

اثر افزودن جوانه گندم خام و تثبیت شده بر خواص کیفی کیک قالبی

فروغ زارع نژاد¹ - سید هادی پیغمبردوست^{2*} - صدیف آزادمرد دمیرچی³

تاریخ دریافت: 1392/1/14

تاریخ پذیرش: 1392/6/17

چکیده

جوانه محصول جانبی صنعت آسیاب گندم است که حاوی فیبر، توکوفرول، اسیدهای چرب غیراشباع، پلی فنل، مواد معدنی و پروتئین است. در این مطالعه، اثر افزودن جوانه گندم خام و تثبیت شده بر ویژگی‌های خمیر کیک مانند وزن مخصوص و قوام خمیر و ویژگی‌های کیفی کیک مانند حجم، دانسیته ظاهری و جسمی، تخلخل، رطوبت و سفتی بافت مورد ارزیابی قرار گرفت. جوانه گندم خام با استفاده از بخاردهی به مدت 15 دقیقه و حرارت دهی در دمای 80 درجه سانتی‌گراد به مدت 20 دقیقه تثبیت شد. جوانه پس از آسیاب شدن در مقادیر 5، 10، 15 و 20% (بر اساس وزن مرطوب آرد) به فرمولاسیون کیک افزوده شد. نتایج نشان داد که افزودن جوانه گندم خام و تثبیت شده وزن مخصوص خمیر کیک را افزایش و قوام خمیر را کاهش داد. تفاوت مهم در ویژگی‌های فیزیکی بین کیک‌های غنی شده با جوانه گندم و کیک کنترل مشاهده شد. با افزایش مقدار جوانه گندم، حجم و تخلخل کیک کاهش و دانسیته ظاهری و دانسیته جسمی آن افزایش یافت. بررسی رطوبت و سفتی بافت کیک در روزهای مختلف نگهداری نشان داد که کیک‌های دارای جوانه گندم خام رطوبت بالاتری نسبت به کیک‌های دارای جوانه گندم تثبیت شده داشتند و با گذشت زمان رطوبت کیک کاهش یافت. کیک تهیه شده با جوانه گندم تثبیت شده دارای سفت‌ترین بافت بود و با گذشت زمان سفتی بافت کیک افزایش یافت. افزودن جوانه گندم با کنترل عوامل فساد آن مانند آنزیم‌های لیپاز که در تندشدگی دخالت دارند می‌تواند منجر به تولید کیک فراسودمند با خواص تغذیه‌ای مطلوب گردد.

واژه‌های کلیدی: جوانه، کیک، کیفیت، گندم

مقدمه

گروه‌های مختلف جامعه و عمر ماندگاری نسبتاً بالای آن به شکل گسترده‌ای در صنعت تولید و مورد مصرف قرار می‌گیرد (Rosental, 1995). لذا با بهبود ارزش غذایی کیک می‌توان محصولی سالم‌تر به بازار عرضه نمود (مجدوبی، 1388). در تطابق با این روند مصرف-کننده‌ها تمایل دارند که مواد غذایی با محتوای فیبر بالا بخورند (Ayadi et al., 2009). گرایش‌ها برای یافتن منابع جدید فیبر رژیمی و آنتی‌اکسیدان طبیعی مثل محصولات جانبی کشاورزی که به طور سنتی ارزش کمی دارند، وجود دارد. صنعت غذا برای بهینه کردن ارزش تغذیه‌ای در کنار حفظ یا بهبود طعم محصول بر طراحی مجدد مواد غذایی سنتی متمرکز شده است (Frye et al., 1992).

جوانه گندم 2 تا 3 درصد از وزن دانه گندم را تشکیل می‌دهد. جوانه گندم در مقایسه با آرد آندوسپرم گندم دارای 6 برابر مواد معدنی بیشتر (4%)، 7 برابر چربی بیشتر (11%)، 15 برابر قند بیشتر (17%) و 3 برابر پروتئین بیشتر (26%) است (Rizzello et al., 2011). جوانه گندم غنی‌ترین منبع شناخته شده ویتامین E با منشأ گیاهی است (Eisenmenger et al., 2008). جوانه گندم همچنین منبع غنی از

اهمیت محصولات غلات به‌عنوان غذای اصلی مردم به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه بر کسی پوشیده نیست. سهولت کاشت، داشت و نگهداری گندم و سهولت فرآوری آن برای رسیدن به طیف وسیعی از غذاهای با ارزش بالا و همینطور تعادل ترکیبات تشکیل دهنده آن باعث شده که فرآورده‌های غلات در مقایسه با سایر محصولات غذایی ارزش بیشتری پیدا کنند (پیغمبردوست، 1388). محصولات پخت مثل نان، شیرینی و کیک در دنیا در مقیاس بالا مصرف می‌شوند. کیک یکی از مواد غذایی پر مصرف به شمار می‌رود که به دلیل قند و چربی بالا متخصصین تغذیه مصرف کم آن را در رژیم‌های غذایی توصیه می‌کنند (مجدوبی و همکاران، 1388). کیک حاوی مقدار زیادی شکر است و به علت قابلیت خوردن توسط افراد و

1. و 3- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیاران گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
(* - نویسنده مسئول: (Email: peighambardoust@tabrizu.ac.ir)

بستر سیال اسیدچرب غیراشباع جوانه گندم را کاهش داد و همچنین طعم تندی ایجاد کرد. جوانه تهیه شده با روش خشک کردن با بستر سیال دارای فعالیت آنزیمی باقیمانده بود. نتایج این پژوهشگران نشان داد که کاهش ویتامین E در طول فرآیند بخاردهی و سپس خشک کردن در آن در حداقل مقدار خود بود و این روش را به‌عنوان مؤثرترین روش برای غیرفعال سازی آنزیم‌های جوانه گندم پیشنهاد کردند.

لذا هدف از این مطالعه، بررسی اثر افزودن جوانه گندم خام و تثبیت شده بر ویژگی‌های فیزیکی و کیفی کیک بود. نتایج این مطالعه در تولید کیک‌های فراسودمند با ویژگی‌های تغذیه‌ای بهبود یافته و استفاده از محصولات جانبی غنی از نظر تغذیه‌ای، برای تولید محصولی با ارزش افزوده مفید خواهد بود.

مواد و روش‌ها

مواد

آرد نول، شکر آسیاب شده، روغن هیدروژنه نیمه جامد، وانیل، بیکنینگ پودر، شیرخشک، پودر آب پنیر و تخم‌مرغ از فروشگاه‌های مواد غذایی تهیه شد.

روش‌ها

تهیه جوانه گندم

گندم از فروشگاه‌های محلی خریداری و در دمای محیط و رطوبت 90% و در محل تاریک تا رشد جوانه تا ارتفاع 1/5 سانتی‌متر تیمار شد. سپس جوانه‌ها به‌صورت دستی جداسازی و به صورت روزانه مورد استفاده قرار گرفت. پایدارسازی جوانه گندم طبق روش Srivastava و همکاران (2007) با اندکی اصلاحات انجام گرفت. جوانه‌ها با استفاده از بخاردهی در فشار اتمسفری برای 15 دقیقه خشک کردن در آون در دمای 80 درجه سانتی‌گراد به مدت 20 دقیقه تثبیت شدند. جوانه‌های گندم خام و تثبیت‌شده به‌وسیله آسیاب خانگی خرد شدند و در مقدارهای 5، 10، 15 و 20% وزن آرد، به کیک افزوده شد.

آزمون‌های آرد کیک

رطوبت آرد با استفاده از روش AACC 44-15، خاکستر با روش AACC 08-01، گلوتن مرطوب با روش AACC 38-10، رسوب زنی بر اساس روش AACC 56-60، اندازه‌گیری شد.

روش تولید کیک

خمیر کیک با استفاده از روش شکر-خمیر و بر اساس جدول 1 طبق روش پیغمبردوست (1388) تهیه شد و جوانه گندم در مرحله

فیتواسترول‌ها، پلی‌کوزنول‌ها، ویتامین‌های گروه B، اسیدهای چرب غیراشباع، پروتئین، فیبر رژیمی و مواد معدنی است (Zhu et al., 2006). به دلیل وجود این ترکیبات، جوانه گندم یکی از جذاب‌ترین و امیدبخش‌ترین منابع ترکیبات کاربردی گیاهی است (Rizzello et al., 2011). وجود مقادیر بالای مواد مغذی در جوانه و مطلوبیت بالای آن‌ها، جوانه را برای غنی‌سازی مواد غذایی فرآوری شده مثل محصولات پخت بسیار مناسب می‌سازد. اما قابلیت نگهداری ضعیف جوانه، به دلیل وجود مقدار بالای چربی‌های غیر اشباع و آنزیم‌های هیدرولیتیک و اکسیداتیو محصول را بسیار حساس به فساد تندی می‌کند و محدودیت اصلی در کاربرد آن را مطرح می‌سازد (Srivastava et al., 2007). Al-Hooti و همکاران (2002) اثر افزودن جوانه گندم خام بر بافت فیزیکی و رنگ ظاهری نان مسطح را بررسی کردند. این محصول با هدف تولید ماده‌ای غنی از ترکیبات سودمند جزئی با ویژگی‌های حسی و تغذیه‌ای ممتاز بهینه‌سازی شد. در این مطالعه جوانه گندم در مقادیر 10 و 20% به نان افزوده شد. افزایش جوانه گندم به 30% منجر به از بین رفتن حجم و بافت نان تا میزان غیرقابل قبولی شد. نان‌های تولید شده با افزودن جوانه گندم خام دارای مغز تیره‌تری نسبت به نمونه کنترل بودند.

شاکری و همکاران (1391) اثرات افزودن جوانه گندم بر ویژگی‌های شیمیایی، حسی، پخت و میکروبی پاستا را بررسی کردند. آنان از درصدهای 10، 15 و 20 جوانه گندم نسبت به وزن آرد در فرمول پاستا استفاده کردند و پس از شش ماه نگهداری ویژگی‌های نمونه‌های تولید شده را با نمونه کنترل مورد مقایسه قرار دادند. افزودن جوانه گندم در مقادیر بالاتر از 15% سبب افزایش مقدار پروتئین به مقدار 15% و افزایش چربی به مقدار 10% در نمونه‌ها شد. با افزایش مقدار جوانه گندم، میزان مواد جامد در آب پخت و اسیدیته آب پخت افزایش یافت. Bansal و همکاران (2011) ویژگی‌های تغذیه‌ای، ریزساختاری، رئولوژیکی و کیفی بیسکوئیت‌های تهیه شده از جوانه گندم فرآوری شده را بررسی کردند. بیسکوئیت‌ها با جانشین کردن 10، 20، 30 و 40% از آرد گندم با جوانه گندم چربی‌گیری شده و جوانه گندم بخاردهی شده تهیه شدند. جوانه گندم چربی‌گیری شده اثرات تضعیف‌کنندگی بیشتری روی ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر نسبت به جوانه بخاردهی شده داشت. بیسکوئیت‌های با پروتئین و فیبر رژیمی بالا با جانشینی آرد گندم با جوانه گندم بخاردهی شده یا چربی‌گیری شده در مقدار 40% جانشینی آرد با جوانه گندم بدست آمد. Srivastava و همکاران (2007) ویژگی‌های ساختاری و تغذیه‌ای جوانه گندم تیمار شده توسط روش‌های مختلف حرارتی را بررسی کردند. در این مطالعه، از چند روش حرارت‌دهی نظیر برشته کردن، بخاردهی و خشک کردن در آون، فر پخت، خشک کردن غلتکی و بستریسیال برای تثبیت جوانه گندم استفاده شد. این تیمارهای دمایی اثر مخرب روی محتوای ویتامین E داشتند. خشک کردن غلتکی و

(*et al.*, 1987). عدد بزرگ‌تر نشان‌دهنده قوام کمتر خمیر است.

آزمون های کیک

رطوبت کیک در روزهای اول، هفتم و چهاردهم نگهداری با استفاده از روش AACC 44-11 و دانسیته ظاهری کیک با اندازه-گیری نسبت وزن به حجم کیک اندازه‌گیری شد (Kocer *et al.*, 2006). فعالیت آبی کیک نیز در روز اول تولید اندازه‌گیری شد (Akesowan *et al.*, 2009). حجم کیک با استفاده از روش جابه-جائی دانه کلزا (Gomez *et al.*, 2007)، دانسیته جامد با استفاده از روش پیکنومتری (Kocer *et al.*, 2006) و تخلخل کیک با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$(1) \text{ دانسیته حجمی/دانسیته ظاهری} - 1 = \text{تخلل}$$

بمنظور بررسی تأثیر افزودن جوانه گندم بر سفتی، بافت کیک در روزهای اول، هفتم و چهاردهم پس از پخت مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور از ماشین آزمون عمومی (اینستران) و از روش AACC 74-09 استفاده شد. سفتی به عنوان حداکثر مقاومت در مقابل تغییر شکل به میزان 40% فشردگی در بافت در نظر گرفته شد. برای این کار قطعه مکعبی به ضلع 2/54 سانتی‌متر از بافت مغز کیک بدون پوسته جدا شده و پروب دستگاه به‌اندازه 1 سانتی‌متر (40% ارتفاع) از بافت را فشرده کرد. نیروی وارد شده توسط سل بارگذاری دستگاه 5 الی 50 نیوتن، سرعت پروب دستگاه 50 میلی‌متر بر دقیقه و سرعت چارت 250 میلی‌متر بر دقیقه (نسبت چارت به پروب 5 به 1) در نظر گرفته شد. نیروی فشاری وارد شده به نمونه بر حسب نیوتن گزارش شد (Hess *et al.*, 2007).

تجزیه و تحلیل داده ها

صفات خمیر و کیک با استفاده از طرح کاملاً تصادفی با رویه مدل های خطی تعمیم یافته GLM با نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. در صورت معنی دار بودن اثرات مورد بررسی در جدول آنالیز واریانس مقایسه میانگین تیمارها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و توکی با سطح احتمال خطا 5% انجام شد

تهیه خمیر به آن افزوده شد. پس از تهیه خمیر کیک، 40 گرم خمیر در قالب‌هایی به ابعاد 8 × 5 × 4 سانتی‌متر ریخته شده و به مدت 20-15 دقیقه در فر با دمای 200-180 درجه سانتی‌گراد پخت گردید. پس از پخت، خنک کردن در دمای محیط به مدت 45-30 دقیقه انجام گرفت. سپس کیک‌ها در بسته‌بندی‌های پلی‌اتیلنی با درز بندی حرارتی بسته‌بندی و در دمای اتاق تا انجام آنالیزهای بعدی نگهداری شدند. برای انجام برخی آزمون‌ها، کیک‌ها در فریزر 20- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پخت نمونه‌ها در دو تکرار و آزمون‌ها در سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی مورد استفاده در تهیه کیک‌ها در جدول 2 ذکر شده است.

جدول 1- مراحل تهیه خمیر با روش شکر- خمیر

مواد اولیه	درصد بر اساس وزن آرد	روش
روغن	57	کرم کردن تا تولید رنگ روشن
شکر	72	انجام شد (در حدود 10 دقیقه)
تخم‌مرغ	72	در 4-5 قسمت اضافه گردید
آرد	100	با هم الک شده و افزوده شد
بیکنینگ پودر	1/34	تا خمیر به‌صورت نیمه صاف درآمد
شیر خشک	2	
وانیل	0/5	
پودر آب پنیر	4	
آب	25	بعد از افزودن خمیر به‌صورت صاف درآمد

آزمون های خمیر

وزن مخصوص خمیر کیک طبق روش Lee و همکاران (2008) از طریق محاسبه نسبت وزن 240 میلی‌لیتر از خمیر کیک به وزن 240 میلی‌لیتر آب اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری قوام خمیر کیک، خمیر در قیفی با قطر داخلی دهانه گشاد 10 سانتی‌متر، قطر داخلی دهانه باریک 1/6 سانتی‌متر ریخته شد. قیف به‌طور کامل با استفاده از خمیر پر شده، سپس وزن خمیر خارج شده از قیف در مدت زمان 15 ثانیه اندازه‌گیری و قوام خمیر برحسب گرم/ثانیه گزارش شد (Pierce

جدول 2- فرمولاسیون مورد استفاده در تهیه کیک

تیمار	کنترل	R5	R10	R15	R20	S5	S10	S15	S20
جوانه گندم خام	-	5%	10%	15%	20%	-	-	-	-
جوانه گندم تثبیت شده	-	-	-	-	-	5%	10%	15%	20%

R تیمارهای جوانه خام (Raw) و S تیمارهای جوانه تثبیت شده (stabilized) می‌باشند.

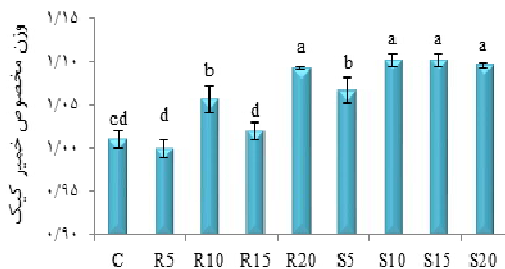
نتایج و بحث

ویژگی های آرد مصرفی

ویژگی‌های آرد مصرفی در جدول 3 نشان داده شده است. آرد

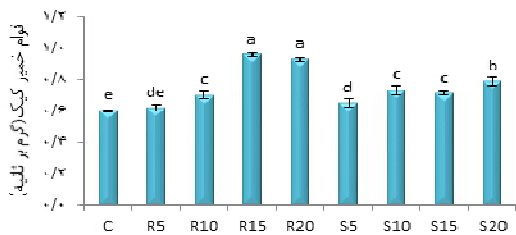
مورد استفاده با مقدار گلوتن مرطوب 23/8 درصد و عدد زلنی 17 سانتی‌متر مکعب برای تهیه کیک مناسب بوده است.

نسبت به جوانه گندم خام به طور معنی‌داری ($P < 0/05$) کاهش یافت. بنابراین قوام خمیرهای دارای جوانه گندم خام کمتر از خمیرهای دارای جوانه گندم تثبیت شده بود.



شکل 1- وزن مخصوص خمیر کیک در تیمارهای مختلف.

حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 95% است و بازه‌های خطا نشان دهنده انحراف استاندارد می‌باشد.



شکل 2- قوام خمیر کیک در تیمارهای مختلف.

حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 95% است و بازه‌های خطا نشان دهنده انحراف استاندارد می‌باشد.

حجم کیک و دانسیته ظاهری

نتایج بررسی حجم و دانسیته ظاهری کیک به ترتیب در شکل- های 3 و 4 آمده است. با افزودن جوانه گندم حجم کیک‌های تولید شده کاهش یافت. نمونه کنترل بالاترین حجم را داشت و با افزایش درصد جوانه گندم حجم نیز کاهش یافت و کیک‌های دارای 20% جوانه گندم کمترین حجم را داشتند. تفاوت معنی‌داری بین حجم کیک‌های دارای جوانه گندم خام (R) و تثبیت شده (S) وجود نداشت. بین وزن مخصوص خمیر کیک و حجم کیک رابطه معکوس برقرار است، به این صورت که هرچه وزن مخصوص خمیر کیک کمتر باشد کیک دارای حجم بیشتری خواهد بود (DesRochers *et al.*, 2004). از سوی دیگر ویسکوزیته کمتر خمیر در طول حرارت- دهی یکی از علل کاهش حجم محصول نهایی است. حجم نهایی کیک فقط به مقدار ابتدایی هوا که در داخل خمیر ترکیب شده است بستگی ندارد. مقدار هوایی که می‌تواند در داخل خمیر در طول مرحله پخت باقی بماند نیز اهمیت زیادی دارد (Matsakidou *et al.*, 2010). ممکن است در حضور خمیر با ویسکوزیته کمتر، دی‌اکسید کربن خارج شده و بخار آب تولید شده در سلول‌های هوا در طول پخت به دام نیفتد بنابراین منجر به تولید کیک‌های با حجم کمتر می‌شود

جدول 3- ویژگی‌های آرد مصرفی

ویژگی	درصد
رطوبت	13/56
گلوتن مرطوب	23/8
خاکستر	0/4
عدد زنی	17

وزن مخصوص و قوام خمیر کیک

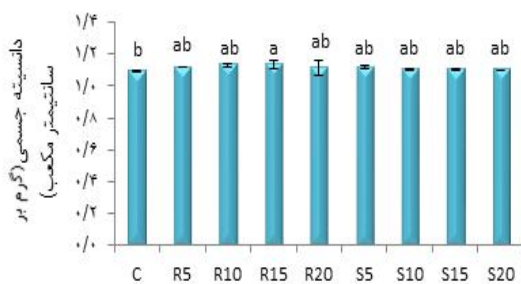
نتایج اندازه‌گیری وزن مخصوص خمیر کیک و قوام خمیر کیک به ترتیب در شکل‌های 1 و 2 نشان داده شده است. افزودن جوانه گندم موجب افزایش وزن مخصوص خمیر کیک گردید به صورت معنی‌داری ($P < 0/05$) نسبت به نمونه کنترل گردید. جوانه گندم تثبیت شده (S) نسبت به جوانه گندم خام (R) باعث افزایش بیشتر در وزن مخصوص خمیر کیک شد. احتمالاً با افزایش جوانه گندم در خمیر قابلیت نگهداری هوا در آن کاهش می‌یابد. ترکیب هوا در خمیر، بستگی به فرآیند هوادهی (سرعت و طرح همزن) و ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خمیر (ویسکوزیته و کشش سطحی) دارد که با فرمولاسیون تعیین می‌شود (Sowmya *et al.*, 2009). با توجه به رابطه معکوس میان وزن مخصوص خمیر کیک و قابلیت ورود حباب- های هوا به خمیر و میزان نگهداری حباب‌های هوا در بافت خمیر کیک (Baeva *et al.*, 2000)، می‌توان نتیجه گرفت که افزودن جوانه گندم به خمیر کیک باعث کاهش قابلیت نگهداری گاز در خمیر کیک و بنابراین افزایش وزن مخصوص خمیر شد که این اثر با افزایش در مقدار جوانه گندم، تشدید شد.

بررسی قوام خمیر کیک نشان داد که خمیر کنترل دارای بیشترین قوام و خمیر نمونه‌های دارای 20% جوانه گندم خام و تثبیت شده و 15% جوانه گندم خام کمترین قوام را داشتند. با افزایش میزان جوانه گندم قوام خمیر کیک نیز به طور معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0/05$). بررسی نوع جوانه گندم نشان داد که افزودن جوانه گندم خام باعث کاهش بیشتر در قوام خمیر کیک نسبت به خمیر کیک دارای جوانه گندم تثبیت شده گردید. قوام خمیر در حفظ فیزیکی هوا که به صورت اولیه در خمیر در طول مخلوط کردن ترکیب شده، مهم است. هر چند اگر قوام خیلی پایین باشد حباب‌های هوا در خمیر به سطح آمده و از بافت خمیر خارج می‌شوند. از سوی دیگر قوام خیلی بالا ممکن است حباب‌ها را در خمیر حفظ کند، اما ممکن است انبساط را در طول پخت محدود کند (Matsakidou *et al.*, 2010). به‌طور کلی افزودن جوانه گندم باعث کاهش قوام خمیر کیک شد که می‌تواند به دلیل رطوبت بالای جوانه گندم خام و تثبیت شده نسبت به ماده خشک آن باشد که باعث افزایش آب آزاد و کاهش در قوام گردید. به دلیل فرایند تثبیت در جوانه گندم تثبیت شده، رطوبت در این نوع جوانه

خواهند داشت.

دانسیته جسمی و تخلخل کیک

دانسیته جسمی یک ماده غذایی از محاسبه نسبت جرم به حجم واقعی (بدون در نظر گرفتن حجم پرزهای باز و بسته) اندازه‌گیری می‌شود. نتایج اندازه‌گیری دانسیته جسمی در شکل 5 آمده است. افزودن جوانه گندم در ترکیب کیک باعث تغییر معنی‌دار در دانسیته جسمی کیک نشد.



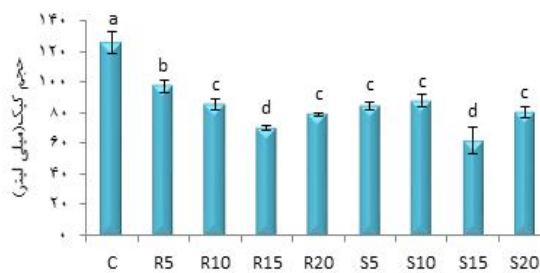
شکل 5- دانسیته جسمی کیک در تیمارهای مختلف.

حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 95% است و بازه‌های خطا نشان دهنده انحراف استاندارد می‌باشد.

تخلخل یک ویژگی مهم تعریف‌کننده بافت و کیفیت مواد غذایی خشک و نیمه مرطوب است که برای مدل‌سازی و طراحی پروسه‌های انتقال جرم و حرارت مانند خشک کردن، پختن، خنک کردن و غیره مورد نیاز است (Kocer *et al.*, 2006). بررسی تخلخل کیک (شکل 6) نشان داد که با افزایش درصد جوانه گندم تخلخل کیک‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافت و نمونه کنترل دارای بالاترین مقدار تخلخل و نمونه‌های دارای 20 و 15% جوانه گندم کمترین مقدار تخلخل را داشتند. نورمحمدی و همکاران (1390) تأثیر جایگزینی ساکارز توسط قندهای الکلی و آسپاراتام برخواص کیک اسفنجی را بررسی کردند. آنها گزارش کردند که جایگزینی ساکارز توسط قندهای الکلی و آسپاراتام تخلخل کیک را کاهش داد، که به علت خروج سریع‌تر حباب‌های هوا در حضور این قندها بود، از سوی دیگر خاصیت تأخیردهندگی ساکارز بر دنا توره شده پروتئین‌های تخم‌مرغ و ژلاتینه شدن نشاسته باعث افزایش مشابه در حجم و تخلخل کیک خواهد شد. آنها رابطه مستقیم بین حجم و تخلخل کیک را بیان کردند. کاهش در تخلخل را می‌توان به کاهش ترکیب هوا و یا به خروج حباب‌های هوا نسبت داد. با اینکه پارامترهایی مثل مقدار هوای به دام افتاده در داخل خمیر و هوای حفظ شده در طول پخت کیفیت کیک را تحت تأثیر قرار می‌دهد، یک رابطه بین دانسیته خمیر، قوام، کشش سطحی و در نتیجه ویژگی‌های کیک ممکن است وجود داشته باشد (Matsakidou *et al.*, 2010). طبیعت خمیر با قوام کمتر و وزن

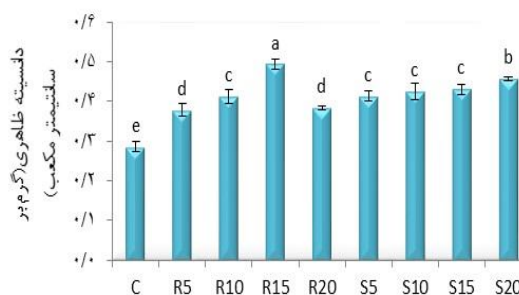
(Sowmya *et al.*, 2009). بنابراین در کیک‌های تهیه شده با جوانه گندم نیز با افزایش جوانه گندم وزن مخصوص افزایش و ویسکوزیته خمیر کیک کاهش یافت و این دو عامل باعث کاهش در حجم کیک‌های غنی شده با جوانه گندم شد.

این یافته‌ها در راستای مشاهدات Sudha و همکاران (2007) و Ayadi و همکاران (2009) بود که کاهش در حجم و افزایش در دانسیته، در کیک‌های تهیه شده با افزون پالپ یا پوماس سیب و گیاه Cladodes را به عنوان منبع فیبر رژیمی گزارش کردند.



شکل 3- تغییرات حجم کیک در تیمارهای مختلف.

حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 95% است و بازه‌های خطا نشان دهنده انحراف استاندارد می‌باشد.

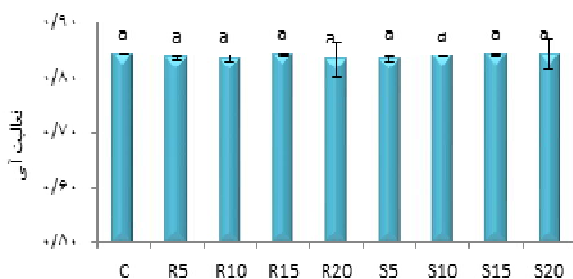


شکل 4- دانسیته ظاهری کیک در تیمارهای مختلف.

حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 95% است و بازه‌های خطا نشان دهنده انحراف استاندارد می‌باشد.

دانسیته ظاهری از طریق محاسبه نسبت جرم به حجم کیک محاسبه می‌شود. با افزودن جوانه گندم دانسیته ظاهری کیک افزایش یافت. افزایش دانسیته ظاهری با افزایش درصد جوانه گندم در ترکیب کیک به دلیل کاهش ترکیب هوا در خمیر کیک می‌باشد (Sowmya *et al.*, 2009) که این اثر در حجم کیک نیز مشاهده شد. دلیل دیگر افزایش دانسیته را می‌توان در ویژگی باند شدن قوی فیبر جوانه گندم با آب را براساس مشاهدات Sudha و همکاران (2007) جستجو کرد. بین دانسیته ظاهری و حجم کیک رابطه عکس برقرار است. هرچه حجم کیک بیشتر باشد کیک دارای دانسیته ظاهری کمتری خواهد بود. بنابراین کیک‌های دارای درصد‌های بالای جوانه گندم که کمترین حجم را داشتند طبیعی است که بالاترین دانسیته ظاهری را

دارند. بنابراین رابطه مستقیم بین فعالیت آبی و محتوای رطوبت وجود ندارد و افزودن جوانه گندم در ترکیب کیک باعث کاهش عمر ماندگاری محصول تولید شده نمی‌گردد. عدم افزایش در فعالیت آبی کیک‌ها با افزایش رطوبت، به دلیل وجود گروه‌های متعدد هیدروکسیل در ساختار فیبر جوانه گندم که باعث پیوند آب و درگیر شدن آن می‌شود.



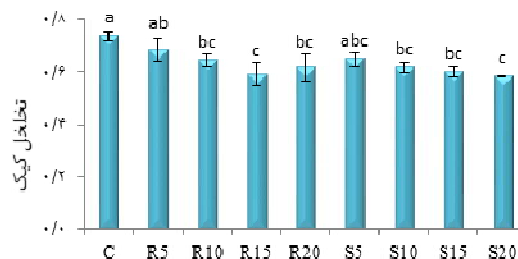
شکل 7- فعالیت آبی کیک‌های تهیه شده با جوانه گندم خام و تثبیت شده. حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 95% است و بازه‌های خطا نشان‌دهنده انحراف استاندارد می‌باشد.

سفتی بافت

نتایج ارزیابی بافت کیک با درصد‌های مختلف جوانه گندم و در روزهای مختلف نگهداری در شکل 8 آمده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود با گذشت زمان از میزان نرمی بافت کیک به طور معنی‌داری کاسته شد ($P < 0/05$). علت اصلی سفت شدن بافت کیک را می‌توان در کریستال شدن اجزاء نشاسته به ویژه آمیلوپکتین در طول نگهداری کیک جستجو کرد. کیک‌های تهیه شده با جوانه گندم تثبیت‌شده بافت سفت‌تری نسبت به کیک کنترل و کیک تهیه شده با جوانه گندم خام داشت اما تفاوت معنی‌داری بین سفتی کیک شاهد و کیک‌های غنی‌شده با جوانه گندم خام مشاهده نشد. این اثر احتمالاً به دلیل رطوبت کمتر جوانه گندم تثبیت شده نسبت به جوانه گندم خام است که به دلیل حرارت دهی جوانه گندم تثبیت شده ایجاد گردید.

با افزایش میزان جوانه گندم در ترکیب کیک، بافت کیک سفت‌تر شد که این نتیجه انعکاس افزایش در دانسیته کیک‌ها بود و می‌توان دلیل آن را در مقدار فیبر بالای جوانه گندم جستجو کرد که دارای ویژگی باند شدن قوی با آب است که تعداد زیادی از گروه‌های هیدروکسیل موجود در ساختار فیبر اجازه برهم کنش‌های آبی بیشتری از طریق پیوندهای هیدروژنی را می‌دهد (Ayadi et al., 2009). نتایج این بررسی با یافته‌های Sudha و همکاران (2007) و Ayadi و همکاران (2009) مطابقت داشت.

مخصوصاً بالاتر منجر به حجم کمتر کیک شد. کاهش در حجم کیک باعث کاهش در تخلخل کیک می‌شود. با توجه به اینکه نمونه کنترل بالاترین حجم را داشته و نمونه‌های دارای درصد‌های بالای جوانه گندم کمترین حجم را دارند این نتایج در تطابق با یکدیگر است. ولی نوع جوانه گندم افزوده شده اثر معنی‌داری در تخلخل کیک‌ها نداشت.



شکل 6- تخلخل کیک در تیمارهای مختلف.

حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 95% است و بازه‌های خطا نشان‌دهنده انحراف استاندارد می‌باشد.

رطوبت و فعالیت آبی

نتایج ارزیابی رطوبت کیک با درصد‌های مختلف جوانه گندم و در روزهای مختلف نگهداری در جدول 4 آمده است. بررسی رطوبت کیک در روزهای مختلف نگهداری نشان داد که با گذشت زمان رطوبت کیک‌ها کاهش یافت. کیک‌های دارای جوانه گندم خام به طور معنی‌داری رطوبت بالاتری نسبت به کیک‌های تهیه شده با جوانه گندم تثبیت‌شده داشتند ولی تفاوت معنی‌داری با نمونه کنترل نداشتند. رطوبت بالای کیک‌های تهیه شده با جوانه گندم خام می‌تواند به دلیل رطوبت بالاتر (5%) جوانه‌های گندم خام نسبت به جوانه‌های گندم تثبیت‌شده باشد. رطوبت کمتر جوانه‌های گندم تثبیت‌شده به دلیل فرایند حرارتی مورد نیاز جهت تثبیت می‌باشد. با افزایش میزان جوانه گندم در ترکیب کیک میزان رطوبت نیز افزایش یافت نمونه‌های دارای 20% جوانه گندم دارای بیشترین رطوبت بودند و تفاوت معنی‌داری با کیک شاهد و سایر درصد‌های افزایشی جوانه گندم داشتند. این نتیجه می‌تواند به دلیل وجود مقدار رطوبت بالا در جوانه گندم باشد که موجب افزایش رطوبت در محصول نهایی شد.

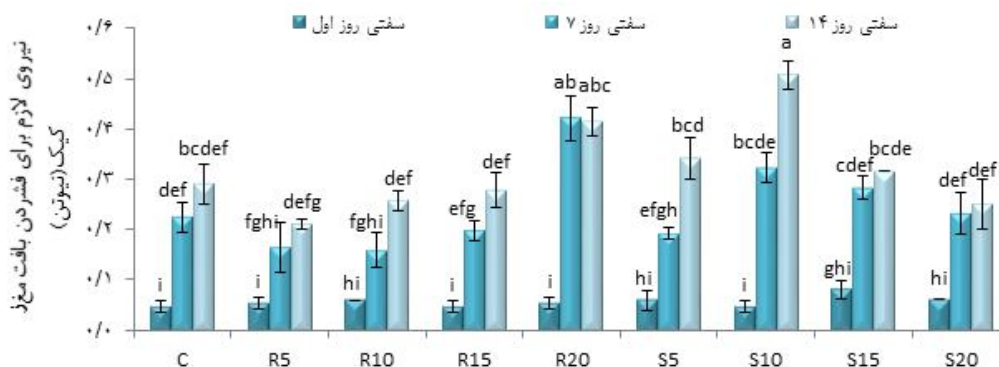
میزان آب در دسترس تحت عنوان فعالیت آبی مورد بررسی قرار می‌گیرد (فاطمی، 1383). فعالیت آبی فاکتور مناسبی برای ارزیابی عمر ماندگاری و پایداری میکروبیولوژیکی مواد غذایی محسوب می‌شود (Winkelhausen et al., 2007). نتایج اندازه‌گیری فعالیت آبی در شکل 7 آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف کیک با کیک شاهد وجود ندارد. کیک‌های غنی‌شده با 5% جوانه گندم و کیک‌های دارای 20% جوانه گندم دارای تفاوت معنی‌داری از نظر میزان رطوبت هستند ولی فعالیت آبی یکسان

جدول 4- محتوای رطوبت در تیمارهای مختلف دارای جوانه گندم (%)

زمان (روز)	تیمار				
	R20	R15	R10	R5	C
۱	۱۹/۲۳±۰/۹۱ ^{ab}	۱۵/۶۳±۰/۷۷ ^{efg}	۱۶/۵±۰/۴۳ ^{cdef}	۱۵/۳±۰/۹۸ ^{fg}	۱۶/۲۳±۰/۵۸ ^{cdef}
۷	۱۶/۱۳±۰/۱۵ ^{cdef}	۱۶/۲۳±۰/۱۱ ^{cdef}	۱۷/۱۳±۰/۶۴ ^{cde}	۱۶/۳±۰/۱ ^{cdef}	۱۶/۳±۰/۶ ^{cdef}
۱۴	۱۶/۵۳±۰/۲۵ ^{cdef}	۱۵/۱۳±۰/۰۵ ^{fg}	۱۶/۶±۰/۱ ^{cdef}	۱۶±۰/۴ ^{defg}	۱۵/۹۳±۰/۰۵ ^{defg}

زمان (روز)	تیمار			
	S20	S15	S10	S5
۱	۲۰/۴۳±۱/۴ ^a	۱۷/۰۶±۰/۶۴ ^{cde}	۱۵/۶۶±۰/۴۹ ^{defg}	۱۴/۴۳±۰/۵۸ ^{gh}
۷	۱۷/۷۳±۰/۰۵ ^{bc}	۱۵/۸۶±۰/۱۵ ^{defg}	۱۵/۹۳±۰/۱۵ ^{defg}	۱۲/۸±۰/۵۲ ^{hi}
۱۴	۱۷/۳۳±۰/۱۵ ^{cd}	۱۵/۷۳±۰/۱۵ ^{defg}	۱۶/۱۶±۰/۱۲ ^{cdef}	۱۲/۶±۰/۳۶ ^l

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال 95% و حروف مشابه نشان دهنده اختلاف غیر معنی دار است.



شکل 8- تأثیر جوانه و درصد افزودن و روز نگهداری بر بافت کیک

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال 95% است و بازه‌های خطا نشان دهنده انحراف استاندارد می‌باشد.

توجهی بین کیک‌های تهیه شده با جوانه گندم خام و جوانه گندم تثبیت شده وجود نداشت، بنابراین نتایج بدست آمده در این تحقیق امکان تولید کیک‌های فراسودمند و ممتاز از نظر تغذیه‌ای با افزودن جوانه گندم خام و تثبیت شده در فرمولاسیون کیک را نشان داد. با توجه به اینکه تحقیقات نشان می‌دهد که در بیشتر محصولات به دلیل فعالیت آنزیمی بالا نمی‌توان از جوانه گندم خام در ترکیب آن استفاده کرد و محصول نهایی را تولید کرد، بنابراین تولید کیک با جوانه گندم خام موفقیت محسوب می‌شود، بعد از بررسی امکان تولید این محصول فراسودمند، می‌توان با استفاده از افزودنی‌ها و بهبوددهنده‌ها کیفیت محصول تولیدی را بهبود بخشید.

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که جوانه گندم به عنوان ماده‌ای که در فیبر، آنتی‌اکسیدان‌ها و پروتئین و دیگر مواد فراسودمند جزئی غنی است، ویژگی‌های فیزیکی کیک را تحت تأثیر قرار داد و موجب افزایش در وزن مخصوص و کاهش در قوام خمیر کیک شد. کیک‌های تهیه شده با جوانه گندم حجم و تخلخل کمتری نسبت به کیک شاهد داشتند ولی دانسیته، رطوبت و سفتی بافت بالاتری داشتند. با افزایش درصد افزودن جوانه گندم تفاوت میان ویژگی‌های کیک شاهد و کیک‌های غنی شده افزایش یافت. در حالت کلی تفاوت قابل

منابع

- AACC. 1999. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. Method 10-91. St Paul, MN
- Al-Hooti, S. N., Sidhu, J. S., Al-Saqer, J. M. and Al-Othman, A. 2002, Effect of raw wheat germ addition on the physical texture and objective color of a designer food (pan bread). *Die Nahrung*. 46, 68-72.
- Akesowan, A., 2009. Quality of reduced-fat chiffon cakes prepared with erythritol-sucralose as replacement for sugar. *Pakistan Journal of Nutrition*. 8, 1383-1386.
- Arshad, M. U., Anjum, F. M. and Zahoor, T. 2007. Nutritional assessment of cookies supplemented with defatted wheat germ. *Food Chemistry*. 102, 123-128.
- Ayadi, M. A., Abdelmaksoud, W., Ennouri, M. and Attia, H. 2009. Cladodes from *Opuntia ficus indica* as a source of dietary fiber: effect on dough characteristics and cakemaking. *Industrial Crops and Products*. 30, 40-47.
- Baeva, M. R., Panchev, I. N. and Terzieva, V. V. 2000. Comparative study of texture of normal and energy reduced sponge cakes. *Die Nahrung*. 44, 242-246.
- Bansal, S. and Sudha, M. L. 2011. Nutritional, microstructural, rheological and quality characteristics of biscuits using processed wheat germ. *International Journal of Food Science and Nutrition*. 62, 474-479.
- DesRochers, J. L., Seitz, K. D., Walker, C. E., Wrigley, C. and Colin, W. 2004. *Encyclopedia of Grain Science*. 129-133
- Eisenmenger, M. and Dunford, N. T. 2008. Bioactive components of commercial and supercritical carbon dioxide processed wheat germ oil. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 85, 55-61.
- Frye, A. M. and Setser, C. S. 1992. Optimizing texture of reduced-calorie yellow layer cakes. *Cereal Chemistry*. 69, 338-343.
- Gomez, M., Ronda, F., Caballero, P. A., Blanco, C. A. and Rosell, C. M. 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*. 21, 167-173.
- Hess, A. and Setser, C. S. 1983. Alternative systems for sweetening layer cake using aspartame with and without fructose. *Cereal Chemistry*. 60, 337-341.
- Kocer, D., Hicsasmaz, Z., Bayindirli, A. and Katnas, S. A. 2006. Bubble and pore formation of the high ratio cake formulation with polydextrose as a sugar- and fat-replacer. *Journal of Food Engineering*. 78, 953-964
- Lee, C. C., Wang, H. F. and Lin, S. D. 2008. Effect of isomalto-oligosaccharide syrup on quality characteristics of sponge cake. *Cereal Chemistry*. 85, 515-521.
- Matsakidou, A., Blekas, G. and Paraskevopoulou, A. 2010. Aroma and physical characteristics of cakes prepared by replacing margarine with extra virgin olive oil. *Food Science and Technology*. 43, 949-957.
- Pierce, M. M. and Walker, C. E. 1987. Addition of sucrose fatty acid ester emulsifiers to sponge cakes. *Cereal Chemistry*. 64, 222-225
- Rizzello, C. G., Cassone, A., Coda, R. and Gobbetti M. 2011. Antifungal activity of sourdough fermented wheat germ used as ingredient for bread making. *Food Chemistry*. 127, 952-959.
- Rosental, A. J. 1995. Application of aged egg in enabling increased substitution of sucrose by Littese (polydextrose) on high ratio cakes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 68, 127-31