# بررسی خصوصیات تکنولوژیکی و تصویری کیک اسفنجی حاوی آرد کنجاله کنجد و آناناس و تعیین سطح بهینه این دو ماده مغذی

عاطفه صادقی‌زاده دهکردی[1]، محمّد فاضل نجف آبادی[2*]، هاجر عبّاسی [2]

١- کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

٢- عضو هیئت علمی گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

**(تاریخ دریافت: ٩٤/١٠/٢٩ تاریخ پذیرش: ٩٤/١٢/٠٣)**

## چکیده

آرد کنجاله کنجد به علت دارا بودن مقادیر بالای پروتئین، فیبر و املاح و آناناس به دلیل داشتن مواد مغذی یک گزینه مناسب برای بهبود ارزش غذایی در محصولات فراسودمند به شمار می‌آید. در این پژوهش با توجه به اهمیت روزافزون تولید و استفاده از محصولات نانوایی غنی‌سازی شده، تأثیر جایگزینی آرد کنجاله کنجد در سطوح صفر، ٨، ٢٤، ٤٠ و ٤٨ درصد و آناناس نیز در سطوح صفر، ١/٥، ٤/٥، ٧/٥ و ٩ درصد بر خصوصیات تکنولوژیکی و تصویری کیک اسفنجی مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از طرح آماری سطح پاسخ طرح مرکب مرکزی با ٢ متغیر و ٤ نقطه مرکزی استفاده گردید. با توجه به نتایج بدست آمده مشخص گردید که افزایش کنجاله کنجد و آناناس در فرمولاسیون سبب کاهش حجم ویژه و شاخص‌های رنگی $L^*$، $b^*$، زاویه ته رنگ و ضریب قهوه‌ای شدن پوسته شد. در حالی که میزان رطوبت، تخلخل، شاخص‌های رنگی $a^*$، $C^*$ و اختلاف رنگ بین نمونه و شاهد و سفتی بافت افزایش یافت. در ادامه نقطه بهینه توسط نرم‌افزار Design-Expert 7.0.0 تعیین گردید. در این نقطه مقدار کنجاله کنجد و آناناس به‌ترتیب ٢٦ و ١/٦ درصد بود که این مقادیر به عنوان مقادیر بهینه معرفی شدند.

**کلیدواژگان:** کنجاله کنجد، آناناس، خصوصیات تصویری، بافت، بهینه‌یابی

*مسئول مکاتبات: mfazeln@yahoo.com

## ۱- مقدمه

کیک یکی از محصولات صنایع آردبر است و به لحاظ کالری‌زایی حد واسط نان و بیسکوئیت قرار دارد. این محصول پرمصرف در بین کودکان و نوجوانان طرفداران بسیاری دارد. با توجه به اینکه این گروه از افراد جامعه در سن رشد قرار دارند و تغذیه سالم و مغذی نقش بسزایی در سلامت آن‌ها خواهد داشت، غنی‌سازی انواع کیک به عنوان میان وعده دارای اهمیت بسیاری است. زیرا غالب میان‌وعده‌ها کم‌ارزش و حتی بی‌ارزش بوده و با کالری بالایی که دارند تنها موجب بیماری چاقی و قلبی عروقی می‌شوند. کنجاله کنجد که محصول جامد به‌دست آمده از دانه کنجد است و معمولاً با استفاده از روش پرس سرد، روغن آن حذف می‌گردد. تقریباً از ۳۵/۶ درصد پروتئین، ۷/۶ درصد فیبر خام، ۱۱/۸ درصد خاکستر و ۸۳/۲ درصد ماده خشک تشکیل شده است. با توجه به تولید بالای روغن کنجد در سراسر جهان که در مجموع یک میلیون تن در سال تخمین زده می‌شود، تولید کنجاله کنجد بسیار بالا می‌باشد [۱]. غالب کاربرد کاربرد این ماده غذایی، تغذیه دام و طیور است درصورتی که با وجود فناوری‌های جدید می‌توان از آن‌ها به‌عنوان منبع مواد مغذی، پروتئین و فیبر در صنعت مواد غذایی نظیر محصولات نانوایی (کیک، کلوچه، بیسکوئیت، دونات، پیراشکی و حتی انواع نان‌ها) استفاده کرد و ضمن غنی‌سازی ایجاد ارزش افزوده نمود. هم‌چنین آناناس منبع خوبی از کربوهیدرات، فیبر و املاح به ویژه کلسیم، فسفر، آهن، سدیم و پتاسیم است. علاوه بر این شامل برخی از ویتامین‌ها از جمله A، B1 (تیامین[1])، B2 (ریبوفلاوین[2])، B3 (نیاسین[3])، B5 (پنتوتینک اسید[4])، B6 (پیریدوکسین[5])، B9 (فولات[6]) و C (آسکوربیک اسید[7]) می‌باشد. البته ارزش غذایی این محصول تحت تأثیر عوامل مختلف مانند واریته، خاک، شرایط آب و هوایی، مراحل بلوغ و برداشت قرار دارد. انجام فرآیند نیز ممکن است باعث تغییر ترکیبات مغذی در محصول نهایی شود [۲]. با این وجود آناناس می‌تواند منبع تغذیه‌ای مناسبی جهت غنی‌سازی مواد غذایی فرآوری شده، باشد. در راستای کاربرد کنجد و آناناس در محصولات غله‌ای نظیر کیک مطالعات چندی صورت گرفته است که به برخی مختصراً اشاره می‌گردد. اوفیا الا (Offia-Olua) و اکوانیف (Ekwunife) (۲۰۱۵) به بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی کیک‌های حاوی سیب، موز و آناناس پرداختند. براساس نتایج محققین مشخص گردید که نمونه‌های تولیدی به لحاظ میزان مواد جامد محلول، اسیدیته، ترکیبات فرار و ویتامین ث با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد نداشتند. این در حالی بود که با افزایش میزان آناناس در فرمولاسیون از میزان pH نمونه‌های تولیدی کاسته شد [۳]. هم‌چنین اوفیا الا (Offia-Olua) و ادید (Edide) (۲۰۱۳) نیز در تحقیقی خصوصیات شیمیایی، حسی و میکروبی کیک‌های حاوی آناناس و گیلاس را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این محققین بیانگر محتوای یکسان پروتئین و منیزیم در فرمولاسیون هر دو نمونه تولیدی بود. علاوه بر این یافته‌های بدست آمده، نشان داد که داوران چشایی به لحاظ خصوصیات حسی امتیاز بالاتری را به نمونه‌های حاوی آناناس دادند. البته این نکته را ذکر نمودند که دو نوع کیک حاوی آناناس و گیلاس به لحاظ امتیاز رنگ و بافت با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ نداشتند. هم‌چنین بار میکروبی (باکتریایی و قارچی) کیک حاوی آناناس در طول ۵۶ روز نگهداری در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی‌گراد) به مراتب کمتر از بار میکروبی نمونه کیک‌های حاوی گیلاس بود. از این‌رو پژوهشگران فوق الذکر بیان نمودند، می‌توان کیک آناناس را جایگزین کیک گیلاس در صنعت کیک‌های میوه‌ای نمود و حتی به مراتب نتایج مطلوب‌تری از دید مصرف‌کننده به‌دست آورد [٤]. علاوه بر این سومیا (Sowmya) و همکاران (۲۰۰۹) اثر جایگزینی روغن را با روغن کنجد بر خصوصیات کمی و کیفی کیک مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این محققین به وضوح نشان داد که افزایش میزان روغن کنجد در فرمولاسیون اولیه کیک سبب کاهش ویسکوزیته و افزایش کشش‌پذیری ویژه در خمیر کیک شد و از طرفی حجم مخصوص کیک به شدت کاهش یافت. هم‌چنین براساس نتایج مشخص گردید که کاربرد بیش از ۵۰ درصد روغن کنجد در بین مواد تشکیل‌دهنده کیک پذیرش‌کلی را به شدت کاهش داد [۵]. لازم به ذکر است که در این تحقیق از برخی از هیدروکلوئیدها و امولسیفایرها در کنار روغن کنجد استفاده شد که نتایج قابل ملاحظه‌ای را در برداشت. بر این اساس کاربرد صمغ، امولسیفایر و ۵۰ درصد روغن کنجد در افزایش پذیرش‌کلی نمونه‌های تولیدی و جلب توجه نظر

1. Thiamine
2. Riboflavin
3. Niacin
4. Pantothenic acid
5. Pyridoxine
6. Folate
7. Ascorbic acid

ارزیابان چشایی نسبت به نمونه شاهد نقش به سزایی داشت. علیمی و همکاران (١٣٩٣) نیز از کنجاله دانه گل مغربی که دارای محتوای پروتئینی و فیبر بود در سطوح ٥، ١٠ و ١٥ درصد در فرمولاسیون کیک اسفنجی استفاده نمودند و خصوصیات فیزیکوشیمیایی، تکنولوژیکی و حسی محصول تولیدی را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این پژوهشگران به وضوح نشان داد با افزایش میزان کنجاله از حجم نمونه‌ها کاسته و بر دانسیته ظاهری آن‌ها افزوده شد. همچنین افزایش میزان کنجاله در فرمولاسیون کیک اسفنجی بر میزان رطوبت، فعالیت آبی، محتوای فیبر و پروتئین نمونه‌های تولیدی افزود. در نهایت نتایج حاصل از ارزیابی حسی نمونه حاوی ١٥ درصد کنجاله دانه گل مغربی را به عنوان بهترین نمونه جهت عرضه به بازار مصرف معرفی نمود [٦]. از این‌رو هدف از تحقیق پیش‌رو بررسی خصوصیات تکنولوژیکی و تصویری کیک اسفنجی حاوی کنجاله کنجد و آناناس بود.

## ٢- مواد و روش‌ها

### ٢-١- مواد

آرد گندم با درجه استخراج ٧٨ درصد و ویژگی‌های شیمیایی شامل رطوبت ١٢/٤٣ درصد، پروتئین ٩/٢٥ درصد، فیبر٠/٣ درصد، خاکستر ٠/٥٥ درصد، گلوتن مرطوب ٢٨/٣٦ درصد از کارخانه آرد اطلس (اصفهان، ایران) خریداری شد. بدین منظور، آرد مورد نیاز برای انجام آزمایشات یکجا تهیه و در سردخانه نگهداری گردید. سایر مواد مورد نیاز در آزمایشات شامل شکر، روغن نباتی مایع و بیکینگ پودر از یک فروشگاه عرضه کننده مواد اولیه قنادی خریداری و تخم‌مرغ تازه نیز یک روز قبل از تولید روزانه کیک‌ها تهیه و در یخچال نگهداری شد. هم‌چنین وانیل با نام تجاری Rhovanilla از شرکت رودیا (فرانسه) خریداری شد. لازم به ذکر است که کنجاله کنجد با خصوصیات شیمیایی ٣/٢٦ درصد رطوبت، ٣٧/٦٠ درصد پروتئین، ١١/٤١ درصد خاکستر، ٨/٧٧ درصد فیبر، ٣٠/١١ درصد کربوهیدرات، ١٧/٦٠ درصد چربی و به‌ترتیب ١/٠٩، ١٤/١، ٢١٢/٤٢ و ٧٢٣/٦٩ میلی‌گرم در ١٠٠ گرم فسفر، آهن، کلسیم و منیزیم از کارگاه روغن‌کشی دانه کنجد مارسید تهیه گردید که در این کارگاه دانه‌های کنجد از کشور هندوستان وارد و به روش پرس سرد روغن‌کشی می‌شد و آرد حاصل از کنجاله کنجد ذرات مشابهی با ذرات آرد گندم داشت. آناناس نیز از بازارهای محلی تهیه گردید.

### ٢-٢- روش‌ها

#### ٢-٢-١- روش تهیه کیک

فرمولاسیون پایه شامل آرد گندم (١٠٠ درصد)، تخم‌مرغ (٩٠ درصد)، شکر (٩٨/٣ درصد)، آب (٥٥/١٧ درصد)، روغن مایع (٤٧/٤١)، وانیل (١ درصد)، بیکینگ پودر (١ درصد) (براساس وزن آرد) و سطوح مختلفی از آرد کنجاله کنجد و آناناس (جدول ١) بود. برای تهیه خمیر ابتدا زرده و سفیده تخم‌مرغ از هم جدا گردید. سپس وانیل و شکر به آرامی به زرده تخم‌مرغ اضافه شد و با هم‌زن دستی (150W Moulinex 727، ساخت فرانسه) با سرعت ١٢٨ دور در دقیقه عمل مخلوط کردن انجام گردید. در مرحله بعد آب و روغن به خمیر اضافه و عمل هم‌زدن ادامه یافت. هم‌چنین کنجاله کنجد و آناناس به خمیر افزوده شد و تا زمانی که این مخلوط در خمیر یک دست گردید با کاردک در یک جهت هم زده شد. سپس آرد به همراه بیکینگ پودر به خمیر اضافه و هم‌زدن در یک جهت تا حصول بافتی یکنواخت انجام شد. سفیده تخم‌مرغ همزده شده (به‌صورت کف سفید رنگ) به خمیر کیک اضافه گردید. خمیر به‌دست آمده در داخل کاغذهای روغنی ریخته (به‌طوری که یک سانتی‌متر با لبه کاغذ فاصله داشتند) و در قالب قرار داده شد. عمل پخت به مدت ٢٠ تا ٢٥ دقیقه داخل فر آزمایشگاهی گردان (Zuccheli Froni، ساخت کشور ایتالیا) با دمای ١٨٠ درجه سانتی‌گراد انجام گردید. پس از پخت و رسیدن نمونه‌ها به دمای محیط (حدود ٢٥ درجه سانتی‌گراد) عمل بسته‌بندی در کیسه‌های پلی‌اتیلنی تا زمان انجام آزمایشات کمی و کیفی انجام شد [٧].

#### ٢-٢-٢- ارزیابی خصوصیات کیک

**- رطوبت**

جهت انجام این آزمایش از استاندارد AACC، ٢٠٠٠ شماره ١٦-٤٤ استفاده گردید. برای این منظور نمونه‌ها در فاصله زمانی ٢ ساعت پس از پخت، در آون (مارک Jeto Tech، مدل OF-O2G، ساخت کشور کره جنوبی) با حرارت ١٠٥-١٠٠ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند [٨].

**- حجم ویژه**

برای اندازه‌گیری حجم ویژه از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا[8] مطابق با استاندارد AACC، ۲۰۰۰ شماره ۱۰-۷۲ استفاده شد. برای این منظور در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، قطعه‌ای به ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر از مرکز هندسی کیک تهیه گردید [۸].

**- بافت**

آنالیز پروفایل بافت (TPA) با استفاده از دستگاه LFRA TEXTURE (BROOKFIELD) ANALYZER4500 انجام شد. برای این کار قطعه استوانه‌ای از بافت مغز کیک به قطر ۲۵ میلی‌متر و ارتفاع ۲۰ میلی‌متر جدا گردید و پوسته و کف آن برداشته شد. پروب دستگاه به قطر ۳۸/۱ میلی‌متر (مدل TA4/1000 clear Perspex) با سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه به ۵۰ درصد بافت طی دو مرحله رفت و برگشتی بدون توقف نفوذ کرد [۹].

**- تخلخل**

به منظور ارزیابی میزان تخلخل مغز کیک در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، از تکنیک پردازش تصویر استفاده شد. بدین منظور برشی مکعبی شکل به ابعاد ۳×۳×۳ سانتی‌متر از مغز کیک تهیه گردید و به وسیله اسکنر (مدل: HP LaserJet MFP 1536dnf) تصویربرداری شد و با استفاده از نرم‌افزار Image J تخلخل اندازه‌گیری شد [۱۰].

**- رنگ پوسته**

آنالیز رنگ کیک با استفاده از جعبه‌ی مخصوص رنگ‌سنجی (محفظه نوری) انجام شد. از نمونه‌های کیک اسفنجی و با دوربین مدل Japon LU MIX Panasonic TZ5 model, با زوم 2x(0.4m) و وضوح ۱۸۰dpi بدون فلش عکس‌برداری شد. سپس توسط نرم‌افزار فتوشاپ شاخص‌های $L^*$، $a^*$ و $b^*$ تعیین شد. لازم به ذکر است شاخص $L^*$ معرف میزان روشنی نمونه می‌باشد و دامنه‌ی آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. شاخص $a^*$ میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه‌ی آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر است. شاخص $b^*$ میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه‌ی آن از ۱۲۰- (آبی خالص) تا ۱۲۰+ (زرد خالص) متغیر است [۱۱]. همچنین محاسبه عدد x و سپس ضریب قهوه‌ای شدن طبق رابطه‌های ۱ و ۲ زیر صورت گرفت.

$$X = \frac{(a^*+1.75\times L^*)}{(5.645\times L^*+a^*-3.012\times b^*)}$$

$$BI = \frac{[100\times(X-0.31)]}{0.17}$$

$\Delta E$ نیز نشان‌دهنده اختلاف رنگ نمونه‌ها با نمونه شاهد بود که از رابطه ۳ محاسبه شد. در این فرمول $\Delta L$ اختلاف در روشنایی، $\Delta b$ اختلاف در آبی-زردی و $\Delta a$ اختلاف در قرمزی-سبزی هر نمونه با نمونه شاهد بود.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta a)^2 + (\Delta b)^2 + (\Delta L)^2}$$

$C^*$ نشان‌دهنده شدت و سیری رنگ بود و از رابطه ٤ محاسبه گردید.

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

علاوه بر این زاویه ته رنگ (Hue) نوع رنگ را نشان می‌دهد و هرچه به صفر نزدیک گردد رنگ به سمت قرمز میل می‌کند و هرچه به ۹۰ نزدیک شود رنگ به سمت زرد می‌رود و اعداد ۱۸۰ و ۲۷۰ نیز به ترتیب نشان‌دهنده رنگ سبز و آبی هستند. از این‌رو زاویه ته رنگ براساس رابطه ۵ محاسبه شد.

$$Hue = \tan^{-1}\left(b^*/a^*\right)$$

**Table 1** Amount of Sesame meal and Pineapple in cake formulation.

| Treatment | Sesame meal (%) | Pineapple (%) |
|---|---|---|
| Blank | ۰ | 0 |
| 1 | 8 | 1.5 |
| 2 | 40 | 1.5 |
| 3 | 8 | 7.5 |
| 4 | 40 | 7.5 |
| 5 | 0 | 4.5 |
| 6 | 48 | 4.5 |
| 7 | 24 | 0 |
| 8 | 24 | 9 |
| 9 | 24 | 4.5 |
| 10 | 24 | 4.5 |
| 11 | 24 | 4.5 |
| 12 | 24 | 4.5 |

### ۲-۲-۳- تجزیه و تحلیل آماری

بدین منظور از طرح آماری روش سطح پاسخ طرح مرکب مرکزی با ۲ متغیر و ٤ نقطه مرکزی استفاده شد و کلیه آزمایش‌ها در ۲ تکرار انجام گردید. متغیرها و سطوح اندازه‌گیری به دو صورت کد شده و کد نشده در جدول ۲ و همچنین متغیرها و سطوح کنجاله کنجد و آناناس در جدول ۱

8. Rape seed displacement

آورده شده است. لازم به ذکر است که نرم‌افزار مورد استفاده جهت تعیین نقطه بهینه Design-Expert7.0.0 بود.

**Table 2- -:**Response surface on dependent coded and un coded variables and measured levels.

| Variables | Levels | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Code | +α(1.5) | +1 | 0 | -1 | -α(1.5) |
| Sesame meal(%) | 48 | 40 | 24 | 8 | 0 |
| Pineapple(%) | 9 | 7.5 | 4.5 | 1,5 | 0 |

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- مدل‌سازی

به منظور تهیه مدلی که اثر متغیرهای مورد بررسی را روی هریک از فاکتورهای هدف توصیف کند، از رابطه ۶ استفاده می‌شود.

$$Y= \beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 B + \beta_{12} AB + \beta_{11} A^2 + \beta_{22} B^2 \quad (۶)$$

در این رابطه ، y پاسخ پیش‌بینی شده، $\beta_0$ ضریب ثابت، $\beta_1$ و $\beta_2$ اثرات خطی، $\beta_{12}$ اثر متقابل دو پارامتر، $\beta_{11}$ و $\beta_{22}$ اثر مربعات، A میزان کنجاله کنجد و B میزان آناناس می‌باشد. جهت تهیه مدلی در سطح ۹۰ درصد، مواردی که سطح احتمال کمتر از (p<۰/۱) داشتند در مدل استفاده شدند.

### ۳-۲- رطوبت

با توجه به جدول ۳، مدل مربوط به میزان رطوبت کیک اسفنجی از طریق رابطه ۷ به دست آمد:

$$Y= 19.2 - 0.329\ A + 0.0058A^2$$

در مجموع می‌توان گفت که آناناس روی رطوبت موثر نیست و افزودن کنجاله کنجد تا حدود ۲۰ درصد باعث کاهش جزئی رطوبت می‌شود و افزودن بیشتر آن تأثیری در میزان رطوبت ندارد (شکل ۱).

کنجاله کنجد به دلیل دارا بودن مقادیر بالای فیبر (۸/۷۷ درصد) و پروتئین (۳۷/۶۰ درصد) و در نتیجه داشتن گروه‌های هیدروکسیل در ساختار خود و توانایی در پیوند با مولکول‌های آب موجود در فرمولاسیون قادرند میزان رطوبت محصول نهایی را افزایش دهند. از سوی دیگر مشاهده گردید که حضور آناناس در فرمولاسیون نیز در افزایش میزان رطوبت محصول نهایی دخیل بود. در راستای افزایش میزان رطوبت مک‌کارتی (Mc Carthy) و همکاران (۲۰۰۵) در پژوهشی بیان نمودند که موادی که طبیعت آبدوست دارند، قابلیت برهمکنش با آب را داشته و سبب کاهش انتشار و پایداری حضور آب در سیستم در حین فرآیند پخت می‌شوند که همین امر در افزایش میزان رطوبت محصول نهایی در حین فرآیند پخت و پس از آن مؤثر خواهد بود [۱۲].

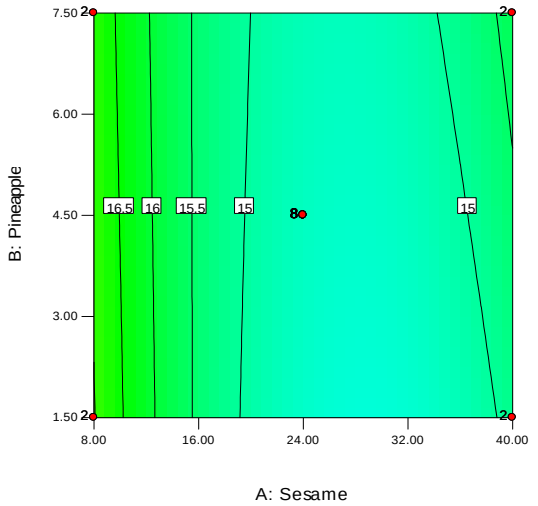


**Fig 1** Response surface model for effect of sesame meal and pineapple on moisture of sponge cake.

در این زمینه اوفیا الا (Offia-Olua) و ادید (Edide) (۲۰۱۳) که به مطالعه تولید کیک حاوی گیلاس و آناناس پرداختند با افزایش میزان رطوبت محصول نهایی در کیک‌های میوه‌ای مواجه شدند و بیان نمودند که جهت افزایش مدت زمان نگهداری کیک‌ها باید رطوبت طبیعی میوه‌ها را با عملیات خشک کردن تا حد قابل قبولی کاهش داد. زیرا در طی مدت زمان ماندگاری میزان رطوبت، فرآیندهای تخمیری و رشد میکروبی افزایش می‌دهد [۴].

### ۳-۳- حجم ویژه

با توجه به جدول ۳، مدل مربوط به میزان حجم ویژه کیک اسفنجی از طریق رابطه ۸ به دست می‌آید:

$$Y = 3.24 + 0.029\ A - 0.01\ AB - 0.042B^2$$

با توجه به مدل می‌توان دریافت که افزودن کنجاله کنجد و آناناس در مقدار کم باعث افزایش خفیف حجم ویژه می‌شود ولی اگر به صورت ترکیبی و در مقدار زیاد (به‌ترتیب بیشتر از

۳۰ و ۵ درصد) افزوده شود باعث کاهش حجم ویژه می‌گردد (شکل ۲).

**Table 3**-Model analysis of responses of moisture, specific volume, porosity and hardness on dependent sesame meal and pineapple.

| Levels | | | | Source |
|---|---|---|---|---|
| firmness | porosity | Specific volume | Moisture | |
| -464.39*** | 0.37** | 3.24** | 19.2*** | Model |
| 59.93ns | 0.0021** | 0.029* | -0.329* | Sesame meal |
| 290.32*** | – | 0.62ns | – | Pineapple |
| – | – | -0.01** | – | Sesame meal ×Pineapple |
| -1.25*** | – | – | 0.0058*** | Sesame meal$^2$ |
| -22.81*** | – | -0.042** | – | Pineapple$^2$ |
| 0.76 | 0.23 | 0.45 | 0.38 | $R^2$ |

Ns, *, ** and *** show no significant difference and 90, 95 and 99% confidence levels.

افزایش میزان حجم ویژه بافت نمونه‌های تولیدی را می‌توان چنین توجیه نمود که هنگامی که آناناس در مجاورت کنجاله کنجد قرار می‌گیرد، پروتئاز موجود در میوه پروتئین کنجاله کنجد را خرد کرده و هنگام افزودن به خمیر این ذرات توسط حباب‌های هوا احاطه شده و ضمن متخلخل کردن بافت محصول تولیدی، دیواره حباب‌های هوا را مستحکم می‌سازد و از پاره شدن آن ها در طی انبساط جلوگیری به عمل می‌آورد [۲]. اما باید در نظر داشت که در سطوح بالای مصرف آناناس در فرمولاسیون کیک اسفنجی میزان آنزیم پروتئیاز در فرمولاسیون چنان زیاد می‌شود که امکان آسیب زدن به شبکه گلوتنی (شبکه نگه‌دارنده حباب‌های ورودی به خمیر کیک در طی به‌هم‌زدن) می‌شود و بدین طریق حفظ و نگهداری حباب‌های هوا در بافت خمیر با مشکل مواجه می‌شود و تعداد سلول‌های گازی موجود در خمیر کاسته شده و در نهایت حجم ویژه کاهش می‌یابد. به عبارتی می‌توان گفت آسیب زدن به شبکه گلوتنی ویسکوزیته خمیر را کاهش می‌دهد که به دام انداختن حباب‌های کار سخت و پیچیده‌ای می‌شود. در این زمینه سومیا (Sowmya) و همکاران (۲۰۰۹) به نکته مشابهی اشاره نمودند و بیان کردند که ویسکوزیته‌ی پایین خمیر در حین حرارت‌دهی باعث کاهش حجم محصول نهایی گردید زیرا در این حالت دی‌اکسید کربن و بخار آب تولید شده در حین پخت نمی‌تواند داخل حباب‌های هوا به دام بیفتد و در نتیجه حجم ویژه کیک کاهش می‌یابد [۵]. به‌طور کلی حجم ویژه کیک به پیوستگی حباب‌های هوا در حین مخلوط کردن و حفظ آن‌ها در طول پخت بستگی دارد که این نیز به ویسکوزیته خمیر و توزیع حباب‌های هوا در داخل آن وابسته است [۱۳].

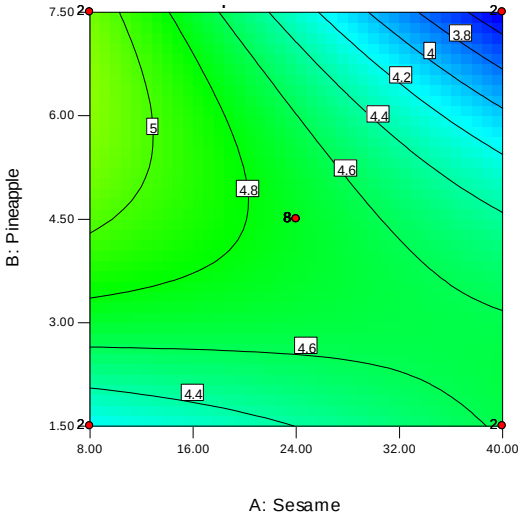


**Fig 2** Response surface model for effect of sesame meal and pineapple on specific volume of sponge cake.

## ۳-٤- بافت

با توجه به جدول ۳ مدل مربوط به میزان سفتی کیک اسفنجی از طریق رابطه ۹ به دست آمد:

$$Y = -464.39 + 290.32B - 1.25A^2 - 22.81B^2$$

این مدل نشان‌دهنده اثر متغیر مقدار آناناس به صورت درجه اول و درجه دوم و مقدار کنجاله کنجد به صورت درجه دوم بود. همان‌طور که مشاهده می‌شود اثر مقدار کنجاله کنجد و اثر متقابل بین کنجاله کنجد و آناناس بر میزان سفتی کیک‌ها معنی‌دار نبود. در این پژوهش با افزایش میزان آناناس در فرمولاسیون، سفتی کیک‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، ولی با توجه به شکل کانتور دو بعدی که در شکل ۳ آورده

شده است، اثر متقابل کنجاله کنجد و آناناس در مجموع می‌توان گفت که در صورتی که میزان کنجاله کنجد حدود ٢٤ درصد و میزان آناناس حدود ٦ درصد باشد، شاخص سفتی در کیک در بالاترین میزان بود.

به‌طور کل شاخص سفتی عبارت است از بیش‌ترین میزان نیرویی که کیک تحمل کرده تا ارتفاع آن به نصف (٥٠ درصد) کاهش پیدا کند. همان‌گونه که نتایج نشان داد در صورتی که میزان کنجاله کنجد حدود ٢٤ درصد و میزان آناناس حدود ٦ درصد باشد، نمونه کیک‌های تولیدی بالاترین میزان سفتی بافت را داشتند. به نظر می‌رسد علت این امر وجود پروتئین بالا در کنجاله کنجد باشد که به موجب آن در داخل خمیر شبکه محکم‌تر و غیرقابل انتظار برای کیک ایجاد گردید و به موجب آن نیز حجم کاهش یافت. کاهش حجم خود نیز نشان‌دهنده فشردگی بافت محصول نهایی می‌باشد و باعث افزایش سفتی محصول نهایی می‌گردد. به عبارتی سفتی و استحکام در کیک با حجم آن رابطه عکس داشت. در این راستا نقی پور و همکاران (٢٠١٣) بیان کردند افزایش بیش از حد محتوای پروتئینی در فرمولاسیون محصولات نانوایی به ویژه کیک (که به شبکه‌ای نسبتاً ضعیف جهت ایجاد حجم مطلوب نیاز دارد) از طریق افزایش بیش از حد استحکام خمیر و ساختار آن، در نگهداری و پذیرش حباب‌های هوای ورودی به خمیر در طی به‌هم زدن اختلال ایجاد می‌کند که در نتیجه آن بسیاری از خصوصیات تکنولوژیکی محصول نهایی از جمله حجم و تخلخل کاهش و فشردگی و سفتی بافت افزایش می‌یابد [١٤]. علاوه بر این هرا (Hera)و همکاران (٢٠١٠) نیز با افزودن آرد عدس (منبع پروتئین) به فرمولاسیون کیک افزایش میزان سفتی بافت را گزارش نمودند. این محققین علت را به تغییرات ساختار داخلی کیک در اثر اختلاف در میزان نشاسته موجود در فرمولاسیون دانستند [١٥]. هم‌چنین لو (Lu) و همکاران (٢٠١٠) با افزودن پودر چای سبز (محتوای بالای فیبر) به نتایج مشابهی دست یافتند و بیان نمودند که محتوای بالای فیبر در پودر جای سبز یکی از علل افزایش میزان سفتی بافت (کاهش نرمی) و کاهش حجم کیک اسفنجی بود [١٦].

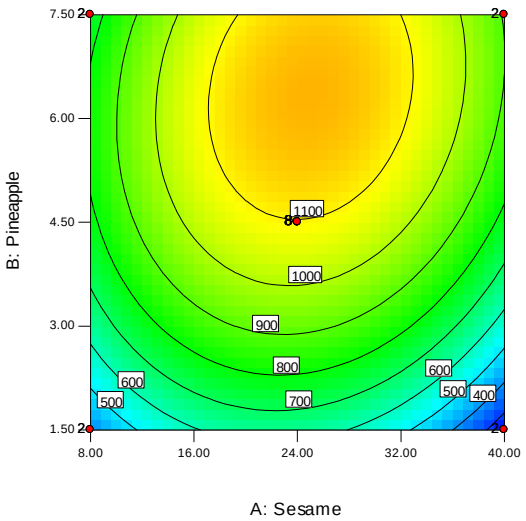


**Fig 3** Response surface model for effect of sesame meal and pineapple on hardness of sponge cake.

## ٣-٥- تخلخل

با توجه به جدول ٣، مدل مربوط به میزان تخلخل کیک اسفنجی از طریق رابطه ١٠ به‌دست آمد:

$$Y= 0.37 + 0.0021A$$

این مدل نشان‌دهنده اثر متغیر مقدار کنجاله کنجد به صورت خطی و درجه اول بود و با افزایش مقدار کنجاله کنجد در نمونه‌های کیک اسفنجی، میزان تخلخل افزایش یافت. به نظر می‌رسد کنجاله کنجد به دلیل دارا بودن محتوای پروتئینی بالا در بهبود ویژگی‌های مکانیکی خمیر نقش داشته است. این بدان معناست که پخش حباب‌های هوا به صورت یکنواخت‌تر و در اندازه‌های کوچکتری صورت گرفته است. از سوی دیگر می‌توان گفت که پروتئاز موجود در میوه آناناس، پروتئین کنجاله کنجد را خرد کرده و هنگام افزودن به خمیر این ذرات توسط حباب‌های هوا احاطه شده سبب متخلخل شدن بافت گردیده‌اند [٢].

## ٣-٦- رنگ پوسته

### ٣-٦-١- مؤلفه رنگی $L^*$

با توجه به جدول ٤ مدل مربوط به میزان روشنایی ($L^*$) پوسته کیک اسفنجی از طریق رابطه ١١ به دست آمد:

$$Y = 62.49 - 0.64A - 0.86B - 0.0606AB + 0.016A^2 + 0.199B^2$$

این مدل نشان‌دهنده اثر متغیر مقدار کنجاله کنجد و آناناس به صورت درجه اول و درجه دوم بود و هم‌چنین نشان داد که اثر متقابل بین کنجاله کنجد و آناناس نیز وجود داشت. در این پژوهش با افزایش میزان کنجاله کنجد و آناناس، میزان روشنایی در پوسته نمونه‌ها کاهش یافت. علاوه بر این شکل

کانتور دو بعدی اثر متقابل کنجاله کنجد و آناناس بر میزان روشنایی در پوسته کیک اسفنجی (شکل ٤) بیان‌گر این مطلب بود که زمانی‌که میزان کنجاله کنجد حدود ۳۰ درصد و میزان آناناس حدود ٦ درصد بود، شاخص $L^*$ در پوسته کیک در پایین‌ترین میزان قرار داشت.

**Table 4-**Model analysis of responses of L*, a*, b*, C*, ΔE, Hue and BI on dependent sesame meal and pineapple.

| Source | Response | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | L* | a* | b* | C* | ΔE | Hue | BI |
| Model | $62.49^{***}$ | $13.55^{***}$ | $17.38^{***}$ | $33.55^{***}$ | $43.77^{***}$ | $95.85^{***}$ | $110.31^{**}$ |
| Sesame meal | $-0.64^{**}$ | $0.35^{ns}$ | $-0.81^{ns}$ | $-0.23^{ns}$ | $-1.19^{ns}$ | $-4.94^{ns}$ | $-4.5^{ns}$ |
| Pineapple | $-0.86^{*}$ | $2.89^{**}$ | $-6.58^{ns}$ | $1.09^{**}$ | $-3.59^{**}$ | $-25.61^{ns}$ | $-22.33^{ns}$ |
| Sesame×pineapple | $-0.0606^{**}$ | $-0.27^{***}$ | $0.78^{***}$ | $-0.46^{***}$ | $-0.27^{***}$ | $1.076^{***}$ | $0.98^{***}$ |
| Sesame meal$^2$ | $0.016^{***}$ | $0.02^{***}$ | $-0.06^{***}$ | $0.05^{***}$ | $0.054^{***}$ | – | – |
| Pineapple$^2$ | $0.199^{**}$ | $0.32^{**}$ | $-1.16^{*}$ | $0.88^{***}$ | $0.859^{***}$ | – | – |
| $R^2$ | 0.719 | 0.818 | 0.70 | 0.82 | 0.74 | 0.48 | 0.41 |

Ns, *, ** and *** show no significant difference and 90, 95 and 99% confidence levels.

### ۳-٦-۲- مؤلفه رنگی $a^*$

با توجه به جدول ٤مدل مربوط به میزان $a^*$ پوسته کیک اسفنجی از طریق رابطه ۱۲ به دست آمد:

$$Y = 13.55 + 2.89B - 0.27AB + 0.02A^2 + 0.32B^2$$

این مدل نشان‌دهنده اثر متغیر مقدار آناناس به صورت درجه اول و دوم و مقدار کنجاله کنجد به صورت درجه دوم بود. بین کنجاله کنجد و آناناس اثر متقابل وجود داشت. افزایش آناناس در فرمولاسیون، قرمزی پوسته را افزایش داد. کانتور اثر متقابل کنجاله کنجد و آناناس بر میزان $a^*$ پوسته کیک اسفنجی (شکل ٤) بیان‌گر این مطلب بود که اگر مقدار آناناس کمتر از ٤ درصد باشد، افزایش کنجاله کنجد باعث افزایش شاخص قرمزی پوسته کیک می‌شود. ولی اگر مقدار آناناس بیشتر از ٤ درصد گردد، افزایش کنجاله کنجد باعث کاهش این شاخص می‌شود که دلیل آن بالاتر بودن قرمزی کیک است. به‌طور کلی اگر کنجاله کنجد و آناناس جداگانه افزایش یابند، میزان قرمزی در پوسته زیاد می‌شود ولی اگر افزایش آن‌ها متناسب با هم باشد $a^*$ در پوسته تغییر زیادی نمی‌کند.

### ۳-٦-۳- مؤلفه رنگی $b^*$

با توجه به جدول ٤ مدل مربوط به میزان $b^*$ پوسته کیک اسفنجی از طریق رابطه ۱۳ به دست آمد:

$$Y = 17.38 + 0.78AB - 0.06A^2 - 1.16B^2$$

این مدل نشان‌دهنده اثر متغیر مقدار کنجاله کنجد و آناناس به صورت درجه دوم بود و هم‌چنین اثر متقابل بین کنجاله کنجد و آناناس نیز وجود داشت. کانتور اثر متقابل کنجاله کنجد و آناناس بر میزان $b^*$ پوسته کیک اسفنجی (شکل ٤) بیان‌گر این مطلب بود که اگر مقدار آناناس کمتر از ٤ درصد باشد، افزایش کنجاله کنجد باعث کاهش شاخص زردی پوسته کیک می‌شود. ولی اگر مقدار آناناس بیشتر از ٤ درصد گردد، افزایش کنجاله کنجد باعث افزایش این شاخص می‌شود. به‌طور کلی اگر کنجاله کنجد و آناناس جداگانه افزایش یابند، میزان زردی در پوسته کم می‌شود ولی اگر افزایش آن‌ها متناسب با هم باشد $b^*$ در پوسته تغییر زیادی نمی‌کند.

### ۳-٦-٤- سیری رنگ

با توجه به جدول ٤ مدل مربوط به میزان سیری رنگ ($C^*$) پوسته کیک اسفنجی از طریق رابطه ١٤ به دست آمد:

$$Y = 33.55 + 1.09B - 0.46AB + 0.05A^2 + 0.88B^2$$

این مدل نشان‌دهنده اثر متغیر مقدار آناناس به صورت درجه اول و دوم و مقدار کنجاله کنجد به صورت درجه دوم بود. اثر متقابل کنجاله کنجد و آناناس نیز وجود داشت. افزایش آناناس در فرمولاسیون نمونه‌ها باعث افزایش سیری رنگ در پوسته کیک گردید. شکل کانتور دو بعدی اثر متقابل کنجاله کنجد و آناناس بر میزان سیری رنگ پوسته کیک اسفنجی (شکل ٥) بیان‌گر این مطلب بود که اگر مقدار آناناس کمتر از ۳ درصد باشد، افزایش کنجاله کنجد باعث افزایش سیری رنگ پوسته کیک می‌شود. ولی اگر مقدار آناناس بیشتر از ۳ گردد، افزایش کنجاله کنجد باعث کاهش این شاخص می‌شود. به‌طور کلی اگر کنجاله کنجد و آناناس جداگانه افزایش یابند، میزان سیری رنگ در پوسته زیاد می‌شود ولی اگر افزایش آن‌ها متناسب باهم باشد سیری رنگ در پوسته تغییر زیادی نمی‌کند.

### ۳-۶-۵- اختلاف رنگ

با توجه به جدول ٤ مدل مربوط به میزان اختلاف رنگ ($\Delta E$) پوسته کیک اسفنجی از طریق رابطه ۱۵ به دست آمد:

$$Y = 43.77 - 3.59B - 0.27AB + 0.054A^2 + 0.895B^2$$

این مدل نشان‌دهنده اثر متغیر مقدار آناناس به صورت درجه اول و دوم و مقدار کنجاله کنجد به صورت درجه دوم بود. در این مدل اثر متقابل بین کنجاله کنجد و آناناس نیز مشاهده شد. شکل کانتور دو بعدی اثر متقابل کنجاله کنجد و آناناس بر میزان اختلاف رنگ در پوسته کیک اسفنجی تیمارها با نمونه شاهد (شکل ۵) بیانگر این مطلب بود که در نقطه‌ای که میزان کنجاله کنجد حدود ۳۰-۲۰ درصد و میزان آناناس بیشتر از ٤ درصد بود شاخص اختلاف رنگ در پایین‌ترین میزان خود در کیک قرار داشت. از طرفی در مقادیر کمتر از ٤ درصد آناناس، افزایش کنجاله کنجد باعث افزایش تغییر رنگ کلی گردید.

### ۳-۶-۶- زاویه ته رنگ

با توجه به جدول ٤ مدل مربوط به میزان زاویه ته رنگ (Hue) پوسته کیک اسفنجی از طریق رابطه ۱۶ به دست آمد:

$$Y = 95.85 + 1.076\ AB$$

این مدل نشان‌دهنده وجود اثر متقابل بین کنجاله کنجد و آناناس بود. شکل کانتور اثر متقابل کنجاله کنجد و آناناس بر میزان زاویه ته رنگ پوسته کیک اسفنجی (شکل ۵) بیانگر این مطلب بود که اگر مقدار آناناس در فرمولاسیون کمتر از ٤/۵ درصد باشد، افزایش کنجاله کنجد باعث کاهش زاویه ته رنگ در پوسته کیک گردید و از قرمز روشن به سمت قهوه‌ای تیره میل نمود. ولی چنانچه میزان آناناس از ٤/۵ درصد بیشتر شد با افزایش کنجاله کنجد این شاخص افزایش یافت و بر خلاف قبل از قهوه‌ای تیره به قرمز روشن میل نمود. علت این امر پایین‌تر بودن زاویه ته رنگ در مقدار بالای آناناس بود. در صورت تغییرات خطی دو متغیر زاویه ته رنگ پوسته ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت یعنی ابتدا از قرمز روشن به سمت قرمز پررنگ میل نمود و بعد عکس آن مشاهده گردید ولی در مجموع نوع رنگ خیلی تغییر ننمود. به‌طور کلی افزایش کنجاله کنجد و آناناس به‌صورت جداگانه سبب کاهش غیرمعنی‌دار در زاویه ته رنگ در پوسته کیک گردید.

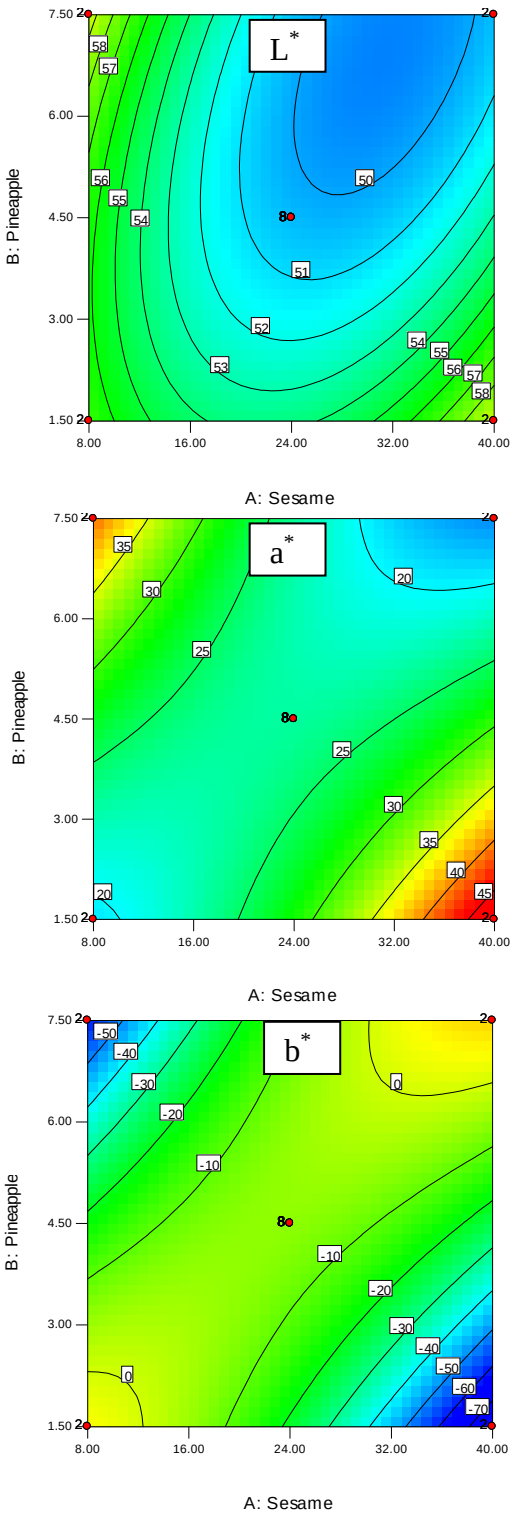


**Fig 4** Response surface model for effect of sesame meal and pineapple on crust (L*a*b) of sponge cake.

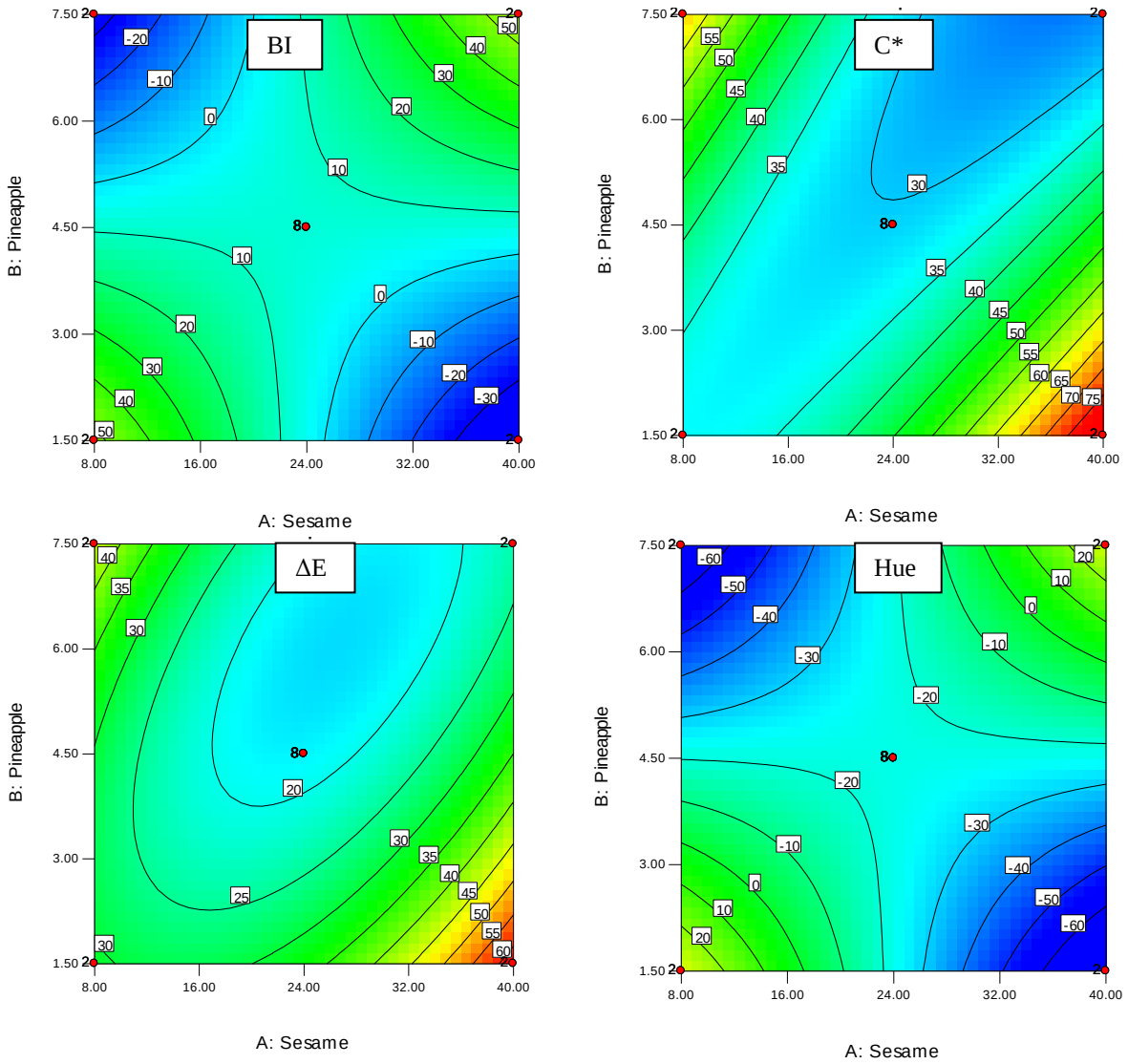


**Fig 5** Response surface model for effect of sesame meal and pineapple on crust (C*, ΔE, Hue and BI) of sponge cake.

### ۳-۶-۷- ضریب قهوه‌ای شدن

با توجه به جدول ٤ مدل مربوط به ضریب قهوه‌ای شدن (BI) پوسته کیک اسفنجی از طریق رابطه ۱۷ به دست آمد:

$$Y = 110.31 + 0.98AB$$

این مدل نشان‌دهنده وجود اثر متقابل بین کنجاله کنجد و آناناس بود و دیگر متغیرها بر ضریب قهوه‌ای شدن پوسته تأثیر معنی‌داری نداشتند. کانتور دو بعدی اثر متقابل کنجاله کنجد و آناناس بر ضریب قهوه‌ای شدن پوسته کیک اسفنجی (شکل ٥) بیان‌گر این مطلب بود که در سطوح پایین کنجاله کنجد (حدود ٢٤-٨ درصد) با افزایش آناناس ضریب قهوه‌ای شدن در پوسته کیک کاهش یافت ولی با افزایش سطوح کنجاله کنجد (بیشتر از ٢٤ درصد) افزایش آناناس باعث افزایش این شاخص گردید. در اثر تغییرات خطی این دو متغیر، ضریب قهوه‌ای شدن پوسته کیک ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. همچنین افزایش کنجاله کنجد و آناناس به صورت جداگانه باعث کاهش غیر مغنی‌دار ضریب قهوه‌ای شدن پوسته گردید.

به‌طور کل هسو (Hesso) و همکاران (۲۰۱۵) بیان نمودند که رنگ پوسته کیک به علت واکنش مایلارد و کاراملیزاسیون است که البته رنگدانه‌های طبیعی موجود در مواد افزودنی یا جایگزین شده با ترکیبات اولیه موجود در فرمولاسیون کیک را نباید نادیده گرفت که این رنگدانه‌ها بر روی اختلاف رنگ اثر قابل ملاحظه‌ای دارند [۱۷]. از این‌رو در اینجا به نظر می‌رسد بیش‌ترین اثر بر تغییر ویژگی‌های رنگی پوسته نمونه‌های کیک اسفنجی نشأت گرفته از همان ترکیبات پروتئینی موجود در کنجاله کنجد باشد. هم‌چنین حضور فیبر و رنگدانه‌های طبیعی موجود در کنجاله کنجد و آناناس را نباید نادیده گرفت. نمونه بارز اثر فیبر بر تیرگی محصولات نانوایی، انواع نان‌های

سبوس‌دار (حاصل از آرد کامل یا منبعی از انواع مختلف فیبر) موجود در بازر و در دسترس مصرف‌کننده می‌باشد. هم‌چنین در راستای افزودن ترکیبات پروتئینی به فرمولاسیون گومز (Gómez) و همکاران (۲۰۰۸) به نتایج مشابهی دست یافتند با افزودن آرد نخود که منبعی از پروتئین بود به یکی از انواع محصولات نانوایی کاهش میزان روشنایی و افزایش قرمزی را گزارش نمودند [۱۸]. هم‌چنین نقی‌پور و همکاران (۲۰۱۳) کاربرد آرد سویا به عنوان یک منبع غنی از پروتئین و فیبر در فرمولاسیون کیک روغنی با کاهش مؤلفه رنگی $b^*$ مواجه شدند. به گفته این پژوهشگران فعل و انفعالات شیمیایی موجود در فرمولاسیون کیک ناشی از افزودن یک منبع غنی از پروتئین سبب کاهش مؤلفه رنگی $b^*$ شد و از سوی دیگر حضور آنزیم لیپوکسیژناز موجود در آرد سویا سبب تجزیه گزانتوفیل در آرد گندم شده که به موجب آن زردی کاهش یافت [۱۴]. هم‌چنین صحرائیان و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای به بررسی افزودن پودر پنیر به عنوان یک منبع پروتئینی به فرمولاسیون نان بدون گلوتن با افزایش میزان قرمزی یا همان مؤلفه رنگی $a^*$ روبرو شدند و علت این امر را برهمکنش بین قند و اسید آمینه و همچنین واکنش کاراملیزاسیون دانستند. البته این محققین در سطوح بالای افزودن پودر پنیر به فرمولاسیون اولیه نان بدون گلوتن کاهش درخشندگی، روشنایی یا همان مؤلفه رنگی $L^*$ (ایجاد تیرگی) گزارش نمودند [۱۹].

## ۳-۷- بهینه‌سازی

نقطه بهینه برای فرمولاسیون کیک اسفنجی حاوی ۲۶ درصد کنجاله کنجد و ۱/۶ درصد آناناس بود. به‌منظور بررسی صحت پارامترهای نقطه بهینه کیک‌هایی با این سطوح تولید گردید و فاکتورهای مورد آزمون روی آن‌ها انجام شد. جهت اعتبار سنجی مدل از رابطه ۱۸ زیر استفاده گردید

$$\text{درصد خطا} = \frac{|(\text{عدد پیش بینی شده}) - (\text{عدد واقعی به دست آمده})|}{\text{عدد پیش بینی شده}} \times 100$$

نتایج به دست آمده از آزمون‌ها و مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل و درصد خطا در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که ضریب خطای پیش‌بینی شده در اکثر موارد کمتر از ۱۰ درصد بود ولی در مورد برخی از پارامترها این ضریب افزایش یافت. علت را چنین می‌توان توجیه و تفسیر کرد در مواردی که ضریب همبستگی ($R^2$) پایین باشد احتمال این‌که ضریب خطای مدل افزایش یابد، زیاد است. هم‌چنین در برخی از موارد مانند پارامترهای رنگ سنجی با توجه به کم بودن میزان عدد اندازه‌گیری شده و محدود بودن دامنه تغییرات مربوطه، طبیعی است که خطای مدل افزایش یابد و در نتیجه درصد خطای پیش‌بینی شده زیاد گردد. هم‌چنین نیز در بعضی از پارامترها چون دامنه تغییرات زیاد است، خطای مدل و ضریب خطای پیش‌بینی شده افزایش یافت. در نهایت می‌توان گفت که کیک اسفنجی حاوی ۲۶ درصد کنجاله کنجد و ۱/۶ درصد آناناس به عنوان نمونه بهینه تأیید گردید.

**Table 5.** Actual vs predicted values using the optimized model.

| Error percent | Predicted values | Actual values | Factors |
|---|---|---|---|
| 9 | 15.10 | 16.48 ± 0.97 | Moisture (%) |
| 2 | 4.23 | 4.30 ± 0.26 | Specific volume ($m^3$/gr) |
| 26 | 292.19 | 215.00 ± 3.54 | Hardness (gr) |
| 1 | 0.42 | 0.41 ± 0.10 | Porosity (%) |
| 31 | 54.30 | 37.58 ±0.45 | (Lightness of crust) $L^*$ |
| 3 | 30.60 | 31.59 ± 2.68 | (Redness of crust) $a^*$ |
| 9 | -27.40 | -24.94 ± 0.08 | (Blueness of crust) $b^*$ |
| 2 | 41.1 | 40.25 ± 2.15 | $C^*$ |
| 52 | 13.18 | 19.98 ± 1.50 | EΔ |
| 1 | 318.2 | 321.70 ± 2.28 | Hue |
| 56 | -6.2 | -2.73 ± 3.25 | BI |

Results are shown by Mean±SD.

## ٤- نتیجه‌گیری

در این پژوهش از آرد کنجاله کنجد و آناناس در فرمولاسیون اولیه کیک اسفنجی با هدف تعیین سطح بهینه مصرف این دو ماده استفاده شد. با توجه به نتایج بدست آمده مشخص گردید که افزایش کنجاله کنجد و آناناس در فرمولاسیون سبب کاهش حجم ویژه و شاخص‌های رنگی $L^*$، $b^*$، زاویه تـه رنگ و ضریب قهوه‌ای شدن در پوسته شد. در حالی که میزان رطوبت، تخلخل، شاخص‌های رنگی $a^*$، $C^*$ و اختلاف رنگ بین نمونه و شاهد و سفتی بافت افزایش یافت. در نهایت مطالعه انجام شده بر روی سطوح مصرف کنجاله کنجد و آناناس به‌ترتیب سطح ٢٦ و ١/٦ درصد را به‌عنوان سطح بهینه جهت استفاده در فرمولاسیون کیک اسفنجی معرفی نمود.

## ٥- منابع


[1] FAO. 2011. Faostat. Food and Agricultural Organization of the United States (http://www.fao.org).

[2] Hassan, A., and Othman, Z. 2011. Pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.). In E. M. Yahia (Ed.), Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits (pp. 194-218e): Woodhead Publishing.

[3] Offia-Olua, B.I., and Ekwunife, O.A. 2015. Production and evaluation of the physico-chemical and sensory qualities of mixed fruit leather and cakes produced from apple (*Musa Pumila*), banana (*Musa Sapientum*), pineapple (*Ananas Comosus*). *Nigerian Food Journal*, 33: 22-28.

[4] Offia-Olua, B.I., and Edide, R.O. 2013. Chemical, Microbial and Sensory Properties of Candied-Pineapple and Cherry Cakes. *Nigerian Food Journal*, 31: 33-39.

[5] Sowmya, M., Jeyarani, T., Jyotsna, R., and Indrani, D. 2009. Effect of replacement of fat with sesame oil and additives on rheological, microstructural, quality characteristics and fatty acid profile of cakes. *Food Hydrocolloids*, 23: 1827-1836.

[6] Alimi, S., Alami, M., and Arabshahi Deloie, S. 2014. Effect of east flower powder addition on physicochemical properties of spong cake. 3th Food Science and Technology Congress. Islamic Azad Univesity, Quchan [in Persian].

[7] Nourmohammadi, A., Peyghambar doust, S.H., Olad Ghafari, A., Azadmard demirchi S., and Hesari, J. 2011. Effect of sugar replacment by alcohol sugar and aspartame on spong cake properties. Journal of Reserch in Food Science, 20(2): 155-165 [in Persian].

[8] AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. *American Association of Cereal Chemists*, St. Paul, MN.

[9] Ronda, F., Oliete, B., Gomez, M., Caballero, P., and Pando, V. 2011. Rheological study of layer cake batters made with soybean protein isolate and different starch sources. *Journal of Food Engineering*, 112: 272-277.

[10] Haralick, R. M., Shanmugam, K., and Dinstein, I. 1973. Textural features for image classification. *IEEE Transactions of ASAE*, 45(6): 1995-2005.

[11] Sariciban, C., and Tahsin Yilmaz, M. 2010. Modelling the effects of processing factors on the changes on cokorparameters of cooked meatballs using response surface methodology. *Journal of World Applied Sciences*, 9: 14-22.

[12] Mc Carthy, D.F., Gallagher, E., Gormley, T.R., Schober, T.J., and Arendt, E.K. 2005. Application of response surface methodology in the development of gluten free bread. *Cereal Chemistry*, 82: 609-615.

[13] Stauffer, C.E. 1990. Functional additives for bakery foods. New York, Van Nostrand Reinhold.

[14] Naghipour, F., Mazaheri Tehrani, M., Sahraiyan, B., Sheikholeslami, Z., and Soleimani, M. 2013. Replacing eggs with soy flour and mixing with wheat flour with wheat germ for oil cake production. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 8(2): 211-220 [in Persian].

[15] Hera, E., Ruiz-París, E., Oliete, B., and Gómez, M. 2012. Studies of the quality of cakes made with wheat-lentil composite flours. *LWT - Food Science and Technology*, 49: 48-54.

[16] Lu, T.M., Lee, C.C., Mau, J.L., and Lin, S.D. 2010. Quality and antioxidant property of green tea sponge cake. Food Chemistry, 119: 1090-1095.

[17] Hesso, N., Garnier, C., Loisel, C., Chevallier, S., Bouchet, B., and Le-Bail, A. 2015. Formulation effect study on batter and cake microstructure: Correlation with rheology and texture. *Food Structure*, 5: 31-41.

[18] Gómez, M., Oliete, B., Rosell, C.M., Pando, V., and Fernández, E. 2008. Studies on cake quality made of wheat–chickpea flour blends. *LWT - Food Science and Technology*, 41: 1701-1709.

[19] Sahraiyan, B., Naghipour, B., Habibi Najafi, M.B., Karimi, M., Haddad Khodaparast, M.H., and Ghiafeh Davoodi, M. 2015. Evaluation on the effect of cheese powder as a natural additive on textural and sensory properties of sorghum gluten-free bread. Journal of Food Science and Technology. In Press [in Persian].

# Evaluation of Technological and Visual Properties of Sponge Cake Containing Sesame and Pineapple and Defineding Optimal Level of These Nutritional Material

**Sadeghizadeh Dehkordi, A.[1], Fazel Najaf Abadi, M. [2*], Abbasi, H. [2]**

1. M.Sc of Food Science and Technology, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
2. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

**(Received: 2016/01/19 Accepted: 2016/02/22)**

Sesame flour for high levels of protein, fiber and mineral and nutrients pineapple are ideal option for improving the nutritional value of fuctional products. In this study because of increasing production and using enrichment bakery products, effect of replacement of sesame flour in levels of 0, 8, 24, 40 and 48% and pineapple in levels of 0, 1.5, 4.5, 7.5 and 9% on technological and visual properties on sponge cake was evaluated. So central composite design response surface method was used by 2 variable and 4 central point. According to the results, increasing in amount of sesame and pineapple in formulation decreased specific volume, L* and b* values, Hue and Browning Index (BI) of crust. Whiles the amount of moisture, Porosity, a* value, C* and ΔE and firmness of texture were increased in compare to the control. In the following optimal points was defined by Design-Expert 7.0.0 software. The optimal points were 26 and 1.6 in sesame and pineapple respectively and introduced as optimal amount of these two material.

**Keywords:** Sesame, Pineapple, Visual Properties, Texture, Optimization

* Correspond Author E-Mail Address: mfazeln@yahoo.com