آن سلول‌های گازی نمی‌توانند به خوبی به هم متصل شده و رشد کنند، می‌دانند[۳٤]. همچنین بیان شده است که صمغ‌ها خواص امولسیفایری دارند و یک لایه سطحی دور حباب‌های گاز تشکیل می‌دهند که به نگهداری گاز در خمیر کمک می‌کند. شیخ الاسلامی و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهش خود نشان دادند که افزایش غلظت صمغ‌های کتیرا و بالنگو در فرمولاسیون نان‌های بربری نیم‌پز منجمد در ابتدا باعث افزایش و سپس باعث کاهش حجم مخصوص شد. این محققان علت کاهش حجم نان در پی بیشتر شدن غلظت صمغ‌ها را عدم انبساط آن‌ها در طی فرآیند

پخت، اختلال در مرحله تخمیر که ناشی از افزایش بیش از حد آب توسط صمغ‌ها بود، دانستند، کتیرا حاوی قندهای ساده‌ای مانند آرابینوز، فروکتوز، گالاکتورونیک‌اسید، گزیلوز و گالاکتوز است که این قندهای ساده می‌تواند توسط مخمر استفاده‌شده و سبب بهبود فعالیت آن شود و به دنبال آن افزایش حجم نان حاصل گردد [۱۷]. نتایج نشان داد که با افزایش میزان پودر تفاله خرما در فرمولاسیون کیک‌های تولیدی میزان حجم مخصوص نمونه‌ها کاهش یافت. بالا رفتن مقدار قند و چربی در خمیر در اثر افزودن پودر هسته خرما نیز می‌تواند باعث افزایش دمای ژلاتینه شدن نشاسته و ایجاد بافت فشرده در محصول گردد که نیاز به مطالعات بیشتری دارد [۳۵]. در این راستا مقدار و نوع قند و چربی مصرفی اهمیت بسیاری دارد. کرم بخش و همکاران (۲۰۲٤)، نشان دادند که افزایش پودر تفاله خرما به‌علت افزایش دانسیته و همچنین آزاد شدن زود هنگام حباب‌های هوا و گازها قبل از بستن کامل خمیر می‌شود که این امر منجر به کاهش حجم کیک اسفنجی می‌گردد [۳٦]. وانگ و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که افزودن فیبر به نان سبب افت محسوس در حجم نان شد [۳۷]. بیشینه تأثیر را بر میزان حجم مخصوص نمونه‌ها پارامتر اثر متقابل میزان صمغ کتیرا و پودر تفاله خرما داشت که این نتیجه به خوبی در مدل شماره ۲ جدول ۳ آورده شده است.

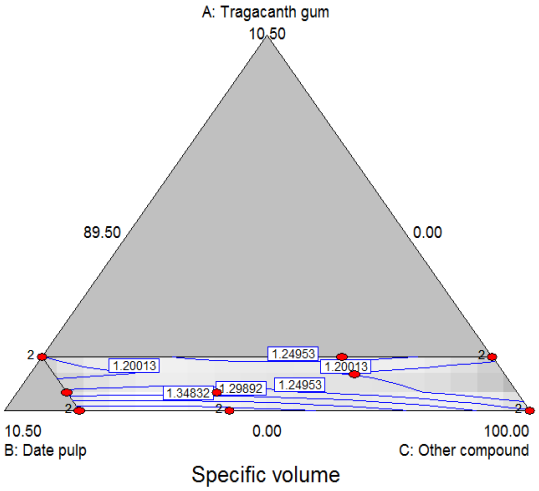


Figure 2- Contour diagram of the specific volume of the produced cakes under the influence of different formulations

۳-۳- تأثیر نوع فرمولاسیون بر سختی

به طور کلی سفت‌شدن و از دست دادن تردی و شکنندگی محصولاتی مانند نان و کیک در ارتباط با پدیده بیاتی می‌باشد [۳۸]. بیاتی یا سفت‌شدن بافت این دسته از محصولات در طول مدت زمان نگهداری، فرآیند پیچیده‌ای است که عوامل متعددی از جمله کریستالیزاسیون مجدد نشاسته ژلاتینه‌شده به خصوص آمیلوپکتین‌های کوتاه زنجیر، رتروگراداسیون[۳] آمیلوز، اتصال آمیلوز و آمیلوپکتین به یکدیگر، مهاجرت رطوبت پس از کریستالیزاسیون نشاسته، جذب رطوبت خارج شده از نشاسته توسط گلوتن و کاهش مقدار رطوبت و یا توزیع رطوبت بین ناحیه آمورف و کریستالی، در آن دخیل هستند [۳۹ و ٤۰]. نتایج نشان داد که افزودن صمغ کتیرا و همچنین پودر تفاله خرما به کیک، منجر به کاهش میزان سختی آن گردید که روند این کاهش زمانی که از صمغ کتیرا استفاده شده بود بیشتر بود (شکل ۳ و جدول ۲). محققینی اظهار داشتند که اثر هیدروکلوئیدها بر کاهش سختی مغز نان به دلیل دو پدیده متفاوت می‌باشد. پدیده اول، کاهش تورم گرانول‌های نشاسته و شسته شدن و خارج شدن آمیلوز؛ و پدیده دوم اثر تضعیف کنندگی صمغ‌ها بر ساختار نشاسته به دلیل ممانعت از به هم پیوستن

3 -Retrogradation

زنجیره‌های آمیلوز می‌باشد. البته این مسئله که کدام اثر اهمیت بیشتری دارد به نوع هیدروکلوئید بستگی دارد [۲۲]. کاهش سفتی مغز نان در اثر افزودن هیدروکلوئیدها می‌تواند به دلیل افزایش میزان رطوبت این نمونه‌ها نیز باشد، زیرا رابطه معکوسی بین سفتی مغز نان و میزان رطوبت وجود دارد [۴۱ و ۴۲]. نتایج این بخش با نتایج آشوینی و همکاران (۲۰۰۹) و کوماری و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت داشت [۱۸ و ۳۱]. علت کاهش سختی نمونه‌های تولیدی با افزایش درصد پودر تفاله خرما را می‌توان به برهمکنش‌های احتمالی هیدروکلوئیدها با پروتئین‌های آرد نسبت داد که از تشکیل شبکه درونی قوی جلوگیری می‌کند [۴۳]. مدل پیش‌گویی شده برای داده‌های میزان سختی تحت تأثیر فرمولاسیون در جدول ۳ آورده شده است.

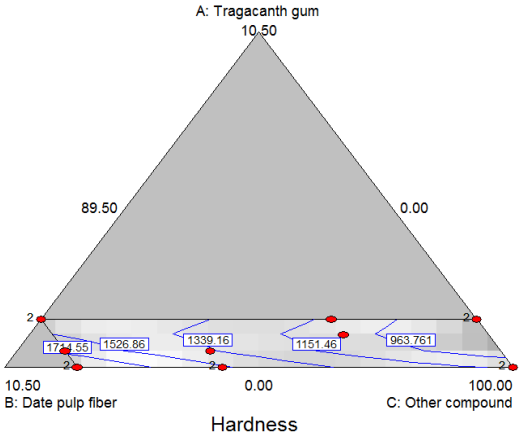


Figure 3- Contour diagram of the hardness of the produced cakes under the influence of different formulations

Table 3- Designed equation models for dependent variable.

Number	Dependent variable	Equation	R^2	R^2-adj	cv
1	Moisture (%)	$y= + 26.33 X_1+10.57 X_2+ 13.16 X_3$	0.901	0.88	3.86
2	Specific volume (ml/g)	$y= +19.48 X_1+1.44 X_2+1.25 X_3 +23.05X_1X_2 – 21.55X_1X_3 +0. 28 X_2X_3$	0.938	0.900	2.54
3	Hardness (g)	$y= +26715 X_1+2135 X_2+1131 X_3 – 33808X_1X_2 – 33019X_1X_3 – 645X_2X_3+ 9258X_1X_2X_3$	0.995	0.991	2.63
4	Porosity (%)	$y= –1573X_1+28.55 X_2+22.73 X_3 + 1855 X_1X_2 +1952X_1X_3 – 7.00 X_2X_3$	0.760	0.615	12.17
5	L*	$y= –737X_1+73.89 X_2+78.64 X_3 + 933 X_1X_2 +961X_1X_3 – 20.66 X_2X_3$	0.990	0.984	0.57
6	a*	$y= +208.86X_1–11.12 X_2–9.27 X_3 – 248.28 X_1X_2 – 266.16X_1X_3 +24.45 X_2X_3$	0.946	0.913	–8.18
7	b*	$y= –604.68X_1+73.89 X_2+78.64 X_3 + 933 X_1X_2 +961X_1X_3 – 20.66 X_2X_3$	0.911	0.855	4.09
8	Total acceptance	$y= –9.20X_1+3.74 X_2+5.00 X_3 + 15.18 X_1X_2 +11.32X_1X_3 – 1.02 X_2X_3$	0.955	0.928	2.78

۳- ٤- تأثیر متغیرهای مستقل بر میزان تخلخل

نتایج نشان داد که بیشینه میزان تخلخل مربوط به نمونه حاوی ۱ درصد صمغ کتیرا و ۳ درصد پودر تفاله خرما بود و کمترین آن مربوط به نمونه فاقد صمغ کتیرا و پودر تفاله خرما بود که اختلاف آماری معنی‌داری با نمونه فاقد کتیرا و ٦ درصد پودر تفاله خرما نداشت (جدول ۲ و شکل ٤). هیدروکلوئیدها با افزایش قوام خمیر، تشکیل شبکه موقت ژل و افزایش سفتی دیواره‌های احاطه کننده‌ی سلول‌های حاوی گاز در نان، موجب حفظ بیشتر گاز دی اکسید کربن و بخار آب تولید شده در خمیر می‌شوند که در نتیجه آن منجر به افزایش تخلخل نان‌ها می‌شوند، همچنین برخی از صمغ‌ها خواص امولسیفایری نشان داده و لایه سطحی دور حباب‌های گاز در خمیر تشکیل می‌دهند که به حفظ گاز کمک می‌کند [٤٤ و ٤٥]. کاهش تخلخل را نیز می‌توان به تشکیل شبکه قوی‌تری که سبب تراکم بیش از اندازه مغز نان‌های حاصل و جلوگیری از رشد سلول‌های گازی شده و بافت تقریباً بدون حباب هوا تشکیل می‌دهد که پی‌آمد آن کاهش تخلخل نان‌های حاصل بود، نسبت داد [٤٦]. در تحقیقی که توسط عوض صوفیانی و همکاران (۲۰۱٤) با استفاده از کنجاله بادام شیرین و صمغ زانتان در کیک بدون گلوتن انجام شد نتایج نشان داد که کنجاله بادام شیرین میزان تخلخل بافت تمام نمونه‌های کیک را نسبت به نمونه شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد که افزایش میزان تخلخل به دلیل کاهش اندازه و افزایش تعداد سلول‌های گازی در بافت محصول است [۹]. نتایج مشابهی نیز پیرامون تأثیر صمغ‌های مختلف بر میزان تخلخل نمونه‌های تولیدی گزارش شده است [٤٧]. معادله به‌دست آمده از داده‌های حاصل از مدل درجه دوم برای تخلخل در جدول ۳ آمده است که نشان از تاثیرگذاری بیشتر پارامتر اثر متقابل میزان صمغ کتیرا و سایر مواد بر میزان تخلخل داشت.

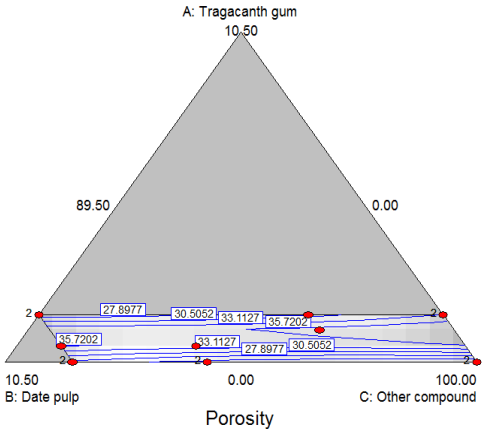
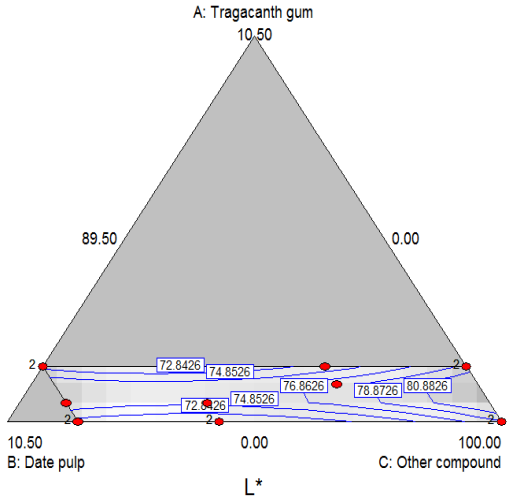


Figure 4- Contour diagram of the porosity of the produced cakes under the influence of different formulations

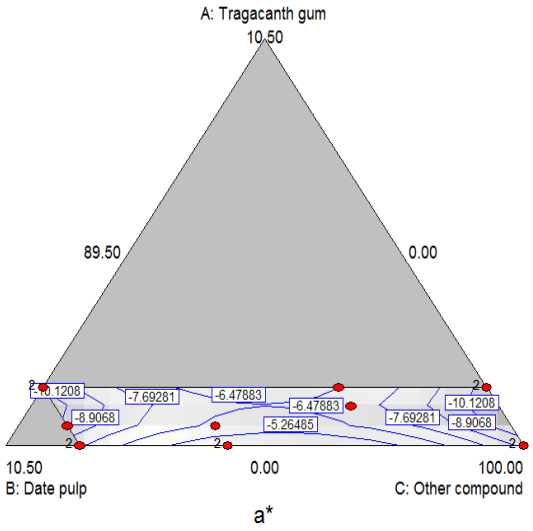
۳- ۵- تأثیر نوع فرمولاسیون بر شاخص‌های رنگی

یکی از خصوصیات کیفی مواد غذایی رنگ آن است که امروزه نقش مهمی در مقبولیت محصولات غذایی دارد، چنان‌چه محصول غذایی از رنگ مناسب که یکی از خصوصیات ظاهری است، برخوردار نباشد با کاهش شدید ارزش عرضه مواجه خواهد شد. سایر خصوصیات کیفی مانند عطر، طعم، بافت و غیره پارامترهایی هستند که پس از مصرف محصول غذایی و احیاناً پس از یک‌بار خریدن و مصرف کردن آن مورد قضاوت قرار می‌گیرد. رنگ عامل مؤثر در جلب نظر و انتخاب ماده‌ی غذایی است و وجود آن در تشخیص سریع پذیرش نهایی هر فرآورده غذایی مؤثر می‌باشد، زیرا رنگ باعث جذابیت ماده غذایی می‌گردد [٤٨]. نتایج نشان داد که (جدول ۲) بیشترین میزان شاخص L* و b* در نمونه شماره ۲ یعنی جایی که از ۱/۵ درصد صمغ کتیرا استفاده شده بود، دیده شد. در حالی‌که شاخص a* در نمونه حاوی ٦ درصد پودر تفاله خرما و فاقد صمغ

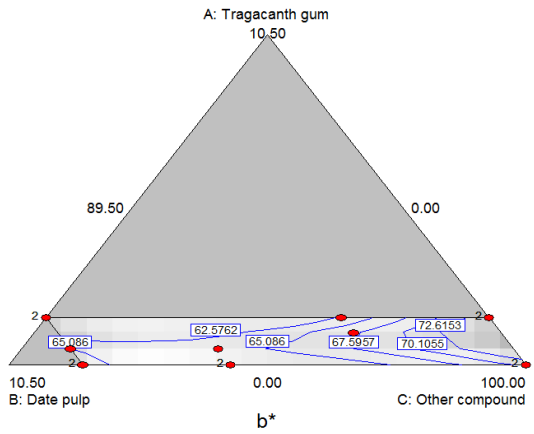
کتیرا بیشترین بود. به عبارتی استفاده از ترکیبات مختلف به ویژه پودر تفاله خرما به علت رنگ تیره آن منجر به کاهش شاخص L* و b* شد که نتایج این بخش با نتایج مجذوبی و همکاران (۲۰۱۵) و بورچان و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت داشت [۳۵ و ۴۹] ولی میزان شاخص a* یا همان قرمزی افزایش یافت (شکل ۵). در همین راستا پورلیس و سالوادوری (۲۰۰۹) بیان نمودند تغییرات سطح بافت به احتمال زیاد مسئول روشنایی سطح محصولات صنایع پخت بوده و سطوح منظم و صاف توانایی انعکاس بیشتر روشنایی نسبت به سطح چین‌دار را دارد [۵۰]. همچنین وایت هورست (۲۰۰۴) بیان نمود که با استفاده از امولسیفایرها حباب‌های هوا به صورت یکنواخت و ریز در تمام قسمت‌های خمیر پخش می‌شوند و در طول زمان پخت خروج هوا از این حباب‌ها به شکل یکنواخت صورت می‌گیرد [۵۱]. مدل‌های مربوط به شاخص‌های رنگی نمونه‌های تولیدی در جدول ۳ آورده شده است که با توجه به این جدول می‌توان بیان داشت که مدل‌های به‌دست آمده برای پیش‌بینی داده‌های حاصل از L* ، دقت بالاتری دارد.



a)



b)



c)

Figure 5- Contour diagram a) L* index, b) a* and c) b* index of the produced cakes under the influence of different formulations

۳- ٦- تأثیر نوع فرمولاسیون بر پذیرش کلی

جدول ۲ نشان داد که بیشینه و کمینه میزان پذیرش کلی از دید ارزیاب‌ها به ترتیب متعلق به نمونه فاقد افزودنی و دارای ۱/۵ درصد صمغ کتیرا و ۹ درصد پودر تفاله خرما بود که با نمونه حاوی ۰/۵ درصد صمغ کتیرا و ۹ درصد پودر تفاله خرما تفاوت معنی‌داری نداشت. به عبارت دیگر افزودن صمغ کتیرا و پودر تفاله خرما مقداری از پذیرش کلی نمونه‌ها را کاهش داد (شکل ٦) که دلیل این امر نیز به ذهنیتی که ارزیاب‌ها از کیک داشتند، مرتبط بود. از طرفی نتایج مشخص کرد که مدل چند جمله‌ای درجه دوم بهترین مدل برای برازش داده‌های حاصل از پذیرش کلی بود و بیشترین تأثیر را بر این خصوصیت، اثر متقابل مقدار صمغ کتیرا و پودر تفاله خرما داشت که معادله مربوط به این خصوصیت نیز در جدول ۳ آورده شده است. نتایج این بخش با نتایج برخی از محققین مطابقت داشت [۲۰ و ۳۵] ولی با نتایج شیخ الاسلامی و همکاران (۲۰۱۷)، محمدی و همکاران (۲۰۱٤) که بیان داشته بودند استفاده از صمغ‌ها منجر به افزایش امتیاز حسی می‌شود در تضاد بود [۱٦ و ٤۷].

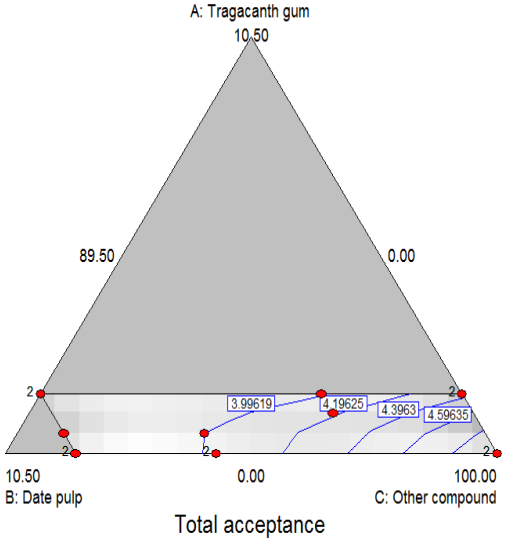


Figure 6- Contour diagram of the overall acceptance of the produced cakes under the influence of different formulations

۳- ۷- بهینه‌یابی فرمولاسیون کیک اسفنجی فاقد گلوتن بر پایه آرد برنج

در این پژوهش به منظور بهینه‌یابی فرمولاسیون کیک برنجی فاقد گلوتن بر اساس بررسی منابع و ارزیابی نمونه‌ها تعریف گردید که بر اساس حدود تعیین شده برای متغیرهای مستقل، ناحیه بهینه و نتایج حاصل از آن در جدول ٤ آورده شده است. با توجه به اینکه در نقطه بهینه میزان صمغ کتیرا، تفاله خرما و سایر مواد به ترتیب ۰/۹، ۰/۲۵ و ۹۸/۸۵ درصد بود، مطلوبیت ۰/۸۵٤ حاصل گردید. به منظور اطمینان از صحت نتایج، فرمول پیش‌گویی شده حاصل از ناحیه بهینه به همراه دو فرمول از ناحیه غیر بهینه مجدد تولید و خواص آن بررسی شد و از این طریق فرمول بهینه مورد تایید قرار گرفت.

Table 4- Optimized conditions.

Tragacanth gum (%)	Fibre (%)	Other compound (%)	Moisture (%)	Specific volume (ml/g)	Hardness (g)	Porosity (%)	L*	a*	b*	Total acceptance
0.9	0.25	98.85	14.23	1.38	761.85	38.70	83.44	-10.93	76.30	4.62

٤- نتیجه‌گیری کلی

این مطالعه که با هدف بهینه‌یابی فرمولاسیون کیک اسفنجی بدون گلوتن پایه آرد برنج حاوی صمغ کتیرا و پودر تفاله خرما صورت گرفته بود، نشان داد که افزایش میزان صمغ کتیرا در فرمولاسیون، مقدار رطوبت، تخلخل، شاخص L^* و b^* را افزایش ولی میزان سختی، شاخص a^* و پذیرش کلی را کاهش می‌دهد. با افزایش تفاله خرما در فرمولاسیون میزان رطوبت، حجم مخصوص، شاخص L^* و b^* و پذیرش کلی کاهش ولی میزان سختی، تخلخل و شاخص a^* افزایش یافت. در پایان با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان بیان داشت که برای تولید کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج حاوی صمغ کتیرا و پودر تفاله خرما بایستی میزان صمغ کتیرا و پودر تفاله خرما در فرمولاسیون کیک‌های تولیدی به‌ترتیب ۰/۹ و ۰/۲۵ درصد باشد تا بهترین کیک از لحاظ کیفی تولید شود.

٥-منابع

[1] Payan, R. 2005. An introduction to the technology of cereal products. Ed. 3rd. Ayizh Press. Tehran. p 55. (In Persian)

[2] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 1998. NUMBER2553 .Cake - Specification and test methods (In Persian)

[3] Demirkesen, I.,Mert, B., Sumnu, G. and Sahin, S. 2010. Rheological properties of gluten-free bread formulation. Journal of Food Engineering. 96: 295-303.

[4] Ataye salhi, A., Rostamian, M. and Milani, J. 2012. Textrul and thermal analysis of staling in gluten free bread prepared from maize and chickpea flours. Innovative Food Science and Technology. 3(4): 35-40. (In Persian)

[5] Majzobi, M. and Sedi, A. 2013. The effect of hydrocolloids in gluten-free bread products. The 21st Congress of Food Science and Technology. Esfahan. Iran. (In Persian)

[6] Maleki, GH., Mazaheri Tahrani, M. and Shokrollahi, F. 2016. Effect of different concentrations of soy flour on the quality of gluten-free bread containing rice flour. Iranian Journal of Science and Technology. 54:51-62. (In Persian)

[7] Brites, C., Trigo, M. J., Santos, C., Collar, C. and Rosell, C. M. 2010. Maize-based gluten-free bread: influence of processing parameters on sensory and instrumental quality. Food and Bioprocess Technology. 3(5): 707-715.

[8] Yiu, S. H., Weisz, J. and Wood, P. J. 1991. Comparison of the effect of microwave and conventional cooking on starch and b-glucan in rolledoats. Cereal chemistry. 68(4): 372-375.

[9] Avazsufian. A.S., Alami, M., Sadeghi Mahoonak, A.R., Ghorbani, M. and Ziaiifar, A.M. 2014. Application of sweet almond protein concentrate and xanthan gum on gluten free cake. Journal of research and innovation in food science and technology. 3(2): 185-196. (In Persian)

[10] Moayedi, S., Sadeghi Mahoonak, A.R. Azizi, M.H. and Maghsoudlou, Y. 2011. Effect of Gum Tragacanth on farinograph and extensograph characteristics of wheat flour dough. Electronic Journal of Food Processing and Preservation. 2(2): 47- 60. (In Persian)

[11] Balaghi, S., Mohammadifar, M.A. and Zargaraan, A. 2010. Physicochemical and rheological characterization of gum tragacanth exudates from six species of Iranian astragalus. Food Biophysics. 5: 59-71.

[12] Abbasi, S. and Rahimi, S. 2018. Influence of concentration, temperature, pH, and rotational speed on the flow behavior of Iranian gum tragacanth. Food Science and Technology. 12(73): 29-42. (In Persian)

[13] Weiping, W. and Branwell, A. 2000. Tragacanth and karaya. In: Handbook of hydrocolloids. Philips, G.O., Williams, P.A. (Eds.); Cambridge: Woodhead, P. 231-245.

[14] Lapasin, R. and Pricl, S. 1995. Rheology of industrial polysaccharides: theory and applications. Blackie Academic & Professional, London.Chapter:2.

[15] Moayedi, S., Sadeghi Mahoonak, A.R. Azizi, M.H. and Maghsoudlou, Y. 2013. Effect of different levels of gum tragacanth on bread quality. Iranian Journal of food science and technology . 10 (38): 103-112. (In Persian)

[16] Sheikholeslami, Z., Hejrani, T., Karimi, M., Ghiafeh Davoodi, M. and Fatemian, H. 2017. Effect of L. Sativum Seed Gum, Tragacanth and Concentrations on Properties of Partly Baked Frozen Barbari Bread. Journal of Research and

Innovation in Food Science and Technology. 5 (4): 395-404. (In Persian).
[17] Biliaderis, C. G., Arvanitoyannis, I., Izydroczyk, M. S. and Prokopowich, D. J. 1997. Effect of hydrocolloids on gelatinization and structure formation in concentrated waxy maize and wheat starch gels. Starch/ Staerke. 49: 278–283.
[18] Kumari, R., Jeyrani, T., Soumya, C. and Indrani, D. 2011. Use of vegetable oils, emulsifiers and hydrocolloids on rheological, fatty acid profile and quality characteristics of pound cake. Journal of Texture Studies. 42 (5): 377-386.
[19] Shokrollahi, F., Taghizadeh, M., Koocheki, A. and Hadad Khodaparast, M. H. 2015. Investigation of physicochemical properties of crust and core dietary fiber from date seed. Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology. 48 (12): 153-161. (In Persian)
[20] Obiegbuna, J.E., Akubor, P.I., Ishiwu, C.N. and Ndife, J. 2013.Effect of substituting sugar with date palm pulp meal on the physicochemical, organoleptic and storage properties of bread. African Journal of Food Science. 7 (6): 113-119.
[21] Peter Ikechukwu, A., Okafor, D. C., Kabuo, N. O., Ibeabuchi, J.C., Odimegwu, E.N.; Alagbaoso, S.O., Njideka, N.E. and Mbah, R. N. 2017. Production and evaluation of cookies from whole wheat and date palm fruit pulp as sugar substitute. International Journal Of Advancement In Engineering Technology, Management and Applied Science (IJAETMAS). 4(4): 1-31.
[22] Elleuch, M., Besbes, S., Roiseux, O., Blecker, C., Deroanne, C. and Drira, N. E. 2008. Date flesh: chemical composition and characteristics of the dietary fibre. Food Chemistry. 111: 676-682.
[23] AACC International. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists 10th Ed. The Association: St. Paul. MN.
[24] Gujral, H.S., Guardiola, I., Carbonell, J.V. and Rosell, C.M. 2003. Effect of cyclodexterinase on dough rheology and bread quality from rice flour. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 51: 3814-3818.
[25] Shaidi, F., Mohebi, M. and, Ehteiati, A. 2010. Analysis of digital images of soybean flour-rich barberry breads. Iranian Journal of Food Science and Technology. 4: 247-253. (In Persian)
[26] Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N. and Biliaderis, C.G. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. Journal of food Engineering. 79: 1033-1047.
[27] Katina, K., Heinio, R.L., Autio, K. and Poutanen, K. 2006. Optimization of sourdough process for improved sensory profile and texture of wheat bread. Food science and technology. 39: 1189–1202.
[28] Guarda, A., Rosell, C.M., Benedito, C. and Galotto, M.J. 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. Food Hydrocolloids. 18(2): 241-247.
[29] Sheikholeslami, Z., Karimi, M. and Hejrani, T. 2020. Effect of Lepidiumsativum Seed Gum on the Physicochemical and Sensory Properties of Cup Cake based on Triticale-Wheat Flour. Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology. 15(1): 93-102. (In Persian).
[30] Arabshirazi, S., Movahhed, S., and Nematti, N. 2012. Evaluation of addition of xanthan and hydroxyl propyl methyl cellulose gums on chemical and rheological properties of sponge cakes. Annals of Biological Research. 3 (1): 589-594.
[31] Ashwini, A., Jyotsna, R., and Indrani, D. 2009. Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. Food Hydrocolloids, 23: 700–707.
[32] Seyhun, N., Sumnu, G., and Sahin, S. 2003. Effects of different emulsifier types, fat contents and gum types on retardation of staling of microwave-baked cakes. Food Nahrung. 47 (4): 248-251.
[33] Smerdel, B., Pollak, L., Novotni, D., Cukelj, N., Benkovic, M., Lusic, D. and Suric, D. 2013. Improvement of gluten-free bread quality using transglutaminase, various extruded flours and protein isolates. Journal of Food and Nutrition Research. 51(4): 242-253.
[34] Bell, D. A. 1990. Methylcellulose as a structure enhancer in bread baking. Cereal Foods World. 35(10): 1001-1006.

[35] Majzoobi, M., Mansoury, H., Falsafi, S.R. and Farahnaki, A. 2015. The effect of palm date powder on some characteristics of biscuit dough and hard biscuits. Effects of Date Stone Powder on Characteristics of Biscuit Dough and Hard Biscuit. 22(2): 5-14. (In Persian)
[36] Karambakhsh, G., Golmakani, M. T., Houshmandi, P., Farahnaky, A. and Majzoobi, M. 2024. Upcycling date juice waste: Impact of date press cake on sponge cake quality. Food Chemistry: X. 24, 102029
[37] Wang, J., Rosell, M. C. and Barber, C. B. 2002. Effect of the addition of different fibers on wheat dough performance and bread quality. Food Chemistry. 79:221–226.
[38] Torabizadeh, H. 2002. Food emulsions and emulsifiers.Aiezh publication, Tehran. 63-76. (In Persian)
[39] Kocheki, A., Mortazavi, u., Nasirimahallati, V and Karimi, M. 2006. The effects of three types of emulsifiers and α-amylase on the retrodegradation rate of Tafton bread. Innovative in Agriculture and Natural Resources. 3: 233-246. (In Persian)
[40] Ghiafehdavoudi, M., Sahraeian, B., Naghipour, F and Sheikholeslami, Z. 2015. Study on the effects of emulsifiers (E471, Datem and Citrum) and fermentation time on the reduction of retrodgradation rate and improvement of physical properties of Bari bary bread (wheat-potato). Food Science and Technology. 42 (11): 81-93. (In Persian)
[41] Fik, M. and Surowka, K. 2002. Effect of prebaking and frozen storage on the sensory quality and instrumental texture of bread. Journal of the Science of Food and Agriculture. 82: 1268–1275.
[42] Ribotta, P., Leon, A., and Anon, C. 2003. Effect of freezing and frozen storage on the gelatinization and retrogradation of amylopectin in dough baked in a differential scanning calorimeter. Food Research International. 36: 357–363.
[43] Mariotti, M. and Alamprese, A. 2012. About the use of different sweeteners in baked goods. Influence on the mechanical and rheological properties of the doughs. 48(1): 9-15.
[44] Primo-Martin, C., De Beukelaer, H., Hamer, R.J. and Van Vliet, T. 2008. Fracture behaviour of bread crust: Effect of ingredient modification. Journal of Cereal Science. 48: 604–612
[45] Shalini, K. G. and Laxmi, A. 2007. Influence of additives on rheological characteristics of whole –wheat dough and quality of chapatti (Indian un leavened flat bread) Part I – hydrocolloides. Food Hydrocolloids. 21:110-117.
[46] Barcenas, M. E. and Rosell, C. M. 2006. Different approaches for improving the quality and extending the shelf life of the partially baked bread: low temperatures and HPMC addition. Journal of Food Engineering. 72: 92–99.
[47] Mohammadi, M., Sadeghnia, N., Azizi, M.H., Neyestani, T.R. and Mortazavian, A.M. 2014. Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and CMC. Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 20(4):1812-1818.
[48] Khanipour, E., Keramat, J. and Shokrani, R. 2007. Determination of Optimum Conditions for Carotenoid Extraction from Tomatoes. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 11(2): 23-37. (In Persian)
[49] Borchan, C., Masmoudi, M., Besbes, S., Attia, H., Deroanne, C., and Blecker, C. 2011. Effect of date flesh fiber concentrate addition on dough performance and bread quality. Journal of Texture Studies. 42: 300-308.
[50] Purlis, E., and Salvadori, V. 2009. Modeling the browning of bread during baking. Food Research International. 42: 865-870.
[51] Whitehurst, R.J. 2004. Emulsifiers in food technology. Blackwell publishing, Northampton. 52 p

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Optimizing the formulation of gluten-free sponge cake based on rice flour containing tragacanth gum and date pomace powder using mixed statistical design

Farzaneh Mohammadzadeh[1], Mehdi Gharekhani[1*], Ahmad Gharekhani[2], Hamid Bakhshabadi[3]

1-Department of Food Science and Technology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
2-Department of Veterinary Medicine, Maku Branch, Islamic Azad University, Maku, Iran
3-Department of Agriculture, Minab Higher Education Center, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received:2024/12/10

Accepted:2025/1/27

Keywords:

Sponge cake,
Rice,
Optimization,
Tragacanth gum,
Date pomace powder.

DOI: **10.22034/FSCT.22.161.229.**

*Corresponding Author E-

m.gharekhani@iaut.ac.ir

ABSTRACT

Celiac disease is caused by the consumption of gluten in genetically predisposed individuals, and the only effective treatment is adherence to a lifelong gluten-free diet. This study aimed to optimize the formulation of a sponge cake based on rice flour with the addition of tragacanth gum and date pomace. The effects of two concentrations of tragacanth gum (0 to 1.5 percent) and date pomace powder in the range of 0 to 9 percent were investigated using a mixed statistical design on parameters such as moisture, specific volume, porosity, hardness, color indicators, and sensory characteristics of the rice cake. Results showed that all tested characteristics of the cake were influenced by the mixture components ($P<0.05$). Increasing tragacanth gum led to higher moisture content, porosity, L* and b* index, while hardness, a* index, and overall acceptance decreased. In a manner that maximizes moisture content, the sample containing 1.5% of tragacanth gum and no date pomace powder retains the highest amount of moisture. This sample has 49.93% more moisture than the sample containing 9% date pomace powder. Increasing date pomace powder decreased moisture, specific volume, L* and b* index, and overall acceptance, but increased hardness, porosity, and a* index. The optimal formulation included 0.9% tragacanth gum, 0.25% date pomace powder, and 98.85% other ingredients, achieving a desirability of 0.854.