

بهبود خصوصیات رئولوژیکی، فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی کیک اسفنجی حاوی سیب با استفاده از صمغ گوار

حسینعلی شهرکی^۱، سید حسین حسینی قابوس^{۲*}

۱- دانشجوی گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران

۲- استادیار مرکز تحقیقات صنایع غذایی شرق گلستان، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۷/۰۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۲/۲۲)

چکیده

سیب یک منبع غنی از فیبر و پلی فنول‌ها می‌باشد. از پودر سیب خشک شده می‌توان جهت افزایش ارزش تغذیه‌ای کیک اسفنجی استفاده نمود. در این مطالعه جهت بهبود خصوصیات رئولوژیکی، ظاهری، بافتی و حسی کیک اسفنجی حاوی پودر سیب از درصدهای مختلف صمغ گوار استفاده گردید. ابتدا صمغ‌های گوار در چهار سطح ۰/۰، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد به خمیر کیک اسفنجی حاوی ۱۵ درصد پودر سیب اضافه و سپس خصوصیات رئولوژیکی خمیر و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رنگ، بافت (آزمون نفوذ و آنالیز پروفیل بافت) و حسی کیک‌ها مورد مطالعه قرار گرفتند. با افزودن صمغ گوار در فرمولاسیون کیک سیب، گرانیروی خمیرها به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p < 0/05$). با افزایش درصد صمغ گوار از ۰ به ۰/۷۵ درصد، گرانیروی خمیر کیک سیب در سرعت برشی $20 S^{-1}$ از $19/3$ به $31/88$ پاسکال ثانیه به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p < 0/05$). مقادیر رطوبت و حجم کیک‌ها نیز با افزایش درصد صمغ‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p < 0/05$). با افزودن صمغ‌ها روشنائی کیک‌ها افزایش یافت و همچنین از زردی نمونه‌ها کاسته شد ($p < 0/05$). شاخص‌های L^* ، a^* و b^* برای نمونه حاوی ۰/۷۵ درصد صمغ‌های گوار برابر $86/36$ ، $2/53$ و $35/32$ به دست آمدند. با افزایش درصد صمغ مقدار سفتی کیک‌ها کاهش یافت اما مقادیر فنریت، انسجام و خاصیت ارتجاعی کیک‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت که به دلیل ایجاد بافت مناسب و نرم توسط صمغ در کیک‌ها بود ($p < 0/05$). بر اساس نتایج ارزیابی حسی، نمونه حاوی ۰/۷۵ درصد صمغ گوار بالاترین امتیاز را از نظر پذیرش کلی داشت.

کلید واژگان: بافت سنجی، خصوصیات رئولوژیکی، رنگ، سیب، گوار.

*مستول مکاتبات: Hosseinighaboos@yahoo.com

۱- مقدمه

با توجه به بالا بودن میزان ضایعات تولید سیب در کشور و مازاد مصرف تازه خوری، به منظور کاهش میزان ضایعات این محصول، توجه زیادی به فرآوری و تولید محصولات جدید شده است. خشک کردن یکی از روش‌های مناسب فرآوری و نگهداری این میوه است. سیب خشک دارای ترکیبات تغذیه‌ای فراوان از جمله انواع قندها، مواد معدنی و فیبری باشد. برای انجام این فرآیند از خشک‌کن‌های مختلفی از قبیل خشک‌کن خورشیدی، هوای داغ، انجمادی، بسترسایال، مادون قرمز و مایکروویو استفاده شده است. با استفاده از این روش‌ها می‌توان رطوبت محصول را کاهش داد، در نتیجه مدت ماندگاری آنها افزایش یافته و همچنین هزینه نگهداری و حمل و نقل کاهش می‌یابد. سیب خشک دارای ۱۰/۸۰ درصد رطوبت، ۰/۵۰ درصد خاکستر، ۲/۷۰ درصد چربی، ۲/۰۶ درصد پروتئین و ۵۱/۱۰ درصد فیبر کل می‌باشد [۱-۴].

کیک اسفنجی به عنوان یکی از فراورده‌های غلات، نوعی شیرینی با بافت نرم و دارای تنوع بالایی می‌باشد که در بین افراد جامعه نیز طرفداران زیادی دارد. مواد اصلی کیک اسفنجی را آرد، روغن، شکر و تخم مرغ تشکیل می‌دهد و آرد به عنوان در برگیرنده اجزای مختلف کیک و شکل‌دهنده آن می‌باشد [۵، ۶]. جهت غنی‌سازی و افزایش کیفیت کیک اسفنجی از محصولات خشک شده مانند پودر سیب، هویج، کدو حلوایی، خرما و ... استفاده شده است [۷، ۸]. برای مثال سودها و همکاران (۲۰۰۷) از تفاله سیب خشک شده به عنوان منبع فیبر و پلی فنول‌ها جهت غنی‌سازی کیک اسفنجی استفاده کردند. پودر تفاله سیب در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد جایگزین آرد گندم شده و خصوصیات فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی کیک‌ها گزارش شده است. حجم کیک‌ها کاهش و جذب آب افزایش یافت. مقدار پلی فنل‌ها و فیبر کیک‌های غنی شده افزایش یافت [۸]. صالحی و همکاران (۲۰۱۶) ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و بافتی کیک اسفنجی غنی شده با پودر

سیب را بررسی کردند. پودر سیب در پنج سطح ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد (وزنی/وزنی) به عنوان جایگزین آرد گندم در فرمولاسیون کیک استفاده شد. با افزایش پودر سیب اختلاف معنی‌داری بین کیک‌ها از نظر خصوصیات بافت سنجی مشاهده شد و سفتی نمونه‌ها در محدوده ۱۴/۴۰-۸/۷۹ نیوتن بود. شاخص‌های L^* ، a^* و b^* برای نمونه حاوی ۱۵ درصد پودر سیب به ترتیب برابر ۸۱/۲۶، ۰/۷۸ و ۳۸/۳۱ به دست آمد. بر اساس نتایج ارزیابی حسی، نمونه حاوی ۱۵ درصد پودر سیب بالاترین امتیاز را از نظر پذیرش کلی داشت [۹].

مهاجرت رطوبت و بیاتی از مشکلات عمده موجود در محصولات قنادی و نان بوده که باعث تغییرات غیرقابل برگشت در خصوصیات حسی محصول شده و عمر ماندگاری آن را کاهش می‌دهد. تحقیقات زیادی در جهت افزایش حفظ کیفیت بافت اسفنجی این محصول مانند افزودن صمغ‌های مختلف صورت پذیرفته است. اثر استفاده از چند نوع هیدروکلوئید شامل: سدیم آلزینات، کاراگینان، پکتین، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز، صمغ لوبیای لوکاست، صمغ گوار و صمغ گزانتان بر خواص کیفی کیک اسفنجی توسط برخی از محققان بررسی شده و نتایج حاکی از آن است که هیدروکلوئیدها باعث بهبود خواص حسی و کیفی بافت کیک می‌شود [۱۰، ۱۱]. صالحی (۲۰۱۷) از صمغ دانه گیاه مرو در فرمولاسیون کیک سیب استفاده نمود. افزودن این صمغ گیاهی باعث بهبود خصوصیات بافتی، حسی و ظاهری کیک سیب شد [۴].

صمغ‌های گزانتان و گوار به علت داشتن ویسکوزیته بالا در غلظت و سرعت برش کم، مدول الاستیک بالا، حساس نبودن به حرارت و سازگاری با نمک عملکرد مناسبی در بهبود بافت، حفظ رطوبت خمیر کیک، ماندگاری بالای محصول از طریق محدود کردن رترورگراسیون و ظاهر مناسب را در تولید محصولات آردی بر عهده دارند [۱۲، ۱۳]. ترابی و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهشی اثر صمغ و امولسیفایر بر خصوصیات

کیکی برنجی را بررسی نمودند. افزودن صمغ گزانتان باعث افزایش ویسکوزیته ظاهری خمیر کیک شد. نتایج این محققان حاکی از بهبود حجم، تخلخل و بافت نمونه‌های کیک برنجی حاوی صمغ گزانتان بود [۱۴]. 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 بیای بیانی نمونه‌ها گردیده 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 [۱۵]. اثر صمغ‌های گوار و گزانتان بر خصوصیات کیک بدون گلو تن توسط نقی‌پور و همکاران (۲۰۱۳) 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 ۰/۶۰/۳ مشاهده گردیده است [۱۲].

در این مطالعه جهت بهبود خصوصیات رئولوژیکی، فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی کیک اسفنجی حاوی ۱۵ درصد پودر سیب، از صمغ گوار استفاده و نتایج بدست آمده گزارش می‌شود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه کیک سیب

سیب زرد (*Golden delicious*) از بازار تهیه و با آب سرد شستشوی سطحی داده شد. سپس با یک چاقوی تیز، به‌طور عمودی به ورقه‌هایی به ضخامت ۵ میلی‌متر برش داده شدند.

ورقه‌های سیب بلافاصله پس از برش با خشک کن هوای داغ در دمای ۶۰ درجه سلسیوس خشک شدند. ورقه‌های خشک‌شده سیب آسیاب شد و سپس با استفاده از الک با مش ۵۰ غربال شدند. نمونه‌های تهیه‌شده جهت استفاده در فرمولاسیون کیک، درون کیسه‌های پلاستیکی دربسته قرار گرفتند. نتایج بررسی منابع حاکی از این بود که افزودن ۱۵ درصد پودر سیب خشک شده به فرمولاسیون کیک اسفنجی منطقی بوده و محصول نهایی کیفیت و پذیرش بالاتری است [۹].

فرمولاسیون پایه کیک اسفنجی حاوی سیب تهیه‌شده در این پژوهش در جدول ۱ گزارش شده است. از آرد نول مخصوص قنادی عرضه‌شده با نام تجاری تک (شرکت تک ماکارون، ایران)، در فرمولاسیون کیک استفاده شد. آرد استفاده شده حاوی ۱۴/۲ درصد رطوبت، ۰/۵۵ درصد خاکستر، ۸/۵ درصد پروتئین و pH ۶/۲ بود. مقدار کلسیم و آهن آرد مورد استفاده به ترتیب برابر ۰/۲۴ درصد و ۱۹/۵۸۲ پی پی ام بدست آمد. در این مطالعه در فرمول پایه از ۱۵ درصد سیب استفاده شد. جهت تهیه کیک‌ها ابتدا شکر و روغن به مدت ۵ دقیقه توسط همزن برقی مخلوط شدند. سپس تخم مرغ 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. مواد پودری باهم مخلوط و صمغ گوار نیز در چهار سطح ۰، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد (بر پایه آرد) به آن‌ها اضافه گردید. 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. ۳۰ 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 پخته‌شده خنک و سپس دربسته‌های پلی‌پروپیلن عایق نسبت به رطوبت و اکسیژن نگهداری شدند [۹، ۴].

آرامی سوزانده شد. ظرف حاوی نمونه به مدت ۵ ساعت در کوره الکتریکی در ۵۵۰ تا ۶۰۰ درجه سلسیوس حرارت داده شد تا خاکستر روشنی تشکیل گردد. ظرف در دسیکاتور قرار داده شد تا خنک گردد و سپس توزین توسط ترازو با دقت ۰/۰۰۱ انجام شد [۱۶].

۲-۵- بررسی خصوصیات بافتی

بافت مواد غذایی به عنوان یکی از مهم ترین خصوصیات کیفی محصول، نقش مهمی در پذیرش کلی توسط مصرف کنندگان دارد. خصوصیات بافتی کیک های غنی شده 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) اندازه گیری شد.

آزمون نفوذ: پروب استوانه ای P/6 با قطر ۶ میلی متر، با سرعت ۱/۰ میلی متر بر ثانیه و به عمق ۱۰ میلی متر جهت انجام آزمون نفوذ و بررسی سفتی^۳ کیک های تهیه شده انتخاب شد. سرعت رفت و برگشت پروب ۲/۰ میلی متر بر ثانیه در نظر گرفته شد. آزمون نفوذ در روزهای اول و چهاردهم پس از تهیه کیک ها اندازه گیری شد [۷].

آزمون TPA: پروب استوانه ای P/36R با قطر ۳۶ میلی متر، با سرعت ۱/۰ میلی متر بر ثانیه و با کرنش ۵۰ درصد و فاصله زمانی ۳۰ ثانیه بین دو سیکل جهت انجام آزمون TPA و بررسی خصوصیات مغز کیک های تهیه شده انتخاب شد. سرعت رفت و برگشت پروب ۲/۰ میلی متر بر ثانیه در نظر گرفته شد. در این آزمون خصوصیات شامل سفتی^۴، فنریته^۵، انسجام^۶ و خاصیت ارتجاعی^۷ اندازه گیری و گزارش شد. خصوصیات بافتی کیک ها توسط آزمون TPA در روزهای اول و چهاردهم پس از تهیه کیک ها، بررسی شد [۷].

Table 1 Apple sponge cake formula.

Ingredients	(gr)
Apple	15
Wheat flour	90
Whole egg	72
Sucrose	72
Sunflower oil	57
Dry milk	6
Baking powder	2
Vanilla	0.5
Guar gum	0, 0.25, 0.5, 0.75
Water	30

۲-۲- بررسی خصوصیات رئولوژیکی

بررسی خصوصیات رئولوژیکی و گرانیروی خمیر کیک قبل از طراحی فرآیندهایی مانند سیستم های انتقال خمیر، نیروی مورد نیاز برای پمپاژ و قالب زنی و پیش بینی خصوصیات نهایی کیک پخته شده ضروری است. گرانیروی و رئولوژی خمیر کیک ها با استفاده از دستگاه ویسکومتر چرخشی بروکفیلد (Brookfield, USA) در سرعت برشی های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ بر ثانیه در دمای ۲۰ درجه سلسیوس، با استفاده از اسپیندل شماره RV-5 اندازه گیری شدند.

۲-۳- اندازه گیری دانسیته

حجم و دانسیته کیک ها 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.

۲-۴- اندازه گیری خاکستر

ظرف خاکستر خشک و تمیز به مدت یک ساعت در کوره ۵۵۰-۶۰۰ درجه سلسیوس حرارت داده و در دسیکاتور خنک شد. مقدار ۳ گرم نمونه کیک خرد شده را در ظرف مخصوص خاکستر (کروزه) وزن کرده، سپس روی شعله زیر هود به

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

۲-۶- رنگ مغز کیک

جهت بررسی رنگ مغز کیک‌های اسفنجی از روش پردازش تصویر استفاده شد. در این روش از یک اسکنر اچ‌پی مدل (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 Color software version 1.42e, USA) و برنامه آن (Space-Converter) از فضای رنگی RGB به $L^*a^*b^*$ تبدیل گردیدند. 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 [۴].

۲-۷- ارزیابی حسی

از ۱۵ ارزیاب آموزش‌دیده جهت بررسی خصوصیات کیک‌های سیب حاوی صمغ گوار 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، مقدار تخلخل، پذیرش ظاهر، پذیرش طعم، پذیرش بافت و پذیرش کلی پارامترهای ارزیابی حسی بودند که توسط ارزیاب‌ها بررسی شدند [۱۷].

۲-۸- تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمایش‌ها در سه تکرار انجام گرفت. ارزیابی یافته‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی موردبررسی 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- رئولوژی خمیر کیک اسفنجی حاوی

صمغ گوار

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. اثر سرعت برشی (۱۰، ۲۰ و ۳۰ بر ثانیه) و زمان بر گرانروی خمیر کیک اسفنجی حاوی درصد‌های مختلف صمغ گوار 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 10 s^{-1} بیشتر از سرعت 30 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 (صالحی و همکاران، ۲۰۱۵). با افزایش سرعت برشی از ۱۰ به 30 s^{-1} ، گرانروی ظاهری خمیر حاوی ۰/۷۵ درصد صمغ گوار از ۳۵/۸ به ۲۶/۴۸ پاسکال ثانیه کاهش یافت. بیش‌ترین گرانروی مربوط به خمیر حاوی ۰/۷۵ درصد صمغ گوار 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.

8. Pseudoplastic behavior

9. Thixotropic

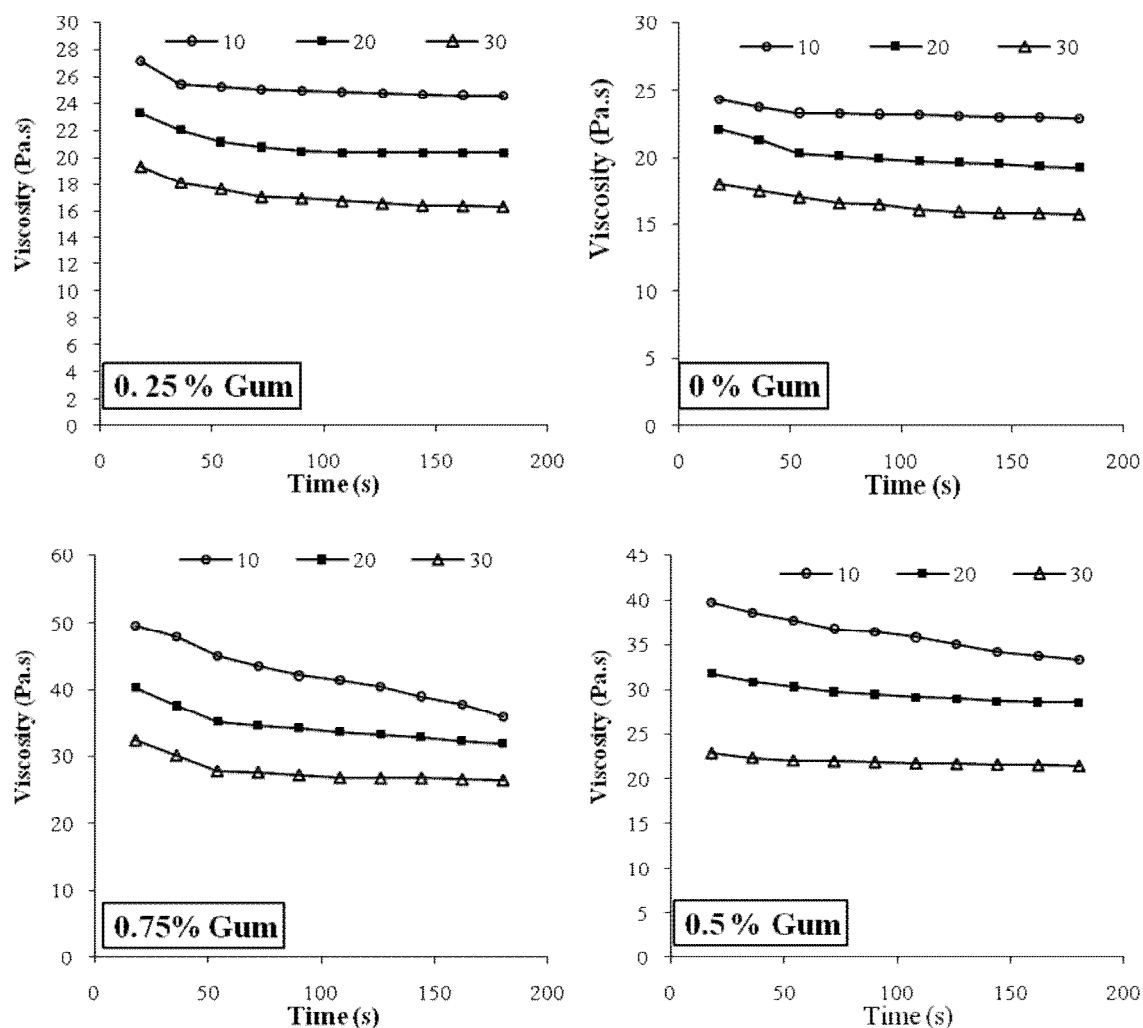


Fig 1 Rheological properties of apple sponge cake batters containing guar gum as a function of shear rate and time.

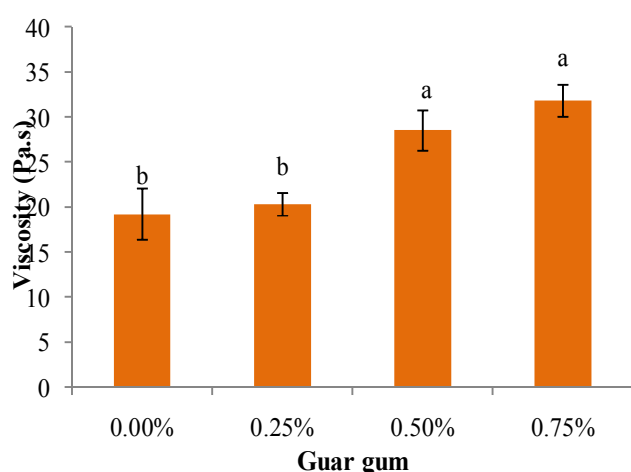


Fig 2 The rheological properties of apple sponge cake batters with different concentration of guar gum (shear rate=20 s⁻¹).

Bars containing different letters are significantly different (P<0.05).

در شکل ۲ گرانروی ظاهری خمیر کیک‌های اسفنجی با درصدهای مختلف صمغ گوار در سرعت برشی برابر با 20 s^{-1} به نمایش درآمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، با افزایش درصد صمغ گوار از صفر به ۰/۷۵ درصد، گرانروی خمیر کیک‌ها به طور معنی‌داری ($P<0.05$) از ۱۹/۲۶ به ۳۱/۸۸ پاسکال ثانیه افزایش یافته است. از نظر گرانروی ظاهری بین نمونه شاهد و ۰/۲۵ درصد صمغ گوار اختلاف معناداری مشاهده نشد. با افزایش درصد صمغ گوار تا ۰/۷۵ درصد، جریان‌پذیری خمیر کاهش یافت و باعث افزایش گرانروی شد.

۳-۲- خصوصیات کیفی کیک‌های اسفنجی

حاوی پودر سیب

صمغ‌ها حتی در غلظت کم تأثیر بسزایی در بافت و حجم کیک‌ها دارند. در جدول ۲ خصوصیات فیزیکی کیک‌های اسفنجی حاوی پودر سیب و صمغ گوار 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 گوار، به دلیل توانایی صمغ در حفظ رطوبت، وزن نمونه‌های حاوی صمغ بیشتر می‌باشد و سنگین‌ترین نمونه مربوط به نمونه حاوی ۰/۷۵ 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 [۱۸]. سطوح صمغ استفاده شده در فرمولاسیون کیک‌ها کم بود، لذا اختلاف معناداری ($p < 0.05$) بین درصد پروتئین و چربی کیک‌ها مشاهده نشد. میانگین درصد پروتئین و چربی کیک‌ها به ترتیب برابر ۵/۹۵ و ۲۳/۳۴ درصد به دست آمدند.

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 (cm^3 ۶۲/۵۷) و حجیم‌ترین کیک، کیک حاوی ۰/۷۵ درصد صمغ (cm^3 ۶۹/۷۸) بود. با افزایش درصد صمغ دانسیته به صورت خطی کاهش یافت. کمترین و بیشترین مقادیر دانسیته به ترتیب مربوط به کیک‌های حاوی ۰ و ۰/۷۵ درصد صمغ گوار

که برابر ۳۹۷/۵ و ۳۸۳/۷ 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. سانچز-پاردو 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. همچنین از نظر ارزیابی حسی، نمونه‌های غنی‌شده امتیاز بالاتری را به خود اختصاص دادند [۱۹].

افزایش میزان تخلخل به دلیل کاهش اندازه و افزایش تعداد سلول‌های گازی و توزیع یکنواخت آن‌ها در بافت محصول است [۲۰]. صحرائیان 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 [۱۳].

نتایج ترابی و همکاران (۲۰۰۸) حاکی از بهبود حجم، تخلخل و بافت نمونه‌های کیک حاوی صمغ گزانتان بود [۱۴]. 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 [۲۱].

Table 2 Physical characteristics of apple sponge cakes with different concentration of guar gum.

Gum concentration (%)	Ash	Volume (cm^3)	Density (kg/m^3)	Moisture (%)	Weight after baking (gr)
0	1.35±0.006 ^a	62.57±1.47 ^c	397.5±4.23 ^a	19.07±0.17 ^c	24.87±0.61 ^c
0.25	1.32±0.010 ^{ab}	64.38±1.62 ^b	395.2±1.53 ^a	19.29±0.40 ^{bc}	25.44±0.40 ^{bc}
0.5	1.30±0.006 ^b	67.67±1.65 ^a	386.0±2.55 ^b	19.98±0.63 ^b	26.12±0.60 ^{ab}
0.75	1.29±0.006 ^b	69.78±2.86 ^a	383.7±3.72 ^b	20.84±0.37 ^a	26.78±0.17 ^a

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

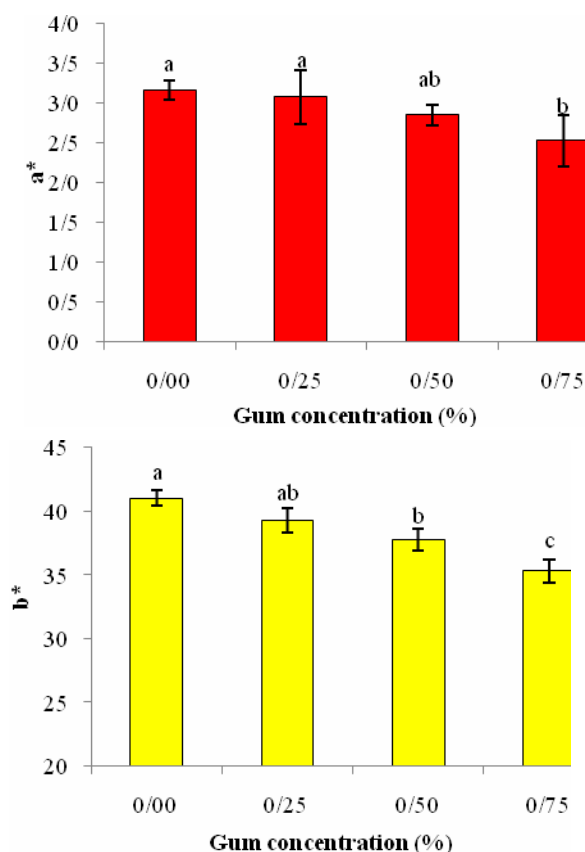


Fig 3 Crumb color indexes ($L^* a^* b^*$) of apple cakes with different concentration of guar gum.

* Means $\pm$ standard deviation

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

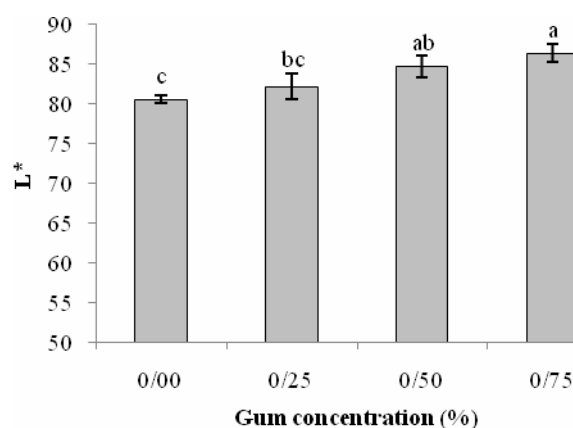
۳-۴- بافت سنجی

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 سیب حاوی صمغ گوار به نمایش درآمده است. همانطور که ملاحظه می شود، بین نمونه های غنی شده اختلاف معنی داری از نظر سفتی وجود دارد و در مقایسه با نمونه شاهد، با افزایش درصد صمغ، سفتی نمونه ها کاهش یافته است. مقدار عددی مربوط به سفتی بافت کیک حاوی ۰/۷۵ درصد صمغ گوار در روز اول برابر ۱/۸۴۵ نیوتن به دست آمد. سفتی کیک های غنی شده با پودر سیب حاوی صمغ گوار در روز اول و روز چهاردهم به ترتیب در محدوده ۲/۴۰۱-۱/۸۴۵ نیوتن و ۳/۳۱۳-۲/۲۶۷ نیوتن به دست آمد. در طی نگهداری کیک ها، سفتی آن ها به طور معنی داری افزایش یافت ($P < 0.05$). متوسط سفتی نمونه ها کیک حاوی ۰/۷۵ درصد صمغ گوار در روز چهاردهم ۲/۲۶۷ نیوتن به دست آمد.

۳-۳- پردازش تصویر

در شکل ۳ نتایج مربوط به آنالیز رنگ کیک های سیب با درصدهای مختلف صمغ گوار مشاهده می شود. همانطور 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 ۰/۷۵ درصد صمغ از همه روشن تر بوده و اختلاف معنی داری از نظر روشنایی با نمونه بدون صمغ دارد. مقادیر شاخص a^* در محدوده ۲/۵۳ تا ۳/۱۶ 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 ۰/۷۵ درصد صمغ گوار به ترتیب برابر ۸۶/۳۶، ۲/۵۳ و ۳۵/۳۲ 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 [۲۲]. پورلیس و سالوادوری (۲۰۰۹) نیز نتایج مشابهی را گزارش نموده اند. 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 [۲۳].



۳ و ۴ گزارش شده است. با افزایش درصد صمغ گوار از صفر به ۰/۷۵ درصد، مقدار سفتی کیک‌ها در روز اول از ۱۱۴۰/۲۲ به ۷۱۰/۸۹ گرم کاهش یافته است. با افزایش درصد صمغ گوار از صفر به ۰/۷۵ 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 ۰/۷۵٪ صمغ برای روزهای اول و چهاردهم به ترتیب برابر ۷۱۰/۸۹ و ۷۱۹/۴۱ 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 ۰/۷۵ درصد صمغ گوار به فرمولاسیون کیک سیب مشاهده شد که تغییرات سفتی، فنریت، انسجام و خاصیت ارتجاعی در طی زمان (چهارده روز) حداقل می‌باشد.

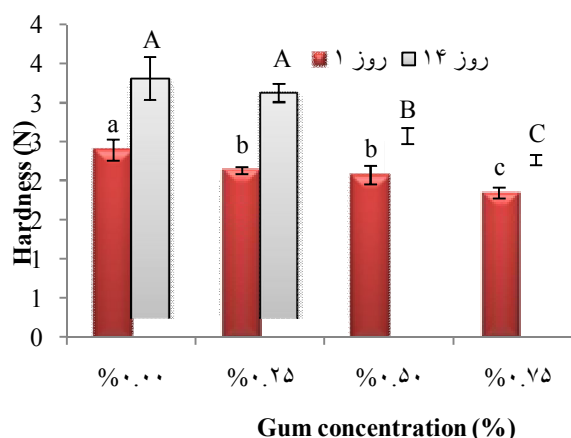


Fig 4 Hardness of apple cakes with different concentration of guar gum.

* Means $\pm$ standard deviation

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

نتایج آنالیز پروفیل بافت (TPA) کیک‌های سیب حاوی صمغ گوار بعد از یک و چهارده روز نگهداری به ترتیب در جداول

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

Samples	Hardness (g)	Springiness	Cohesiveness	Resilience
Control	1140.22 ^a	0.85 ^b	0.48 ^c	0.17 ^c
0.25 %	1043.88 ^{ab}	0.86 ^b	0.55 ^{bc}	0.22 ^{bc}
0.50 %	912.63 ^b	0.89 ^{ab}	0.59 ^{ab}	0.26 ^{ab}
0.75 %	710.89 ^c	0.92 ^a	0.63 ^a	0.28 ^a

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

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

Samples	Hardness (g)	Springiness	Cohesiveness	Resilience
Control	1436.41 ^a	0.78 ^c	0.41 ^c	0.11 ^c
0.25 %	1211.79 ^b	0.85 ^b	0.51 ^b	0.18 ^b
0.50 %	921.79 ^c	0.88 ^{ab}	0.56 ^b	0.21 ^b
0.75 %	719.41 ^d	0.91 ^a	0.62 ^a	0.27 ^a

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

روشنایی کیک‌ها افزایش یافته و کیک حاوی ۰/۷۵ درصد صمغ روشن‌تر بود که این نتیجه هم‌راستا با نتایج پردازش تصویر می‌باشند. 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 ۰/۷۵ 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

۳-۵- نتایج ارزیابی حسی

اثر استفاده از چند نوع هیدروکلوئید شامل: سدیم آلژینات، کاراگینان، پکتین، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز، صمغ لوبیایی لوکاست، صمغ گوار و صمغ گزانتان بر خواص کیفی کیک اسفنجی توسط برخی از محققان بررسی شده و نتایج حاکی از آن است که هیدروکلوئیدها باعث بهبود خواص حسی و کیفی بافت کیک می‌شود [۱۰، ۲۴]. نتایج ارزیابی حسی کیک‌های اسفنجی با درصدهای مختلف صمغ گوار در جدول ۵ به نمایش درآمده است. از نظر ارزیاب‌ها با افزایش درصد صمغ،

احساس دهانی نامطلوب، از نظر ارزیاب‌ها کمترین امتیاز را به خود اختصاص داد. این نتایج هم‌راستا با نتایج لازاریدو و همکاران (۲۰۰۷) و دمیرکسن و همکاران (۲۰۱۰) می‌باشد که استفاده از صمغ‌ها در فرمولاسیون محصولات آردی را توصیه نموده‌اند [۲۲، ۲۵].

مطلوب به دلیل تخلخل و بافت مناسب، طعم و پذیرش کلی، نمونه حاوی ۰/۷۵ درصد صمغ بالاترین امتیاز را به خود اختصاص داد. از نظر پذیرش کلی، اختلاف معناداری بین نمونه حاوی ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد صمغ مشاهده نشد. نمونه بدون صمغ، به دلیل رنگ تیره، تخلخل پایین، سفتی بافت و

Table 5 Sensory evaluation of apple sponge cakes containing different concentration of guar gum.

Gum concentration (%)	Crumb colour lightness	Porosity	Appearance	Flavour	Texture	Total acceptance
0	5.73±0.88 ^c	5.27±0.80 ^c	4.80±0.77 ^c	5.20±0.86 ^c	4.67±0.98 ^c	5.20±0.94 ^c
0.25	5.53±0.74 ^c	5.53±0.92 ^c	5.13±0.83 ^c	5.47±0.99 ^{bc}	5.60±0.51 ^b	5.47±1.92 ^{bc}
0.50	6.53±0.52 ^b	6.33±0.98 ^b	6.40±0.83 ^b	6.20±0.86 ^{ab}	6.60±0.63 ^a	6.13±0.64 ^b
0.75	7.60±0.74 ^a	7.27±0.96 ^a	7.27±0.80 ^a	6.53±0.64 ^a	7.13±1.06 ^a	7.40±0.91 ^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).

- [2] Sereno, A., Moreira, R., Martinez, E. 2001. Mass transfer coefficients during osmotic dehydration of apple in single and combined aqueous solutions of sugar and salt, *Journal of Food Engineering*. 47, 43-49.
- [3] Zarein, M., Samadi, S. H., Ghobadian, B. 2015. Investigation of microwave dryer effect on energy efficiency during drying of apple slices, *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 14, 41-47.
- [4] 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.
- [5] Payan, R. Introduction to technology of cereal products. in, Nourpardazan press, Tehran, 1998.
- [6] Payan, R. Introduction to Cereal Production Technology. in, Aijh publications, 2008.
- [7] Hosseini Ghaboos, S. H., Seyedain Ardabili, S. M., Kashaninejad, M. 2017. Physico-chemical, textural and sensory evaluation of sponge cake supplemented with pumpkin flour, *International Food Research Journal*. 25, 1-7.
- [8] Sudha, M. L., Baskaran, V., Leelavathi, K. 2007. Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making, *Food Chemistry*. 104, 686-692.
- [9] Salehi, F., Kashaninejad, M., Alipour, N. Evaluation of Physicochemical, Sensory and

۴- نتیجه گیری

در این مطالعه ابتدا خمیر کیک اسفنجی غنی شده با پودر سیب حاوی درصدهای مختلف صمغ گوار تهیه و خصوصیات رئولوژیکی آن‌ها بررسی شد. سپس خصوصیات کیفی، حجم، دانسیته، رنگ، بافت و خصوصیات حسی کیک‌های تولیدی مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت. خمیر کیک اسفنجی حاوی درصدهای مختلف صمغ گوار از نوع سیال غیر نیوتنی سودوپلاستیک (وابسته به برش) و تیکسوتروپیک (وابسته به زمان) بود و بیش‌ترین گرانیروی برای خمیر حاوی ۰/۷۵ درصد صمغ به دست آمد. با افزایش درصد صمغ، به دلیل توانایی صمغ در حفظ رطوبت، وزن نمونه‌های حاوی صمغ بیشتر شد و سنگین‌ترین نمونه مربوط به نمونه حاوی ۰/۷۵ 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. کیک اسفنجی حاوی ۰/۷۵ درصد صمغ گوار در فرمولاسیون بالاترین امتیاز را از نظر ارزیابی حسی داشت.

۵- منابع

- [1] Krokida, M. K., Tsami, E., Maroulis, Z. B. 1998. Kinetics on color changes during drying of some fruits and vegetables, *Drying Technology*. 16, 667-685.

- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] Ziobro, R., Korus, J., Witzak, 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, 68-74.
- [21] Hajmohammadi, A., Keramat, J., Hojjatoleslami, M., Molavi, H. 2014. Evaluation effect of tragacanth gum on quality properties of sponge cake, *Food science and technology*. 42, 1-7.
- [22] 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.
- [23] Purlis, E., Salvadori, V. O. 2009. Modelling the browning of bread during baking, *Food Research International*. 42, 865-870.
- [24] Gomez, M., Ruiz-París, E., Oliete, B., Pando, V. 2010. Modeling of texture evolution of cakes during storage, *Journal of texture studies*. 41, 17-33.
- [25] Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., Sahin, S. 2010. Rheological properties of gluten-free bread formulations, *Journal of Food Engineering*. 96, 295-303.
- Textural Properties of Rich Sponge Cake with Dried Apples Powder. in: *Innovative Food Science and Technology*, 2016.
- [10] Gómez, M., Ruiz, E., Oliete, B. 2011. Effect of batter freezing conditions and resting time on cake quality, *LWT-Food Science and Technology*. 44, 911-916.
- [11] Rosell, C., Rojas, J., De Barber, C. B. 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality, *Food Hydrocolloids*. 15, 75-81.
- [12] Naghipour, F., Karimi, M., Habibi Najafi, M. B., Hadad Khodaparast, M. H., Sheikholeslami, Z., Ghiafeh Davoodi, M., Sahraiyani, B. 2013. Investigation on production of gluten free cake utilizing sorghum flour, guar and xanthan gums, *Food science and technology*. 41, 127-139.
- [13] Sahraiyani, 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] Hosseini, Z. 2006. *Common Methods in Food Analysis*, Shiraz University Pub,
- [17] 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*.

Improving the rheological, physicochemical, textural and sensory properties of sponge cake contained apple using guar gum

Shahraki, H. A.¹, Hosseini Ghaboos, S. H.^{2*}

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

(Received: 2018/04/09 Accepted: 2018/05/12)

Apple is a rich source of fiber and polyphenols. Dried apple powder can be used for increasing nutritional value of sponge cake. In this study to improving rheological, appearance, textural and sensory properties of sponge cake contained apple powder, different percent of guar gum were used. First guar gum at four levels 0, 0.25, 0.5 and 0.75 % were added to sponge cake contained 15% apple powder and then batter rheological properties, and physicochemical, color, texture (puncture test and texture profile analysis) and sensory properties of cakes were studied. With increasing guar gum in formulation of apple cake, viscosity of batter increased significantly ($p < 0.05$). With increasing the guar gum from 0 to 0.75 %, sponge cakes batters viscosity at shear rate of 20 s^{-1} were increased significantly from 19.3 to 31.88 Pa.s ($p < 0.05$). The moisture content and volume of cakes were increased with increasing gum percentage ($p < 0.05$). With addition gums brightness of cakes increased, as well as decreased yellowing of the samples ($p < 0.05$). The L^* , a^* and b^* indexes for sample containing 0.75 % guar gum were 86.36, 2.53 and 35.32,. With increasing gum content, the firmness of the cakes was reduced, but the amount of springiness, cohesiveness and resilience of the cakes increased significantly due to the formation of proper and soft texture by gum in the cakes ($p < 0.05$). According to the sensory evaluation results, samples containing 0.75 % guar gum had the highest total acceptance score.

Keywords: Apple, Color, Guar, Rheological properties, Texture.

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