



تاثیر جایگزینی ساکارز و آرد گندم با ایزومالت و آرد دانه کینوا بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی،

میکروبی و رئولوژیکی پودر کیک کم کالری

آیدا ابادری^۱، مانیا صالحی فر^{۲*}

۱- کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

یکی از زمینه‌های تحقیقاتی بسیار مهم در تولید محصولات نانویی شیرین استفاده از شیرین کننده‌های جایگزین شکر و بکارگیری آرد سایر منابع گیاهی به عنوان جایگزینی آرد گندم در تولید این محصولات می‌باشد. در این تحقیق ایزومالت و آرد کینوا در چهار سطح (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) جایگزین شکر و آرد گندم در فرمولاسیون پودر کیک شدند. براساس نتایج آماری جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا و جایگزینی شکر با ایزومالت تاثیر معنی‌داری بر میزان رطوبت نمونه‌های پودر کیک و همچنین ویسکوزیته و دانسیته خمیر داشت ($P < 0/05$). در حالی که جایگزینی شکر با ایزومالت تاثیر معنی‌داری بر درصد خاکستر نامحلول، pH و شمار کلی میکروارگانیسم‌های نمونه‌های پودر کیک نشان نداد ($P > 0/05$). نتایج نشان داد جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا سبب کاهش درصد رطوبت، پارامتر روشنایی^{*} L، پارامتر قرمزی^a و پارامتر زردی^b و افزایش درصد خاکستر، pH و شمار کل میکروارگانیسم‌های نمونه‌های پودر کیک و افزایش ویسکوزیته و دانسیته خمیر شد. همچنین جایگزینی شکر با ایزومالت سبب افزایش درصد رطوبت و افزایش پارامتر روشنایی^{*} L، کاهش درصد خاکستر نمونه کیک، ویسکوزیته خمیر حاصل از نمونه‌های پودر کیک و افزایش دانسیته خمیر کیک شد. ارزیابی بافت نمونه‌های کیک نشان داد که نوع تیمار در کلیه روزهای مورد بررسی (روز اول، دوم و سوم پس از پخت) و مدت زمان ذخیره سازی در کلیه تیمارهای مورد بررسی اثر معنی‌داری بر سفتی بافت داشت. نوع تیمار اثر معنی‌داری بر هر یک از ویژگی‌های حسی شامل طعم و مزه، عطر و بو، رنگ، بافت و پذیرش کلی داشت. با توجه به خصوصیات مورد بررسی در این تحقیق تیمار حاوی ۲۵ درصد جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا و ۲۵ درصد جایگزینی شکر با ایزومالت (تیمار T1) به عنوان تیمار بهینه تعیین گردید.

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۱۴

کلمات کلیدی:

پودر کیک کم کالری،
آرد دانه کینوا،
ایزومالت،
رئولوژی،
خواص فیزیکوشیمیایی.

DOI: 10.22034/FSCT.19.135.181
DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.135.15.1

* مسئول مکاتبات:

salehifarmania@yahoo.com

۱- مقدمه

محصولات غذایی فراسودمند علاوه بر عمل کردن به عنوان مواد مغذی روی عملکردهای بیولوژیکی خاص نیز تاثیر می‌گذارند، سطح کلی سلامت را بهبود می‌بخشند و خطر ابتلا به بیماری‌های خاص را کاهش می‌دهند. محصولات غذایی فراسودمند می‌تواند ترکیبی از مواد غذایی باشد که مواد سلامت بخش به آن اضافه شده و یا ترکیبات مضر از آن حذف شده باشد [۱]. پودر کیک فراسودمند محصولی نیمه آماده است که از مواد اصلی شامل آرد گندم، شکر، بیکنینگ پودر و مواد افزودنی فراسودمند تشکیل شده است. در این محصول مواد مذکور به نسبت لازم با یکدیگر مخلوط شده و مصرف‌کننده برای تهیه خمیر کیک باید آن را طبق دستور سازنده با آب یا شیر، تخم مرغ، کره یا روغن نباتی (جامد یا مایع) مخلوط و سپس طبخ نمود. جایگزینی آرد گندم با آرد سایر منابع گیاهی در تولید پودر کیک از جمله روش‌های تهیه پودر کیک فراسودمند محسوب می‌شود. انتخاب منبع مناسب برای جایگزینی آرد گندم در تولید محصولات نانویی فراسودمند و بکارگیری روش‌های مناسب برای بهبود خصوصیات کمی و کیفی محصول نهایی در کنار این جایگزینی همواره ذهن محققین را به خود معطوف ساخته است [۲]. جایگزینی آرد گندم با آردهایی از منابع غیر از گندم نظیر جو، برنج، سویا، چغندر قند، نخود، کینوا و ... سبب ایجاد خواص تغذیه‌ای و حسی خاصی در این محصولات می‌شود. از جمله خصوصیات مورد نیاز آردهای جایگزین گندم جهت ایجاد خواص شیمیایی و فیزیکی مشابه در محصولات نانویی پس از جایگزینی آرد تمایل به داشتن آب زیاد و وجود مقادیر بالا از فیبر در آن‌ها است. آردهای مورد استفاده به عنوان جایگزین آرد گندم می‌توانند به دلیل دارا بودن خصوصیات نظیر ترکیبات زیست فعال (فلاونوئیدها، کاروتنوئیدها و غیره) و اسید فیتیک، محتوای فیبر بالاتر، ظرفیت اتصال بالا به آب و روغن و انرژی پایین سبب بهبود خواص تغذیه‌ای در این محصولات شوند [۳]. کینوا گیاهی از راسته‌ی میخک سانان، تیره تاج خروسیان و گونه‌ی *C. quinoa* با نام علمی *Chenopodium quinoa* می‌باشد. دانه‌های این گیاه بسیار خوش هضم و منبع غنی از پروتئین، فیبر، مس، آهن، فسفر، منیزیم، منگنز، فولات، تیامین، انواع ویتامین‌ها و امگا ۳ است. ترکیب غیر عادی و استثنایی پروتئین، روغن، چربی، مواد معدنی، اسیدهای چرب، آنتی اکسیدان‌ها و ویتامین‌ها در کینوا،

این ماده را به یک غذای مغذی تبدیل کرده است. این ماده همچنین غاری از گلوتن است و برای افرادی که از رژیم غذایی فاقد گلوتن استفاده می‌کنند بیشتر توصیه می‌شود [۴، ۵]. محصولات نانویی شیرین بر پایه آرد گندم از پر مصرف‌ترین مواد غذایی در تمام جهان به شمار می‌آیند. ساکارز یکی از مواد اصلی در این محصولات است و به میزان قابل توجهی به محتوای انرژی آن کمک می‌کند. مصرف بالای این ماده با مشکلات مربوط به رژیم غذایی نظیر چاقی، فشار خون، پوسیدگی دندان، دیابت و بسیاری از معضلات دیگر همراه است. لذا لزوم تولید مواد غذایی کم کالری با کاهش میزان قند آزاد با بکارگیری شیرین‌کننده‌های کم کالری، مانند پلی‌ال‌ها در فرمولاسیون این محصولات برای پیشگیری از بیماری‌های مرتبط با رژیم غذایی مشهود گشته است [۶-۸]. شیرین‌کننده‌های کم کالری به عنوان جایگزین بخشی از قندها در مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مصرف شیرین‌کننده‌های کم کالری در سال‌های اخیر در میان افراد با گروه سنی مختلف افزایش یافته است [۹]. ساکارز به عنوان یک عنصر اصلی در تهیه پودر کیک، اثر خود را نه تنها با ارائه انرژی و شیرینی، بلکه توسط: (۱) عقب انداختن و محدود کردن تشکیل شبکه گلوتن در هنگام مخلوط کردن؛ (۲) افزایش ویسکوزیته خمیر کیک و بهبود ظرفیت نگهداری هوای آن؛ (۳) افزایش دما و انقباض پروتئین تخم مرغ و ژلاتینه کردن نشاسته؛ (۴) عامل اصلی واکنش میلارد و واکنش کارامل، که به رنگ و طعم کیک کمک می‌کند، اعمال می‌کند [۱۰-۱۲]. اگر چه محتوای انرژی محصولات نانویی شیرین ممکن است با جایگزینی ساکارز با مواد شیرین‌کننده طبیعی یا شیرین‌کننده‌های مصنوعی با شدت بالا، مناسب شود، اما این امر می‌تواند سبب ایجاد تغییرات قابل توجهی در خصوصیات نظیر بافت، حجم، رنگ، طعم، فراوری خمیر، عمر مفید و از همه مهمتر میزان پذیرش محصول نهایی شود [۱۳]. پلی‌ال‌ها نوعی جایگزین ساکارز هستند که دارای کالری کم می‌باشند و مصرف آن ممکن است خطر ابتلا به چاقی و دیابت را کاهش دهند. استفاده از پلی‌ال‌ها در محصولات نانویی برای چندین دهه مورد مطالعه قرار گرفته است. با این حال، تفاوت بین اثرات ساکارز و پلی‌ال‌ها بر خواص عملکردی به طور قطعی روشن نشده است. در این راستا پلی‌ال‌ها به واسطه خواصی نظیر عدم جذب کامل دستگاه گوارش و متابولیسم مستقل از انسولین در صورت جذب با داشتن ویژگی‌های فراسودمند به عنوان جایگزین مناسبی برای ساکارز در

مواد اولیه مورد استفاده در تهیه پودر کیک شامل آرد گندماز کارخانه آرد روشن تهران، دانه کینوا از شرکت پاکان بذر اصفهان، ایزومالتاز شرکت سیگما آلدريج (ایالات متحده آمریکا)، و سایر مواد مورد استفاده در تهیه کیک از کارخانجات معتبر داخلی تهیه شدند. کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده در انجام آزمون ها از شرکت مرک (آلمان) تهیه شدند. همچنین محیط کشت پلیت کانت آگار در بررسی میکروبی نمونه‌ها از شرکت مرک (آلمان) تهیه شد.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- تهیه پودر کیک

پس از تهیه دانه کینوا و پاک سازی آن از مواد خارجی نظیر چوب و برگ، مقدار مشخصی از دانه کینوا توسط آسیاب به آرد تبدیل گردید و در تهیه پودر کیک کم کالری مورد استفاده قرار گرفت. ایزومالت و آرد کینوا در ۴ سطح (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) به ترتیب جایگزین شکر و آرد گندم شدند. مواد تشکیل دهنده شامل پودر شکر، ایزومالت، آرد گندم، آرد کینوا بر اساس گرم در ۱۰۰ گرم پودر کیک مطابق فرمولاسیون های ارائه شده در جدول (۱) مورد استفاده قرار گرفتند. همچنین شیر خشک (۱/۶ درصد وزنی)، بیکنینگ پودر (۲/۶ درصد وزنی)، بهبود دهنده (۱/۲ درصد وزنی)، روغن گیاهی هیدروژنه (۰/۷ درصد وزنی) و اسانس خوراکی (۰/۱ درصد وزنی) به طور مشابه در فرمولاسیون کلیه تیمارها مورد استفاده قرار گرفتند.

Table 1 Sugar content, wheat flour, isomalt and quinoa flour in each treatment (gr/ 100 gr cake powder)

Treatment	Replacement percentage	Sugar	Isomalt	Wheat flour	Quinoa flour
Control	(Basic formula) No replacement	40	0	54	0
T ₁	25%Quinoa+25%Isomalt	30	10	40/5	13/5
T ₂	50%Quinoa+ 50%Isomalt	20	20	27	27
T ₃	75%Quinoa+ 75%Isomalt	10	30	13/5	40/5
T ₄	100%Quinoa+ 100%Isomalt	0	40	0	54
T ₅	No isomalt-100% Quinoa	40	0	0	54
T ₆	NO Quinoa -100%Isomalt	0	40	54	0

ملی ایران به شماره ۲۸۶۲ صورت گرفت.

۲-۲-۳- شمار کلی میکروارگانیسم‌ها

برای تعیین شمار کلی میکروارگانیسم‌ها از استاندارد ملی ایران به شماره ۳۸۵۱ استفاده شد. برای این منظور ابتدا مقدار مشخصی (گرم) از پودر کیک برداشته شد و با ۹ برابر وزنی محلول رقیق کننده، به خوبی مخلوط گردید و سوسپانسیون اولیه تهیه گردید. مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۸۹۲۳

فرآورده‌های نانوائی شیرین، همراه با شیرین کننده‌های قوی به کار گرفته می‌شوند [۱۳، ۱۴]. از میان پلی‌ال‌ها ایزومالت تنها شیرین کننده حجم دهنده‌ای است که منحصراً از ساکارز مشتق می‌شود و شامل دو ایزومر گلوکوپیرانوزیل سوربیتول و گلوکوپیرانوزیل مانیتول می‌باشد. ایزومالت دارای مزه شیرین ضعیف و بدون پس طعم بوده و انتقال طعم را در مواد غذایی تقویت می‌کند، قدرت شیرین کنندگی، تابعی از غلظت آن بوده و با افزایش غلظت میزان شیرینی افزایش می‌یابد [۱۵-۱۷]. جذب رطوبت پایین ایزومالت باعث می‌شود که محصولاتی که منحصراً یا به طور عمده، بر پایه ایزومالت هستند، ماندگاری طولانی داشته باشند و محصولات تولید شده با آن، بافت و ظاهر مشابه با محصولات تولید شده با ساکارز را داشته باشند [۱۵-۱۷]. با توجه به ویژگی‌های منحصراً به فرد دانه کینوا، بررسی قابلیت جایگزینی جزئی آرد گندم با آرد دانه کینوا و همچنین با توجه به اثرات سوء ساکارز بر سلامت افراد، بکارگیری قند الکلی ایزومالت به عنوان شیرین کننده‌های مکمل جایگزین در فرمولاسیون پودر کیک، هدف از این تحقیق بررسی تاثیر جایگزینی ساکارز و آرد گندم با ایزومالت و آرد دانه کینوا بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، میکروبی و رئولوژیکی پودر کیک کم کالری فراسودمند است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

۲-۲-۲- خصوصیات فیزیکوشیمیایی پودر کیک و آرد

کینوا

ارزیابی درصد رطوبت، pH و درصد خاکستر نامحلول در اسید با استفاده از استاندارد ملی ایران به شماره ۶۹۴۹، میزان فیبر توسط روش ارائه شده در استاندارد ملی ایران به شماره ۳۱۰۵، درصد پروتئین خام با استفاده از استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۶۳ و ارزیابی درصد چربی با بکارگیری استاندارد

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی و میکروبی

آرد کینوا

با توجه به وجود واریته‌های مختلف کینوا، ویژگی‌های آرد کینوا مورد استفاده در تهیه پودر کیک بر روی خصوصیات فیزیکوشیمیایی محصول نهایی و عمل آوری خمیر اثر گذار است. از این رو خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد کینوا مورد استفاده تعیین گردید. در بررسی این خصوصیات pH آرد کینوا معادل 6.50 ± 0.1 ، رطوبت 7.70 ± 0.4 ، خاکستر 3.21 ± 0.2 ، پروتئین 19.25 ± 0.6 ، فیبر 6.33 ± 0.7 و چربی معادل 0.13 ± 0.04 درصد تعیین شد. همچنین نتایج ارزیابی شمار کل میکروارگانسیم‌ها در نمونه آرد کینوا بیانگر حضور Log CFU/g 4.2 ± 0.05 در نمونه آرد مورد استفاده بود.

۳-۲- خصوصیات فیزیکوشیمیایی پودر کیک

نتایج حاصل از ارزیابی میزان رطوبت پودر کیک جهت تعیین اثر جایگزینی شکر با ایزومالت و آرد گندم با آرد کینوا بر درصد رطوبت نمونه‌های پودر کیک در نمودار شکل (۱) ارائه شده است. نتایج بیانگر کاهش رطوبت نمونه پودر کیک با جایگزینی همزمان آرد گندم با آرد کینوا و شکر با ایزومالت (تیمارهای T1 تا T4) است. با مقایسه تیمار شاهد و تیمار حاوی ۱۰۰ درصد ایزومالت و بدون آرد کینوا (T6) می‌توان نتیجه گرفت که با جایگزینی شکر با ایزومالت میزان رطوبت افزایش یافته است. در حالی که با مقایسه تیمار شاهد و تیمار حاوی ۱۰۰ درصد آرد کینوا و بدون ایزومالت (T5) می‌توان نتیجه گرفت که با جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا میزان رطوبت کاهش یافته است. دلیل این امر میزان رطوبت پایین آرد دانه کینوا (۷٪) نسبت به رطوبت آرد گندم (۱۵٪-۱۴) است. همچنین دلیل اصلی افزایش بسیار کم میزان رطوبت در اثر به کارگیری ایزومالت، می‌تواند رطوبت بالاتر ایزومالت نسبت به شکر مصرفی در تهیه پودر کیک باشد. رطوبت پایین آرد دانه کینوا نسبت به آرد گندم در تحقیقات Shehry (۲۰۱۶) در استفاده از آرد کینوا برای تولید محصولات نانوائی [۱۹] و Kaur در ارزیابی محصولات نانوائی بدون گلوتن با استفاده از آرد کینوا [۲۰] و Wang و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی تاثیر آرد کینوا بر ویژگی‌های کیک، نان بخارپز چینی [۲۱] گزارش شده است. نتایج بیانگر تاثیر معنی

رقت های اعشاری از نمونه پودر کیک ساخته شد. با استفاده از یک پیپت سترون، ۱ میلی لیتر از هر یک از رقت های اعشاری تهیه شده به دو پتری دیش سترون مجزا منتقل شد. حدود ۱۲ تا ۱۵ میلی لیتر محیط کشت پلیت کانت آگار با دمای ۴۴ تا ۴۷ درجه سانتیگراد در هر پلیت ریخته شد. پلیت ها با محیط کشت به وسیله حرکت چرخشی با دقت مخلوط شدند و روی سطح افقی و خنک قرار داده شدند تا کاملا جامد شوند. پلیت آماده شده به صورت وارونه در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد به مدت 3 ± 72 ساعت گرمخانه گذاری شد. سپس پلیت هایی که دارای کمتر از ۳۰۰ کلنی هستند جهت شمارش انتخاب گردید و کلنی ها توسط کلنی شمار، شمارش شدند.

۲-۲-۴- ارزیابی رئولوژیکی خمیر حاصل از پودر

کیک

ارزیابی ویسکوزیته خمیر کیک با استفاد ویسکومتر بروکفیلد و با بکار گیری اسپیندل LV در سرعت ۱۰۰ دور بر دقیقه ارزیابی گردید [۱۸]. همچنین دانسیته خمیر کیک مطابق روش استاندارد AACC-50-55 تعیین شد. به طوری که ابتدا وزن، خمیر در ظرفی با حجم مشخص توزین گردید و به وزن، همان حجم آب تقسیم گردید. دانسیته ویژه با استفاده از معادله (۱) تعیین گردید.

$$SG = W_1 / W_2$$

در معادله (۱) وزن، خمیر در ظرفی با حجم مشخص و وزن، آب در ظرفی با حجم مشخص است.

۲-۲-۵- ارزیابی حسی

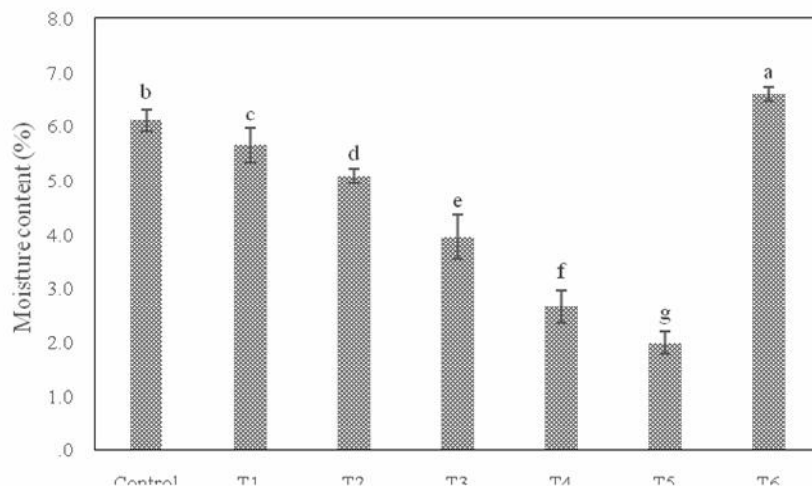
ارزیابی ویژگی‌های حسی نمونه‌های کیک شامل عطر و بو، طعم، رنگ، بافت و پذیرش کلی با استفاده از روش هدونیک ۵ با بکارگیری ۱۰ ارزیاب آموزش دیده صورت گرفت (ملگارد و همکاران ۱۹۹۹).

۲-۲-۶- طرح آماری و روش آنالیز نتایج

تجزیه و تحلیل آماری در این پژوهش با استفاده از نرم افزار SPSS19 انجام شد. از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کاملا تصادفی استفاده شد. به + بررسی وجود اختلاف آماری معنی دار بین تیمارهای مختلف از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون دانکن در سطح معنی داری ۵٪ استفاده شد.

است ($P < 0.05$). همچنین جایگزینی آرد گندم با آرد کینوآ نسبت به جایگزینی شکر با ایزومالت، تاثیر بیشتری بر میزان تغییر رطوبت در نمونه‌های پودر کیک داشته است.

دار جایگزینی آرد گندم با آرد کینوآ، جایگزینی شکر با ایزومالت و جایگزینی همزمان آرد گندم با آرد کینوآ و شکر با ایزومالت بر میزان رطوبت نمونه‌های پودر کیک



Ism100%-q0% T6: Ism100%-q100% T4: Ism50%-q50% T2: Ism0%-q0% Control:
Ism0%-q100% T5: Ism75%-q75% T3: Ism25%-q25% T1:

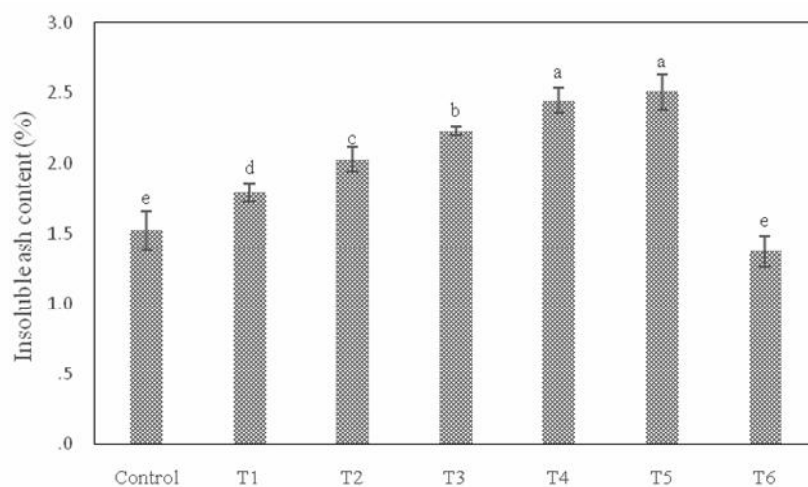
(Replacement percentage of wheat flour with quinoa flour= q ,Replacement percentage of sugar with isomalt = Ism)

*letters in each treatment indicates a significant difference between the means. Different

Fig 1 Average moisture content of cake powder samples

درصد خاکستر نامحلول نمونه‌های پودر کیک است ($P < 0.05$), در حالی که جایگزینی شکر با ایزومالت تاثیر معنی داری بر درصد خاکستر نامحلول نمونه‌های پودر کیک نداشته است ($P > 0.05$).

نتایج حاصل از ارزیابی درصد خاکستر نمونه‌های پودر کیک حاصل از فرمولاسیون های مختلف در نمودار شکل (۲) ارائه شده است. نتایج بیانگر تاثیر معنی داری جایگزینی آرد گندم با آرد کینوآ بر



Ism100%-q0% T6: Ism100%-q100% T4: Ism50%-q50% T2: Ism0%-q0% Control:
Ism0%-q100% T5: Ism75%-q75% T3: Ism25%-q25% T1:

(Replacement percentage of wheat flour with quinoa flour= q ,Replacement percentage of sugar with isomalt = Ism)

*letters in each treatment indicates a significant difference between the means. Different

Fig 2 Average acid insoluble ash content of cake powder samples

نتایج نشان داد که جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا تاثیر معنی داری بر pH نمونه‌های پودر کیک داشته است ($P < 0.05$)، در حالی که جایگزینی شکر با ایزومالت تاثیر معنی داری بر pH نمونه‌های پودر کیک نداشته است ($P > 0.05$). با توجه به pH تیمار حاوی ۱۰۰ درصد آرد کینوا و بدون ایزومالت (T5) و تیمار شاهد می‌توان نتیجه گرفت که با جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا، pH نمونه‌های پودر کیک افزایش یافته است. همچنین با مقایسه تیمار شاهد و تیمار حاوی ۱۰۰ درصد ایزومالت و بدون آرد کینوا (T6) می‌توان نتیجه گرفت که با جایگزینی شکر با ایزومالت میزان pH تغییر معنی داری نداشته است. نتایج بیانگر افزایش pH نمونه های پودر کیک حاوی آرد کینوا و ایزومالت در غلظت‌های بالا از آرد کینوا است. با جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا میانگین pH نمونه پودر کیک از ۶/۳۱ به ۶/۵۴ افزایش یافته است. دلیل اصلی این امر می‌تواند pH بالاتر آرد دانه کینوا (۶/۵) نسبت به آرد گندم (۶-۶/۵) باشد.

با مقایسه درصد خاکستر تیمار حاوی ۱۰۰ درصد آرد کینوا و بدون ایزومالت و تیمار شاهد می‌توان نتیجه گرفت که با جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا درصد خاکستر نمونه پودر کیک افزایش یافته است. دلیل اصلی این امر می‌تواند میزان خاکستر بالاتر آرد دانه کینوا (۳/۲۱٪) نسبت به آرد گندم (۰/۳۸-۰/۷٪) باشد. همچنین با مقایسه تیمار شاهد و تیمار حاوی ۱۰۰ درصد ایزومالت و بدون آرد کینوا می‌توان نتیجه گرفت که با جایگزینی شکر با ایزومالت میزان خاکستر تغییر معنی داری نداشته است. با توجه به شکل (۲) در طی جایگزینی همزمان آرد گندم و شکر با آرد دانه کینوا و ایزومالت در فرمولاسیون پودر کیک افزایش درصد خاکستر نمونه‌های پودر کیک مشاهده می‌شود. روند افزایشی درصد خاکستر با افزایش درصد آرد کینوا در تحقیق Turkut و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی اثر آرد کینوا بر روی خصوصیات خمیر نان بدون گلوتن تایید کننده نتایج این بررسی است [۲۲]. نتایج حاصل از ارزیابی pH نمونه‌های پودر کیک حاصل از فرمولاسیون های مختلف در نمودار شکل (۳) ارائه شده است.

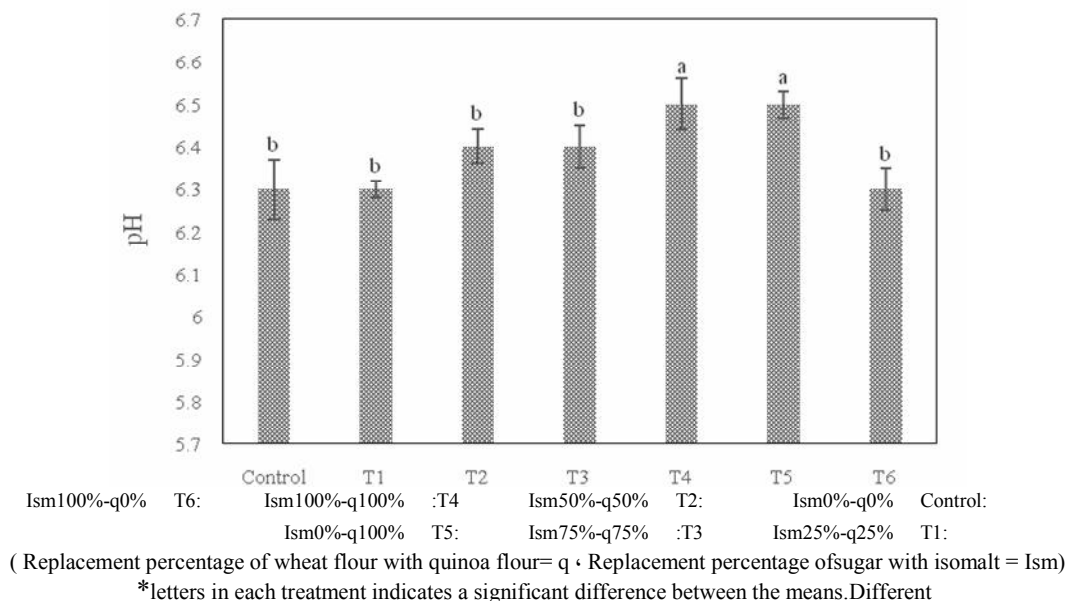


Fig 3 Average pH of cake powder samples

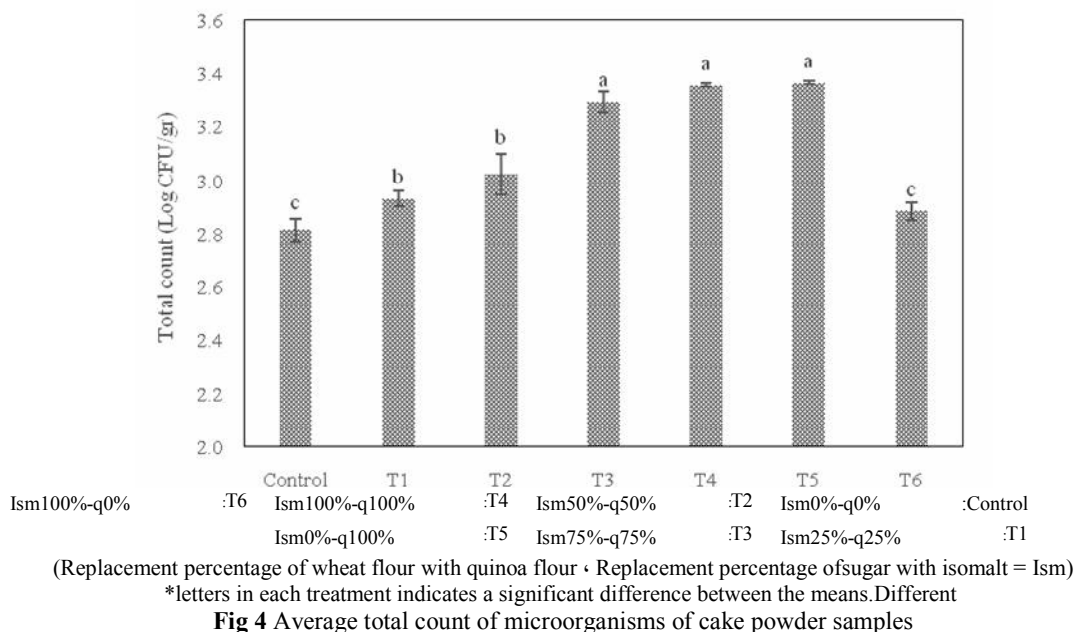
در حالی که جایگزینی شکر با ایزومالت تاثیر معنی داری بر این خصوصیات نداشته است ($P > 0.05$). جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا اثر افزایشی بر شمار کل میکروارگانیسیم‌ها نمونه‌های پودر کیک داشته است. با توجه نتایج حاصل از بررسی شمار کلی میکروارگانیسیم‌ها در نمونه‌های پودر کیک می‌توان نتیجه گرفت که میانگین لگاریتم شمار میکروارگانیسیم‌ها در تیمارهای شاهد، T2 (۵۰ درصد

۳-۳- شمار کلی میکروارگانیسیم‌ها

نتایج حاصل از ارزیابی pH نمونه‌های پودر کیک حاصل از فرمولاسیون های مختلف در نمودار شکل (۴) ارائه شده است. با توجه به نتایج ارائه شده در نمودار شکل (۴)، جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا تاثیر معنی داری بر شمار کلی میکروارگانیسیم‌ها در نمونه‌های پودر کیک داشته است.

می‌توان نتیجه گرفت که با جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا شمار کل میکروارگانیسم‌ها نمونه پودر کیک از ۲/۸۱۵ به Log CFU/g ۳/۳۶۶ افزایش یافته است. دلیل این امر می‌تواند میزان میکروارگانیسم‌های بیشتر موجود در آرد دانه کینوا نسبت به آرد گندم باشد. همچنین با مقایسه تیمار شاهد و تیمار T6 می‌توان نتیجه گرفت که با جایگزینی شکر با ایزومالت شمار کل میکروارگانیسم‌ها تغییر چندانی نداشته است و از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری بین این دو مقدار وجود ندارد. به عبارتی می‌توان گفت درصد جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا اثر افزایشی بر شمار کل میکروارگانیسم‌های نمونه‌های پودر کیک داشته است.

جایگزینی شکر و آرد گندم با ایزومالت و آرد دانه کینوا) و T5 (بدون جایگزینی شکر با ایزومالت و جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا)، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. میانگین شمار کل میکروارگانیسم‌ها در تیمارهای T3 (۷۵ درصد جایگزینی شکر و آرد گندم با ایزومالت و آرد دانه کینوا)، T4 و T5 تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند. همچنین تفاوت معنی‌داری در میانگین شمار کل میکروارگانیسم‌ها تیمارهای T1 (۲۵ درصد جایگزینی شکر و آرد گندم با ایزومالت و آرد دانه کینوا) و T2 مشاهده نشد. میانگین شمار کل میکروارگانیسم‌ها در تیمار شاهد و T6 (جایگزینی شکر با ایزومالت) نیز تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. با مقایسه میانگین شمار کل میکروارگانیسم‌ها تیمار T5 و تیمار شاهد



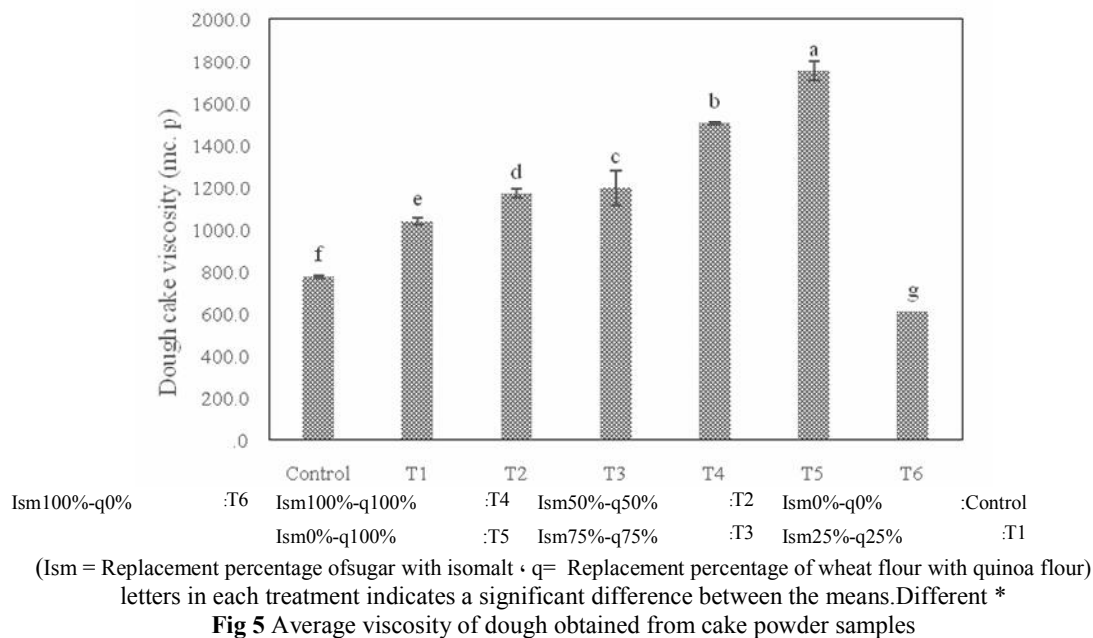
با ایزومالت اثر کاهشی بر میانگین ویسکوزیته خمیر حاصل از نمونه‌های پودر کیک داشته است. با مقایسه میانگین ویسکوزیته خمیر حاصل از نمونه‌های پودر کیک در تیمار T5 (بدون جایگزینی شکر با ایزومالت و جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا) و تیمار شاهد می‌توان نتیجه گرفت که با جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا ویسکوزیته خمیر از ۱۷۵۲ به ۱۷۷۹ mCP افزایش یافته است. با توجه به روند افزایشی ویسکوزیته تیمارهای حاوی آرد دانه کینوا و ایزومالت (T1-T4) با افزایش درصد جایگزینی، می‌توان نتیجه گرفت که تاثیر آرد دانه کینوا بر ویسکوزیته خمیر حاصل از پودر کیک بیشتر از تاثیر ایزومالت بر این خصوصیت است. دلیل اصلی افزایش

۳-۴- رتولوزی خمیر کیک

خصوصیات خمیرهای کیک تهیه شده از فرمولاسیون‌های مختلف پودر کیک شامل ویسکوزیته و دانسیته خمیر مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج حاصل از ارزیابی ویسکوزیته خمیر در شکل (۵) ارائه شده است. با توجه به نتایج ارائه شده در این شکل، جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا، جایگزینی شکر با ایزومالت و همچنین جایگزینی همزمان آرد گندم با آرد کینوا و شکر با ایزومالت تاثیر معنی‌داری بر ویسکوزیته خمیر حاصل از نمونه‌های پودر کیک داشته است ($P < 0.05$). جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا اثر افزایشی و جایگزینی شکر

در بررسی اثر شیرین کننده‌های جایگزین ساکارز بر روی رئولوژی خمیر و خواص نهایی کیک از پل ال‌های خاص (مانیتول، مالتیتول، سوربیتول، لاکتیتول)، فروکتوز، الیگوفروکتوز و پلی دکستروز به عنوان جایگزین شکر (با یک مقدار مساوی از هر کدام) در فرمولاسیون کیک استفاده نمودند. نتایج نشان داد با بکارگیری کلیه جایگزین‌ها به جز الیگوفروکتوز و پلی دکستروز اندیس شاخص جریاندر مدل توانی کاهش یافته است. همچنین ضریب قوام در مدل توانی در کلیه جایگزین‌ها به جز سوربیتول و الیگوفروکتوز افزایش یافته است [۲۴]. Cervera و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی و مقایسه پلی ال‌های مختلف به عنوان جایگزین‌های ساکارز در کلوچه مافین بر خواص رئولوژیکی نشان دادند که سوربیتول، مالتیتول، اریتریتول و ایزومالت بیک ویسکوزیته نمونه‌های خمیر مافین را افزایش داده‌اند [۲۵]. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج حاصل از تحقیقات صورت گرفته در زمینه بکارگیری آرد کینوا و جایگزینی ساکارز همخوانی دارد.

ویسکوزیته خمیر در طی جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا تغییر میزان گلوتن، نوع نشاسته در پودر کیک است که به طور مستقیم بر ویسکوزیته و خواص ویسکوالاستیک خمیر تأثیر گذارند [۲۳]. همچنین با مقایسه تیمار شاهد و تیمار T6 (جایگزینی کامل شکر با ایزومالت و بدون جایگزینی آرد گندم) می‌توان نتیجه گرفت که با جایگزینی شکر با ایزومالت ویسکوزیته خمیر حاصل از نمونه‌های پودر کیک از mcP ۷۷۹ به ۶۱۰/۳۳ کاهش یافته است. به عبارتی می‌توان گفت درصد جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا اثر افزایشی و جایگزینی شکر با ایزومالت اثر کاهشی بر میانگین ویسکوزیته خمیر حاصل از نمونه‌های پودر کیک داشته است. Turkut و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی اثر آرد کینوا بر روی رئولوژی خمیر نان بدون گلوتن نشان دادند که با افزایش مقدار آرد کینوا ویسکوزیته خمیر افزایش یافت [۲۲]. Wang و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی تأثیر آرد کینوا بر ویژگی‌های کیک، نان بخارپز چینی افزایش ویسکوزیته خمیر داغ را با افزایش درصد آرد کینوا گزارش دادند [۲۱]. Psimouli و همکاران (۲۰۱۲)



داشته است ($P < 0.05$). نتایج نشان دهنده تأثیر بالای جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا بر دانسیته خمیر در مقایسه با جایگزینی شکر با ایزومالت است. جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا و جایگزینی شکر با ایزومالت اثر افزایشی بر میانگین دانسیته خمیر حاصل از نمونه‌های پودر کیک داشته است. با مقایسه میانگین دانسیته خمیر حاصل از نمونه‌های پودر کیک در

نتایج حاصل از بررسی دانسیته خمیر حاصل از فرمولاسیون‌های مختلف در شکل (۶) نشان داده شده است. با توجه به نتایج ارائه شده در نمودار شکل (۶)، جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا، جایگزینی شکر با ایزومالت و همچنین جایگزینی همزمان آرد گندم با آرد کینوا و شکر با ایزومالت تأثیر معنی‌داری بر دانسیته خمیر حاصل از نمونه‌های پودر کیک

خمیر حاصل از نمونه‌های پودر کیک داشته است. تحقیقات نشان داده است که حضور شکر در فرمولاسیون محصولات نانوائی باعث بالا رفتن دمای ژلاتینه شدن نشاسته شده که به طور مستقیم بر به تله افتادن حباب هوا و دی اکسید کربن و در نهایت حجم مخصوص محصولات نانوائی تاثیر گذار است [۲۷]. افزایش بکارگیری ایزومالت سبب کاهش حضور شکر در فرمولاسیون شده و در نتیجه اثر مثبت شکر بر افزایش حجم مخصوص کاهش می‌یابد در نتیجه حجم مخصوص محصول نهایی کاهش می‌یابد. دلیل اصلی افزایش دانسیته خمیر در طی کاهش حضور شکر در فرمولاسیون، نقش مثبت شکر در به تله افتادن حباب هوا و دی اکسید کربن است که با کاهش حضور شکر میزان حباب‌ها به تله افتاده کاهش یافته و در نتیجه دانسیته افزایش می‌یابد.

تیمار T5 (بدون جایگزینی شکر با ایزومالت و جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا) و تیمار شاهد می‌توان نتیجه گرفت که با جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا دانسیته خمیر از ۰/۱۳۴۰ به ۰/۴۶۳۴ گرم بر سانتیمتر مکعب افزایش یافته است. دلیل اصلی افزایش دانسیته خمیر با افزایش بکارگیری آرد کینوا کاهش میزان گلوتن در خمیر و عدم شکل‌گیری ساختار و همچنین کاهش به دام انداختن حباب‌های هوا در خمیر می‌باشد [۲۶]. همچنین با مقایسه تیمار شاهد و تیمار T6 (جایگزینی شکر با ایزومالت) می‌توان نتیجه گرفت که با جایگزینی شکر با ایزومالت دانسیته خمیر حاصل از نمونه‌های پودر کیک از ۰/۱۳۴۰ g/cm^3 به ۰/۱۵۹۹ افزایش یافته است. به عبارتی می‌توان گفت درصد جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا و جایگزینی شکر با ایزومالت اثر افزایشی بر میانگین دانسیته

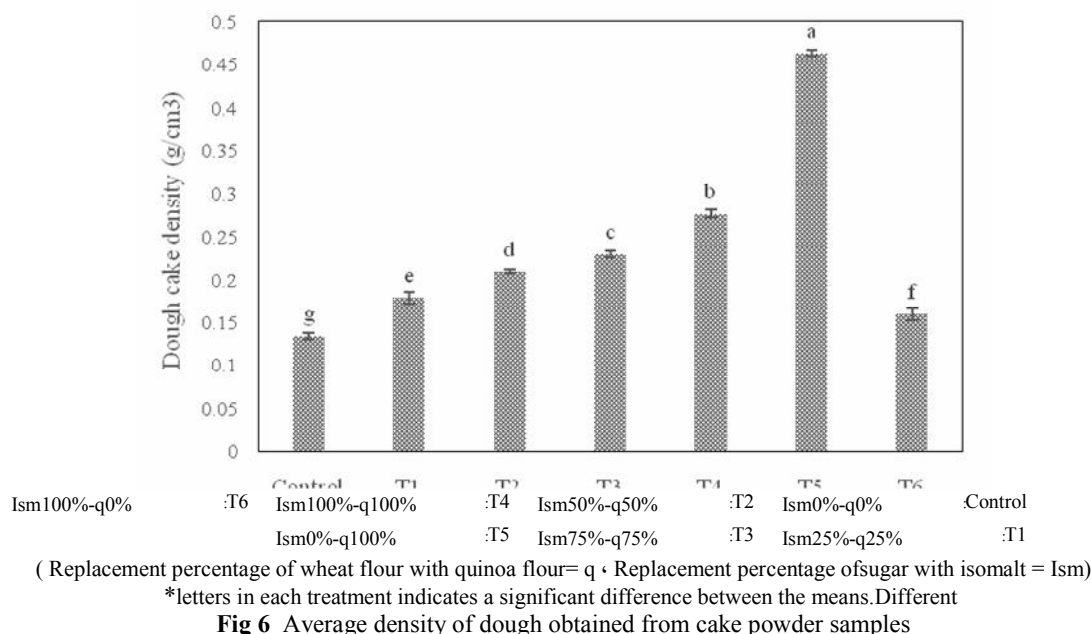
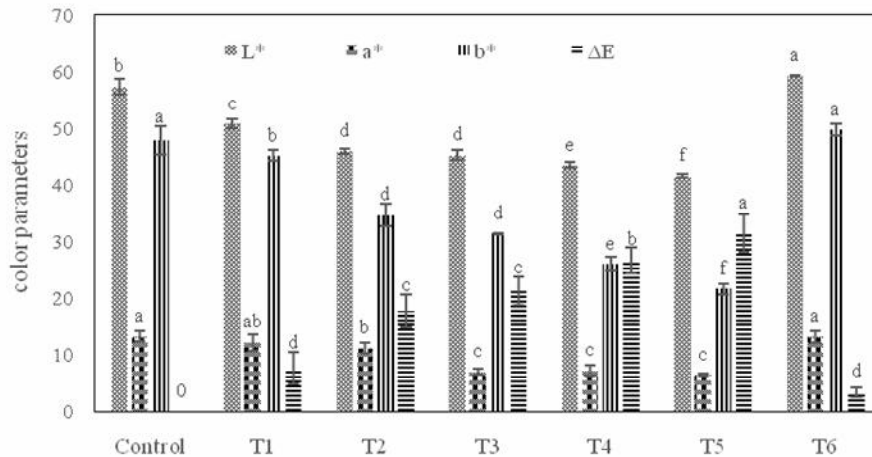


Fig 6 Average density of dough obtained from cake powder samples

قرار نگرفتند ($P > 0.05$). اثر جایگزینی ایزومالت بر پارامتر روشنایی L^* نسبت به جایگزینی آرد کینوا بسیار ناچیز بود. نتایج نشان دهنده اختلاف معنی‌داری بین میانگین پارامتر روشنایی L^* در کلیه تیمارها است. نتایج بیانگر کاهش کلیه پارامترهای رنگی کیک با جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا است. دلیل اصلی این کاهش تیرگی بیشتر، قرمزی و زردی کمتر آرد کینوا نسبت به آرد گندم است. مقایسه تغییرات رنگی (ΔE) تیمارهای T4 و T6 نشان می‌دهد که با جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا ΔE افزایش می‌یابد. در حالی که با مقایسه تیمار T4 و T5 می‌توان نتیجه گرفت که با جایگزینی شکر با ایزومالت ΔE کاهش می‌یابد.

۳-۵- ارزیابی رنگ کیک

نتایج حاصل از ارزیابی پارامترهای رنگی نمونه‌های کیک حاصل از فرمولاسیون‌های مختلف کیک جهت تعیین اثر جایگزینی شکر با ایزومالت و آرد گندم با آرد کینوا بر پارامترهای رنگی در شکل (۷) ارائه شده است. با توجه به نتایج آنالیز آماری، جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا تاثیر معنی‌داری بر کلیه پارامترهای رنگی کیک داشت ($P < 0.05$), در حالی که جایگزینی شکر با ایزومالت تاثیر معنی‌داری بر پارامتر روشنایی L^* کیک داشت ($P < 0.05$) و پارامتر قرمزی a^* و زردی b^* تحت تاثیر جایگزینی شکر با ایزومالت



Ism100%-q0% :T6 Ism100%-q100% :T4 Ism50%-q50% :T2 Ism0%-q0% :Control
 Ism0%-q100% :T5 Ism75%-q75% :T3 Ism25%-q25% :T1

Replacement percentage of wheat flour with quinoa = q · Replacement percentage of sugar with isomalt = Ism (flour)

*letters in each treatment indicates a significant difference between the means. Different

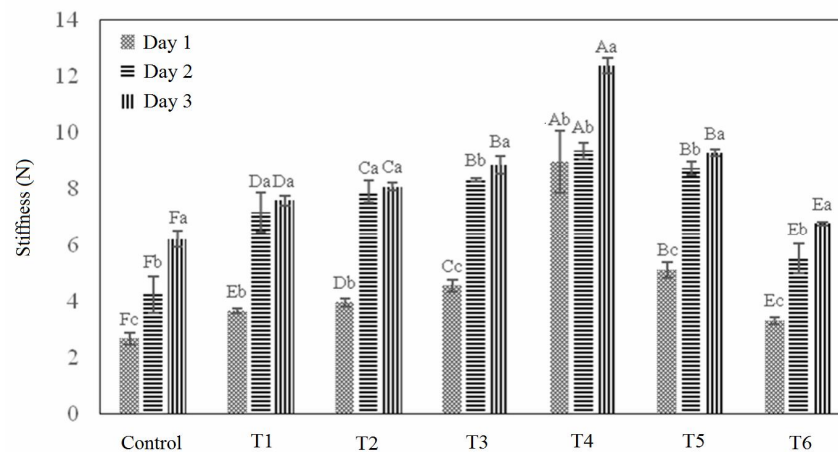
Fig7 Color parameters and color change of cake samples

قرار گرفت. نتایج ارزیابی سفتی بافت نمونه‌های کیک در طی

۳-۶- بافت کیک

مدت زمان ذخیره سازی در شکل (۸) ارائه شده است.

ارزیابی سفتی بافت در روزهای اول، دوم و سوم مورد بررسی



Ism100%-q0% :T6 Ism100%-q100% :T4 Ism50%-q50% :T2 Ism0%-q0% :Control
 Ism0%-q100% :T5 Ism75%-q75% :T3 Ism25%-q25% :T1

Ism = Replacement percentage of sugar with isomalt · q = Replacement percentage of wheat flour with quinoa flour (lowercase letters in each treatment indicates a significant difference between the means. Different *

capital letters in each day indicates a significant difference between the means. Different **

Fig 8 Effect of type of treatment and storage time on the stiffness of cake samples

روز اول بیشترین سفتی بافت مربوط به نمونه تیمار T4 و کمترین سفتی بافت مربوط به تیمار شاهد T0 است. افزایش سفتی بافت در اثر بکارگیری ایزومالت و آرد کینوا می‌تواند به دلیل کاهش حجم مخصوص و به تله افتادن حباب‌های هوا در اثر کاهش میزان گلوتن و کاهش تشکیل ساختار سه بعدی در

نتایج نشان می‌دهد نوع تیمار در کلیه روزهای مورد بررسی و مدت زمان ذخیره سازی در کلیه تیمارهای مورد بررسی اثر معنی‌داری بر سفتی بافت داشته است ($P < 0.05$). بالاترین سفتی بافت در هر تیمار مربوط به روز سوم نگهداری است. مقایسه نتایج در هر روز نشان دهنده این مطلب است که در

یک با کاهش میزان گلوتن باشد (بلیدو و همکاران ۲۰۰۹). جایگزینی شکر با ایزومالت سبب افزایش سفتی بافت شده است. افزایش سفتی بافت در اثر کاهش شکر را می‌توان به اثر مثبت حضور شکر در به تله افتادن حباب‌های هوا و روان و نرم شدن خمیر دانست (نورمحمدی و پیغمبردوست ۲۰۱۵). افزایش سفتی بافت با بکارگیری آرد کینوا و استفاده از شیرین کننده های جایگزین شکر در محصولات پخت در تحقیقات متعددی گزارش شده است (مارتینز و همکاران ۲۰۱۴؛ نورمحمدی و پیغمبردوست ۲۰۱۵؛ ترکات و همکاران ۲۰۱۶).

۳-۷- ویژگی های حسی

نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های یک حاصل از تیمارهای مختلف مورد بررسی در جدول (۲) ارائه شده است. با توجه به نتایج آنالیز آماری نوع تیمار اثر معنی‌داری بر هر یک از ویژگی‌های حسی داشته است ($P < 0.05$). با افزایش درصد جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا امتیاز حسی عطر و طعم کاهش یافته است. به طوری که کمترین امتیاز حسی عطر و

طعم به نمونه تیمار T4 تعلق دارد. نتایج نشان داد که جایگزینی شکر با ایزومالت اثر معنی‌داری بر ویژگی‌ها طعم و عطر نمونه‌های یک نداشته است. بیشترین امتیاز رنگ به نمونه تیمار T6 تعلق دارد. با جایگزینی شکر با ایزومالت امتیاز حسی رنگ نمونه‌های یک بهبود و با جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا امتیاز حسی رنگ کاهش یافت. همچنین با افزایش درصد آرد کینوا و ایزومالت امتیاز حسی بافت نمونه‌های یک کاهش یافت. نتایج نشان دهنده کاهش امتیاز حسی پذیرش کلی با جایگزینی آرد کینوا و ایزومالت در فرمولاسیون یک بود. اثر معنی‌دار بکارگیری آرد کینوا و شیرین کننده‌های جایگزین شکر در فرمولاسیون بر ویژگی‌های حسی محصولات پخت شامل کوکی، برنج بدون گلوتن، یک، بیسکوئیت و نان در تحقیقات متعددی نشان داده شده است (آل شهری ۲۰۱۶؛ کودینا و همکاران ۲۰۱۷؛ کائر و کائر ۲۰۱۷؛ پاوکین و همکاران ۲۰۱۵).

Table 3 Sensory characteristics of cake samples

Treatment	Score \pm Standard deviation				
	Taste	Smell	Color	Texture	Acceptance
Control	3.91 \pm 0.32 ^a	4.44 \pm 0.19 ^a	4.09 \pm 0.22 ^b	4.60 \pm 0.16 ^a	4.18 \pm 0.13 ^a
T1	3.71 \pm 0.23 ^b	4.10 \pm 0.14 ^b	3.75 \pm 0.28 ^c	4.34 \pm 0.21 ^b	3.91 \pm 0.12 ^b
T2	3.52 \pm 0.26 ^c	3.51 \pm 0.33 ^c	3.43 \pm 0.26 ^d	3.27 \pm 0.24 ^c	3.32 \pm 0.26 ^d
T3	3.11 \pm 0.08 ^d	2.61 \pm 0.15 ^d	3.24 \pm 0.17 ^e	3.26 \pm 0.23 ^c	3.04 \pm 0.09 ^e
T4	2.99 \pm 0.20 ^e	2.48 \pm 0.16 ^e	3.17 \pm 0.09 ^e	2.46 \pm 0.21 ^d	2.72 \pm 0.12 ^f
T5	2.92 \pm 0.20 ^e	2.46 \pm 0.23 ^e	3.03 \pm 0.37 ^f	2.57 \pm 0.2 ^d	2.71 \pm 0.16 ^f
T6	4.00 \pm 0.36 ^a	4.41 \pm 0.31 ^a	4.42 \pm 0.25 ^a	4.44 \pm 0.23 ^b	3.78 \pm 0.16 ^c

*Different letters in each characteristic mean significant difference

شمار کل میکروارگانسیم‌ها نمونه پودر یک افزایش یافت. در حالی که جایگزینی شکر با ایزومالت اثر معنی‌داری بر شمار کل میکروارگانسیم‌ها در نمونه‌های پودر یک نداشت. دلیل اصلی این تغییرات تفاوت در خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد دانه کینوا و آرد گندم و همچنین شکر و ایزومالت است. با جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا ویسکوزیته و دانسیته خمیر افزایش یافت. دلیل اصلی افزایش ویسکوزیته و دانسیته خمیر در طی جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا تغییر میزان گلوتن، نوع نشاسته در پودر یک است که به طور مستقیم بر ویسکوزیته و خواص ویسکوالاستیک خمیر تاثیر گذارند. همچنین با جایگزینی شکر با ایزومالت ویسکوزیته خمیر حاصل از نمونه‌های پودر یک کاهش و دانسیته خمیر یک

۴- نتیجه گیری

مهمترین هدف این تحقیق بهبود ارزش تغذیه‌ای و کاهش کالری پودر یک به عنوان یکی از محصولات نانویی پرمصرف می‌باشد که از طریق جایگزینی آرد کینوا به عنوان ترکیبی با ارزش تغذیه‌ای بالا با آرد گندم و جایگزینی ایزومالت به عنوان شیرین کننده کم کالری با شکر در فرمولاسیون پودر یک صورت گرفت. بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی نمونه‌های پودر یک نشان داد جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا سبب کاهش درصد رطوبت نمونه پودر یک، افزایش درصد خاکستر و pH پودر یک شد. همچنین جایگزینی شکر با ایزومالت سبب افزایش درصد رطوبت و کاهش درصد خاکستر شد. با جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا

- disorders and obesity: A comprehensive handbook. 2017: Guilford Publications.
- [7] Dwivedi, B.K., Low calorie and special dietary foods. 2018: CRC Press.
- [8] Wang, Y., Van Eys, J., 1981. Nutritional significance of fructose and sugar alcohols. *Annual review of nutrition*, 1(1): 437-475.
- [9] Figueiredo, L., Scapin, T., Fernandes, A.C., Da Costa Proença, R.P., 2018. Where are the low-calorie sweeteners? An analysis of the presence and types of low-calorie sweeteners in packaged foods sold in Brazil from food labelling. *Public health nutrition*, 21(3): 447-453.
- [10] Foulkes, P.H., Replacement of sugar in a sugar-containing food and process. 1977, Google Patents.
- [11] Marshall, R.T., Goff, H.D., Hartel, R.W., Ice cream. 2012: Springer.
- [12] Wilderjans, E., Luyts, A., Brijs, K., Delcour, J.A., 2013. Ingredient functionality in batter type cake making. *Trends in food science & technology*, 30(1): 6-15.
- [13] Hao, Y., Wang, F., Huang, W., Tang, X., Zou, Q., Li, Z., Ogawa, A., 2016. Sucrose substitution by polyols in sponge cake and their effects on the foaming and thermal properties of egg protein. *Food Hydrocolloids*, 57: 153-159.
- [14] Livesey, G., 2003. Health potential of polyols as sugar replacers, with emphasis on low glycaemic properties. *Nutrition Research Reviews*, 16(2): 163-191.
- [15] Nabors, L., Alternativesweeteners. 2016: CRC Press.
- [16] Thiebaut, D., Jacot, E., Schmitz, H., Spengler, M., Felber, J., 1984. Comparative study of isomalt and sucrose by means of continuous indirect calorimetry. *Metabolism-Clinical and Experimental*, 33(9): 808-813.
- [17] Zumbé, A., Lee, A., Storey, D., 2001. Polyols in confectionery: the route to sugar-free, reduced sugar and reduced calorie confectionery. *British Journal of Nutrition*, 85(S1): S31-S45.
- [18] Salehi, F., Kashaninejad, M., Akbari, E., Sobhani, S.M., Asadi, F., 2016. Potential of sponge cake making using infrared-hot air dried carrot. *Journal of texture studies*, 47(1): 34-39.
- [19] Al Shehry, G.A., 2016. Use of Corn and Quinoa Flour to Produce Bakery Products for Celiac disease. *Advances in Environmental Biology*, 10(12):237-244.
- [20] Kaur, S., Development and organoleptic افزایشیافت. جایگزینی شکر با ایزومالت سبب بهبود رنگ نمونه‌های کیک شد. با توجه به ارزیابی بافت نمونه‌های کیک با افزایش درصد جایگزینی آرد کینوآ ویژگی‌های بافتی افت کرد. همچنین جایگزینی آرد کینوآ و ایزومالت در فرمولاسیون کیک سبب کاهش امتیازات حسی شامل طعم و مزه، عطر و بو، رنگ، بافت و پذیرش کلی گردید. با بررسی ویژگی‌های حسی می‌توان نتیجه گرفت که ویژگی‌های رنگ و حسی بافت نمونه‌های کیک تاثیر بسزایی در پذیرش کلی نمونه‌های کیک داشته‌اند. لذا با توجه به ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و رئولوژیکی و حسی نمونه‌های کیک، تیمار حاوی ۲۵ درصد جایگزینی آرد گندم با آرد کینوآ و ۲۵ درصد جایگزینی شکر با ایزومالت (تیمار T1) به عنوان تیمار بهینه تعیین گردید.

۵-منابع

- [1] Modoran, C., Muste, S., Modoran, D., Frigoiu, A., Rotar, A.M., Morar, O.A., 2007. Researches regarding the improvement of bread quality using functional ingredients *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 2: 363-368.
- [2] Dziki, D., Różyło, R., Gawlik-Dziki, U., Świeca, M., 2014. Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of plant materials rich in phenolic compounds. *Trends in Food Science & Technology*, 40(1): 48-61.
- [3] Quiles, A., Campbell, G.M., Struck, S., Rohm, H., Hernando, I., 2016. Fiber from fruit pomace: A review of applications in cereal-based products. *Food Reviews International*: 1-20.
- [4] Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., Martínez, E.A., 2010. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa willd.*), an ancient Andean grain: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(15): 2541-2547.
- [5] Pereira, E., Encina-Zelada, C., Barros, L., Gonzales-Barron, U., Cadavez, V., Ferreira, I.C., 2019. Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa Willd* (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food. *Food chemistry*, 280: 110-114.
- [6] Brownell, K.D., Walsh, B.T., Eating

- Science of Food and Agriculture, 92(1): 99-105.
- [25] Martínez-Cervera, S., Salvador, A., Sanz, T., 2014. Comparison of different polyols as total sucrose replacers in muffins: Thermal, rheological, texture and acceptability properties. *Food Hydrocolloids*, 35: 1-8.
- [26] Campbell, G.M., Herrero - Sanchez, R., Payo - Rodriguez, R., Merchan, M.L., 2001. Measurement of dynamic dough density and effect of surfactants and flour type on aeration during mixing and gas retention during proofing. *Cereal Chemistry*, 78(3): 272-277.
- [27] Nourmohammadi, E., Peighambardoust, S.H., 2015. A comprehensive study on the effect of maltitol and oligofructose as alternative sweeteners in sponge cakes. *International journal of food engineering*, 11(4): 557-562.
- evaluation of gluten free bakery products using quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour. 2016, Punjab Agricultural University, Ludhiana.
- [21] Wang, S., Opassathavorn, A., Zhu, F., 2015. Influence of Quinoa Flour on Quality Characteristics of Cookie, Bread and Chinese Steamed Bread. *Journal of Texture Studies*, 46(4): 281-292.
- [22] Turkut, G.M., Cakmak, H., Kumcuoglu, S., Tavman, S., 2016. Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*, 69: 174-181.
- [23] Witczak, M., Juszcak, L., Ziobro, R., Korus, J., 2012. Influence of modified starches on properties of gluten-free dough and bread. Part I: Rheological and thermal properties of gluten-free dough. *Food Hydrocolloids*, 28(2): 353-360.
- [24] Psimouli, V., Oreopoulou, V., 2012. The effect of alternative sweeteners on batter rheology and cake properties. *Journal of the*



Effect of substitution of sucrose and wheat flour with isomalt and quinoa seed flour on physicochemical, microbial, and rheological properties of low calorie cake powder

Abazari, A.¹, Salehifar, M.^{2*}

1. Master of Science Student, Department of Food Science and Technology, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Associate Prof. Department of Food Science and Technology, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

ABSTRACT

One of the most important research areas in the production of sweet bakery products is the use of sugar substitute sweeteners and the use of other plant sources flour as a substitute for wheat flour in the production of these products. In this study, sugar and wheat flour were substituted with isomalt and quinoa seed flour in cake powder formulation at four levels (25, 50, 75 and 100%). Based on the statistical results, replacing wheat flour with quinoa flour and replacing sugar with isomalt had a significant effect on the moisture content of cake powder samples as well as viscosity and density of dough ($P < 0.05$). While sugar substitution with isomalt had no significant effect on insoluble ash content, pH and the total count of microorganisms in cake powder samples ($P > 0.05$). The results showed that replacement of wheat flour with quinoa flour reduced the moisture percent and increased ash content, pH and the total count of microorganisms of cake powder samples. Also, it increased viscosity and density of dough. The replacement of sugar with isomalt increased the moisture content and reduced the ash percentage of the cake powder sample. While the viscosity and density of the cake dough obtained from the cake powder increased. According to the considered characteristics of cake powder in this study, 25% replacement of wheat flour with quinoa flour and 25% replacement of sugar with isomalt (T1 treatment) were determined as the optimal treatment.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2019/ 04/ 20
Accepted 2023/ 05/ 04

Keywords:

Low-calorie cake powder,
Quinoa seed flour,
Isomalt,
Rheology,
Physicochemical properties.

DOI: 10.22034/FSCT.19.135.181
DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.135.15.1

*Corresponding Author E-Mail:
salehifarmania@yahoo.com