DOI: http://dx.doi.org/10.22104/jift.2016.289

بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و بافتی کیک اسفنجی غنی شده با پودر سیب

فخرالدین صالحی[1*]، مهدی کاشانی نژاد[2]، نادر علی‌پور[3]

1. استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
2. دانشیار، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
3. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه محقق اردبیلی

(تاریخ دریافت: 94/9/19، تاریخ پذیرش: 95/3/12)

چکیده

در این مطالعه ابتدا سیب زرد در شرایط بهینه توسط سامانه مادون‌قرمز-هوای داغ خشک، آسیاب و غربال شد و سپس جهت غنی‌سازی کیک اسفنجی مورداستفاده قرار گرفت. پودر سیب در پنج سطح 0، 5 ، 10، 15 و 20 درصد (وزنی/وزنی) به‌عنوان جایگزین آرد گندم در فرمولاسیون کیک استفاده شد. ویسکوزیته و رئولوژی خمیر کیک توسط ویسکومتر چرخشی بروکفیلد، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رنگ به روش پردازش تصویر، بافت توسط دستگاه بافت سنج، و ارزیابی حسی به روش هدونیک 9 نقطه‌ای، مورد ارزیابی قرار گرفت. با افزایش درصد پودر سیب در فرمولاسیون کیک، ویسکوزیته خمیر افزایش یافت. ویسکوزیته ظاهری خمیر کیک غنی‌شده در سرعت برشی برابر 60 بر ثانیه در محدوده 10/18 تا 14/95 پاسکال ثانیه به‌دست آمد. با افزایش پودر سیب اختلاف معنی‌داری بین کیک‌ها از نظر خصوصیات بافت‌سنجی مشاهده شد و سفتی نمونه‌ها در محدوده 8/79-14/40 نیوتن بود. شاخص‌های L*، a* و b* برای نمونه حاوی 15 درصد پودر سیب به‌ترتیب برابر 81/26، 0/78 و 38/31 به‌دست آمد. بر اساس نتایج ارزیابی حسی، نمونه حاوی 15 درصد پودر سیب بالاترین امتیاز را از نظر پذیرش کلی داشت. درصد رطوبت، چربی، پروتئین، خاکستر و کربوهیدارت این نمونه به ترتیب برابر 19/12، 23/45، 5/65، 0/81 و 50/97 درصد به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: رئولوژی، غنی‌سازی، سیب، کیک اسفنجی، مادون قرمز- هوای داغ.

* نویسنده مسئول: F.Salehi@basu.ac.ir

1- 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 فراوری و تولید محصولات جدید شده است[1-5]. خشک‌کردن یکی از روش‌های مناسب فراوری و نگه‌داری این میوه است. سیب خشک دارای ترکیبات تغذیه‌ای فراوان از جمله انواع قندها، مواد معدنی و فیبر می‌باشد. برای انجام این فرایند از خشک‌کن‌های مختلفی از قبیل خشک‌کن خورشیدی، هوای داغ، انجمادی، بستر سیال، مادون‌قرمز و مایکروویو استفاده شده است [1-5]. با استفاده از این روش‌ها می‌توان رطوبت محصول را کاهش داد، درنتیجه مدت ماندگاری آن‌ها افزایش یافته و هم‌چنین هزینه نگه‌داری و حمل و نقل کاهش می‌یابد [1، 6]. سیب خشک دارای 10/80 درصد رطوبت، 0/50 درصد خاکستر، 2/70 درصد چربی، 2/06 درصد پروتئین و51/10 درصد فیبر کل می‌باشد [7-9].

افزایش تقاضا برای خرید و استفاده از محصولات با کیفیت بالا همراه با خواص سلامتی بخش باعث شده که در جهت بهبود کیفیت محصولات مختلف تلاش‌های زیادی صورت گیرد. کیک اسفنجی یکی از فراورده‌های غلات بوده که کمبود فیبرهای رژیمی از مشکلات عمده موجود در این محصول می‌باشد [10]. جهت غنی‌سازی انواع کیک و بیسکویت از محصولات خشک‌شده مختلفی استفاده شده است. برای مثال در سال 2010 فهلول و همکاران پودر خرما را در مقادیر 0، 20، 40 و 60 درصد جایگزین ساکاروز در تهیه بیسکویت کردند و بیسکویت‌های حاصل را از لحاظ محتوای رطوبت، فعالیت آبی، رنگ و سفتی ارزیابی کردند. نتایج نشان‌داد که جایگزینی پودر خرما اثری بر محتوای رطوبت نداشته اما باعث کاهش میزان سفتی بیسکویت‌ها و تغیر رنگ در آن‌ها می‌شود [11]. در مطالعه دیگری اثر جایگزینی آرد گندم با یک مخلوط یک به یک سبوس گندم و پودر خرما بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر بیسکویت بررسی شده است. نتایج نشان‌داد با افزایش سطح جایگزینی، جذب آب افزایش‌یافته و پایداری خمیر کاهش می‌یابد[12].

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کیک تهیه‌شده با پودر کدوحلوایی به عنوان جایگزین آرد گندم تصفیه‌شده و کامل به نسبت‌های 100:00، 90:10، 80:20 و 70:30 بررسی‌شده است. نتایج پژوهش حاکی از آن بود که بالاترین مقدار رطوبت (19/87%) برای کیک تهیه‌شده از نسبت 70:30 (پودر کدوحلوایی: آرد گندم تصفیه‌شده) ثبت گردیده درحالی‌که مقدار خاکستر (4/15٪)، فیبر خام (1/90٪) و بتاکاروتن (0/91میلی‌گرم در 100گـرم) در کیک تهیه شده از نسبت 70:30 (پودر کدوحلوایی: آرد گندم کامل) بالاترین مقدار بود. بالاترین مقدار پروتئین خام (14/77٪) و چربی (29/80٪) مربوط به نمونه 100:00 (پودر کدوحلوایی: آرد گندم تصفیه‌شده) اختصاص داشت [13].

لبسی و همکاران (2011) اثر افزودن فیبرهای مغذی و سبوس غلات را به کیک مورد بررسی قرار دادند و مشاهده کردند که افزودن فیبرهای مغذی به کیک باعث تولید کیک‌هایی با حجم بیش‌تر و بافت نرم‌تر نسبت به نمونه شاهد شده درحالی‌که افزودن سبوس غلات به کیک باعث تولید کیک‌هایی با حجم کم‌تر و بافت سخت‌تر نسبت به نمونه شاهد می‌شود [10]. گومز و همکاران [14] اثر مقدار فیبر، اندازه ذرات و نوع آن بر کیفیت کیک لایه‌ای را بررسی و گزارش کردند که هر سه فاکتور اندازه ذرات، میزان و نوع فیبر بر خواص کیفی کیک تأثیرگذار بوده و افزودن انواع فیبر باعث بهبود کیفیت کیک می‌شود.

ویژگی‌های کیفی کیک اسفنجی حاوی 3، 5 و 7٪ پودر قارچ صدفی (*Pleurotuseryngii*) توسط جئونگ و شیم بررسی شد. نتایج ارزیابی حسی حاکی از برتری نمونه‌های حاوی 3 و 5 درصد پودر قارچ در مقایسه با نمونه شاهد بود [15].

سودها و همکاران از تفاله سیب خشک شده به عنوان منبع فیبر و پلی‌فنول‌ها جهت غنی‌سازی کیک اسفنجی استفاده کردند. پودر تفاله سیب در سه سطح 5، 10 و 15 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 [9].

با توجه به کیفیت بالای محصول خشک‌شده در روش مادون‌قرمز-هوای داغ، می‌توان از آن جهت غنی‌سازی انواع محصولات نانوایی و قنادی استفاده نمود. در این پژوهش اثر

جایگزینی پودر سیب در پنج سطح 0، 5، 10، 15 و 20 درصد به عنوان جایگزین آرد در فرمولاسیون کیک اسفنجی بررسی و رئولوژی خمیر،حجم، دانسیته و درصد ترکیبات فیزیکوشیمیایی کیک، رنگ، سفتی و ارزیابی حسی کیک‌ها اندازه‌گیری و گزارش می‌شود.

2- مواد و روش‌ها

2-1- تهیه پودر سیب

سیب زرد(*Golden delicous*) از بازار تهیه و با آب سرد شستشوی سطحی داده شد. سپس با یک چاقوی تیز، به‌طور عمودی به ورقه‌هایی به ضخامت 5 میلی‌متر برش داده شدند. ورقه‌های سیب بلافاصله پس از برش جهت خشک‌کردن با سامانه مادون‌قرمز-هوای داغ مورد استفاده قرار گرفتند. بر اساس بررسی منابع مختلف در زمینه خشک کردن سیب و سایر محصولات کشاورزی، جهت خشک‌کردن نمونه‌های سیب از شرایط بهینه گزارش شده برای سامانه مادون‌قرمز-هوای داغ با توان 250 وات در فاصله 5 سانتی‌متری از نمونه‌ها، دمای 60 درجه سانتی‌گراد هوای داغ با سرعت جریان 2 متر بر ثانیه استفاده گردید [2، 7 و 16].

ورقه‌های خشک شده سیب آسیاب شده و سپس با استفاده از الک با مش 50 غربال شدند. نمونه‌های تهیه‌شده جهت استفاده در فرمولاسیون کیک، درون کیسه‌های پلاستیکی دربسته قرار گرفتند.

2-2- تهیه کیک اسفنجی

فرمولاسیون پایه کیک اسفنجی تهیه‌شده در این پژوهش در جدول (1) گزارش شده است. آرد گندم مخصوص قنادی با رطوبت 11/8 درصد، 0/50 درصد خاکستر، 10/4 درصد پروتئین و 17/5 درصد گلوتن مرطوب تهیه شد. ابتدا شکر و روغن به مدت چهار دقیقه توسط همزن برقی مخلوط شدند. سپس تخم‌مرغ در سه مرحله و در مدت زمان دو دقیقه به مخلوط اضافه گردید. 15 میلی‌لیتر از آب اضافه و دو دقیقه هم زده شد. همه موارد پودری که از قبل باهم مخلوط و غربال شده بودند، به مخلوط اضافه و تا به دست آمدن یک خمیر یکنواخت مخلوط شدند. باقی‌مانده آب نیز اضافه و به مدت یک دقیقه مخلوط بهم زده شد. در ادامه پودر سیب در پنج سطح 0، 5، 10، 15 و 20 درصد جایگزین آرد کیک شد.30 گرم خمیر درون هر قالب ریخته شد و جهت پخت در آون توستر (Oven toaster, Noble, Model:KT-45XDRC) با دمای 195 درجه سانتی‌گراد و به مدت بیست دقیقه قرار گرفت. کیک‌های پخته‌شده، خنک و سپس در بسته‌های پلی‌پروپیلن عایق نسبت به رطوبت و اکسیژن نگه‌داری شدند [17].

2-3- بررسی خصوصیات رئولوژیکی

بررسی خصوصیات رئولوژیکی و ویسکوزیته خمیر کیک قبل از طراحی فرایندهایی مانند سیستم‌های انتقال خمیر، نیروی مورد نیاز برای پمپاژ و قالب‌زنی و پیش‌بینی خصوصیات نهایی کیک پخته‌شده ضروری است. ویسکوزیته و رئولوژیکی خمیر کیک‌ها با استفاده از دستگاه ویسکومتر چرخشی بروکفیلد (Brookfield, model RVDV- II+ pro, USA) در محدوده سرعت برشی 1/9 تا 76 بر ثانیه در دمای 25 درجه سانتی‌گراد، با استفاده از اسپیندل شماره S07 اندازه‌گیری شدند [17].

2-4- اندازه‌گیری دانسیته و ترکیبات کیک

حجم و دانسیته کیک‌ها به روش جابه‌جایی حجم با استفاده از دانه کلزا محاسبه گردید. درصد رطوبت با استفاده از آون در دمای 105 درجه سانتی‌گراد و به مدت 4 ساعت، چربی با استفاده از سوکسله و حلال دی اتیل اتر، پروتئین به روش کجلدال و درصد کربوهیدرات از تفریق درصد آب، چربی، خاکستر و پروتئین از 100 درصد به روش استاندارد ملی ایران شماره 2553 به دست آمد [18].

2-5- پردازش تصاویر مغز کیک

جهت بررسی رنگ مغز کیک‌های غنی‌شده از روش پردازش تصویر استفاده شد. در این روش از یک اسکنر اچ‌پی مدل (Hp Scanjet G3110)، جهت تصویر بـرداری استفاده شد. نمونه‌های کیک از وسط نصف شده و مغز کیک اسکن گردید. تصاویر با فرمت jpg و در فضای رنگی RGB ذخیره شدند. تصاویر گرفته شده توسط نرم‌افزار Image J (Image J software version 1.42e, USA) و برنامه

جدول (1) فرمولاسیون پایه کیک اسفنجی

ترکیب	مقدار به گرم
آرد	100
تخم‌مرغ تازه	72
پودر شکر	72
روغن مایع	57
پودر آب پنیر	4
پودر شیر خشک	2
بیکینگ‌پودر	2
وانیل	0/5
صمغ گزانتان	0/25
آب	30

آن (Color –Space –Converter) از فضای رنگی RGB به L* a* b* تبدیل گردیدند [19].

6-2- بافت سنجی

بافت مواد غذایی به عنوان یکی از مهم‌ترین خصوصیات کیفی محصول، نقش مهمی در پذیرش کلی توسط مصرف‌کنندگان دارد. خصوصیات بافتی کیک‌های غنی‌شده در روزهای اول و چهاردهم، توسط دستگاه بافت سنج[1] (TA-XT Plus, Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK) و نرم‌افزار مربوطه (Texture Expert 1.05) اندازه‌گیری شد. کیک‌ها در اندازه‌های 2×2×2 سانتی‌متر با دقت برش خوردند. سفتی[2] نمونه‌ها به روش آزمون فشاری و با پروب استوانه‌ای با قطر 36 میلی‌متر، با سرعت 1/0 میلی‌متر بر ثانیه و 50 درصد کرنش اندازه‌گیری شد. سرعت رفت و برگشت پروب 2میلی‌متر بر ثانیه در نظر گرفته شد [19].

7-2- ارزیابی حسی

از 10 ارزیاب آموزش دیده جهت بررسی خصوصیات کیک‌های غنی‌شده پس از یک روز از زمان تهیه، استفاده گردید. از روش هدونیک 9 نقطه‌ای (1= ضعیف، 5= متوسط و 9= عالی) جهت بررسی حسی کیک‌ها استفاده شد. روشنایی رنگ مغز کیک، مطلوبیت بو، مقدار تخلخل، پذیرش ظاهر، پذیرش طعم، مطلوبیت سفتی، پذیرش بافت و پذیرش کلی پارامترهای ارزیابی حسی بودند که توسط ارزیاب‌ها بررسی شدند. فرم‌های ارزیابی حسی تهیه و در اختیار گروه ارزیابی چشایی قرار گرفت [17].

تجزیه و تحلیل آماری در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. برای رسم نمودارها از برنامه Excel2007 و برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SAS 9.1 در سطح معنی‌داری 5٪ استفاده شد.

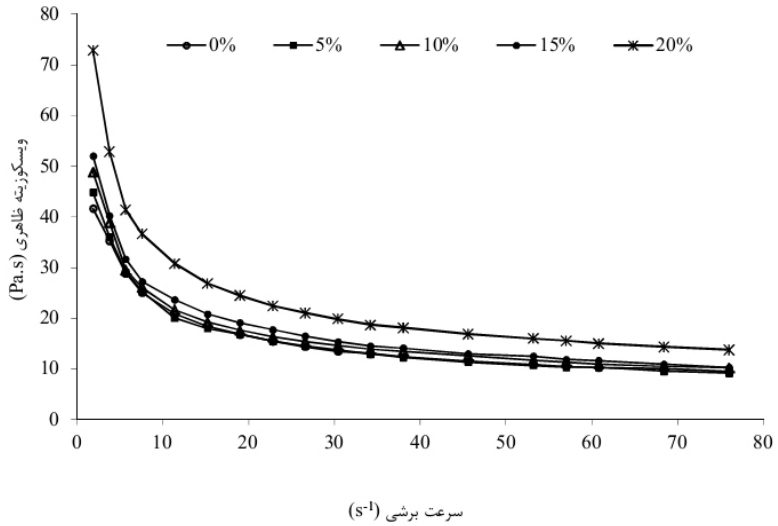
3- نتایج و بحث

1-3- رئولوژی خمیر کیک سیب

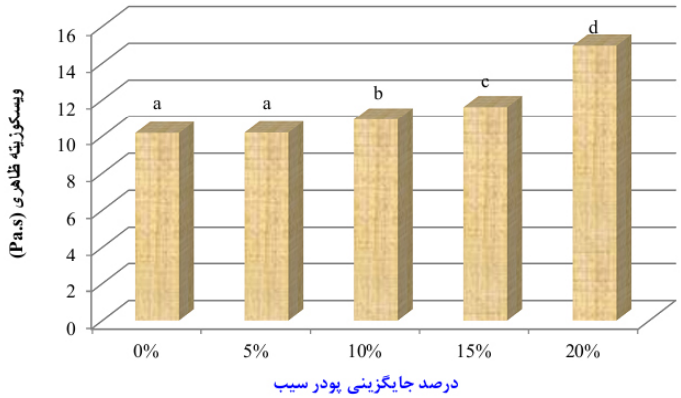
همان‌طور که در شکل (1) ملاحظه می‌شود، در تمامی خمیرها با افزایش سرعت برشی، ویسکوزیته ظاهری کاهش می‌یابد. کاهش ویسکوزیته با افزایش سرعت برشی، نشان‌دهنده رفتار شل شونده با برش (سودوپلاستیک[1]) خمیر می‌باشد. با افزایش سرعت برشی از 1/9 به s^{-1} 76، ویسکوزیته ظاهری خمیر حاوی 15 درصد پودر سیب از 52/00 به 10/20 پاسکال ثانیه کاهش یافت. افزودن پودر سیب اثر معنی‌داری بر ویسکوزیته خمیر دارد. بیش‌ترین ویسکوزیته مربوط خمیر حاوی 20 درصد سیب است (14/95 Pa.s) و با افزایش درصد پودر سیب، ویسکوزیته خمیر افزایش یافت. ویسکوزیته ظاهری خمیر کیک غنی‌شده در سرعت برشی برابر 60 بر ثانیه در محدوده 10/18 تا 14/95 پاسکال ثانیه به‌دست آمد.

1. Texture analyzer
2. Hardness

1. Pseudoplastic behavior



شکل (1) اثر تغییر سرعت برشی بر ویسکوزیته خمیر کیک‌های غنی‌شده با پودر سیب



شکل (2) ویسکوزیته خمیر کیک‌های غنی‌شده با درصدهای مختلف پودر سیب (سرعت برشی برابر $60s^{-1}$)، (اعداد دارای حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح $p<0/05$ می‌باشند).

در شکل (2) ویسکوزیته خمیر کیک‌های غنی‌شده با درصدهای مختلف پودر سیب در سرعت برشی برابر با $60s^{-1}$ به نمایش درآمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، با افزایش درصد جایگزینی پودر سیب، ویسکوزیته خمیر کیک‌ها افزایش یافته است. بین نمونه شاهد و 5 درصد از نظر ویسکوزیته اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. با افزایش درصد جایگزینی به 20 درصد، جریان پذیری خمیر به شدت کاهش یافت و باعث افزایش ویسکوزیته شد.

2-3- ترکیبات کیک‌های غنی‌شده

در جدول (2) آنالیز ترکیبات و دانسیته کیک‌های غنی‌شده با پودر سیب به نمایش درآمده است. در این جدول درصد رطوبت، چربی، پروتئین، خاکستر و کربوهیدرات موجود در کیک‌ها گزارش‌شده است. با افزایش درصد سیب از 0 به 20 درصد، مقدار رطوبت کیک‌ها افزایش یافت در حالی‌که درصد پروتئین و کربوهیدرات آن‌ها کاهش یافت. بین درصد چربی و خاکستر نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. همان‌طور که در این جدول ملاحظه می‌شود، با افزایش درصد پودر سیب در فرمولاسیون کیک، حجم کیک‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد و باعث افزایش دانسیته کیک‌ها می‌شود. با افزایش درصد سیب از 0 به 20 درصد، دانسیته 26/12٪ افزایش یافت و منجر به کاهش حجم کیک‌ها شد.

جدول (2) آنالیز ترکیبات و دانسیته کیک‌های غنی‌شده با پودر سیب

درصد جایگزینی	رطوبت (%)	چربی (%)	پروتئین (%)	خاکستر (%)	کربوهیدرات (%)	pH	حجم (cm^3)	دانسیته (kg/m^3)
% 0	18/4 [a]	23/34 [a]	5/95 [a]	0/81 [a]	51/50 [a]	6/92 [a]	66/67 [a]	379 [a]
% 5	18/75 [ab]	23/37 [a]	5/83 [a]	0/82 [a]	51/23 [ab]	6/89 [a]	66/45 [ab]	383 [ab]
% 10	18/97 [ab]	23/39 [a]	5/74 [ab]	0/80 [a]	51/10 [b]	6/99 [a]	66/00 [b]	391 [b]
% 15	19/12 [b]	23/45 [a]	5/65 [ab]	0/81 [a]	50/97 [bc]	7/14 [a]	63/23 [c]	402 [c]
% 20	19/45 [b]	23/49 [a]	5/53 [b]	0/79 [a]	50/74 [c]	7/06 [a]	53/74 [d]	478 [d]

* اعداد دارای حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح $p<0/05$ می‌باشند.

جدول (3) نتایج پردازش تصویر مغز کیک‌های غنی‌شده با پودر سیب

درصد جایگزینی	L*	a*	b*
% 0	88/78±4/15 [a]	-2/60±1/04 [a]	33/47±3/70 [a]
% 5	85/75±4/76 [ab]	-0/86±1/20 [b]	35/65±4/04 [a]
% 10	81/37±5/48 [b]	0/57±1/22 [c]	38/13±3/68 [a]
% 15	81/26±5/57 [b]	0/78±1/85 [c]	38/31±4/19 [a]
% 20	76/90±6/51 [c]	1/36±1/31 [c]	36/64±4/00 [a]

* اعداد دارای حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح $p<0/05$ می‌باشند.

سانچز-پاردو و همکاران محصول غنی‌شده با بتا گلوکان یولاف همراه با دکسترین و نشاسته تغییریافته 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 [20].

pH خمیر کیک‌ها توسط pH متر اندازه‌گیری و در محدوده 6/89-7/14 به‌دست آمد. بین نمونه‌ها از نظر pH اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

3-3- پردازش تصویر

مدل رنگی Lab مرکب از جزء روشنایی (مقدار L که دامنه‌ای از صفر تا 100 را دارد) و دو جزء رنگی (دامنه‌ای از 120- تا 120+) که شامل جزء a* (دارای طیف رنگی سبز تا قرمز) و جزء b* (دارای طیف رنگی آبی تا زرد) می‌باشد [19]. در جدول (3) نتایج مربوط به آنالیز رنگ کیک‌های غنی‌شده با سیب مشاهده می‌شود.

همان‌طور که در جدول (3) مشاهده می‌شود، با افزایش درصد سیب میزان روشنایی (L) کاهش یافته و نمونه‌ها تیره‌تر شده‌اند. نمونه حاوی 20 درصد پودر سیب از همه تیره‌تر بوده و اختلاف معنی‌داری از نظر روشنایی با سایر کیک‌ها دارد. شاخص a با افزودن پودر سیب افزایش یافته که نشان دهنده افزایش رنگ قرمز در کیک‌ها است و نمونه‌ها قرمزتر شده‌اند. اختلاف معنی‌داری در شاخص b مشاهده نشد و زردی نمونه‌ها تغییر چندانی نکرد. شاخص‌های L*، a* و b* برای نمونه حاوی 15 درصد پودر سیب به‌ترتیب برابر 81/26، 0/78 و 38/31 گزارش شد.

جایگزینی پودر قارچ صدفی (*Pleurotuseryngii*) با آرد کیک اسفنجی باعث کاهش زردی و روشنایی پوسته کیک شد در حالی که قرمزی افزایش یافت [15].

4-3- بافت سنجی

بیش‌ترین نیروی مشاهده‌شده در نمودار نیرو-زمان در طی انجام آزمون‌های بافت سنجی به عنوان سفتی یا سختی بافت

گزارش می‌شود [19]. در شکل (3) سفتی نمونه‌های کیک غنی‌شده با پودر سیب، در روزهای اول و چهاردهم به نمایش درآمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، بین نمونه‌های غنی‌شده اختلاف معنی‌داری از نظر سفتی وجود دارد و در مقایسه با نمونه شاهد، سفتی نمونه‌ها افزایش‌یافته است و افزودن پودر سیب به‌طور معنی‌داری سفتی نمونه‌ها را افزایش داده است. در طی ماندگاری دوهفته‌ای، نمونه شاهد بیش‌ترین تغییرات را داشته و نسبت به سایر نمونه‌ها، مقدار سفتی آن بیش‌تر افزایش یافته است.

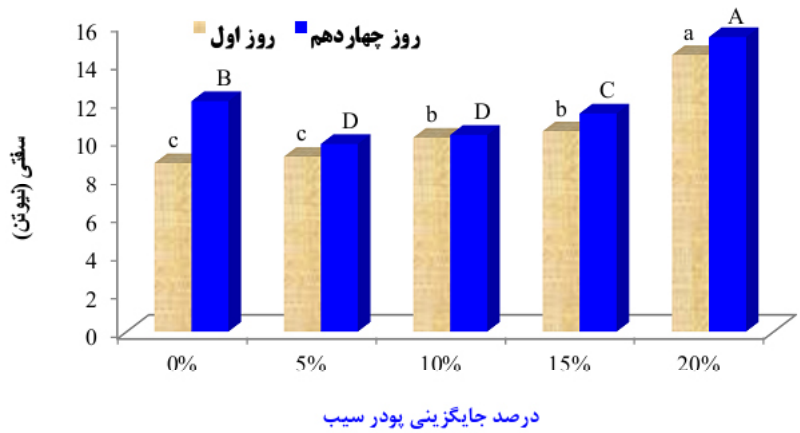
مقدار عددی مربوط به سفتی بافت کیک حاوی 15 درصد پودر سیب برابر 10/44 نیوتن به دست آمد. سفتی کیک‌های غنی‌شده با پودر سیب در محدوده 8/79-14/40 نیوتن به‌دست آمد.

5-3- نتایج ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی حسی کیک‌های غنی‌شده با پودر سیب در جدول (4) به نمایش درآمده است. نمونه حاوی 15 درصد پودر سیب در فرمولاسیون کیک اسفنجی بالاترین امتیاز را از نظر ارزیابی حسی داشت. مشابه نتایج روش پردازش تصویر، با افزایش درصد سیب نمونه‌ها تیره‌تر شده و نمونه شاهد رنگ روشن‌تری داشت. با افزایش درصد پودر سیب به فرمولاسیون، به‌دلیل افزایش شیرینی و بهبود طعم، پذیرش کلی نیز افزایش یافت. اما در نمونه حاوی 20 درصد پودر سیب، به دلیل کاهش حجم و سفت شدن کیک، پذیرش کلی کاهش یافته و ارزیاب‌ها امتیاز کم‌تری به این نمونه داده‌اند.

4- نتیجه‌گیری

سیب خشک دارای ترکیبات تغذیه‌ای فراوان ازجمله انواع قندها، مواد معدنی و فیبر می‌باشد. در این مطالعه ابتدا سیب زرد در سامانه مادون‌قرمز-هوای داغ تحت شرایط بهینه خشک، آسیاب، غربال و به‌صورت پودر به عنوان جایگزین آرد گندم در پنج سطح 0، 5، 10، 15 و 20 درصد جهت غنی‌سازی کیک اسفنجی استفاده شد. ویسکوزیته خمیر کیک، خصوصیات فیزیکوشیمیایی، حجم، دانسیته، رنگ، بافت، و خصوصیات حسی، کیک‌های تولیدی مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت. بیش‌ترین ویسکوزیته مربوط به خمیر حاوی 20 درصد سیب بود (14/95 Pa.s) و با افزایش درصد پودر سیب، ویسکوزیته خمیر افزایش یافت. با افزایش درصد سیب، مقدار رطوبت کیک‌ها افزایش یافت در حالی‌که درصد پروتئین و کربوهیدرات آن‌ها کاهش یافت. با افزایش درصد سیب میزان روشنایی (L) کاهش‌یافته و نمونه‌ها تیره‌تر شد. بین نمونه‌های غنی‌شده اختلاف معنی‌داری از نظر سفتی وجود داشت و در مقایسه با نمونه شاهد، سفتی نمونه‌ها افزایش‌یافته و افزودن پودر سیب به‌طور معنی‌داری سفتی نمونه‌ها را افزایش داده است. نمونه حاوی 15 درصد پودر سیب در فرمولاسیون کیک اسفنجی بالاترین امتیاز را از نظر ارزیابی حسی داشت.



شکل (3) مقایسه سفتی کیک‌های غنی‌شده با پودر سیب (اعداد دارای حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح $p<0/05$ می‌باشند)

جدول(4)نتایج ارزیابی حسی کیک‌های غنی‌شده با پودر سیب

درصد جایگزینی	روشنایی رنگ مغز کیک	مطلوبیت بو	مقدار تخلخل	پذیرش ظاهر	پذیرش طعم	مطلوبیت سفتی	پذیرش بافت	پذیرش کلی
% 0	8/0 a	6/1 a	7/8 a	7/9 a	5/4 a	7/1 a	7/6 a	5/5 a
% 5	7/3 ab	6/7 a	7/8 a	7/7 a	6/0 a	7/0 a	7/3 ab	5/7 a
% 10	6/3 b	7/0 ab	7/7 b	6/3 b	7/3 b	6/7 a	7/3 ab	6/7 b
% 15	5/3 bc	7/3 b	6/3 bc	7/0 ab	7/7 b	6/3 b	7/0 b	7/6 c
% 20	4/7 c	7/5 b	5/0 c	5/0 c	7/3 b	5/8 c	5/3 c	5/3 a

*اعداد دارای حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح $p<0/05$ می‌باشند.

منابع

[1] Zarein, M., Samadi, S.H., Ghobadian, B. (2015). Investigation of microwave dryer effect on energy efficiency during drying of apple slices. *J. Saudi. Soc. Agr. Sci*., 14, 41-47.

[2] Nowak, D., Lewicki, P.P. (2004). Infrared drying of apple slices. *Innov. Food Sci. Emerg. Tech*., 5, 353-360.

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

[4] Toğrul, H. (2005). Simple modeling of infrared drying of fresh apple slices. J. Food Eng., 71(3), 311-323.

[5] 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. *J. Food Eng*., 47, 43-49.

[6] Kotwaliwale, N., Bakane P., Verma A. (2007). Changes in textural and optical properties of oyster mushroom during hot air drying. *J. Food Eng*., 78, 1207-1211.

[7] Salehi, F., Kashaninejad, M., Sadeghi Mahoonak, A., Ziaiifar, A. M. (2016). Drying of Button Mushroom by Infrared-Hot Air System. *Iran J. Food Sci. Tech.*, 59(13), 151-159.

[8] Amiri Chayjan, R., Bahrabad, S. M.T., Rahimi Sardari, F. (2014). Modeling Infrared-Covective Drying of Pistachio Nuts under Fixed and Fluidized Bed Conditions. *J. Food Process. Preserv*., 38, 1224-1233.

[9] 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 Chem*., 104, 686-692.

[10] 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 Bioproc. Tech*., 4, 710-722.

[11] Fahloul, D., Abdedaim, M., Trystram, G. (2010). Heat, Mass Transfer and Physical Properties of Biscuits Enriched with Date Powder. *J. App. Sci. Res*., 6, 1680-1686.

[12] El-Sharnouby, G.A., Aleid, S.M., Al-Otaibi, M.M. (2012).Nutritional quality of biscuit supplemented with wheat bran and date palm fruits (Phoenix dactylifera L.). *Food Nutr. Sci*., 3, 322-328.

[13] Bhat, M.A., Bhat, A. (2013). Study on Physico-Chemical Characteristics of Pumpkin Blended Cake. J. Food Process. Tech., 4, 4-9.

[14] Gomez, M., Ruiz-París, E., Oliete, B., Pando V. (2010). Modeling of texture evolution of cakes during storage. *J. Texture Stud.*, 41, 17-33.

[15] Jeong, C.H., Shim, K.H. (2004). Quality characteristics of sponge cakes with addition of Pleurotus

eryngii mushroom powders. *J. Korean. Soc. Food Sci. Nutr.*, 33, 716-722.

[16] Salehi, F., Kashaninejad, M., Akbari, E., Sobhani, S.M., Asadi, F. (2016). Potential of Sponge Cake Making using Infrared–Hot Air Dried Carrot. *J. Texture Stud*., 47, 34-39.

[17] Salehi, F., Kashaninejad, M., Asadi, F. and Najafi, A. (2016). Improvement of quality attributes of sponge cake using infrared dried button mushroom. *J. Food Sci. Tech.*, 53(3), 1418-1423.

[18] AOAC, (1995).Official methods of analysis, 16th edition, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA.

[19] Salehi, F., Kashaninejad, M. (2014). Effect of Different Drying Methods on Rheological and Textural Properties of Balangu Seed Gum. *Drying Tech*., 32, 720-727.

[20] 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. *J. Biotechnol.*, 150, 316-321.