

اثر صمغ دانه بالنگو بر ویژگی‌های رئولوژیکی، فیزیکی و حسی کیک برنجی بدون گلوتن

فخرالدین صالحی^{a*}، سمیرا امین اخلاص^b، سحر پاوئی^b، فائزه زندی^b

^aاستادیار گروه مهندسی ماشین‌های صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
^bدانشجوی کارشناسی گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۲/۰۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۳/۲۹

۶۱

چکیده

مقدمه: بیماری سلیاک یک بیماری خود ایمنی گوارشی است که در اثر هضم گلوتن بروز می‌کند و تنها درمان موثر آن رژیم غذایی بدون گلوتن است. در این پژوهش رئولوژی خمیر، و ویژگی‌های فیزیکی و حسی و رنگ مغز کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: ابتدا خمیر کیک برنجی حاوی درصدهای مختلف صمغ دانه بالنگو (در چهار سطح صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد) تهیه و خصوصیات رئولوژیکی آن‌ها بررسی شد. ویسکوزیته خمیرها با استفاده از ویسکومتر چرخشی بروکفیلد، خصوصیات فیزیکی به روش‌های استاندارد، رنگ مغز کیک (مقادیر L^* ، a^* و b^*) به روش پردازش تصویر و ارزیابی حسی (پذیرش کلی) به روش هدونیک ۹ نقطه‌ای، اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: با افزایش صمغ دانه بالنگو در فرمولاسیون کیک برنجی، ویسکوزیته خمیرها افزایش یافت. خمیر کیک‌های برنجی جزء سیال‌های غیر نیوتنی و از نوع سودوپلاستیک (وابسته به برش) و تیکسوتروپیک (وابسته به زمان) بودند. با افزایش درصد صمغ دانه بالنگو از ۰ به ۱/۵ درصد، ویسکوزیته خمیر کیک برنجی در سرعت برشی برابر $10s^{-1}$ از $13/16$ به $22/32$ پاسکال ثانیه افزایش یافت. مقادیر رطوبت و حجم کیک‌ها با افزایش درصد صمغ افزایش یافت.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج ارزیابی حسی، نمونه حاوی ۱/۵ درصد صمغ دانه بالنگو بالاترین امتیاز را از نظر پذیرش کلی داشت. با افزودن صمغ بالنگو روشنایی کیک‌ها به دلیل افزایش حجم، افزایش یافت و همچنین از زردی نمونه‌ها کاسته شد. شاخص‌های L^* ، a^* و b^* برای نمونه حاوی ۱/۵ درصد صمغ به ترتیب برابر $85/01$ ، $1/37$ و $37/56$ به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: بدون گلوتن، دانه بالنگو، کیک برنجی

مقدمه

شیوع بیماری سلیاک در برخی مناطق جهان، سبب بررسی تولید کیک‌های فاقد گلوتن شده است. امروزه، عمده‌ترین غله‌ای که برای بیماران مبتلا به سلیاک معرفی می‌شود، برنج است و از آن برای تهیه رژیم‌های غذایی فاقد گلوتن مانند کیک برنجی استفاده می‌شود (نقی پور و همکاران، ۱۳۹۲؛ موحد و همکاران، ۱۳۹۳). از طرفی برنج دارای خواص تغذیه‌ای منحصر به فرد، ضد حساسیت، بی‌رنگ، دارای طعم دل‌پذیر و دارای مقادیر کم سدیم، پروتئین، چربی، فیبر و مقادیر زیاد کربوهیدرات‌های با قابلیت هضم بالاست. از این رو استفاده از آن در غذاهای کودک، پودینگ‌ها و کیک‌های بدون گلوتن روز به روز افزایش یافته است (Gujral et al., 2003).

افزودن هیدروکلوئیدها به فرمولاسیون کیک باعث بهبود خواص حسی و کیفی بافت آن می‌شود. دانه بالنگو^۱ (*Lallelantia royleana*)، گیاهی از تیره نعناعیان، به شکل بیضی کشیده می‌باشد که در آسیا و شمال اروپا امکان کشت و برداشت آن وجود دارد. صمغ این دانه از جمله هیدروکلوئیدهای است که حاوی کربوهیدرات، پروتئین و فیبر است و می‌توان از آن در فرمولاسیون انواع کیک و بیسکویت استفاده نمود. با افزودن این صمغ طبیعی به فرمولاسیون کیک می‌توان کیفیت و بافت آن را بهبود بخشید. همچنین زمان ماندگاری کیک را افزایش و سرعت بیاتی کیک اسفنجی را کاهش داد (Salehi and Kashaninejad, 2014; Salehi et al., 2014).

در پژوهشی، تأثیر افزودن صمغ‌های گزانتان و کربوکسی متیل سلولز بر خواص شیمیایی، حسی، و بیاتی کیک‌های تهیه‌شده از برنج بررسی شده است. نتایج حاصل از آزمون‌های شیمیایی، افزایش میزان رطوبت، خاکستر، و پروتئین در نمونه‌های حاوی صمغ گزانتان و کربوکسی متیل سلولز را در مقایسه با نمونه‌های شاهد (فاقد صمغ) نشان داده است (موحد و همکاران، ۱۳۹۳). در پژوهشی دیگر Gularte و همکاران (۲۰۱۲) اثر جایگزینی فیبرهای مختلف (تا ۲۰ درصد آرد برنج) را به صورت جداگانه و ترکیبی، در کیک برنجی بررسی نموده‌اند. Lazaridou و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از صمغ در محصولات خمیری

اثر صمغ دانه بالنگو بر ویژگی‌های رئولوژیکی، فیزیکی و حسی کیک برنجی بدون گلوتن

بدون گلوتن به این نتیجه رسیدند که کاربرد صمغ‌ها در فرمولاسیون این دسته از محصولات سبب بهبود خصوصیات حسی و در نتیجه افزایش پذیرش کلی محصول نهایی در مقایسه با نمونه فاقد صمغ می‌شود.

Sciarini و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی اثر صمغ‌های گزانتان، کربوکسی متیل سلولز، آلژینات و کاراگینان بر محصولات بدون گلوتن حاوی آرد برنج، آرد سویا و نشاسته کاساوا پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد این صمغ‌ها باعث بهبود حجم و کاهش سفتی محصول نهایی در مقایسه با نمونه شاهد می‌شود. Onyango و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی تولید نان بدون گلوتن با استفاده از نشاسته ذرت، سیب زمینی، کاساوا و برنج پرداختند. نتایج مطالعه این محققین نشان داد که افزایش میزان نشاسته در فرمولاسیون، میزان چسبندگی و قابلیت ارتجاع پذیری خمیر را افزایش و میزان سفتی مغز و پوسته نان را کاهش می‌دهد.

تولید کیک برنجی جهت مصرف افراد مبتلا به بیماری سلیاک و همچنین به عنوان یک محصول با ارزش تغذیه‌ای بالا دارای اهمیت است. در این مطالعه ابتدا صمغ دانه بالنگو در شرایط بهینه استخراج و در درصدهای مختلف به فرمولاسیون کیک برنجی اضافه شد. سپس ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر و خصوصیات کیفی، حسی و رنگ مغز کیک‌های برنجی تهیه‌شده ارزیابی شدند.

مواد و روش‌ها

- تهیه صمغ دانه بالنگو

دانه بالنگو از بازار خریداری و به روش غربالگری، ناخالصی‌های همراه دانه حذف شد. جهت استخراج صمغ، ابتدا دانه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه درون آب مقطر با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، در pH برابر ۷ و نسبت آب به دانه برابر ۲۰ به ۱ قرار گرفتند. سپس صمغ خارج‌شده توسط دستگاه استخراج‌کننده (Panasonic, MJ-J176P, Japan) از دانه جدا گردید. موسیلاژ به دست‌آمده در آون (۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و ۴ ساعت) خشک و سپس آسیاب و غربال شد. پودر صمغ تهیه شده در کیسه‌های عایق نسبت به رطوبت و اکسیژن نگهداری شدند (Salehi and Kashaninejad, 2014; Salehi et al., 2014).

¹ Balangu Seed

تهیه کیک برنجی

استفاده از دانه کلزا محاسبه گردید (صالحی و همکاران، ۱۳۹۵). درصد رطوبت با استفاده از آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴ ساعت و به روش استاندارد ملی ایران شماره ۲۵۵۳ به دست آمدند (صالحی و همکاران، ۱۳۹۵).

پردازش رنگ

جهت بررسی رنگ مغز کیک‌های برنجی از روش پردازش تصویر استفاده شد. در این روش از یک اسکنر اچ‌پی مدل (Hp Scanjet G2410)، جهت تصویربرداری استفاده شد. نمونه‌های کیک از وسط نصف شده و مغز کیک اسکن گردید. تصاویر با فرمت jpg و در فضای رنگی RGB ذخیره شدند. تصاویر گرفته شده توسط نرم‌افزار Image J (Image J software version 1.42e, USA) و برنامه آن (Color-Space-Converter) از فضای رنگی RGB به $L^* a^* b^*$ تبدیل گردیدند (Salehi and Kashaninejad, 2014).

ارزیابی حسی

از ۱۰ ارزیاب آموزش دیده جهت بررسی خصوصیات کیک‌های برنجی حاوی صمغ بالنگو استفاده گردید. از روش هدونیک ۹ نقطه‌ای (۱=ضعیف، ۵=متوسط و ۹=عالی) جهت بررسی خصوصیات حسی کیک‌ها استفاده شد. روشنایی رنگ مغز کیک، مطلوبیت بو، مقدار تخلخل، پذیرش ظاهر، پذیرش طعم، مطلوبیت سفتی، پذیرش بافت و پذیرش کلی پارامترهای ارزیابی حسی بودند که توسط ارزیاب‌ها بررسی شدند (Salehi et al., 2016). تجزیه و تحلیل آماری در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. برای رسم نمودارها از برنامه Excel (۲۰۰۷) و برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SAS 9.1 در سطح معنی‌داری ۵٪ استفاده شد.

یافته‌ها**رئولوژی خمیر کیک برنجی**

اثر سرعت برشی (۵ و ۱۰ و ۲۰ بر ثانیه) و زمان بر ویسکوزیته خمیر کیک برنجی حاوی درصد‌های مختلف صمغ دانه بالنگو در شکل ۱ به نمایش در آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در تمامی خمیرها با افزایش

فرمولاسیون پایه کیک برنجی تهیه شده در این پژوهش در جدول ۱ گزارش شده است. از آرد برنج عرضه شده با نام تجاری برتر، (شرکت نوید کاران، ایران) در فرمولاسیون استفاده شد. جهت تهیه کیک‌ها ابتدا شکر و روغن به مدت ۵ دقیقه توسط همزن برقی مخلوط شدند. سپس تخم‌مرغ در سه مرحله و در مدت زمان دو دقیقه به مخلوط اضافه گردید. ۱۵ سی‌سی از آب اضافه و دو دقیقه هم زده شد. مواد پودری باهم مخلوط و صمغ دانه بالنگو نیز در چهار سطح ۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد (بر پایه آرد برنج) به آن‌ها اضافه گردید. مواد پودری به مخلوط اضافه و تا به دست آمدن یک خمیر یکنواخت مخلوط شدند. باقی‌مانده آب نیز اضافه و به مدت یک دقیقه مخلوط هم زده شد. سی گرم خمیر درون هر قالب ریخته شد و جهت پخت در آون با دمای 200 ± 5 درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲۲ دقیقه قرار گرفت. کیک‌های پخته شده خنک و سپس در بسته‌های پلی‌پروپیلن عایق نسبت به رطوبت و اکسیژن نگهداری شدند (Salehi et al., 2016).

جدول ۱- فرمولاسیون پایه کیک برنجی

ترکیب	مقدار (گرم)
آرد برنج	۱۰۰
تخم‌مرغ تازه	۷۲
شکر	۷۲
روغن مایع	۵۷
پودر شیر خشک کامل	۶
بیکنینگ پودر	۲
وانیل	۰/۵
صمغ بالنگو	۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد
آب	۳۰

بررسی خصوصیات رئولوژیکی

ویسکوزیته و رئولوژی خمیر کیک‌ها با استفاده از دستگاه ویسکومتر چرخشی بروکفیلد (Brookfield, RV2T, USA) در سرعت برشی‌های ۵، ۱۰ و ۲۰ بر ثانیه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، با استفاده از اسپیندل شماره RV-5 اندازه‌گیری شدند (Salehi et al., 2016).

اندازه‌گیری دانسیته و رطوبت کیک

حجم و دانسیته کیک‌ها به روش جابه‌جایی حجم با

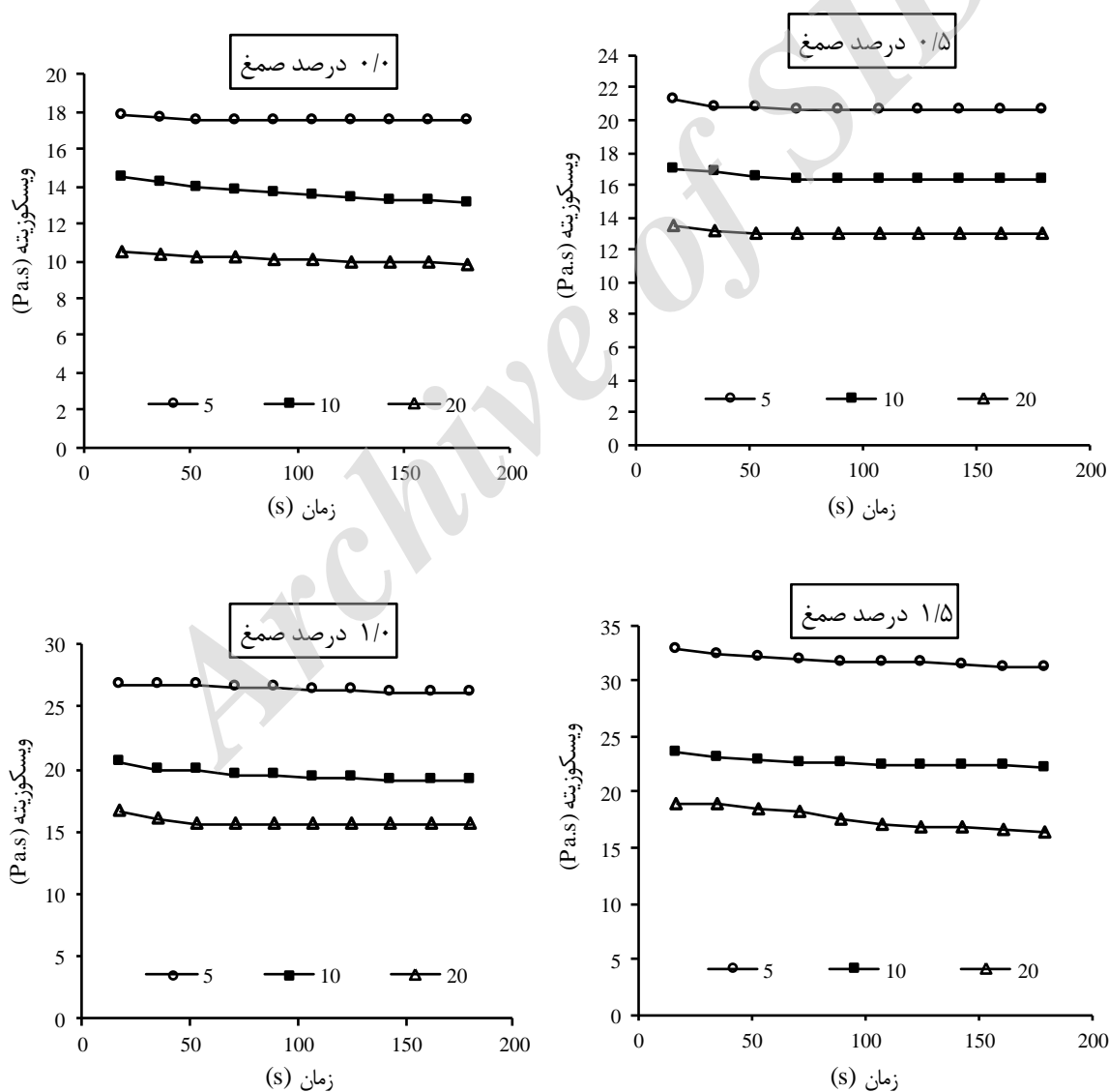
به ۱/۵ درصد، ویسکوزیته خمیر کیک‌ها از ۱۳/۱۶ به ۲۲/۳۲ پاسکال ثانیه افزایش یافته است.

- خصوصیات کیفی کیک‌های برنجی

در جدول ۲ خصوصیات فیزیکی کیک‌های برنجی حاوی صمغ دانه بالنگو به نمایش درآمده است. در این جدول وزن بعد از پخت، درصد رطوبت، حجم و دانسیته کیک‌ها گزارش شده است. با افزایش درصد صمغ دانه بالنگو، به دلیل توانایی صمغ در حفظ رطوبت، وزن نمونه‌های حاوی صمغ بیشتر می‌باشد و سنگین‌ترین نمونه مربوط به نمونه حاوی ۱/۵ درصد صمغ است.

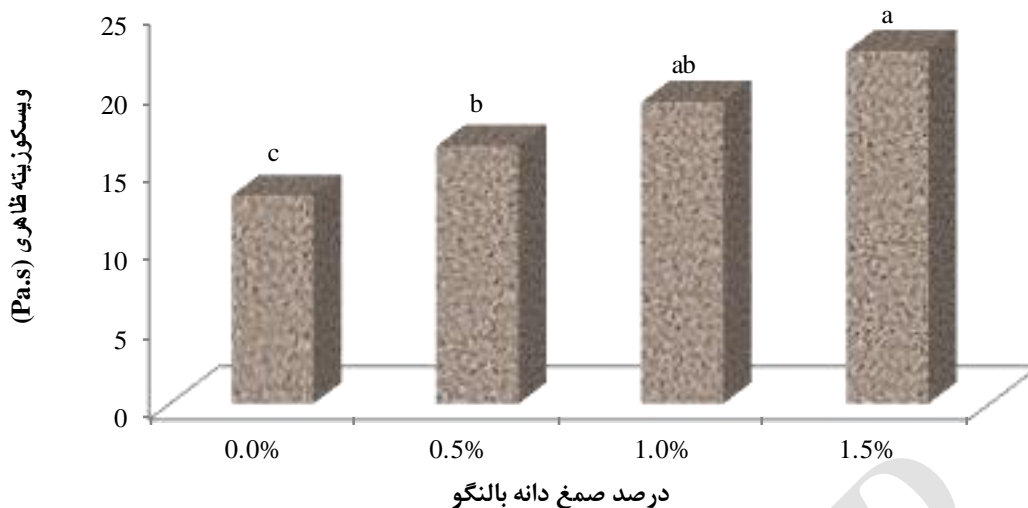
سرعت برشی، ویسکوزیته ظاهری کاهش یافته است و ویسکوزیته اندازه‌گیری شده در سرعت $5s^{-1}$ بیشتر از سرعت $20s^{-1}$ می‌باشد. در تمامی غلظت‌ها رفتار مشابهی مشاهده گردید. کاهش ویسکوزیته با افزایش سرعت برشی، نشان‌دهنده رفتار شل شونده با برش (سودوپلاستیک^۱) خمیر می‌باشد. با افزایش سرعت برشی از ۵ به $20s^{-1}$ ، ویسکوزیته ظاهری خمیر حاوی ۱/۵ درصد صمغ دانه بالنگو از ۳۱/۲۸ به ۱۶/۵۰ پاسکال ثانیه کاهش یافت.

در شکل ۲ ویسکوزیته ظاهری خمیر کیک‌های برنجی با درصدهای مختلف صمغ دانه بالنگو در سرعت برشی برابر با $10s^{-1}$ به نمایش درآمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، با افزایش درصد صمغ دانه بالنگو از صفر



شکل ۱- اثر سرعت برشی (s^{-1}) و زمان (s) بر ویسکوزیته خمیر کیک برنجی حاوی درصدهای مختلف صمغ دانه بالنگو.

¹ Pseudoplastic Behavior



شکل ۲- ویسکوزیته خمیر کیک‌های برنجی با درصد‌های مختلف صمغ دانه بالنگو (سرعت برشی برابر 10^{-1} s⁻¹)، (اعداد دارای حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح $P < 0.05$ می‌باشند).

جدول ۲- خصوصیات کیفی کیک‌های برنجی با درصد‌های مختلف صمغ دانه بالنگو

درصد صمغ	وزن بعد از پخت (gr)	رطوبت %	حجم (cm ³)	دانسیته کیک (kg/m ³)	حجم مخصوص (m ³ /kg)
0%	24/39 ^b	16/1 ^c	67/35 ^c	362 ^a	$2/76 \times 10^{-3}$ c
0.5%	24/67 ^b	16/5 ^{bc}	69/13 ^{bc}	357 ^b	$2/80 \times 10^{-3}$ b
1%	24/95 ^{ab}	17/1 ^{ab}	70/72 ^b	353 ^{bc}	$2/83 \times 10^{-3}$ ab
1.5%	25/60 ^a	17/6 ^a	72/91 ^a	351 ^c	$2/85 \times 10^{-3}$ a

* اعداد دارای حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح $P < 0.05$ می‌باشند.

جدول ۳ مشاهده می‌شود با افزایش درصد صمغ میزان روشنایی (L^*) افزایش یافته و نمونه‌ها روشن‌تر شده‌اند.

- نتایج ارزیابی حسی

تولید کیک برنجی جهت مصرف افراد مبتلا به بیماری سلیاک و همچنین به عنوان یک محصول با ارزش تغذیه‌ای بالا دارای اهمیت است. نتایج ارزیابی حسی کیک‌های برنجی با درصد‌های مختلف صمغ دانه بالنگو در جدول ۴ به نمایش درآمده است. از نظر ارزیاب‌ها با افزایش درصد صمغ، روشنایی کیک‌ها افزایش یافته و کیک حاوی ۱/۵ درصد صمغ روشن‌تر بود که این نتیجه هم‌راستا با نتایج پردازش تصویر می‌باشند. از نظر مطلوبیت بو و عطر کیک‌ها، اختلاف معناداری بین آن‌ها مشاهده نشد.

همان‌طور که در این جدول ملاحظه می‌شود، حجم کیک‌ها به‌طور معنی‌داری با افزایش درصد صمغ در فرمولاسیون کیک افزایش یافت. کم‌حجم‌ترین کیک کیک بدون صمغ (67/35 cm³) و حجیم‌ترین کیک، کیک حاوی ۱/۵ درصد صمغ (72/91 cm³) بود. با افزایش درصد صمغ دانسیته به صورت خطی کاهش یافت.

- پردازش رنگ

مدل رنگی Lab مرکب از جزء روشنایی (مقدار L که دامنه‌ای از صفر تا ۱۰۰ را دارد) و دو جزء رنگی (دامنه‌ای از ۱۲۰- تا ۱۲۰+) که شامل جزء a^* (دارای طیف رنگی سبز تا قرمز) و جزء b^* (دارای طیف رنگی آبی تا زرد) می‌باشد (Salehi and Kashaninejad, 2014). در جدول ۳ نتایج مربوط به آنالیز رنگ کیک‌های برنجی با درصد‌های مختلف صمغ دانه بالنگو مشاهده می‌شود. همان‌طور که در

اثر صمغ دانه بالنگو بر ویژگی‌های رئولوژیکی، فیزیکی و حسی کیک برنجی بدون گلوتن

جدول ۳- نتایج پردازش تصویر مغز کیک‌های برنجی با درصدهای مختلف صمغ دانه بالنگو

درصد صمغ	L *	a*	b*
۰٪	۷۸/۶۱±۵/۵۴ ^b	-۱/۱۲±۱/۶۶ ^a	۵۰/۱۸±۷/۶۰ ^a
۰/۵٪	۸۱/۸۱±۵/۲۳ ^{ab}	-۱/۷۹±۱/۰۳ ^a	۴۳/۶۶±۶/۱۹ ^b
۱٪	۸۲/۳۰±۵/۵۸ ^{ab}	-۱/۳۱±۱/۰۴ ^a	۴۰/۴۸±۵/۱۴ ^{bc}
۱/۵٪	۸۵/۰۱±۵/۹۵ ^a	-۱/۳۷±۱/۳۹ ^a	۳۷/۵۶±۵/۷۴ ^c

* اعداد دارای حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح $P < 0.05$ می‌باشند.

جدول ۴- نتایج ارزیابی حسی کیک‌های برنجی با درصدهای مختلف صمغ دانه بالنگو

درصد صمغ	روشنایی رنگ مغز کیک	مطلوبیت بو	مقدار تخلخل	پذیرش ظاهر	پذیرش طعم	مطلوبیت سفتی	پذیرش بافت	پذیرش کلی
۰٪	۶/۲ ^b	۵/۹ ^a	۵/۵ ^b	۵/۳ ^c	۵/۵ ^c	۴/۳ ^c	۵/۱ ^c	۵/۵ ^c
۰/۵٪	۶/۶ ^{ab}	۶/۳ ^a	۶/۳ ^b	۶/۶ ^b	۶/۳ ^b	۶/۳ ^b	۶/۸ ^b	۶/۹ ^b
۱٪	۶/۹ ^{ab}	۶/۵ ^a	۷/۳ ^a	۷/۲ ^{ab}	۷/۶ ^a	۷/۰ ^{ab}	۷/۳ ^{ab}	۷/۲ ^b
۱/۵٪	۷/۵ ^a	۶/۴ ^a	۷/۸ ^a	۷/۵ ^a	۷/۶ ^a	۷/۸ ^a	۷/۹ ^a	۷/۸ ^a

* اعداد دارای حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح $P < 0.05$ می‌باشند.

بحث

اصلاحات و تغییرات متعددی توسط محققان بر روی فرمولاسیون کیک‌ها صورت گرفته است تا کیفیت ظاهری، بافتی و حسی آن‌ها را بهبود بخشند و همچنین امکان استفاده از آن‌ها را برای افراد مختلف جامعه ایجاد نمایند. بیش‌ترین ویسکوزیته مربوط به خمیر حاوی ۱/۵ درصد صمغ دانه بالنگو بود. در تمامی غلظت‌ها و سرعت‌ها، ویسکوزیته ظاهری خمیر کیک برنجی با گذشت زمان کاهش یافت، که حاکی از وابستگی سیال غیر نیوتنی به زمان اعمال برش و از نوع تیکسوتروپیک^۱ (وابسته به می‌باشد. در سیالات تیکسوتروپیک، ویسکوزیته ظاهری با افزایش مدت زمان اعمال تنش کاهش می‌یابد. Gularte و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که وجود فیبرها باعث افزایش ویسکوزیته خمیر کیک برنجی می‌شود. مخلوط فیبرهای اینولین و سبوس جو در کیک‌های غنی شده باعث افزایش حجم ویژه کیک و سفتی مغز کیک می‌شوند. از نظر ویسکوزیته ظاهری بین نمونه ۱/۵ و ۱ درصد صمغ بالنگو اختلاف معناداری مشاهده نشد. با افزایش درصد صمغ دانه بالنگو تا ۱/۵ درصد، جریان‌پذیری خمیر کاهش یافت و باعث افزایش ویسکوزیته شد. Turabi و همکاران

(۲۰۰۸) در پژوهشی اثر صمغ و امولسیفایر بر خصوصیات کیفی برنجی را بررسی نمودند. افزودن صمغ گزانتان باعث افزایش ویسکوزیته ظاهری خمیر کیک شد. مقادیر درصد رطوبت کیک‌ها نیز رفتار مشابهی را از خود نشان داده و با افزایش درصد صمغ، مقدار رطوبت نمونه‌ها افزایش یافته است. Davidou و همکاران (۱۹۹۶) در بررسی چندین هیدروکلوئید با ساختارهای شیمیایی متفاوت در نان حجم گزارش کردند که برخی از این هیدروکلوئیدها قادرند مقدار از دست رفتن رطوبت در طی نگهداری نان و سرعت دهیدراته شدن مغز نان را کاهش دهند و از بیایاتی نان جلوگیری کنند. از نظر درصد خاکستر نیز اختلاف معناداری بین نمونه‌ها مشاهده نشد و میانگین خاکستر کیک‌های برنجی برابر ۰/۳۹۶ درصد به دست آمد. کمترین و بیش‌ترین مقادیر دانسیته به ترتیب مربوط به کیک‌های حاوی ۰ و ۱/۵ درصد صمغ دانه بالنگو که برابر ۳۶۲ و ۳۵۱ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد.

افزایش میزان تخلخل به دلیل کاهش اندازه و افزایش تعداد سلول‌های گازی و توزیع یکنواخت آنها در بافت محصول است (Ziobro et al., 2012). نتایج Turabi و همکاران (۲۰۰۸) حاکی از بهبود حجم، تخلخل و بافت

¹ Thixotropic

نمونه‌های کیک برنجی حاوی صمغ گزانتان بود. همچنین Sanchez-Pardo و همکاران (۲۰۱۰) محصول غنی‌شده با بتا گلوکان یولاف همراه با دکسترین و نشاسته تغییر یافته را به کیک افزوده و مشاهده کردند که حجم کیک‌های تولیدی افزایش و دانسیته آن‌ها کم شده است.

افزایش روشنایی کیک‌ها با افزایش درصد صمغ به دلیل افزایش حجم کیک‌ها با افزودن صمغ می‌باشد که باعث روشن‌تر شدن بافت داخلی کیک‌ها می‌شود. نمونه حاوی ۱/۵ درصد صمغ از همه روشن‌تر بوده و اختلاف معنی‌داری از نظر روشنایی با نمونه بدون صمغ دارد. مقادیر شاخص a^* در محدوده ۱/۱۲- تا ۱/۷۹- بدست آمد و اختلاف معناداری بین نمونه‌ها از نظر شاخص a^* مشاهده نشد. اختلاف معنی‌داری در شاخص b^* مشاهده شد و زردی نمونه‌ها با افزایش درصد صمغ کاهش یافت. شاخص‌های L^* ، a^* و b^* برای نمونه حاوی ۱/۵ درصد صمغ دانه بالنگو به ترتیب برابر ۸۵/۰۱، ۱/۳۷- و ۳۷/۵۶- به دست آمد.

Lazaridou و همکاران (۲۰۰۷) با افزودن صمغ به نان بدون گلوتن حاوی آرد برنج و نشاسته ذرت به این نتیجه دست یافتند که استفاده از صمغ در محصولات خمیری بدون گلوتن سبب روشن‌تر شدن رنگ پوسته می‌گردد. Purlis and Salvadori (۲۰۰۹) نیز نتایج مشابهی را گزارش نموده اند. همچنین Gularte و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی جایگزینی ۲۰ درصد آرد برنج با سبوس جو در کیک لایه ای بدون گلوتن به این نتیجه دست یافتند که کاربرد سبوس جو در کیک لایه‌ای بدون گلوتن سبب افزایش حجم و سفتی و بهبود رنگ پوسته و مغز محصول نهایی می‌شود.

به دلیل افزایش حجم کیک‌ها با افزایش درصد صمغ (جدول ۲)، مقدار تخلخل کیک‌ها افزایش یافته و از سختی نمونه‌ها کاسته می‌شود که در جدول ارزیابی حسی نیز نتیجه مشابهی توسط ارزیاب‌ها گزارش شده است و نمونه حاوی ۱/۵ درصد صمغ بیش‌ترین تخلخل را داشته و از نظر پذیرش ظاهری، مطلوبیت سفتی و بافت نیز بالاترین امتیاز را دارد. با افزایش درصد صمغ در فرمولاسیون کیک، خصوصیات ظاهری و بافتی کیک بهبود می‌یابد، لذا از نظر احساس دهانی مطلوب به دلیل تخلخل و بافت مناسب، طعم و پذیرش کلی، نمونه حاوی ۱/۵ درصد صمغ بالاترین

امتیاز را به خود اختصاص داد. از نظر پذیرش کلی، اختلاف معناداری بین نمونه حاوی ۰/۵ و ۱ درصد صمغ مشاهده نشد. نمونه بدون صمغ، به دلیل رنگ تیره، تخلخل پایین، سفتی بافت و احساس دهانی نامطلوب، از نظر ارزیاب‌ها کمترین امتیاز را به خود اختصاص داد. این نتایج همراستا با نتایج Lazaridou و همکاران (۲۰۰۷) و Demirkesen و همکاران (۲۰۱۰) می‌باشد که استفاده از صمغ‌ها در فرمولاسیون محصولات بدون گلوتن را توصیه نموده‌اند.

صمغ‌های گزانتان و کربوکسی متیل سلولز در دو غلظت ۰/۲۵ و ۰/۷۵ درصد وزنی توسط موحد و همکاران (۲۰۱۴) استفاده و تأثیر سطوح متفاوت آن‌ها بر ویژگی‌های کیک برنجی بررسی شد. افزودن هر دو سطح از صمغ‌های مذکور سبب بهبود ویژگی‌های حسی و تأخیر در میزان بیاتی نمونه‌ها گردیده است (موحد و همکاران، ۱۳۹۳).

Ronda و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی اثر آرد برنج در سطوح صفر، ۱۰ و ۲۰ بر خواص خمیر کیک بدون گلوتن پرداختند. امکان تولید کیک بدون گلوتن با استفاده از آرد سورگوم و صمغ‌های گوار و گزانتان توسط نقی‌پور و همکاران (۱۳۹۲) بررسی شده است. نتایج نشان داده که صمغ گزانتان و گوار در حالت ترکیبی علاوه بر افزایش میزان رطوبت قادر به افزایش حجم مخصوص، تخلخل و مؤلفه L^* پوسته و بهبود ویژگی‌های حسی بودند که بهترین نتیجه در نمونه حاوی صمغ گزانتان و گوار با نسبت ۰/۶:۰/۳ مشاهده گردیده است.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه خمیر کیک برنجی حاوی درصد‌های مختلف صمغ دانه بالنگو تهیه و خصوصیات رئولوژیکی آن‌ها بررسی شد. خمیر کیک برنجی از نوع سیال غیر نیوتنی سودوپلاستیک (وابسته به برش) و تیکسوتروپیک (وابسته به زمان) بود و بیش‌ترین ویسکوزیته برای خمیر حاوی ۱/۵ درصد صمغ دانه بالنگو به دست آمد. با افزایش درصد صمغ دانه بالنگو، به دلیل توانایی صمغ در حفظ رطوبت، وزن نمونه‌های حاوی صمغ بیشتر شد و سنگین‌ترین نمونه مربوط به نمونه حاوی ۱/۵ صمغ بود. مقادیر درصد رطوبت کیک‌ها نیز رفتار مشابهی را از خود نشان داده و با افزایش درصد صمغ، مقدار رطوبت نمونه‌ها افزایش یافت. حجم کیک‌ها به طور معنی‌داری با افزایش

Onyango, C., Mutungi, C., Unbehend, G. & Lindhauer, M. G., (2011). Modification of gluten-free sorghum batter and bread using maize, potato, cassava or rice starch. *LWT-Food Science and Technology*, 44(3), 681-686.

Purlis, E. & Salvadori, V. O., (2009). Modelling the browning of bread during baking. *Food Research International*, 42(7), 865-870.

Ronda, F., Oliete, B., Gómez, M., Caballero, P. A. & Pando, V. (2011). Rheological study of layer cake batters made with soybean protein isolate and different starch sources. *Journal of Food Engineering*, 102(3), 272-277.

Salehi, F. & Kashaninejad, M., (2014). Effect of Different Drying Methods on Rheological and Textural Properties of Balangu Seed Gum. *Drying Technology*, 32(6), 720-727.

Salehi, F., Kashaninejad, M., Akbari, E., Sobhani, S. M. & Asadi, F., (2016). Potential of Sponge Cake Making using Infrared-Hot Air Dried Carrot. *Journal of Texture Studies*, 47(1), 34-39.

Salehi, F., Kashaninejad, M. & Behshad, V., (2014). Effect of sugars and salts on rheological properties of Balangu seed (*Lallemantia royleana*) gum. *International Journal of Biological Macromolecules*, 67, 16-21.

Sanchez-Pardo, M., Jiménez-García, E. & González-García, I., (2010). Study about the addition of chemically modified starches (cross-linked cornstarches), dextrans, and oats fiber in baked pound cake. *Journal of Biotechnology*, 150, 316-321.

Sciarini, L., Ribotta, P., Leon, A. & Pérez, G., (2012). Incorporation of several additives into gluten free breads: Effect on dough properties and bread quality. *Journal of Food Engineering*, 111(4), 590-597.

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(2), 305-312.

Ziobro, R., Korus, J., Witczak, M. & Juszczak, L., (2012). Influence of modified starches on properties of gluten-free dough and bread. Part II: Quality and staling of gluten-free bread. *Food Hydrocolloids*, 29(1), 68-74.

درصد صمغ در فرمولاسیون کیک افزایش یافت. میزان روشنایی (L^*) با افزایش درصد صمغ افزایش یافت و نمونه‌ها روشن‌تر شدند. کیک برنجی حاوی ۱/۵ درصد صمغ دانه بالنگو در فرمولاسیون بالاترین امتیاز را از نظر ارزیابی حسی داشت.

منابع

صالحی، ف.، کاشانی‌نژاد، م. و علی‌پور، ن. (۱۳۹۵). بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و بافتی کیک اسفنجی غنی شده با پودر سیب. فناوری‌های نوین غذایی، ۳(۱۱)، ۳۹-۴۷.

موحد، س.، رنجبر، س. و احمدی چنارین، ح. (۱۳۹۳). ارزیابی ویژگی‌های شیمیایی، بیاتی، و ارگانولپتیکی کیک‌های بدون گلوتن حاوی صمغ‌های زانتان و کربوکسی متیل سلولز. مهندسی بیوسیستم ایران ۴۴(۲)، ۱۷۸-۱۷۳.

نقی‌پور، ف.، کریمی، م.، نجفی، م. ب. ح.، خداپرست، م. ح. ح.، الاسلامی، ز.ش.، داودی، م.ق. و صحرائیان، ب. (۱۳۹۲). بررسی امکان تولید کیک بدون گلوتن با استفاده از آرد سورگوم و صمغ‌های گوار و گزانتان. علوم و صنایع غذایی ایران ۱۰(۴۱)، ۱۳۹-۱۲۷.

Davidou, S., Le Meste, M., Debever, E. & Bekaert, D. (1996). A contribution to the study of staling of white bread: effect of water and hydrocolloid. *Food Hydrocolloids*, 10(4), 375-383.

Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G. & Sahin, S. (2010). Rheological properties of gluten-free bread formulations. *Journal of Food Engineering*, 96(2), 295-303.

Gujral, H. S., Guardiola, I., Carbonell, J. V. & Rosell, C. M., (2003). Effect of cyclodextrinase on dough rheology and bread quality from rice flour. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(13), 3814-3818.

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(2), 209-214.

Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., Biliaderis, C., (2007). Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79(3), 1033-1047.