

بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی، فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی کیک اسفنجی حاوی پودر هویج با استفاده از صمغ دانه‌بالنگو

اکرم کلکی بخشایش^۱، سید حسین حسینی قابوس^{۲*}، غلامحسین اسدی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاداسلامی، تهران، ایران

۲- استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاداسلامی، آزادشهر، ایران

۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاداسلامی، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۳/۲۷)

چکیده

هویج یک منبع مناسب از کاروتن، ویتامین‌های محلول در آب و اسیدهای آمینه است. پودر هویج به دلیل ارزش تغذیه‌ای بالا، عطر و طعم بسیار مطلوب، شیرینی و رنگ مناسب جهت بهبود کیفیت محصولات نانوائی و انواع کیک‌ها استفاده می‌شود. در این مطالعه از صمغ دانه بالنگو جهت بهبود خصوصیات کیک هویج استفاده شد. لذا ابتدا خمیر کیک هویج حاوی درصدهای مختلف صمغ دانه بالنگو (در چهار سطح ۰، ۰/۵، ۱/۰ و ۱/۵ درصد) تهیه و گرانروی آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس کیک‌ها پخته و خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن‌ها شامل وزن، خاکستر، رطوبت، حجم، دانسیته، رنگ مغز و خصوصیات حسی اندازه‌گیری شد. خمیر کیک‌های هویج جزء سیال‌های غیر نیوتنی و از نوع وابسته به برش و وابسته به زمان بودند. با افزایش درصد صمغ دانه بالنگو در فرمولاسیون کیک هویج، گرانروی خمیر افزایش یافت ($P < 0/05$). با افزایش درصد صمغ دانه بالنگو از ۰ به ۱/۵ درصد، گرانروی خمیر کیک در سرعت برشی برابر 40 s^{-1} از $16/93$ تا $32/88$ پاسکال ثانیه افزایش یافت ($P < 0/05$). مقادیر رطوبت و حجم کیک‌ها با افزایش درصد صمغ افزایش یافت ($P < 0/05$). با افزودن صمغ بالنگو روشنائی کیک‌ها به دلیل افزایش حجم، افزایش یافت و همچنین از زردی نمونه‌ها کاسته شد ($P < 0/05$). شاخص‌های a^* ، L^* و b^* برای نمونه حاوی ۱/۵ درصد صمغ به ترتیب برابر $82/00$ ، $4/12$ و $60/24$ به دست آمد. کیک هویج حاوی ۱/۵ درصد صمغ دانه بالنگو به طور معنی‌داری مقبولیت حسی بالاتری نسبت به سایر نمونه‌ها داشت ($P < 0/05$).

کلید واژگان: صمغ دانه بالنگو، کیک، گرانروی، هویج.

*مسئول مکاتبات: Hosseinighaboos@yahoo.com

۱- مقدمه

کمبود فیبرهای رژیمی در ساختار کیک اسفنجی، یکی از معایب آن است [۱]. جهت غنی‌سازی این محصول، از محصولات خشک‌شده مختلفی مانند پودر میوه‌ها و سبزیجات استفاده شده است. هویج یک سبزی ریشه‌ای منبع غنی بتاکاروتن و پیش‌ساز ویتامین A می‌باشد. هویج به صورت خام و پخته‌شده در اکثر مرباها، دسرها، سالاد، سوپ‌ها، شوربجیات و غذاها استفاده می‌شود [۲]. خشک‌کردن هویج یکی از روش‌های نگهداری آن محسوب شده و هویج خشک‌شده را می‌توان در انواع مواد غذایی استفاده نمود. این محصول حاوی انواع ویتامین‌ها، مواد معدنی و فیبر بوده و به محصول رنگ مناسبی می‌دهد. پودر هویج جهت غنی‌سازی انواع نان‌ها و کیک‌ها استفاده شده است [۳-۵]. صالحی و همکاران (۲۰۱۶) امکان تولید کیک غنی‌شده با پودر هویج را بررسی نمودند. در این مطالعه خصوصیات فیزیکوشیمیایی، حسی و بافتی کیک اسفنجی غنی‌شده با پودر هویج بررسی شد. با افزایش پودر هویج به فرمولاسیون کیک از ۰ به ۳۰٪، ویسکوزیته ظاهری خمیر کیک از ۱۲/۳ به ۳۷/۲ پاسکال ثانیه افزایش یافت. با افزایش درصد جایگزینی پودر هویج دانسیته، خاکستر و مقدار بتاکاروتن کیک‌ها افزایش یافت [۳]. شاروبا و همکاران (۲۰۱۳) امکان استفاده از تفاله هویج در فرمولاسیون کیک را بررسی کردند. نتایج این محققین نشان داد که با افزودن تفاله هویج، مقدار فیبر محصول به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد [۶]. آکوبور و ازه (۲۰۱۲) گزارش کردند که با افزودن پودر هویج می‌توان مقدار ویتامین و مواد معدنی محصولات نانویی را افزایش داد [۴]. نوری و همکاران (۲۰۱۷) از صمغ فارسی (۱/۵-۰ گرم در ۱۰۰ گرم) و پودر هویج (۱۵-۰ گرم در ۱۰۰ گرم) برای تولید دونات کم‌چرب حاوی فیبر بالا استفاده کردند. نتایج تحقیق این محققین نشان داد که افزودن پودر هویج باعث افزایش درصد فیبر رژیمی دونات‌ها می‌شود [۷].

یکی از راه‌های بهبود خواص حسی و کیفی بافت نان و کیک، استفاده از هیدروکلوئیدها به ویژه موسیلاژ گیاهان و دانه‌های

بومی است که از نظر داشتن خواص دارویی، تغذیه‌ای و ارزان قیمت بودن حائز اهمیت هستند. گیاه بالنگو یکی از گیاهان بومی ایران می‌باشد که در اکثر نقاط دنیا امکان کشت آن وجود دارد. این گیاه به عنوان یک گیاه دارویی شناخته‌شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. صمغ دانه بالنگو^۱ از جمله هیدروکلوئیدهای می‌باشد که حاوی کربوهیدرات، پروتئین و فیبر بوده و در طب سنتی کاربرد گسترده‌ای دارد و می‌توان از آن در فرمولاسیون غذاهای مختلف مانند انواع کیک و بیسکویت استفاده نمود. با افزودن این صمغ طبیعی به فرمولاسیون کیک می‌توان کیفیت و بافت آن را بهبود بخشید [۸، ۹]. پیغمبردوست و همکاران (۲۰۱۶) تأثیر صمغ دانه ریحان بر ویژگی‌های فیزیکی و حسی کیک اسفنجی را بررسی کردند. بیش‌ترین درصد رطوبت مربوط به نمونه‌هایی با ۲۵/۰ و ۵/۰ درصد موسیلاژ و نرم‌ترین بافت مربوط به محصول دارای ۲۵/۰ درصد موسیلاژ بود ($P < ۰/۰۵$) [۱۰]. مطالعاتی در زمینه استفاده از صمغ دانه‌های بومی در محصولات نانویی انجام گرفته است. دهقانی و همکاران (۲۰۰۶) تأثیر موسیلاژ اسفرزه در سطوح ۰/۰۵، ۱/۰ و ۱۵/۰ درصد بر ویژگی‌های حسی کیک اسفنجی را بررسی کردند. این محققین گزارش کردند که افزودن صمغ اسفرزه خواص حسی را بهبود بخشیده و باعث بهبود خصوصیات فیزیکی محصول نهایی می‌شود [۱۱]. صالحی (۲۰۱۷) از صمغ دانه گیاه مرو (*Salvia macrosiphon*) در فرمولاسیون کیک سیب استفاده نمود. افزودن این صمغ گیاهی باعث بهبود خصوصیات بافتی، حسی و ظاهری کیک سیب شد [۱۲]. در پژوهشی، تأثیر افزودن صمغ‌های گزانتان و کربوکسی متیل سلولز بر خواص شیمیایی، حسی، و بیاتی کیک بررسی شد. 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 [۱۳]. در مطالعه دیگری صمغ کنیرا به عنوان جایگزین چربی در کیک استفاده و مشاهده شد تغییر درصد صمغ بر افت وزن نهایی کیک تأثیر معنی‌داری ندارد، در حالی که درصد روغن

مطالعه در فرمول پایه از ۱۰ درصد هویج استفاده شد. جهت تهیه کیک‌ها ابتدا شکر و روغن به مدت ۵ دقیقه توسط همزن برقی مخلوط شدند. سپس تخم مرغ کامل در سه مرحله و در مدت زمان دو دقیقه به مخلوط اضافه گردید. ۱۵ سی سی از آب اضافه و دو دقیقه هم زده شد. سایر مواد پودری (به غیر از شکر) باهم مخلوط و صمغ دانه بالنگو نیز در چهار سطح ۰، ۰/۵، ۱/۰ و ۱/۵ درصد به آن‌ها اضافه گردید. مخلوط مواد پودری و صمغ دانه بالنگو به مخلوط اضافه و تا به دست آمدن یک خمیر یکنواخت مخلوط شدند. باقی مانده 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 سانتی گراد و به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفت. کیک‌های پخته شده خنک و سپس در بسته‌های پلی پروپیلن عایق نسبت به رطوبت و اکسیژن نگهداری شدند.

Table 1 Carrot sponge cake formula.

Ingredients	(gr)
Carrot powder	10
Wheat flour	90
Whole egg	72
Sucrose	72
Sunflower oil	57
Dry milk	6
Baking powder	2
Vanilla	0.5
Balangu gum	0, 0.5, 1.0, 1.5
Water	30

۲-۲- اندازه گیری گرانیوی خمیر کیک هویج

گرانیوی خمیر کیک‌ها با استفاده از دستگاه ویسکومتر چرخشی بروکفیلد (Brookfield, USA) با اسپیندل RV-7 در سرعت برشی‌های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ بر ثانیه، در دمای اتاق (۲۵) درجه سلسیوس اندازه گیری شد [۱۵].

۲-۳- اندازه گیری دانسیته

حجم و دانسیته کیک‌ها به روش جابه جایی حجم با استفاده از دانه کلزا محاسبه گردید. درصد رطوبت با استفاده از آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد و به مدت ۴ ساعت و به روش استاندارد ملی ایران شماره ۲۵۵۳ به دست آمدند [۱۶].

۲-۴- رنگ مغز کیک

جهت بررسی رنگ مغز کیک‌های هویج از روش پردازش تصویر استفاده شد. در این روش از یک اسکنر اچ پی مدل (Hp Scanjet 300)، جهت تصویربرداری استفاده شد.

بر این فاکتور اثر داشته و با افزایش میزان روغن، افت وزن کیک، ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد. درصد چروکیدگی کیک، تحت تأثیر درصد صمغ قرار می‌گیرد. درصد صمغ و روغن هر دو بر شاخص حجم و تقارن کیک، اثر معنی داری دارند و یکنواختی کیک و وزن مخصوص خمیر کیک، هیچ کدام تحت تأثیر درصد صمغ و روغن قرار نمی‌گیرند. مطالعه آزمون حسی نشان داد که درصد صمغ بر رنگ کیک تأثیر معنی داری دارد و بافت نمونه‌های کیک و عطر و طعم آن‌ها، هیچ کدام تحت تأثیر درصد صمغ قرار نمی‌گیرند [۱۴].

بررسی منابع حاکی از عدم استفاده از صمغ‌های گیاهی در فرمولاسیون کیک هویج است. لذا در این مطالعه ابتدا صمغ دانه بالنگو در شرایط بهینه استخراج و در درصد‌های مختلف به فرمولاسیون کیک هویج اضافه شد. سپس ویژگی‌های رفتار جریان‌ی خمیر و خصوصیات کیفی، حسی و رنگ مغز کیک‌های هویج تهیه شده ارزیابی شدند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه کیک هویج

برای انجام آزمایش‌ها هویج تازه از شهرستان آزادشهر (گلستان، ایران) تهیه گردید. برای انجام فرآیند خشک کردن هویج‌ها توسط کاتر به ضخامت‌های ۰/۵ سانتی متر برش خورند. هویج‌های برش خورده در دمای ۶۰ درجه سلسیوس خشک شدند. نمونه‌های خشک شده آسیاب و در ظرف در بسته نگهداری شد. دانه بالنگو از فروشگاه محلی خریداری و ناخالصی‌های همراه دانه حذف شد. جهت استخراج صمغ، ابتدا دانه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه درون آب مقطر با دمای ۲۵ درجه سانتی گراد، در pH برابر ۷ و نسبت آب به دانه برابر ۲۰ به ۱ قرار گرفتند. سپس صمغ خارج شده توسط دستگاه آبمیوه گیری از دانه‌ها جدا گردید. موسیلاژ به دست آمده در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد و در مدت زمان ۸ ساعت خشک گردید. نمونه خشک شده آسیاب و در ظرف در بسته نگهداری شد [۸، ۹].

فرمولاسیون پایه کیک هویج تهیه شده در این پژوهش در جدول ۱ گزارش شده است. نتایج پژوهش صالحی و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که بهینه مقدار افزودن پودر هویج به فرمولاسیون کیک اسفنجی ۱۰ درصد می‌باشد [۳]. لذا در این

خصوصیات حسی کیک‌ها استفاده شد. روشنایی رنگ مغز کیک، مقدار تخلخل، پذیرش ظاهر، پذیرش طعم، پذیرش بافت و پذیرش کلی پارامترهای ارزیابی حسی بودند که توسط ارزیاب‌ها بررسی شدند [۱۸].

۲-۷- تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمایش‌ها در سه تکرار انجام گرفت. ارزیابی یافته‌ها در قالب 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.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- گرانروی خمیر کیک هویج

اثر سرعت برشی (۲۰، ۴۰ و ۶۰ بر ثانیه) و زمان بر گرانروی خمیر کیک اسفنجی حاوی درصد‌های مختلف صمغ دانه بالنگو در شکل ۱ به نمایش در آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در تمامی خمیرها با افزایش سرعت برشی، گرانروی ظاهری به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) کاهش یافته است و گرانروی اندازه‌گیری شده در سرعت 20 s^{-1} بیشتر از سرعت 60 s^{-1} می‌باشد و در تمامی غلظت‌ها رفتار مشابهی مشاهده گردید. کاهش گرانروی با افزایش سرعت برشی، نشان‌دهنده رفتار شل شونده با برش (سودوپلاستیک)^۸ خمیر می‌باشد [۱۹، ۲۰]. با افزایش سرعت برشی از ۲۰ به ۶۰ (s^{-1})، گرانروی ظاهری خمیر حاوی ۱/۵ درصد صمغ دانه بالنگو از ۳۶/۱ به ۲۷/۴۸ پاسکال ثانیه کاهش یافت. بیش‌ترین گرانروی مربوط به خمیر حاوی ۱/۵ درصد صمغ دانه بالنگو بود. در تمامی غلظت‌ها و سرعت‌ها، گرانروی ظاهری خمیر کیک اسفنجی با گذشت زمان به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) کاهش یافت، که حاکی از وابستگی سیال غیر نیوتنی به زمان اعمال برش و از نوع تیکسوتروپیک^۹ (وابسته به زمان) می‌باشد. در سیالات تیکسوتروپیک، گرانروی ظاهری با افزایش مدت زمان اعمال تنش کاهش می‌یابد [۱۹، ۲۰].

نمونه‌های کیک از وسط نصف شده و مغز کیک اسکن گردید. تصاویر گرفته‌شده توسط نرم‌افزار Image J (Image J software version 1.42e, USA) از فضای رنگی RGB به شاخص‌های $L^* a^* b^*$ تبدیل گردیدند [۱۲].

۲-۵- بررسی خصوصیات بافتی

بافت مواد غذایی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین خصوصیات کیفی محصول، نقش مهمی در پذیرش کلی توسط مصرف‌کنندگان دارد. خصوصیات بافتی کیک‌های غنی‌شده شامل آزمون نفوذ جهت بررسی سفتی پوسته و آزمون پروفیل آنالیز بافت^۱ یا TPA جهت بررسی خصوصیات مغز کیک، توسط دستگاه بافت سنج^۲ (TA-XT Plus, UK) اندازه‌گیری شد.

آزمون نفوذ: پروب استوانه‌ای P/6 با قطر ۶ میلی‌متر، با سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه و به عمق ۱۰ میلی‌متر جهت انجام آزمون نفوذ و بررسی سفتی^۳ کیک‌های تهیه‌شده انتخاب شد. سرعت رفت و برگشت پروب ۲ میلی‌متر بر ثانیه در نظر گرفته شد. آزمون نفوذ در روزهای اول و چهاردهم پس از تهیه کیک‌ها اندازه‌گیری شد [۱۷].

آزمون TPA: پروب استوانه‌ای P/36R با قطر ۳۶ میلی‌متر، با سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه و با کرنش ۵۰ درصد و فاصله زمانی ۳۰ ثانیه بین دو سیکل جهت انجام آزمون TPA و بررسی خصوصیات مغز کیک‌های تهیه‌شده انتخاب شد. سرعت رفت و برگشت پروب ۲ میلی‌متر بر ثانیه در نظر گرفته شد. در این آزمون خصوصیات شامل سفتی^۴، فنری^۵، انسجام^۶ و خاصیت ارتجاعی^۷ اندازه‌گیری و گزارش شد. خصوصیات بافتی کیک‌ها توسط آزمون TPA در روزهای اول و چهاردهم پس از تهیه کیک‌ها، بررسی شد [۱۷].

۲-۶- ارزیابی حسی

از ۲۰ ارزیاب آموزش‌دیده جهت بررسی خصوصیات کیک‌های هویج حاوی صمغ بالنگو استفاده گردید. از روش هدونیک^۹ نقطه‌ای (۱=ضعیف، ۵=متوسط و ۹=عالی) جهت بررسی

1. Texture profile analysis
2. Texture analyzer
3. Firmness
4. Hardness
5. Springiness
6. Cohesiveness
7. Resilience

8. Pseudoplastic behavior
9. Thixotropic

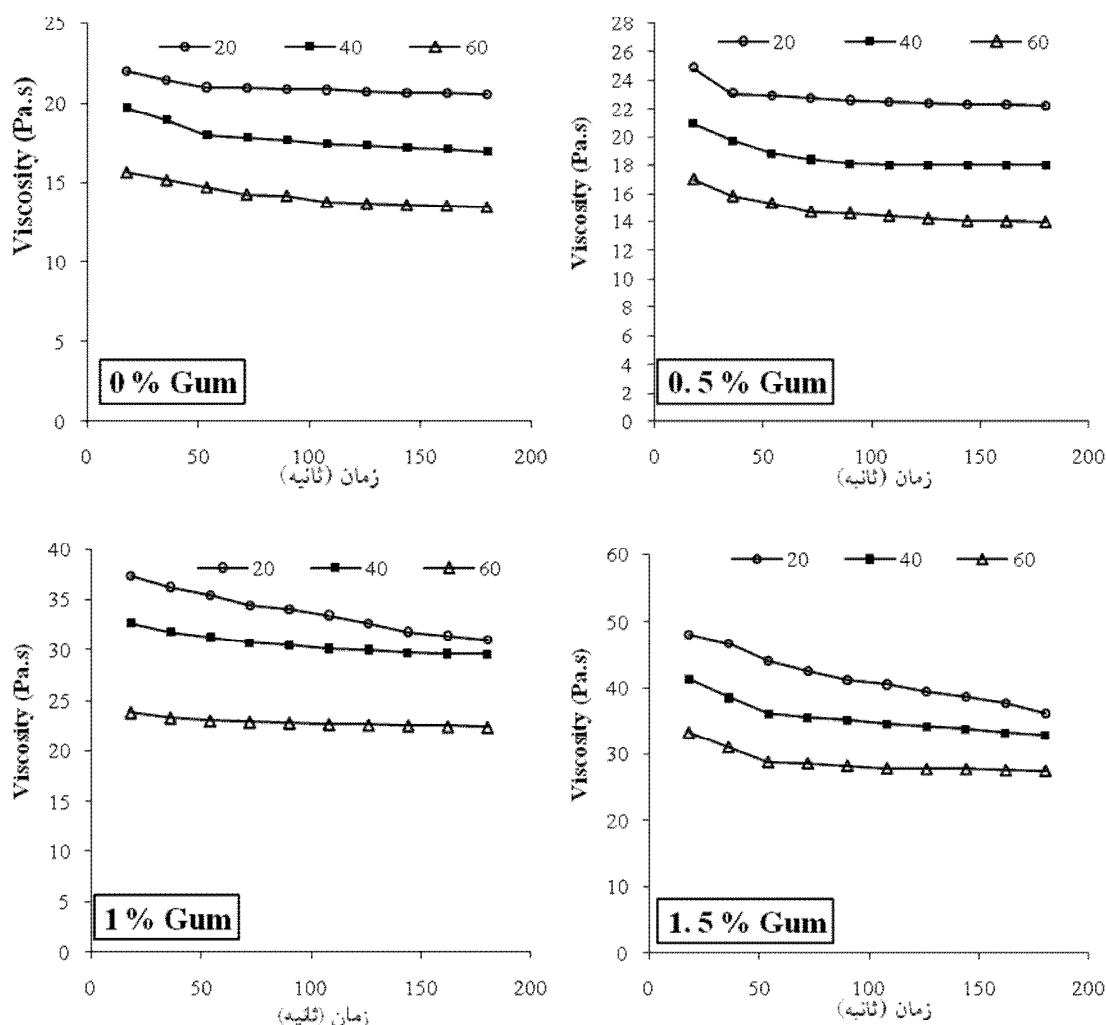


Fig 1 Rheological properties of carrot sponge cake batters containing balangu gum as a function of shear rate and time.

افزودن صمغ گزانتان باعث افزایش گرانروی ظاهری خمیر کیک شد [۲۱].

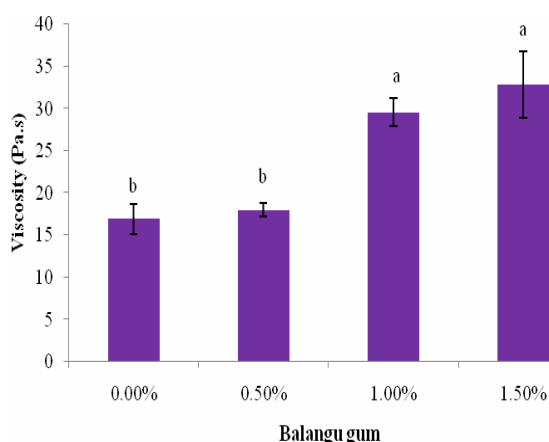


Fig 2 The rheological properties of carrot sponge cake batters with different concentration of balangu gum (shear rate=20 s⁻¹). Bars containing different letters are significantly different (P<0.05).

در شکل ۲ گرانروی ظاهری خمیر کیک‌های اسفنجی غنی‌شده با پودر هویج با درصدهای مختلف صمغ دانه بالنگو در سرعت برشی برابر با 40 s^{-1} و بعد از ۱۸۰ ثانیه به نمایش درآمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، با افزایش درصد صمغ دانه بالنگو از صفر به ۱/۵ درصد، گرانروی خمیر کیک‌ها به طور معنی‌داری ($P<0.05$) از $16/93$ به $32/88$ پاسکال ثانیه افزایش یافته است. از نظر گرانروی ظاهری بین نمونه شاهد و ۰/۵ درصد صمغ بالنگو و بین نمونه ۱ و ۱/۵ درصد صمغ بالنگو اختلاف معناداری مشاهده نشد. با افزایش درصد صمغ دانه بالنگو تا ۱/۵ درصد، به دلیل جذب بیشتر رطوبت و ایجاد بافت منسجم‌تر، جریان‌پذیری خمیر کاهش یافت و باعث افزایش گرانروی شد. ترابی و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهشی اثر صمغ و امولسیفایر بر خصوصیات کیک را بررسی نمودند.

۳-۲- خصوصیات کیفی کیک‌های هویج

صمغ‌ها حتی در غلظت کم تأثیر بسزایی در بافت و حجم کیک‌ها دارند. در جدول ۲ خصوصیات فیزیکی کیک‌های اسفنجی غنی‌شده با پودر هویج حاوی صمغ دانه بالنگو به نمایش درآمده است.

در این جدول وزن بعد از پخت، درصد خاکستر، 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 صمغ است. مقادیر درصد رطوبت کیک‌ها نیز رفتار مشابهی را از خود نشان داده و با افزایش درصد صمغ، مقدار رطوبت نمونه‌ها افزایش یافته است. دیویدو و همکاران (۱۹۹۶) در بررسی چندین هیدروکلوئید با ساختارهای شیمیایی متفاوت در نان حجیم 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 بیاتی نان جلوگیری کنند [۲۲].

همان‌طور که در این جدول ملاحظه می‌شود حجم کیک‌ها به‌طور معنی‌داری با افزایش درصد صمغ در فرمولاسیون کیک افزایش یافت. کم‌حجم‌ترین و حجیم‌ترین کیک به ترتیب مربوط به کیک بدون صمغ حاوی (۶۱/۳۲ cm³) و کیک حاوی ۱/۵ درصد صمغ (۶۸/۳۱ cm³) بود. با افزایش درصد صمغ دانسیته به صورت خطی کاهش یافت. کمترین و بیش‌ترین مقادیر دانسیته به ترتیب مربوط به کیک‌های حاوی ۰ و ۱/۵ درصد صمغ دانه بالنگو که برابر ۳۹۴/۹ و ۳۸۸/۶ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. در رابطه با بررسی تأثیر افزودن صمغ بر خواص رئولوژیکی و کیفیت محصولات قنادی پژوهشی توسط راسل و همکاران (۲۰۰۱) صورت گرفت و مشخص شد که افزودن صمغ به خمیر، پایداری خمیر

در طی تخمیر را بهبود داده و حجم مخصوص، فعالیت آبی افزایش و رطوبت نان نیز بهتر حفظ شده می‌شود [۲۳]. سانچز-پاردو و همکاران (۲۰۱۰) محصول غنی‌شده با بتا گلوکان یولاف همراه با دکستروز و نشاسته تغییر یافته را به کیک افزوده و مشاهده کردند که حجم کیک‌های تولیدی افزایش و دانسیته آن‌ها کم شده است. همچنین از نظر ارزیابی حسی، نمونه‌های غنی‌شده امتیاز بالاتری را به خود اختصاص دادند [۲۴].

افزایش میزان تخلخل به دلیل کاهش اندازه و افزایش تعداد سلول‌های گازی و توزیع یکنواخت آن‌ها در بافت محصول است [۲۵]. نتایج ترابی و همکاران (۲۰۰۸) حاکی از بهبود حجم، تخلخل و بافت نمونه‌های کیک حاوی صمغ گزانتان بود [۲۱]. همچنین سانچز-پاردو و همکاران (۲۰۱۰) محصول غنی‌شده با بتا گلوکان یولاف همراه با دکستروز و نشاسته تغییر یافته را به کیک افزوده و مشاهده کردند که حجم کیک‌های تولیدی افزایش و دانسیته آن‌ها کم شده است [۲۴]. صحرانیان و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر صمغ بالنگو شیرازی بر خصوصیات نان بربری نیمه حجیم بدون گلوتن با سورگوم را بررسی کردند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان حجم مخصوص و امتیاز پذیرش کلی در آزمون حسی و کمترین میزان سفتی بافت در نمونه حاوی ۰/۵ درصد صمغ و بیش‌ترین میزان تخلخل و کمترین میزان سفتی بافت در نمونه‌های حاوی ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد صمغ بود [۲۶]. حاج محمدی و همکاران (۲۰۱۴) اثر افزودن صمغ کتیرا بر خواص کیفی کیک اسفنجی را بررسی کردند. نتایج گزارش شده حاکی از این بود که افزودن ۰/۴ درصد کتیرا به فرمولاسیون کیک، به‌طور معنی‌داری حجم کیک را افزایش داده و در طول انبارداری، بافت کیک‌ها نرم‌تر بوده و نیز خواص حسی بهتری نسبت به نمونه شاهد داشتند [۲۷].

Table 2 Physical characteristics of carrot sponge cakes with different concentration of Balangu gum.

Gum concentration (%)	Ash	Volume (cm ³)	Density (kg/m ³)	Moisture (%)	Weight after baking (gr)
0	0.987±0.010 ^a	61.32±0.82 ^c	394.9±2.28 ^a	18.96±0.10 ^c	24.22±0.35 ^c
0.5	0.990±0.010 ^{ab}	64.74±1.25 ^{bc}	393.0±0.44 ^a	19.29±0.40 ^{bc}	25.44±0.40 ^{bc}
1.0	0.983±0.012 ^b	66.49±3.09 ^a	391.3±0.18 ^b	19.85±0.26 ^b	26.02±0.62 ^{ab}
1.5	0.983±0.006 ^b	68.31±2.68 ^a	388.6±3.84 ^b	20.50±0.22 ^a	26.54±0.21 ^a

Means and standard deviations are reported (n = 3). Means with different letter within same columns are significantly different (P<0.05).

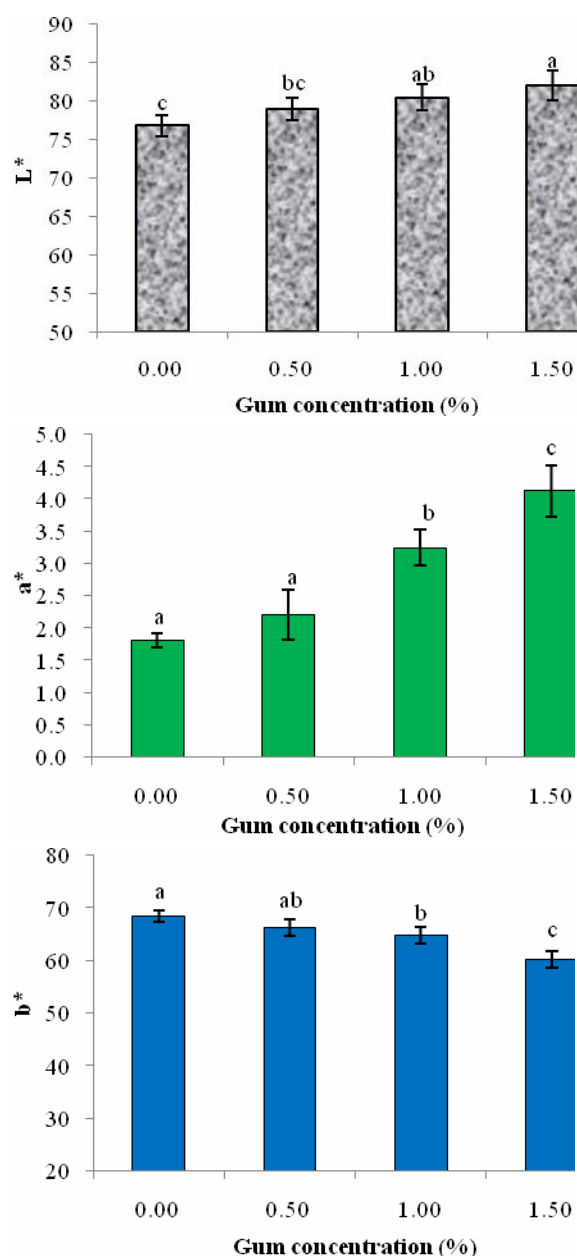


Fig 3 Crumb color indexes ($L^*a^*b^*$) of carrot cakes with different concentration of balangu gum.

* Means $\pm$ standard deviation

** Means with different letter within columns are significantly different ($P < 0.05$).

۴-۳- بافت سنجی

بیشترین نیروی مشاهده شده در نمودار نیرو-زمان در طی انجام آزمونهای بافت سنجی به عنوان سفتی بافت گزارش می شود. در شکل ۴ سفتی نمونه های کیک غنی شده با پودر هویج حاوی صمغ دانه بالنگو به نمایش درآمده است. همان طور که ملاحظه می شود، بین نمونه های غنی شده اختلاف معنی داری از نظر سفتی وجود دارد و در مقایسه با نمونه

۳-۳- پارامترهای رنگی

L^* شاخص روشنایی تصویر می باشد که در محدوده ۰-۱۰۰ بوده که با نزدیک شدن به عدد ۱۰۰، نمونه روشن تر می شود. a^* شاخص سبزی تا قرمزی بودن تصویر است و محدوده آن از ۱۲۰- برای سبزی و ۱۲۰+ برای قرمزی است. b^* شاخص آبی تا زردی بودن تصویر است و محدوده آن از ۱۲۰- برای آبی و ۱۲۰+ برای زردی است. در شکل ۳ نتایج مربوط به آنالیز رنگ کیک های اسفنجی با درصدهای مختلف صمغ دانه بالنگو مشاهده می شود. همان طور که در این شکل مشاهده می شود با افزایش درصد صمغ میزان روشنایی (L^*) افزایش یافته و نمونه ها روشن تر شده اند. افزایش روشنایی کیک ها با افزایش درصد صمغ به دلیل افزایش حجم کیک ها با افزودن صمغ می باشد که باعث روشن تر شدن بافت داخلی کیک ها می شود. نمونه حاوی ۱/۵ درصد صمغ از همه روشن تر بوده و اختلاف معنی داری از نظر روشنایی با نمونه بدون صمغ دارد. مقادیر شاخص a^* در محدوده ۱/۸۱ تا ۴/۱۲ به دست آمد و اختلاف معناداری بین نمونه ها از نظر شاخص a^* مشاهده شد. اختلاف معنی داری در شاخص b^* مشاهده شد و زردی نمونه ها با افزایش درصد صمغ کاهش یافت. شاخص های L^* ، a^* و b^* برای نمونه حاوی ۱/۵ درصد صمغ دانه بالنگو به ترتیب برابر ۸۲/۰۰، ۴/۱۲ و ۶۰/۲۴ به دست آمد. لازاریدو 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 سبب روشن تر شدن رنگ پوسته می گردد [۲۸]. پورلیس و سالوادوری (۲۰۰۹) نیز نتایج مشابهی را گزارش نموده اند [۲۹]. همچنین گولارته 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 لایه ای بدون گلوتن سبب افزایش حجم و سفتی و بهبود رنگ پوسته و مغز محصول نهایی می شود [۳۰].

نتایج آنالیز پروفیل بافت (TPA) کیک‌های هویج حاوی صمغ دانه بالنگو بعد از یک و چهارده روز نگهداری به ترتیب در جداول ۳ و ۴ گزارش شده است. با افزایش درصد صمغ دانه بالنگو از صفر به ۱/۵ درصد، مقدار سفتی کیک‌ها در روز اول از ۸۷۲/۴۴ به ۵۰۹/۷۷ گرم کاهش یافته است. با افزایش درصد صمغ دانه بالنگو از صفر به ۱/۵ درصد مقادیر فنریت، انسجام و خاصیت ارتجاعی کیک‌ها افزایش یافت که به دلیل ایجاد بافت مناسب و نرم توسط صمغ در کیک‌ها می‌باشد ($p < 0.05$).

با گذشت زمان سفتی نمونه‌ها بیشتر شد اما فنریت، انسجام و خاصیت ارتجاعی آن‌ها کاهش یافت ($p < 0.05$). سفتی نمونه حاوی ۱/۵٪ صمغ برای روزهای اول و چهاردهم به ترتیب برابر ۵۰۹/۷۷ و ۵۳۹/۰۶ نیوتن بدست آمد. تغییرات مشاهده شده برای سفتی، فنریت، انسجام و خاصیت ارتجاعی نمونه‌های دارای صمغ کمتر بود که حاکی از کاهش بیاتی و سفت شدن کیک‌ها در طی زمان با افزودن صمغ گیاهی است. با افزودن ۱/۵ درصد صمغ دانه بالنگو به فرمولاسیون کیک اسفنجی غنی شده با پودر هویج مشاهده شد که تغییرات سفتی، فنریت، انسجام و خاصیت ارتجاعی در طی زمان (چهارده روز) حداقل می‌باشد.

شاهد، با افزایش درصد صمغ، سفتی نمونه‌ها کاهش یافته است. مقدار عددی مربوط به سفتی بافت کیک حاوی ۱/۵ درصد صمغ دانه بالنگو در روز اول برابر ۱/۷۷ نیوتن به دست آمد. سفتی کیک‌های غنی شده با پودر هویج حاوی صمغ در روز اول و روز چهاردهم به ترتیب در محدوده ۲/۱۵-۱/۷۷ نیوتن و ۲/۳۶-۳/۰۱ نیوتن به دست آمد. در طی نگهداری کیک‌ها، سفتی آن‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0.05$). متوسط سفتی نمونه‌ها کیک حاوی ۱/۵ درصد صمغ دانه بالنگو در روز چهاردهم ۲/۳۶ نیوتن به دست آمد.

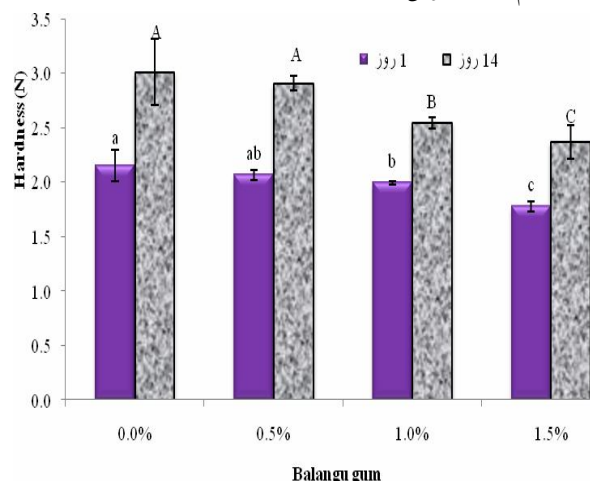


Fig 4 Hardness of carrot cakes with different concentration of balangu gum.

* Means $\pm$ standard deviation

** Means with different letter within columns are significantly different ($P < 0.05$).

Table 3 TPA parameters of sponge cakes prepared with carrot powder and balangu gum (Day 1).

Samples	Hardness (g)	Springiness	Cohesiveness	Resilience
Control	872.44 ^a	0.91 ^b	0.56 ^c	0.23 ^c
0.5 %	776.09 ^b	0.92 ^b	0.61 ^{bc}	0.25 ^{bc}
1.0 %	678.17 ^c	0.93 ^{ab}	0.65 ^b	0.28 ^{ab}
1.5 %	509.77 ^d	0.95 ^a	0.69 ^a	0.31 ^a

Means with different letter within columns are significantly different ($P < 0.05$).

Table 4 TPA parameters of sponge cakes prepared with carrot powder and balangu gum (Day 14).

Samples	Hardness (g)	Springiness	Cohesiveness	Resilience
Control	1084.43 ^a	0.84 ^c	0.52 ^c	0.17 ^c
0.5 %	809.83 ^b	0.89 ^b	0.62 ^b	0.24 ^b
1.0 %	686.24 ^c	0.92 ^{ab}	0.66 ^b	0.26 ^b
1.5 %	539.06 ^d	0.95 ^a	0.70 ^a	0.30 ^a

Means with different letter within columns are significantly different ($P < 0.05$).

نتیجه هم‌راستا با نتایج پردازش تصویر می‌باشند. به دلیل افزایش حجم کیک‌ها با افزایش درصد صمغ، 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

۳-۵- نتایج ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی حسی کیک‌های اسفنجی با درصدهای مختلف صمغ دانه بالنگو در جدول ۵ 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

فرمولاسیون محصولات آردی را توصیه نموده‌اند [۲۱، ۲۸، ۳۱].

پیغمبردوست و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که کیک اسفنجی حاوی ۰/۵ درصد صمغ دانه ریحان به طور معنی‌داری مقبولیت حسی بالاتری نسبت به نمونه کنترل دارد [۱۰]. 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 هویج بررسی شد. افزودن هر دو سطح از صمغ‌های مذکور سبب بهبود ویژگی‌های حسی و تأخیر در میزان بیاتی نمونه‌ها گردیده است [۱۳].

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 سایر محققان می‌باشد که استفاده از صمغ‌ها در

Table 5 Sensory evaluation of carrot sponge cakes containing different concentration of balangu gum.

Gum concentration (%)	Crumb colour lightness	Porosity	Appearance	Flavour	Texture	Total acceptance
Control	5.85±0.88 ^b	5.35±0.75 ^c	4.95±0.76 ^c	5.60±0.60 ^b	4.85±1.23 ^c	5.70±0.73 ^c
0.5 %	6.00±0.97 ^b	5.80±1.28 ^{bc}	5.45±0.69 ^{bc}	6.00±0.97 ^{ab}	5.85±0.67 ^{bc}	6.05±1.00 ^b
1.0 %	6.75±0.64 ^{ab}	6.50±1.10 ^{ab}	6.50±0.83 ^{ab}	6.60±0.88 ^a	6.75±0.50 ^{ab}	6.40±0.50 ^b
1.5 %	7.65±0.81 ^a	7.30±1.13 ^a	7.55±0.94 ^a	6.60±0.75 ^a	7.20±1.01 ^a	7.200±0.77 ^a

Nine-point hedonic scale with 1, 5, and 9 representing extremely dislike, neither like nor dislike, and extremely like, respectively. Means and standard deviations are reported (n = 3). Means with different letter within same columns are significantly different (P<0.05).

کیک هویج حاوی ۱/۵ درصد صمغ دانه بالنگو در فرمولاسیون بالاترین امتیاز را از نظر ارزیابی حسی داشت.

۴- نتیجه‌گیری

افزودن هیدروکلوئیدها به فرمولاسیون کیک باعث بهبود خواص حسی و کیفی بافت آن‌ها می‌شود. در این مطالعه ابتدا خمیر کیک هویج حاوی درصدهای مختلف صمغ دانه بالنگو تهیه و گرانروی آن‌ها بررسی شد. سپس حجم، دانسیته، رنگ و خصوصیات حسی کیک‌های تولیدی مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت. خمیر کیک هویج از نوع سیال غیر نیوتنی وابسته به برش و وابسته به زمان بود و بیش‌ترین گرانروی برای خمیر کیک هویج 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 درصد صمغ در فرمولاسیون کیک افزایش یافت. میزان روشنایی (L^*) با افزایش درصد صمغ افزایش یافت و نمونه‌ها روشن‌تر شدند.

۵- منابع

- [1] 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.
- [2] Salehi, F. 2018. Color changes kinetics during deep fat frying of carrot slice, Heat and Mass Transfer. 54, 3421-3426.
- [3] 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, 34-39.
- [4] Akubor, P. I., Eze, J. I. 2012. Quality evaluation and cake making potential of sun and oven dried carrot fruit, Int. J. Biosci. 2, 19-27.
- [5] Sharma, K. D., Karki, S., Thakur, N. S., Attri, S. 2012. Chemical composition,

- and comparison with Arabic gum and it's utilization in a cake. in: Food science and technology, Isfahan University of Technology, 2004.
- [15] Salehi, F., Amin Ekhlās, S. 2018. The effects of wild sage seed gum (*Salvia macrosiphon*) on the rheological properties of batter and quality of sponge cakes, Journal of Food Biosciences and Technology. 8, 41-48.
- [16] Hosseini, Z. 2006. Common Methods in Food Analysis, Shiraz University Pub,
- [17] Hosseini Ghaboos, S. H., Seyedain Ardabili, S. M., Kashaninejad, M. 2018. Physico-chemical, textural and sensory evaluation of sponge cake supplemented with pumpkin flour, International Food Research Journal. 25, 854-860.
- [18] Salehi, F., Kashaninejad, M., Alipour, N. 2016. Evaluation of physicochemical, sensory and textural properties of rich sponge cake with dried apples powder, Innovative Food Science and Technology. 3, 34-47.
- [19] Rao, M. A. 2010. Rheology of fluid and semisolid foods: principles and applications: principles and applications, Springer Science & Business Media, USA.
- [20] Williams, P. A., Phillips, G. O. 2000. Introduction to food hydrocolloids. In G. O. Phillips, & P. A. Williams (Eds.), Handbook of hydrocolloids, New York, NY: CRC Press,
- [21] 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.
- [22] 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, 375-383.
- [23] Rosell, C., Rojas, J., De Barber, C. B. 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality, Food Hydrocolloids. 15, 75-81.
- [24] Sanchez-Pardo, M., Jiménez-García, E., González-García, I. 2010. Study about the addition of chemically modified starches (cross-linked cornstarches), dextrins, and oats fiber in baked pound cake, Journal of Biotechnology. 150, 316-321.
- [25] Ziobro, R., Korus, J., Witczak, M., Juszczak, L. 2012. Influence of modified functional properties and processing of carrot—a review, Journal of Food Science and Technology. 49, 22-32.
- [6] Sharoba, A., Farrag, M., Abd, E.-S. 2013. Utilization of some fruits and vegetables waste as a source of dietary fiber and its effect on the cake making and its quality attributes, Journal of Agroalimentary Processes and Technologies. 19, 429-444.
- [7] Nouri, M., Nasehi, B., Samavati, V., Mehdizadeh, S. A. 2017. Optimizing the effects of Persian gum and carrot pomace powder for development of low-fat donut with high fibre content, Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre. 9, 39-45.
- [8] Salehi, F., Kashaninejad, M., Tadayyon, A., Arabameri, F. 2015. Modeling of extraction process of crude polysaccharides from Basil seeds (*Ocimum basilicum* L.) as affected by process variables, Journal of Food Science and Technology. 52, 5220-5227.
- [9] Salehi, F., Kashaninejad, M. 2015. Static rheological study of *ocimum basilicum* seed gum, International Journal of Food Engineering. 11, 97-103.
- [10] Peighambari, S. H., Homayouni, R. A., Beikzadeh, S., Asghari, J. A. M., Beikzadeh, M. 2016. Effect of basil seed mucilage on physical, sensory and staling properties of sponge cake, Iranian Journal of Biosystems Engineering. 47, 1-9.
- [11] Dehghani Firoozabadi, A., Hojjateslami, M., Yasin Ardekani, S., Keramat, J. Effect of Adding Plantago gum on staling and sensory properties of sponge cakes. in: Proceedings of the Second National Conference on Food Science and Technology, Islamic Azad University Ghuchan. Iran. (In Farsi), 2012.
- [12] Salehi, F. 2017. Rheological and physical properties and quality of the new formulation of apple cake with wild sage seed gum (*Salvia macrosiphon*), Journal of Food Measurement and Characterization. 11, 2006-2012.
- [13] Movahhed, S., Ranjbar, S., Ahmadi Chenarbon, H. 2014. Evaluation of chemical, staling and organoleptic properties of free – gluten cakes containing Xanthan and Carboxy Methyl Cellulose gums, Iranian Journal of Biosystems Engineering. 44, 173-178.
- [14] Shokri Busjin, Z. Evaluation of relationship between structure, operational and rheological properties of tragacanth gum

- [28] 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, 1033-1047.
- [29] Purlis, E., Salvadori, V. O. 2009. Modelling the browning of bread during baking, *Food Research International*. 42, 865-870.
- [30] 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.
- [31] Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., Sahin, S. 2010. Rheological properties of gluten-free bread formulations, *Journal of Food Engineering*. 96, 295-303.
- starches on properties of gluten-free dough and bread. Part II: Quality and staling of gluten-free bread, *Food Hydrocolloids*. 29, 68-74.
- [26] Sahraian, B., Karimi, M., Habibi Najafi, M., Hadad Khodaparast, M., Ghiafeh Davoodi, M., Sheikholeslami, Z., Naghipour, F. 2014. The effect of Balangu Shirazi (*Lallemantiaroyleana*) gum on quantitative and qualitative of surghum gluten free bread, *Iranian Journal of Food Science Technology*. 129-139.
- [27] Hajmohammadi, A., Keramat, J., Hojjatoleslami, M., Molavi, H. 2014. Evaluation effect of tragacanth gum on quality properties of sponge cake, *Journal of Food Science and Technology*. 42, 1-7.

Improving the rheological, physicochemical, textural and sensory characteristics of sponge cake contained carrot powder using Balangu seed gum

Kelki Bakhshayesh, A. ¹, Hosseini Ghaboos, S. H. ^{2*}, Asadi, Gh. ³

1. MSc Student, Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran , Iran.
2. Assistant Professor, Department of Food Science and Engineering, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr , Iran.
3. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran , Iran.

(Received: 2019/02/10 Accepted:2019/06/17)

Carrot is a good source of carotene, water-soluble vitamins and amino acids. Carrot powder is used because of its high nutritional value, highly desirable flavor, sweetness and appropriate color to improve the quality of bakery products and all types of cakes. In this study, Balangu seed gum was used to improve the characteristics of carrot cake. So, firstly, the carrot cake batter containing different percentages of Balangu seed gum (at four levels 0, 0.5, 1.0, and 1.5%) was prepared and their viscosity was measured. Then the cakes were cooked and their physicochemical properties including weight, ash, moisture, volume, density, crumb color and sensory characteristics were measured. Carrot cakes batter was a non-Newtonian fluid and shear-dependent and time-dependent type. With increasing Balangu seed gum percentage in carrot cake formulation, the viscosity of batter increased ($P<0.05$). With increasing the Balangu seed gum from 0 to 1.5 %, cakes batters viscosity at shear rate of 40 s^{-1} were increased from 16.93 to 32.88 Pa.s ($P<0.05$). The moisture content and volume of cakes were increased with increasing gum percentage ($P<0.05$). With increasing Balangu gum brightness of cakes increased due to increasing volume, in addition decreased yellowing of the samples ($P<0.05$). The L^* , a^* and b^* indexes for sample containing 1.5 % gum were 82.00, 4.12 and 60.24, respectively. Carrot cake containing 1.5% Balangu seed gum significantly had more acceptability than other samples ($P<0.05$).

Keywords: Balangu seed gum, Cake, Carrot, Viscosity.

* Corresponding Author E-Mail Address: Hosseinighaboos@yahoo.com