مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بررسی اثر سطوح مختلف آب پخت جو و صمغ گزانتان به عنوان جایگزین تخم‌مرغ برخصوصیات فیزیکی، شیمیایی، رئولوژیکی و ارگانولپتیکی کیک روغنی

سیده الهام موسوی کلجاهی*[۱]، امیر بابایی‌صدر[۲]

۱- دانشجوی دکتری تخصصی، واحد پژوهش‌های نظری، گروه صنعتی نجاتی (آناتا)، تبریز، ایران.

۲- کارشناس ارشد، واحد پژوهش‌های نظری، گروه صنعتی نجاتی (آناتا)، تبریز، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۹/۰۱

تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۱/۱۸

کلمات کلیدی:

آب پخت،

تخم‌مرغ،

جو،

کیک،

گزانتان.

DOI: 10.29252/fsct.18.06.26

* مسئول مکاتبات:

Research@nejati.com

چکیده

خمیر کیک امولسیون پیچیده‌ای از حباب‌های هوا و قطرات روغن است که در آن تخم‌مرغ نقش اساسی در ایجاد کف، جذب مولکول‌های هوا و ایجاد حجم در کیک دارد. با این حال مصرف مداوم تخم‌مرغ به علت مقادیر بالای کلسترول و اسیدهای چرب اشباع، موجب شیوع بیماری‌های قلبی-عروقی شده و می‌تواند منجر به بروز حساسیت در برخی از افراد گردد. آب پخت جو، مایع غلیظ حاصل از پخت جو می باشد که به دلیل مقادیر قابل توجه ترکیبات موثره و پروتئین‌ها می‌تواند منجر به ایجاد کف پایدار گردد؛ لذا هدف از این مطالعه بررسی اثرسطوح مختلف آب پخت جو (۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد) و صمغ گزانتان (۰، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد) به عنوان جایگزین تخم‌مرغ بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، رئولوژیکی وارگانولپتیکی کیک روغنی می‌باشد. مطابق نتایج به دست آمده آب پخت جو به دلیل کیفیت پروتئینی مطلوب از قابلیت کف‌کنندگی قابل قبولی برخوردار بود. به طوریکه، نمونه‌های کیک جایگزین شده با آب پخت جو تا میزان ۵۰ درصد دارای ویژگی‌های مشابه نمونه کیک حاوی تخم‌مرغ بودند؛ این در حالی است که افزایش جایگزینی تا میزان ۷۵ و ۱۰۰ درصد تخم‌مرغ با آب پخت جو منجر به افت معنی‌دار ($p<0/05$) ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، رئولوژیکی و حسی نمونه‌های کیک بدون تخم‌مرغ گردید؛ همچنین صمغ گزانتان در مقادیر ۰/۵ درصد منجر به بهبود خصوصیات حسی نمونه‌های کیک بدون تخم‌مرغ، افزایش رطوبت و کاهش سفتی در نمونه‌های کیک جایگزین شده با ۵۰ درصد آب پخت جو گردید. مطابق نتایج به‌دست آمده می‌توان از آب پخت جو به عنوان جایگزین نسبی تخم‌مرغ تا ۵۰ درصد با حفظ خصوصیات حسی، فیزیکی و رئولوژیکی در کیک روغنی استفاده نمود.

۱- مقدمه

صنعت نانوایی یکی از بزرگترین صنایع در سراسر جهان است و محصولاتی چون بیسکویت، کلوچه و کیک از جمله پر طرفدارترین محصولات این صنعت (به‌علت راحتی مصرف و عمرماندگاری) می‌باشند [۱]. خمیر کیک امولسیون پیچیده‌ای است که از حباب‌های هوا و قطرات روغن تشکیل شده است که در آن مخلوط شکر، آب و تخم‌مرغ به عنوان فاز پیوسته عمل نموده و ذرات آرد پخش شده در آب، فاز پراکنده امولسیون را تشکیل می‌دهد [۲]. در تهیه خمیر کیک، سفیده تخم‌مرغ و یا تخم‌مرغ کامل باعث ایجاد کف پایدار می‌شود؛ این عمل در هنگام اختلاط با شکر در اثر جذب مولکول‌های هوا صورت گرفته و به عنوان عامل حجم‌دهنده در کیک محسوب می‌گردد [۳]؛ به عبارتی پروتئین‌های سفیده تخم‌مرغ در خمیر کیک به صورت یک لایه‌ی نازک همراه با گلوتن، دیواره سلولی محکمی را تشکیل می‌دهند که هوا در لابه‌لای این دیواره‌ها حبس شده و باعث افزایش حجم کیک در طول پخت می‌گردد [٤]. از دیگر خصوصیات عملکردی تخم‌مرغ در کیک‌ها می‌توان به تشکیل ساختار، خواص رسانندگی، تردکنندگی، اتصال‌دهندگی، ایجاد عطر و طعم، انتقال رطوبت وژلاتیناسیون اشاره نمود [٥ و ٦]؛ صرف‌نظر از خواص عملکردی منحصر به فرد صورت گرفته توسط پروتئین‌های تخم‌مرغ در بهبود کیفیت کیک، نتایج پژوهش‌های صورت گرفته حاکی از آن است که مصرف مداوم تخم‌مرغ به علت مقادیر بالای کلسترول و اسیدهای چرب اشباع (موجود در زرده)، موجب شیوع بیماری‌های قلبی-عروقی می‌گردد [۷]؛ همچنین خطر آلودگی محصول به سالمونلا، انتقال برخی از بیماری‌ها (نظیر حصبه)، زمان ماندگاری پایین، شرایط سخت حمل و نقل و نگهداری و قیمت بالای خرید از مهمترین معایب استفاده از تخم‌مرغ در تولید کیک می‌باشد[٦]؛ بعلاوه پروتئین موجود در تخم‌مرغ (عمدتاً پروتئین موجود در سفیده شامل اووترنسفرین، اووآلبومین، اوواموکوئید و لیزوزیم[۸]) می‌تواند منجر به بروز حساسیت در برخی از افراد گردد که سردرد، کهیر، خارش پوست، حالت تهوع، استفراغ و درد معده از علایم شایع حساسیت به تخم‌مرغ می‌باشند [۹]؛ بنابراین کاهش مقدار تخم‌مرغ در فرمولاسیون کیک و یا جایگزینی (کامل یا نسبی) آن به منظور کاهش هزینه‌های کل تولید و همچنین افزایش رضایت مصرف‌کنندگان دارای محدودیت‌های خاص رژیم غذایی (نظیر افراد مبتلا به کلسترول خون بالا، دارای اعتقادات متفاوت مذهبی و لاکتووجترینها)، امری مهم و حائز اهمیت است [۱۰]. تا کنون مطالعات مختلفی در مورد توسعه جایگزین‌های تخم‌مرغ انجام شده است که از آن جمله می‌توان به استفاده از پروتئین‌های محلول در آب پخت نخود (chickpea aquafaba) [۱۱]، پروتئین نخود [۱۲]، پروتئین عدس [۱۳]، پروتئین گندم [١٤]، ایزوله پروتئین‌های سویا [۱۵] و هیدروکلوئیدها و امولسیفایرها [۱۷و١٦] اشاره نمود؛ با این حال جایگزینی جزئی و یا کامل تخم‌مرغ می‌تواند منجر به تغییرات نامناسب در طعم، حجم و بافت کیک گردد؛ از این رو برای دستیابی به کیفیت قابل قبول در کیک‌ها بایستی اصلاحات اساسی در ترکیبات آن صورت گیرد؛ بطوریکه جهت تولید محصول با کیفیت، استفاده از پروتئین منابع مختلف و مواد افزودنی متفاوت مورد نیاز است؛ در این راستا پروتئین غلات و هیدروکلوئیدها به دلیل خواص منحصر به فرد، جایگزین‌های مناسبی برای تخم‌مرغ به حساب می‌آیند. پروتئین‌های ذخیره‌ای در تمامی غلات وجود دارند و پرکننده مابین گرانول‌های نشاسته در آندواسپرم می‌باشند و در طی جوانه‌زنی بذر، منبع نیتروژن آن را تامین می‌کنند. این پروتئین‌ها تحت عنوان پرولامین شناخته می‌شوند و به طور کلی سرشار از اسیدآمینه‌های پرولین و گلوتامین می‌باشند[۱۸].پروتئین‌های غلات خواص عملکردی مشابه پروتئین‌های تخم‌مرغ نظیر اتصال‌دهندگی، تغلیظ‌کنندگی، هموکتانی، ژله‌کنندگی و قهوه‌ای شدن از خود نشان می‌دهند؛ بطوریکه پروتئین‌های ایزوله گندم به عنوان یک امولسیفایر و پایدارکننده کف مورد استفاده قرار می‌گیرد و انتظار می‌رود پروتئین‌های سایر غلات نظیر برنج و جو نیز ویژگی‌های مشابهی از خود نشان دهند [۲۰ و۱۹]. در این راستا جو (Hordeum vulgare L.) چهارمین غله مهم بعد از گندم، برنج و ذرت در جهان است که به عنوان یک دانه عملگرا شناخته می‌شود [۲۲ و۲۱]. پروتئین‌های ذخیره‌ای اصلی جو پرولامین‌ها هستند که اصطلاحاً "هوردئین" نامیده می‌شوند و حدود ۵۰-۳۵٪ کل نیتروژن دانه را تشکیل می‌دهند [۲۳].

واژه هیدروکلوئید به طور معمول به گروهی از پلیمرهای طبیعی محلول در آب اطلاق می‌گردد که عملکرد آنها در محصولات غذایی کنترل و بهبود خواص بافتی و ارگانولپتیکی است. هیدروکلوئیدها این عملکرد ویژه را به وسیله افزایش

ویسکوزیته و ایجاد ژل در ماده‌غذایی ایفا می‌کنند. این ویژگی در جهت تقلید از رفتار تخم‌مرغ، حفظ حباب‌های هوا در خمیر و بهبود ویژگی‌های محصول نهایی بسیار مناسب است. از آنجا که هیدروکلوئیدها ترکیبات طبیعی و نسبتاً ارزان قیمتی هستند، بنابراین می‌توانند در فرموله نمودن محصولات بدون تخم‌مرغ مفید باشند و عملکرد آن را تقلید کنند. در میان هیدروکلوئیدهای مختلف گزانتان به طور گسترده‌ای در صنایع‌غذایی برای طیف گسترده‌ای از فراورده‌های غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. گزانتان ترکیبی هتروپلی‌ساکاریدی است که به وسیله تخمیر از *زانتوموناس‌کامپستریس* تولید می‌شود. این ماده به شکل پودر سفیدی بوده و محلول در آب سرد و گرم است و توانایی تولید محلول‌های ویسکوز حتی در غلظت‌های پایین را دارد و در بین هیدروکلوئیدهای مختلف بیشترین استفاده را در فرمولاسیون محصولات بدون تخم‌مرغ دارد [۲٤]. بنابراین با توجه به مطالعات فوق هدف از این مطالعه بررسی اثر سطوح مختلف آب پخت جو و صمغ گزانتان به عنوان جایگزین تخم‌مرغ برخصوصیات فیزیکی، شیمیایی، رئولوژیکی و ارگانولپتیکی کیک روغنی می‌باشد.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه مورد استفاده

در این تحقیق، آرد نول (۱۰/۷٤ درصد رطوبت، ۱۱/۱ درصد پروتئین و ۷۱/٦٦ درصد کربوهیدرات) از شرکت ستاره،روغن از شرکت لادن، امولسیفایر از شرکت Shankar، صمغ گزانتان از شرکت Rhodia Food، جو پرک شده از بازار محلی، شکر، نمک طعام، وانیل، بیکینگ‌پودر و تخم‌مرغ از انبار مواد اولیه گروه صنعتی نجاتی (آناتا) تهیه گردید.

۲-۲- روش تهیه عصاره آبی جو

عصاره آبی جو با استفاده از روش Aslan and Ertas (۲۰۲۰)، با اندکی تغییر در مراحل بدست آمد. بدین صورت که بعد از پخت جو در آب ۹۸ درجه سلسیوس (با نسبت ۱:۵ جو/آب) به مدت ۳۰ دقیقه، آب پخت جو جدا گردید و از عصاره حاصله به عنوان جایگزین تخم مرغ استفاده شد[۱۱].

۲-۳-روش تولید کیک

برای تهیه خمیر کیک از ۳۵ گرم آرد، ۲۷ گرم شکر، ۱۰/۹ گرم تخم‌مرغ، ۱/۵ گرم امولسیفایر، ۱۰ گرم روغن، ۰/۳ گرم نمک، ۰/۱ گرم وانیلین، ۱/۲ گرم بیکینگ‌پودر و ۱۷ گرم آب استفاده شد[۲۵]. عصاره آبی جو در پنج سطح ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد با تخم‌مرغ و صمغ گزانتان در سه سطح ۰، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد با آرد جایگزین گردید.

در این پژوهش تولید کیک روغنی به صورت قالبی و مطابق جدول ۱ صورت گرفت. در ابتدا تخم‌مرغ به همراه شکر و امولسیفایر توسط یک مخلوط‌کن با دور بالا به مدت ۳ دقیقه کاملاً مخلوط شد (مرحله کرم). در مرحله دوم، روغن و آب به مخلوط اضافه گردید و مواد با دور بالای همزن مخلوط شدند. بعد از این مرحله آرد، وانیل، بیکینگ‌پودر و نمک به مخلوط حاصله اضافه شد و به مدت ۳ دقیقه با سرعت متوسط، عمل مخلوط نمودن انجام گرفت. خمیر بعد از آماده شدن به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۱۷۵ درجه سلسیوس پخت گردید ودر نهایت نمونه‌های کیک پس از خنک شدن در بسته-بندی‌های پلی‌اتیلنی با درزبندی حرارتی بسته‌بندی شدند و جهت انجام آنالیزهای بعدی در دمای اتاق نگهداری گردیدند [۲٦].

Table1 Formulations of different cake samples

Treat	Wheat Flour (%)	Xanthan Gum (%)	Egg (%)	Barley Aquafaba(%)
T1	100	0	100	0
T2	100	0	75	25
T3	99.75	0.25	75	25
T4	99.5	0.5	75	25
T5	100	0	50	50
T6	99.75	0.25	50	50
T7	99.5	0.5	50	50
T8	100	0	25	75
T9	99.75	0.25	25	75
T10	99.5	0.5	25	75
T11	100	0	0	100
T12	99.75	0.25	0	100
T13	99.5	0.5	0	100

۲-٤- روش آزمایش

۲-٤-۱- آزمون‌های خمیر

اندازه‌گیری وزن مخصوص خمیر از طریق اندازه‌گیری وزن ۲٤۰ میلی‌لیتر خمیر به وزن ۲٤۰ میلی‌لیتر آب تعیین گردید [۲۷].

۲-٤-۲- آزمون‌های کیک

۲-٤-۲-۱- خواص فیزیکوشیمیایی

محتوای رطوبت نمونه‌های کیک با استفاده از روش AACC 44-11 (۱۹۹۹) اندازه‌گیری شد[۲۸]. جهت اندازه‌گیری pH نمونه‌ها از pHمتر کالیبره شده (مدل Mettler Toledo، ساخت کشور آلمان)، استفاده گردید [۲۹] و برای اندازه‌گیری درصد پروتئین نمونه‌ها از روش کجلدال استفاده شد [۳۰].

۲-٤-۲-۲- خواص رنگی

جهت اندازه‌گیری رنگ، تصاویردیجیتالی نمونه‌ها در داخل محفظه‌ی معین با شدت نور و فاصله لنز ثابت تا نمونه گرفته شد وتعیین فاکتورهای L*، a* و b* نمونه‌ها توسط نرم‌افزار فتوشاپ انجام گرفت و تغییرات رنگ نسبت به نمونه شاهد به صورت زیر تعیین گشت [۳۱].

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L_i^*)^2 + (a_0^* - a_i^*)^2 + (b_0^* - b_i^*)^2}$$

۲-٤-۲-۳- خواص بافتی

ارزیابی بافت کیک با استفاده از دستگاه بافت‌سنج ستتام (مدل STM-1، ساخت ایران) انجام شد. برای انجام آزمون در ابتدا نمونه‌ها با استفاده از یک قالب، به صورت جسمی با ابعاد مشخص برش خورد (20mm*20mm) و سپس نمونه زیر پروب دستگاه قرار گرفت. میزان سفتی نمونه‌ها بر حسب گرم بر سانتی‌متر مربع گزارش شد [۳۲].

۲-٤-۲-٤- ارزیابی حسی

در این تحقیق از ۵۰ نفر از کارمندان گروه صنعتی نجاتی (آناتا) برای انجام ارزیابی حسی (رنگ، طعم، بو، بافت و پذیرش کلی) استفاده شد [۳۳].

۲-٤-۳-تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش جایگزینی تخم‌مرغ با عصاره آبی جو درپنج سطح ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد و صمغ گزانتان با آرد گندم در سه سطح ۰، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد صورت گرفت و تمامی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی با استفاده از طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار توسط نرم‌افزار SPSS 20در سطح احتمال ۹۹ درصد مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرارگرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اثر تیمارهای مختلف بر وزن مخصوص خمیر

وزن مخصوص خمیر کیک فاکتور مناسبی برای بررسی میزان حباب‌های هوای وارد شده به خمیر و میزان نگهداری هوا در طول مخلوط کردن آن است و معمولاً در رابطه عکس با حجم کیک می‌باشد.وزن مخصوص پایین‌تر در کیک مطلوب است چرا که نشانگر ترکیب هوای بیشتر در خمیر می‌باشد [۳٤]؛ در این راستا شکل ۱ مقادیر وزن مخصوص نمونه‌های مختلف کیک بدون تخم‌مرغ را نشان می‌دهد، مطابق نتایج حاصله با افزایش سطح جایگزینی تخم‌مرغ تا ۷۵ درصد با آب پخت جو مقادیر وزن مخصوص به طور غیرمعنی‌داری ($p>0/05$) نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت که این امر می‌تواند با خصوصیات عملکردی بالای آب پخت جو نظیر خاصیت کف‌کنندگی، امولسیون‌کنندگی، اتصال‌دهندگی و قوام‌دهندگی در ارتباط باشد که منجر به قابلیت جایگزینی این ترکیب با تخم‌مرغ می‌گردد. آب پخت جو و تخم‌مرغ هر دو حاوی ترکیبات پروتئینی هستند که ترکیبات فعال سطحی شناخته می‌شوند؛ لذا همزدن محلول پروتئینی و وارد شدن هوا به محلول منجر به تشکیل حباب و جذب پروتئین بر سطح مولکول‌های هوا و مایع شده و متعاقباً منجر به تشکیل حباب‌های هوا کپسوله شده با پروتئین می‌گردد. نتایج به دست آمده به روشنی نشان داد که آب پخت جو با توانایی کف‌زایی خود قادر است که با افزایش تعداد حباب‌های هوا و همچنین کاهش اندازه آنها هوای زیادی را وارد بافت خمیر نموده و عملکردی مشابه تخم‌مرغ داشته باشد. با این حال جایگزینی ۱۰۰ درصد تخم‌مرغ با آب پخت جو موجب افزایش معنی‌دار ($p<0/05$) وزن مخصوص نمونه‌های کیک نسبت به نمونه شاهد گردید. مطابق مطالعه شیم و همکاران (۲۰۱۸)، آکوفابا (آب پخت نخود) برخلاف سفیده تخم‌مرغ حاوی میزان اندکی اسیدهای آمینه سولفوره، سیستئین و متیونین بوده که منجر به محدود شدن پیوندهای دی-

سولفیدی شده و در مقایسه با سفیده تخم‌مرغ مانع از رقیق شدن ساختار کف آکوفابا با افزایش همزدن می‌گردد [۳۵]؛ همچنین استانتیال و همکاران (۲۰۱۸)، پروتئین‌ها را به عنوان ترکیباتی با قابلیت کف‌کنندگی مطلوب گزارش نمودند [۳۶]؛ لذا انتقال پروتئین‌های محلول در آب به آب پخت جو به همراه ترکیبات کربوهیدراتی که منجر به تثبیت و پایداری کف می‌شوند منجر به قابلیت کف‌کنندگی و پایداری بالای کف به دلیل ایجاد اتصالات عرضی کربوهیدرات‌ها با پروتئین‌ها در آب پخت جو گردید [۳۷]. سلیک و همکاران (۲۰۰۷)، نیز به این نتیجه دست یافتند که جایگزینی جزئی سفیده تخم‌مرغ با عصاره گیاه سوآپورت سبب افزایش معنی‌دار در وزن مخصوص خمیر نگردید [۳۸]. همچنین کاراژیان و کیهانی (۱۳۹٤) در مطالعه خود در رابطه با اثر عصاره چوبک به عنوان جایگزین سفیده تخم‌مرغ بر کیفیت کیک اسفنجی، عدم تغییر معنی‌دار وزن مخصوص خمیر کیک را در نمونه‌های جایگزین شده نسبت به نمونه شاهد گزارش نمودند [۳۹]. نتایج به دست آمده همچنین نشانگر اثر معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) صمغ گزانتان در مقادیر ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد در افزایش وزن مخصوص نمونه‌های کیک جایگزین شده با آب پخت تامیزان ۷۵ درصد بود. این امر می تواند در اثر افزایش ویسکوزیته خمیر بعد از افزودن هیدروکلوئیدها ایجاد شود که نشانگرآن است که خمیر حاوی هیدروکلوئیدها سنگین‌تر بوده و فاقد هوادهی مناسب بودند [٤۰]. نتایج بدست آمده با نتایج جیا و همکاران (۲۰۱٤) در رابطه با اثر هیدروکلوئیدها بر افزایش وزن مخصوص خمیر کیک مطابقت داشت. بعلاوه گمز و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که ویسکوزیته بالا مانع از ترکیب شدن هوا در خمیر در هنگام اختلاط می‌شود. با این حال کاربرد صمغ گزانتان در نمونه کیک جایگزین شده با ۱۰۰ درصد آب پخت جو نشانگر اثر معنی‌دار آن در کاهش وزن مخصوص نسبت به نمونه بدون گزانتان بود که این امر می‌تواند به بهبود ویسکوزیته خمیر بدون تخم‌مرغ جایگزین شده با ۱۰۰ درصد آب پخت جو در اثر افزودن گزانتان و متعاقباً ایجاد ثبات بهتر و حفظ سلول‌های گازی در خمیر مرتبط باشد [٤۱].

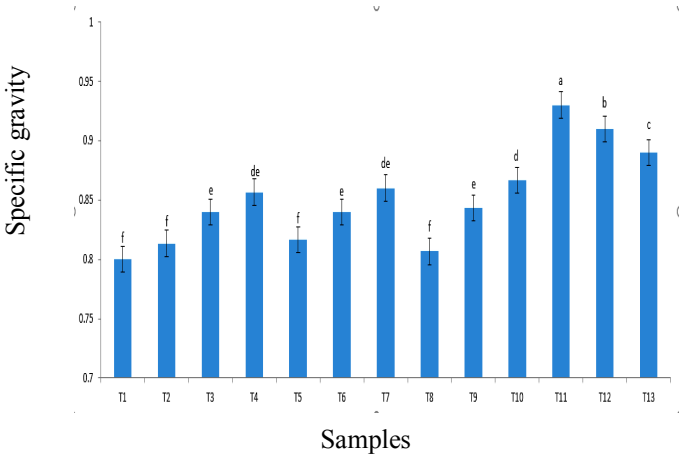

Fig1 Effect of different levels of barley aquafaba and xanthan gumonspecific gravity ofcake batter samples

۳-۲- اثر تیمارهای مختلف بر خواص فیزیکوشیمیایی کیک

۳-۲-۱- محتوای رطوبت

میزان رطوبتحاکی از معنی‌دار بودن اثر جایگزینی آب پخت جو به همراه صمغ گزانتان بر محتوای رطوبت محصول نهایی بود. جدول ۲ تغییرات میزان رطوبت نمونه‌های کیک را نشانگر است. مطابق نتایج به‌دست آمده با افزایش جایگزینی جزئی تخم‌مرغ با آب پخت جو در مقادیر ۷۵ و ۱۰۰ درصد، میزان رطوبت نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) افزایش یافت. به عبارتی نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آب پخت جو و ۰/۵ درصد صمغ گزانتان دارای بیشترین میزان رطوبت (۰/۰۸± ۱۹/۱٤) و نمونه شاهد دارای کمترین میزان رطوبت (۰/۱۲ ±۱٦/۸۵) بود. این امر می‌تواند به علت محتوای بالای قندهای محلول، کربوهیدارت‌ها، پروتئین‌ها و محتوای بالای فیبرهای محلول در آب نظیر بتاگلوکان در آب پخت جو باشد که به دلیل وجود گروه های هیدروکسیل فراوان منجر به جذب و نگهداری هرچه بیشتر رطوبت و جلوگیری از تبخیر آن در طول پخت

گردید. نتایج به دست آمده با یافته های اسلان و ارتاش (۲۰۲۰)، در رابطه با وجود مقادیر بالایی از کربوهیدرات و قندهای محلول نظیر ساکارز، رافینوز و ورباسکوز در عصاره نخود [۱۱] و مصطفی و همکاران (۲۰۱۸) در رابطه با قابلیت جذب آب ترکیبات محلول موجود در آب پخت نخود استفاده شده به عنوان جایگزین سفیده تخم‌مرغ در تولید کیک مطابقت

داشت [٤٢]. نتایج مشابهی نیز در مطالعه اراژیان و کیهانی (١٣٩٢) در رابطه با قابلیت جایگزینی بالای ٥٠ درصد عصاره چوبک به‌عنوان جایگزین سفیده تخم‌مرغ بر کیفیت کیک اسفنجی گزارش گردیده است [٣٩]؛ همچنین نتایج به دست آمده نشانگر اثر صمغ گزانتان در مقادیر ٠/٥ درصد در افزایش معنی‌دار ($p<٠/٠٥$) محتوای رطوبت نمونه‌های کیک بود این امر می‌تواند با ماهیت آب‌دوست هیدروکلوئیدهایی نظیر صمغ گزانتان در ارتباط باشد به‌طوری‌که وجود مقادیر بالای گروه‌های هیدروکسیل در ساختار مولکولی این صمغ موجب ایجاد پیوندهای هیدروژنی با مولکول های آب شده وسبب جذب و حفظ رطوبتدر طول حرارت‌دهی در فر می‌گردد.این در حالی‌است که مقادیر ٠/٢٥ درصد صمغ گزانتان اثر معنی-داری در افزایش رطوبت نمونه کیک در مقایسه با نمونه بدون صمغ نداشت ($p>٠/٠٥$). نتایج به‌دست آمده مطابق با یافته‌های موسوی‌کلجاهی و بابایی‌صدر (١٣٩٨)، در رابطه با اثر صمغ گزانتان بر محتوای رطوبت بیسکویت بدون گلوتن [٤٣] و صابری و همکاران (٢٠١٧)، در رابطه با اثر صمغ گزانتان در افزایش رطوبت کیک اسفنجی بدون گلوتن می‌باشد [٤٤].

Table2 Physicochemical properties of cake samples

Treat	Moisture Content (%)	pH	Protein(%)
T_1	16.85±0.12^g	8.10±0.04^a	7.69±0.08^a
T_2	16.97±0.04^g	8.08±0.02^a	7.62±0.05^a
T_3	16.93±0.02^g	8.05±0.05^a	7.66±0.03^a
T_4	17.22±0.11^f	8.09±0.09^a	7.64±0.03^a
T_5	16.98±0.01^g	8.01±0.03^a	7.59±0.03^a
T_6	16.99±0.01^g	7.99±0.04^a	7.60±0.01^a
T_7	17.37±0.06^e	8.00±0.14^a	7.59±0.09^a
T_8	17.88±0.02^d	7.14±0.02^b	6.54±0.09^b
T_9	17.85±0.04^d	7.18±0.02^b	6.59±0.03^b
T_{10}	18.10±0.11^c	7.24±0.05^b	6.58±0.02^b
T_{11}	18.78±0.08^b	6.86±0.02^c	5.01±0.04^c
T_{12}	18.73±0.04^b	6.80±0.05^c	4.99±0.03^c
T_{13}	19.14±0.08^a	6.85±0.05^c	4.98±0.06^c

Reported values correspond to mean ± sndard deviation.Differentletters in thesame columnindicate significant differences (P<0.05)

pH-٢-٢-٣

آنالیز واریانس تغییرات میزان pH نمونه‌های مختلف کیک بدون تخم‌مرغ در جدول ٢ نشان داده شده است. مطابق نتایج به دست آمده جایگزینی جزئی تخم‌مرغ در مقادیر ٧٥ و ١٠٠ درصد باآب پخت جو منجر به کاهش معنی‌دار pH نمونه‌های کیک گردید؛ همچنین میزان کاهش pH با افزایش میزان جایگزینی افزایش یافت؛ به طوریکه کمترین و بیشترین میزان pHبه ترتیب مربوط به نمونه حاوی ١٠٠ درصد آب پخت جو و نمونه شاهد بود. این امر می‌تواند با میزان pH کمتر آب پخت جو (pH=٥/٩٥) در مقایسه با pH تخم مرغ (pH=٧/٨٢) باشد که در نتیجه جایگزینی جزئی تخم‌مرغ (یک ترکیب نسبتاً قلیایی) با آب پخت جو (یک ترکیب نسبتاً اسیدی) ایجاد شده است. pH تقریباً اسیدی آب پخت جو می‌تواند در نتیجه وجود ترکیبات تری‌ترپنوئیدی و گروه‌های کربوکسیل در مولکول‌های قندی نفوذ یافته به آب پخت جو ایجاد شده باشد. نتایج مشابهی نیز توسط کاراژیان و کیهانی (١٣٩٤) در رابطه با کاهش pH ناشی از جایگزینی جزئی سفیده تخم‌مرغ با عصاره چوبک در کاهش pH خمیر کیک اسفنجی گزارش گردید [٣٩]؛ همچنین اسلان و ارتاش (٢٠٢٠) در مطالعه خود در رابطه با استفاده از آکوفابا به عنوان جایگزین تخم‌مرغ در کیک اسفنجی، کاهش میزان pH نمونه-های کیک را با افزایش میزان جایگزینی گزارش نمودند[١١]. نتایج مشابهی نیز مصطفی و همکارن (٢٠١٨) گزارش گردیده است [٤٢]. با این حال مطابق نتایج به دست آمده افزودن صمغ گزانتان اثر معنی‌داری بر میزان pH نمونه‌های کیک بدون تخم‌مرغ نداشت که نتایج به دست آمده با نتایج موسوی-کلجاهی و بابایی صدر (١٣٩٨) در رابطه با عدم تاثیر کاربرد هیدروکلوئیدها بر میزان pH بیسکویت بدون گلوتن مطابقت داشت[٤٣].

٣-٢-٣- پروتئین

نتایج آنالیز واریانس تغییرات میزان پروتئین نمونه‌های مختلف کیک بدون تخم‌مرغ، در جدول ٢ خلاصه شده است. مطابق

نتایج به دست آمده، کیک شاهد حاوی تخم‌مرغ دارای بیشترین میزان پروتئین بود؛ این در حالی است که افزایش جایگزینی تخم‌مرغ با آب پخت جو به میزان بیشتر از ۷۵ و ۱۰۰ درصد منجر به کاهش معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) میزان پروتئین نمونه‌های کیک بدون تخم‌مرغ گردید کهاین امر می‌تواند به دلیل محتوای پایین‌تر پروتئیندر آب پخت جو نسبت به تخم‌مرغ باشد. نتایج مشابهی نیز در مطالعه بورنوا و همکاران (۲۰۱۰)، در رابطه با کاهش میزان پروتئین در نمونه‌های کیک بدون تخم‌مرغ جایگزین شده با ژل چیا [۴۵] و اصلان و ارتاش (۲۰۲۰) در رابطه با اثر جایگزینی نسبی سفیده تخم‌مرغ با آکوفابا نخود و کاهش در میزان پروتئین نمونه‌های کیک بدون تخم‌مرغ مطابقت داشت [۱۱]؛ همچنین مطابق نتایج به دست آمده، افزودن صمغ گزانتان در مقادیر ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد اثر معنی-داری در تغییر میزان پروتئین‌های کیک بدون تخم‌مرغ نداشت ($p<۰/۰۵$).

۳-۳- اثر تیمارهای مختلف بر رنگ

جدول ۳ نشانگر تاثیر جایگزینی جزئی تخم‌مرغ با آب پخت جو بر شاخص‌های L^*،a^*و b^* نمونه‌های کیک بدون تخم‌مرغ می‌باشد. مطابق نتایج به دست آمده با افزایش جایگزینی تخم-مرغ با آب پخت جو مقادیر L^*نمونه‌های کیک به طور معنی-داری ($p<۰/۰۵$) افزایش یافت؛علاوه براین، میزان افزایش در شاخص L^* نمونه‌ها با افزایش مقدار جایگزینی به بیشتر از ۵۰ درصد به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) روند افزایشی داشت که این امر می‌تواند با رنگ روشن آب پخت جو در ارتباط باشد؛ همچنین افزایش در میزان روشنایی با افزایش میزان جایگزینی تخم‌مرغ با آب پخت جو می‌تواند با محتوای بالاتر پروتئین در تخم‌مرغ در مقایسه با آب پخت جو در ارتباط باشد؛ به طوریکه وجود پروتئین منجر به واکنش مایلارد و ایجاد رنگدانه قهوه‌ای می‌گردد [۴۶]؛ لذا می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که حذف تخم‌مرغ و در نتیجه کاهش میزان پروتئین منجر به کاسته شدن شدت این واکنش و در نهایت رنگ روشن‌تر در پوسته کیک گردید. نتایج مشابهی نیز توسط سلیک و همکاران (۲۰۰۷) در رابطه با اثر افزودن عصاره ساپونینی گیاه سوآپورت به فرمولاسیون خمیر کیک اسفنجی با افزایش شاخص L^*پوسته و مغز محصول نهایی،کاراژیان و کیهانی (۱۳۹۴) در رابطه با افزایش میزان L^* پوسته و مغز کیک‌های بدون تخم‌مرغ جایگزین شده با عصاره چوبک [۳۹] و رحمتی و مظاهری تهرانی (۲۰۱۴) در رابطه با تغییرات رنگی مغز و پوسته کیک بدون تخم‌مرغ جایگزین شده با شیر سویا مطابقت داشت [۴۶].تغییرات شاخص‌های رنگی نمونه‌ها، همچنین نشانگر عدم تغییر معنی‌دار($p>۰/۰۵$) شاخص‌های a^*و b^* نمونه‌های بدون تخم‌مرغ جایگزین شده با آب پخت جو تا ۷۵ درصد در پوسته در مقایسه با نمونه کنترل بود که این امر می‌تواند به دلیل عدم پیشرفت واکنش مایلارد در غلظت‌های پایین آب پخت جو باشد [۱۱]؛ همچنین نتایج به دست آمده حاکی از عدم اثر معنی‌دار صمغ گزانتان در مقادیر L^*،a^* و b^* نمونه‌های کیک بود که دلیل اصلی آن می‌تواند با مقادیر ناچیز صمغ گزانتان مورد استفاده در فرمولاسیون کیک بدون تخم‌مرغ در ارتباط باشد.

Table3 Color characteristics of cake samples

Treat	L^*	a^*	b^*
T_1	79.99±0.05^c	13.30±0.05^a	57.41±0.01^a
T_2	80.01±0.06^c	13.26±0.03^a	57.38±0.02^a
T_3	80.05±0.05^c	13.25±0.06^a	57.36±0.03^a
T_4	80.06±0.09^c	13.29±0.04^a	57.34±0.05^a
T_5	80.04±0.05^c	13.33±0.05^a	57.36±0.06^a
T_6	80.07±0.08^c	13.24±0.04^a	57.33±0.04^a
T_7	80.08±0.07^c	13.27±0.04^a	57.32±0.01^a
T_8	82.80±0.10^b	12.03±0.15^b	52.54±0.09^b
T_9	82.83±0.06^b	11.94±0.08^b	52.48±0.03^b
T_{10}	82.89±0.06^b	11.94±0.12^b	52.40±0.31^b
T_{11}	84.65±0.08^a	8.42±0.12^c	49.11±0.07^c
T_{12}	84.58±0.24^a	8.38±0.10^c	49.10±0.09^c
T_{13}	84.72±0.18^a	8.31±0.11^c	48.95±0.08^c

Reported values correspond to mean ± sndard deviation.Differentletters in the same columnindicate significant differences (P<0.05)

۳-٤- اثر تیمارهای مختلف بر سختی بافت

جدول ۳ نشانگر تغییرات سفتی نمونه‌های مختلف کیک بدون تخم‌مرغ جایگزین شده با آب پخت جو می‌باشد. مطابق نتایج حاصله، جایگزینی تخم‌مرغ با آب پخت جو در مقادیر ۷۵ و ۱۰۰ درصد منجر به کاهش غیرمعنی‌دار ($p<۰/۰۵$) سفتی بافت نمونه کیک نسبت به نمونه شاهد گردید که این امر می‌تواند با میزان رطوبت نمونه‌های کیک در ارتباط باشد؛ علاوه بر این ماهیت دوگانه دوستی ترکیبات موجود در آب پخت جو نظیر ساپونین، این امکان را فراهم می‌نماید که با بروز خاصیت امولسیفایری و هوادهی مناسب، نقش موثری در ایجاد بافتی بهتر داشته باشد [۳۹]؛ این در حالی است که در مقادیر جایگزینی ۷۵ و ۱۰۰ درصد میزان سفتی بافت کیک به طور چشمگیری نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت؛ به طوریکه نمونه‌های کیک تولید شده با مقادیر بالای ۵۰ درصد آب پخت جو به علت مقادیر بالاتر رطوبت نسبت به نمونه شاهد و نقش پلاستیسایزری آب دارای بافت نرمتری نسبت به نمونه شاهد بودند که با بالاتر رفتن رطوبت کیک، مغز کیک نرمتر گردید [٤۷]. نتایج مشابهی نیز توسط سلیک و همکاران (۲۰۰۷) در رابطه با اثر عصاره گیاه سوآپورت در نرمتر کردن بافت کیک اسفنجی گزارش گردید [۳۸]. همچنین کاراژیان و کیهانی (۱۳۹٤) نیز در بررسی نحوه تاثیر عصاره چوبک به عنوان جایگزین سفیده تخم‌مرغ در کیک اسفنجی، کاهش سفتی نمونه‌های کیک را با افزایش جایگزینی عصاره چوبک گزارش نمودند[۳۹]. نتایج به دست آمده همچنین نشانگراثر استفاده از صمغ گزانتان در نرمترشدن بافت نمونه‌های کیک جایگزین شده تخم‌مرغ با آب پخت جو تا میزان ۵۰ درصد بود؛ به طوریکه با افزایش میزان گزانتان از ۰/۲۵ تا ۰/۵ درصد میزان سفتی نمونه‌های کیک به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) کاهش یافت که این امر می‌تواند با حفظ رطوبت بهتر صمغ گزانتان در نمونه‌های کیک در ارتباط باشد. کاور و همکاران (۲۰۱۵)، در بررسی خود در رابطه با کاربرد صمغ‌های مختلف در تهیه بیسکویت نشان دادند که استفاده از صمغ‌ها منجر به سفتی و افزایش قوام خمیر گردید اما لزوماً سفتی خمیر منجر به سفتی نمونه‌های بیسکویت نهایی نشدکه علت این امر را خاصیت نرم‌کنندگی (جذب بالای آب و کاهشنیروی شکست) صمغ‌ها عنوان نمودند که منجر به احتباس هر چه بیشتر رطوبت و حباب‌های گاز در حین پخت خمیر و متعاقباً ایجاد خاصیت الاستیسیته در خمیر گردید[٤۸]. نتایج مشابهی نیز توسط موسوی و بابایی صدر (۱۳۹۸) در رابطه با کاربرد صمغ گزانتان، گوار و کربوکسی متیل سلولز در بیسکویت بدون گلوتن گزارش گردید [٤۳]. با این حال افزودن صمغ گزانتان در نمونه های حاوی ۷۵ و ۱۰۰ درصد جایگزینی آب پخت جو با تخم‌مرغ منجر به افزایش معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) میزان سفتی نمونه‌ها گردید که این امر می‌تواند با افزایش ویسکوزیته خمیر کیک‌های حاوی ۷۵ و ۱۰۰ درصد آب پخت جو و پخش و تثبیت بهترحباب‌های هوا با افزایش صمغ گزانتان در این نمونه‌ها در ارتباط باشد. شائو و همکاران (۲۰۱۵) نیز در بررسی خود در رابطه با اثر افزودن صمغ گزانتان و کربوکسی-متیل‌سلولز بر کیفیت کیک بدون تخم‌مرغ نتایج مشابهی را گزارش نمودند [٤۹].

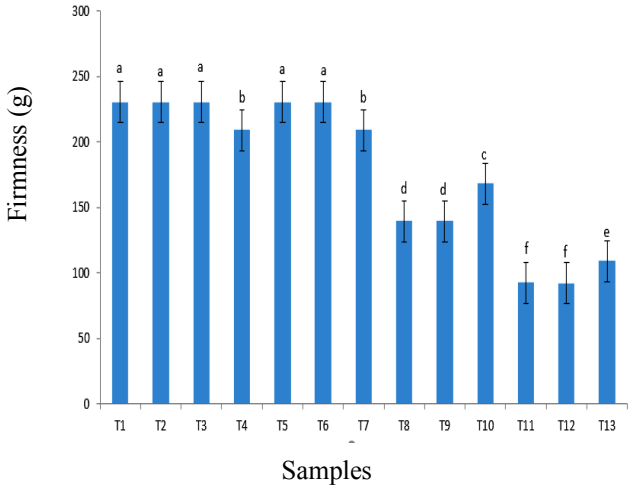

Fig 2 Effect of different levels of barley aquafaba and xanthan gumontextural properties ofcake samples

۳-۵- اثر تیمارهای مختلف بر خواص حسی

نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های کیک بدون تخم‌مرغ حاوی آب پخت جو مطابق شکل ۳ می‌باشد. مطابق نتایج به دست آمده جایگزینی تخم‌مرغ با آب پخت جو در مقادیر ۷۵ و ۱۰۰ درصد منجر به کاهش معنی‌دار میزان پذیرش کلی نمونه‌های کیک گردید($p<۰/۰۵$)؛ این در حالی است که نمونه‌های جایگزین شده با ۲۵ و ۵۰ درصد آب پخت جو دارای میزان پذیرش مشابه نمونه شاهد بودند که این امر می‌تواند با روشن-تر شدن رنگ ظاهر نمونه‌های کیک در اثر جایگزینی با غلظت-های بالاتر آب پخت جو و عدم ایجاد رنگ مطلوب در کیک (ناشی از کاهش واکنش مایلارد) در ارتباط باشد؛ همچنین جایگزینی بیش از ۵۰ درصد تخم‌مرغ منجر به ایجاد بو و طعم

نامطلوب از نظر ارزیابان گردید که در کل منجر به کاهش امتیاز پذیرش کلی نمونه‌ها شد. در مطالعات مربوط به سلیک و همکاران (۲۰۰۷) و کاراژیان و همکاران (۱۳۹٤) نیز نتایج مشابهی گزارش گردید [۳۹ و ۳۸]. بررسی ویژگی‌های رنگی نشانگر اثر معنی‌دار جایگزینی آب پخت جو در مقادیر ۷۵ و ۱۰۰ درصد در کاهش مقبولیت رنگ نمونه‌های کیک بدون تخم‌مرغ بود؛ به طوریکه نمونه‌های جایگزین شده با ۲۵ و ۵۰ درصد آب پخت جو دارای رنگ مشابه نمونه شاهد بودند؛در حالیکه جایگزینی ۱۰۰ درصد تخم‌مرغ با آب پخت جو به دلیل افزایش روشنایی پوسته کیک منجر به کاهش نمرات حسی گردید. بیشترین ویژگی حسی تحت تاثیر قرار گرفته با جایگزینی تخم‌مرغ با آب پخت جو بوی نمونه‌های کیک بود؛ به طوریکه نمرات مربوط به بو نمونه‌های کیک با افزایش میزان جایگزینی به بیشتر از ۵۰ درصد کاهش معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) یافت. از نظر پذیرش کلی، نمونه‌های کیک بدون تخم‌مرغ جایگزین شده با ۵۰ درصد آب پخت جو نمرات مشابهی با نمونه شاهد داشتند. نتایج مشابهی نیز توسط اسلان و ارتاش (۲۰۲۰) در رابطه با جایگزینی آکوفابا نخود با تخم‌مرغ در کیک بدون تخم‌مرغ گزارش گردید [۱۱]؛ همچنین نتایج به دست آمده نشانگر اثر معنی‌دار افزودن صمغ گزانتان در مقادیر ۰/۵ درصد بر نمرات پذیرش کلی بود به طوریکه افزایش ویسکوزیته خمیر ناشی از افزودن صمغ که منجر به بهبود پخش حباب‌های هوا و حفظ رطوبت کیک می‌گردد؛ منجر به افزایش نمرات مربوط به بافت نمونه‌های کیک گردید، این در حالی است که اثر افزودن هیدروکلوئیدها بر پارامترهای بو، طعم، رنگ در تمام مقادیر مورد استفاده معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$). نتایج مشابهی نیز توسط شائو و همکاران (۲۰۱۵) در رابطه با استفاده از صمغ‌های گزانتان و کربوکسی‌متیل‌سلولز در نمونه‌های کیک بدون تخم‌مرغ گزارش گردید [٤۹].

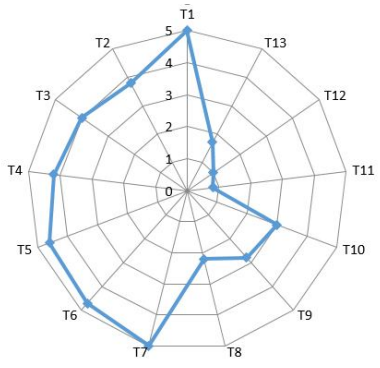

Fig 3 Effect of different levels of barley aquafaba and xanthan gumonsensory properties ofcake

٤-نتیجه‌گیری کلی

مطابق نتایج این تحقیق آب پخت جو به طور موفقیت‌آمیزی درتهیه کیک روغنی بدون تخم‌مرغ استفاده گردید. وزن مخصوص کیک نشانگر خصوصیات کف‌کنندگی و پایداری کف قابل قبول نمونه‌های کیک بدون تخم‌مرغ جایگزین شده تا میزان ۷۵ درصد با آب پخت جو بود؛ علاوه بر این نمونه-های کیک جایگزین شده با آب پخت جو تا میزان ۵۰ درصد دارای ویژگی‌های مشابه نمونه کیک حاوی تخم‌مرغ بودند؛ این در حالی است که افزایش جایگزینی تا میزان ۷۵ و ۱۰۰ درصد تخم‌مرغ با آب پخت جو منجر به افت معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، رئولوژیکی و حسی نمونه‌های کیک بدون تخم‌مرغ گردید؛ همچنین صمغ گزانتان در مقادیر ۰/۵ درصد منجر به بهبود خصوصیات حسی نمونه‌های کیک بدون تخم‌مرغ، افزایش رطوبت و کاهش سفتی در نمونه‌های کیک جایگزین شده با ۵۰ درصد آب پخت جو گردید. در نهایت نتایج به دست آمده نشان داد که آب پخت جو به عنوان یک ترکیب جانبی و با هزینه کم پتانسیل استفاده به عنوان جایگزین تخم‌مرغ به دلیل خصوصیات کف‌کنندگی مطلوب را دارا می‌باشد.

۵- سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از مدیریت محترم گروه صنعتی نجاتی (آناتا) که در کمال سعه صدر کلیه امکانات لازم را جهت تولید صنعتی و بررسی نمونه‌ها در اختیار این گروه پژوهشی قرار دادند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارند.

٦- منابع

[1] Haj Mohammadi, A., Karamat, J., Hojataleslami, M. and Molavi, H. 2013. Evaluation of the effect of oat beta-glucan enrichment on the physical properties of sponge cake. *Iranian Food Science and Technology*. 253-259.

[2] Kocer, D., Hicsasmaz, Z., Bayindirli, A. and Katnas, S. 2007. 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.

[3] Freeland-Graves, JH. and Peckham, GC. 1996. Foundations of Food Preparation.6th

ed. New Jersey: Prentice-Hall. Inc.
[4] Payan, R. 2009. Introduction to technology of cereal products. 3rd edition. 3rd reprint.
[5] Kiosseoglou, V. 2003. Egg yolk protein gels and emulsions. *Current Opinion in Colloid & Interface Science. 8*(4): 365-370.
[6] Wilderjans, E., Luyts, A., Brijs, J. and Delcour, J.A. 2013. Ingredient functionality in batter type cake making. *Trends in food science and technology*. 1: 6-15.
[7] Paraskevopoulou, A., Kiosseoglou, V., Alevisopoulos, S. and Kasapis, S. 1999. Influence of reduced-cholesterol yolk on the viscoelastic behavior of concentrated O/W emulsions. *Journal of Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 12:107-111.
[8] Dhanapala, P., Silva, C.De., Doran, T. and Suphioglu, C. 2015. Cracking the egg: An insight into egg hypersensitivity. *Molecular Immunology*. 66(2):375–383.
[9] Perkin, J. E. 1990. Food allergies and adverse reactions. 1 nd ed. An Aspen Publication. Inc, Gaithersburg. Mryland.
[10] Arozarena, I., Bertholo, H., Empis, J., Bunger, A. and de Sousa, I. 2001. Study of the total replacement of egg by white lupine protein, emulsifiers and Xanthan gum in yellow cakes. *European Food Research and Technology*. 213(4–5):312–316.
[11] Aslan, M. and Ertas, N. 2020. Possibility of using 'chickpea aquafaba' as egg replacer in traditional cake formulation. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Derg*. 24(1):1-8.
[12] Lin, M., Hong Tay, S., Yang, H., Yang, B. and Li. H. 2017. Development of eggless cakes suitable for lacto-vegetarians using isolated pea proteins. *Food Hydrocolloids*. 69:440-449.
[13] Jarpa Parra, M., Wong, L., Wismer, W., Temelli, F., Han, J., Huang, W. and Chen, L. 2017. Quality characteristics of angel food cake and muffin using lentil protein as egg/milk replacer. *International Journal of Food Science & Technology*. 52(7):1604-1613.
[14] Herald, T.J., Abugoush, M. and Aramoun, F. 2009. Physical and sensory properties of egg
yolk and egg yolk substitutes in a model mayonnaise system. *Journal of Texture Studies*. 40:692–709.
[15] Lin, M., Tay, S.H., Yang, H., Yang, B. and Li, H. 2017. Replacement of eggs with soybean protein isolates and polysaccharides to prepare yellow cakes suitable for vegetarians. *Food Chemistry*. 229:663-673.
[16] Rahmati, N.F. and Tehrani, M.M. 2014. Influence of different emulsifiers on characteristics of eggless cake containing soy milk: Modeling of physical and sensory properties by mixture experimental design. *Journal of Food Science and Technology*. 51(9):1697-1710.
[17] Shao, Y.Y., Lin, K.H. and Chen, Y.H. 2015. Batter and product quality of eggless cakes made of different types of flours and gums. *Journal of Food Processing and Preservation*. 39(6): 2959-2968.
[18] Benetrix, F., Sarrafi, A. and Autran, JC. 1994. Effect of genotype and nitrogen nutrition on protein aggregates in barley. *Cereal Chemistry*.71:75–82.
[19] Ge, Y., Sun, A., Ni, Y. and Tongyi, C. 2000. Some nutritional and functional properties of defatterd wheat germ protein. *Journal of Agriculture Food Chemistry*. 48:6215–6218.
[20] Hassan, H.M.M., Afify, A.S., Basyiony, A.E., Ahmed, A.E. and Ghada, T. 2010. Nutritional and functional properties of defatted wheat protein isolates. *Australian Journal of Basic andApplied Sciences*. 4(2):348–358.
[21] Madhujith, T., Izydorczyk, M. and Shahidi, F. 2006. Antioxidant activity of pearled barley fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54:3283-3289.
[22] Sharma, P. and Gujral, H.S. 2010. Antioxidant and polyphenols oxidase activity of germinated barley and its milling fractions. *Food Chemistry*. 120:673-678.
[23] Kirkman, M.A., Shewry. P.R. and Miflin, B.J. 1982. The effect of nitrogen nutrition on the lysine content and protein composition of barley seeds. *Journal of Science and Food Agriculture*. 33:115-127.
[24] Movahed, S., Ranjbar, S. and AhmadiChenarbon, H. 2013. Evaluate the chemicalcharacteristics of staling and sensoryglutenfree cakes containing xanthan andcarboxymethyl cellulose. *BiosystemsEngineering Iran*.44(2):178-173.
[25] Benion, E.B. and Baemford, G.S.T. 2008. The Technology of Cake making. 2 rd.Press.
[26] Lee, C.C., Wang, H.F. and Lin, S.D. 2008 . Effect of isomaltooligosaccharide Syrup on quality characteristics of sponge cake. *Cereal Chemistry*. 85(4):515-521.
[27] Lin, S.D., Hwang, C.F. and Yeh, C.H. 2003. Physical and sensory characteristics of chiffon cake prepared with erythritol as replacement for sucrose. *Journal of Food Science*. 68:2107-2110.

2004. Effect of nutrim oat bran and flaxseed on rheological properties of cakes. *Cereal Chemistry*. 81:637–642.

[41] 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 Hydrocolloid*. 21:167–173.

[42] Mustafa, R., He, Y., Young Shim, Y. and Reaney, M.J.T. 2018. Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake. *International Journal of Food Science and Technology*. 1-9.

[43] Mousavi Kalajahi, S.E. and Babaie Sadr, A. 2019. Optimization of the Effect of Different Concentrations of Xanthan, Guar and Carboxymethylmellulose Gum on Physicochemical, Rheological and Organoleptic Properties of Gluten-Free Biscuit Based on Rice Flour.*Journal of Food Science and Technology*. 39-50.

[44] Saberi, M., Nateghi, L. and eshaghi, M.R.2017. Production of Gluten-free Sponge cake
by using mixture of chickpea flour, rice flour,guar gum and xanthan gum. *Journal of Food*
Science and Technology. 71:95-109.

[45] Borneo, R., Aguirre, A. and León, A. E. 2010. Chia (Salvia hispanica L) gel can be used as egg or oil replacer in cake formulations. *Journal of the American Dietetic Association*. 110(6):946–949.

[46] Rahmati, N.F. and Mazaheri Tehrani, M. 2014. Replacement of egg in cake: effect of soy milk on quality and sensory characteristics. *Journal of food processing and preservation.*1-9.

[47] Mousavi Kalajahi, S.E. and Babaie Sadr, A. 2021. Investigation of physicochemical, rheological and sensory properties of functional oily cake containing lemon pomace powder and date liquid sugar.*Journal of Food Science and Technology*. 13-23.

[48] Kaur, M., Sandhu, KS., AmitPal, A. andSharma, A. 2015. Gluten free biscuits
prepared from buckwheat flour byincorporation of various gums:Physicochemical and sensory properties.*LWT–Food Science and Technology*. 62:628–632.

[49] Shao, Y.Y., Lin, K.H. and Chen, Y.H. 2015. Batter and product quality of eggless cakes made of different types of flours and gums. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2959-2968.

[28] Khouryeh, H.A., Aramouni, F.M. and Herald, T.J. 2005. Phsical, Chemical and Sensory Properties of Sugar-Free Jelly. *Journal of Food Quality*. 28(2): 179-190.

[29] Rodríguez-García, J., Salvador, A. and Hernando, I. 2014. Replacing Fat and Sugar with Inulin in Cakes: Bubble Size Distribution, Physical and Sensory Properties. *Food Bioprocess Technol*. 7:964-974.

[30] Unknown, Cereals and pulses – Determination of the nitrogen content and calculation of the crude protein content – kjeldahl method. 2015. INSO 19052 . 1st. Edition

[31] Frye, A. and Setser, S. 1991. Optimizing Texture of Reduced-Calorie Yellow Layer Cakes. *Cereal Chemistry*. 69(3):338-343.

[32] Hager, AS., Ryan, L., Schwab, C. and Ganzle, MG. 2011 . Influence of the soluble fibres Inulin and oat β-glucan on quality of dough and bread. *European Food Research and Technology*. 32: 405-413.

[33] Hager, AS., Ryan, L., Schwab, C. and Ganzle, MG. 2011 . Influence of the soluble fibres Inulin and oat β-glucan on quality of dough and bread. *European Food Research and Technology*. 32: 405-413.

[34] Ashwini, A., Jyotsna, R. and Indrani, D. 2009. Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. *Food Hydrocolloids*. 23:700–707.

[35] Shim, Y.Y., Mustafa, R., Shen, J., Ratanapariyanuch, K. and Reaney, M.J.T. 2018. Composition and properties of aquafaba: water recovered from commercially canned chickpeas. *Journal of Visualized Experiments*. 132:1–14.

[36] Stantiall, S.E., Dale, K.J., Calizo, F.S. and Serventi, L. 2018. Applicationof pulses cooking water as functional ingredients: the foamingand gelling abilities. *European Food Research and Technology*. 244:97–104.

[37] Alsalman, F.B. and Ramaswamy, H.S. 2020. Changes in carbohydrate quality of high-pressure treated aqueous aquafaba. *Food hydrocolloids*. 1-17.

[38] celik, I., Yilmaz, Y., Isik, F. and Ustun, O. 2007. Effect of soapwort extract on physical and sensory properties of sponge cake and rheological properties of sponge cake batters. *Food chemistry*. 101:907-911.

[39] Karazhiyan, H. and Keyhani, V. 2015. The effect of chubak extract on sponge cake as an egg white substitute. Iranian *food science and technology*. 11(1):63-67.

[40] Lee, S., Inglett, G.E. and Carriere, C.J.

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Investigatingthe effect of different levels of barley aquafaba and xanthan gum as an egg replacer on Physical, chemical, rheological and organoleptic properties of oily cake

Mousavi Kalajahi, S. E. [1*], Babaie Sadr, A. [2]

1. Ph.D Student, Research Center, Nejati Industrial Group, Tabriz , Iran.
2. Master of Applied Chemistry, Research Center, Nejati Industrial Group, Tabriz, Iran.

ARTICIE INFO

Article History:

Received 2020/ 11/ 21
Accepted 2021/ 02/ 06

Keywords:

Aquafaba,
Barley,
Cake,
Egg,
Xanthan.

DOI: 10.29252/fsct.18.06.26

*Corresponding Author E-Mail:
Research@nejati.com

ABSTRACT

Cake batter is a camplen emulsion of air babbles and oil droplets in which the egg plays a key role in foam formation, absorption of air molecules and volume in the cake. However, regular consumption of eggs due to high levels of cholesterol and saturated fatty acids, increases cardiovascular disease and can lead to allergies for some people. Barly aquafaba is a thick liquid obtained form cooking barly, which stabilizes the foam due to significant amounts of active compounds and proteins. The purpose of this study was to investigate the effect of different levels of barly aquafaba (0, 25, 50 and 100%) and xanthan gum (0, 0.25 and 0.5%) as an egg replacer on physical, chemical, rheological and organoleptic properties of oily cake. According to the obtained results, barly aquafaba had an acceptable foaming property due to high protein quality cake samples containing barly aquafaba upto 50% had similar characteristics to control cake samples. However, increasing the replacement of 75 and 100% of eggs with barly aguafaba led to a significant decrease ($p<0.05$) in physical. Chemical, rheological and sensory properties of eggless cake samples. 0.5% of xanthan gum resulted in improved sensory properties of eggless cake samples, increased moisture content and reduced firmness in the cake samples replaced with 50% barly aquafaba. The results showed that barly aquafaba can be used as a partial replacer for eggs up to 50% while maintaining the sensory, physical and rheological properties if the oily cake.