

## غنی‌سازی کیک اسفنجی با پودر قارچ دکمه‌ای خشک‌شده در سامانه مادون قرمز- هوای داغ

فخرالدین صالحی<sup>۱\*</sup>، مهدی کاشانی نژاد<sup>۲</sup>، علیرضا صادقی ماهونک<sup>۲</sup>، امان محمد ضیائی‌فر<sup>۲</sup>

۱. استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان  
۲. دانشیار، گروه مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: 93/12/21، تاریخ پذیرش: 94/1/17)

### چکیده

خشک‌کردن سبزی‌ها و میوه‌ها با سامانه مادون قرمز-هوای داغ در مقایسه با روش‌های متداول دارای مزایایی مانند کیفیت ظاهری و حسی بالای محصول، رنگ روشن، زمان کوتاه خشک‌کردن و مصرف پایین انرژی می‌باشد. در این مطالعه ابتدا قارچ دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) در شرایط بهینه توسط سامانه مادون قرمز هوای داغ (250 وات و 60 درجه سانتی‌گراد) خشک، آسیاب و غربال شد و سپس جهت غنی‌سازی کیک اسفنجی مورد استفاده قرار گرفت. پودر قارچ دکمه‌ای در چهار سطح 0، 5، 10 و 15 درصد به‌عنوان جایگزین آرد گندم در فرمولاسیون کیک مورد استفاده قرار گرفت. ویسکوزیته و رئولوژی خمیر کیک توسط ویسکومتر چرخشی بروکفیلد اندازه‌گیری شد. خصوصیات کیک‌ها مانند دانسیته و درصد ترکیبات به روش استاندارد، رنگ به روش پردازش تصویر، آزمون نفوذ توسط دستگاه بافت سنج و ارزیابی حسی مورد ارزیابی قرار گرفت. با افزایش درصد پودر قارچ در فرمولاسیون کیک، ویسکوزیته خمیر افزایش یافت. ویسکوزیته ظاهری خمیر کیک غنی شده در سرعت برشی برابر 60 بر ثانیه در محدوده 12/55 تا 18/20 پاسکال ثانیه به‌دست آمد. با افزایش پودر قارچ دکمه‌ای اختلاف معنی‌داری بین کیک‌ها از نظر خصوصیات بافت‌سنجی مشاهده نشد و سفتی نمونه‌ها در محدوده 1/812-2/070 نیوتن بود. بر اساس نتایج ارزیابی حسی، نمونه حاوی 10 درصد پودر قارچ بالاترین امتیاز را از نظر پذیرش کلی داشت. شاخص‌های  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  برای نمونه برگزیده به‌ترتیب برابر 63/74، 0/55 و 28/34 به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: خشک‌کردن، رئولوژی، غنی‌سازی، قارچ دکمه‌ای، کیک اسفنجی، مادون قرمز-هوای داغ.

## 1- مقدمه

داغ مقایسه کردند. این محققان گزارش کردند که استفاده از اشعه مادون قرمز در خشک‌کن همرفتی باعث افزایش سرعت خشک‌کردن شده و کاهش قابل توجهی در انرژی مصرفی نسبت به خشک‌کن همرفتی بدون استفاده از اشعه مادون قرمز می‌شود [9]. در مطالعه دیگری، هبار و همکاران از یک خشک‌کن ترکیبی مادون قرمز با هوای داغ در سه حالت مادون قرمز به تنهایی، هوای داغ به تنهایی و ترکیبی برای خشک‌کردن سیب‌زمینی و هویج استفاده کردند. نتایج به‌دست آمده حاکی از کاهش زمان خشک شدن و کاهش انرژی مصرفی در خشک‌کن ترکیبی نسبت به مادون قرمز و هوای داغ بود [10].

افزایش تقاضا برای خرید و استفاده از محصولات با کیفیت بالا همراه با خواص سلامتی بخش باعث شده که در جهت افزایش و حفظ کیفیت محصولات مختلف تلاش‌های زیادی صورت گیرد. کیک اسفنجی یکی از فراورده‌های غلات بوده که فقدان فیبرهای رژیمی در آرد کیک از مشکلات عمده موجود در این محصول می‌باشد [11]. قارچ دکمه‌ای یک محصول با ارزش تغذیه‌ای بالا است و امکان تولید آن به مقدار زیاد در کشور وجود دارد. لذا در صورتی که به روش مناسب خشک شود، می‌تواند جهت غنی‌سازی محصولات مختلف غذایی از جمله انواع سوپ‌ها، کیک، بیسکویت و ماکارونی مورد استفاده قرار گیرد.

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 نشان داد که جایگزینی پودر خرما اثری بر محتوای رطوبت نداشته اما باعث کاهش میزان سفتی بیسکویت‌ها و افزایش رنگ در آن‌ها می‌شود [12]. 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 نشان داد با افزایش سطح جایگزینی، جذب آب افزایش یافته و پایداری خمیر کاهش می‌یابد [13].

قارچ دکمه‌ای به‌عنوان یک ماده غذایی با ارزش تغذیه‌ای بالا، بین 25 گونه قارچ خوراکی، حدود 40٪ از سهم بازار را به خود اختصاص داده و حاوی 32/7٪ پروتئین، 2/4٪ چربی و 47/7٪ کربوهیدرات بر اساس ماده خشک می‌باشد. قارچ‌ها به دلیل عدم وجود کوتیکول، سرعت بالای تنفس، رطوبت زیاد و فعالیت آنزیمی شدید، بلافاصله پس از برداشت دچار تغییر رنگ شده و دارای ماندگاری کم‌تری نسبت به سایر سبزی‌ها بوده و به سرعت فاسد می‌شوند. لذا جهت افزایش ماندگاری باید فرآوری شوند [1]. خشک‌کردن یکی از معمول‌ترین روش‌هایی است که برای نگهداری قارچ‌های دکمه‌ای مورد استفاده قرار گرفته و برای انجام این فرایند از خشک‌کن‌های مختلفی از قبیل خشک‌کن خورشیدی، هوای داغ، انجمادی، بستر سیال، مادون قرمز و روش‌های ترکیبی مانند مادون قرمز-هوای داغ استفاده شده است [2-5]. با استفاده از این روش‌ها می‌توان رطوبت محصول را کاهش داد و در نتیجه مدت نگهداری آن‌ها طولانی‌تر شده و هم‌چنین هزینه نگهداری و حمل و نقل کاهش می‌یابد [6]. روش پرتودهی مادون قرمز (IR) نسبت به روش‌های متداول خشک‌کردن دارای مزایایی از جمله انتقال حرارت سریع‌تر، ضریب نفوذ مؤثر بالا، زمان کوتاه‌تر فرایند و مصرف انرژی پایین است و در نتیجه کیفیت ظاهری و تغذیه‌ای محصول افزایش می‌یابد [7]. امیری چایجان و همکاران از یک خشک‌کن مادون قرمز با توان‌های 500، 1000 و 1500 وات، جهت خشک‌کردن پسته استفاده کردند. نتایج حاکی از افزایش نفوذپذیری رطوبت با افزایش توان مادون قرمز می‌باشد. هم‌چنین توان مادون قرمز اثر معنی‌داری بر زمان خشک شدن پسته دارد و با افزایش توان، زمان خشک شدن کاهش می‌یابد [8]. هم‌چنین جهت افزایش سرعت خشک‌کردن و افزایش کیفیت محصول خشک شده استفاده ترکیبی از مادون قرمز-هوای داغ توصیه شده است. صالحی و همکاران خشک‌کردن قارچ دکمه‌ای در یک خشک‌کن مادون قرمز هوای داغ را بررسی و استفاده از این خشک‌کن ترکیبی را جهت خشک‌کردن قارچ دکمه‌ای توصیه نمودند [5]. افضل و همکاران میزان مصرف انرژی و کیفیت جو خشک شده را در دو خشک‌کن هوای داغ و ترکیبی مادون قرمز-هوای

عیسی و همکاران خصوصیات رئولوژیکی و کیفیت نان و

بیسکویت غنی‌شده با آرد دانه‌های خام و جوانه‌زده حبوبات یا

قارچ را بررسی کردند. قارچ اویستر ابتدا توسط بخار به مدت 7 دقیقه آنزیم‌بری و در آن در دمای 60 درجه سانتی‌گراد به مدت 270 دقیقه خشک و سپس آسیاب شد. آرد قارچ در سطوح 5، 10 و 15 درصد جایگزین آرد نمونه‌ها گردید. افزایش درصد قارچ باعث افزایش درصد پروتئین نان و بیسکویت شد. افزایش درصد قارچ تا 15 درصد تاثیر منفی بر ویژگی‌های رئولوژیکی و ظاهری نان نداشت، اما باعث افت کیفیت بیسکویت شد [14].

اثر جایگزینی آرد گندم با پودر قارچ و آرد سیب‌زمینی شیرین بر ترکیبات تغذیه‌ای و ویژگی‌های حسی بیسکویت توسط ابراهیم و همقاری در سال 2014 بررسی شده است. با افزودن پودر قارچ و آرد سیب‌زمینی شیرین درصد پروتئین، فیبر، خاکستر، آهن، کلسیم، پتاسیم و فسفر بیسکویت‌ها افزایش می‌یابد و نمونه‌های حاوی 10 و 20 درصد از نظر حسی امتیاز بالاتری را به خود اختصاص دادند [15].

تاکنون مطالعه‌ای در خصوص استفاده از پودر قارچ دکمه‌ای خشک‌شده در سامانه مادون قرمز-هوای داغ جهت غنی‌سازی کیک اسفنجی گزارش نشده است. لذا در این پژوهش اثر جایگزینی پودر قارچ دکمه‌ای در چهار سطح 0، 5، 10 و 15 درصد به‌عنوان جایگزین آرد در فرمولاسیون کیک اسفنجی بررسی و رئولوژی خمیر، دانسیته و درصد ترکیبات کیک، رنگ، سفتی و ارزیابی حسی کیک‌ها اندازه‌گیری و گزارش شد.

## 2- مواد و روش‌ها

### 2-1- تهیه پودر قارچ دکمه‌ای

قارچ‌های دکمه‌ای سفید با قطر کلاهک 5 سانتی‌متر و با رطوبت اولیه 89/6 درصد بر پایه مرطوب، تهیه و پس از حذف پایه با آب سرد شستشوی سطحی داده شدند. سپس آب سطحی آن‌ها توسط دستمال تمیز گرفته شد. در نهایت با یک چاقوی تیز، قارچ‌ها به‌طور عمودی به ورقه‌هایی با ضخامت 5 میلی‌متر برش داده شدند. ورقه‌های قارچ بلافاصله پس از برش جهت خشک‌کردن مورد استفاده قرار گرفتند.

جهت خشک‌کردن نمونه‌های برش خورده از سامانه مادون قرمز-هوای داغ (شکل 1) با توان 250 وات در فاصله 5 سانتی‌متری از نمونه‌ها و دمای 60 درجه سانتی‌گراد هوای داغ با سرعت جریان 2 متر بر ثانیه استفاده گردید [5].

ورقه‌های خشک‌شده قارچ دکمه‌ای آسیاب شده و سپس با استفاده از الک با مش 50 غربال شدند. نمونه‌های تهیه‌شده جهت استفاده در فرمولاسیون کیک، درون کیسه‌های پلاستیکی در بسته قرار گرفتند. رطوبت نمونه‌های خشک‌شده در حدود 1/2 درصد بر پایه مرطوب بود.

### 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، 0/5 درصد خاکستر، 10/4 درصد پروتئین



شکل (1) سامانه مادون قرمز-هوای داغ جهت خشک‌کردن قارچ دکمه‌ای

جدول (1) فرمولاسیون پایه کیک اسفنجی

ترکیب	مقدار (گرم)
آرد	100
تخم مرغ تازه	72
پودر شکر	72
روغن مایع	57
پودر آب پنیر	4
پودر شیر خشک	2
بیکنینگ پودر	2
وانیل	0/5
صمغ گزانتان	0/25
آب	30

#### 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 و پروتئین از 100 درصد به دست آمد [16].

#### 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 G3110<sup>1</sup>، 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<sup>2</sup> و برنامه آن (Color-Space-Converter) از فضای رنگی RGB به L\*a\*b\* تبدیل گردیدند [17].

#### 2-6- بافت سنجی

بافت مواد غذایی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین خصوصیات کیفی محصول، نقش مهمی در پذیرش کلی توسط مصرف‌کنندگان دارد. خصوصیات بافتی کیک‌های غنی‌شده پس از یک روز

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 مدت‌زمان 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 هم‌زده شد. جهت غنی‌سازی کیک‌ها، پودر قارچ دکمه‌ای در چهار سطح 0، 5، 10 و 15 درصد جایگزین آرد کیک شد. سی گرم خمیر درون هر قالب ریخته شد و جهت پخت در آون توستر<sup>1</sup> 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.

#### 2-3- بررسی خصوصیات رئولوژیکی

بررسی خصوصیات رئولوژیکی و ویسکوزیته خمیر کیک قبل از طراحی فرایندهایی مانند سیستم‌های انتقال خمیر، نیروی موردنیاز 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.

1. Hp Scanjet G3110

2. Image J software version 1.42e, USA

1. Oven toaster, Noble, Model:KT-45XDRC

با افزایش سرعت برشی، ویسکوزیته ظاهری کاهش می‌یابد. کاهش ویسکوزیته با افزایش سرعت برشی، نشان‌دهنده رفتار شل شونده با برش (سودو پلاستیک<sup>1</sup>) خمیر می‌باشد. با افزایش سرعت برشی از 1/9 به 76 s<sup>-1</sup>، ویسکوزیته ظاهری خمیر حاوی 10 درصد پودر قارچ دکمه‌ای از 72/8 به 13/7 پاسکال ثانیه کاهش یافت.

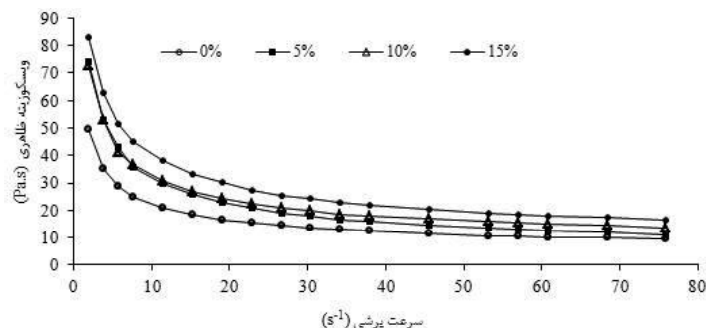
در شکل 3 ویسکوزیته خمیر کیک‌های غنی‌شده با درصد‌های مختلف پودر قارچ دکمه‌ای در سرعت برشی برابر با 160 s<sup>-1</sup> به نمایش درآمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، افزودن پودر قارچ اثر معنی‌داری بر ویسکوزیته خمیر دارد. بیش‌ترین ویسکوزیته مربوط خمیر حاوی 15 درصد قارچ است (18/2 Pa.s) و با افزایش درصد پودر قارچ، ویسکوزیته خمیر افزایش می‌یابد. ویسکوزیته ظاهری خمیر کیک غنی‌شده در سرعت برشی برابر 60 بر ثانیه در محدوده 12/55 تا 18/20 پاسکال ثانیه به‌دست آمد.

### 2-3- ترکیبات کیک‌های غنی‌شده

در جدول 2 آنالیز ترکیبات و دانسیته کیک‌های غنی‌شده با پودر قارچ دکمه‌ای به نمایش درآمده است. در این جدول درصد رطوبت، چربی، پروتئین و کربوهیدرات موجود در کیک‌ها گزارش شده است. همان‌طور که در جدول ملاحظه می‌شود با افزایش درصد پودر قارچ در فرمولاسیون کیک، حجم کیک‌ها به‌طور چشمگیری افزایش یافته و باعث کاهش دانسیته آن‌ها می‌شود. با افزایش درصد قارچ از 0 به 15 درصد، دانسیته 4/22٪ کاهش یافت و منجر به افزایش حجم کیک‌ها شد.

سانچز-پاردو و همکاران محصول غنی‌شده با بتاگلوکان یولاف

#### 1. Pseudoplastic behavior



شکل (2) اثر تغییر سرعت برشی بر ویسکوزیته خمیر کیک‌های غنی‌شده با پودر قارچ دکمه‌ای

از زمان تهیه، توسط دستگاه بافت سنج<sup>1</sup> (TA-XT Plus, Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK) و نرم‌افزار مربوطه (Texture Expert 1.05) اندازه‌گیری شد. پروب استوانه‌ای با قطر 6 میلی‌متر، با سرعت 1/0 میلی‌متر بر ثانیه و به عمق 10 میلی‌متر جهت انجام آزمون نفوذ و بررسی سفتی<sup>2</sup> کیک‌های تهیه‌شده انتخاب شد. سرعت رفت و برگشت پروب 2/0 میلی‌متر بر ثانیه در نظر گرفته شد [17].

### 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. آزمایش‌ها در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. برای رسم نمودارها از برنامه (2007) Excel 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

همان‌طور که در شکل 2 ملاحظه می‌شود، در تمامی خمیرها

1. Texture analyzer

2. Firmness

افزایش درصد قارچ میزان روشنایی (L) کاهش یافته و نمونه‌ها تیره‌تر شده‌اند. شاخص‌های  $a^*$ ،  $L^*$  و  $b^*$  برای نمونه حاوی 10 درصد پودر قارچ دکمه‌ای به ترتیب برابر 0/55، 63/74 و 28/34 گزارش شد.

### 3-4- بافت سنجی

بیش‌ترین نیروی مشاهده شده در نمودار نیرو-زمان در طی انجام آزمون‌های بافت سنجی به‌عنوان سفتی بافت گزارش می‌شود [17]. در شکل 4 سفتی نمونه‌های کیک غنی‌شده با پودر قارچ دکمه‌ای به نمایش درآمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، بین نمونه‌های غنی‌شده اختلاف معنی‌داری از نظر سفتی وجود ندارد، اما در مقایسه با نمونه شاهد، سفتی نمونه‌ها کاهش یافته است و افزودن پودر قارچ به‌طور معنی‌داری سفتی نمونه‌ها را کاهش داده است. مقدار عددی مربوط به سفتی بافت کیک حاوی 10 درصد پودر قارچ دکمه‌ای برابر 1/991 نیوتن و کیک‌های غنی‌شده با پودر قارچ دکمه‌ای در محدوده 1/812-2/070 نیوتن به دست آمد.

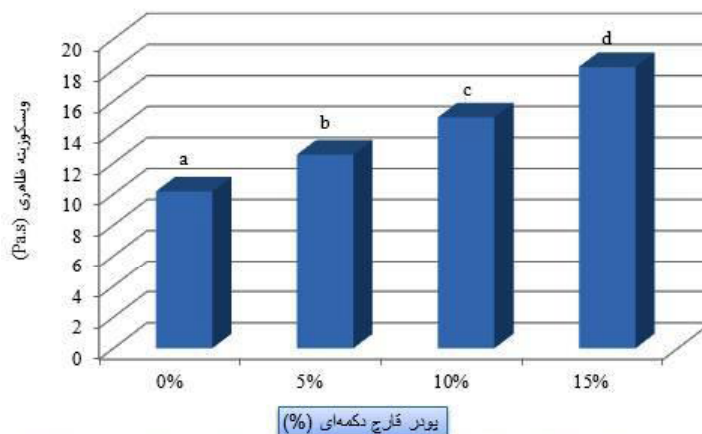
لبسی و همکاران اثر افزودن فیبرهای مغذی و سبوس غلات را به کیک مورد بررسی قرار دادند و مشاهده کردند که افزودن فیبرهای مغذی به کیک باعث تولید کیک‌هایی با حجم بیشتر و بافت نرم‌تر نسبت به شاهد شده درحالی‌که افزودن سبوس غلات به کیک باعث تولید کیک‌هایی با حجم کم‌تر و بافت سخت‌تر نسبت به نمونه شاهد می‌شود [11].

همراه با دکستروزین 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 [18].

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

### 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 [17]. در جدول 3، نتایج مربوط به آنالیز رنگ کیک‌های غنی‌شده با قارچ مشاهده می‌شود. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود، با



شکل (3) ویسکوزیته خمیر کیک‌های غنی‌شده با درصد‌های مختلف پودر قارچ دکمه‌ای (سرعت برشی برابر  $s^{-1} 160$ )، اعداد دارای حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح  $p < 0/05$  می‌باشند.

**جدول (2)** آنالیز ترکیبات و دانسیته کیک‌های غنی‌شده با پودر قارچ دکمه‌ای

درصد جایگزینی	رطوبت %	چربی %	پروتئین %	کربوهیدرات %	حجم (cm <sup>3</sup> )	دانسیته (g/cm <sup>3</sup> )
0 %	18/4 <sup>a</sup>	23/34 <sup>a</sup>	5/95 <sup>a</sup>	52/31 <sup>a</sup>	66/68 <sup>a</sup>	0/379 <sup>a</sup>
5 %	19/59 <sup>b</sup>	23/25 <sup>a</sup>	6/52 <sup>b</sup>	50/64 <sup>b</sup>	67/20 <sup>ab</sup>	0/378 <sup>ab</sup>
10 %	19/27 <sup>b</sup>	23/26 <sup>a</sup>	7/09 <sup>c</sup>	50/38 <sup>b</sup>	67/96 <sup>b</sup>	0/371 <sup>b</sup>
15 %	19/65 <sup>b</sup>	23/19 <sup>a</sup>	7/66 <sup>d</sup>	49/50 <sup>b</sup>	69/65 <sup>c</sup>	0/363 <sup>c</sup>

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

**جدول (3)** نتایج پردازش تصویر مغز کیک‌های غنی‌شده با پودر قارچ دکمه‌ای

درصد جایگزینی	L	a*	b*
0 %	88/78±4/15 <sup>a</sup>	-2/60±1/04 <sup>a</sup>	33/47±3/70 <sup>a</sup>
5 %	70/68±6/41 <sup>b</sup>	0/15±1/09 <sup>b</sup>	29/75±2/75 <sup>b</sup>
10 %	63/74±7/25 <sup>bc</sup>	0/55±1/19 <sup>b</sup>	28/34±2/12 <sup>b</sup>
15 %	58/19±8/01 <sup>c</sup>	0/55±1/33 <sup>b</sup>	27/72±2/50 <sup>b</sup>

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

### 3-5- نتایج ارزیابی حسی

جایگزین آرد جهت غنی‌سازی کیک اسفنجی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاکی از این بود که با افزایش درصد پودر قارچ دکمه‌ای در فرمولاسیون، ویسکوزیته خمیر کاهش یافته و بیش‌ترین ویسکوزیته مربوط به نمونه شاهد می‌باشد. هم‌چنین با افزایش درصد پودر قارچ در فرمولاسیون کیک، حجم کیک‌ها به‌طور چشمگیری افزایش یافته و باعث کاهش دانسیته آن‌ها می‌شود. با افزایش درصد پودر قارچ دکمه‌ای اختلاف معنی‌داری بین کیک‌ها از نظر خصوصیات بافت سنجی مشاهده نشد و سفتی نمونه‌ها در محدوده 2/070-1/812 نیوتن بود. بر اساس نتایج ارزیابی حسی، نمونه حاوی 10 درصد پودر قارچ دکمه‌ای بالاترین امتیاز را از نظر پذیرش کلی داشت.

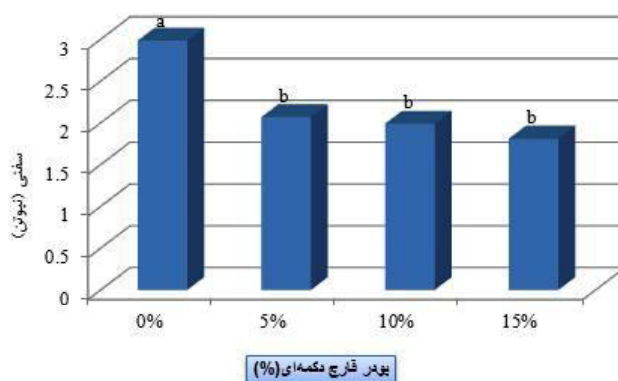
نتایج ارزیابی حسی کیک‌های غنی‌شده با پودر قارچ دکمه‌ای در جدول 3 به نمایش درآمده است. نمونه حاوی 10 درصد پودر قارچ در فرمولاسیون، بالاترین امتیاز را داشت. مشابه نتایج روش پردازش تصویر، با افزایش درصد قارچ نمونه‌ها تیره‌تر شده و نمونه شاهد رنگ روشن‌تری داشت.

### 4- نتیجه‌گیری

قارچ دکمه‌ای یک محصول با ارزش تغذیه‌ای بالاست و امکان تولید آن به مقدار زیاد در کشور وجود دارد. لذا در صورتی که به روش مناسب خشک شود، می‌تواند جهت غنی‌سازی محصولات مختلف غذایی از جمله انواع سوپ‌ها، کیک، بیسکویت و ماکارونی مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به کیفیت بالای محصولات خشک‌شده در سامانه مادون قرمز-هوای داغ در مقایسه با روش‌های متداول و هم‌چنین راندمان بالای انرژی و زمان کوتاه فرایند در این روش، استفاده از این روش ترکیبی نوین جهت خشک‌کردن انواع محصولات کشاورزی از جمله قارچ دکمه‌ای توصیه می‌شود. در این مطالعه ابتدا قارچ دکمه‌ای در شرایط بهینه توسط سامانه مادون قرمز هوای داغ خشک و پودر تهیه‌شده در چهار سطح 0، 5، 10 و 15 درصد به‌عنوان

### 5- تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF) (به شماره 92044245) انجام‌گرفته است. لذا از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور به خاطر تحت پوشش قرار دادن این پژوهش قدردانی می‌گردد.



شکل (4) مقایسه سفتی کیک‌های غنی‌شده با پودر قارچ دکمه‌ای اعداد دارای حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح  $p < 0/05$  می‌باشند.

جدول (4) نتایج ارزیابی حسی کیک‌های غنی‌شده با پودر قارچ دکمه‌ای

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

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

## منابع

- [5] Salehi, F., Kashaninejad, M., Sadeghi Mahoonak, A., Ziaifar, A.M. (2015). Drying of Button Mushroom by Infrared-Hot Air System. *Iranian J. Food Sci. Tech.*, (Accepted).
- [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] Nowak, D., Lewicki, P.P. (2004). Infrared drying of apple slices. *Innov. Food Sci. Emerg. Tech.*, 5, 353-360.
- [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] Afzal, T., Abe, T., Hikida, Y. (1999). Energy and [1] Brennan, M., Le Port, G., Gormley, R. (2000). Post-harvest treatment with citric acid or hydrogen peroxide to extend the shelf life of fresh sliced mushrooms. *LWT-Food Sci. Tech.*, 33, 285-289.
- [2] Singh, U., Jain, S. K., Doshi, A., Jain, H.K., Chahar, V.K. (2008). Effects of pretreatments on drying characteristics of button mushroom. *Int. J. Food Eng.*, 4(4), 1556-3758.
- [3] Giri, S., Prasad, S. (2007). Drying kinetics and re-hydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms. *J. Food Eng.*, 78, 512-521.
- [4] Angle, R., Tamhane, D. (1974). Mushrooms: an exotic source of nutritious and palatable food. *Indian Food Packer*, 28(5), 22-28.



- dextrins, and oats fiber in baked pound cake. *J. Bio-  
tech.*, 150, 316-321.
- [19] Bhat, M.A., Bhat, A. (2013). Study on Physico-  
Chemical Characteristics of Pumpkin Blended Cake. *J.  
Food Process Tech.*, 4(9); 4-9.
- quality aspects during combined FIR-convection dry-  
ing of barley. *J. Food Eng.*, 42, 177-182.
- [10] Hebbar, H.U., Vishwanathan, K., Ramesh, M.  
(2004). Development of combined infrared and hot air  
dryer for vegetables. *J. Food Eng.*, 65, 557-563.
- [11] Lebesi, D.M., Tzia, C. (2011). Effect of the ad-  
dition of different dietary fiber and edible cereal bran  
sources on the baking and sensory characteristics of  
cupcakes. *Food Bioproc. Tech.*, 4, 710-722.
- [12] Fahloul, D., Abdedaim, M., Trystram, G. (2010).  
Heat, Mass Transfer and Physical Properties of Biscuits  
Enriched with Date Powder. *J. Appl. Sci. Res.*, 6(11),  
1680-1686.
- [13] 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 dactylif-  
era L.*). *Food Nutrition Sci.*, 3, 322-328.
- [14] Eissa, H. A., Hussein, A., Mostafa, B. (2007). Rhe-  
ological properties and quality evaluation on Egyptian  
balady bread and biscuits supplemented with flours of  
ungerminated and germinated legume seeds or mush-  
room. *Pol. J. Food Nutrition Sci.*, 57, 487-496.
- [15] Ibrahim, M., Hegazy, A. (2014). Effect of Re-  
placement of Wheat Flour with Mushroom Powder and  
Sweet Potato Flour on Nutritional Composition and  
Sensory Characteristics of Biscuits, *Current Science  
International*, 3(1): 26-33.
- [16] AOAC. (1995). Official methods of analysis, 16th  
edition. , *Association of Official Analytical Chemists,  
Washington DC, USA.*
- [17] Salehi, F., Kashaninejad, M. (2014). Effect of dif-  
ferent drying methods on rheological and textural prop-  
erties of balangu seed gum. *Dry Tech.*, 32, 720-727.
- [18] Sanchez-Pardo, M., Jiménez-García, E., González-  
García, I. (2010). Study about the addition of chemi-  
cally modified starches (cross-linked cornstarches),