



ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر و بافت کیک اسفنجی بدون گلوتن حاوی پودر کدوخلوایی

محمد منصور سمیع^۱، آریو امامی‌فر^{۲*} و فخرالدین صالحی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد فناوری مواد غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

۲- دانشیار گروه صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۲۱

کلمات کلیدی:

خمیر کیک،

کدوخلوایی،

رئولوژی،

بافت

DOI: 10.22034/FSCT.20.142. 68
DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.142.5.5

* مسئول مکاتبات:

a.emamifar@basu.ac.ir

هدف از این مطالعه بررسی تأثیر سطوح مختلف جایگزینی (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی- وزنی) آرد برنج با پودر کدوخلوایی بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر و بافت کیک اسفنجی بدون گلوتن بر پایه آرد برنج بود. تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد. استفاده از پودر کدوخلوایی در فرمولاسیون کیک‌های بدون گلوتن بر پایه آرد برنج ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر و بافتی نمونه‌ها را به شکل معنی‌داری بهبود بخشید ($p < 0.05$). با افزایش نسبت جایگزینی آرد برنج با پودر کدوخلوایی تا ۳۰ درصد، ویسکوزیته (از ۶۸۲/۶۶ تا ۳۵۱۸/۴۴ سانتی پواز)، سفتی (از ۲۱/۱۱ تا ۵۳/۹۷ گرم)، انسجام (از ۰/۸۳ تا ۰/۹۴) و کشش‌پذیری (از ۹/۷۴ تا ۱۳/۴۹ میلی‌متر) خمیر به‌صورت معنی‌داری بهبود یافت؛ اما چسبندگی خمیر (۳/۱۵ میلی ژول) در مقایسه با نمونه شاهد (۱/۰۸ میلی ژول) افزایش یافت ($p < 0.05$). همچنین افزودن پودر کدوخلوایی تا ۳۰ درصد در فرمولاسیون نمونه‌ها، سبب افزایش سفتی (از ۴۵۶/۱۷ تا ۸۰۰/۱۱ گرم)، انسجام (از ۰/۵۶ تا ۰/۶۷)، کشش‌پذیری (از ۸/۶۸ تا ۱۱/۴۳ میلی‌متر) و قابلیت جویدن (از ۲۲۳۱ تا ۶۱۴۸ گرم) کیک‌های تولیدی شد ($p < 0.05$). افزایش اختلاط پودر کدوخلوایی در فرمولاسیون کیک (تا ۳۰ درصد)، افزایش معنی‌داری در تغییرات کلی رنگ (ΔE)، شاخص قهوه‌ای شدن و اشباعیت رنگ (کروما) کیک‌های تولیدی در مقایسه با نمونه‌های شاهد ایجاد کرد و همچنین سبب افزایش زاویه هیو به سمت ۹۰ درجه گردید که نشان دهنده افزایش شدت رنگ زرد در نمونه‌های حاوی مقادیر بیشتر پودر کدوخلوایی بود ($p < 0.05$).

۱- مقدمه

بیماری سلیاک نوعی اختلال سیستمی خود ایمن و بیماری التهابی دستگاه گوارش است که به واسطه تماس گلوتن با سلول‌های روده کوچک با علائمی نظیر اسهال، عدم رشد، خستگی و کم‌خونی ظاهر می‌گردد. لذا امروزه تقاضا برای مصرف محصولات بدون گلوتن از سوی بیماران سلیاک افزایش یافته است [۱]. استفاده از فراورده‌های نانویی پر مصرف در جوامع امروزی از جمله انواع کیک‌ها به واسطه گلوتن موجود در فرمولاسیون آن‌ها که بخشی از ساختار محصول نهایی را ایجاد می‌کند، در جوامع سلیاک امکان پذیر نیست [۲]. آرد‌های برنج، ذرت و سیب‌زمینی از جمله جایگزین‌های مناسب آرد گندم در تولید محصولات نانویی بدون گلوتن هستند که گاهی به صورت ترکیبی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند [۳]. کدوخلوایی با نام علمی (*Cucurbita moschata* L.) متعلق به خانواده کدوئیان، از دسته سبزی‌های دولپه‌ای با میوه‌دهی سالانه است [۴]. این میوه فراسودمند سرشار از کاروتنوئید (۲ الی ۱۰ میلی‌گرم به ازای هر ۱۰۰ گرم میوه)، ویتامین ث (۹ الی ۱۰ میلی‌گرم به ازای هر ۱۰۰ گرم میوه) و ویتامین E (۱/۰۳ الی ۱/۰۶ میلی‌گرم به ازای هر ۱۰۰ گرم میوه) است. کدوخلوایی منبع غنی از انواع فیبر است که با حضور در فرمولاسیون‌های غذایی توانایی جذب آب و روغن را افزایش داده و همچنین تأثیر مستقیمی بر بهبود سلامت دستگاه گوارش دارد [۵ و ۶]. افزودن ترکیبات فراسودمند غذایی در فراورده‌های نانویی بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر، بافت و ویژگی‌های حسی محصول نهایی مؤثر است [۷]. لوسی و همکاران (۲۰۱۱) اعلام کردند که حضور فیبرهای محلول و نامحلول در فرمولاسیون کیک اسفنجی به ترتیب سبب نرمی و سفتی محصول نهایی شدند [۸]. کیک مشابه با سایر فراورده‌های نانویی محصولی با بافت متخلخل است که طی افزایش

دمای امولسیون خمیر در فرایند پخت تولید می‌گردد. طی فرایند پخت حباب‌های مرطوب هوا در بافت کیک به شکل منافذ ریز در بافت کیک تثبیت می‌شوند [۹]. بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر فراورده‌های غلاتی نظیر کیک نقش تعیین کننده‌ای بر حجم، بافت و تخلخل محصول نهایی دارد [۱۰]. ترکیب آرد کدوخلوایی با سایر آرد‌ها در تولید فراورده‌های نانویی به دلیل تفاوت در ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی هر دو نوع آرد تأثیر مستقیمی بر رئولوژی خمیر و ویژگی‌های بافتی محصول نهایی دارد [۱۱]. مطالعات انجام شده توسط کوندو و همکاران (۲۰۱۲) در زمینه اثر افزودن پودر کدوخلوایی و صمغ گوار بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر نشان داد که افزودن پودر کدوخلوایی به آرد گندم سبب کاهش جذب آب و افزایش شاخص تحمل به مخلوط شدن و مقاومت خمیر شد [۱۲]. بخشی از ارزیابی کیفی ساختار خمیر کیک با کمک آزمون‌های رئولوژیکی از قبیل ویسکوزیته و ویژگی‌های ویسکوالاستیک خمیر انجام می‌گیرد [۱۳]. نحوه نفوذ، میزان و مدت زمان پایداری حباب هوا در ساختار پروتئین و نشاسته بر رئولوژی خمیر کیک و ساختار بافت محصول نهایی تأثیر مستقیمی دارد [۱۴]. ارزیابی ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر کیک در تعیین عواملی نظیر شدت عوامل فرایند محصول، انتخاب نوع آرد و مقادیر جایگزینی آرد-های جایگزین با آرد پایه در تولید کیک، مقادیر جایگزینی انواع شیرین‌کننده‌ها به جای شکر در فرمولاسیون کیک و همچنین نوع و روش هوادهی خمیر کاربرد دارد [۱۵]. مزا و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی رئولوژی خمیر کیک بیان داشتند که اگرچه نوع فرمولاسیون و مقادیر اجزای تشکیل دهنده آن در تعیین ویژگی‌های ویسکوالاستیک خمیر انواع کیک‌ها مؤثر است اما خمیر اغلب کیک‌ها رفتار رئولوژیکی از نوع رقیق شونده دارد [۱۶]. آزمون تجزیه و تحلیل پروفایل بافت از جمله روش‌های سنجش بافت کیک است

با سایر اجزا مخلوط گردید. در مرحله سوم سایر ترکیبات خشک مانند آرد برنج و گندم (بسته به نوع کیک) و آرد کدو حلوایی الک شده و به فرمولاسیون افزوده گردید و تا ۴ دقیقه خوب مخلوط شدند. خمیر به دست آمده درون فنجان‌های کاغذی (با حجم ۳۰ میلی‌لیتر) پر شده و برای مرحله پخت درون سینی‌های استیل قرار گرفتند. در مرحله پخت کیک، فنجان‌های حاوی خمیر به فر برقی (FI5 851 P IX, Italy) از پیش گرم شده در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شده و عملیات پخت کیک به مدت ۳۵ دقیقه صورت پذیرفت. پس از سرد شدن در دمای محیط ارزیابی‌های لازم بر روی کیک‌های تولیدی انجام شد [۱۸]. محصول نهایی با نسبت جایگزینی آرد برنج با صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد آرد کدو حلوایی (به نسبت وزنی- وزنی) در مقایسه با نمونه شاهد تولید و ارزیابی گردیدند.

۲-۲-۲- ارزیابی ویسکوزیته خمیر

ویسکوزیته فرمولاسیون‌های مختلف خمیر با دستگاه ویسکومتر بروکفیلد (Brookfield, RV2T, USA) و با استفاده از اسپیندل شماره ۵، در سرعت برشی ۱۰ دور بر ثانیه، در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در سه تکرار اندازه‌گیری شد [۱۹].

۲-۲-۳- ارزیابی پروفایل بافت خمیر

خمیر به مدت یک ساعت قبل از انجام آزمون در دمای محیط قرار گرفت و بافت آن به روش بک اکستروژن با دستگاه بافت سنج (Brookfield-CT310K, USA) ارزیابی شد. نمونه‌ها تا ارتفاع ۳ سانتیمتر در ظرف استوانه‌ای آزمون (قطر ۴۰ میلی‌متر و ارتفاع ۵۰ میلی‌متر) پر شدند. تغییر نیروی نفوذ پروب صاف استوانه‌ای (قطر ۲۵/۴ میلی‌متر) در طی زمان با سرعت ثابت رفت و برگشتی ۱ میلی‌متر بر ثانیه و به صورت دو بار رفت و برگشت ارزیابی گردید. با استفاده از منحنی نیرو زمان (برحسب گرم نیرو در ثانیه) ویژگی‌های بافتی شامل سفتی، پیوستگی، کشش‌پذیری، چسبندگی و صمغیت و قابلیت جویدن تعیین گردید [۲۰].

که تقریباً ویژگی‌های دهانی کیک را تقلید و با احساس مصرف کننده در میزان سفتی، قدرت جویدن و یا قابلیت کشش بافت کیک مطابقت دارد [۱۷]. بررسی رئولوژی خمیر کیک و دستیابی به فرمولاسیون مطلوب خمیر کیک نه تنها جریان پذیری خمیر را بهبود می‌بخشد، بلکه منجر به تولید محصولی با کیفیت بافت مطلوب و مشتری پسند می‌شود. هدف از این پژوهش بررسی اثرات مقادیر مختلف پودر کدو حلوایی به عنوان جایگزین آرد برنج بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر و تغییرات بافت کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه

آرد برنج (رطوبت ۸/۶۱ درصد، پروتئین ۸/۴۹ درصد و خاکستر ۰/۸۹) از شرکت جاوید فومن تهیه شد. آرد کدو حلوایی (رطوبت ۱۰/۲۸ درصد، پروتئین ۱۴/۷۶ درصد، خاکستر ۷/۵۹ درصد و فیبر خام ۱۰/۱ درصد) از شرکت سوغات کویر کرمانشاه تهیه گردید و در بسته‌های پلی‌اتیلنی تحت خلأ و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. شکر (شرکت کامکا)، روغن مایع آفتابگردان (شرکت لادن)، تخم‌مرغ (شرکت تلاونگ) و بیکنینگ پودر و وانیل (شرکت پولار) مورد استفاده در فرمولاسیون کیک‌های بدون گلوتن از فروشگاه معتبر در سطح شهر تهیه گردید.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- تهیه خمیر و تولید کیک

کیک برنجی بدون گلوتن (نمونه شاهد) بر پایه ۱۰۰ گرم آرد برنج با استفاده از آرد برنج (۱۰۰ گرم)، شکر (۱۰۰ گرم)، تخم‌مرغ (۱۰۰ گرم)، آب (۱۰۰ گرم)، بیکنینگ پودر (۴/۸ گرم) و وانیل (۲/۸ گرم) تهیه گردید. مواد مورد استفاده در تهیه کیک طی چند مرحله مخلوط و آماده‌سازی شد. در مرحله اول شکر و تخم‌مرغ طی ۴ دقیقه مخلوط شدند و سپس بیکنینگ پودر و وانیل اضافه شده و تا ۲ دقیقه

۴-۲-۲- ارزیابی پروفایل بافت کیک

بافت کیک با استفاده از دستگاه بافت سنج (- Brookfield CT310K, USA) ارزیابی شد. ۲ ساعت پس از پخت، نمونه‌ها توسط چاقوی تیز به شکل قطعات مکعب مستطیل با ابعاد ۲×۲×۲ سانتی‌متر برش داده شدند. تغییر نیروی فشرده‌گی پروب استوانه‌ای شکل به قطر ۳/۶ سانتی‌متر در طی زمان با سرعت ثابت رفت و برگشتی ۱ میلی‌متر بر ثانیه و به‌صورت دو بار رفت و برگشت ارزیابی گردید. سرعت نیروی قبل، حین و بعد از آزمون به ترتیب ۲، ۱ و ۲ میلی-متر بر ثانیه بود. با استفاده از منحنی نیرو زمان (برحسب گرم در ثانیه) ویژگی‌های بافتی شامل سفتی، پیوستگی، کشش‌پذیری، چسبندگی، قابلیت جویدن و صمغیت اندازه‌گیری شد [۲۰].

۴-۲-۵- ارزیابی رنگ کیک

در ارزیابی رنگ کیک از روش پردازش تصویر استفاده گردید. ابتدا برش‌هایی با ابعاد ۲۵ میلی‌متر از مغز نمونه‌ها تهیه و سپس با کمک اسکنر (HP, Japan) با وضوح ۳۰۰ پیکسل از آن‌ها تصویربرداری شد. با فعال کردن فضای رنگی بخش (Plugins)، فضای (LAB) فعال و شاخصه‌های رنگی (L)، (a) و (b) تعیین شدند. دیگر شاخصه‌های رنگی شامل تغییر رنگ کلی

$$(\Delta E = \sqrt{(L_2 - L_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2})$$

زاویه هيو ($Hue = \tan^{-1} \frac{b}{a}$)، اشباعیت ($Chroma = \sqrt{a^2 + b^2}$) و شاخصه قهوه‌ای شدن ($x = \frac{a+1.75L}{5.645L+a-3.012b}$, $BI = \frac{[100 \times (x-0.31)]}{0.17}$) با توجه به شاخصه‌های اصلی رنگ محاسبه شدند [۲۱].

۴-۳- آنالیز آماری

این تحقیق بر اساس روش فاکتوریل و بر طبق طرح آماری کاملاً تصادفی با جایگزینی پودر کدوخلوایی با آرد برنج (در چهار سطح صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد پودر کدوخلوایی) به‌صورت وزنی- وزنی بر پایه آرد برنج و در سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار آماری (SPSS) و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ویسکوزیته خمیر

تغییرات ویسکوزیته خمیر با جایگزینی آرد برنج با مقادیر متفاوت پودر کدوخلوایی در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با جایگزینی پودر کدوخلوایی ویسکوزیته خمیر به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($p < 0.05$). افزایش ویسکوزیته را می‌توان به وجود مقادیر فراوانی فیبر و ترکیبات آب‌دوست حاوی گروه هیدروکسیل در ساختار پودر کدوخلوایی مرتبط دانست. ملکی اسکی و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی جایگزینی آرد گندم با پودر کدوخلوایی در تولید کیک اسفنجی نتیجه گرفتند که وجود مقادیر فراوانی فیبر و ترکیبات آب‌دوست دارای گروه هیدروکسیل در ساختار پودر کدوخلوایی در افزایش ویسکوزیته خمیر حاصله اثر معنی‌داری دارد که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت [۲۲]. صالحی و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند که با افزایش ترکیبات آب‌دوست نظیر پودر ایزوله پروتئینی سویا و صمغ دانه ریحان در فرمولاسیون کیک برنجی، ویسکوزیته خمیر افزایش می‌یابد [۲۳]. گنجی‌وطن و حسینی قابوس (۲۰۲۰) خمیر کیک‌های حاوی ۱۰ درصد پودر کدوخلوایی جایگزین شده با آرد گندم را در گروه سیال‌های غیر نیوتنی وابسته به برش و زمان دسته‌بندی کردند [۲۴].

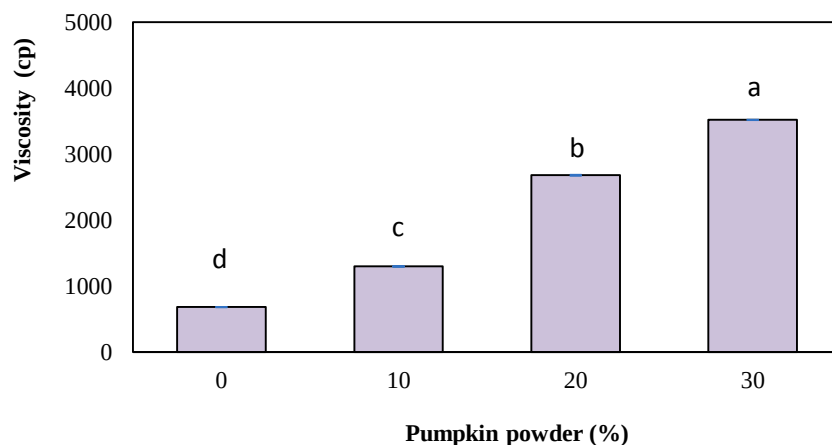


Fig 1. The effect of replacing rice flour with varying levels of pumpkin powder on the apparent viscosity of cake batter samples. Different letters are significantly different ($p < 0.05$)

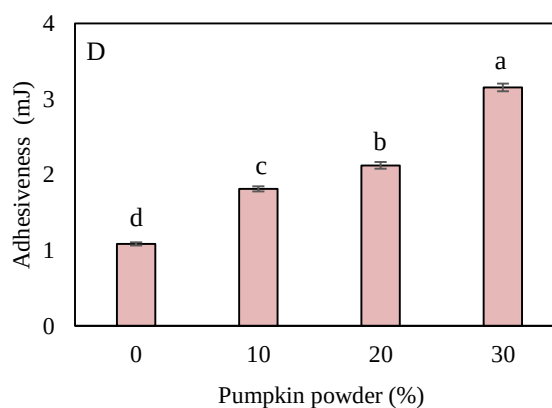
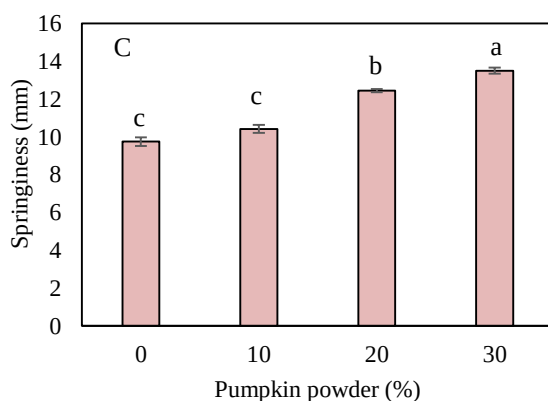
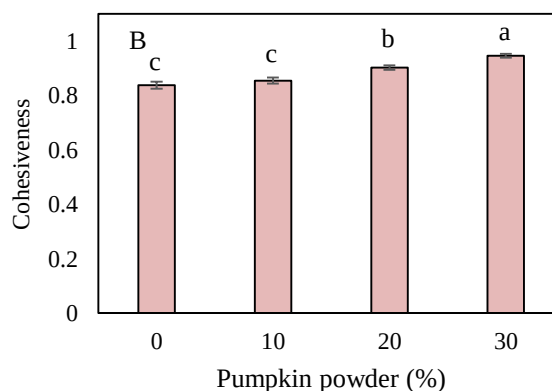
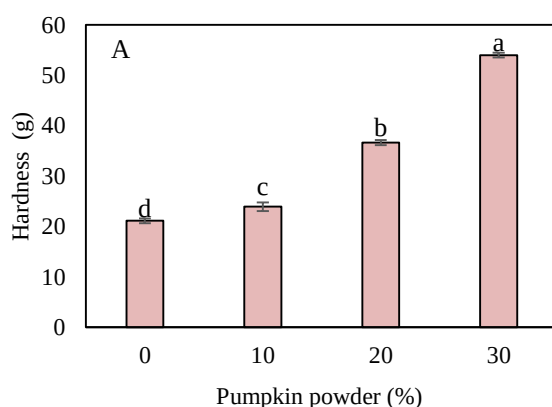
خمیر را طی اعمال نیرو نشان می‌دهد. این شاخص نقش مهمی در افزایش حجم محصول نهایی و حفظ حباب هوا طی مخلوط کردن خمیر دارد. افزایش پیوستگی خمیر را می‌توان به افزایش میزان فیبر و پروتئین فرمولاسیون خمیرهای حاوی مقادیر بیشتر جایگزینی (۳۰ درصد) با پودر کدو حلوایی نسبت داد. آیداگو و همکاران (۲۰۱۸) گزارش دادند که افزایش میزان پیوستگی خمیر کیک با افزایش میزان فیبر و پروتئین در فرمولاسیون خمیر و در نهایت افزایش میزان جذب آب آزاد فرمولاسیون خمیر مرتبط است [۲۷]. مارتینز و همکاران (۲۰۱۴) گزارش دادند که افزایش حضور فیبر در فرمولاسیون خمیر به دلیل تشکیل ساختار مستحکم با گرانول‌های نشاسته در خمیر، مقاومت و پیوستگی خمیر را افزایش می‌دهد [۲۸]. سینگ و همکاران (۲۰۱۶) بیان داشتند که افزودن پوره هویج به خمیر کیک بدون گلوتن با کاهش آب آزاد در فرمولاسیون و تسهیل حرکت ذرات در بافت خمیر، پیوستگی و قدرت خمیر را افزایش می‌دهد [۲۹]. افزایش سطح جایگزینی آرد برنج با پودر کدو حلوایی در فرمولاسیون کیک تا ۳۰ درصد، بر کشش‌پذیری خمیر به شکل معنی‌داری ($p < 0.05$) افزود (شکل ۲). افزایش خاصیت ارتجاعی خمیر را می‌توان به

۳-۲- نتایج آزمون بک اکستروژن خمیر

ارزیابی پروفایل بافت خمیر بررسی متغیرهای بافتی خمیر طی اعمال نیرو است. متغیر سفتی بیشترین نیروی به کار رفته در اولین دوره فشردن است و به عنوان استحکام و یا قدرت خمیر است. مطابق شکل ۲ با افزایش نسبت جایگزینی آرد برنج با پودر کدو حلوایی، سفتی خمیر کیک-های تولیدی به شکل معنی‌داری افزایش یافت ($p < 0.05$). افزایش قوام و سفتی خمیر را می‌توان به افزایش مقادیر پروتئین و فیبر در فرمولاسیون خمیر حاوی پودر کدو-حلوایی در مقایسه با نمونه شاهد مرتبط دانست. مور و همکاران (۲۰۰۴) سفتی خمیر محصولات فاقد گلوتن را با افزودن ترکیبات پروتئینی افزایش دادند [۲۵]. سیارانی و همکاران (۲۰۱۰) نیز با افزودن پودر سویا به عنوان منبع پروتئینی در فرمولاسیون خمیر بدون گلوتن، استحکام و سفتی خمیر را افزایش دادند که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت [۲۶]. مطابق با شکل ۲ با افزایش نسبت جایگزینی آرد برنج با پودر کدو حلوایی تا ۳۰ درصد، پیوستگی خمیر به شکل معنی‌داری افزایش یافت ($p < 0.05$). پیوستگی خمیر، مقاومت و میزان فروپاشی

کدوخلوایی به فرمولاسیون خمیر، چسبندگی روند افزایش معنی‌داری یافت ($p < 0.05$). افزایش چسبندگی خمیر را می‌توان به افزایش ویسکوزیته خمیر حاوی پودر کدوخلوایی (شکل ۱) مرتبط دانست [۲۲]. افزایش بیش از اندازه ویسکوزیته با ممانعت از پراکندگی و یکنواختی حباب‌های هوا در بافت خمیر و درنهایت پیوستن حباب‌ها به هم چسبندگی خمیر را افزایش می‌دهد [۳۱]. ویژگی‌های قدرت جویدن و صمغی بودن نیز وابسته به میزان سفتی و پیوستگی خمیر بوده و نشان دهنده میزان انرژی مورد نیاز برای انهدام بافت خمیر هستند [۲۰]. بر طبق شکل ۲ با افزایش میزان جایگزینی آرد برنج با پودر کدوخلوایی تا ۳۰ درصد دو ویژگی قدرت جویدن و صمغیت افزایش معنی‌داری یافت ($p < 0.05$).

افزایش میزان پروتئین و فیبر و در نتیجه کاهش آب آزاد در بافت خمیر مرتبط دانست. آیداگو و همکاران (۲۰۱۸) افزایش مدول الاستیک و کشش‌پذیری خمیر کیک بدون گلوتن را استفاده از فیبرهای محلول در فرمولاسیون اعلام کردند [۲۷]. در خمیر محصولات حاوی دو یا چند نوع آرد، دمای ژله‌ای شدن افزایش یافته و لذا فرصت کافی را برای حضور و انبساط حباب هوا در بافت خمیر طی مراحل پخت فراهم می‌گردد که در نتیجه افزایش حجم و تخلخل محصول نهایی، بافت محصول نیز کشش‌پذیرتر خواهد بود [۳۰]. کوندو و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که جایگزینی پودر کدوخلوایی با آرد گندم در فرمولاسیون کیک اسفنجی با توسعه برهمکنش پروتئین و فیبر کدوخلوایی با دیگر اجزای فرمولاسیون خمیر، کشش‌پذیری خمیر را افزایش می‌دهد [۱۲]. مطابق شکل ۲ افزودن تا ۳۰ درصد پودر



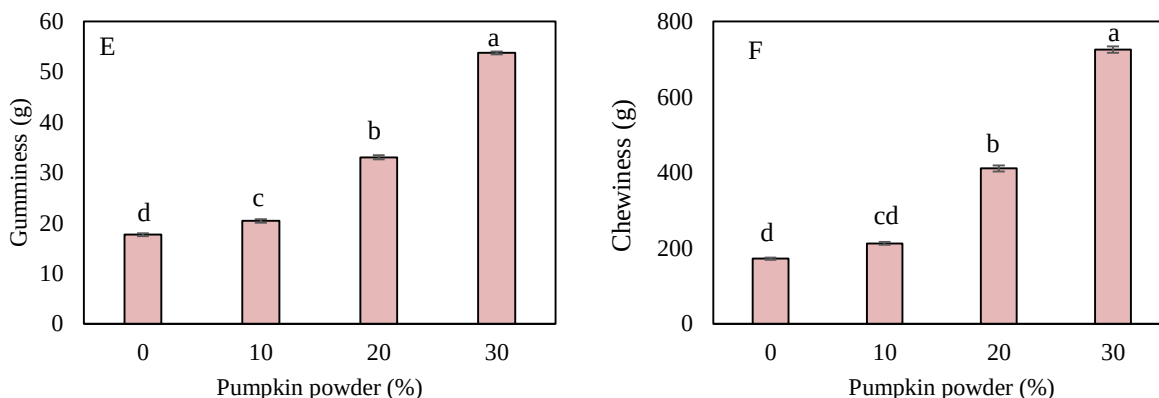


Fig 2. The effect of replacing rice flour with varying levels of pumpkin powder on the Hardness (A), Cohesiveness (B), Springiness (C), Adhesiveness (D), Gumminess (E), and Chewiness (F) of cake batter samples. Different letters are significantly different ($p < 0.05$).

میانگین‌های پیوستگی در شکل ۳ نشان داد که با افزایش میزان پودر کدو حلوایی تا ۱۰ درصد در فرمولاسیون، پیوستگی نمونه‌ها تغییر معنی‌داری نداشت ($p < 0.05$). بیشترین پیوستگی بافت در نمونه‌های حاوی ۳۰ درصد پودر کدو حلوایی (۰/۶۷۲) در مقایسه با نمونه شاهد (۰/۵۶۳) مشاهده گردید ($p < 0.05$). داباش و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که افزودن پودر کدو حلوایی تا ۱۰ درصد انسجام نان‌های برنجی بدون گلوتن را تغییر نداد که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت [۳۵]. افزایش محتوی پروتئینی فرمولاسیون‌های حاوی پودر کدو حلوایی یکی از دلایل احتمالی افزایش پیوستگی بافت نمونه‌ها است. حسینی قابوس و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از پودر کدو- حلوایی در فرمولاسیون کیک اسفنجی، پیوستگی بافت کیک را بهبود بخشیدند [۵]. پژوهش‌های گولارته و همکاران (۲۰۱۲) نشان دهنده بهبود سبب پیوستگی بافت کیک برنجی بدون گلوتن به دلیل افزایش محتوی پروتئینی محصول با افزودن پودر حبوبات به فرمولاسیون خمیر بود که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت [۳۶]. سعیدی و همکاران (۲۰۱۸) افزایش انسجام بافت کیک برنجی بدون گلوتن حاوی پودر دانه انار را افزایش فیبر و محتوی پروتئینی فرمولاسیون اعلام کردند [۳۷]. نتایج مقایسه میانگین‌های کشش‌پذیری در شکل ۳ نشان داد که با افزایش

۳-۳- ارزیابی پروفایل بافت کیک

مطابق نتایج مقایسه میانگین‌های سفتی بافت کیک‌ها در شکل ۳، با افزایش نسبت جایگزینی آرد برنج با پودر کدو حلوایی تا ۳۰ درصد در فرمولاسیون، میزان سفتی نمونه‌ها روند افزایش معنی‌داری نشان داد ($p < 0.05$). بیشترین سفتی در نمونه‌های حاوی ۳۰ درصد پودر کدو حلوایی (۱۴۳۷/۶۶ گرم) در مقایسه با نمونه شاهد (۱۰۴۴/۳۳ گرم) اندازه‌گیری شد. افزایش سفتی بافت کیک با جایگزینی آرد برنج با پودر کدو حلوایی را می‌توان به افزایش میزان فیبر خمیر و ترکیبات ساده قندی در فرمولاسیون خمیر نسبت داد [۳۲]. پادالینو و همکاران (۲۰۱۳) گزارش نمودند که با افزودن پودر برخی سبزی‌ها نظیر پودر کدو حلوایی، اسفناج و یا بادمجان به فرمولاسیون- های غذایی مقاومت به شکست و سفتی محصولات افزایش می‌یابد که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت [۳۳]. میر- حسینی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش نمودند که با افزودن پودر کدو حلوایی به فرمولاسیون پاستای بدون گلوتن سفتی محصول به دلیل افزایش ظرفیت جذب آب خمیر حاصله افزایش معنی‌داری یافت [۳۴]. پیوستگی کیک، میزان مقاومت به از هم گسیختگی آن را طی یک عمل مکانیکی نظیر جویدن و یا فشردن نشان می‌دهد [۲۰]. نتایج مقایسه

میزان پودر کدو حلوایی تا ۱۰ درصد در فرمولاسیون خمیر، پیوستگی نمونه‌ها تغییر معنی‌داری نداشت ($p < 0.05$). بیشترین کشش‌پذیری در نمونه‌های حاوی ۳۰ درصد پودر کدو حلوایی (۱۱/۶۷۲ میلی‌متر) در مقایسه با نمونه شاهد (۸/۶۸ میلی‌متر) مشاهده گردید ($p < 0.05$). عاشور محمدی و حسینی قابوس (۲۰۱۸) نیز افزایش کشش‌پذیری نمونه‌های بستنی حاوی پودر کدو حلوایی را افزایش مقدار پکتین ناشی از پودر کدو حلوایی در فرمولاسیون گزارش کردند [۳۸]. افزایش میزان کشش‌پذیری بافت کیک‌های حاوی پودر کدو حلوایی به افزایش محتوی پروتئین محصول نیز مرتبط است که سبب بهبود خاصیت ارتجاعی بافت محصول می‌گردد. گولارته و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که افزایش محتوی پروتئینی فرمولاسیون کیک برنجی بدون گلوتن در نتیجه افزودن آرد عدس، لوبیا و نخود، سبب افزایش میزان کشش‌پذیری محصول نهایی گردید که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت [۳۵]. بر طبق شکل ۳ جایگزینی تا ۱۰ درصد آرد برنج با پودر کدو حلوایی بر چسبندگی محصول نهایی تأثیر معنی‌داری نداشت ($p < 0.05$). با افزایش میزان جایگزینی پودر کدو حلوایی به بیش از ۱۰ درصد، چسبندگی محصول نهایی روند افزایش معنی‌داری نشان داد ($p < 0.05$). میرحسینی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که با جایگزینی آرد گندم با پودر کدو حلوایی در فرمولاسیون خمیر پاستا، چسبندگی محصول نهایی به دلیل تغییر شرایط ژلاتینه شدن نشاسته در فرمولاسیون، افزایش یافت که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت [۳۴]. گزارش‌های ایندراستی و همکاران (۲۰۲۱) نیز

نشان دهنده افزایش چسبندگی در بافت نودل با افزودن پودر کدو حلوایی به دلیل افزایش ظرفیت جذب آب در فرمولاسیون خمیر بود [۳۹]. نتایج شکل ۳ نشان داد که با افزایش میزان جایگزینی آرد برنج با پودر کدو حلوایی تا ۳۰ درصد صمغی بودن و قدرت جویدن محصول نهایی در مقایسه با شاهد روند افزایش معنی‌داری داشت ($p < 0.05$). به‌طور کلی صمغی بودن (حاصل ضرب سفتی در میزان پیوستگی) و قدرت جویدن (حاصل ضرب صمغی بودن در کشش‌پذیری) تابعی از میزان سفتی و کشش‌پذیری و انسجام محصول هستند [۲۰]. لذا با توجه به افزایش عوامل مذکور که قبلاً شرح داده شده‌اند، روند افزایش معنی‌دار مقادیر کمی دو فاکتور صمغی بودن و قدرت جویدن کیک‌های حاوی پودر کدو حلوایی دور از انتظار نبود ($p < 0.05$). حسینی قابوس و همکاران (۲۰۱۸) نیز گزارش کردند که دو ویژگی قابلیت جویدن و صمغیت کیک‌های حاوی پودر کدو حلوایی در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت [۵]. مجذوبی و همکاران (۲۰۱۴) با افزودن ایزوله پروتئینی سویا در فرمولاسیون کیک اسفنجی، افزایش روند صمغی بودن را به دلیل افزایش محتوی پروتئین فرمولاسیون گزارش کردند [۴۰].

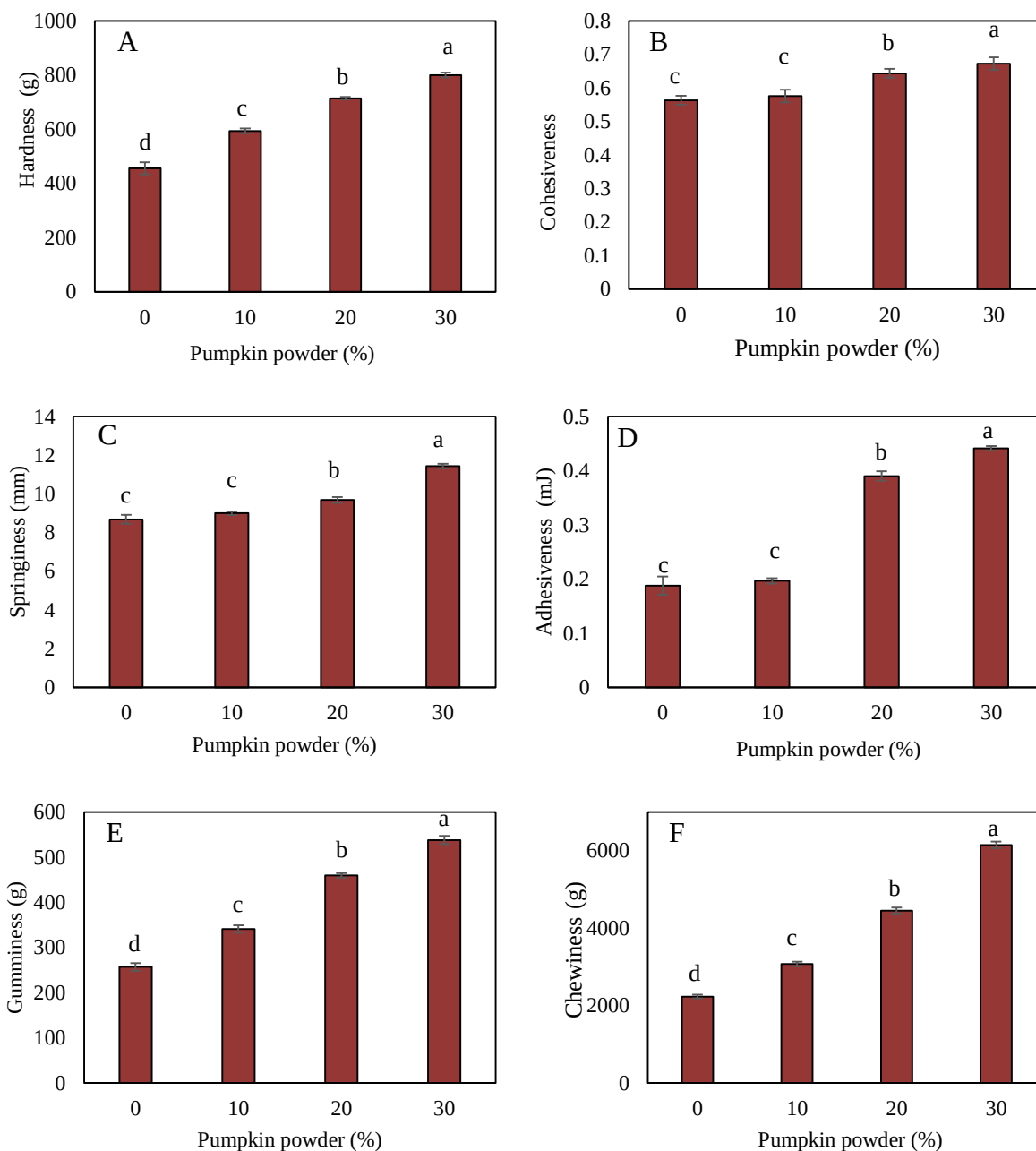


Fig 3. The effect of replacing rice flour with varying levels of pumpkin powder on the Hardness (A), Cohesiveness (B), Springiness (C), Adhesiveness (D), Gumminess (E), and Chewiness (F) of cake samples. Different letters are significantly different ($p < 0.05$).

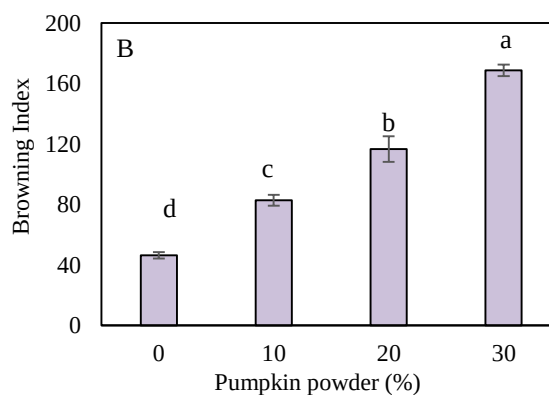
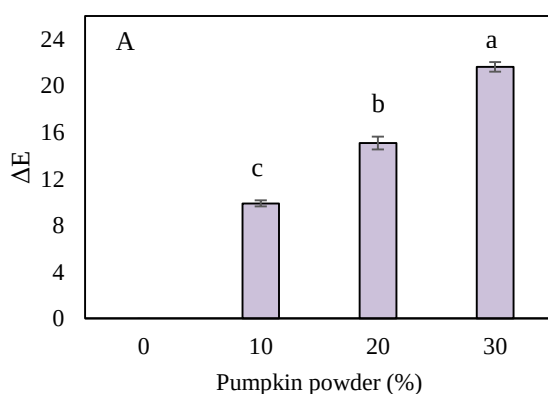
اشباعیت رنگ محصول را در مقایسه با نمونه شاهد افزایش داد ($p < 0.05$). تغییر رنگ کلی، نشان‌دهنده تغییر رنگ محصول بعد از افزودن پودر کدو حلوائی در مقایسه با نمونه شاهد است. در صورتی که این مقدار از عدد ۳ بیشتر باشد، تغییر رنگ از نظر انسان قابل مشاهده است [۴۱]. بیشترین

۳-۴- ارزیابی رنگ کیک

مطابق با نتایج شکل ۴، جایگزینی آرد برنج با پودر-کدو حلوائی در فرمولاسیون کیک اسفنجی تا ۳۰ درصد شاخصه‌های تغییر رنگ کلی، قهوه‌ای شدن، زاویه هیو و

سمت زردی بود. این نتیجه با مشاهدات ملکی اسکی و همکاران (۲۰۱۷) مبنی بر افزایش شدت مؤلفه رنگ زرد در کیک‌های حاوی پودر کدوخلوایی مطابقت داشت [۲۲]. جلالی و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی غنی‌سازی کیک اسفنجی حاوی پودر کدوخلوایی اعلام کردند که افزودن تا ۱۰ درصد پودر کدوخلوایی به دلیل افزایش بتا کاروتن محصول، زردی آن را افزایش داد [۴۴]. شاخص کروما، میزان اشباع‌شدگی و شدت رنگ نمونه‌ها را نشان می‌دهد. با افزایش نسبت جایگزینی آرد برنج با پودر کدوخلوایی (۳۰ درصد) شدت رنگ نمونه‌ها افزایش معنی‌داری یافت ($p < 0.05$). بیشترین شدت رنگ (۳۵/۱۶) در کیک‌های فرموله شده با بیشترین سطح جایگزینی پودر کدوخلوایی (۳۰ درصد) در مقایسه با نمونه شاهد (۱۷/۰۱) حاصل شد. افزایش شاخص کروما با افزایش مقدار نسبت جایگزینی پودر کدوخلوایی با آرد برنج رابطه مستقیمی داشت. این افزایش را می‌توان به افزایش مقدار بتا کاروتن در محصول نهایی و در نتیجه افزایش شدت رنگ زرد مرتبط دانست [۴۴].

تغییر رنگ کلی ($\Delta E = 21.62$) در کیک‌هایی با بیشترین سطح جایگزینی پودر کدوخلوایی (۳۰ درصد) در مقایسه با نمونه شاهد حاصل شد که با نتایج سی و همکاران (۲۰۰۷) مبنی بر افزایش تیرگی نان‌های حاوی پودر کدو-خلوایی مطابق بود [۴۲]. شاخص قهوه‌ای شدن یکی دیگر از پارامترهای رنگی است که نشان دهنده میزان واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی و غیرآنزیمی طی مراحل پخت کیک است. بیشترین قهوه‌ای شدن ($BI = 168.62$) در نمونه‌های حاوی ۳۰ درصد پودر کدوخلوایی در مقایسه با نمونه شاهد برنجی ($BI = 46.33$) مشاهده شد ($p < 0.05$). زمردی و همکاران (۲۰۱۹) دلیل تیرگی رنگ کیک‌های حاوی پودر-کدوخلوایی را به انجام واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی و کاراملیزاسیون به دلیل افزایش میزان قندهای احیا کننده در پودر کدوخلوایی نسبت دادند [۴۳]. با افزایش نسبت جایگزینی آرد برنج با پودر کدوخلوایی شاخص زاویه هیو در محصول روند افزایش معنی‌داری ($p < 0.05$) نشان داد به‌طوری‌که زاویه هیو از مقدار ۴۲/۷۸ درجه در نمونه شاهد به ۵۹/۳ درجه در نمونه‌های حاوی ۳۰ درصد پودر کدوخلوایی افزایش یافت که نشان دهنده تغییر رنگ به



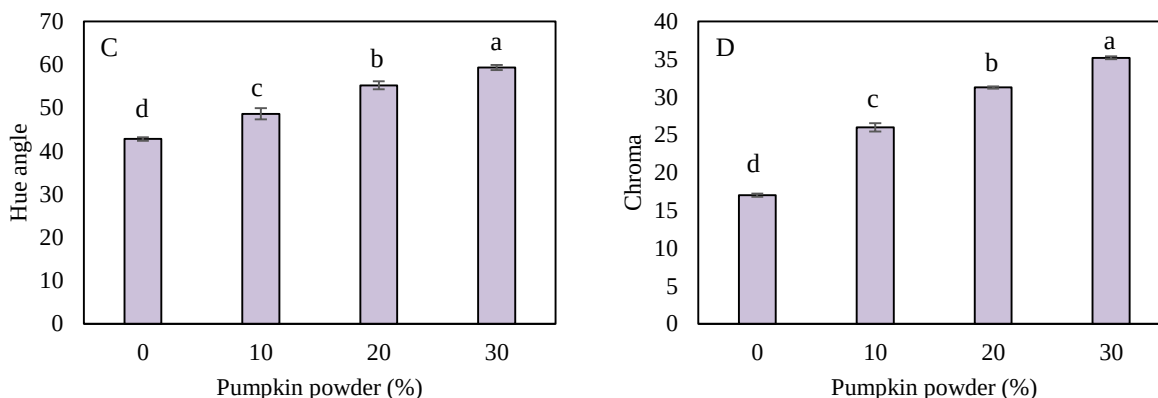


Fig 4. The effect of replacing rice flour with varying levels of pumpkin powder on the Total color differences (ΔE) (A), Browning Index (B), Hue angle (C), and Chroma (D) of cake samples. Different letters are significantly different ($p < 0.05$).

۴- نتیجه گیری

افزایش نسبت جایگزینی آرد برنج با پودر کدوخلوایی خمیر حاصله تا حدی چسبنده تر شد که البته سبب افزایش میزان چسبندگی در محصول نهایی پس از پخت نیز گردید. با توجه به رنگ سفید آرد برنج، با افزودن پودر کدوخلوایی در فرمولاسیون کیک‌های بدون گلوتن بر پایه آرد برنج تغییر رنگ معنی‌داری در نمونه‌ها در مقایسه با شاهد مشاهده گردید ($p < 0.05$). با توجه به افزایش زاویه هیو این تغییر رنگ به سمت زردی گرایش داشت که با افزایش میزان کاروتنوئیدهای پودر کدوخلوایی با مقادیر بالاتر جایگزینی (تا ۳۰ درصد) مطابقت داشت. ارزیابی بافتی خمیر و کیک‌های حاوی پودر کدوخلوایی نشان داد که جایگزینی آرد برنج با پودر کدوخلوایی برای تولید کیک اسفنجی در بهبود کیفیت بافت محصول نهایی تأثیر مطلوبی دارد.

۵- منابع

- [1] Xu, J., Zhang, Y., Wang, W., & Li, Y. (2020). Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 103: 200–213.
- [2] Poursafar, L., Peighambaroust, S. H., Alizadeh Shalchi, L., ShakuoieBonab, E., & Rafat, S. A. (2012). Effect of the temperature and time of flour heat treatment on the quality characteristics of sponge cake. *Food Processing and Preservation Journal*, 2 (4): 87-104[in Persian].

در این پژوهش ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر و بافت کیک اسفنجی بدون گلوتن با سطوح مختلف جایگزینی آرد برنج با پودر کدوخلوایی به عنوان بهبود دهنده بافت و رنگ کیک‌های بدون گلوتن بر پایه آرد برنج ارزیابی گردید. جایگزینی آرد برنج با پودر کدوخلوایی در تولید کیک‌های بدون گلوتن علاوه بر بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر، بافت محصول نهایی را نیز در مقایسه با نمونه‌های شاهد به شکل معنی‌داری بهبود بخشید ($p < 0.05$). استفاده از پودر کدوخلوایی در فرمولاسیون کیک به شکل معنی‌داری ($p < 0.05$) میزان استحکام، پیوستگی و کشش‌پذیری بافت خمیر را در مقایسه با نمونه شاهد افزایش داد که بر ویژگی‌های بافتی محصول نهایی تأثیر مطلوبی داشت. بالا بودن میزان پروتئین و فیبر پودر کدوخلوایی، استحکام خمیر و ساختار بافت کیک‌های بدون گلوتن بر پایه آرد برنج را به شکل معنی‌داری بهبود بخشید ($p < 0.05$).

- [3] Yanpi, M., Aalami, M., Mohammadzadeh, J., Sadeghi, A. R., & Kashiri, M. (2018). Effects of the addition of white maize flour and xanthan gum on physical and sensory properties of gluten-free rice cake.
- [4] El Khatib, S., & Muhieddine, M. (2020). Nutritional profile and medicinal properties of pumpkin fruit pulp. *The Health Benefits of Foods-Current Knowledge and Further Development*, 1-20.

- [5] Hosseini Ghaboos, S.H. & Ardabili, S.M. & Kashaninejad, M. (2018). Physio-chemical, textural and sensory evaluation of sponge cake supplemented with pumpkin flour. *International Food Research Journal*, 25 (2), 854-860.
- [6] Davodi, Z., Shahidi, M. & Kadivar, M. (2013). Effect of pumpkin powder on rheological properties of dough and physical properties of Tafton bread. *21th National Congress of Food Science and Technology*, Shiraz, 1-6.
- [7] Dhingra D., Michael, M., Rajput, H., & Patil, R.T. (2011). Dietary fiber in foods: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49, 255-266.
- [8] Lebesi, D. M., Tzia, C. (2011). Effect of the addition of different dietary fiber and edible cereal bran sources on the baking and sensory characteristics of cupcakes. *Food and Bioprocess Technology*, 4, 710-722.
- [9] Bárbara, E., Meza, A.K.S., Chesterton, Verdini, R. A., Rubiolo, A. C., Sadd, P.A., Moggridge, G. D. & Wilson, D.I. (2011). Rheological characterization of cake batters generated by planetary mixing: Comparison between untreated and heat-treated wheat flours. *Journal of Food Engineering*, 104 (4), 592-602.
- [10] Mokhtari, Z., Ziaifar, A. M., Aalami, M., Kashaninejad, M., & Aghajanzadeh, S. (2019). Physicochemical and rheological properties of dough from a corn flour and inulin. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 15 (84), 23-38 [in Persian].
- [11] Wang, J., Rossel, C.M., & Benedito de Barber, C. (2002). Effect of addition of different fibers on wheat dough performance and bread quality. *Food Chemistry*, 79, 221-226.
- [12] Kundu, H., Grewal, R. B., Goyal, A., Upadhyay, N., & Prakash, S. (2014). Effect of incorporation of pumpkin (*Cucurbita moshchata*) powder and guar gum on the rheological properties of wheat flour. *Journal of Food Science and Technology*, 51(10), 2600-2607.
- [13] Turabi, E., Sumnu, G., & Sahin, S. (2008). Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. *Food Hydrocolloids*, 22, 305-312.
- [14] Lopes-Da-Silva, J.A., Santos, D.M.J., Freitas, A., Brites, C., & Gil, A.M. (2007). Rheological and nuclear magnetic resonance (NMR) study of the hydration and heating of undeveloped wheat doughs. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 55, 5636-5644.
- [15] Christaki, M., Verboven, P., Van Dyck, T., Nicolai, B., Goos, P., & Claes, J. (2017). The predictive power of batter rheological properties on cake quality - The effect of pregelatinized flour, leavening acid type and mixing time. *Journal of Cereal Science*, 77, 219-227.
- [16] Meza, B., Chesterton, A., Verdini, R., Rubiolo, A., Sadd, P., Moggridge, G., & Wilson, D. (2011). Rheological characterization of cake batters generated by planetary mixing: comparison between untreated and heat-treated wheat flours. *Journal of Food Engineering*, 104, 592-602.
- [17] Fiszman, S. M., Salvador, A., & Varela, P. (2005). Methodological developments in bread staling assessment: application to enzyme-supplemented brown pan bread. *European Food Research and Technology*, 221, 616-623.
- [18] Emamifar, A., Zanganeh, Z., Latifian, M., & Arbab, Z. (2020). Physicochemical, textural and sensory properties of containing jujube cake. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 17 (103), 33-46 [in Persian].
- [19] Salehi, F., Amin Ekhlās, S., Pavee, S., & Zandi, F. (2018). Effect of balangu seed gum on rheological, physical and sensory properties of gluten free rice cake. *Journal of Food Technology and Nutrition*, 15 (4), 61-68 [in Persian].
- [20] Abbaszadeh, F., Alami, M., Sadeghi Mahoonak, A., & Kashaninejad, M. (2017). Influence of sweet almond protein concentrate and xanthan gum on physicochemical and textural properties of dough and rice cakes. *Innovative Food Technologies*, 4 (3), 107-118.
- [21] Bagheri, H., Kashaninejad, M., Ziaifar, A. M., & Alami, M. (2016). Evaluation of color parameters, moisture content and energy consumption during roasting of peanut kernels using hot air method. *Innovative Food Technologies*, 3 (3), 59-71.
- [22] Maleki aski, K., Mirzaee, H., & Fadavi, A. (2017). Using of pumpkin powder in cake producing and evaluation some physicochemical and microbial properties of cake containing pumpkin powder. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 61 (13), 183-193 [in Persian].
- [23] Salehi, F., Amin Ekhlās, S., & Souri, F. (2018). Investigation of the batter characteristic and sponge cake properties containing soy protein isolate and basil seed gum. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 14 (70), 323-315 [in Persian].
- [24] Ganji Vatan, B., & Hosseini Qaboos, S.H. (2020). The effect of balango seed gum on improving the physicochemical, textural and sensory properties of sponge cake enriched with pumpkin powder. *Journal of Food Technology and Nutrition*, 17(67), 81-92 [in Persian].
- [25] Moore, M. M., Schober, T. J., Dockery, P., & Arendt, E. K. (2004). Textural comparisons of gluten-free and wheat-based doughs, batters, and breads. *Cereal Chemistry*, 81(5), 567-575.
- [26] Sciarini, L.S., Ribotta, P. D., Leó, A. E., Pérez, & G. T. (2010). Influence of gluten-free flours and

- their mixtures on batter properties and bread quality. *Food and Bioprocess Technology*, 3(4), 577-585.
- [27] Aydogdu, A., Sumnu, G., & Sahin, S. (2018). Effects of addition of different fibers on rheological characteristics of cake batter and quality of cakes. *Food Science and Technology*, 55(2): 667-677.
- [28] Martinez, M.M., Diaz, A., & Gomez, M. (2014). Effect of different microstructural features of soluble and insoluble fibres on gluten-free dough rheology and bread-making. *Journal of Food Engineering*, 142, 49-56.
- [29] Singh, J.P., Kaur, A., & Singh, N. (2016). Development of eggless gluten free rice muffins utilizing black carrot dietary fiber concentrate and xanthan gum. *Journal of Food Science and Technology*, 53, 1269-1278.
- [30] Herranz, B., Cuesta, F. J., Canet, W., & Alvarez, M. D. (2017). A comparison of gluten wheat flour functionality versus gluten-free chickpea flour, and their mixtures, in the oscillatory, transient, and steady rheological properties of muffin batters. Nova Science Publishers, 1-44.
- [31] Balagi, S., Sheikholeslami, Z., & Asetiri, S. H. (2017). Improving the qualitative, rheological and sensory properties of oil cake by adding puree and concentrate Raisins. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 2 (32), 12-26 [in Persian].
- [32] Sabanis, D., Lebesi, D., Tzia, C. (2009). Effect of dietary fiber enrichment on selected properties of gluten-free bread. *LWT. Food Science and Technology*, 42, 1380-1389.
- [33] Padalino, L., Mastromatteo, M., Lecce, L., Cozzolini, F., & Del Nobile, M. A. (2013). Manufacture and characterization of gluten-free spaghetti enriched with vegetable flour. *Journal of Cereal Science*, 57, 333-342.
- [34] Mirhosseini, H., Abdul Rashid, N. F., Tabatabaee Amid, B., Cheong, K.W., Kazemi, M., & Zulkurnain, M. (2015). Effect of partial replacement of corn flour with durian seed flour and pumpkin flour on cooking yield, texture properties, and sensory attributes of gluten free pasta. *LWT - Food Science and Technology*, 63 (1), 184-190.
- [35] Dabash, V., Burešová, I., Tokár, M., Zacharová, M., & Gál, R. (2017). The effect of added pumpkin flour on sensory and textural quality of rice bread. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Science*, 6 (6), 1269-1271.
- [36] Gularte, M.A., de la Hera, E., Gómez, M., & Rosell, C.M. (2012). Effect of different fibers on batter and gluten-free layer cake properties. *LWT. Food Science and Technology*, 48, 209-214.
- [37] Saeidi, Z., Nasehi, B., & Jooyandeh, H. (2018). Optimization of gluten-free cake formulation enriched with pomegranate seed powder and transglutaminase enzyme. *Journal of Food Science and Technology*, 55(8), 3110-3118.
- [38] Ashurmohammadi, M., & Hosseini Ghaboos, H. (2018). Evaluation of ice cream enriching with pumpkin flour and investigating of physicochemical properties. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 10 (3), 57-71 [in Persian].
- [39] Indrianti, N. N., Sholichah, E., & Afifah, N. (2021). Pumpkin flour effects on antioxidant activity, texture, and sensory attributes of flat tubers noodle. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1011 (2021) 012007.
- [40] Majzoobi, M., Ghiasi, F., Habibi, M., Hedayati, S., Farahnaky, A. (2014). Influence of soy protein isolate on the quality of batter and sponge cake. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(3), 1164-1170.
- [41] Baixauli, R., Salvador, A. & Fiszman, S. M. Textural and color changes during storage and sensory shelf life of muffins containing resistant starch. *European Food Research and Technology*, 226, 523-530.
- [42] See, E. F., Wan, N. W. A. & Noor, A. A. (2007). Physico-chemical and sensory evaluation of breads supplemented with pumpkin flour. *ASEAN Food Journal*, 14(2): 123-130.
- [43] Zomorodi, S., Heidari, R., & Behnam, S. (2019). The effect of pumpkin powder on the quality properties of gluten-free sponge cake prepared with corn flour. *Food Engineering Research*, 18 (67), 1-14 [in Persian].
- [44] Jalali, S., Jalali, H., & Hosseini Ghaboos, S. H. (2018). Effect of pumpkin powder and malt on physicochemical, textural and sensory properties of sponge cake. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 14(4), 451-460 [in Persian].

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir



Scientific Research

Rheological batter and textural characteristics of gluten-free sponge cake containing pumpkin powder

Mohammad Mansour Samie¹, Aryou Emamifar^{2*}, Fakhreddin Salehi³

- 1- M.Sc Student of Food Sciences and Technology, Department of Food Science and Technology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
- 2- Associated professor, Department of Food Science and Technology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
- 3- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the effect of replacing of rice flour with different ratios (0, 10, 20, and 20% w/w) of pumpkin powder on the rheology of batter and textural characteristics of gluten free rice cake. A factorial experiment with a completely randomized design with three replications was used for data analysis. The use of pumpkin powder in rice cake formulations significantly improved rheology of batter and textural characteristics of the samples ($p < 0.05$). By increasing the replacement level of rice flour with pumpkin powder to 30%, viscosity (from 682.66 to 3518.44 cp), hardness (from 21.11 to 53.97 g), cohesiveness (from 0.83 to 0.94), and springiness (from 9.74 to 13.49 mm) of batter cake improved significantly, but the adhesiveness (3.15 mJ) of batter increased compared to control (1.08 mJ) ($p < 0.05$). However, the incorporation of pumpkin powder in the sample formulations up to 30%, increased the hardness (from 456.17 to 800.11 g), cohesiveness (from 0.56 to 0.67), springiness (from 8.68 to 11.43 mm), and chewiness (from 2231 to 6148 g) of the final cakes. Addition of pumpkin powder (up to 30%) in gluten free rice cake formulation caused the significant increasing of the total color differences (ΔE), browning index, and saturation index (chroma) in the cakes compared to control and moreover, increased the hue angle to 90° which indicated an increase in the yellowness of the samples containing higher the replacement level of rice flour with pumpkin powder.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2023/5/15
Accepted: 2023/8/12

Keywords:

Cake Batter,
Pumpkin,
Rheology,
Texture.

DOI: 10.22034/FSC.T.20.142.68
DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.142.5.5

*Corresponding Author E-Mail:
a.emamifar@basu.ac.ir