

# بررسی تأثیر پوست انار، صمغ زانتان و آنزیم همی سلولاز بر خصوصیات کیک اسفنجی فاقد گلوتن بر پایه آرد برنج

عطیه امینی<sup>۱</sup>، محمد فاضل<sup>۲\*</sup>، هاجر عباسی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

۲- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۱/۲۸

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۸/۱۹

## چکیده

معمولا در تولید کیک از آرد گندم که حاوی گلوتن است استفاده می‌شود اما با توجه به بیماری سلیاک که نوعی حساسیت به گلوتن است، تولید کیک‌های فاقد گلوتن در اکثر مناطق جهان رو به گسترش است. پوست انار بخش غیرخوراکی و از محصولات جانبی کارخانه‌های آب انارگیری است و غنی از فیبر رژیمی و مواد آنتی‌اکسیدانی است. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر پوست انار (۱۲-۱۰٪)، صمغ زانتان (۱/۵-۱٪) و آنزیم همی سلولاز (۹۰-۰ ppm) بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، حسی و بافتی کیک اسفنجی فاقد گلوتن بر پایه آرد برنج است. بدین منظور از طرح آماری روش سطح پاسخ استفاده گردید. نتایج نشان داد که با افزایش درصد پوست انار دانسیته توده، رطوبت، قدرت بازدارندگی رادیکال‌های آزاد (DPPH)، سفتی و شاخص‌های رنگی  $a^*$  پوسته و مغز افزایش، در حالی که شاخص‌های  $L^*$  و  $b^*$  پوسته و مغز کاهش یافت. افزایش میزان صمغ باعث افزایش دانسیته توده، رطوبت، شاخص‌های رنگی  $L^*$ ،  $a^*$ ،  $b^*$  پوسته شده ولی قدرت بازدارندگی رادیکال‌های آزاد (DPPH) و سفتی کاهش یافت. افزایش سطح آنزیم هم باعث افزایش رطوبت،  $a^*$  و  $b^*$  پوسته شده و بر فاکتور سفتی اثر کاهشی داشت. در ادامه کیک بهینه با در نظر گرفتن پارامترهای سفتی و دانسیته که در محدوده کیک شاهد (تهیه شده با آرد گندم) و حاوی درصدهای مناسب از پوست انار، صمغ و آنزیم بود توسط نرم‌افزار تعیین و خصوصیات حسی آن با کیک شاهد مقایسه گردید. در این نقطه مقدار پوست انار، صمغ و آنزیم به ترتیب ۱/۷۷، ۱/۴ درصد و ۵۸ ppm بود. در پایان رطوبت و سفتی کیک شاهد و بهینه در طی ۱۴ روز نگهداری بررسی شد. نتایج نشان داد در روز اول تولید، پارامترهای رطوبت و سفتی نمونه بهینه بیشتر از شاهد بوده و با گذشت زمان هم در نمونه بهینه میزان رطوبت و سفتی افزایش یافتند. نتایج آنالیز حسی هم نشان داد، نمونه بهینه با نمونه شاهد به جز مطلوبیت بافت ظاهری و رنگ، تفاوت معنی‌داری داشت.

**واژه‌های کلیدی:** آنزیم همی سلولاز، پوست انار، کیک فاقد گلوتن، صمغ زانتان

## ۱- مقدمه

بیماری سلیاک عامل ایجاد نوعی ناراحتی مزمن روده‌ای است که با سوءجذب ناشی از عدم تحمل گلوتن همراه می‌باشد بدین معنی که بیمار نمی‌تواند گلوتن که پروتئین موجود در گندم، چاودار یا جو است را مصرف نماید. بنابراین اساس درمان آن، استفاده از رژیم غذایی فاقد آرد گندم و سایر غلات حاوی گلوتن می‌باشد و به جای آن‌ها باید از آرد سیب زمینی، برنج، ذرت، سویا و... استفاده کنند. آرد برنج یکی از مهمترین غلات مناسب جهت تهیه رژیم‌های غذایی فاقد گلوتن برای بیماران مبتلا به سلیاک می‌باشد و دارای بسیاری از ویژگی‌های منحصر به فرد، مانند طعم شیرین و مطلوب، رنگ سفید، سهل الهضم و دارای سطح بسیار پایین از گلوتن، سدیم، پروتئین، چربی، فیبر و میزان بالایی از کربوهیدرات قابل هضم و یکی از غلاتی است که اغلب به عنوان جایگزین گندم در تولید مواد غذایی فاقد گلوتن استفاده می‌شود، چرا که برنج دارای خواص ضد حساسیت با توجه به عدم وجود گلیدین است (۱۳). با این حال، با وجود مزایای متعدد از آرد برنج، کمبود پروتئین گلوتن باعث می‌شود که شکل‌دهی آن دشوار باشد (۲۶). مطالعات پیرامون تولید مواد غذایی بدون گلوتن از اهمیت زیادی برخوردار است. کیک نوعی شیرینی با بافت نرم مخصوصی می‌باشد که جزء دسته غذاهای پخته طبقه‌بندی می‌شود و مواد اصلی آن را آرد، روغن، شکر و تخم مرغ تشکیل می‌دهد. این محصول بایستی دارای بافتی متخلخل، حفره‌های ریز با دیواره نازک و حالت اسفنجی باشد که حفظ حالت اسفنجی به عهده شبکه گلوتن است، بنابراین در تولید محصولات بدون گلوتن به دلیل فقدان پروتئین‌های تشکیل دهنده شبکه ویسکوالاستیک گلوتن، کیفیت تکنولوژیکی پایین‌تر است و برخی از مشکلات کیفی در محصول مانند حجم پایین و بافت ضعیف بروز می‌کند، استفاده از مواد پلیمری مانند هیدروکلئیدها که خواص ویسکوالاستیکی

مشابه گلوتن را نشان می‌دهند اجتناب ناپذیر است. از میان هیدروکلئیدها، زانتان به طور گسترده در صنایع غذایی به عنوان قوام دهنده و تثبیت کننده برای طیف گسترده‌ای از فرآورده‌ها استفاده می‌شود (۱۳). از طرفی کیک یکی از فرآورده‌هایی است که بیاتی، مهاجرت رطوبت و فقدان فیبرهای رژیمی در آرد آن به چشم می‌خورد. بنابراین غنی‌سازی کیک با درصد‌های مختلف فیبرها پیشنهاد می‌گردد (۱۶ و ۲۲). پوست انار یکی از محصولات جانبی و بخش غیر خوراکی کارخانه‌های آب انارگیری است و منبع غنی از فیبر رژیمی، مواد زیست فعال، فنل‌ها و خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشد (۱۱). آنزیم‌ها را هم می‌توان به محصولات غلات با هدف افزایش ظرفیت نگهداری آب و بهبود نرمی و انعطاف‌پذیری خمیر و بهبود بافت و حجم محصول نهایی اضافه کرد (۱۸). آنزیم همی سلولاز جهت هیدرولیز اتصالات پنتوزان‌های موجود در آرد استفاده می‌شود و ظرفیت اتصال آب پنتوزان‌های آرد گندم را کاهش می‌دهد، در نتیجه آب می‌تواند میان سایر مواد تشکیل دهنده فرمولاسیون پخش شده و ویسکوزیته خمیر را کاهش دهد (۱۹ و ۲۸). این آنزیم به ایجاد یک شبکه گلوتن قوی کمک می‌کند که حجم بیشتری را در محصول ایجاد می‌کند (۱۷ و ۲۳). در سال ۲۰۱۴ اسرئوآستاوا و همکاران روی اثر پودر پوست انار خشک شده و امولسیفایرها بر خواص رئولوژیکی، تغذیه‌ای و کیفیت بیسکویت، مطالعاتی انجام دادند و مشاهده کردند که ترکیب پودر پوست انار خشک شده از ۰ تا ۱۰٪ منجر به افزایش جذب آب فارینوگراف، افزایش دمای چسباندن آمیلوگراف<sup>۱</sup> و قوام خمیر، کاهش ثبات خمیر، افزایش سختی و کاهش انسجام خمیر بیسکویت می‌گردد. ارزیابی‌های حسی هم نشان داد که بیسکویت ترکیب شده با ۷/۵٪ پودر پوست انار قابل قبول بوده و

معرض هوا قرار گرفت تا کاملاً خشک شوند. در نهایت با دستگاه آسیاب به پودر تبدیل شده و پس از الک کردن در نمونه‌های کیک مطابق فرمولاسیون به کار برده شد. صمغ زانتان با نام تجاری (Xanthan Gum, E Rhodia Gel 415) از شرکت Rhodia food و آنزیم همی سلولاز قارچی با نام تجاری Bakemyl XSP6 از شرکت BG از شرکت کیمیا آنزیم خریداری شد.

## ۲-۲- روش تهیه خمیر و تولید کیک

مواد لازم برای تهیه خمیر کیک شامل آرد برنج، تخم مرغ، شکر، آب، روغن مایع، وانیل، بیکنینگ پودر، پودر پوست انار، صمغ و آنزیم طبق جدول شماره ۱ تهیه شد. تخم مرغ، وانیل و شکر با همزن زده و روغن مایع و آب اضافه گردید و در آخر مطابق فرمولاسیون مورد نظر مابقی مواد شامل آنزیم، پودر پوست انار، آرد، بیکنینگ پودر و صمغ اضافه شد. خمیر آماده شده در قالب‌های با اندازه مشخص ریخته و به مدت ۴۵ دقیقه داخل فر با دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد پخته شد و پس از سرد شدن، هریک از نمونه‌ها در بسته‌بندی کیسه‌های پلی‌اتیلنی به ضخامت ۱۰۰ میکرون و در دمای محیط برای انجام آزمون‌ها، نگهداری گردید. لازم به ذکر است که در این پژوهش دو نمونه شاهد آرد گندم و آرد برنج (بدون صمغ و آنزیم) تولید شد.

افزودن ۷/۵٪ پودر خشک شده پوست انار میزان پروتئین، فیبر رژیمی، مواد معدنی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و بتا-کاروتن بیسکویت را افزایش داده و امکان استفاده از این پودر برای بهبود ویژگی‌های تغذیه‌ای بیسکویت وجود دارد (۲۷). در سال ۱۳۹۳ عوض صوفیان و همکاران تأثیر کنجاله بادام شیرین و صمغ زانتان را بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌های خمیر و کیک فاقد گلوتن حاصل از آرد برنج بررسی کردند. نتایج نشان داد با افزودن صمغ زانتان میزان سفتی، رطوبت و ویسکوزیته تمام نمونه‌ها افزایش یافته و نتایج آنالیز حسی نشان داده نمونه‌های حاوی صمغ زانتان و کنجاله بادام نسبت به نمونه شاهد، از مطلوبیت بیشتری برخوردار بودند (۲). در پژوهشی ترابی و همکاران ساختمان داخلی کیک برنجی بدون گلوتن را در حضور صمغ‌های گزانتان، گوار، لوبیای لوکاست، کاراگینان و ترکیبی از گوار و گزانتان مورد بررسی قرار دادند و مشاهده نمودند که افزودن انواع صمغ‌ها بر خلل و فرج تأثیر معنی‌داری دارد و بیشترین آن متعلق به گزانتان و ترکیب گزانتان و گوار می‌باشد (۲۹). گزارشی در سال ۲۰۰۴ توسط پاپر و همکاران در خصوص اثر مثبت پروتئازها و همی سلولازها در خمیر نان ویفر ارائه شد و نتایج حاکی از آن بود که استفاده از این دو آنزیم باعث افت شدید ویسکوزیته خمیر می‌گردد (۲۳). هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر پوست انار، صمغ زانتان و آنزیم همی سلولاز بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، حسی و بافتی کیک اسفنجی فاقد گلوتن بر پایه آرد برنج است.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد

مواد اولیه پایه کیک شامل آرد برنج، آرد گندم، تخم مرغ، شکر، آب، روغن مایع، وانیل و بیکنینگ پودر، پوست انار، صمغ زانتان و آنزیم همی سلولاز بود. پوست انار از انارهای شهرستان شهرضا واریته آلك شیرین تهیه و با محلول هیپوکلریت ضدعفونی گردید. سپس در



نمونه‌ها را ارزیابی کرده و از مطلوبیت زیاد تا نامطلوبیت زیاد به ترتیب به نمونه‌ها امتیاز ۶ تا ۱ دهند (۲۴).

#### ۲-۴-۷- آنالیز آماری

در این تحقیق، آزمون بافت در ۴ تکرار و بقیه آزمون‌ها در سه تکرار انجام گرفت. از طرح آماری روش سطح پاسخ طرح مرکب مرکزی با ۳ متغیر پوست انار (۱۲-۱۰٪)، صمغ زانتان (۱/۵-۱۰٪) و آنزیم همی سلولاز (ppm ۹۰-۰) و ۴ نقطه مرکزی استفاده شد. در ادامه برای تعیین نقطه بهینه (نقطه‌ای که در آن میزان دانسیته و سفتی حداقل و در محدوده کیک شاهد گندم باشد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی حداکثر باشد) یعنی تعیین درصد‌های مناسب از پوست انار، صمغ و آنزیم از نرم افزار 7.0.0 Design-Expert استفاده گردید. سپس، از آزمون اعتبارسنجی<sup>۱</sup> برای بررسی صحت آن استفاده شد. در پایان رطوبت و سفتی کیک بهینه و شاهد در طی زمان (۱، ۷ و ۱۴ روز پس از تولید) بررسی گردید. برای این منظور از طرح کاملاً تصادفی در سطح اطمینان ۹۵٪، از آزمون دانکن جهت مقایسه میانگین داده‌ها و برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 16 استفاده شد.

#### ۳- نتایج و بحث

نتایج آزمون‌های آرد و پوست انار نشان داد رطوبت آرد برنج ۸/۷٪ و ظرفیت جذب آب و روغن پوست انار به ترتیب ۳/۱۳ و ۱/۴۶٪ می‌باشد.

#### ۳-۱- ارزیابی رطوبت کیک

نتایج نشان داد (جدول‌های ۲ و ۴) که رطوبت کیک‌ها تحت تأثیر پوست انار، صمغ و آنزیم افزایش یافت. با توجه به این که مقدار فیبر در پوست انار بالا است بنابراین این مقادیر بالای رطوبت در نمونه‌های حاوی پوست انار

(BROOKFIELD) مطابق با روش (AACC, 74-09) استفاده شد. بدین منظور قطعه استوانه‌ای از بافت مغز کیک بدون پوسته و کف به قطر ۲۵ میلی‌متر و ارتفاع ۲۰ میلی‌متر جدا شده و پروب دستگاه (قطر ۴۰ میلی‌متر و ارتفاع ۲۰ میلی‌متر) با سرعت ۶۰ میلی‌متر بر دقیقه تا ۱۰ میلی‌متر آن را فشرده کرد. بیشترین نیروی وارد شده به نمونه در پایان عمل فشردن بر حسب گرم گزارش شد (۷).

#### ۲-۴-۵- ارزیابی رنگ

بررسی رنگ نمونه‌های کیک با تعیین سه شاخص  $L^*$ ،  $a^*$ ،  $b^*$  انجام گرفت. در روز اول تولید با استفاده از دوربین دیجیتال کانن (مدل PC1339) با حساسیت ۱۶ مگا پیکسل و جعبه‌ی مخصوص رنگ‌سنجی (محفظه نوری) از نمونه‌های کیک اسفنجی عکس برداری انجام شد و عکس‌های گرفته شده با فرمت JPEG ذخیره شدند. سپس توسط نرم‌افزار Image J شاخص‌های  $L^*$ ،  $a^*$ ،  $b^*$  محاسبه گردید. شاخص  $L^*$  بیانگر میزان روشنایی نمونه بوده 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 می‌دهد و دامنه‌ی آن از ۱۰۰- (سبز خالص) تا ۱۰۰+ (قرمز خالص) متغیر است. شاخص  $b^*$  میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۰۰- (آبی خالص) تا ۱۰۰+ (زرد خالص) متغیر است (۲۵).

#### ۲-۴-۶- ارزیابی حسی

خواص حسی کیک‌های بهینه توسط ۳۰ ارزیاب بررسی شد. تمامی کیک‌ها بعد از ۲۴ ساعت نگهداری در شرایط یکسان از نظر مطلوبیت بافت دهانی، بافت ظاهری، عطر و طعم، رنگ، پس طعم و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفتند. فرم‌های مربوط به ارزیابی حسی تهیه و در اختیار ارزیاب‌ها قرار داده و از آن‌ها خواسته شد که

حاوی فیبر بالایی است بنابراین تاثیر فیبر در حجم و دانسیته کیک را می توان با اثری که بر افزایش قوام و دانسیته خمیر می گذارد بیان کرد. در واقع با افزایش میزان فیبر به دلیل قوی تر شدن شبکه خمیر، حجم حباب های هوا در طی پخت امکان افزایش ندارند و ظرفیت نگهداری هوا کاهش یافته و با کاهش میزان حباب های هوا دانسیته افزایش می یابد. صمغ ها هم به دلیل قدرت جذب بالای آب، باعث افزایش ویسکوزیته خمیر می شوند و افزایش ویسکوزیته، منجر به افزایش دانسیته می شود. مشابه این نتایج، گومز در مطالعه ای به بررسی تاثیر میزان فیبر، اندازه ذرات و نوع آن بر کیفیت کیک لایه ای پرداخت و گزارش کرد که اضافه کردن فیبرهای نامحلول سبب افزایش دانسیته خمیر کیک می شود (۱۴).

#### ۳-۴- ارزیابی بافت

نتایج ارزیابی بافت نشان داد که پوست انار بر میزان سفتی نمونه های کیک اسفنجی اثر افزایشی داشته در حالی که صمغ و آنزیم اثر کاهشی داشتند (جدول های ۲ و ۴). علت افزایش سفتی بافت در اثر پوست انار، می تواند به علت تقویت شبکه اسفنجی موجود در کیک باشد. صمغ زانتان با حفظ و نگهداری رطوبت در بافت کیک و جلوگیری از مهاجرت رطوبت و انتقال آن به رشته های نشاسته و کریستاله شدن آنها، باعث نرم تر شدن بافت کیک می شود. آنزیم هم باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب، بهبود نرمی، انعطاف پذیری خمیر و بافت می شود. در همین راستا در مطالعه ای نقی پور و همکاران بیان نمودند که با افزودن صمغ های نظیر زانتان و گوار به فرمولاسیون محصولات خمیری حاوی آرد بدون گلوتن، سفتی مغز نمونه ها نسبت به نمونه فاقد صمغ کاهش یافت (۴). لو و همکاران مشاهده کردند که با افزایش میزان پودر چای سبز در فرمولاسیون کیک اسفنجی، حجم کیک کاهش و در نتیجه سفتی آن افزایش می یابد (۲۰).

ناشی از قدرت جذب آب فیبر می باشد. صمغ زانتان هم از قدرت جذب آب بالایی برخوردار بوده که این ویژگی می تواند دلیل عمده این افزایش در رطوبت کیک با افزایش سطح صمغ زانتان باشد (۲). آنزیم همی سلولاز به محصولات غلات با هدف افزایش ظرفیت نگهداری آب و بهبود نرمی خمیر اضافه شده در نتیجه می تواند رطوبت کیک را افزایش دهد (۱۸). مشابه نتایج این تحقیق، در مطالعه ای یوسال و همکاران اثر جایگزینی جزئی آرد گندم با منابع مختلف فیبر رژیمی (سیب، لیمو، سبوس گندم) بدون استفاده از آنزیم همی سلولاز و با استفاده از این آنزیم بر ویژگی های کیفی نوعی شیرینی مورد مطالعه قرار دادند و مشاهده کردند که افزایش میزان فیبر باعث افزایش میزان رطوبت در محصول نهایی می شود (۳۰).

#### ۳-۲- قدرت بازدارندگی رادیکال های آزاد (DPPH)

با بررسی نتایج به دست آمده در جدول های ۲ و ۴ مشخص شد که افزایش میزان پوست انار، باعث افزایش شدید درصد بازدارندگی می شود، این در حالی است که صمغ اثر کاهشی خفیف داشت و حضور آنزیم بی تاثیر بود. پوست انار به دلیل مقادیر زیاد ترکیبات فنولیک و سطح بالای ظرفیت آنتی اکسیدانی کل، قدرت زیادی در خنثی سازی رادیکال DPPH داشت و با وجود اعمال حرارت پخت هنوز خاصیت آنتی اکسیدانی خود را حفظ کرد. مطابق نتایج این پژوهش، نتایج مطالعه اسریواستاوا و همکاران نشان داد که افزودن پودر پوست انار خشک شده به بیسکویت فعالیت آنتی اکسیدان بیسکویت را افزایش می دهد (۲۷).

#### ۳-۳- ارزیابی دانسیته توده

باتوجه به نتایج به دست آمده (جدول های ۲ و ۴) دانسیته کیک تحت تاثیر پوست انار و صمغ زانتان افزایش یافته و آنزیم بر دانسیته کیک بی تاثیر بوده است. پوست انار

### ۳-۵- ارزیابی مولفه‌های رنگ پوسته و مغز

مطابق نتایج بدست آمده در جدول‌های ۳ و ۵ پوست انار باعث کاهش  $L^*$ ،  $b^*$  و افزایش  $a^*$  پوسته و مغز کیک شده است. از طرفی افزایش صمغ و آنزیم باعث افزایش  $a^*$  و  $b^*$  پوسته کیک شده ولی روی خصوصیات رنگی مغز ( $L_m^*$ ،  $a_m^*$ ،  $b_m^*$ ) کیک بی‌تأثیر است. همچنین صمغ،  $L^*$  پوسته را افزایش و آنزیم روی آن بی‌تأثیر بود. علت تغییر رنگ کیک مربوط به حضور رنگدانه‌های طبیعی و قرمز پوست انار بوده و ساکارز نیز در طی فرایند پخت باعث کاراملیزاسیون می‌شود. به طور کلی رنگ پوسته تحت تأثیر واکنش میلارد و کاراملیزاسیون قرار می‌گیرد. این واکنش تحت تأثیر pH و میزان رطوبت می‌باشد. فیر به عنوان بافر عمل کرده و از کاهش pH محیط در پی انجام این واکنش جلوگیری کرده، همچنین به علت جاذبه الرطوبه بودن پوست انار، رطوبت در حد مناسبی جهت این واکنش موجود بوده و میزان انجام این واکنش در حد بالایی باقی مانده، که باعث تیره‌تر شدن رنگ کیک می‌شود (۱۴). با توجه به اثر متقابل هیدروکلئیدها با آب، فعالیت آبی محصول تحت تأثیر قرار می‌گیرد، در نتیجه بر روند تغییرات

پارامترهای رنگ اثر می‌گذارد. در واقع این دسته از افزودنی‌ها با حفظ رطوبت و ممانعت از خروج آب در حین فرآیند پخت سبب تغییرات رنگی سطح پوسته محصول نهایی می‌شوند. به طور کلی افزودن هیدروکلئیدها موجب افزایش زردی پوسته شده که در کیک مطلوب تلقی می‌شود. رنگ مغز تا حد زیادی به مواد خام بستگی دارد، زیرا افزایش درجه حرارت به اندازه کافی بالا نیست که به انجام واکنش‌های مایلارد و کاراملیزاسیون منجر شود. بنابراین توسط رنگدانه‌های طبیعی موجود در فرمولاسیون و واکنش بین آن‌ها بوجود می‌آید (۲۰). مطابق این نتایج، در پژوهشی لو و همکاران به بررسی اثر جایگزینی پودر چای سبز به جای آرد گندم در کیک اسفنجی پرداخته و مشاهده کردند با افزایش سطح پودر چای سبز، شاخص  $L$  و  $b$  مغز کاهش یافته اما شاخص  $a$  افزایش یافته، که علت تغییر رنگ در کیک-های پخته شده را به واکنش اکسیداسیون بین رنگدانه‌ها و ترکیبات پلی‌فنولی نسبت دادند (۲۰).

جدول (۲) تاثیر مقدار پوست انار، صمغ و آنزیم به روش سطح پاسخ بر خصوصیات شیمیایی و فیزیکی کیک اسفنجی در روز اول تولید

تیمارها	پوست انار(%)	صمغ (%)	آنزیم (ppm)	رطوبت (%)	DPPH (%)	دانسیته (g/cm <sup>3</sup> )	سفتی (g)
شاهد گندم	۰	۰	۰	۱۹/۲ ± ۰/۹	—	۰/۴۲ ± ۰/۰۳	۱۶۸/۲ ± ۹۵/۴
شاهد برنج	۰	۰	۰	۱۷/۶ ± ۲/۰	—	۰/۸۲ ± ۰/۰۱	۱۹۵۹/۷ ± ۵۵۸/۸
۱	۲	۰/۲۵	۱۵	۱۶/۴ ± ۰/۹	۳۷/۲ ± ۲/۲	۰/۶۳ ± ۰/۰۳	۳۸۴/۸ ± ۲۹/۳
۲	۱۰	۰/۲۵	۱۵	۲۰/۷ ± ۰/۴	۶۴/۲ ± ۲/۵	۰/۴۷ ± ۰/۰۰	۵۵۰/۵ ± ۳۰/۳
۳	۲	۱/۲۵	۱۵	۱۴/۸ ± ۰/۲	۳۹/۰ ± ۱/۵	۰/۴۶ ± ۰/۰۲	۳۰۳/۳ ± ۷۷/۸
۴	۱۰	۱/۲۵	۱۵	۲۳/۸ ± ۰/۹	۶۳/۰ ± ۱/۰	۰/۵۰ ± ۰/۰۲	۴۴۱/۷ ± ۳۱/۱
۵	۲	۰/۲۵	۷۵	۱۵/۰ ± ۰/۹	۳۸/۷ ± ۲/۸	۰/۶۱ ± ۰/۰۱	۴۱۰/۳ ± ۴۶/۶
۶	۱۰	۰/۲۵	۷۵	۲۲/۲ ± ۰/۴	۶۲/۱ ± ۱/۲	۰/۴۹ ± ۰/۰۱	۳۷۳/۸ ± ۱۱/۸
۷	۲	۱/۲۵	۷۵	۱۸/۹ ± ۱/۲	۳۸/۹ ± ۱/۳	۰/۴۶ ± ۰/۰۳	۲۵۱/۴ ± ۱۵/۶
۸	۱۰	۱/۲۵	۷۵	۲۳/۰ ± ۰/۷	۶۲/۳ ± ۱/۱	۰/۴۹ ± ۰/۰۱	۴۵۸/۷ ± ۳۲/۲
۹	۰	۰/۷۵	۴۵	۱۷/۸ ± ۰/۸	۲/۰ ± ۱/۴	۰/۳۷ ± ۰/۰۲	۴۸۲/۶ ± ۵۷/۹
۱۰	۱۲	۰/۷۵	۴۵	۲۲/۰ ± ۰/۲	۷۱/۴ ± ۳/۵	۰/۴۷ ± ۰/۰۱	۵۰۷/۱ ± ۵۷/۹
۱۱	۶	۰	۴۵	۱۵/۷ ± ۱/۱	۶۶/۶ ± ۱/۴	۰/۴۶ ± ۰/۰۱	۳۸۰/۶ ± ۱۵/۶
۱۲	۶	۱/۵	۴۵	۲۲/۲ ± ۰/۶	۵۸/۴ ± ۰/۹	۰/۴۹ ± ۰/۰۱	۳۷۷/۲ ± ۱۷/۷
۱۳	۶	۰/۷۵	۰	۱۷/۳ ± ۰/۶	۶۸/۰ ± ۴/۹	۰/۴۹ ± ۰/۰۱	۴۳۳/۲ ± ۴۲/۰
۱۴	۶	۰/۷۵	۹۰	۲۰/۰ ± ۰/۶	۷۰/۰ ± ۲/۶	۰/۴۸ ± ۰/۰۱	۳۹۴/۲ ± ۱۵/۶
۱۵	۶	۰/۷۵	۴۵	۱۹/۸ ± ۰/۶	۶۲/۲ ± ۴/۸	۰/۴۶ ± ۰/۰۱	۴۳۳/۲ ± ۲۱/۶
۱۶	۶	۰/۷۵	۴۵	۱۹/۷ ± ۰/۴	۶۵/۵ ± ۰/۲	۰/۴۹ ± ۰/۰۱	۳۹۲/۵ ± ۲۱/۶
۱۷	۶	۰/۷۵	۴۵	۱۹/۵ ± ۰/۳	۵۹/۸ ± ۱/۴	۰/۴۶ ± ۰/۰۱	۳۸۷/۴ ± ۱۴/۴
۱۸	۶	۰/۷۵	۴۵	۱۸/۶ ± ۰/۳	۶۱/۲ ± ۱/۲	۰/۴۵ ± ۰/۰۱	۴۴۳/۴ ± ۲۵/۳

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار ذکر شده است.



جدول (۳) تأثیر مقدار پوست انار، صمغ و آنزیم به روش سطح پاسخ بر خصوصیات رنگی پوسته و مغز کیک اسفنجی در روز اول تولید

تیمارها	پوست انار (%)	صمغ (%)	آنزیم (ppm)	L*	a*	b*	L <sub>m</sub> *	a <sub>m</sub> *	b <sub>m</sub> *
شاهدگندم	۰	۰	۰	۶۹/۳ ± ۰/۵	۹/۷ ± ۳/۳	۴۰/۸ ± ۱/۸	۷۴/۲ ± ۱/۸	-۴/۰ ± ۱/۱	۲۶/۸ ± ۱/۷
شاهدبرنج	۰	۰	۰	۶۴/۹ ± ۰/۴	۹/۷ ± ۲/۴	۳۲/۳ ± ۱/۴	۶۸/۴ ± ۲/۱	-۴/۲ ± ۱/۴	۳۳/۱ ± ۳/۲
۱	۲	۰/۲۵	۱۵	۴۲/۰ ± ۱/۳	۱۵/۵ ± ۱/۳	۱۸/۰ ± ۱/۱	۴۶/۵ ± ۲/۵	۷/۵ ± ۱/۱	۱۷/۶ ± ۰/۱
۲	۱۰	۰/۲۵	۱۵	۲۹/۸ ± ۱/۱	۱۹/۴ ± ۰/۶	۸/۳ ± ۰/۸	۴۵/۱ ± ۰/۷	۷/۴ ± ۰/۲	۶/۵ ± ۱/۲
۳	۲	۱/۲۵	۱۵	۵۲/۹ ± ۱/۲	۱۲/۶ ± ۱/۴	۱۶/۹ ± ۰/۱	۵۲/۹ ± ۲/۹	۱۲/۷ ± ۱/۷	۱۱/۳ ± ۱/۰
۴	۱۰	۱/۲۵	۱۵	۴۴/۱ ± ۰/۸	۱۹/۵ ± ۰/۲	۱۴/۵ ± ۰/۴	۴۹/۸ ± ۱/۴	۱۰/۴ ± ۰/۵	۱۳/۵ ± ۰/۹
۵	۲	۰/۲۵	۷۵	۴۱/۰ ± ۱/۱	۱۱/۰ ± ۱/۷	۱۹/۳ ± ۱/۲	۴۹/۱ ± ۰/۸	۳/۵ ± ۳/۰	۱۵/۳ ± ۰/۸
۶	۱۰	۰/۲۵	۷۵	۴۲/۵ ± ۰/۹	۱۹/۵ ± ۱/۶	۱۴/۷ ± ۱/۷	۴۶/۳ ± ۲/۰	۱۱/۰ ± ۰/۹	۱۲/۰ ± ۰/۷
۷	۲	۱/۲۵	۷۵	۴۸/۰ ± ۰/۹	۱۲/۴ ± ۱/۴	۱۸/۶ ± ۰/۷	۵۲/۸ ± ۱/۱	۳/۸ ± ۰/۱	۱۷/۴ ± ۱/۰
۸	۱۰	۱/۲۵	۷۵	۴۶/۴ ± ۰/۱	۱۶/۴ ± ۰/۰	۵/۰ ± ۰/۲	۴۸/۹ ± ۰/۹	۱۳/۷ ± ۰/۲	۱۹/۶ ± ۰/۸
۹	۰	۰/۷۵	۴۵	۵۶/۲ ± ۱/۵	۱۲/۵ ± ۰/۶	۳۰/۴ ± ۰/۹	۷۰/۶ ± ۱/۹	-۷/۵ ± ۰/۴	۲۵/۵ ± ۰/۹
۱۰	۱۲	۰/۷۵	۴۵	۴۳/۸ ± ۱/۰	۱۶/۵ ± ۰/۶	۴/۴ ± ۰/۹	۴۷/۵ ± ۱/۴	۱۴/۴ ± ۰/۸	۲۱/۴ ± ۱/۳
۱۱	۶	۰	۴۵	۳۱/۵ ± ۰/۷	۱۴/۹ ± ۰/۷	۸/۲ ± ۲/۰	۴۵/۳ ± ۳/۲	۱۰/۹ ± ۰/۷	۱۶/۱ ± ۱/۱
۱۲	۶	۱/۵	۴۵	۴۳/۸ ± ۱/۶	۲۱/۳ ± ۰/۲	۱۷/۴ ± ۰/۶	۴۸/۴ ± ۴/۷	۱۴/۰ ± ۰/۹	۱۳/۴ ± ۳/۰
۱۳	۶	۰/۷۵	۰	۴۷/۰ ± ۰/۵	۱۰/۷ ± ۰/۱	۹/۸ ± ۰/۸	۴۵/۲ ± ۳/۰	۱۲/۳ ± ۱/۰	۱۰/۶ ± ۲/۵
۱۴	۶	۰/۷۵	۹۰	۴۹/۳ ± ۰/۸	۱۹/۶ ± ۰/۴	۲۱/۲ ± ۰/۷	۴۸/۳ ± ۲/۳	۱۵/۷ ± ۱/۰	۱۸/۶ ± ۰/۷
۱۵	۶	۰/۷۵	۴۵	۴۷/۷ ± ۰/۴	۱۵/۱ ± ۰/۳	۱۵/۷ ± ۰/۲	۴۶/۳ ± ۳/۵	۱۴/۶ ± ۰/۳	۱۳/۶ ± ۲/۲
۱۶	۶	۰/۷۵	۴۵	۴۹/۹ ± ۰/۱	۱۶/۸ ± ۲/۷	۱۸/۴ ± ۱/۰	۵۴/۱ ± ۲/۷	۸/۲ ± ۰/۷	۸/۲ ± ۰/۷
۱۷	۶	۰/۷۵	۴۵	۴۵/۹ ± ۰/۸	۲۱/۴ ± ۰/۶	۱۸/۹ ± ۱/۱	۵۲/۰ ± ۱/۰	۱۵/۹ ± ۰/۳	۱۹/۰ ± ۰/۸
۱۸	۶	۰/۷۵	۴۵	۴۸/۰ ± ۰/۲	۱۸/۷ ± ۰/۳	۱۰/۵ ± ۰/۳	۵۱/۶ ± ۰/۳	۹/۵ ± ۰/۷	۶/۳ ± ۰/۶

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار ذکر شده است

جدول (۴) مقادیر ضرایب رگرسیون برازش شده برای پاسخ‌های مربوط به تاثیر پوست انار، صمغ و آنزیم بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بافتی کیک اسفنجی

ضریب	رطوبت (%)	DPPH (%)	دانسیته (g/cm <sup>3</sup> )	سفتی (g)
ثابت	+۱۷/۳۴۸ ***	-۱۳/۷۱۲ ***	۰/۹۳۸ ***	+۲۷۳/۷ ***
انار	-۱/۶۳۶ ***	+۲۸/۱۳۲ ***	-۰/۰۹۱ ***	- ۶/۹ ns
صمغ	+۷/۶۶۴ ***	+۵/۴۵۸ ***	-۰/۰۹۵۶ ns	+۵۲۷/۷ ns
آنزیم	-۰/۰۶۱ ***	-۰/۳۳۸ ns	-۰/۰۰۲۵۸ ns	+۳/۳۹ ***
انار- صمغ	+۰/۴۴۸ ns	-۱۰/۸۲۳ *	+۰/۱۷۷ ***	-۴۰/۹۶ ***
انار- آنزیم	+۰/۰۲۲ *	—	—	-۰/۵۵ **
صمغ- آنزیم	+۰/۱۲۲ **	—	—	-۲/۳۲ *
انار <sup>۲</sup>	+۰/۲۰۰ **	-۲/۰۸۷ ***	+۰/۰۰۴۲۰۴ ns	+۴/۴ ***
صمغ <sup>۲</sup>	-۱۰/۵۴ ns	+۲۶/۶۶ ns	+۰/۴۲۵ ***	-۴۳۱/۵ ***
آنزیم <sup>۲</sup>	-۰/۰۰۰۲۷۲ *	+۰/۰۰۳۹۱ ***	+۰/۰۰۰۰۲۷۹ ***	-۰/۰۱۶ *
انار-صمغ-آنزیم	-۰/۰۱۶ ***	—	—	+۰/۵۴ ***
انار <sup>۲</sup> - صمغ	-۰/۱۷۷ ***	+۱/۴۶۸ ***	-۰/۰۰۵۷۲۹ ***	-۳/۹۵ **
انار <sup>۲</sup> - آنزیم	-۰/۰۰۱۰۴ **	—	—	—
انار- صمغ <sup>۲</sup>	+۱/۶۷۴ ***	-۵/۳۰۵ **	-۰/۰۵۷ ***	+۵۱/۴ ***
R <sup>2</sup>	۰/۹۵	۰/۹۵۱	۰/۸۲۰	۰/۷۶۹

ns, \*, \*\* و \*\*\* به ترتیب نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطوح اطمینان ۰/۹۰، ۰/۹۵ و ۰/۹۹ می-باشند.

جدول (۵) مقادیر ضرایب رگرسیون برازش شده برای پاسخ‌های مربوط به تأثیر پوست انار، صمغ و آنزیم بر خصوصیات رنگی پوسته و مغز کیک اسفنجی

ضریب	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$L_m^*$	$a_m^*$	$b_m^*$
ثابت	+۳۶/۱ ***	+۲۳/۴۰ ***	+۲۵/۵۱ ***	+۳۳/۰۲۲ ***	+۲۰/۵۴ ***	+۱۶/۷۷ ***
انار	-۲/۱۷ ***	-۵/۶۷ ***	-۹/۰۸ ***	-۰/۴۹۶ ***	-۱/۲۸۶ ***	-۰/۷۹۴ **
صمغ	+۵۳/۳۱ ***	+۱/۴۵ ***	+۳۹/۳۲ ***	+۷۶/۰۶۲ ***	-۴۶/۴ ***	+۲/۹۲ ns
آنزیم	-۰/۰۶۶ ***	-۰/۱۶ ***	-۰/۱۷۵ ***	+۰/۲۶۶ ns	-۰/۲۹۸ *	+۰/۰۷۹ ***
انار- صمغ	-۱/۶۴ ns	+۲/۲۲ ns	-۰/۳۳۸ ns	-۹/۶۴ ns	+۸/۱۴ ns	-۳/۲۵ ***
انار- آنزیم	+۰/۰۳۱ ***	+۰/۱۱۱ ns	۰/۱۱۳ *	—	+۰/۰۶۷ ***	—
صمغ- آنزیم	-۰/۰۴۱ ***	+۰/۱۰۰ ns	+۰/۰۷۳ ***	—	—	—
انار <sup>۲</sup>	+۰/۰۴۵ ***	+۰/۵۳ ***	+۰/۷۳۹ ns	+۰/۱۸۷ ***	-۰/۰۷۳ ***	-۰/۰۳۴ ***
صمغ <sup>۲</sup>	-۲۸/۴۶ ***	-۸/۸۲ ns	-۳۵/۰۶۸ ***	-۴۷/۶۷ ***	+۳۲/۶۴ ns	—
آنزیم <sup>۲</sup>	—	-۰/۰۰۱۲۵ ***	—	-۰/۰۰۲۷۴ ***	+۰/۰۰۰۷۸ *	—
انار-صمغ-آنزیم	-۰/۰۱۳ ***	-۰/۰۱۵ ***	-۰/۰۳۳ ***	—	—	—
انار <sup>۲</sup> - صمغ	—	-۰/۳۳۴ ***	-۰/۴۶۳ ***	—	—	+۰/۳۷۰ **
انار <sup>۲</sup> - آنزیم	—	-۰/۰۰۸۲۱ ***	-۰/۰۰۷۸۹ ***	—	-۰/۰۰۳۹ **	—
انار- صمغ <sup>۲</sup>	+۱/۵۱ ***	+۱/۵۸ ***	+۴/۸۸۲ ***	+۶/۳۱۸ ***	-۵/۴۲۳ ***	—
$R^2$	۰/۹۶۸	۰/۸۴۵	۰/۹۲۲	۰/۸۲۵	۰/۸۹۰	۰/۵۹۰

ns, \*, \*\*, و \*\*\* به ترتیب نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطوح اطمینان ۰/۹۰، ۰/۹۵ و ۰/۹۹ می‌باشند.

### ۳-۶- اعتبارسنجی و تعیین نقطه بهینه

پس از تعیین مدل، بهینه‌سازی به منظور دستیابی به سطوحی از متغیرهای مستقل که در نتیجه بکارگیری آنها بهترین فرمولاسیون از لحاظ دانسیته، رطوبت، قدرت بازدارندگی رادیکال‌های آزاد DPPH و سفتی کیک به دست آید، انجام شد. نرم افزار بر اساس مدل توصیفی و هم‌چنین سطوح تعیین شده، نقاطی را تعیین می‌کند که در این شرایط بهترین دانسیته، رطوبت، DPPH و سفتی کیک حاصل گردد. نتایج نشان می‌دهد که ضریب خطای پیش بینی شده در اکثر موارد کمتر از ۱۰٪ است. ولی در مورد برخی از پارامترها این ضریب افزایش می‌یابد. علت را می‌توان این گونه توجیه و تفسیر کرد که 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 رنگ‌سنجی 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 پیش بینی شده زیاد می‌شود و نیز در بعضی از پارامترها چون دامنه تغییرات زیاد است، خطای مدل و ضریب خطای پیش بینی شده افزایش می‌یابد. در نهایت کیک اسفنجی حاوی ۱/۷۷٪ پوست انار، ۱/۴٪ صمغ و ۵۸ ppm آنزیم به عنوان نمونه بهینه تعیین و تهیه گردید و همراه با نمونه شاهد مورد بررسی و آزمون قرار گرفت.

### ۳-۷- بررسی خصوصیات حسی کیک اسفنجی بهینه و شاهد از لحاظ ویژگی‌های حسی

مطابق جدول ۶ نمونه بهینه با نمونه شاهد گندم به جز مطلوبیت بافت ظاهری و رنگ، تفاوت معنی‌داری دارد و در همه پارامترهای حسی نمونه شاهد بهتر از نمونه بهینه است. علت را می‌توان به حضور ترکیبات موجود در پوست انار و

بیشترین تفاوت نمونه شاهد با بهینه در طعم و پس طعم است که با افزودن مواد طعم دهنده‌ایی مانند کاکائو و غیره می‌توان مشکل را رفع کرد. لازم به ذکر است که احساس بافت دهانی کیک شاهد و بهینه تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

ایجاد طعم متفاوت نسبت داد که از لحاظ خصوصیات ارگانولپتیکی ضعیف‌تر از نمونه شاهد می‌باشد. به طور کلی هر محصول غذایی غنی‌سازی شده به علت ایجاد تغییر در فرمولاسیون پایه در ابتدای امر با ذائقه مصرف‌کننده هماهنگی ندارد و اکثراً از سوی ارزیاب‌ها امتیاز کمتری را دریافت می‌نماید. با توجه به نتایج می‌توان دریافت که

جدول (۶) نتایج بررسی ویژگی‌های حسی کیک اسفنجی بهینه و شاهد

تیمار	مطلوبیت بافت دهانی	مطلوبیت بافت ظاهری	پس طعم	عطر	طعم	رنگ	پذیرش کلی
نمونه بهینه	۵/۰ ± ۰/۶ <sup>b</sup>	۴/۹ ± ۰/۶ <sup>a</sup>	۳/۵ ± ۰/۸ <sup>b</sup>	۴/۵ ± ۰/۹ <sup>b</sup>	۳/۹ ± ۰/۷ <sup>b</sup>	۴/۷ ± ۰/۹ <sup>a</sup>	۴/۲ ± ۰/۸ <sup>b</sup>
نمونه شاهد	۵/۵ ± ۰/۶ <sup>a</sup>	۵/۱ ± ۰/۶ <sup>a</sup>	۵/۸ ± ۰/۴ <sup>a</sup>	۵/۸ ± ۰/۶ <sup>a</sup>	۵/۶ ± ۰/۵ <sup>a</sup>	۵/۰ ± ۰/۸ <sup>a</sup>	۵/۶ ± ۰/۶ <sup>a</sup>

حروف متفاوت بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است. نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار ذکر شده است.

و توانایی آن‌ها در جذب رطوبت و جلوگیری از کریستاله شدن نشاسته کیک بیان کرد. در واقع به دلیل حضور فیبر بالا در پوست انار و حفظ رطوبت و توانایی صمغ‌ها در جذب و نگهداری بالای آب، رطوبت در شبکه شبه گلوتهی ایجاد شده حبس می‌شود و باعث حفظ رطوبت در ساختار کیک می‌گردد و به همین دلیل در طی زمان رطوبت کیک بهینه بهتر از شاهد حفظ می‌شود.

### ۳-۸- مقایسه خصوصیات کیک اسفنجی بهینه و شاهد

#### در طی نگهداری

#### ۳-۸-۱- رطوبت

مطابق نتایج بدست آمده (جدول ۷) تغییرات رطوبت در طی زمان نگهداری، بین تیمار بهینه و شاهد تفاوت معنی‌داری داشته و رطوبت نمونه بهینه بیشتر از نمونه شاهد است. رطوبت نمونه شاهد از روز ۱ تا روز ۷ کاهش و پس از آن تغییری نکرده است. بیشتر بودن رطوبت در کیک بهینه را می‌توان به علت حضور پوست انار و صمغ

جدول (۷) نتایج بررسی میزان رطوبت کیک اسفنجی بهینه و

شاهد در طی ۱۴ روز ماندگاری

تیمار	زمان (روز)		
	۱	۷	۱۴
نمونه بهینه	۲۱/۳ ± ۰/۱ <sup>ab</sup>	۲۱/۵ ± ۰/۲ <sup>a</sup>	۲۱/۴ ± ۰/۳ <sup>a</sup>
نمونه شاهد	۲۰/۱ ± ۱/۰ <sup>b</sup>	۱۷/۱ ± ۰/۵ <sup>c</sup>	۱۷/۳ ± ۰/۹ <sup>c</sup>

### ۳-۸-۲- سفتی

نتایج نشان داد (جدول ۸) که میزان سفتی نمونه بهینه بیشتر از شاهد بوده ولی در هر دوره زمانی تفاوت معنی داری بین آنها وجود ندارد. به طور کلی دلیل سفت شدن بافت در طی زمان نگهداری، فرآیند پیچیده‌ای است که عوامل متعددی نظیر بلوری شدن آمیلوپکتین، آرایش مجدد پلیمرها در ناحیه آمورف (بی‌شکل)، کاهش مقدار رطوبت و یا توزیع رطوبت بین ناحیه آمورف و کریستالی در آن دخیل است (۸ و ۱۲). صمغ زانتان هم پس از تولید سبب افزایش تعداد حفرات موجود در ساختمان کیک و ریز و یکنواخت شدن

این حفرات می‌شود و در طی مدت زمان نگهداری حضور صمغ سبب تقویت دیواره سلول‌های تشکیل دهنده این حفرات شده، در نتیجه مقاومت کیک در برابر فشار وارد شده از طرف پروب دستگاه افزایش می‌یابد. این نتایج با نتایج ایوبی و همکاران که به بررسی اثر صمغ زانتان بر خصوصیات کیفی و فیزیکوشیمیایی کیک روغنی پرداختند، مطابقت داشت. آنها دریافتند افزودن صمغ زانتان در طی مدت نگهداری سبب افزایش سفتی بافت کیک می‌شود (۱).

جدول (۸) نتایج بررسی میزان سفتی (گرم) بافت کیک اسفنجی بهینه و

شاهد در طی ۱۴ روز ماندگاری

تیمار	زمان (روز)	
	۷	۱۴
نمونه بهینه	۳۸۷/۴ ± ۶۳/۹ <sup>bc</sup>	۶۲۹/۵ ± ۵۱/۷ <sup>a</sup>
نمونه شاهد	۲۰۶/۴ ± ۳۰/۴ <sup>c</sup>	۵۶۴/۱ ± ۶۹/۴ <sup>ab</sup>

حروف متفاوت بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ است. نتایج به صورت

میانگین ± انحراف معیار ذکر شده است.

### ۴- نتیجه گیری

این پژوهش با هدف تولید محصولی جدید با ارزش غذایی بالا انجام گرفت. براساس نتایج بدست آمده می‌توان گفت افزایش درصد پوست انار در فرمولاسیون نمونه‌ها، سبب افزایش دانسیته، رطوبت، فعالیت بازدارندگی رادیکال DPPH، سفتی، شاخص‌های رنگی  $a^*$  پوسته و مغز می‌شود در حالیکه شاخص‌های  $L^*$ ،  $b^*$  پوسته و مغز کاهش یافته است. افزایش میزان صمغ باعث افزایش فاکتورهای دانسیته، رطوبت، شاخص‌های رنگی  $a^*$ ،  $L^*$ ،  $b^*$  پوسته شده و پارامترهای DPPH، سفتی کاهش یافته است. افزایش سطح آنزیم هم باعث افزایش رطوبت،  $a^*$ ،  $b^*$  پوسته شده و بر فاکتور سفتی اثر کاهشی داشته است. نتایج آزمون‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک اسفنجی بهینه و شاهد نشان داد که با افزودن ۱/۷۷٪ پوست انار، ۱/۴٪ صمغ و ۵۸ ppm آنزیم به

فرمولاسیون و بررسی تغییرات کیک اسفنجی بهینه و شاهد در طی ۱۴ روز نگهداری مشخص شد که در روز اول تولید، پارامترهای رطوبت و سفتی نمونه بهینه بیشتر از شاهد بوده و با گذشت زمان هم در نمونه بهینه میزان رطوبت و سفتی افزایش یافتند. از طرفی بر ویژگی‌های حسی محصول و پذیرش کلی آن اثر داشت و باعث کاهش مطلوبیت در کیک شد.

### ۵- منابع

- ایوبی، ا.، حبیبی نجفی، م.ب. و کریمی، م. ۱۳۸۷. تأثیر افزودن کنسانتره پروتئین آب پنیر (WPC) صمغ‌های گوار و زانتان بر خصوصیات کیفی و فیزیکوشیمیایی کیک روغنی. مجله پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، شماره ۴، ۳۳-۴۶.

- powdered cellulose. *Journal of Food Science*; 56(6): 1682-84
10. Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 28: 25-30
  11. Cam, M. and Hisil, Y. 2010. Pressurized water extraction of polyphenols from pomegranate peels. *Food Chemistry*, 123: 878-885
  12. Ebrahimpour, N., Peighambardoust, S.H., Azadmard-Damirchi, S. and Ghanbarzadeh, B. 2010. Effects of incorporating different hydrocolloids on sensory characteristics and staling of gluten free bread. *Journal of Food Research*, Vol. 20.3.No. 1 [in Persian].
  13. Gallagher, E., Gormley, T.R. and Arendt, E.K. 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science and Technology*, 15: 143-152
  14. Gomez, M., Moraleja, A., Oliete, B. Ruiz, E. and Caballero, P.A. 2010. Effect of fibre size on the quality of fibre-enriched layer cakes. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologi-Food Science and Technology*, 43: 33-38
  15. Gujral, H.S., Guardiola, I., Carbonell, J.V. and Rosell, C.M. 2003. Effect of cyclodextrinase on dough rheology and bread quality from rice flour. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 3814-3818
  16. Grti, N. and Reichman, D. 1993. Hydrocolloids as food emulsifiers and stabilizers. *Fd. Str*, 12:411-426
  17. Hansen, C.E., Nicolas, P. and Baltasar, V. 2008. Moisture resistant wafer. *European Patent Application*, PN: 1982598 A1
  18. Hilhorst, R. 1999. Baking performance, rheology and chemical composition of wheat dough and gluten affected by xylanase and
  2. عوض صوفیان، ع.س.، اعلمی، م.، صادقی ماهونک، ع.، قربانی، م. و ضیائی فر، ا.م. ۱۳۹۳. استفاده از کنجاله بادام شیرین و صمغ زانتان در تولید کیک بدون گلوتن. نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی، جلد ۳، شماره ۲، ۱۹۶-۱۸۵.
  ۳. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۲. ویژگی‌ها و روش‌های آزمون کیک. استاندارد ملی ایران، شماره ۲۵۵۳. اصلاحیه شماره ۱.
  ۴. نقی پور، ف.، کریمی، م.، حبیبی نجفی، م.ب.، حداد خداپرست، م.ح.، شیخ الاسلامی، ز.، قیافه داودی، م. و صحرائیان، ب. ۱۳۹۲. بررسی امکان تولید کیک بدون گلوتن با استفاده از آرد سورگوم و صمغ‌های گوار و زانتان. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، شماره ۴۱، ۱۳۹-۱۲۷.
  ۵. نورمحمدی، ا.، پیغمبردوست، ه. و اولادغفاری، ع. ۱۳۹۱. تولید کیک کم کالری به وسیله جایگزینی ساکارز با اریتریتول و الیگوفروکتوز. *مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران*، شماره ۱، ۹۲-۸۵.
  6. AACC. 1999. Approved method of the AACC. American Association of Cereal Chemists, St, Paul, MN.
  7. AACC International. 2003. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists (2th ed.). The Association: St. Paul. MN
  8. 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.
  9. Ang, J.F. 1991. Water retention capacity and viscosity effect of

- Springer published (2<sup>nd</sup> edition), P: 177-213
29. Turabi, E., Sumnu, G. and Sahin, S. 2010. Quantitative analysis of macro and micro structure of gluten-free rice cakes containing different types of gums baked in different ovens. *Food Hydrocolloids*, 24: 755-764
30. Uysal, H., Bilgicli, N., Elgun, A., Ibanoglu, S., Herken, E.N. and Kursat demir, M. 2007. Effect of dietary fibre and xylanase enzyme addition on the selected properties of wire-cut cookies. *Journal of Food Engineering*, 78: 1074-1078
- oxidative enzymes. *Journal of Food Science*, 64: 808-813
19. Law, B.A. and Whitehurst, R. 2002. *Enzymes in food technology*, Sheffield Academic Press, 1-30
20. 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: 1090-1091
21. Majzoobi, M., Darabzadeh, N. and Farahnaky, A. 2015. Effects of Commercial Oat Fiber on Characteristics of Batter and Sponge Cake. *Journal of Agriculture Science Technology*, 17: 99-107
22. Matsakidou, A., Blekas, G. and Paraskevopoulou, A. 2010. Aroma and physical characteristics of cakes prepared by replacing margarine with extra virgin olive oil. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie -Food Science and Technology*, 43: 949-957
23. Popper, L. 2004. Enzymes in biscuit, cracker and wafer production. *Asia Pacific Food Industry*, 16(3): 28-32
24. Rajabzadeh, N. 1991. Iranian Flat Bread Evaluation. Pp. 1-50, Iranian Cereal and Bread Research Institute, 71, Tehran, Iran.
25. Sariciban, C. and Tahsin Yilmaz, M. 2010. Modelling the effects of processing factors on the changes on color parameters of cooked meatballs using response surface methodology. *Journal of World Applied Sciences*, 9: 14-22
26. Sivaramakrishnan, H.P., Senge, B. and Chattopadhyay, P.K. 2004. Rheological properties of rice dough for making rice bread. *Journal of Food Engineering*, 62(9), 37-45
27. Srivastava, P., Indrani, D. and Singh, R.P. 2014. Effect of dried pomegranate (*Punica granatum*) peel powder (DPPP) on textural, organoleptic and nutritional characteristics of biscuits.
28. Tucker, G.A. and Woods, L.F. 1991. *Enzymes in food processing. Enzymes in the baking industry.*

