

بهبود خصوصیات بافتی و حسی کیک اسفنجی حاوی ایزوله پروتئین سویا با استفاده از صمغ دانه بالنگو

فخرالدین صالحی^{*۱}

۱- استادیار گروه مهندسی ماشین‌های صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۴/۰۶ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۳۰)

چکیده

ایزوله پروتئین سویا یک منبع پروتئین گیاهی با کیفیت بالاست که می‌تواند به طیف وسیعی از محصولات غذایی اضافه شود تا کیفیت تغذیه‌ای مواد غذایی را بهبود بخشد. هدف از این پژوهش، بررسی قابلیت استفاده از ایزوله پروتئین سویا در سه سطح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد و صمغ دانه بالنگو در دو سطح ۰/۵ و ۱/۰ درصد در فرمولاسیون کیک اسفنجی می‌باشد. رئولوژی خمیر کیک‌ها با استفاده از ویسکومتر چرخشی، خصوصیات فیزیکوشیمیایی (وزن، رطوبت، حجم و دانسیته) به روش‌های استاندارد، رنگ مغز کیک به روش پردازش تصویر و ارزیابی حسی به روش هدونیک، اندازه‌گیری شدند. با افزایش درصد ایزوله سویا و صمغ دانه بالنگو در فرمولاسیون کیک اسفنجی، گرانیوی خمیر افزایش یافت. خمیر کیک‌های اسفنجی جزء سیال‌های غیر نیوتنی و از نوع وابسته به برش و وابسته به زمان بودند. با افزایش درصد ایزوله سویا از ۱۰ به ۳۰ درصد، گرانیوی خمیر کیک اسفنجی حاوی ۱/۰ درصد صمغ بالنگو در سرعت برشی برابر 20 s^{-1} از $45/0$ به $122/4$ پاسکال ثانیه افزایش یافت ($P<0.05$). مقادیر رطوبت و وزن بعد از پخت کیک‌ها با افزایش درصد ایزوله سویا و صمغ بالنگو افزایش یافتند ($P<0.05$). با افزودن سویا به فرمولاسیون کیک، روشنایی کیک‌ها کاهش یافت اما پارامترهای قرمزی و زردی نمونه‌ها افزایش یافتند ($P<0.05$). شاخص‌های a^* ، L^* و b^* برای نمونه حاوی ۱۰ درصد ایزوله سویا و ۱/۰ درصد صمغ دانه بالنگو به ترتیب برابر $76/76$ ، $0/65$ و $21/76$ به دست آمد. بهترین فرمول برای تولید کیک اسفنجی بر اساس ارزیابی حسی، کیک حاوی ۱۰ درصد ایزوله سویا و ۱/۰ درصد صمغ بالنگو بود.

کلید واژگان: پردازش تصویر، رئولوژی، سویا، فراسودمند، ویژگی‌های حسی.

*مسئول مکاتبات: F.Salehi@Basu.ac.ir

۱- مقدمه

با افزایش توجه مصرف‌کنندگان به غذاهای سلامت بخش و تأیید اثرات پروتئین سویا در کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی توسط سازمان غذا و دارو، استفاده از محصولات پروتئینی سویا افزایش یافته است [۱، ۲]. دانه سویا پروتئین بالایی داشته و در مناطق مختلف کشت می‌شود. ایجاد طعم‌های نامطلوب، حضور مواد ضد تغذیه‌ای و پایین بودن محتوای پروتئین آرد سویا، لزوم تولید محصولاتی همچون کنسانتره و ایزوله پروتئین سویا که میزان پروتئین بالاتر و ویژگی‌های عملکردی بهتری دارند را نمایان کرد. خالص‌ترین شکل پروتئین سویا، ایزوله پروتئین سویا می‌باشد و عبارت است از فراکسیون اصلی پروتئین سویا، که پس از حذف اجزای غیر پروتئینی تولید شده است [۳]. ایزوله پروتئین سویا به شکل پودری، گرانولی و رشته‌ای وجود دارد و دارای حداقل ۹۰٪ پروتئین می‌باشد. این فراورده قابلیت هضم بالایی داشته و نقش بسیار مهمی در فرمولاسیون مواد غذایی ایفا می‌کند. گاهی نیز به عنوان مکمل مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از ایزوله پروتئین سویا به منظور جایگزینی برای پروتئین‌های حیوانی در تولید و غنی‌سازی فراورده‌های کم‌کالری، با پروتئین بالا و کلسترول پایین افزایش یافته است [۱، ۴]. افزودن فراورده‌های سویا به غذاهای اصلی و مورد مصرف عموم از قبیل محصولات نانوائی و قنادی می‌تواند راه عملی و مناسبی برای افزایش دریافت روزانه سویا در رژیم غذایی مردم باشد. افزودن سویا به فراورده‌های غلات، نه تنها میزان پروتئین آن‌ها را افزایش می‌دهد، بلکه اسیدآمینه لیزین، کلسیم کل و فیبر را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد [۱، ۵]. همچنین محققان اعلام کردند که با افزودن حداکثر ۱۰ درصد آرد سویا (با یا بدون چربی) چربی، ۱۵ درصد جو به اضافه آرد سویا (با یا بدون چربی) به آرد گندم، نان‌های قابل قبولی تولید می‌شود [۶]. دهینگرا و جود (۲۰۰۴) نشان دادند که تُردی بافت با شکل ظاهری نان، مرتبط است و نتیجه گرفتند که آرد سویا را می‌توان تا میزان ۱۰ درصد به آرد نان اضافه کرد، بدون اینکه تغییر معنی‌داری در ارزیابی‌های حسی نان ایجاد شود [۶].

ایزوله سویا یک منبع پروتئین گیاهی با کیفیت بالاست که می‌تواند به طیف وسیعی از محصولات غذایی اضافه شود تا کیفیت تغذیه‌ای مواد غذایی را بهبود بخشد. پروتئین‌هایی نظیر پروتئین ایزوله سویا از جمله ترکیباتی می‌باشد که قابلیت

استفاده به عنوان جایگزین گلوتن را در محصولات فاقد گلوتن دارد [۷، ۸]. بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی کیک اسفنجی بدون گلوتن با استفاده از امواج فراصوت و پروتئین ایزوله سویا توسط طالبی و قیافه داودی (۲۰۱۷) بررسی شده است. در نهایت براساس نتایج حاصل از پذیرش‌کلی که میانگینی از سایر خصوصیات حسی بود، مشخص گردید که نمونه حاوی ۱۰ درصد پروتئین سویا و تحت اعمال امواج فراصوت به مدت زمان ۴ دقیقه، بیش‌ترین مقبولیت را در بین داوران چشایی برخوردار بود [۸]. روندا و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی اثر آرد برنج، نشاسته ذرت، سیب زمینی، گندم و ایزوله پروتئین سویا در سطوح صفر، ۱۰ و ۲۰ بر خواص خمیر کیک بدون گلوتن پرداختند. بیشترین حالت الاستیک مربوط به خمیر حاوی آرد برنج و سطوح متفاوت ایزوله پروتئین سویا بود که این نمونه خواص رئولوژیکی مشابه با خمیر حاوی آرد گندم از خود نشان داد [۹].

ایزوله پروتئینی سویا، خالص‌ترین فرم پروتئینی محصولات سویا است و به ویژه زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که مقدار پروتئین بالا و ویژگی‌های عملکردی ویژه مورد نیاز باشد. برخی از خواص عملکردی پروتئین‌های سویا شامل خصوصیت امولسیفایری، تشکیل ژل، جذب و نگهداری آب و چربی، کنترل رنگ و بافت است. به دلیل درصد بالای پروتئین، می‌توان درصد کمتری از آن را به محصول اضافه نمود [۷].

اثر غنی‌سازی آرد گندم با ایزوله پروتئین سویا بر ویژگی‌های کیفی دونات تولید شده از آن توسط محققان بررسی شده است. نتایج این تحقیق حاکی از این است که با افزودن ایزوله پروتئین سویا تا سطح ۵٪ می‌توان نمونه‌های دونات با میزان پروتئین بالاتر تولید کرد، بدون این که تأثیر منفی معنی‌داری بر روی پذیرش کلی آن‌ها داشته باشد [۱۰].

به‌منظور بهبود بافت محصولات غذایی، هیدروکلوئیدها به‌طور گسترده به‌عنوان مواد ژل‌دهنده در سیستم‌های غذایی استفاده می‌شوند. همچنین افزودن هیدروکلوئیدها به فرمولاسیون نان و کیک باعث بهبود خواص حسی و کیفی بافت آن‌ها می‌شود. دانه بالنگو^۱ دارای مقادیر قابل‌توجهی صمغ (موسیلاژ) با خواص عملکردی مناسب است. این موسیلاژ حاوی کربوهیدرات، پروتئین و فیبر بوده و افزودن آن به فرمولاسیون غذاها باعث بهبود خصوصیات رئولوژیکی و بافتی آن‌ها

خریداری و با استفاده از غربالگر، 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 خارج شده توسط دستگاه استخراج کننده (Panasonic MJ-J176P, Japan) از دانه جدا گردید. موسیلاژ به دست آمده در آون (۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و ۴ ساعت) خشک و سپس آسیاب و با غربال با مش ۵۰ الک شد. پودر صمغ تهیه شده در کیسه‌های عایق نسبت به رطوبت و اکسیژن در دمای اتاق نگهداری شدند [۱۶، ۱۷].

۲-۲- تهیه کیک اسفنجی

فرمولاسیون کیک اسفنجی تهیه شده در این پژوهش در جدول ۱ گزارش شده است. جهت تهیه کیک‌ها ابتدا شکر و روغن به مدت ۴ دقیقه توسط همزن برقی مخلوط شدند. سپس تخم مرغ کامل در سه مرحله و در مدت زمان دو دقیقه به مخلوط اضافه گردید. ۱۵ سی‌سی از آب اضافه و دو دقیقه هم زده شد. سایر مواد پودری (به غیر از شکر) باهم مخلوط گردید. از پودر ایزوله پروتئینی سویا (شرکت بکا، تهران، ایران) در سه سطح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد به عنوان جایگزین آرد گندم در فرمولاسیون استفاده شد. صمغ دانه بالنگو نیز در دو سطح ۰/۵ و ۱/۰ درصد (بر پایه آرد گندم) به آن‌ها اضافه گردید. مخلوط مواد پودری 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. ۲۵ گرم خمیر درون هر قالب ریخته شد و جهت پخت در آون با دمای 200 ± 5 درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفت. کیک‌های پخته شده خنک و سپس در بسته‌های پلی‌پروپیلن عایق نسبت به رطوبت و اکسیژن نگهداری شدند [۱۸، ۱۹].

می‌شود [۱۱، ۱۲]. 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 ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد موسیلاژ و نرم‌ترین بافت مربوط به محصول دارای ۰/۲۵ درصد موسیلاژ بود ($p < 0.05$) [۱۳]. مطالعاتی در زمینه استفاده از صمغ دانه‌های بومی در محصولات نانوائی انجام گرفته است. دهقانی و همکاران (۲۰۰۶) تأثیر موسیلاژ اسفرزه در سطوح ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۱۵ درصد بر ویژگی‌های حسی کیک اسفنجی را بررسی کردند. این محققان گزارش کردند که افزودن صمغ اسفرزه خواص حسی را بهبود بخشیده و باعث بهبود خصوصیات فیزیکی محصول نهایی می‌شود [۱۴]. صالحی (۲۰۱۷) از صمغ دانه گیاه مرو (*Salvia macrosiphon*) در فرمولاسیون کیک سبب استفاده نمود. افزودن این صمغ گیاهی باعث بهبود خصوصیات بافتی، حسی و ظاهری کیک سبب شد [۱۵]. استفاده از پروتئین سویا در فراورده‌های حاصل از آرد گندم علاوه بر افزایش خواص تغذیه‌ای، بر کیفیت آن‌ها نیز تأثیر می‌گذارد. در این مطالعه صمغ دانه بالنگو در سطوح ۰/۵ و ۱/۰ درصد و ایزوله سویا در سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد به فرمولاسیون کیک اسفنجی اضافه و سپس ویژگی‌های رفتار جریانی خمیر و خصوصیات فیزیکی، حسی و رنگ مغز کیک‌های اسفنجی تهیه شده ارزیابی شدند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه صمغ بالنگو

صمغ بالنگو مورد استفاده در این پژوهش با استفاده از روش صالحی و کاشانی نژاد (۲۰۱۴) استخراج و بعد از آماده‌سازی در فرمولاسیون کیک استفاده گردید. ابتدا دانه بالنگو از بازار

Table 1 Sponge cake formula

Ingredients (gr)	Treatment 1 (0.5-10)	Treatment 2 (0.5-20)	Treatment 3 (0.5-30)	Treatment 4 (1-10)	Treatment 5 (1-20)	Treatment 6 (1-30)
Balangu seed gum	0.5	0.5	0.5	1	1	1
Soya powder	10	20	30	10	20	30
Wheat flour	90	80	70	90	80	70
Whole egg	72	72	72	72	72	72
Sucrose	72	72	72	72	72	72
Sunflower oil	57	57	57	57	57	57
Dry milk	6	6	6	6	6	6
Baking powder	2	2	2	2	2	2
Water	30	30	30	30	30	30

۲-۳- بررسی خصوصیات رفتار جریانی

رفتار جریانی و گرانیروی خمیر کیک‌ها با استفاده از دستگاه ویسکومتر چرخشی بروکفیلد (Brookfield, DV2T, RV,) در سرعت برشی‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ بر ثانیه، در مدت زمان ۱۸۰ ثانیه (۱۸ نقطه) و در دمای ۲۰ درجه سلسیوس، با استفاده از دوک شماره RV-7 اندازه‌گیری شدند.

۲-۴- اندازه‌گیری دانسیته

حجم و دانسیته کیک‌ها به روش جابه‌جایی حجم با استفاده از دانه کلزا محاسبه گردید. 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 [۱۸، ۱۹].

۲-۵- رنگ مغز کیک

جهت بررسی رنگ مغز کیک‌های اسفنجی از روش پردازش تصویر استفاده شد. در این روش از یک اسکنر اچ‌پی (Hp Scanjet 300)، 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 گرفته‌شده توسط نرم‌افزار Image J (Image J software version 1.42e, USA) و برنامه آن (Color -Space Converter) از فضای رنگی RGB به شاخص‌های $L^*a^*b^*$ تبدیل گردیدند [۲۰].

۲-۶- ارزیابی حسی

از ۱۵ ارزیاب آموزش‌دیده در محدوده سنی ۱۸ تا ۴۰ سال (۸ خانوم و ۷ آقا) جهت بررسی خصوصیات کیک‌های اسفنجی حاوی پودر ایزوله سویا و صمغ دانه بالنگو استفاده گردید. از روش هدونیک ۹ نقطه‌ای (۱=ضعیف، ۵=متوسط و ۹=عالی) جهت بررسی خصوصیات حسی کیک‌ها استفاده شد. روشیایی رنگ مغز کیک (شدت رنگ از بسیار روشن تا تیره مد نظر بود)، مطلوبیت بو (شدت بوی مطلوب یا نامطلوب استشمام شده از نمونه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت)، مقدار تخلخل (میزان خلل و فرج در نمونه‌ها ارزیابی شد)، پذیرش ظاهر (پذیرش کلی از ظاهر نمونه ارزیابی شد)، پذیرش طعم (شدت مناسب بودن کیک‌ها از نظر طعم و مزه ارزیابی شد)، مطلوبیت سفتی (میزان نیروی مورد نیاز برای گاز زدن نمونه‌ها ارزیابی شد)، پذیرش بافت (پذیرش کلی از بافت محصول در هنگام جویدن ارزیابی شد) و پذیرش کلی (در مجموع امتیاز تعلق

گرفته به نمونه‌ها ذکر شد) پارامترهای ارزیابی حسی بودند که توسط ارزیاب‌ها بررسی شدند [۲۱].

۲-۷- تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش اثر متغیرهای درصد ایزوله سویا در سه سطح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد و صمغ دانه‌بالنگو در سطوح ۰/۵ و ۱/۰ درصد بر پایه آرد گندم بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر و ویژگی‌های کیک اسفنجی مورد بررسی قرار گرفت. کلیه آزمایش‌ها در سه تکرار انجام گرفت. ارزیابی یافته‌ها با طرح فاکتوریل در قالب کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. برای رسم نمودارها از برنامه اکسل ۲۰۰۷ و برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SAS 9.1 در سطح معنی‌داری ۰/۵٪ استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خصوصیات جریانی خمیر کیک

در این مطالعه ابتدا خمیر کیک اسفنجی حاوی درصدهای مختلف ایزوله سویا و صمغ دانه بالنگو تهیه و خصوصیات رفتار جریانی آن‌ها بررسی شد. سپس خصوصیات فیزیکی مانند وزن بعد از پخت، حجم، دانسیته، رنگ و ارزیابی حسی کیک‌های تولیدی مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت. بررسی خصوصیات رفتار جریانی و گرانیروی خمیر کیک قبل از طراحی فرآیندهایی مانند سیستم‌های انتقال خمیر، نیروی مورد نیاز برای پمپاژ و قالب‌زنی و پیش‌بینی خصوصیات نهایی کیک پخته‌شده ضروری است. اثر سرعت برشی‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ بر ثانیه و زمان بر گرانیروی خمیر کیک اسفنجی حاوی درصدهای مختلف ایزوله سویا و صمغ دانه بالنگو در شکل ۱ به نمایش در آمده است. همان‌طور که در شکل ۱ ملاحظه می‌شود، در تمامی خمیرها با افزایش سرعت برشی، گرانیروی ظاهری کاهش یافته است و گرانیروی اندازه‌گیری شده در سرعت 10 s^{-1} بیشتر از سرعت 30 s^{-1} می‌باشد. در سایر غلظت‌های ایزوله سویا و صمغ دانه بالنگو نیز رفتار مشابهی مشاهده گردید. کاهش گرانیروی با افزایش سرعت برشی، نشان‌دهنده رفتار شل شونده با برش (سودوپلاستیک^۱) خمیر می‌باشد. با افزایش سرعت برشی از ۱۰ به 30 s^{-1} ، گرانیروی ظاهری خمیر حاوی ۳۰ درصد سویا و ۰/۵ درصد صمغ بالنگو

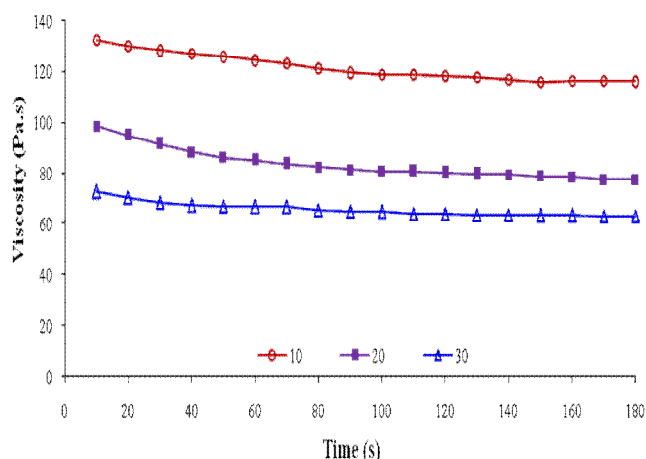


Fig 1 Rheological properties of sponge cake batters containing 30gr soya powder and 0.5 gr Balangu seed gum as a function of shear rate (s^{-1}) and time.

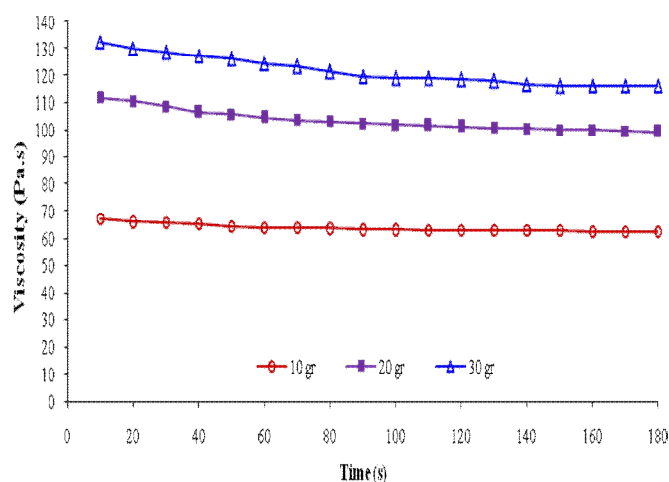


Fig 2 Rheological properties of sponge cake batters containing 0.5 gr Balangu seed gum at shear rate equal $10 s^{-1}$ as a function of soya powder concentration and time.

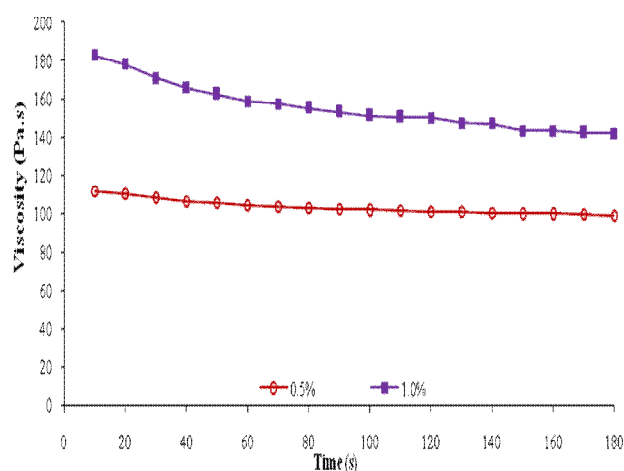


Fig 3 Rheological properties of sponge cake batters containing 20 gr soya powder at shear rate equal $10 s^{-1}$ as a function of Balangu seed gum concentration and time.

از ۱۱۶/۲ به ۶۲/۹ پاسکال ثانیه کاهش یافت. در تمامی غلظت‌ها و سرعت‌ها، گرانیروی ظاهری خمیر کیک اسفنجی با گذشت زمان کاهش یافت، که حاکی از وابستگی سیال غیر نیوتنی به زمان اعمال برش و از نوع وابسته به زمان (تیکسوتروپیک)^۱ می‌باشد. در سیالات تیکسوتروپیک، گرانیروی ظاهری با افزایش مدت زمان اعمال تنش کاهش می‌یابد. صالحی در سال ۲۰۱۷ از صمغ دانه گیاه مرو در فرمولاسیون کیک سیب استفاده نمود و گزارش کرد که ویسکوزیته خمیر کیک حاوی صمغ دانه مرو از نوع شل شونده با برش بوده و با افزایش سرعت برشی، ویسکوزیته کاهش یافت [۱۵]. ترابی و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهشی اثر صمغ و امولسیفایر بر خصوصیات کیک برنجی را بررسی نمودند. این محققان گزارش کردند که افزودن صمغ گرانتان باعث افزایش گرانیروی ظاهری خمیر کیک می‌شود [۲۲].

شکل ۲ اثر تغییر درصد ایزوله سویا بر ویسکوزیته خمیر کیک حاوی ۰/۵ درصد صمغ بالنگو در سرعت برشی برابر s^{-1} ۱۰ را نمایش می‌دهد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود بیش‌ترین گرانیروی مربوط به خمیر حاوی ۳۰ گرم سویا بود. با افزایش مقدار ایزوله سویا از ۱۰ به ۳۰ گرم، گرانیروی خمیر حاوی از ۶۲/۴ به ۱۱۶/۲ پاسکال ثانیه افزایش یافت.

شکل ۳ اثر تغییر درصد صمغ بالنگو بر ویسکوزیته خمیر کیک حاوی ۲۰ درصد ایزوله سویا در سرعت برشی برابر s^{-1} ۱۰ را نمایش می‌دهد. در این شکل مشاهده می‌شود که بیش‌ترین گرانیروی مربوط به خمیر حاوی ۱/۰ درصد صمغ دانه بالنگو می‌باشد. در سایر سرعت‌های برشی و غلظت‌های ایزوله سویا رفتار مشابهی مشاهده گردید.

افزودن صمغ‌های گیاهی یا تجاری به فرمولاسیون کیک و نان باعث بهبود خصوصیات بافتی و افزایش حجم نهایی محصول می‌شود. همان‌طور که در این جدول ملاحظه می‌شود، حجم کیک‌ها به‌طور معنی‌داری با افزایش درصد صمغ بالنگو در فرمولاسیون کیک افزایش یافته است ($P<0.05$). اما با افزایش درصد ایزوله سویا حجم کیک‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P<0.05$). دلیل کاهش حجم با افزایش درصد ایزوله سویا به دلیل کاهش مقدار گلوتن کیک‌ها است که در ایجاد و حفظ حجم نهایی کیک‌ها مؤثر می‌باشد. کم‌حجم‌ترین کیک، نمونه‌ی حاوی ۳۰ درصد ایزوله سویا و ۰/۵ صمغ ($45/94 \text{ cm}^3$) و حجیم‌ترین کیک، کیک حاوی ۱۰ درصد ایزوله سویا و ۱/۰ صمغ ($49/93 \text{ cm}^3$) بود. حاجی 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 [۲۳].

مقادیر درصد رطوبت کیک‌ها نیز رفتار مشابهی را از خود نشان داده و با افزایش درصد ایزوله سویا و صمغ بالنگو، مقدار رطوبت نمونه‌ها افزایش یافته است ($P<0.05$). داویدو 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 [۲۴]. در پژوهشی دیگر تأثیر افزودن صمغ‌های گزانتان و کربوکسی متیل سلولز بر خواص شیمیایی و حسی کیک بررسی شده است. نتایج حاصل از آزمون‌های شیمیایی، افزایش میزان رطوبت در نمونه‌های حاوی صمغ گزانتان و کربوکسی متیل سلولز را در مقایسه با نمونه‌های شاهد (فاقد صمغ) نشان داده است [۲۵].

با افزایش درصد صمغ بالنگو دانسیته کیک‌ها کاهش و با افزایش درصد ایزوله سویا دانسیته افزایش یافت ($P<0.05$). کمترین و بیش‌ترین مقادیر دانسیته به ترتیب مربوط به کیک‌های حاوی ۱۰ درصد ایزوله سویا و ۱/۰ صمغ بالنگو و ۳۰ درصد ایزوله سویا و ۰/۵ صمغ بالنگو که برابر ۳۹۲ و ۴۵۶ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. نتایج ترابی و همکاران (۲۰۰۸) حاکی از بهبود حجم، تخلخل و بافت نمونه‌های کیک

در شکل ۴ گرانیروی ظاهری خمیر کیک‌های اسفنجی با درصدهای مختلف ایزوله سویا و صمغ دانه بالنگو در سرعت برشی برابر با 20 s^{-1} و زمان ۱۸۰ ثانیه به نمایش درآمده است. ملاحظه می‌شود که با افزایش درصد صمغ دانه بالنگو از ۰/۵ به ۱/۰ درصد، گرانیروی خمیر کیک حاوی ۲۰ درصد ایزوله سویا از ۷۲/۰ به ۱۰۰/۸ پاسکال ثانیه افزایش یافته است ($P<0.05$). همچنین با افزایش درصد ایزوله سویا از ۱۰ به ۳۰ درصد، گرانیروی خمیر کیک‌های حاوی ۱/۰ درصد صمغ بالنگو به‌صورت معناداری از ۴۵/۰ به ۱۲۲/۴ پاسکال ثانیه افزایش یافت ($P<0.05$).

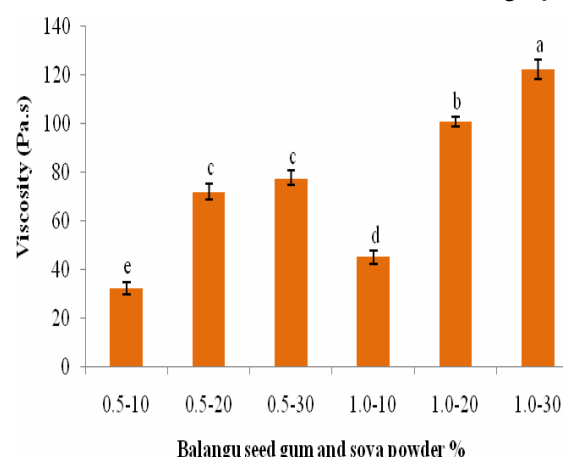


Fig 4 The rheological properties of sponge cake batters with different concentration of soya powder and Balangu seed gum (shear rate= 20 s^{-1}). Bars containing different letters are significantly different ($P<0.05$).

۳-۲- خصوصیات فیزیکی کیک‌ها

در جدول ۲ خصوصیات فیزیکی کیک‌های اسفنجی حاوی ایزوله سویا و 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 ایزوله سویا و صمغ دانه بالنگو، به دلیل توانایی پروتئین‌های سویا و ساختار صمغ در حفظ رطوبت، وزن نمونه‌های حاوی ایزوله سویا و صمغ بیشتر می‌باشد و سنگین‌ترین نمونه مربوط به نمونه حاوی ۳۰ درصد ایزوله سویا و ۱/۰ صمغ است ($P<0.05$). با افزایش درصد ایزوله سویا از ۱۰ به ۳۰ درصد، وزن بعد از پخت کیک‌های حاوی ۱/۰ درصد صمغ بالنگو به‌صورت معناداری از ۱۹/۷۲ به ۲۱/۴۰ گرم افزایش یافت.

مشاهده کردند که حجم کیک‌های تولیدی افزایش و دانسیته آن‌ها کم شده است [۲۶].

اسفنجی حاوی صمغ گزانتان بود [۲۲]. همچنین سانچز-پاردو و همکاران (۲۰۱۰) محصول غنی‌شده با بتا گلوکان یولاف همراه با دکستروزین و نشاسته تغییر یافته را به کیک افزوده و

Table 2 Physical characteristics of sponge cakes with different concentration of soya powder and Balangu seed gum.

Samples	Balangu seed gum (gr)	Soya powder (gr)	Volume (cm ³)	Density (kg/m ³)	Moisture (%)	Weight after baking (gr)
1	0.5	10	48.91±1.2 ^a	397±3.5 ^d	12.9±0.7 ^c	19.42±0.22 ^e
2	0.5	20	47.83±1.8 ^{bc}	420±7.5 ^b	13.1±0.8 ^c	20.08±0.17 ^{cd}
3	0.5	30	45.94±1.9 ^c	456±6.5 ^a	14.3±1.1 ^{ab}	20.96±0.44 ^{ab}
4	1.0	10	49.93±2.3 ^a	392±11.5 ^d	13.3±0.9 ^c	19.72±0.20 ^{de}
5	1.0	20	48.37±1.7 ^{ab}	410±12.8 ^c	13.5±0.7 ^{bc}	20.34±0.17 ^{bc}
6	1.0	30	46.54±1.6 ^c	452±6.1 ^a	14.5±0.7 ^a	21.40±0.30 ^a

Means and standard deviations are reported (n=3).

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

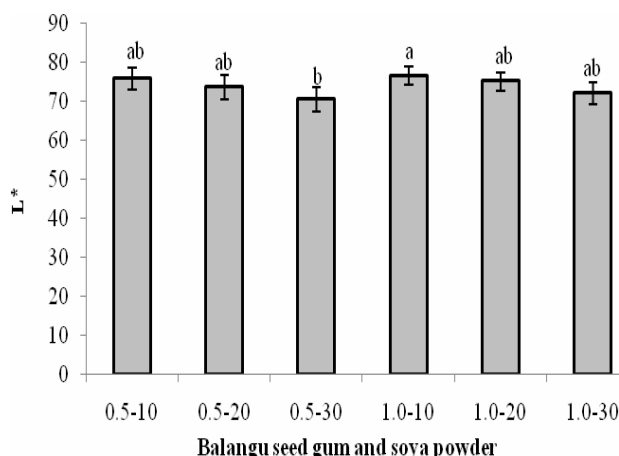


Fig 5 L* index results of crumb color of sponge cakes containing different concentration of soya powder and Balangu seed gum.

اختلاف معناداری بین نمونه‌ها از نظر شاخص a^* مشاهده شد ($P<0.05$) و با افزایش درصد ایزوله سویا پارامتر قرمزی کیک‌ها افزایش یافت (شکل ۶). مقادیر شاخص a^* با افزودن صمغ کاهش یافت که نشان دهنده کاهش رنگ قرمز در کیک‌ها است. با افزایش مقدار ایزوله سویا از ۱۰ به ۳۰ گرم، شاخص a^* مغز کیک حاوی ۰/۵ درصد صمغ دانه بالنگو از ۰/۱۷۵ به ۳/۱۲۷ افزایش یافت. گروهی از محققان نیز در بررسی تغییرات بیسکویت غنی‌شده با آرد سویا به این نتیجه رسیدند که آرد سویا رنگ را افزایش می‌دهد [۲۸].

در شکل ۷ نتایج شاخص b^* مغز کیک با درصدهای مختلف صمغ دانه بالنگو و ایزوله سویا گزارش شده است. اختلاف معنی‌داری در شاخص b^* مشاهده شد و زردی نمونه‌ها با افزایش درصد ایزوله سویا افزایش یافت ($P<0.05$).

۳-۳- پردازش تصویر

مدل رنگی Lab مرکب از جزء روشنایی (مقدار L 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 [۱۶]. در شکل‌های ۵ تا ۷ نتایج مربوط به آنالیز رنگ کیک‌های اسفنجی با درصدهای مختلف ایزوله سویا و صمغ دانه بالنگو مشاهده می‌شود. همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود با افزایش درصد صمغ بالنگو میزان روشنایی (L^*) افزایش یافته و نمونه‌ها روشن‌تر شده‌اند. با افزایش درصد صمغ به دلیل افزایش حجم کیک‌ها، روشنایی مغز کیک‌ها افزایش یافت. نمونه حاوی ۱۰ درصد ایزوله سویا و ۱/۰ درصد صمغ بالنگو از همه روشن‌تر بوده و اختلاف معنی‌داری از نظر روشنایی با نمونه حاوی ۳۰ درصد ایزوله سویا و ۰/۵ درصد صمغ بالنگو دارد ($P<0.05$). با افزایش درصد ایزوله سویا به دلیل رنگ تیره‌تر پودر سویا نسبت به آرد گندم، از مقدار روشنایی کیک‌ها کاسته شد. در مطالعه‌ای توسط شکری (۲۰۰۴)، صمغ کتیرا به‌عنوان جایگزین چربی در کیک استفاده و مشاهده شد تغییر درصد صمغ بر افت وزن نهایی کیک تأثیر معنی‌داری ندارد ولی درصد چروکیدگی کیک، تحت تأثیر درصد صمغ قرار می‌گیرد. نتایج نشان داد که تغییر درصد صمغ بر رنگ کیک تأثیر معنی‌داری دارد [۲۷].

روشن تر بود که این نتایج هم راستا با نتایج پردازش تصویر می باشند. با افزودن صمغ ها به فرمولاسیون کیک و نان، خصوصیات ظاهری و بافتی محصول بهبود می یابد. تیره ترین نمونه مربوط به نمونه حاوی ۳۰ درصد ایزوله سویا و ۱/۰ درصد صمغ بالنگو بود (نمونه ۶) که اختلاف معنی داری با نمونه های ۱ و ۴ داشت ($P < 0.05$) و از نظر ارزیاب ها کمترین امتیاز را دریافت کرد. از نظر مطلوبیت بو و تخلخل کیک ها، اختلاف معناداری بین نمونه ها مشاهده نشد ($P > 0.05$). از نظر پذیرش ظاهر (۸/۶) و طعم (۷/۹) نمونه شماره ۴ بالاترین امتیاز را به خود اختصاص داد. از نظر مطلوبیت طعم فقط بین نمونه های کد ۴ و ۶ اختلاف معناداری وجود داشت ($P < 0.05$) و بین سایر نمونه ها اختلاف معناداری مشاهده نشد ($P > 0.05$).

در جدول ۳ ملاحظه می شود که از نظر رنگ، تخلخل، ظاهر، طعم، سفتی، پذیرش بافت و پذیرش کلی، نمونه حاوی ۱۰ درصد ایزوله سویا و ۱/۰ درصد صمغ بالنگو بالاترین امتیاز را به خود اختصاص داده است (نمونه ۴). البته از نظر پذیرش کلی، اختلاف معناداری بین نمونه های کد ۴ و ۵ مشاهده نشد. نمونه نیز از نظر ارزیاب ها کمترین امتیاز را به خود اختصاص داد. در پژوهشی، اثر غنی سازی با آرد سویای بدون چربی بر ویژگی های حسی و بیولوژیکی نان تافتون بررسی شده است. مخلوط آرد گندم با مقادیر متفاوت آرد سویای بدون چربی، ویژگی های حسی نان شامل شکل ظاهری، طعم و مزه، عطر و بو، تردی و کیفیت کلی را تغییر داد. در اثر افزودن آرد سویا میزان پروتئین و مواد معدنی نان ها افزایش معنی داری یافت. بهترین فرمول برای تولید نان تافتون بر اساس ارزیابی شیمیایی، حسی و بیولوژیکی، نان غنی شده با ۳ تا ۷ درصد آرد سویای بدون چربی بوده است [۲۹]. در پژوهشی دیگر صمغ های 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 آن ها بر ویژگی های کیک اسفنجی بررسی شد. افزودن هر دو سطح از صمغ های مذکور سبب بهبود ویژگی های حسی و تأخیر در میزان بیاتی نمونه ها گردیده است [۲۵].

شاخص b^* در کیک ها با افزایش درصد ایزوله سویا، به دلیل رنگ زرد ایزوله سویا است که با افزودن آن به فرمولاسیون کیک باعث افزایش زردی کیک های پخته شده می شود. شاخص های a^* ، b^* و L^* برای نمونه حاوی ۱۰ درصد ایزوله سویا و ۱/۰ درصد صمغ دانه بالنگو به ترتیب برابر ۷۶/۶۴، ۰/۶۵ و ۲۱/۷۶ به دست آمد.

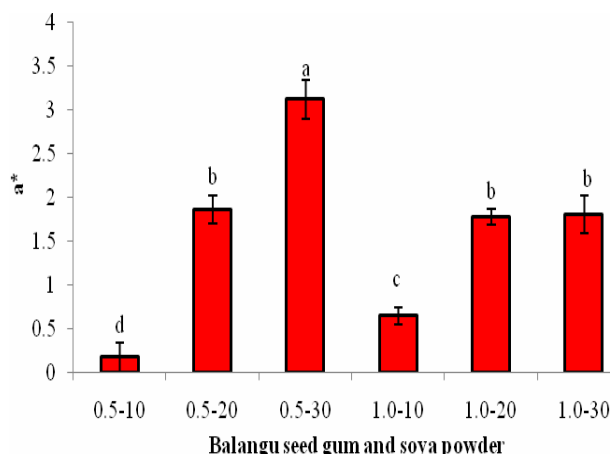


Fig 6 a^* index results of crumb color of sponge cakes containing different concentration of soya powder and Balangu seed gum.

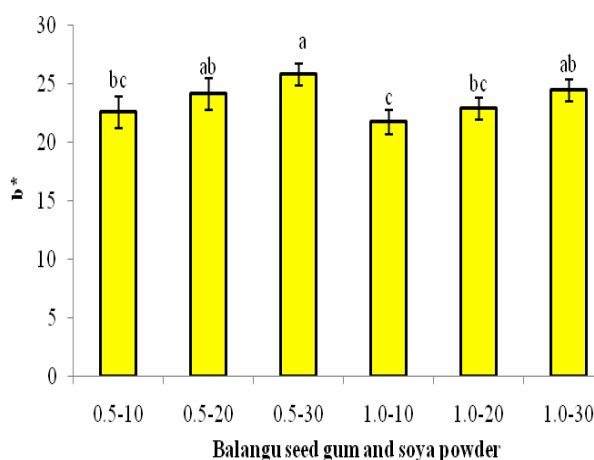


Fig 7 b^* index results of crumb color of sponge cakes containing different concentration of soya powder and Balangu seed gum.

۳-۴- نتایج ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی حسی کیک های اسفنجی با درصدهای مختلف ایزوله سویا و صمغ دانه بالنگو در جدول ۳ به نمایش درآمده است. از نظر ارزیاب ها با افزایش درصد ایزوله سویا، روشنایی کیک ها کاهش یافت و کیک حاوی ۱۰ درصد ایزوله سویا

Table 3 Sensory evaluation of sponge cakes containing different concentration of soya powder and Balangu seed gum.

Samples	Crumb colour lightness	Odor desirability	Porosity	Appearance	Flavour	Texture	Total acceptance
1	8.3±0.8 ^a	7.4±1.4 ^a	7.2±1.6 ^a	8.0±1.2 ^{ab}	7.5±1.4 ^{ab}	7.5±1.5 ^a	7.7±0.8 ^{bc}
2	8.0±1.0 ^{ab}	7.5±1.3 ^a	7.2±1.7 ^a	7.0±1.4 ^b	7.5±1.4 ^{ab}	7.3±1.4 ^{ab}	7.9±1.1 ^{bc}
3	7.9±0.9 ^{ab}	7.3±2.1 ^a	6.8±1.7 ^a	7.4±1.3 ^b	7.4±1.0 ^{ab}	7.1±1.5 ^{ab}	6.9±1.1 ^{cd}
4	8.4±0.9 ^a	7.5±1.4 ^a	7.3±1.3 ^a	8.6±0.7 ^a	7.9±0.8 ^a	7.8±1.3 ^a	8.6±0.7 ^a
5	7.5±1.3 ^{ab}	6.5±2.1 ^a	6.5±1.7 ^a	8.1±0.9 ^{ab}	7.5±1.0 ^{ab}	7.7±0.8 ^a	8.1±0.8 ^{ab}
6	6.9±1.3 ^b	6.6±1.3 ^a	6.5±1.9 ^a	7.7±1.2 ^{ab}	6.8±0.9 ^b	6.6±0.8 ^b	6.5±0.9 ^d

Means and standard deviations are reported (n = 3).

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

isolate and fenugreek gum dispersed systems, Journal of Food Science and Technology. 48, 371-377.

- [4] Lee, N. 2006. Phytoestrogens as bioactive ingredients in functional foods: Canadian regulatory update, Journal of AOAC International. 89, 1135-1137.
- [5] Endres, J., Barter, S., Theodora, P., Welch, P. 2003. Soy-enhanced lunch acceptance by preschoolers, Journal of the American Dietetic Association. 103, 346-351.
- [6] Dhingra, S., Jood, S. 2004. Effect of flour blending on functional, baking and organoleptic characteristics of bread, International Journal of Food Science & Technology. 39, 213-222.
- [7] Zarić, D. B., Pajin, B. S., Rakin, M. B., Šereš, Z. I., Dokić, L. P., Tomić, J. M. 2011. Effect of soya milk on nutritive, antioxidative, reological and textural properties of chocolate produced in a ball mill, Hemijska industrija. 65, 563-573.
- [8] Taleby, H., Ghiafeh Davoodi, M. 2017. Improvement physicochemical, textural and sensory properties of gluten free sponge cake by ultrasound and soy protein isolate, Journal of Food Science & Technology. 14, 195-204.
- [9] 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, 272-277.
- [10] Ghaitaranpour, A., Elahi, M., Najaf, N. M., Mohebbi, M. 2014. Studying the effect of wheat flour fortification with soy protein isolate on quality characteristics of doughnut during storage time, Journal of research and innovation in food science and technology. 3, 307-316.
- [11] Salehi, F., Kashaninejad, M. 2014. Kinetics and thermodynamics of gum extraction from

۴- نتیجه گیری

خمیر کیک اسفنجی از نوع سیال غیر نیوتنی وابسته به برش و وابسته به زمان بود و بیشترین گرانروی برای خمیر حاوی ۳۰ درصد ایزوله سویا و ۱/۰ درصد صمغ دانه بالنگو به دست آمد. با افزایش درصد ایزوله سویا و صمغ دانه بالنگو، به دلیل افزایش درصد پروتئین سویا و ویژگی‌های ساختاری صمغ در حفظ رطوبت، وزن نمونه‌ها بیشتر شد و سنگین‌ترین نمونه مربوط به نمونه حاوی ۳۰ درصد ایزوله سویا و ۱/۰ درصد صمغ دانه بالنگو بود. مقادیر درصد رطوبت کیک‌ها نیز رفتار مشابهی را از خود نشان داده و با افزایش درصد ایزوله سویا و صمغ، مقدار رطوبت نمونه‌ها افزایش یافت. حجم کیک‌ها به‌طور معنی‌داری با افزایش درصد صمغ در فرمولاسیون کیک افزایش یافت اما با افزایش درصد ایزوله سویا حجم کیک‌ها کاهش یافت. میزان روشنایی (L*) با افزایش درصد صمغ افزایش یافت و نمونه‌ها روشن‌تر شدند؛ اما با افزایش درصد ایزوله سویا میزان روشنایی کیک‌ها کاهش یافت. کیک اسفنجی حاوی ۱۰ درصد ایزوله سویا و ۱/۰ درصد صمغ بالنگو در فرمولاسیون بالاترین امتیاز را از نظر ارزیابی حسی داشت.

۵- منابع

- [1] Alibhai, Z., Mondor, M., Moresoli, C., Ippersiel, D., Lamarche, F. 2006. Production of soy protein concentrates/isolates: traditional and membrane technologies, Desalination. 191, 351-358.
- [2] Rastogi, A., Singh, G. 1989. Effect of addition of full fat soy flour of different varieties on quality characteristics and bread making quality of white flour.
- [3] Hefnawy, H. T. M., Ramadan, M. F. 2011. Physicochemical characteristics of soy protein

- [21] Salehi, F., Kashaninejad, M., Akbari, E., Sobhani, S. M., Asadi, F. 2015. Potential of Sponge Cake Making using Infrared-Hot Air Dried Carrot, *Journal of texture studies*.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] 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.
- [25] 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.
- [26] 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.
- [27] Shokri Busjin, Z. Evaluation of relationship between structure, operational and rheological properties of tragacanth gum and comparison with Arabic gum and it's utilization in a cake. in: *Food science and technology*, Isfahan University of Technology, 2004.
- [28] Awasthi, I., Siraj, P., Tripathi, M., Tripathi, V. 2012. Development of Soy fortified high protein and high calorie supplementary biscuits, *Indian Journal of Scientific Research*. 3, 51.
- [29] Mashayekh, M., Mahmoodi, M., Entezari, M. 2007. The effects of flour fortification with defatted soy flour on the organoleptic and biological properties of Taftoon bread, *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*. 2, 73-80.
- wild sage seed, *International Journal of Food Engineering*. 10, 625-632.
- [12] Salehi, F., Kashaninejad, M. 2015. Effect of drying methods on rheological and textural properties, and color changes of wild sage seed gum, *Journal of Food Science and Technology*. 52, 7361-7368.
- [13] Peighambaroust, 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] Salehi, F., Kashaninejad, M. 2014. Effect of different drying methods on rheological and textural properties of balangu seed gum, *Drying Technology*. 32, 720-727.
- [17] 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.
- [18] Salehi, F., Kashaninejad, M., Asadi, F., Najafi, A. 2016. Improvement of quality attributes of sponge cake using infrared dried button mushroom, *Journal of Food Science and Technology*. 53, 1418-1423.
- [19] 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.
- [20] Salehi, F. 2018. Color changes kinetics during deep fat frying of carrot slice, *Heat and Mass Transfer*. 1-8.

Improving the Textural and Sensory Properties of Sponge Cake Containing Soy Protein Isolates using Balangu Seed Gum

Salehi, F.^{1*}

1. Assistant Professor, Department of Food Industry Machines, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

(Received: 2017/07/26 Accepted: 2018/01/20)

Soy protein isolate is a source of high-quality plant protein that can be added to a wide range of food products to improve the nutritional quality of food. The aim of this research work was to study the usability of soy protein isolate at three levels of 10, 20 and 30 % and Balangu seed gum at two levels of 0.5 and 1.0 % in sponge cake formulation. Cake batter rheology by a rotational viscometer, physicochemical characteristics (weight, moisture, volume and density) by standard methods, crumb color by image processing method, and sensory evaluation by hedonic method were evaluated. With increasing soy isolate and Balangu seed gum percentage in sponge cake formulation, the viscosity of batter increased. Sponge cakes batter was a non-newtonian fluid and shear-dependent and time-dependent type. With increasing the soy isolate from 10 to 30 %, sponge cakes batters viscosity contain 1.0 % Balangu gum at shear rate of 20 s^{-1} were increased from 45.0 to 122.4 Pa.s ($P < 0.05$). The moisture content and weight after baking of cakes were increased with increasing soy isolate and Balangu gum percentage ($P < 0.05$). With addition soy to cake formulation, the brightness of cakes decreased but redness and yellowing parameters increased ($P < 0.05$). The L^* , a^* and b^* indexes for sample containing 10% soy isolate and 1.0% Balangu seed gum were 76.64, 0.65 and 21.76, respectively. The best formula for producing sponge cake according to sensory evaluation was cake containing 10% soy isolate and 1.0% Balangu seed gum.

Keywords: Image processing, Functional, Rheology, Sensory properties, Soy.

* Corresponding Author E-Mail Address: F.Salehi@Basu.ac.ir