

تولید کیک اسفنجی بدون گلوتن با استفاده از مخلوط آرد نخودچی و آرد برنج، صمغ گوار و صمغ زانتان

مهتا صابری^۱، لیلا ناطقی^{۲*}، محمدرضا اسحاقی^۲

۱- کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

۲- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۱۵)

چکیده

بیماری سلیاک یک بیماری خود ایمن گوارشی است که در اثر هضم پروتئین گلوتن ایجاد می‌شود و تنها راه درمان آن استفاده از یک رژیم غذایی بدون گلوتن است. بنابراین توجه به تولید مواد غذایی بدون گلوتن با کیفیت مورد پذیرش برای این بیماران، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. هدف از انجام این تحقیق تولید کیک اسفنجی بدون گلوتن با استفاده از مخلوط آرد نخودچی و آرد برنج، صمغ گوار و صمغ زانتان بود. در این بررسی از آرد نخودچی و آرد برنج هر یک در پنج سطح ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ درصد، صمغ گوار و زانتان هر کدام در غلظت‌های ۰/۳ درصد بر اساس وزن آرد، به صورت جداگانه و ترکیبی در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن استفاده شدند. فاکتورهای رطوبت، pH، بافت، حجم مخصوص، رنگ، کپک و مخمر نمونه‌های کیک اسفنجی در روزهای یکم، هفتم و چهاردهم اندازه‌گیری شد. با افزایش میزان آرد نخودچی در فرمولاسیون کیک‌های اسفنجی میزان رطوبت، حجم مخصوص و پروتئین در نمونه‌های مورد آزمون افزایش پیدا نمود و با افزایش درصد آرد برنج میزان pH، سفتی بافت کیک‌های اسفنجی بدون گلوتن مورد آزمون افزایش یافت. نتایج ارزیابی حسی نشان داد در میان کیک‌های اسفنجی بدون گلوتن نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد نخودچی و ۰/۳ درصد صمغ زانتان از ویژگی‌های کیفی بالاتری برخوردار بود و به عنوان تیمار برتر بعد از نمونه شاهد انتخاب گردید.

کلید واژگان: آرد برنج، آرد نخودچی، بدون گلوتن، سلیاک، کیک اسفنجی

*مسئول مکاتبات: leylanateghi@yahoo.com

۱- مقدمه

یکی از چالش‌های اخیر صنعت غذا در سال‌های اخیر روند رو به تغذیه‌ای آن است. یکی از این بیماری‌ها، بیماری سلیاک^۱ است. این بیماری نوعی بیماری خود ایمنی گوارشی است که در اثر هضم پروتئین گلوتن در افرادی که از لحاظ ژنتیکی مستعد آن هستند، وجود دارد [۱]. افراد مبتلا به بیماری سلیاک دارای التهاب مزمن روده کوچک بوده که این امر به صورت مسطح و پهن شدن پرزهای روده در اثر خوردن پروتئین‌های سرشار از پرولین و گلوتامین نظیر پروتئین‌های موجود در گندم، جو، چاودار و یولاف نمود می‌کند [۲]. بیماران سلیاکی نمی‌توانند بخش گلیادین گندم و پرولامین‌های چاودار و جو را تحمل کنند. تنها راه غلبه بر این مشکل پیروی دائمی از یک رژیم فاقد گلوتن در تمام عمر می‌باشد، که منجر به بهبود بالینی و ترمیم غشای مخاطی روده خواهد شد [۳]. از این رو امروزه با توجه به اینکه تنها راه درمان این بیماری استفاده از یک رژیم غذایی بدون گلوتن است. مطالعات پیرامون تولید و بهبود مواد غذایی بدون گلوتن به ویژه محصولات صنایع پخت که قوت غالب افراد جامعه را تشکیل می‌دهد از اهمیت زیادی برخوردار است. بنابراین توجه به تولید مواد غذایی بدون گلوتن با کیفیت مورد پذیرش برای این بیماران، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از چالش‌های فرارو در زمینه بیماران سلیاک تهیه تمامی اقلام غلات بر پایه گندم با استفاده از سایر غلات به منظور افزایش تنوع سبد غذایی این بیماران است [۴]. تحقیقات نشان داده است بسیاری از محصولات فاقد گلوتن که در حال حاضر به فروش می‌رسند دارای کیفیت پایینی هستند. در سال‌های اخیر تحقیق و توسعه جهت بهبود نان‌های فاقد گلوتن به طور چشمگیری زیاد شده که شامل استفاده از آردها یا ترکیبی از آردهای فاقد گلوتن با هیدروکلئیدها، آنزیم‌ها، عناصر لبنی و ... به‌عنوان جایگزین‌های گلوتن جهت بهبود ساختار و ماندگاری محصولات نانوائی فاقد گلوتن است [۵]. طبق استاندارد ملی ایران، کیک به نوعی شیرینی با بافت نرم و مخصوص اطلاق

می‌شود که مواد اصلی آن آرد، روغن، شکر و تخم مرغ می‌باشد. بر اساس استاندارد مذکور، کیک اسفنجی، کیک است که در آن میزان تخم مرغ افزوده شده حداقل ۲۰ درصد وزن محصول بدون مغزی است و این کیک می‌تواند دارای مغزی، پوشش، تزئین و یا به صورت لایه‌ای باشد [۶]. جهت تولید محصولات بدون گلوتن به گونه‌ای که قابلیت استفاده توسط بیماران سلیاکی را داشته باشد، می‌توان از مواد نشاسته‌ای (ذرت، سیب زمینی، نخودچی و برنج)، آرد بعضی از غلات نظیر ارزن، سورگوم، کاساوا که عاری از گلوتن هستند استفاده نمود [۷].

آرد برنج ویژگی‌هایی مانند طعم ملایم، رنگ سفید، سهولت هضم و غیر آلرژن بودن را دارد [۸]. همچنین، مقادیر کم سدیم، عدم حضور گلیادین و وجود کربوهیدرات‌های قابل هضم و در کنار آن قیمت پایین آن را به غله‌ای مناسب برای بیماران سلیاکی تبدیل ساخته است [۹]. آرد نخودچی مقدار رطوبت نان‌های فاقد گلوتن افزایش داده و در نتیجه از سفتی بافت مغز نان کاسته می‌شود و به علت دارا بودن پروتئین بالا باعث کاهش نرخ بیاتی و سفتی مغز کیک می‌شود. نخود به دلیل تاخیر در رترودگراسیون نشاسته در ماندگاری نان تاثیر بسزایی دارد [۱۰].

هیدروکلئیدها، بیوپلیمرهایی با وزن مولکولی بالا و آبدوست هستند که به عنوان اجزاء عملگر یا کارکردی در فرمولاسیون‌های غذایی استفاده می‌شوند. این ترکیبات دارای خواص چسبندگی، ژله‌ای شدن و انسجام هستند که می‌توان به بهبود ویژگی‌های عمل آوری خمیر، پایداری خمیر در طی تخمیر، به تاخیر انداختن بیاتی، بهبود کیفیت و افزایش عمر نگهداری فرآورده‌های پخت اشاره کرد [۱۱]. اسمیتا^۲ و همکاران، (۲۰۰۸)، تاثیر صمغ‌های گوار، کربوکسی متیل سلولز، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و کاراگینان را بر روی کیفیت چاپاتی (نوعی نان هندی) مطالعه کردند و گزارش نمودند که با افزودن هیدروکلئیدها، قابلیت جذب آب و نرمی بافت چاپاتی افزایش می‌یابد [۱۲]. یکی از کاربردی‌ترین صمغ‌ها،

2. Smitha

1. celiac

در ابتدا مواد اولیه جهت پخت کیک اسفنجی تهیه گردید. برای آماده کردن کیک‌های اسفنجی بدون گلوتن از نسبت‌های مختلف از آرد برنج و نخودچی و صمغ گوار و زانتان مطابق با جدول ۱، استفاده گردید. تیمار شاهد نیز از آرد گندم بدون افزودن صمغ و آرد نخودچی و برنج تهیه گردید. پس از توزین مواد اولیه از روش چند مرحله‌ای برای تهیه خمیر تمامی تیمارها استفاده شد. بنابراین عمل اختلاط کامل شکر و روغن و صمغ‌های گوار و زانتان در مخلوط‌کن خانگی Bluesky مدل BHM816 با دور ۴ همزده شد. سپس آرد-های نخودچی، برنج و بیکنینگ پودر اضافه و مخلوط گردید، خمیر حاصل در قالبها درون کاغذهای مخصوص کیک اسفنجی که درون قالب قرار گرفته بود تزریق شد و به مدت ۱۰ دقیقه در فر خانگی با دمای ۱۶۰ سلسیوس پخت انجام گردید، سپس کیک‌ها خنک و بسته بندی گردیدند.

۲-۲-۲- آزمایش‌های شیمیایی

رطوبت، pH و پروتئین مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره‌های ۲۷۰۴، ۳۷ و ۱۹۰۵۲ به ترتیب اندازه‌گیری شد [۱۵]، [۱۶، ۱۷].

۲-۲-۳- آزمایش‌های بافت

جهت تعیین خصوصیات بافت کیک از دستگاه بافت سنج مدل (M350-10ct) استفاده شد. در این روش ابتدا یک سانتی‌متر از بالای کیک جدا شد تا سطح رویی کیک یکنواخت شود. سپس یک قطعه مکعبی ۲/۵ سانتی‌متری از بافت مغز کیک در زیر پروب آلومینیومی دستگاه با مقطع دایره‌ای به قطر ۷۰ میلی‌متر قرار گرفت و ۲۵٪ از بافت مغز را فشرده کرد. سرعت نیروی وارده قبل و در حین آزمون ۵ میلی‌متر بر ثانیه، و پس از آزمون ۱۰ میلی‌متر بر ثانیه بود [۱۸].

۲-۲-۴- ارزیابی حسی

نمونه‌های کیک اسفنجی به طور تصادفی توسط یک گروه آموزش دیده ۱۰ نفره مورد ارزیابی قرار گرفتند. کیک‌های اسفنجی از دیدگاه طعم و مزه، پذیرش کلی و بیاتی بر اساس آزمون چشایی به روش هدونیک پنج نقطه‌ای (یک= نامطلوب-ترین، ۵= مطلوب‌ترین) مورد ارزیابی قرار گرفتند [۱۹].

زانتان است که ترکیبی هتروپولی‌ساکاریدی است و به وسیله تخمیر از *Zaotomonas campestris*^۱ تولید می‌شود. زانتان به شکل پودر سفید محلول در آب سرد و گرم است و توانایی تولید محلول‌های ویسکوز حتی در غلظت پایین را دارد [۱۳]. از سوی دیگر گوار یکی دیگر از صمغ‌های استفاده شده در صنایع غذایی است. صمغ گوار از لایه داخلی دانه گیاه گوار تولید می‌گردد. بیش از ۸۰٪ گوار مصرفی در جهان، در کشور هند تولید می‌گردد که ایالت راجستان و شهر جادپور بیشترین میزان را به خود اختصاص می‌دهند. کشورهای آمریکا، چین و آلمان بیشترین وارد کنندگان گیاه گوار از هند می‌باشند. در حقیقت صمغ گوار نوعی گالاکتومانان بلند زنجیر می‌باشد [۱۴].

در این پژوهش از آرد برنج و نخودچی در ترکیب با صمغ‌های گوار و زانتان جهت تولید کیک اسفنجی بدون گلوتن استفاده شد و سعی در انتخاب بهترین درصد آرد برنج و نخود به منظور تولید کیک اسفنجی بدون گلوتن با خواص فیزیکی‌شیمیایی نزدیک به نمونه شاهد که از آرد گندم تهیه شده بود شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

در تحقیق حاضر مواد اولیه شامل آرد گندم، آرد نخودچی و برنج (با درصدهای مختلف) از بازار خریداری شده سپس به میزانی آرد شدند تا از الک ۱۴۰ میکرون بگذرند. تخم مرغ تازه، شکر و روغن آفتابگردان از فروشگاه محلی خریداری شد. از بکینگ پودر و صمغ زانتان (اوجی^۲، چین) و گوار (آآک^۳، هند) موجود در بازار استفاده شد.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- تولید کیک اسفنجی

1. *Xanthomonas campestris*
2. ouji
3. AAK

Table 1 The treatments tested in this study

Treatments	Percent of rice Flour	Percent of chickpea Flour	Percent of guar gum Based on the weight of flour	Percent of xanthan gum Based on the weight of flour
T1	0	100	0.3	0
T2	25	75	0.3	0
T3	50	50	0.3	0
T4	75	25	0.3	0
T5	100	0	0.3	0
T6	50	50	0.15	0.15
T7	0	100	0	0.3
T8	25	75	0	0.3
T9	50	50	0	0.3
T10	75	25	0	0.3
T11	100	0	0	0.3
T12	0	0	0	0

مقایسه pH نمونه های T₂ (۷/۲۰۰) با T_۸ (۷/۱۷۰) و T_۴ (۷/۵۷۰) با T_{۱۰} (۷/۵۵۰) که میزان آرد نخودچی و آرد برنج در آنها مشابه و فقط نوع صمغ متفاوت بود نشان داد که اثر صمغ بر تغییرات pH معنی دار نبوده ($p > 0.05$) است. با توجه به اینکه میزان pH آرد برنج بالاتر از آرد نخودچی است بنابراین با افزایش درصد آرد برنج در فرمولاسیون نمونه‌های مورد آزمون میزان pH نیز افزایش یافته است بطوریکه pH تیمار T_۵ و T_{۱۱} که حاوی ۱۰۰ درصد آرد برنج بودند بالاتر از سایر نمونه‌ها بود. وثوقی‌پور و همکاران (۱۳۹۴)، گزارش نمودند کیک بدون گلوتن غنی شده با پودر تفاله هویج میزان pH پایین‌تری نسبت به نمونه شاهد داشته است [۲۱]. نقی‌پور و همکاران (۱۳۹۲)، کیک بدون گلوتن با استفاده از آرد سورگوم، شیر سویا و صمغ‌های گوار و زانتان تولید نمودند آنها کاهش pH در خمیر کیک‌های بدون گلوتن را به حضور صمغ‌های گوار زانتان در خمیر نسبت دادند و گزارش نمودند با افزایش غلظت صمغ‌های گوار و زانتان کاهش pH مشهودتر دیده شد [۹].

همانطور که نتایج جدول ۷، نشان داده است اثر نوع فرمولاسیون نمونه‌ها، زمان نگهداری و اثر متقابل آنها بر روی تغییرات pH معنی دار بود ($p \leq 0.05$) و با توجه به فاکتور F اثر زمان نگهداری بر روی تغییرات pH موثرتر از فرمولاسیون موجود در نمونه‌ها بوده است. همان‌گونه که در جدول ۲، نیز مشاهده گردید میزان pH در تمامی نمونه‌ها طی دوره نگهداری به شکل معنی‌داری ($p \leq 0.05$) کاهش یافت. علت آن

۲-۵- ارزیابی کیک و مخمر

مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۸۹۹ با استفاده از محیط کشت YGC agar به روش پورپلیت در رقت های ۱۰^{-۲} و ۱۰^{-۱} استفاده گردید [۲۰].

۲-۶- آنالیز آماری

داده‌های حاصل از آزمایشات با استفاده از طرح کاملاً تصادفی طراحی گردید و کلیه آزمونها در سه تکرار انجام شدند و داده‌ها به روش آنالیز واریانس یک طرفه و دو طرفه به کمک نرم افزار مینی تب ۱۶ با احتساب دامنه اطمینان ۹۵٪ آنالیز شدند. برای مقایسه میانگین‌ها از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج آزمون‌های فیزیکوشیمیایی کیک

اسفنجی بدون گلوتن طی دوره چهارده روز

نگهداری

۳-۱-۱- نتایج تغییرات pH

مطابق با نتایج جدول ۲، با جایگزینی آرد گندم با آرد برنج و نخودچی میزان pH در تمامی تیمارها و در تمامی بازه‌های زمانی افزایش داشته است بطوریکه در روز اول تولید پایین‌ترین میزان pH متعلق به نمونه شاهد (۶/۳۰۰) بود که این می‌تواند به دلیل pH پایین‌تر آرد گندم و نیز فعالیتهای آنزیماتیک بیشتر آرد گندم نسبت به آرد برنج و نخودچی باشد.

واکنش‌های آنزیمی و رشد میکروارگانیسم‌ها و اثر آن بر ترکیبات نان می‌باشد.

Table 2 pH changes Results of gluten-free sponge cakes made with different percentages of chickpea and rice flour containing guar and xanthan gum and control during storage¹

Treatments	Formulation	First day	Seventh day	Fourteenth day
T1	100% chickpea+0.3% guar	7.32±0.050 ^{dA}	6.990±0.060 ^{FB}	6.690±0.050 ^{gC}
T2	75%chickpea+25%rice+0.3% guar	7.53±0.050 ^{cdA}	7.20±0.050 ^{deB}	6.88±0.050 ^{efC}
T3	50%chickpea+50%rice+0.3% guar	7.73±0.060 ^{bcA}	7.38±0.060 ^{cB}	7.06±0.050 ^{dC}
T4	25%chickpea+75%rice+0.3% guar	7.93±0.060 ^{abA}	7.57±0.060 ^{bB}	7.26±0.050 ^{bcC}
T5	100% rice+0.3% guar	7.96±0.110 ^{aA}	7.75±0.050 ^{aB}	7.44±0.060 ^{ac}
T6	50%chickpea+50%rice+0.15% guar+0.15%xanthan	7.73±0.060 ^{bcA}	7.34±0.060 ^{cdB}	6.99±0.050 ^{dec}
T7	100% chickpea+0.3%xanthan	7.34±0.050 ^{dA}	7.04±0.050 ^{efB}	6.72±0.050 ^{fgC}
T8	75%chikpea+5%rice+0.3%xanthan	7.53±0.060 ^{cdA}	7.17±0.050 ^{eB}	6.88±0.060 ^{efC}
T9	50%chickpea+50%rice+0.3 xanthan	7.74±0.060 ^{bcA}	7.36±0.050 ^{cdB}	7.04±0.050 ^{dec}
T10	25%chickpea+75%rice+0.3 xanthan	7.93±0.050 ^{abA}	7.55±0.060 ^{bB}	7.24±0.050 ^{eC}
T11	100%rice+0.3% xanthan	7.99±0.140 ^{aA}	7.74±0.060 ^{aB}	7.41±0.060 ^{abC}
T12	100% wheat(control)	6.30±0.050 ^{eA}	6.18±0.060 ^{gA}	6.25±0.060 ^{hA}

¹: The results are shown as mean ± SD.

a-h: showed significant differences in each column ($p \leq 0.05$)

A-C: showed significant differences in each row ($p \leq 0.05$)

صدرآبادی و همکاران، (۱۳۹۲)، اقبال و همکاران (۱۳۹۰)،

موحد و همکاران (۱۳۹۲)، نیز گزارش کردند با افزودن صمغ‌ها درصد رطوبت در فرآورده نهایی افزایش می‌یابد [۲۹،۲۸،۲۷،۲۶،۲۵،۲۴]. مقایسه میزان رطوبت نمونه‌های (T۲ با T۸)، (T۴ با T۱۰) که میزان آرد نخودچی و آرد برنج در آنها مشابه و فقط نوع صمغ متفاوت بود نشان داد که نمونه‌هایی که حاوی صمغ زانتان بودند به شکل معنی‌داری ($p \leq 0.05$) رطوبت بالاتری نسبت به نمونه‌های حاوی صمغ گوار داشتند که این می‌تواند به دلیل قابلیت جذب آب بیشتر صمغ زانتان نسبت به صمغ گوار باشد.

همانطور که نتایج جدول ۷، نشان داده است اثر نوع فرمولاسیون نمونه‌ها، زمان نگهداری و اثر متقابل آنها بر روی تغییرات رطوبت معنی‌دار بود ($p \leq 0.05$) و با توجه به فاکتور F اثر زمان نگهداری بر روی تغییرات رطوبت موثرتر از فرمولاسیون موجود در نمونه‌ها بوده است. همانگونه که در جدول ۳، نیز مشاهده گردید میزان رطوبت در تمامی نمونه‌ها طی دوره نگهداری به شکل معنی‌داری ($p \leq 0.05$) کاهش یافت که این می‌تواند به دلیل از دست دادن رطوبت نمونه‌ها طی دوره نگهداری باشد.

۳-۱-۲- نتایج تغییرات رطوبت

همانطور که در جدول ۳، نشان داده شده است با افزایش مقدار درصد آرد برنج و آرد نخودچی در فرمولاسیون کیک‌های اسفنجی تولیدی درصد رطوبت به شکل معنی‌داری ($p \leq 0.05$) به ترتیب کاهش و افزایش یافت. بطوریکه بالاترین میزان رطوبت (۲۰/۸۸۰ درصد) در روز اول تولید متعلق به نمونه کیک اسفنجی تولید شده با ۱۰۰ درصد آرد نخودچی (TV) و کمترین میزان رطوبت (۱۵/۳۶۰ درصد) متعلق به نمونه کیک اسفنجی حاوی ۱۰۰ درصد آرد برنج بود که این می‌تواند به دلیل جذب آب بالاتر و قابلیت حفظ رطوبت بیشتر آرد نخودچی نسبت به آرد برنج باشد. در تایید نتایج حاصل از این تحقیق عطای صالحی و همکاران (۱۳۹۰)، رستمیان و همکاران (۱۳۹۰)، نیز گزارش کردند با افزایش آرد نخود در فرمولاسیون TV میزان رطوبت افزایش پیدا کرد [۲۳،۲۲].

در تحقیق دیگری نقی‌پور و همکاران (۱۳۹۲)، کیک بدون گلوتن با استفاده از سورگوم، شیر سویا و صمغ‌های گوار و زانتان تولید نمودند نتایج نشان داد استفاده از صمغ‌ها باعث افزایش میزان جذب آب خمیر کیک مذکور گردیده است [۹]. سایر محققین ناجی طوسی و محبی (۱۳۹۲)، شاکری بروجنی و همکاران (۱۳۹۲)، جمالی ماریینی و همکاران (۱۳۹۳)، فانی

Table 3 Moistur content changes Results of gluten-free sponge cakes made with different percentages of chickpea and rice flour containing guar and xanthan gum and control during storage¹

Treatments	Formulation	First day	Seventh day	Fourteenth day
T1	100% chickpea+0.3% guar	20.220±0.050 ^{ba}	18.640±0.060 ^{bb}	17.020±0.050 ^{bc}
T2	75%chickpea+25%rice+0.3% guar	18.730±0.060 ^{ca}	17.320±0.050 ^{cb}	15.830±0.050 ^{cc}
T3	50%chickpea+50%rice+0.3% guar	17.110±0.060 ^{fa}	15.830±0.060 ^{eb}	14.550±0.060 ^{ec}
T4	25%chickpea+75%rice+0.3% guar	15.680±0.050 ^{ga}	14.490±0.060 ^{fb}	13.300±0.050 ^{fc}
T5	100% rice+0.3% guar	15.360±0.050 ^{ha}	14.240±0.060 ^{gb}	13.090±0.050 ^{gc}
T6	50%chickpea+50%rice+0.15% guar+0.15%xanthan	17.230±0.050 ^{efa}	15.910±0.050 ^{eb}	14.580±0.060 ^{ec}
T7	100% chickpea+0.3%xanthan	20.880±0.060 ^{aa}	19.250±0.060 ^{ab}	17.600±0.050 ^{ac}
T8	75%chickpea+5%rice+0.3%xanthan	18.840±0.050 ^{ca}	17.350±0.060 ^{cb}	15.770±0.060 ^{cc}
T9	50%chickpea+50%rice+0.3 xanthan	17.350±0.060 ^{ea}	15.960±0.050 ^{eb}	14.570±0.050 ^{ec}
T10	25%chickpea+75%rice+0.3 xanthan	15.730±0.050 ^{ga}	14.520±0.050 ^{fb}	13.290±0.050 ^{fb}
T11	100%rice+0.3% xanthan	15.440±0.050 ^{ha}	14.270±0.050 ^{gb}	13.120±0.060 ^{gc}
T12	100% wheat(control)	18.100±0.050 ^{da}	16.600±0.050 ^{db}	15.000±0.050 ^{dc}

¹: The results are shown as mean ± SD.

a-e: showed significant differences in each column ($p \leq 0.05$)

A-C: showed significant differences in each row ($p \leq 0.05$)

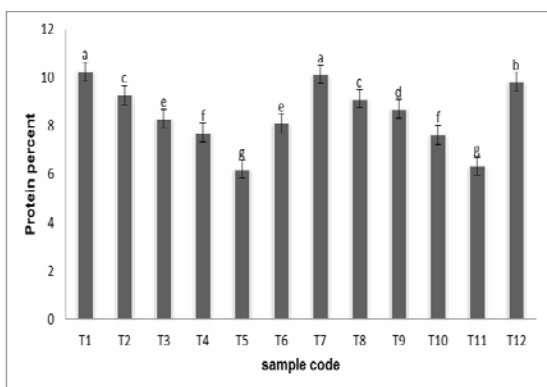


Fig 1 Protein changes Results of gluten-free sponge cake made with different percentages of chickpea and rice flour containing guar and xanthan gum and control on the first day maintenance

T1: Gluten – free sponge cake with 100% chickpea flour and 0.3% guar gum, T2: Gluten – free sponge cake with 25% rice flour, 75% chickpea flour and 0.3% guar gum, T3: Gluten – free sponge cake with 50% rice flour, 50% chickpea flour and 0.3% guar gum, T4: Gluten – free sponge cake with 75% rice flour, 25% chickpea flour and 0.3% guar gum, T5: Gluten – free sponge cake with 100% rice flour and 0.3% guar gum, T6: Gluten – free sponge cake with 50% rice flour, 50% chickpea flour and 0.15% guar gum and 0.15% xanthan gum, T7: Gluten – free sponge cake with 100% chickpea flour and 0.3% xanthan gum, T8: Gluten – free sponge cake with 25% rice flour, 75% chickpea flour and 0.3% xanthan gum, T9: Gluten – free sponge cake with 50% rice flour, 50% chickpea flour and 0.3% xanthan gum, T10: Gluten – free sponge cake with 75% rice flour, 25% chickpea flour and 0.3% xanthan gum, T11: Gluten – free sponge cake with 100% rice flour and 0.3% xanthan gum, T12: control (Sponge cake made of wheat flour without adding gum)

۱-۳- نتایج تغییرات پروتئین

مطابق نمودار ۱، مشاهده گردید که بیشترین درصد پروتئین در روز اول تولید متعلق به تیمارهای حاوی ۱۰۰ درصد آرد نخودچی بود بطوریکه تیمار T۱ و T۷ بالاترین مقدار پروتئین (۱۰/۲۶۰ درصد) و (۱۰/۱۴۰ درصد) را به ترتیب نشان دادند. کمترین درصد پروتئین متعلق به تیمارهای تولید شده با ۱۰۰ درصد آرد برنج بود بطوریکه تیمار T۵ و T۱۱ پایین‌ترین مقدار پروتئین را (۶/۳۴ درصد) و (۶/۲۱ درصد) به ترتیب نشان دادند. نتایج حاصله می‌تواند مربوط به درصد بالاتر پروتئین موجود در آرد نخودچی (۳۸/۸۷ درصد) نسبت به آرد گندم (۱۰/۹ درصد) و آرد برنج (۸/۵ درصد) باشد. بنابراین با افزایش درصد آرد نخودچی در فرمولاسیون کیک اسفنجی درصد پروتئین کیک اسفنجی مذکور نیز افزایش یافته است. در تایید نتایج حاصل از تحقیق حاضر موحد و همکاران (۱۳۹۲)، رستمیان و همکاران (۱۳۹۱)، گزارش کردند که میزان پروتئین آرد نخود در مقایسه با آرد گندم و آرد ذرت بالاتر بوده است و به همین علت نیز نرخ بیاتی و سفتی مغز نان حاوی آرد نخودچی نسبت به سایر تیمارها کاهش داشته است [۲۹،۳۰].

۳-۱-۴-نتایج تغییرات بافت

مطابق جدول ۴، مشاهده گردید با جایگزینی آرد گندم با آرد برنج و نخودچی میزان سفتی بافت در تمامی تیمارها و در تمامی بازه‌های زمانی افزایش داشته است بطوریکه پایین‌ترین میزان سفتی بافت در تمامی بازه‌های زمانی متعلق به نمونه شاهد (۲/۱۰) و پس از آن تیمار T۷ (۲/۳۰ نیوتن) بود که حاوی ۱۰۰ درصد آرد نخودچی و ۰/۳ درصد صمغ زانتان بود که این می‌تواند به دلیل فقدان گلوتن در فرمولاسیون کیک‌های مورد آزمون باشد. در تایید نتایج حاصل از تحقیق حاضر، ابراهیم پور و همکاران (۱۳۸۹)، گامبوس^۲ و همکاران (۲۰۰۱)، گزارش کردند نان‌های بدون گلوتن از نظر شاخص-های کیفی و بافتی پایین‌تر از نان‌های تهیه شده از آرد گندم بودند [۳۲،۳۱].

در روز اول تولید مقایسه میزان سفتی بافت نمونه‌های T۲ (۳/۰۸ نیوتن) با T۸ (۲/۹۹ نیوتن) و T۴ (۳/۱۶ نیوتن) با T۱۰ (۳/۱۸ نیوتن) که میزان آرد نخودچی و آرد برنج در آنها مشابه و فقط نوع صمغ متفاوت بود نشان داد که نمونه‌هایی که حاوی صمغ گوار بودند به شکل معنی داری (p≤۰/۰۵) میزان سفتی بالاتری نسبت به نمونه‌های حاوی صمغ زانتان داشتند که این می‌تواند به دلیل خاصیت جذب آب بالاتر صمغ زانتان در مقایسه با صمغ گوار باشد. ککسل^۳ (۲۰۰۹)، گزارش کرد

با اختلاط ۵۰-۵۰ صمغ گوار و زانتان می‌توان کیک اسفنجی بدون گلوتنی با خواص مطلوب تولید نمود [۳۳]. مطابق با نتایج با افزایش میزان آرد نخودچی در فرمولاسیون کیک‌های اسفنجی بدون گلوتن میزان نرمی بافت افزایش یافته است که این نتیجه مطابق با نتایج عطای صالحی و همکاران (۱۳۹۰)، رستمیان و همکاران (۱۳۹۱)، بود [۳۰ و ۲۲]. پوراسماعیل و همکاران (۱۳۹۰)، به بررسی فرمولاسیون نان بدون گلوتن با استفاده از صمغ گوآر پرداختند نتایج نشان داد افزودن صمغ گوآر سبب کاهش میزان سفتی مغز نان‌ها در مقایسه با نمونه کنترل گردیده است [۳۴]. نقی‌پور و همکاران (۱۳۹۲)، نیز گزارش کردند استفاده توأم از صمغ‌های گوار و زانتان در غلظت‌های ۰/۳ و ۰/۶ به ترتیب منجر به کاهش سفتی بافت کیک بدون گلوتن حاوی آرد سورگوم گردید [۹].

همانطور که نتایج جدول ۷، نشان داده است اثر نوع فرمولاسیون نمونه‌ها، زمان نگهداری و اثر متقابل آنها بر روی میزان سفتی بافت معنی‌دار بود (p≤۰/۰۵) و با توجه به فاکتور F اثر زمان نگهداری بر روی تغییرات بافت موثرتر از فرمولاسیون موجود در نمونه‌ها بوده است. همانگونه که در جدول ۴، نیز مشاهده گردید میزان سفتی بافت در تمامی نمونه‌ها طی دوره نگهداری به شکل معنی‌داری (p≤۰/۰۵) افزایش یافت.

Table 4 Firmness (N) changes Results of gluten-free sponge cakes made with different percentages of chickpea and rice flour containing guar and xanthan gum and control during¹ storage

Treatments	Formulation	First day	Seventh day	Fourteenth day
T1	100% chickpea+0.3% guar	2.880± 0.200 ^{aC}	6.690± 0.100 ^{gB}	12.780± 0.100 ^{hA}
T2	75%chickpea+25%rice+0.3% guar	3.080± 0.200 ^{aC}	7.650± 0.200 ^{fB}	14.880± 0.100 ^{fA}
T3	50%chickpea+50%rice+0.3% guar	3.150± 0.100 ^{aC}	8.430± 0.100 ^{cdB}	15.710± 0.100 ^{cdA}
T4	25%chickpea+75%rice+0.3% guar	3.180± 0.100 ^{aC}	8.940± 0.200 ^{abB}	16.110± 0.100 ^{bA}
T5	100% rice+0.3% guar	3.220± 0.200 ^{aC}	9.210± 0.100 ^{aB}	16.540± 0.200 ^{aA}
T6	50%chickpea+50%rice+0.15% guar+0.15%xanthan	3.130± 0.200 ^{aC}	8.140± 0.100 ^{deB}	15.420± 0.100 ^{deA}
T7	100% chickpea+0.3%xanthan	2.300± 0.100 ^{bC}	5.920± 0.200 ^{hB}	12.130± 0.100 ^{iA}
T8	75%chikpea+5%rice+0.3%xanthan	2.990± 0.200 ^{aC}	7.040± 0.200 ^{gB}	13.590± 0.200 ^{gA}
T9	50%chickpea+50%rice+0.3 xanthan	3.110± 0.200 ^{aC}	7.950± 0.100 ^{efB}	15.300± 0.100 ^{eA}
T10	25%chickpea+75%rice+0.3 xanthan	3.160± 0.100 ^{aC}	8.780± 0.100 ^{bcB}	15.960± 0.100 ^{bcA}
T11	100%rice+0.3% xanthan	3.200± 0.100 ^{aC}	9.120± 0.100 ^{abB}	16.300± 0.200 ^{abA}
T12	100% wheat(control)	2.100± 0.200 ^{bC}	5.890± 0.100 ^{hB}	8.100± 0.100 ^{jA}

¹: The results are shown as mean ± SD.

^{a-j}: showed significant differences in each column (p≤0.05)

^{A-C}: showed significant differences in each row (p≤0.05)

۳-۱-۵-کپک و مخمر

مهمترین عوامل موثر بر روی رشد کپک و مخمر میزان رطوبت محصول و کیفیت میکروبیولوژیکی مواد اولیه موجود در محصول می‌باشد. مطابق با جدول ۵، مشاهده گردید بالاترین مقدار کپک و مخمر در روز چهاردهم تولید متعلق به نمونه T۱ که به ترتیب (۲۰۰۰cfu/g) و (۴۶۱۵۸۰۰cfu/g) و پایین‌ترین مقدار کپک متعلق به تیمار شاهد (۲۰۰) و (۴۰۰۰۰۰cfu/g) بود. مقایسه مقدار کپک در روز چهاردهم تولید نمونه‌های T۲ (۱۵۸۰cfu/g) با T۸ (۱۵۷۰cfu/g) و T۴ (۸۰۰cfu/g) با T۱۰ (۷۸۰cfu/g) که میزان آرد نخودچی و آرد برنج در آنها مشابه و فقط نوع صمغ متفاوت بود نشان داد که اثر نوع صمغ بر تغییرات میزان کپک معنی‌دار نبوده است. مقایسه میزان مخمر نمونه‌های (T۸ با T۲) که میزان آرد نخودچی و آرد برنج در آنها مشابه و فقط نوع صمغ متفاوت بود نشان داد که نمونه‌هایی که حاوی صمغ گوار بودند به شکل معنی‌داری (p≤۰/۰۵) میزان مخمر بالاتری

نسبت به نمونه‌های حاوی صمغ زانتان داشتند. مطابق با نتایج با افزایش مقدار آرد نخودچی در فرمولاسیون کیک‌های اسفنجی بدون گلوتن مقدار کپک و مخمر در آنها نیز افزایش یافته است که این می‌تواند به دلیل افزایش درصد رطوبت کیک‌های اسفنجی بدون گلوتن با افزایش درصد آرد نخودچی و به دنبال آن رشد بیشتر کپک و مخمر در تیمارهای مذکور باشد.

همانطور که نتایج جدول ۷، نشان داده است اثر نوع فرمولاسیون نمونه‌ها، زمان نگهداری و اثر متقابل آنها بر روی میزان کپک و مخمر معنی‌دار بود (p≤۰/۰۵) و با توجه به فاکتور F اثر زمان نگهداری بر روی میزان کپک و اثر نوع فرمولاسیون نمونه بر روی میزان مخمر موثرتر از سایر فاکتورها بوده است. همانگونه که در جدول ۵، نیز مشاهده گردید میزان کپک و مخمر در تمامی نمونه‌ها طی دوره نگهداری به شکل معنی‌داری (p≤۰/۰۵) افزایش یافت.

Table 5 Mold and Yeast changes Results of gluten-free sponge cakes made with different percentages of chickpea and rice flour containing guar and xanthan gum and control during storage¹

Treatments	Formulation	Mold changes on different days (cfu/g)		yeast changes on different days (cfu/g)	
		Seventh day	Fourteenth day	Seventh day	Fourteenth day
T1	100% chickpea+0.3% guar	0.000± 0.000 ^{aB}	2000± 40 ^{aA}	9360.0± 30.0 ^{aB}	4615800± 20000 ^{aA}
T2	75%chickpea+25%rice+0.3% guar	0.000± 0.000 ^{aB}	1580± 30 ^{bA}	7680.0± 40.0 ^{cB}	3535200± 20000 ^{cA}
T3	50%chickpea+50%rice+0.3% guar	0.000± 0.000 ^{aB}	800± 30 ^{dA}	3480.0± 30.0 ^{hB}	1353000± 30000 ^{fA}
T4	25%chickpea+75%rice+0.3% guar	0.000± 0.000 ^{aB}	410± 30 ^{eA}	1800.0± 30.0 ^{jB}	700000± 20000 ^{gA}
T5	100% rice+0.3% guar	0.000± 0.000 ^{aB}	1190± 30 ^{cA}	5160.0± 30.0 ^{fB}	2473200± 30000 ^{eA}
T6	50%chickpea+50%rice+0.15% guar+ 0.15% xanthan	0.000± 0.000 ^{aB}	1980± 40 ^{aA}	8520.0± 40.0 ^{bB}	4416000± 20000 ^{bA}
T7	100% chickpea+ 0.3%xanthan	0.000± 0.000 ^{aB}	1570± 40 ^{bA}	6840.0± 40.0 ^{dB}	3432200± 30000 ^{dA}
T8	75%chikpea+5%rice+ 0.3%xanthan	0.000± 0.000 ^{aB}	1180± 40 ^{cA}	4320.0± 30.0 ^{gB}	2471000± 30000 ^{eA}
T9	50%chickpea+50%rice+0.3 xanthan	0.000± 0.000 ^{aB}	780± 20 ^{dA}	2640.0± 200.0 ^{iB}	1321000± 30000 ^{fA}
T10	25%chickpea+75%rice+0.3 xanthan	0.000± 0.000 ^{aB}	390± 30 ^{eA}	960.0± 20.0 ^{kB}	600000± 20000 ^{hA}
T11	100%rice+0.3% xanthan	0.000± 0.000 ^{aB}	200± 30 ^{fA}	600.0± 30.0 ^{lB}	400000± 3000 ^{iA}
T12	100% wheat(control)	0.000± 0.000 ^{aB}	2000± 40 ^{aA}	9360.0± 30.0 ^{aB}	4615800± 20000 ^{aA}

¹: The results are shown as mean ± SD.

^{a-f} : showed significant differences in each column (p≤0.05)

^{A-B} : showed significant differences in each row (p≤0.05)

تربین (۲/۸۵cm³) میزان حجم مخصوص متعلق به تیمار T۵

که حاوی ۱۰٪ آرد برنج و ۰/۳٪ صمغ گوار بوده است بود. مطابق با نتایج کیک های اسفنجی بدون گلوتن حاوی آرد نخودچی حجم بیشتری در مقایسه با نمونه‌های حاوی آرد برنج نشان دادند که این می‌تواند به علت جذب آب بالاتر آرد نخودچی و رطوبت بالاتر نسبت به نمونه‌های حاوی آرد برنج باشد که خمیر آن مقاومت کمتری در مقابل افزایش حجم

۳-۱-۶-حجم مخصوص

حجم مخصوص یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کیک‌های اسفنجی تولیدی می‌باشد و فرمولاسیون‌های تولیدی در این شاخص بسیار مهم هستند. مطابق با نمودار ۲، بالاترین میزان حجم مخصوص در روز اول تولید متعلق به نمونه شاهد (۳/۲۵cm³) و پس از آن تیمار T۷ (۳/۲۲cm³) که حاوی ۱۰٪ آرد نخودچی و ۰/۳٪ صمغ زانتان بود و پایین

مطابق با نتایج میزان حجم اکثر نمونه کیک‌های بدون گلوتن (به جز تیمارهای ۵، ۴، ۶ و ۱۱) در مقایسه با شاهد اختلاف معنی‌داری نشان ندادند که این می‌تواند به دلیل بهبود بافت کیک‌های مورد آزمون به دلیل حضور صمغ‌ها در فرمولاسیون کیک‌های بدون گلوتن باشد. در تایید نتایج حاصل از تحقیق حاضر باقری و همکاران (۱۳۹۳)، گزارش کردند افزودن صمغ‌ها باعث بهبود ساختار مغز نان می‌شود [۳۵]. مطابق نتایج ناجی طوسی و محبی (۱۳۹۲)، صحرائیان و همکاران (۱۳۹۳)، موحد و همکاران (۱۳۹۲)، تورابی^۱ (۲۰۰۹)، افزودن صمغ‌ها منجر به بهبود حجم کیک‌های اسفنجی بدون گلوتن می‌شوند [۳۶، ۲۹، ۳۶، ۲۴]. نقی‌پور و همکاران (۱۳۹۲)، گزارش کردند استفاده توأم از صمغ‌های گوار و زانتان باعث افزایش حجم و تخلخل بسیار مطلوبی در کیک‌های بدون گلوتن گردیده است [۹].

۳-۲- نتایج حاصل از آزمون حسی

۳-۲-۱- طعم و مزه در روز اول تولید

طعم و مزه از جمله شاخص‌هایی هستند که عوامل مختلفی در بروز آن نقش دارند و مطابق با نمودار ۳، بالاترین امتیاز طعم و مزه نمونه‌های مورد آزمون متعلق به نمونه شاهد بود که از آرد گندم تهیه شده بود و پس از نمونه شاهد بالاترین امتیاز طعم و مزه متعلق به تیمار T۷ بود که حاوی ۱۰۰٪ آرد نخودچی و ۰/۳٪ صمغ زانتان بود. نتایج نشان داد با افزایش آرد نخودچی در تیمارهای مورد آزمون طعم و مزه بهبود یافته است که این می‌تواند به علت ترکیبات مغذی و معطر موجود در آرد نخودچی باشد. نتایج حاصل از تحقیق حاضر مطابق با نتایج ابراهیم‌پور و همکاران (۱۳۸۹)، گامبوس و همکاران (۲۰۰۱)، طیبی و همکاران (۱۳۹۳)، مطابقت دارد [۳۸، ۳۱، ۳۲]. ککسل (۲۰۰۹)، در مطالعه‌ای تأثیر صمغ‌های زانتان و گوار مورد بررسی قرار داد، نتایج نشان داد مخلوط صمغ‌های اضافه شده مقبولیت مزه کیک‌ها را بهبود بخشید [۳۳].

ناشی از گازهای تولیدی می‌کند و این نتایج مطابق با یافته‌های رستمیان و همکاران (۱۳۹۱)، می‌باشد [۳۰].

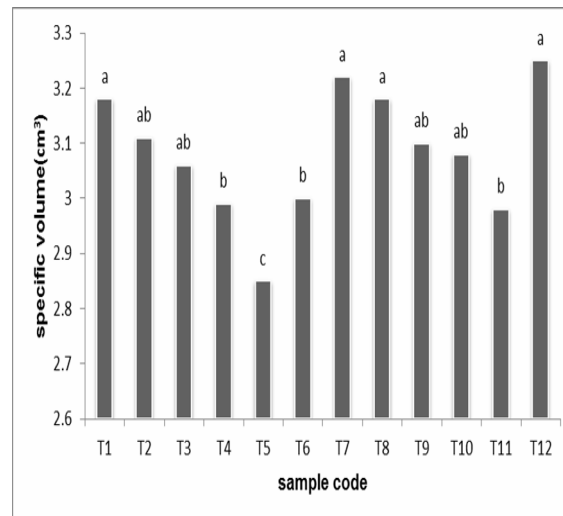


Fig 2 Specific Volume (cm³) changes Results of gluten-free sponge cake made with different percentages of chickpea and rice flour containing guar and xanthan gum and control on the first day maintenance

T1: Gluten – free sponge cake with 100% chickpea flour and 0.3% guar gum, T2: Gluten – free sponge cake with 25% rice flour, 75% chickpea flour and 0.3% guar gum, T3: Gluten – free sponge cake with 50% rice flour, 50% chickpea flour and 0.3% guar gum, T4: Gluten – free sponge cake with 75% rice flour, 25% chickpea flour and 0.3% guar gum, T5: Gluten – free sponge cake with 100% rice flour and 0.3% guar gum, T6: Gluten – free sponge cake with 50% rice flour, 50% chickpea flour and 0.15% guar gum and 0.15% xanthan gum, T7: Gluten – free sponge cake with 100% chickpea flour and 0.3% xanthan gum, T8: Gluten – free sponge cake with 25% rice flour, 75% chickpea flour and 0.3% xanthan gum, T9: Gluten – free sponge cake with 50% rice flour, 50% chickpea flour and 0.3% xanthan gum, T10: Gluten – free sponge cake with 75% rice flour, 25% chickpea flour and 0.3% xanthan gum, T11: Gluten – free sponge cake with 100% rice flour and 0.3% xanthan gum, T12: control (Sponge cake made of wheat flour without adding gum)

سیبزمینی با صمغ هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و ترانس گلوتامیناز پرداختند و نتایج حاصل از سنجش بافت حاکی از آن بود که با کاهش درصد آرد نخود، قابلیت شکستن، سفتی نمونه‌ها، انعطاف‌پذیری، چسبندگی، قابلیت ارتجاعی و قابلیت جویدن نیز کاهش یافت [۳۸،۳۵].

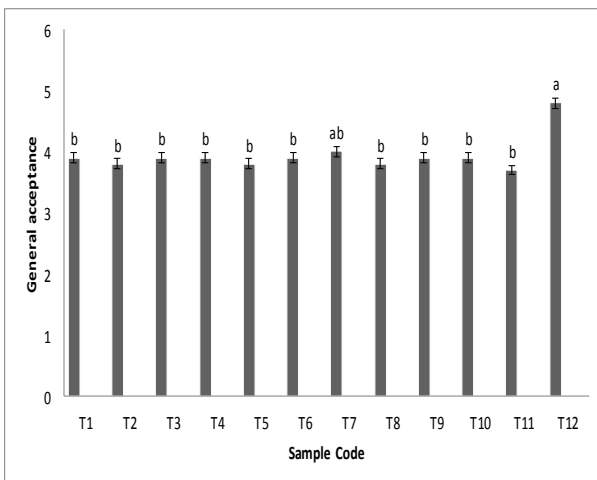


Fig 4 general acceptance(score) changes results of gluten-free sponge cake made with different percentages of chickpea and rice flour containing guar and xanthan gum and control on the first day maintenance

T1: Gluten – free sponge cake with 100% chickpea flour and 0.3% guar gum, T2: Gluten – free sponge cake with 25% rice flour, 75% chickpea flour and 0.3% guar gum, T3: Gluten – free sponge cake with 50% rice flour, 50% chickpea flour and 0.3% guar gum, T4: Gluten – free sponge cake with 75% rice flour, 25% chickpea flour and 0.3% guar gum, T5: Gluten – free sponge cake with 100% rice flour and 0.3% guar gum, T6: Gluten – free sponge cake with 50% rice flour, 50% chickpea flour and 0.15% guar gum and 0.15% xanthan gum, T7: Gluten – free sponge cake with 100% chickpea flour and 0.3% xanthan gum, T8: Gluten – free sponge cake with 25% rice flour, 75% chickpea flour and 0.3% xanthan gum, T9: Gluten – free sponge cake with 50% rice flour, 50% chickpea flour and 0.3% xanthan gum, T10: Gluten – free sponge cake with 75% rice flour, 25% chickpea flour and 0.3% xanthan gum, T11: Gluten – free sponge cake with 100% rice flour and 0.3% xanthan gum, T12: control (Sponge cake made of wheat flour without adding gum)

۳-۲-۳-بیاتی

بیاتی مهم‌ترین شاخص در فرآورده‌های آردی می‌باشد و علت اصلی افت کیفیت و عدم مقبولیت طی دوره نگهداری این فرآورده‌ها است. این شاخص ارتباط مستقیمی با ترکیبات محصول دارد و با توجه به نوع مواد اولیه بکار رفته تغییراتی که بوجود می‌آید متفاوت است. مطابق با نتایج جدول ۶، میزان

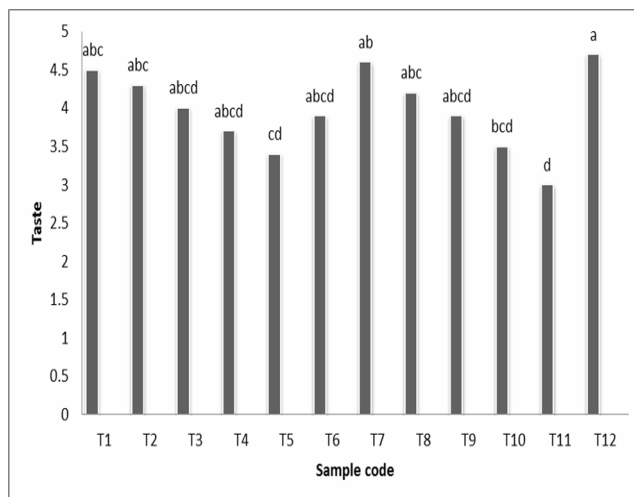


Fig 3 Taste (score) changes results of gluten-free sponge cake made with different percentages of chickpea and rice flour containing guar and xanthan gum and control on the first day maintenance

T1: Gluten – free sponge cake with 100% chickpea flour and 0.3% guar gum, T2: Gluten – free sponge cake with 25% rice flour, 75% chickpea flour and 0.3% guar gum, T3: Gluten – free sponge cake with 50% rice flour, 50% chickpea flour and 0.3% guar gum, T4: Gluten – free sponge cake with 75% rice flour, 25% chickpea flour and 0.3% guar gum, T5: Gluten – free sponge cake with 100% rice flour and 0.3% guar gum, T6: Gluten – free sponge cake with 50% rice flour, 50% chickpea flour and 0.15% guar gum and 0.15% xanthan gum, T7: Gluten – free sponge cake with 100% chickpea flour and 0.3% xanthan gum, T8: Gluten – free sponge cake with 25% rice flour, 75% chickpea flour and 0.3% xanthan gum, T9: Gluten – free sponge cake with 50% rice flour, 50% chickpea flour and 0.3% xanthan gum, T10: Gluten – free sponge cake with 75% rice flour, 25% chickpea flour and 0.3% xanthan gum, T11: Gluten – free sponge cake with 100% rice flour and 0.3% xanthan gum, T12: control (Sponge cake made of wheat flour without adding gum)

۳-۲-۲-پذیرش کلی در روز اول تولید

مطابق با نتایج نمودار ۴، بالاترین امتیاز پذیرش کلی نمونه‌های مورد آزمون متعلق به نمونه شاهد بود که از آرد گندم تهیه شده بود و پس از نمونه شاهد بالاترین امتیاز پذیرش کلی متعلق به تیمار T۷ بود که حاوی ۱۰۰٪ آرد نخودچی و ۰/۳٪ صمغ زانتان بود.

بنابراین استفاده از صمغ زانتان در مقایسه با صمغ گوار نقش موثرتری در بهبود خواص فیزیکوشیمیایی و در نتیجه پذیرش کلی کیک‌های بدون گلوتن داشته است. باقری و همکاران (۱۳۹۳)، طیبی و همکاران (۱۳۹۳)، به بررسی خواص نانویی خمیر و نان بدون گلوتن حاصل از آرد نخود و

قابلیت نگهداری گازها توسط خمیر باعث بهبود کیفیت نان تازه و به تأخیر انداختن بیاتی می‌شوند [۳۹]. نتایج حاصل از تحقیق حاضر مطابق با نتایج تحقیقات عطای صالحی و همکاران (۱۳۹۰)، طیبی و همکاران (۱۳۹۳)، رستمیان و همکاران (۱۳۹۱)، مطابقت دارد [۳۰، ۳۸، ۲۲]. امتیازات کسب شده توسط تیمارهای تولید شده با صمغ زانتان بهتر از صمغ گوآر بوده است که این نتایج با یافته‌های عوض صوفیان و همکاران (۱۳۹۳)، باقری و همکاران (۱۳۹۳)، تورابی و همکاران (۲۰۰۸)، مجذوبی و سیدی (۱۳۹۲)، کشاورز پور (۱۳۹۴)، موحد و همکاران (۱۳۹۲) مطابقت دارد [۲۹، ۴۲، ۴۱، ۳۷، ۳۵، ۴۰].

همانطور که نتایج جدول ۷، نشان داده است اثر نوع فرمولاسیون نمونه‌ها، زمان نگهداری و اثر متقابل آنها بر روی بیاتی معنی‌دار بود ($p \leq 0.05$) و با توجه به فاکتور F اثر زمان نگهداری بر روی بیاتی موثرتر از فرمولاسیون موجود در نمونه‌ها بوده است.

بیاتی در تمامی نمونه‌های مورد آزمون با افزایش زمان نگهداری به شکل معنی‌داری ($p \leq 0.05$) افزایش یافت ولی روند شدت بیاتی در اکثر تیمارها مشابه یکدیگر بود.

نتایج نشان داد بالاترین امتیاز بیاتی (۳/۷۰۰) نمونه‌های مورد آزمون پس چهارده روز نگهداری مربوط به نمونه شاهد T1۲ بود. مطابق با نتایج نمونه‌های کیک اسفنجی بدون گلوتن حاوی آرد برنج بیاتی بیشتری نسبت به نمونه‌های حاوی آرد نخودچی نشان دادند. نتایج نشان داد با افزایش میزان نخودچی در فرمولاسیون کیک‌های اسفنجی بدون گلوتن میزان بیاتی کاهش یافت بطوریکه بالاترین امتیاز بیاتی (۳/۶۰۰) پس از نمونه شاهد در روز چهاردهم نگهداری متعلق به نمونه TV بود که حاوی ۱۰۰٪ آرد نخودچی و ۰/۳٪ صمغ زانتان بود که این می‌تواند به دلیل درصد کربوهیدرات کمتر و رطوبت بیشتر در نمونه‌های حاوی آرد نخودچی باشد. انوری و همکاران (۱۳۹۳)، ثابت کردند که هیدروکلئیدها در محصولات بدون گلوتن عامل افزایش ویسکوزیته خمیر و

Table 6 Staling (score) changes Results of gluten-free sponge cakes made with different percentages of chickpea and rice flour containing guar and xanthan gum and control during¹ storage

	Treatments	Formulation	First day		Fourteenth day
			Seventh day	Seventh day	
T1	100% chickpea+0.3% guar		5.000±0.000 ^{aA}	4.400± 0.300 ^{abcB}	3.500± 0.500 ^{abC}
T2	75%chickpea+25%rice+0.3% guar		4.900± 0.100 ^{aA}	4.300± 0.200 ^{abcdB}	3.300± 0.200 ^{abcC}
T3	50%chickpea+50%rice+0.3% guar		4.700± 0.300 ^{aA}	3.900± 0.100 ^{abcdeB}	2.900± 0.200 ^{abcdC}
T4	25%chickpea+75%rice+0.3% guar		4.400± 0.400 ^{aA}	3.500± 0.500 ^{cdeAB}	2.500± 0.400 ^{bcdB}
T5	100% rice+0.3% guar		4.000± 1.000 ^{aA}	3.000± 0.500 ^{eAB}	2.000± 0.400 ^{dB}
T6	50%chickpea+50%rice+0.15% guar+0.15%xanthan		4.800± 0.200 ^{aA}	4.100± 0.400 ^{abcdA}	3.100± 0.200 ^{abcB}
T7	100% chickpea+ 0.3% xanthan		5.000± 0.000 ^{aA}	4.600± 0.400 ^{abB}	3.600± 0.400 ^{aC}
T8	75%chikpea+5%rice+0.3% xanthan		5.000± 0.000 ^{aA}	4.300± 0.100 ^{abcdA}	3.300± 0.200 ^{abcB}
T9	50%chickpea+50%rice+0.3 xanthan		4.700± 0.300 ^{aA}	4.000± 0.500 ^{abcdeAB}	3.000± 0.600 ^{abcdB}
T10	25% chickpea+ 75%rice+0.3 xanthan		4.500± 0.500 ^{aA}	3.700± 0.400 ^{bcdeAB}	2.700± 0.300 ^{abcdB}
T11	100%rice+0.3% xanthan		4.100± 0.300 ^{aA}	3.300± 0.200 ^{deB}	2.300± 0.400 ^{cdC}
T12	100% wheat(control)		5.000± 0.000 ^{aA}	4.800± 0.200 ^{aB}	3.700± 0.300 ^{aC}

¹The results are shown as mean ± SD.

^{a-e}: showed significant differences in each column ($p \leq 0.05$)

^{A-C}: showed significant differences in each row ($p \leq 0.05$)

Table 7 Determination of significant difference between ($05/0 p \leq$) each of independent variables with P value and F value on the Physico-chemical, Microbiological and Sensory properties test samples

Independent variables			Variables	
Interaction effect(A × B)	Storage time(A)	Kind of sample(B)		
0.000*	0.000*	0.000*	p value	pH
7.01	397.69	291.93	F ratio	
0.000*	0.000*	0.000*	p value	Humidity
33.34	8764.46	322.78	F ratio	
0.000*	0.000*	0.000*	p value	Texture
167.63	703.25	75.98	F ratio	
0.000*	0.000*	0.000*	p value	Mold
958.10	959.10	40.08	F ratio	
0.031*	0.000*	0.000*	p value	Yeast
10406.64	10490.00	172936.23	F ratio	

* No significant differences in the level of 5%
Food Science and Technology, 50(1): 160-166.

- [3] Akbari, M. R., Mohammadkhania, A., Fakheri, H., Zahedi, M. J., Shahbazkhani, B., Nouraei, M., Sotoudeh, M., Shakeri, R. and Malekzadeh, R. (2006). Screening of the adult population in Iran for celiac disease: comparison of the tissue transglutaminase antibody and anti- endomysial antibody tests. *European Journal of gastroenterology and Hepatology*, 18(11):1181-6.
- [4] Rostamnejad, M. (1388). Celiac disease gluten free diet guideline, Kurosh publication, Volume 1.
- [5] Naghipour, F., Habibi Najafi, M. B., Karimi, M., Haddad khodaparast, D. H. (1391). Soybean milk powder application to improve the quantity and quality of sorghum gluten-free cake. Twenty-first National Congress of Food Science and Technology (in Persian).
- [6] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (1385). cake - Characteristics and test methods. Iranian National Standard No. 2553 (in Persian).
- [7] Kadan, R.S., Robinson, M.G., Thibodeux, D.P. and Pepperman, A. (2001). Texture and other physicochemical properties of whole bread. *Journal of Food Science*, 66: 940-944.
- [8] Gujral, H.S., Guardiola, I., Carbonell, J.V. and Rosell, C.A. (2003). Effect of cyclodextrinase on dough rheology and bread quality from rice flour. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51(13): 3814-3818.
- [9] Naghipour, F., Mehdi Karimi, M., Habibi Najafi, M. B., Haddad khodaparast, M.,

۴- نتیجه گیری کلی

در این پژوهش با استفاده از درصد‌های مختلف آرد نخودچی، برنج، صمغ گوار و زانتان کیک اسفنجی بدون گلوتن تولید گردید و خواص کیفی آن با نمونه شاهد که کیک تهیه شده از آرد گندم بود مقایسه گردید. نتایج حاصل از خواص فیزیکوشیمیایی کیک‌های اسفنجی تولیدی نشان داد، بالاترین میزان حجم مخصوص، رطوبت، مربوط به تیمار حاوی ۱۰۰٪ آرد نخودچی + ۰/۳٪ صمغ زانتان بود. همچنین بالاترین میزان سفتی، مربوط به تیمار حاوی ۱۰۰٪ آرد برنج + ۰/۳٪ صمغ گوار بود. نتایج حاصل از ارزیابی خواص ارگانولپتیکی کیک‌های اسفنجی تولیدی نشان داد با افزایش میزان آرد نخودچی در فرمولاسیون کیک‌های اسفنجی امتیاز طعم و مزه، پذیرش کلی و بیاتی افزایش یافت. در مجموع در میان فرمولاسیون‌های مورد بررسی در این پژوهش با استفاده از ۱۰۰ درصد آرد نخودچی + ۰/۳ درصد صمغ زانتان می‌توان کیک اسفنجی فاقد گلوتن با ویژگی‌های کیفی مطلوبتر و نزدیکتر به نمونه شاهد تولید نمود و به سایر تولیدکنندگان پیشنهاد داد.

۵- منابع

- [1] Elke, K. A. and Dal Bello, F. (2008). The gluten-free cereal products and beverages, Elsevier, 1-40.
- [2] Moreira, R., Chenlo, F. and Torres, M.D. (2012). Effect of chia (*Sativa Hispanic L.*) and hydrocolloids on the rheology of gluten freedoughs based on chesnut flour. *LWT-*

- [20] Vosoughi Poor, Z., Jamalani, J., Farahnaki, A., Mesbahi, G., Majzooobi, M. (1394). Some physicochemical properties of dough and gluten-free cake enriched with carrot pulp powder. Master Thesis, University of Shiraz (in Persian).
- [21] Ataye Salehi, A., Rostamian, M., Milani, J. (1390). Gluten-free bread staling histologic evaluation and heat produced from corn and peas. *Journal of Food Science and Technology*, 3(4): 35-40 (in Persian).
- [22] Rostamian, M., Milani, J., Ataye Salehi, A. (1390). Improved by adding new breads without gluten. The first national seminar on food security (in Persian).
- [23] Naji Tabassi, S., mohebi, M. (1392) using image processing shahi and xanthan gum in effect on the quality of gluten-free bread. Eighth National Congress of Agricultural Machinery Engineering (Biosystems) and mechanization of Iran (in Persian).
- [24] Shakeri Boroujeni, R., Shahedi, M., Kadivar, M., Vatankhah, H. (1392). The effect of gum tragacanth on sensory characteristics and gluten-free bread staling. Twenty-first National Congress of Food Science and Technology (in Persian).
- [25] Jamali Marbini, V., khanjani, R., Afshin Pajoh, R., Aslani, A. (1392). Xanthan gum used in gluten-free products. The third national conference on food security (in Persian).
- [26] Fanny Sadrabadi, F., Yassini Ardakani, S. A., Azizi Tabrizi Zad. M. H. (1392). The image processing application determines the color of milk powders and porous loaf bread without gluten. National Conference of passive defense in the agricultural sector (in Persian).
- [27] Iqbal, S., Shahedi, M., Kadivar, M. (1390). Millet bread for celiac disease and biological properties with enzyme transglutaminase. Twentieth National Congress of Food Science and Technology (in Persian).
- [28] Movahed, S., Ranjbar, S., Ahmadi Chenarbon, H. (1392). Evaluate the chemical characteristics of staling and sensory gluten-free cakes containing xanthan and carboxymethyl cellulose. *Biosystems Engineering Iran*. 44(2): 178-173 (in Persian).
- [29] Rostamian, M., Milani, J., Atayet Salehi, A. (1391). Using a combination of gluten-free bread flour, corn and peas. *Journal of Sheikholeslami, Z., Ghiafeh davoodi, M., Sahraiyani, B. (1392). Investigating the possibility of gluten free cakes and guar gum using sorghum flour and xanthan. Journal of Science and Food industry*, 41(10), 127-139(in Persian).
- [10] Illg, D.J., Sommerfeldt, J.L. Boe, A.A. (1987). Chickpeas as a substitute for corn and soybean meal in growing heifer diets. *Journal of Dairy Science Department, South Dakota State University*, 70: 2181-2185.
- [11] Rosell, C.M., Rojas, J.A. and Benedito de Barber, C. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality, *Food Hydrocolloids*, 15: 75- 81
- Smitha, S., Rajiv, J., Begum, K., Indrani, D. (2008). Effect of hydrocolloids on rheological, microstructure and quality characteristics of parotta –an unleavened Indian flat bread. *Journal of Texture Studies*, 39: 267–283.
- [12] Sworn, G., Monsanto, A. (2000). Xanthan gum. In G. O. Phillips & P. A. Williams (Eds.), *Handbook of hydrocolloids*, CRC Press. New York.
- [13] Steffe, J. F. (1996). *Rheological methods in food process engineering*, Freeman Press.USA.
- [14] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (1391). Measured moisture content -. Iranian National Standard No. 2704 (in Persian).
- [15] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (1387). Measured pH. Iranian National Standard, Number 37 (in Persian).
- [16] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (1393). Measured nitrogen and calculate the amount of crude protein-. Iranian National Standard No. 19052 (in Persian).
- [17] Kalinga, D., Mishra, V.K. (2009). Rheological and physical properties of low fat cakes produced by addition of cereal – Glucan concentrates, *Journal of Food Processing and Preservation*, 33, 384-400.
- [18] Kemp, S.E., Hollowood, T., Hort, J. (2009). *Sensory Evaluation: A partical handbook*, Wiley-Blackwell Publication, West Sussex.
- [19] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (1387). A comprehensive method to count Mold and Yeast. Iranian National Standard No.10899 (in Persian).

- shirazi (Lallemantiaroyleana) on physicochemical and sensory properties of gluten-free sorghum bread loaf half. *Journal of Food Science and Technology*, 42(11): 129-139 (in Persian).
- [36] Turabi, E., Sumnu, G. and Sahin, S. (2008). Rheological properties and quality of rice cake formulated with different gums and an emulsifier blend. *Food Hydrocolloids*, 22: 305-312.
- [37] Tayebi, M., Milani, J., Shahedi, M. (1393). Improve the properties of dough and bread without gluten bread flour, peas, potato hydroxypropyl methyl cellulose gum and Transglvtamnaz. Thesis, University of Asfhan (in Persian).
- [38] Anvari, B., Anvari, H. (1393). Review and use of hydrocolloids in bakery products. Third National Conference on Food Science and Technology (in Persian).
- [39] Avazsoufian, A., Alami, M., Sadeghi Mahunak, A., Ghorbani, M., Ziaifar, A. M. (1393). Sweet almond meal and xanthan gum in the production of gluten-free cake. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, 3(2): 196-185 (in Persian).
- [40] Majzoobi, M., Seyedi, A. (1392). Effect of hydrocolloids in food products without gluten. Twenty-first National Congress of Food Science and Technology (in Persian).
- [41] Keshavarz Pour, M. (1394). Guar and xanthan gum hydrocolloid and emulsifier, sodium lactylate SSL effect on characteristics of corn starch-based gluten-free sponge cake and Okara. Thesis, Islamic Azad University (in Persian).
- Research and Innovation in Food Science and Technology*. 1(2): 128-117 (in Persian).
- [30] Ebrahimpur, N., Peighambaroust, E., Azadmard Damirchi, P., Ghanbarzadeh, B. (1389). The effects of adding pectin, guar and carrageenan on the qualitative characteristics of loaf bread gluten-free. *Journal of Food Research*, 3(2): 98-85(in Persian).
- [31] Gambus, H., Nowotna, A., Ziobro, R., Gumul, D., Sikora, M. (2001). The effect of use of guar gum with pectin mixture in gluten-free bread. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, series food science and technology*, 4(2).
- [32] Koxsel, H.F. 2009. Effects of Xanthan and guar gums on quality and staling of gluten free cakes baked in microwave-infrared combination oven. A thesis submitted to the graduate school of natural and applied sciences of middle east technical university. 36.
- [33] Pouresmaeil, N., Azizi, M. H., Abbasi, S., Mohamadi, M. (1390). Formulation of Gluten Free Bread Using Guar and Microbial Transglutaminase Enzyme. *Journal of Food Science and Technology*, 21(3) (in Persian).
- [34] Bagheri, H., Mohebi, M., Koochaki, A. (1393). Investigating the possibility of using sorghum flour and bread without gluten and xanthan gum Alyssum Shirazi. *Food Science and Nutrition*, 13(2): 86-75 (in persian)
- [35] Sahraeian, B., Karimi, M., Habibi Najafi, M. B., Haddad khodaparast, M. H., Ghiafeh davoodi, M., Sheikholeslami, Z., Naghipour, F. (1393). Effect of native gum balangu

Production of Gluten – free sponge cake by using mixture of chickpea flour, rice flour, Guar Gum and Xanthan Gum

Saberi, M. ¹, Nateghi, L. ^{2*}, Eshaghi, M. R. ²

1. MSc, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran
2. Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran

(Received: 2017/02/01 Accepted: 2017/03/05)

Celiac disease is an autoimmune disease which caused by gastrointestinal digestion of gluten proteins and the only way to treat it the using a gluten free diet. So the production of food without gluten with acceptable quality for these patients is of particular importance. The objective of this study was to produce gluten- free spong cake by using a mix of chickpea flour, rice flour, guar gum, xanthan gum. In the study of chickpea flour and rice flour each of the five levels of 0, 25, 50, 75, 100 percent, guar gum and xanthan each in concentrations of 0.3% by weight of flour, individually and combined in the formulation of cake were used without gluten. Parameters of cake samples including moisture, pH, texture, specific volume, color, mold and yeast on 1 and 7 and 14 d were measured. Sponge cakes chickpea flour in formulations with increased moisture content, specific volume was increased protein in the samples tested Rice flour by increasing the pH, sponge cakes without gluten tested increased tissue stiffness. The sensory evaluation showed that among sponge cakes without gluten sample containing 100% chickpea flour and 0.3 percent xanthan gum had higher quality features and after the sample was selected as the best treatment.

Key words: Celiac, Chickpea flour, Gluten-free, Rice flour, Sponge cake

* Corresponding Author E-Mail Address: leylanateghi@yahoo.com