نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۰، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۳۸۶-۳۷۵

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 10, No. 4, Winter 2015, p. 375-386

بررسی اثر صمغ‌های زانتان و قدومه شهری بر کیفیت و ماندگاری کیک شیفون

سپیده امیرآبادی[۱]- آرش کوچکی[۲*]- محبت محبی[۳]

تاریخ دریافت:۱۳۹۲/۲/۲۹
تاریخ پذیرش:۱۳۹۳/۳/۲۰

چکیده

در این تحقیق، اثر صمغ‌های زانتان و قدومه شهری (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد) بر کیفیت و ماندگاری کیک شیفون بررسی شد. بدین منظور، چگالی، ویسکوزیته ظاهری خمیرآبه و حجم، حجم مخصوص، رطوبت، ویژگی‌های حسی و بافتی و رنگ پوسته و مغز کیک مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت بررسی اثر صمغ‌ها بر ماندگاری، تمام کیک‌ها تا ۶ روز نگهداری شدند. نتایج نشان داد، هر دو صمغ باعث بهبود ویژگی‌های کیک شیفون در روز تولید و طی زمان نگهداری گشتند. استفاده از ۰/۱ درصد صمغ زانتان باعث افزایش حجم و پیوستگی، کاهش سفتی و افت رطوبت طی نگهداری گردید.

واژه‌های کلیدی: بافت، زانتان، صمغ دانه قدومه شهری، کیک شیفون ، ماندگاری

مقدمه

کیک شیفون در دسته‌ای جداگانه، بین کیک‌های اسفنجی و روغنی قرار دارد. در تهیه این کیک از روغن و بیکینگ پودر (مانند کیک‌های روغنی) و سفیده تخم مرغ زده (مشابه کیک‌های اسفنجی) استفاده می‌شود. کیک‌های با کیفیت بالا، ساختار مغز یکنواخت و نرم داشته و حجم و ماندگاری آن‌ها بالا می‌باشد (Gelinas *et al*., 1999). کیفیت نهایی کیک متاثر از موادی است که در فرمول آن بکار می رود. به منظور بهبود کیفیت کیک در بسیاری از موارد از افزودنی‌های مختلف به عنوان مثال، از هیدروکلوئیدها به عنوان ترکیبات بهبود دهنده کیفیت (Anderson *et al*., 1988) استفاده می‌شود. این ترکیبات می‌توانند باعث بهبود بافت، به تعویق انداختن رتروگراداسیون نشاسته، حفظ رطوبت و افزایش کیفیت محصولات طی نگهداری شوند (Stauffer, 1990). افزودن صمغ‌ها به فرمول فراورده‌های نانوایی باعث افزایش مقدار فیبر محلول و ظرفیت نگهداری آب در آن‌ها می‌شود. این آب باعث افزایش حجم فراورده‌ها، بدون تغییر در خصوصیات اصلی آن‌ها می‌شود.

اغلب صمغ‌ها جهت افزایش ویسکوزیته و پایداری خمیرابه کیک، جلوگیری از بیات شدن، بهبود بافت کیک و افزایش قابلیت نگهداری رطوبت به فرمول کیک‌ها اضافه می شوند (Bell *et al*., 1991). اغلب هیدروکلوئیدها ویژگی‌های خمیر نشاسته (دمای ژلاتیناسیون، ویسکوزیته خمیرو رتروگراداسیون نشاسته) را بهبود می‌بخشند (Christianson *et al*., 1981؛ Rojas *et al*., 1999؛ Rosell *et al*., 2001). این ویژگی ها بر پخت کیک، کیفیت نهایی محصول و بیاتی فراورده موثر است (Collar, 2003).

صمغ زانتان یک پلی ساکارید خارج سلولی است که توسط باکتری زانتاموناس کمپستریس تولید می‌شود. این صمغ وزن مولکولی بیش از $۱۰^{۶}$ دالتون و رفتار جریانی شبیه به سیالات سودوپلاستیک دارد. از جمله ویژگی های مهم صمغ زانتان می‌توان به حلالیت در آب سرد و گرم، ایجاد ویسکوزیته بالا در غلظت پایین، مقاومت نسبت به حرارت، حلالیت و پایداری در سیستم‌های اسیدی، سازگاری عالی با نمک، توانایی تثبیت سوسپانسیون‌ها و امولسیون‌ها، و مقاومت نسبت به انجماد و خروج از انجماد اشاره کرد. صمغ زانتان در یکنواختی، به دام انداختن و حفظ هوای خمیرابه‌های کیک‌ها و بیسکوئیت‌ها سهم دارد. استفاده از این صمغ، حجم، رطوبت و استحکام مغز این فراورده‌ها را بالا می‌برد (Phillips *et al*., 2000).

صمغ قدومه شهری از دانه گیاه *Lepidium perfoliatum* استخراج می‌شود. این دانه در طب سنتی جهت درمان بیماری‌های مختلف مورد استفاده بوده است. تجزیه شیمیایی صمغ نشان داد این صمغ حاوی ۸۸/۲۳ درصد قند، ۴/۶ درصد پروتئین، ۰/۶ درصد رطوبت، ۰/۱۸ درصد خاکستر و فاقد چربی است. این صمغ رفتاری

۱، ۲و۳ - به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و دانشیاران گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(* - نویسنده مسئول: Email: koocheki@um.ac.ir)

شبیه به سیالات سودوپلاستیک دارد. ویسکوزیته و قابلیت جذب آب صمغ قدومه مشابه صمغ زانتان و حلالیت آن کمتر از این صمغ می‌باشد. رفتار جریان صمغ قدومه شهری متاثر از نوع و غلظت نمک است. پایداری کف آلبومین در حضور این صمغ افزایش می‌یابد (Koocheki *et al*., 2011).

تاکنون مطالعات زیادی بر روی اثر هیدروکلوئیدها بر بهبود بافت و بیاتی و حتی استفاده از آنها به عنوان جایگزین گلوتن در نان انجام شده است. اما بررسی اثر صمغ‌ها بر سایر فراورده‌های نانوایی مانند کیک تاکنون بسیار محدود بوده است. هدف از این تحقیق بررسی اثر بهبود دهندگی صمغ‌های زانتان و قدومه شهری، بر خواص فیزیکی و حسی کیک شیفون و توانایی آن‌ها در به تاخیر انداختن بیاتی طی یک هفته نگهداری است.

مواد و روش‌ها

مواد

آرد مخصوص تهیه کیک با ۸/۲ درصد پروتئین، ۹/۸ درصد رطوبت و ۰/۸ درصد خاکستر از فروشگاه تهیه و در یخچال نگهداری گردید. وانیل، شکر، روغن مایع، کرم تارتار، بیکینگ پودر و اسانس کره از فروشگاه‌های سطح شهر مشهد تهیه شد. تخم مرغ تازه یک روز قبل از تولید تهیه و در یخچال قرار گرفت. صمغ زانتان از شرکت سیگما تهیه گردید. دانه قدومه شهری از داروخانه گیاهی شهر مشهد تهیه و صمغ دانه به روش Koocheki و همکاران (۲۰۰۹) استخراج شد.

بدین منظور ذرات خارجی دانه قدومه شهری پس از خریداری از آن جدا و صمغ دانه‌ها با استفاده از آب دیونیزه (با نسبت ۱:۳۰) با pH ۸ استخراج شد. pH طی فرایند با استفاده از محلول‌های ۰/۱ mol/L NaOH و HCl تنظیم و دما در (۴۸^{o}C) ثابت شد. پس از رساندن آب به دمای مورد نظر، دانه‌ها به آب اضافه شدند. مخلوط آب و دانه با استفاده از همزن الکتریکی در طول زمان استخراج همزده شد. دانه‌ها از محلول جدا و در نهایت محلول بدست آمده، به مدت یک شب با استفاده از آون (۷۰^{o}C) خشک و پس از آسیاب با استفاده از الک (مش ۱۸)، الک شد.

روش‌ها

تولید خمیرابه و کیک

در تهیه کیک شیفون از آرد گندم (۱۰۰g)، روغن مایع(۳۰g)، آب (۵۶g)، شکر (۷۱g)، تخم مرغ کامل (۱۳۳g)، بیکینگ پودر(۳/۳g)، وانیل (۰/۴۵g)، کرم تارتار (۰/۸g)، اسانس کره (۷ قطره)، صمغ‌های زانتان و قدومه شهری (۰/۱g، ۰/۲ و ۰/۳) استفاده شد. جهت تهیه خمیرابه کیک ابتدا تمام مواد به اندازه لازم توزین و سپس تمام مواد خشک (آرد، وانیل، بیکینگ پودر، شکر، نمک و صمغ) با هم مخلوط و سه مرتبه الک شد. زرده و سفیده تخم مرغ جدا و سفیده تخم مرغ با دور ۵ هم زن خانگی تفال (مدل HT410162، چین) (۹۰ ثانیه) تا شکل گرفتن سفیده زده و در انتها مقداری از شکر وکرم تارتار به سفیده اضافه شد. زرده تخم مرغ، آب، روغن و اسانس کره با هم (۲۰ ثانیه با دور ۱ همزن خانگی مولینکس، مدل HM412، چین) مخلوط و در چند مرحله به مواد خشک اضافه گردید (۹۰ ثانیه با دور ۱همزن). در نهایت سفیده شکل گرفته در چند مرحله به این مواد اضافه و تا رسیدن به مخلوطی یکنواخت با هم مخلوط شدند. سپس (۵ g +۹۰) از خمیرابه تهیه شده در قالب (۶/۵×۱۰/۵×۴/۵ cm^3) قرار گرفت و درون فر با دمای (۱۸۰^{o}C) به مدت ۲۵ دقیقه پخت شد. پس از گذشت ۳۰ دقیقه از خروج قالب از فر، کیک‌ها از قالب خارج و به مدت ۶۰ دقیقه در دمای محیط خنک شدند. نمونه ها جهت انجام آزمایش‌ها بسته بندی (زیپ کیپ) و در دمای (۲۵^{o}C) نگهداری شدند.

اندازه گیری چگالی خمیرابه

برای محاسبه چگالی خمیرابه وزن حجم مشخصی از خمیرابه بر وزن همان حجم آب همدما، تقسیم شد (Sowmya *et al*., 2009).

$$SG= W_{batter} / W_{water} \quad (۱)$$

ویسکوزیته خمیرابه

برای تعیین ویسکوزیته نمونه‌ها از ویسکومتر چرخشی (بوهلین، ویسکو ۸۸، بریتانیا) مجهز به سیرکولاتورحرارتی (جولابو، مدل F12-MC ،آلمان) استفاده شد. برای این آزمون از اسپیندل C25 استفاده شد و دمای دستگاه روی (۲۵ ^{o}C) تنظیم گردید. برای هر آزمون (۱۰g) خمیرابه درون مخزن منتقل و جهت یکنواخت شدن، نمونه به مدت ۲ دقیقه در معرض تنش اولیه ای معادل(۵۰s^{-1}) قرار گرفت. سپس ویسکوزیته نمونه‌ها در سرعت برشی(۱۵ s^{-1}) خوانده شد.

تعیین حجم و حجم مخصوص کیک

کیک پس از خنک شدن کامل با دقت ۰/۰۰۱ توزین و حجم کیک‌ها از روش جابجایی با دانه کلزا استفاده شد (Lakshminarayan *et. al*, 2006). حجم مخصوص از فرمول ذیل محاسبه گردید.

$$U = V_{cake}/m_{cake} \quad (۲)$$

تعیین رطوبت

میزان رطوبت کیک با استفاده از دستگاه رطوبت سنج مادون قرمز(Shimadzu، EB-330 MOC، ژاپن) و بر اساس دستورالعمل سازنده این دستگاه تعیین گردید.

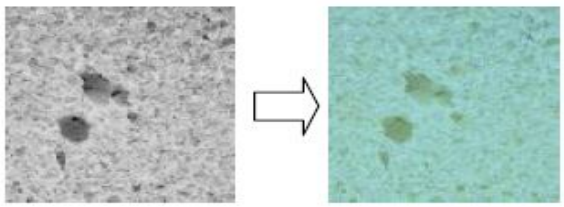
ارزیابی بافت به روش دستگاهی

برای تعیین خصوصیات بافت کیک از دستگاه بافت سنجCNS (Farnell، Hertfordshire، انگلستان) و آزمون TPA استفاده شد.

در این آزمون قطعه‌ای ($20\times20\times20 mm^3$) از مغز کیک توسط چاقوی برقی (AEG، Em5512، آلمان) بریده شد و در زیر پروب دستگاه قرار گرفت. پروب استوانه‌ای مسطح به قطر خارجی (۳۵mm) برای فشردن هر نمونه تا ۵۰٪ ارتفاع اولیه اش (۱۰mm) با سرعت ($30 mm.min^{-1}$) ،نقطه شروع (۰/۰۵ N) و سل اعمال نیروی (۵ Kg) برای انجام این آزمون انتخاب گردید.

تعیین رنگ

از هر سری پخت ، یک نمونه برای تصویربرداری انتخاب شد. تصویرگیری با استفاده از دوربین Canon(EOS 1000D) و نرم افزار Zoom Browser 5.0 انجام گرفت و عکس ها با فرمت JPG ذخیره شد. با توجه به تحقیقات پیشین جهت ارزیابی رنگ کیک از مولفه L* استفاده شد که معتبرتر و گویای رنگ مغز و بافت نمونه‌ها است (Purlisi et al., 2007; Shittu *et al*., 2007). برای ارزیابی رنگ(پوسته و مغز) قطعات ۱۰۰۰×۱۰۰۰ پیکسلی از تصاویر جدا شد و از فضای رنگی RGB به CIE L*,a*,b* برده شد وفاکتور L* توسط نرم افزار ایمیج جی نسخه ۱/۴۶ محاسبه گردید.



شکل ۱- تبدیل تصویر RGB به CIE

ارزیابی حسی

ویژگی‌های نمونه‌های تولید شده، توسط ده داور آموزش دیده، در روز تولید، سه و شش روز پس از تولید مورد ارزیابی قرار گرفت. پارامترهای حسی (رنگ پوسته و مغز، عطر، طعم) و ویژگی های بافتی (سفتی، جویدنی بودن، چسبناکی) و پذیرش کلی ویژگی‌های انتخاب شده برای این آزمون بودند. ارزیابی حسی بر پایه آزمون هدونیک پنج نقطه‌ای انجام شد و ضریب ارزیابی صفات از بسیار بد (۱) تا بسیار خوب (۵) بود.

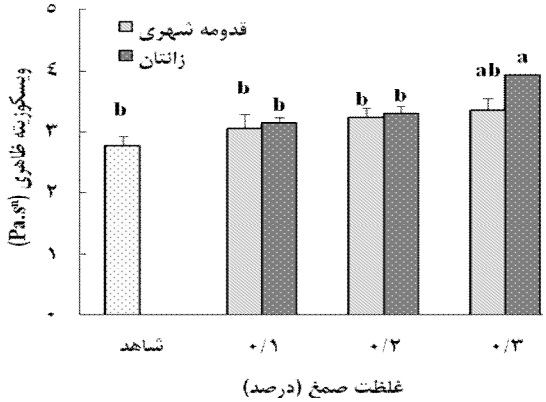
تجزیه و تحلیل داده ها

اثر نوع صمغ (زانتان/ قدومه شهری) در سه سطح (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد) در روز تولید، ۳ و ۶ روز پس از تولید، بر ویژگی های رئولوژیکی و فیزیکی کیک و اثر نوع و سطوح مختلف صمغ بر خواص رئولوژیکی خمیرابه با طرح کاملا تصادفی در قالب فاکتوریل مورد بررسی قرار گرفت. داده‌ها با استفاده از نرم افزار Minitab (V. 16.0) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. تمام داده های ارائه شده در این تحقیق، میانگین آزمایشات انجام شده با دو تکرار می باشند. جهت مقایسه میانگین ها و بررسی اثرات ساده و متقابل تیمارها از آزمون توکی استفاده شد و معنی داری در سطح $p<0/05$ مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

ویسکوزیته خمیرابه

در تمام نمونه‌ها با افزایش غلظت صمغ، ویسکوزیته ظاهری خمیرابه‌ها افزایش یافت، اما تنها استفاده از ۰/۳ درصد صمغ زانتان باعث افزایش معنی دار این پارامتر گردید (شکل ۲).

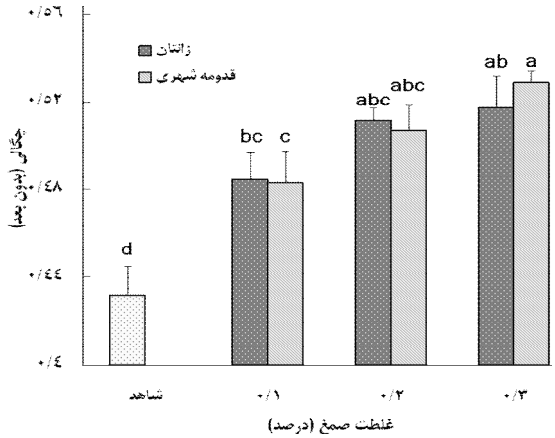


شکل ۲- اثر غلظت و نوع صمغ بر ویسکوزیته خمیرابه کیک شیفون

این افزایش ویسکوزیته، در خمیرابه‌های حاوی صمغ زانتان نسبت به صمغ قدومه شهری بیشتر بود ولی در نهایت تفاوت معنی داری در غلظت‌های برابر صمغ‌ها مشاهده نشد. Koocheki و همکاران (۲۰۱۱) بیان نمودند که افزایش مواد جامد با تاثیر بر حرکت مولکولی باعث افزایش ویسکوزیته می‌شود. احتمالا دلیل این امر تفاوت ساختار شیمیایی این دو صمغ و توانایی آن‌ها در جذب و نگهداری آب است. علاوه بر این مورد، هوای محبوس شده در خمیرابه نیز به عنوان عامل موثر بر ویسکوزیته مورد توجه می‌باشد (Baslingappa Swami *et al*., 2004). Tan و همکاران (۲۰۱۱) بیان نمودند که خمیرابه با دانسیته کمتر، ویسکوزیته بالاتری داشت. نتایج Allais و همکاران (۲۰۰۶) نیز نشان داد که ورود هوا به خمیرابه باعث افزایش ویسکوزیته می‌شود. در حالی که نتایج Sakiyan و همکاران (۲۰۰۴) حاکی از این بود که افزایش هوای وارد شده به خمیرابه باعث کاهش ویسکوزیته در امولسیون می‌شود. نظرات متفاوتی در رابطه با اثر هوا بر ویسکوزیته گزارش شده است، اما از آن جا که در این پژوهش مقدار هوای وارد شده به تمام خمیرابه ها تقریبا یکسان بود، بنابراین نقش آن در افزایش ویسکوزیته در تمام خمیرابه‌ها به یک اندازه و اصلی ترین عامل تغییر ویسکوزیته می‌تواند حضور صمغ‌ها باشد.

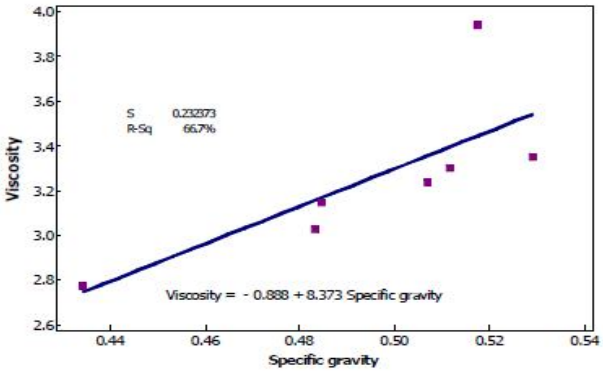
چگالی خمیرابه

چگالی خمیرابه کیک یکی از پارامترهای مهم برای تعیین میزان هوای موجود در خمیرابه است. سلول‌های هوا طی مخلوط کردن وارد خمیرابه می شوند. هرچه چگالی خمیرابه پایین تر باشد مطلوب تر و نشان دهنده وجود هوای بیشتر در خمیرابه است (Ashwini *et al*., 2009; Turabi *et al*., 2008). نتایج نشان داد که استفاده از هیدروکلوئیدها و افزایش غلظت آن‌ها باعث افزایش معنی دار ($P<0/05$) این مولفه در مقایسه با نمونه فاقد صمغ شد (شکل ۳). از طرفی صمغ زانتان در مقایسه با صمغ قدومه شهری باعث افزایش بیشتر چگالی خمیرابه شد این در حالی بود که تفاوت معنی داری در غلظت‌های برابر وجود نداشت. این نتایج مشابه اثرات این دو صمغ بر ویسکوزیته خمیرابه بود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که حضور و افزایش مقدار هیدروکلوئیدها باعث کاهش هوای موجود در خمیرابه می‌شود. مقدار هوای موجود در خمیرابه به فرایند هوادهی (سرعت و نحوه زدن) و ویژگی های فیزیکوشیمیایی خمیرابه (ویسکوزیته و کشش سطحی) نیز وابسته است (Sahi *et al*., 2003; Sung *et al*., 2006). از آن جا که در تهیه این کیک از سفیده تخم مرغ زده شده (وزن تخم‌مرغ، میزان و زمان اعمال نیرو برای زدن آن در تمام خمیرابه ها یکسان بود) و روغن مایع استفاده شد، می‌توان مقدار هوای وارد شده به مخلوط را در طی مخلوط نمودن ناچیز و مقدار هوای وارد شده به تمام خمیرابه ها را یکسان دانست. بنابراین، دلیل تغییرات چگالی، تغییر در توانایی خمیرابه در حفظ هوای موجود در خمیرابه است. افزایش ویسکوزیته احتمالا باعث کاهش توانایی خمیرابه در حفظ هوا می‌شود.



۳- اثر غلظت صمغ بر چگالی خمیرابه کیک شیفون شکل

۶۶/۷ درصد از تغییرات ویسکوزیته تحت تاثیر چگالی قرار داشت (شکل ۴). با افزایش ویسکوزیته خمیرابه، چگالی آن نیز افزایش یافت. Gómez و همکاران (۲۰۰۷) نیز افزایش دانسیته خمیرابه در حضور غلظت ۱ درصد هیدروکلوئید (آلژینات سدیم، کاراجینان، پکتین هیدروکسی پروپیل متیل سلولز، لوبیای خرنوب، زانتان و گوار) را گزارش نمودند. این محققان علت این امر را افزایش ویسکوزیته توسط هیدروکلوئیدها دانستند.

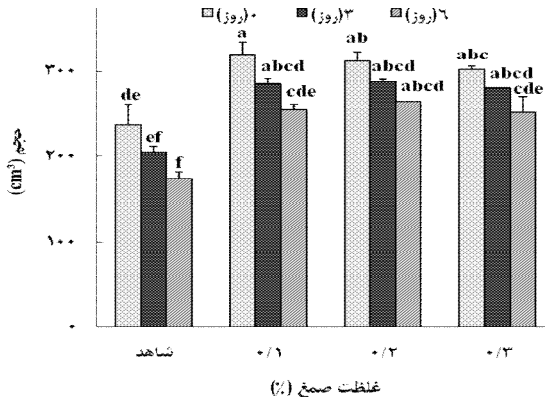


شکل ٤- همبستگی بین چگالی و ویسکوزیته خمیرابه‌ها

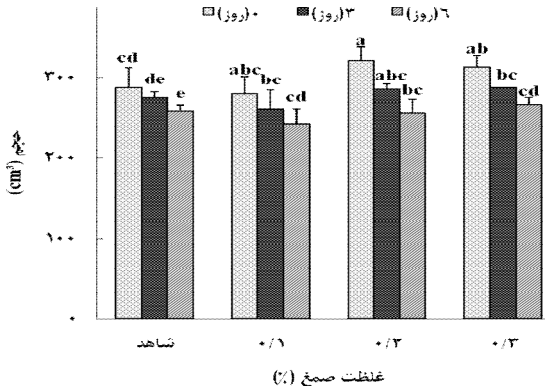
حجم و حجم مخصوص کیک

حجم یکی از مهمترین ویژگی‌های فیزیکی کیک است که رابطه مستقیمی با کیفیت آن دارد و از طرفی بر پذیرش این محصول توسط مصرف کننده نیز موثر است. استفاده از صمغ‌های زانتان و قدومه شهری باعث تولید نمونه‌هایی با حجم برابر یا بیشتر از نمونه اصلی شدند (شکل ۵ و ۶). Lee و همکاران (۲۰۰۴) و Boyacı و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که ویسکوزیته خمیرابه یکی از مهمترین فاکتورهای موثر بر حجم نهایی کیک می باشد. Yamazaki و Kissell (۱۹۷۸)، Paton و همکاران (۱۹۸۱)، Ngo و همکاران (۱۹۸۶) گزارش نمودند که خمیرابه یک کیک خوب باید ویسکوزیته کافی داشته باشد تا از خروج هوای موجود در خمیرابه در مراحل اولیه پخت جلوگیری نماید. با توجه به اظهارات محققین پیشین و نتایجحاصل از آزمون ویسکوزیته خمیرابه‌ها، می‌توان ویسکوزیته را عامل مهمی در کنترل حجم دانست. Mizukoshi (۱۹۹۹) و Kalinga و همکاران (۲۰۰۹) بیان نمودند که خمیرابه کیک ماده‌ای ویسکوالاستیک است که بر کیفیت نهایی کیک و فراوری آن تاثیر دارد. اگر خمیرابه را یک سیستم باز در نظر بگیریم، با ورود خمیرابه به فر و افزایش دما، در اثر تولید دی اکسید کربن و بخار آب، فشار داخل خمیرابه افزایش می‌یابد. برای جبران اختلاف فشار بوجود آمده بین محیط داخلی وخارجی خمیرابه، یا باید مقداری از گازهای داخل خمیرابه به محیط خارج انتقال یابند یا حجم این سیستم افزایش یابد. اگر خمیرابه ویسکوزیته ظاهری کافی نداشته باشد، توان حفظ گازهای ایجاد شده را ندارد و گازهای موجود و تولید شده از آن خارج می‌شوند. در نتیجه کیکی با حجم کم و بافتی فشرده تولید می‌گردد. اگر ویسکوزیته ظاهری بسیار زیاد باشد (دلیل افزایش زیاد ویسکوزیته در این خمیرابه‌ها اتصال زیاد مواد با آب است)، ویژگی‌های خمیرابه بیشتر از اینکه شبیه مواد ویسکوالاستیک باشد شبیه به مواد جامد

خواهد بود. در نتیجه، خمیرابه توانایی حبس هوا را طی اختلاط نداشته و از طرفی گازهای تولید شده در حین پخت توان تغییر در حجم را ندارند. در نهایت کیکی با حجم کم، بافتی فشرده و مغزی خام و خیس تولید خواهد شد. بنابراین حد مناسبی از ویسکوزیته ظاهری و شاید تغییرات مناسب ویسکوزیته دینامیکی با تغییرات دما از زمان ورود خمیرابه به فر تا شکل گیری ساختار اولیه کیک است که اجازه حفظ، افزایش حجم و تثبیت حباب‌ها در خمیرابه را داده، باعث افزایش حجم و بافت مطلوبی در محصول می‌گردد. نتایج حاصل نشان داد، بیشترین حجم ($۳۲۰cm^3$) مربوط به نمونه‌های تهیه شده با ۰/۲ درصد صمغ قدومه شهری و ۰/۱ درصد صمغ زانتان بود. از طرفی با توجه به نتایج ویسکوزیته مشاهده می‌شود که ویسکوزیته تهیه شده با این غلظت‌ها با هم برابر است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت حد مناسبی از ویسکوزیته باعث افزایش حجم مناسب نمونه‌ها می‌شود.

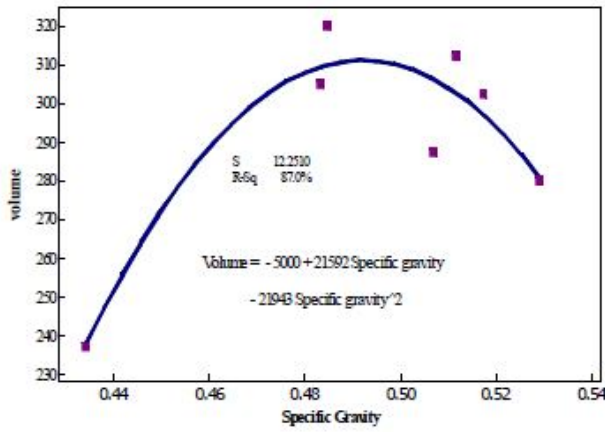


شکل ۵- تغییرات حجم نمونه‌های حاوی صمغ زانتان طی زمان



شکل ٦- تغییرات حجم نمونه‌های حاوی صمغ قدومه شهری طی زمان

بررسی همبستگی (شکل ۷) بین چگالی و حجم نشان داد که افزایش چگالی تا حدی باعث افزایش حجم می‌شود و افزایش بیشتر آن منجر به کاهش حجم می‌گردد. این همبستگی نشان می‌دهد علاوه بر ویسکوزیته، میزان هوای محبوس در خمیرابه نیز از عوامل تعیین کننده حجم است، البته باید این نکته را مد نظر قرار داد که ویسکوزیته از عوامل موثر بر چگالی است. هرچه حجم مخصوص بیشتر باشد، بافت فراورده به دلیل تراکم کمتر محصول، بهتر خواهد بود. روند تغییرات این فاکتور کاملا مشابه با حجم کیک بود. استفاده از هر دو صمغ باعث افزایش این فاکتور شد، اما تفاوت معنی داری بین صمغ‌های مورد بررسی مشاهده نشد ($p<۰/۰۵$).



شکل ۷- همبستگی حجم کیک با چگالی خمیرابه

طی نگهداری حجم مخصوص کیک‌ها کاهش یافت. از آن جا که وزن خمیرابه‌های وارد شده به قالب یکسان بود می‌توان نتیجه گرفت که تاثیر حجم بر این فاکتور بیش از وزن است (شکل ۸). از طرفی،کاهش حجم‌مخصوص طی زمان بیشتر تحت تاثیر تغییرات حجم قرار دارد تا افت رطوبت. بنابراین، با بهبود حجم کیک می‌توان بافت بهتری طی زمان نگهداری داشت.

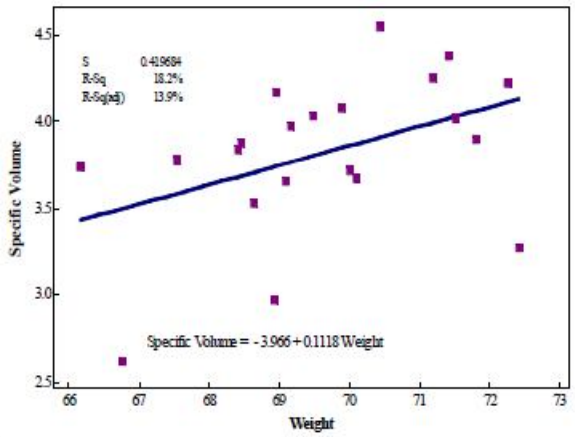
رطوبت

استفاده از غلظت‌های مختلف صمغ در زمان تولید باعث کاهش رطوبت کیک‌ها نسبت به نمونه شاهد شد (شکل ۹ و ۱۰) اما این کاهش معنی دار نبود ($P<۰/۰۵$). رطوبت در نمونه شاهد در طی نگهداری به طور معنی داری کاهش یافت، در حالی که رطوبت در نمونه های حاوی صمغ در طول نگهداری تغییر چندانی نکرد. شاید بتوان علت آن را جذب آب هیدروکلوئیدها در دمای اتاق بدون رقابت باگلوتن و نشاسته دانست. صمغ‌های زانتان و قدومه شهری اثر یکسانی بر رطوبت کیک داشتند.

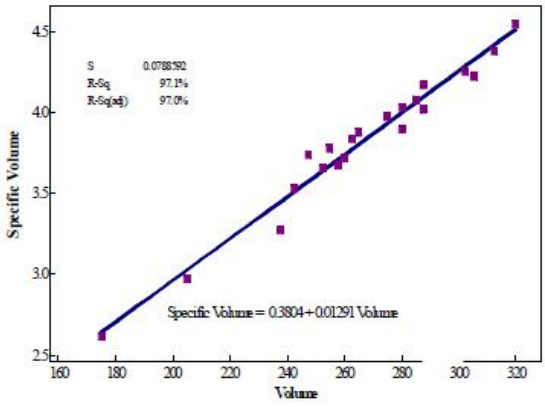
تحلیل دستگاهی بافت

در این پژوهش، سفتی، پیوستگی، صمغیت و چسبندگی مغز کیک‌ها مورد بررسی قرار گرفت. سفتی نشان دهنده نیروی اعمال شده برای گاز زدن نمونه است. کیک‌های تهیه شده با هر دوصمغ در تمام روزهای مورد بررسی سفتی کمتر از نمونه شاهد داشتند اما سفتی

کیک‌های حاوی صمغ تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نداشت (شکل ۱۱ و ۱۲). همان گونه که انتظار می‌رفت با گذشت زمان سفتی کیک-ها به طور معنی داری (P<۰/۰۵) افزایش یافت.

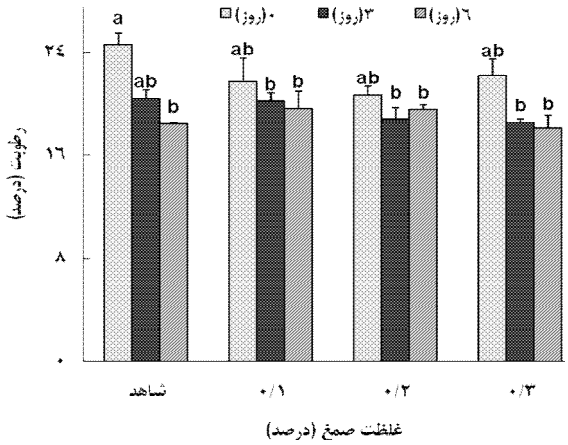


(۱)



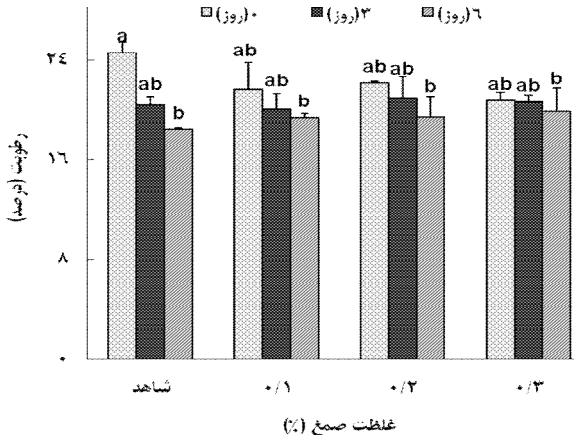
(۲)

شکل ۸- همبستگی حجم مخصوص با ۱) وزن و ۲) حجم طی زمان

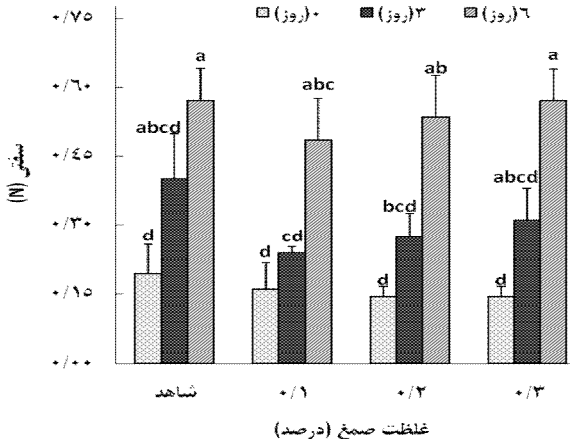


شکل ۹- تغییرات رطوبت نمونه‌های حاوی صمغ قدومه‌شهری طی زمان

Gómez و همکـــاران (۲۰۰۸) و Lebesi و همکـــاران (۲۰۰۹) سفت شدن کیک‌ها را در طول زمان نگهداری به دلیل از دسـت دادن رطوبت و رتروگراداسیون نشاسته دانستند. Sych و همکـاران (۱۹۸۷)، Baik و همکاران (۲۰۰۰) و Ji و همکاران (۲۰۰۷) گزارش نمودند که کاهش رطوبت در مغز باعث سفتی مغـز کیـک‌هـا مـی‌گـردد. Lin و همکاران (۲۰۰۵) رتروگراداسیون نشاسته یا رهایی مجـدد رطوبـت را عامل سفتی دانستند. Guy (۱۹۸۳) بیان نمود بیاتی کیک مربـوط بـه فرایند سفت شدن مغز و انتقال رطوبت از مغز به پوسته است. از لحاظ آماری صمغ‌های زانتان و قدومه شهری اثر چندانی بر سفتی کیک‌هـا طی نگهداری نداشتند. با این وجود، کیک‌های حـاوی صـمغ زانتـان، نسبت به کیک‌های تهیه شده با صمغ قدومه شهری در زمان تولیـد و پس از نگهداری بافت نرم‌تری داشـتند. ایـن امـر احتمـالا، بـه دلیـل توانایی بیشتر زانتان در حفظ رطوبـت، در مقایسـه بـا قدومـه شـهری است.



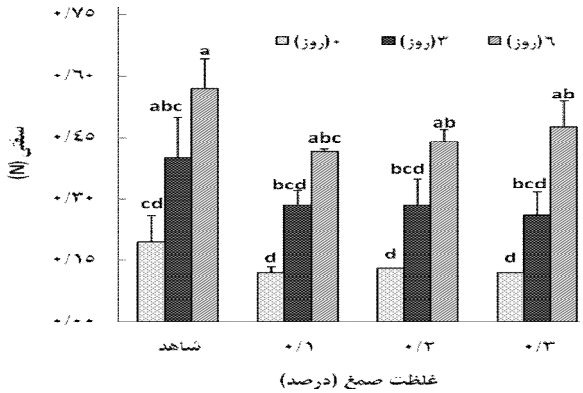
شکل ۱۰- تغییرات رطوبت نمونه‌های حاوی صمغ زانتان طی زمان



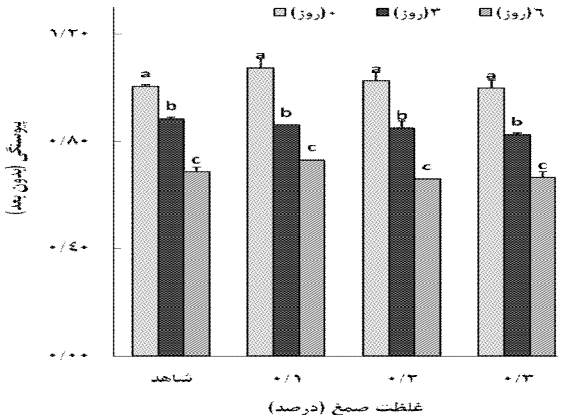
شکل ۱۱- تغییرات سفتی نمونه‌های حاوی قدومه شهری طی زمان

پیوستگی بیانگر مقاومت درونی ساختار مواد غذایی اسـت. نتـایج نشان داد (شکل ۱۳ و ۱۴) که با استفاده از هر دو صمغ و غلظت‌هـای مورد استفاده پیوستگی کیک‌ها در روز تولید افزایش یافت، اما اختلاف آن‌ها با نمونه شاهد معنی‌دار نبود (P<۰/۰۵). صمغ زانتان در مقایسـه

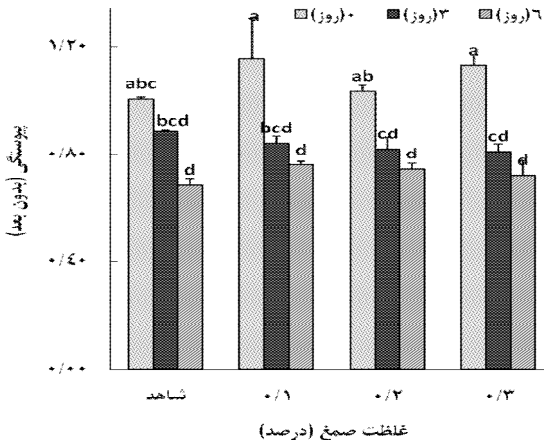
با صمغ قدومه شهری باعث بهبود پیوستگی نمونه‌ها در روز تولید شد. زمان باعث کاهش معنی دار این پارامتر گردید. شاید بتوان دلیل این امر را تمایل به جذب آب هیدروکلوئیدها در دمای اتاق و خشکی سایر اجزا و کاهش جاذبه بین مولکولی دانست.



شکل ۱۲- تغییرات سفتی نمونه‌های حاوی زانتان طی زمان



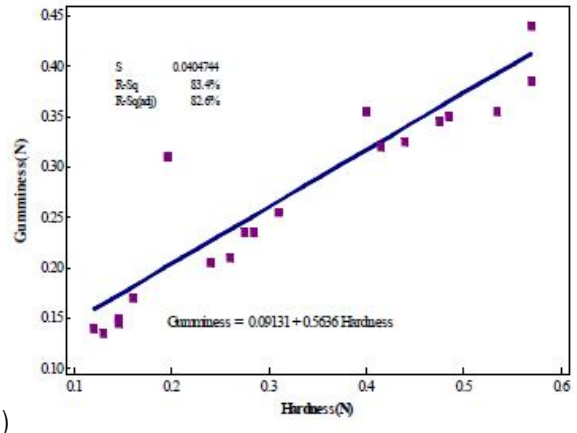
شکل ۱۳- اثر صمغ قدومه‌شهری بر پیوستگی



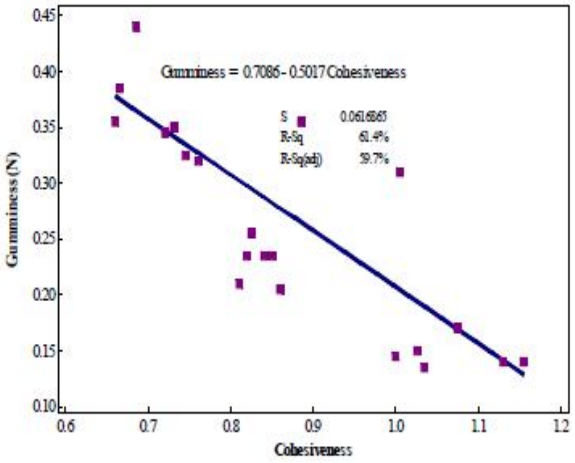
شکل ۱۴- اثر صمغ زانتان بر پیوستگی

Gómez و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی اثر صمغ ها (زانتان، آلژینات، کاراجینان، لوبیای خرنوب، گوار، پکتین و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز) بر کیک لایه ای زرد تفاوت معنی داری در پیوستگی نمونه ها در مقایسه با نمونه شاهد مشاهده نکردند. نتایج تحقیق نامبردگان نشان داد در روز دوم، تمام هیدروکلوئیدهای مورد استفاده بجز زانتان پیوستگی کیک را کاهش دادند.

نتایج آنالیز آماری نشان داد که نوع و غلظت هیدروکلوئیدها و زمان نگهداری اثر معنی داری بر چسبندگی کیک‌ها نداشتند. بر خلاف تحقیق اخیر، Gómez و همکاران (۲۰۰۷) مشاهده نمودند که صمغ زانتان در مقایسه با صمغ‌های آلژینات، کاراجینان، لوبیای خرنوب وگوار چسبندگی بیشتری را در کیک لایه ای زرد (روز تولید) ایجاد نمود. صمغیت از دیگر پارامترهای حاصل از آنالیز بافت است. این پارامتر مانند قابلیت جویدن انرژی لازم برای هضم دهانی ماده غذایی و آماده کردن آن برای بلع را نشان می‌دهد. در آزمایش ها تحلیل بافت یکی از این دو پارامتر گزارش می‌شود. این شاخص از ضرب سفتی در پیوستگی محاسبه می‌گردد. بررسی همبستگی داده های صمغیت با سفتی و پیوستگی نشان داد سفتی نسبت به پیوستگی تاثیر بیشتری بر انرژی لازم برای هضم دهانی دارد (شکل ۱۵).



(۱)



(۲)

شکل ۱۵- همبستگی صمغیت با ۱) سفتی و ۲) پیوستگی کیک‌ها

Gómez و همکاران (۲۰۰۷) گزارش نمودند روند تغییرات داده های

مربوط به صمغیت کیک لایه ای زرد در روز تولید و ۲ روز پس از تولید، مشابه با سفتی بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت حضور صمغ‌ها تاثیر منفی بر این پارامتر نداشته است.

رنگ مغز و پوسته کیک‌ها

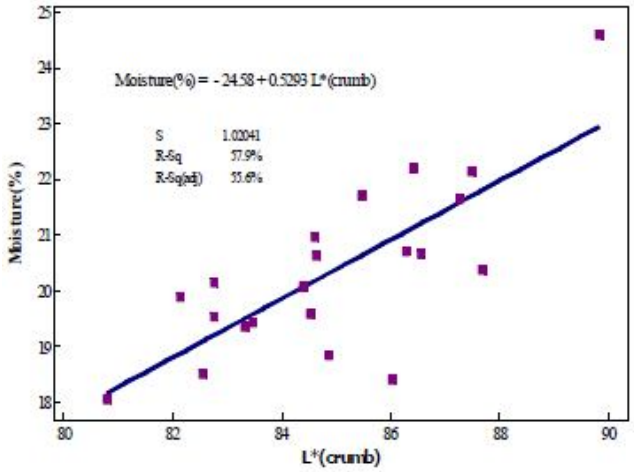
نتایج مربوط به آنالیز تصاویر مغز و پوسته در جدول ۱ نشان داده شده است. افزودن صمغ‌ها باعث افزایش L* پوسته کیک‌ها شد، اما تغییر غلظت صمغ‌ها اثر معنی داری بر این ویژگی‌ها نداشت.

جدول ۱- نتایج آنالیز رنگ مغز و پوسته کیک‌ها

صمغ	(%)	روز	L*(مغز)	L*(پوسته)
شاهد		۰	۸۰/۵۶±۱/۷۹	۶۹/۵۷±۰/۹۴
		۳	۸۷/۶۸±۱/۷۴	۶۶/۶۸±۱/۹۶
		۶	۸۶/۰۲±۱/۱۶	۶۷/۶۴±۱/۱۲
قدومه شهری	۰/۱	۰	۸۵/۴۵±۱/۱۴	۷۹/۴۸±۳/۱۶
		۳	۸۲/۷۵±۰/۴۷	۶۹/۹۱±۲/۵۰
		۶	۸۴/۵۱±۰/۲۹	۷۴/۰۳±۱/۳۵
	۰/۲	۰	۸۶/۵۵±۰/۰۱	۷۵/۱۳±۲/۹۰
		۳	۸۴/۸۵±۰/۰۹	۷۰/۶۹±۱/۷۷
		۶	۸۲/۷۵±۲/۴۱	۶۹/۲۵±۳/۴۶
	۰/۳	۰	۸۶/۴۱±۰/۶۵	۷۸/۲۵±۰/۷۶
		۳	۸۲/۵۵±۴/۰۳	۷۳/۱۶±۰/۶۳
		۶	۸۰/۷۸±۱/۳۴	۷۱/۱۶±۱/۰۶
زانتان	۰/۱	۰	۸۷/۲۶±۱/۴۳	۷۶/۷۹±۰/۵۳
		۳	۸۴/۳۸±۰/۳۶	۶۸/۸۱±۰/۳۳
		۶	۸۳/۳۲±۱/۲۲	۷۲/۱۳±۲/۹۹
	۰/۲	۰	۸۷/۴۸±۰/۵۱	۷۹/۰۸±۲/۳۸
		۳	۸۴/۶۰±۰/۸۰	۷۲/۹۴±۰/۶۹
		۶	۸۳/۴۷±۰/۲۸	۷۳/۷۲±۱/۵۲
	۰/۳	۰	۸۶/۲۶±۰/۳۹	۸۰/۵۶±۳/۴۶
		۳	۸۴/۶۳±۰/۷۳	۶۹/۰۴±۷/۶۱
		۶	۸۲/۱۴±۵/۰۸	۷۲/۰۵±۲/۶۰

Gómezو همکاران (۲۰۰۷) بیان نمودند که رنگ پوسته کیک در روز تولید متاثر از واکنش‌های مولد رنگ میلارد و کاراملیزاسیون است. از آن جا که رنگ کیک‌ها در حضور صمغ‌ها روشن‌تر از نمونه شاهد است شاید بتوان علت آن را کاهش احتمال این واکنش‌ها به دلیل افزایش ویسکوزیته دانست. رنگ نمونه‌ها در روز تولید روشن تر و با گذشت زمان تیره تر شد. علت این تغییر رنگ چروکیدگی سطح محصول در اثر ماندگاری است.

Purlisو Salvadori (۲۰۰۹) گزارش کردند سطوح صاف و منظم نسبت به سطوح چروکیده توانایی بیشتری در انعکاس نور و افزایش مولفه L* دارند. مغز کیک‌های تهیه شده با صمغ‌های زانتان و قدومه شهری تیره تر از نمونه شاهد بودند، اما این ویژگی تحت تاثیر غلظت صمغ استفاده شده قرار نداشت. رنگ مغز محصولات پخت در روز تولید متاثر از واکنش‌های تشکیل دهنده رنگ مانند میلارد و کاراملیزاسیون نیست، بلکه رنگ مواد مورد استفاده در فرمول رنگ مغز این فراورده‌ها را مشخص می‌نماید. همبستگی مثبت نسبتا خوبی بین رطوبت فراورده و مولفه L* مغز وجود داشت (شکل ۱۶). این همبستگی حکایت از آن دارد که ۵۷/۹ درصد از تغییرات رنگ مغز کیک تحت تاثیر رطوبت قرار دارد و با افزایش رطوبت محصول رنگ آن روشن می‌شود.



شکل ۱۶- همبستگی رطوبت و مولفه L* مغز کیک

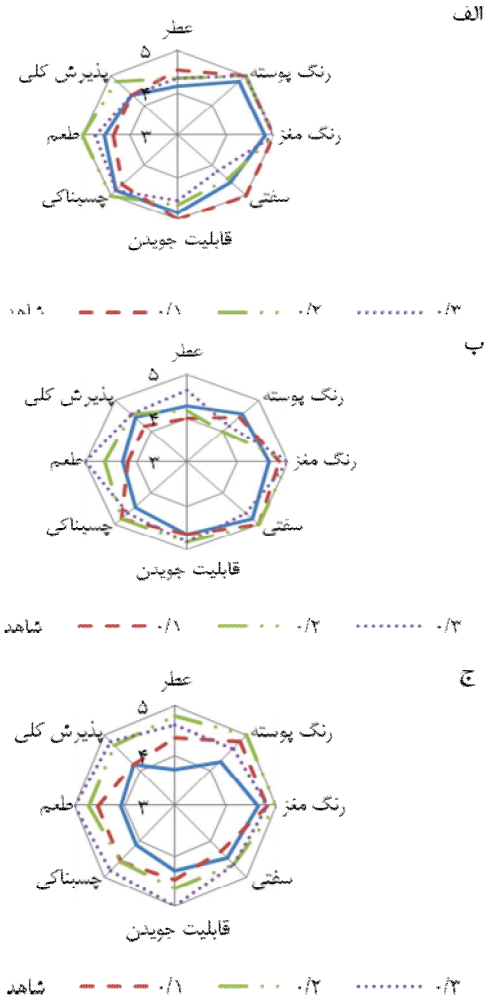
گذشت زمان باعث کاهش L* شد که احتمالا دلیل آن افت رطوبت و فشردگی بافت نمونه‌ها با گذشت زمان به دلیل ریزش ساختار ماکروسکوپی است. اثر صمغ‌های زانتان وقدومه شهری بر رنگ مغز و بافت مشابه و تفاوت قابل توجهی بین آن‌ها وجود نداشت.

ارزیابی حسی

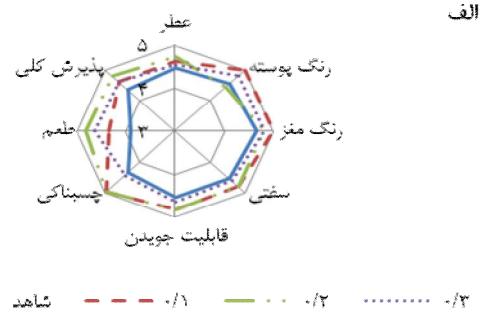
در بررسی اثر متغیرهای مورد آزمون از نظر ارزیاب‌ها اختلاف معنی داری ($p<۰/۰۵$) در رنگ مغز و پوسته، قابلیت جویدن، چسبندگی و سفتی نمونه‌ها در روز تولید وجود نداشت (شکل ۱۷ و ۱۸). در حالیکه، صمغ زانتان با اختلاف معنی داری نسبت به صمغ قدومه شهری عطر و طعم نمونه‌ها را بهبود بخشید. حضور صمغ‌ها در روز تولید باعث بهبود عطر و طعم نمونه‌ها بدون اختلاف معنی دار با نمونه شاهد شد. زمان اثر منفی محسوسی بر عطر و طعم نمونه‌های حاوی صمغ قدومه شهری داشت. بررسی پذیرش کلی نمونه‌ها طی زمان نشان داد

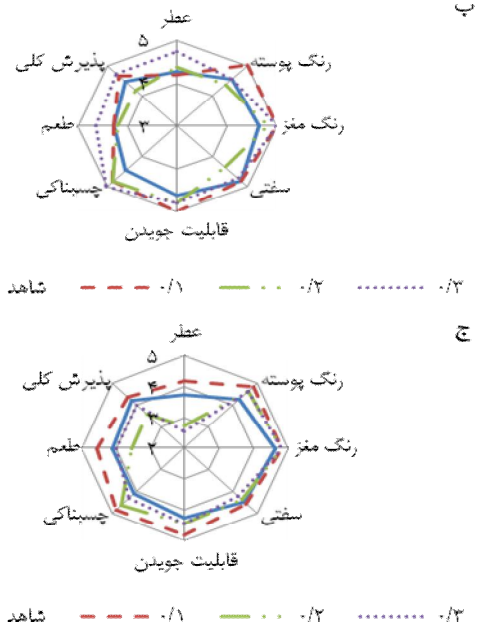
کیک‌های حاوی ۰/۲ و ۰/۳ درصد صمغ قدومه شهری کمترین و نمونه حاوی ۰/۲ درصد صمغ زانتان بیشترین امتیاز را از ارزیاب‌ها دریافت کردند. همبستگی بین نتایج ارزیابی حسی و ارزیابی دستگاهی

بافت مشاهده نشد. احتمالا تغییرات ایجاد شده بسیار کم و در محدوده‌ای بود که اثر نامطلوب بر پذیرش ارزیاب‌ها نداشت



شکل ۱۷- ارزیابی حسی نمونه‌های حاوی صمغ زانتان در روزهای الف)تولید، ب) سوم و ج) ششم





شکل ۱۸- ارزیابی حسی نمونه‌های تهیه شده با صمغ قدومه شهری در روز الف) تولید، ب) سوم و ج) ششم

نتیجه گیری

صمغ‌های زانتان و قدومه شهری با افزایش ویسکوزیته خمیرابه باعث بهبود حجم کیک شدند. بیشترین حجم ($۳۲۰cm^3$) با استفاده از ۰/۱ درصد صمغ زانتان و ۰/۲ درصد صمغ قدومه شهری حاصل شد. صمغ‌های مورد استفاده باعث افزایش نرمی، پیوستگی و کاهش نیروی لازم برای هضم دهانی گردیدند. در ارزیابی حسی، نمونه‌های حاوی صمغ امتیازی برابر یا بیشتر از نمونه شاهد در روز تولید دریافت کرد. استفاده از صمغ‌ها منجر به افت رطوبت کمتر نمونه‌ها در مدت زمان نگهداری و حفظ بهتر ویژگی‌های بافتی در مقایسه با نمونه شاهد شد. از نظر حسی کیک‌های حاوی صمغ زانتان امتیاز بیشتری را نسبت به قدومه شهری دریافت کرد. که دلیل آن اثر نامطلوب ماندگاری بر عطر کیک‌های تهیه شده با غلظت‌های ۰/۲ و ۰/۳ درصد قدومه شهری بود. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از ۰/۱در صد صمغ زانتان با بهبود حجم، ویژگی‌های بافتی و پذیرش کلی توسط مصرف کننده می‌تواند به عنوان بهبود دهنده در کیک شیفون مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

Allais I., Edoura-Gaena R.B., Dufour É. 2006. Characterisation of lady finger batters and biscuits by fluorescence spectroscopy—Relation with density, color and texture. Journal of Food Engineering 77, 896-909.

Anderson D.M.W., Andon S.A. 1988. Water-soluble food gums and their role product development. Creal Foods World 33, 844-850.

Ashwini A., Jyotsna R., Indrani D. 2009. Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. Food Hydrocolloids 23, 700-707.

Baik O., Marcotte M., Castaigne F. 2000. Cake baking in tunnel type multi-zone industrial ovens Part II. Evaluation of quality parameters. Food Research International 33, 599-607.

Baslingappa Swami S., Das S., Maiti B. 2004. Effect of water and air content on the rheological properties of black gram batter. Food Engineering 65, 189-196.

Bell D.A., Steinke L.W. 1991. Evaluating structure and texture effects of methyl cellulose gums in microwave baked cakes. Cereal Foods World 36, 941-944.

Boyacı İ.H., Sumnu G., Sakiyan O. 2009. Estimation of dielectric properties of cakes based on porosity, moisture content, and formulations using statistical methods and artificial neural networks. Food and Bioprocess Technology 2, 353-360.

Christianson D., Hodge J., Osborne D., Detroy R.W. 1981. Gelatinization of wheat starch as modified by xanthan gum, guar gum, and cellulose gum.

Collar C. 2003. Significance of viscosity profile of pasted and gelled formulated wheat doughs on bread staling. European Food Research and Technology 216, 505-513.

Gelinas P., Roy G., Guillet M. 1999. Relative Effects of Ingredients on Cake Staling Based on an Accelerated Shelf-life Test. Food Science 64, 937-940.

Gómez M., Ronda F., Caballero P.A., Blanco C.A., Rosell C.M. 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. Food Hydrocolloids 21, 167-173.

Gómez M., Oliete B., Rosell C.M., Pando V., Fernández E. 2008. Studies on cake quality made of wheat–chickpea flour blends. LWT-Food Science and Technology 41, 1701-1709.

Guy R.C.E. 1983. Factors affecting the staling of Maderia slab cake. Science of Food and Agricuture 34, 477-491.

Ji Y., Zhu K., Qian H., Zhou H. 2007. Staling of cake prepared from rice flour and sticky rice flour. Food Chemistry 104, 53-58.

Kalinga D., Mishra V.K. 2009. Rheological and physical properties of lowt cakes produced by addition of cereal β-glucan concentrates. Food Processing and Preservation 33, 384-400.

Koocheki A., Taherian A.R., Bostan A. 2011. Studies on the steady shear flow behavior and functional properties of Lepidium perfoliatum seed gum. Food research international.

Koocheki A., Taherian A.R., Razavi S., Bostan A. 2009. Response surface methodology for optimization of extraction yield, viscosity, hue and emulsion stability of mucilage extracted from Lepidium perfoliatum seeds. Food Hydrocolloids 23, 2369-2379.

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.

Lee S., Inglett G., Carriere C. 2004. Effect of nutrim oat bran and flaxseed on rheological properties of cakes.

Lin S.D ,.Lee C.C. 2005. Qualities of chiffon cake prepared with indigestible dextrin and sucralose as replacement for sucrose. Cereal Chemistry 82, 405-413.

Mizukoshi M. 1999. Baking mechanism in cake production. Food Emulsions. 3rd Ed, 549-575.

Ngo W.H., Taranto M.V. 1986. Effect of sucrose level on the rheological properties of cake batters. Cereal Foods World 31, 317-322.

Paton D., Larocque G.M., Holme J. 1981. Development of cake structure, influence of ingredients on the measurement of cohesive force during baking. Cereal Chemistry 58, 527–529.

Phillips G.O., Williams P.A. 2000. Handbook of hydrocolloids CRC.

Purlis E., Salvadori V.O. 2007. Bread browning kinetics during baking. Food Engineering 80, 1107-1115.

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

Rojas J.A., Rosell C.M., Benedito de Barber C. 1999. Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloids system. Rojas 1999. Food Hydrocolloids 13, 27-33.

Rosell C.M ,.Rojas J.A., Benedito de Barber C. 2001. Combined effect of different antistaling agents on the pasting properties of wheat flour. European Food Research and Technology 212, 473-476.

Sahi S.S., Alava J.M. 2003. Functionality of emulsifiers in sponge cake production. The Science of Food and Agriculture 83, 1419-1429.

Sakiyan O., Sumnu G., Sahin S., Bayram G. 2004. Influence of fat content and emulsifier type on the rheological properties of cake batter. European Food Research and Technology 219(6), 635-638.

Shittu T., Raji A., Sanni L. 2007. Bread from composite cassava-wheat flour: I. Effect of baking time and temperature on some physical properties of bread loaf. Food Research International 40,280-290.

Sowmya M., Jeyarani T., Jyotsna R., Indrani D. 2009. Effect of replacement of fat with sesame oil and additives on rheological, microstructural, quality characteristics and fatty acid profile of cakes. Food Hydrocolloids 23, 1827-1836.

Stauffer C.E. 1990. Functional additives for bakery foods ,Van Nostrand Reinhold (New York).

Sung M.J., Park Y.S., Chang H.G. 2006. Quality characteristics of sponge cake supplemented with soy protein concentrate Food Science and Biotechnology 15, 860-865.

Sych J., Castaigne F., Lacroix C. 1987. Effects of initial moisture content and storage relative humidity on textural changes of layer cakes during storage. Food Science 52, 1604-1610.

Tan M.C., Chin N.L., Yusof Y.A. 2011. Power ultrasound aided batter mixing for sponge cake batter. Journal of Food Engineering 104, 430-437.

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.

Yamazaki W.T., Kissell L.T. 1978. cake flour and baking research: A review. Creal Foods World 23, 114-116, 118-119.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 10, No. 4, Winter 2015, p. 375-386

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۰، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۳۸۶-۳۷۵

Effect of Xanthan and *Lepidium perfoliatum* seed gums on quality and shelf-life of chiffon cake

S. Amirabadi*[1]- A. Koocheki[2*]- M. Mohebbi[3]

Received:19-05-2013
Accepted:10-06-2014

Abstract

In this research, different concentrations of xanthan and *Lepidium perfoliatum* seed gums (0.1, 0.2 and 0.3%) were used to improve the quality and shelf-life of chiffon cake. For this purpose, specific gravity and apparent viscosity of batter, and the volume, specific volume, moisture, sensory and texture properties, crumb and crust color were examined. To investigate the effect of gums on the shelf-life, all cakes were stored for sixth days. Results showed that there were a positive correlation between viscosity of batter and cake volume. Both gums improved chiffon cake properties after removing from the oven and during storage. It was found that using 0.1% xanthan gum increased the cake volume, cohesiveness and sensory scores, decreasing firmness and moisture loss during storage of cake.

Keywords: Chiffon cake, *Lepidium perfoliatum* gum, Shelf life, Texture, Xanthan

1, 2 and 3- MSc Student and Associate Professors Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, Respectively.
(*- Corresponding Author Email : koocheki@um.ac.ir)