(مقاله پژوهشی)

بررسی خواص رئولوژیکی، شیمیایی و حسی نان حجیم بدون گلوتن بروتچن حاصل از آردهای چیا (مریم‌گلی)، تف و دانه ماش

شکوفه کوهی[۱]، علیرضا فرجی[۲*]، سید علی مشعشعی[۳]

۱- دانش آموخته ی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم و فناوری‌های نوین، واحد علوم دارویی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- گروه آموزشی علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم و فن آوری های نوین، واحد علوم دارویی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳- دانشگاه جامع علمی-کاربردی، مرکز آموزش علمی-کاربردی ثمین نان سحر

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۲۶

چکیده

بیماری سلیاک در اثر مصرف جزء گلیادینی گلوتن موجود در دانه گندم و پرولامین چاودار، جو و یولاف ایجاد می شود و یکی از رایج‌ترین حساسیت‌های غذایی می‌باشد. از آنجایی که تنها راه درمان این بیماران، استفاده از رژیم فاقد گلوتن می‌باشد، تقاضا برای مصرف محصولات بدون گلوتن افزایش یافته است. از این‌رو هدف از انجام این تحقیق تولید نان بروتچن بدون گلوتن بر پایه آرد چیا (مریم گلی)، آرد تف و آرد ماش به‌عنوان ترکیبات فراسودمند بود. برای این منظور ۱۱ تیمار با نسبت‌های مختلف از این آردها تهیه شد و خصوصیات تکنولوژیکی، بافتی، تصویری و حسی محصول نهایی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیش ترین میزان حجم مخصوص، نرمی بافت، مقبولیت کلی در ارزیابی حسی در تیمار حاوی ۳۰٪ آرد چیا و ۷۰٪ نشاسته ذرت مشاهده گردید. این در حالی بود که تیمار ذکر شده دارای بیشترین میزان رطوبت، پروتئین، آنتی‌اکسیدانی، ویسکوزیته و کمترین میزان سفتی بافت و کمترین مقدار مؤلفه‌های رنگی L^* و b^* پوسته را به خود اختصاص داد. از سوی دیگر نتایج نشان داد که نمونه حاوی ۳۰٪ آرد چیا و ۷۰٪ نشاسته ذرت از بیشترین میزان حجم مخصوص و مقبولیت کلی برخوردار بود. در نهایت با توجه به نتایج تیمار حاوی ۳۰٪ آرد چیا و ۷۰٪ نشاسته ذرت به عنوان بهترین نمونه معرفی گردید.

واژه های کلیدی: بیماری سلیاک، نان بروتچن بدون گلوتن، آرد چیا (مریم گلی)، آرد تف، آرد ماش، خواص بافتی، خواص حسی

[*]مسوول مکاتبات: Alireza_ch57@yahoo.com

۱-مقدمه

نان غذای اصلی آحاد جامعه بشری بوده و به عنوان کالایی اساسی و استراتژیک در اشکال گوناگون در سبد غذایی مصرف کنندگان محسوب می‌گردد. محصولات غله‌ای مانند نان از اجزاء اصلی رژیم غذایی در بسیاری از کشورها از جمله ایران می‌باشند. نان بخش عمده‌ای از انرژی و پروتئین مورد نیاز روزانه بدن را تأمین می‌کند. به علاوه این محصول سهم مهمی در تأمین فیبرهای رژیمی، برخی از مواد معدنی مانند آهن و کلسیم و ویتامین‌های گروه B به ویژه تیامین دارد. نان عمدتاً از آرد گندم تهیه می‌گردد و گلوتن اصلی‌ترین ترکیب گندم است که مسئول کیفیت نان می‌باشد (۱۷). بیماری سلیاک یک ناهنجاری مادام العمر روده‌ای است که به سبب خوردن گلوتن در افراد حساس ایجاد می‌شود. این بیماری یکی از رایج ترین ناهنجاری‌های ژنتیکی در جهان است. مصرف گلوتن توسط بیماران سلیاکی سبب التهاب و تورم روده کوچک شده که در نتیجه موجب جذب ناقص مواد ضروری از قبیل آهن، کلسیم و ویتامین‌های محلول در چربی و گاهی اوقات سبب کاهش وزن، اسهال، کم خونی، خستگی و نفخ شکم می‌گردد. حساسیت‌ها به مصرف گلوتن، موجب افزایش تقاضا برای محصولات فاقد گلوتن شده است. گلوتن مسئول ویژگی‌های الاستیک و کشش پذیری مطلوب در نان با کیفیت قلمداد می‌شود. با توجه به اینکه گلوتن پروتئین ساختاری ضروری محصولات پختی به ویژه نان بوده و به ساختار مغز و ظاهر آن‌ها کمک می‌کند، جایگزین کردن ترکیبات دیگر به جای گلوتن عمده-ترین مشکل تهیه نان با کیفیت می‌باشد. در نتیجه به منظور مقبولیت نان‌های فاقد گلوتن توسط مصرف کننده، خصوصیات پخت و حسی مشابه نان حاصل از آرد گندم مورد نیاز خواهد بود. فقدان گلوتن در محصولات بدون گلوتن سبب تولید فرآورده ای با بافت شکننده، رنگ نامناسب، حجم و تخلخل کم می‌شود (۲۴). بنابراین استفاده از جایگزین‌های مناسب گلوتن نظیر هیدروکلوئیدها، آنزیم‌ها، نشاسته، فیبر و پروتئین‌ها، در تهیه این دسته از محصولات امری ضروری به نظر می‌رسد (۴). به‌طور کلی هیدروکلوئیدها موجب بهبود بافت و خواص ویسکوالاستیک، کند کردن فرآیند بیاتی و افزایش ظرفیت نگهداری آب محصولات می شود و از آن ها به عنوان جایگزین چربی و گلوتن به‌ویژه در محصولات فاقد گلوتن استفاده می شود. سیارانی و همکاران (۲۰۱۲) اثر صمغ (گزانتان، کربوکسی متیل سلولز، آلژینات و کاراگینان)، امولسیفایر (داتم و سدیم استئاروئیل لاکتیلات) و آنزیم های گلوکز اکسیداز و آلفا آمیلاز بر خواص نان بدون گلوتن حاوی آرد برنج، آرد سویا و نشسته کاساوا پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد این افزودنی ها باعث بهبود حجم و کاهش سفتی مغز نان در مقایسه با نمونه شاهد شد (۲۱). همچنین دمیرکسن و همکاران (۲۰۱۰) اثر صمغ های گوار، گزانتان، دانه‌ی لوکاست، هیدوکسی پروپیل متیل سلولز، پکتین، گزانتان-گوار، دانه لوکاست-گزانتان و امولسیفایر داتم را بر خصوصیات رئولوژیکی نان بدون گلوتن بر پایه‌ی آرد برنج مورد ارزیابی قرار دادند. بر اساس نتایج این پژوهش، بیشترین میزان الاستیسیته خمیر و کمترین میزان سفتی مغز نان در نمونه‌های حاوی صمغ گزانتان-گوار و گزانتان-دانه لوکاست مشاهده شد (۹). چیا (*Salvia hispanica L.*) شبه غله‌ای فاقد گلوتن از گیاه خانواده‌ی نعناعیان (Labiatae) بوده که به حالت خودرو در مناطق خشک یا سنگلاخی نواحی آسیا و شمال آفریقا می‌روید. دانه چیا که حاوی بین ۲۵ تا ۴۰٪ روغن و بیش از ۶۸٪ آلفا-لینولئیک اسید امگا-۳ می باشد، در بین گیاهان به عنوان غنی ترین منبع برای آلفا-لینولئیک اسید ها قلمداد می شود. علاوه بر این، محتوی پروتئین این دانه (۲۳-۱۹ درصد) بیشتر از اغلب غلات مورد استفاده شامل گندم، ذرت، برنج، جو دوسر و جو می باشد. دانه های چیا حاوی همه اسیدهای آمینه ضروری به خصوص لوسین، لایزین، والین و ایزولوسین می باشد. این خصوصیات آرد دانه چیا را به عنوان منبعی مناسب برای جایگزینی آن در محصولات بدون گلوتن و جبران پروتئین کاهش یافته در این محصولات، معرفی می‌کند (۶

و ۸). تف (*Eragrostis tef*) نیز دیگر شبه غله ی بدون گلوتن، تتراپلوئید، خود گرده افشان و تک کروموزومی است و محصول بومی آفریقا، هند و اتیوپی می‌باشد، به طرز قابل توجهی دارای ترکیبات مغذی و سبوس است. این دانه از جمله گیاهان چهار فصل مناطق گرمسیری بوده و مصرف قابل توجهی در پخت نان اینجرا[1] که‌یک نان بومی مناطق هند و اتیوپی است دارد (۱۰). نکته‌ی حائز اهمیت در مورد این گیاه اهمیت و ارزش تجاری ساقه و علوفه‌ی آن به اندازه‌ی خود دانه است. همچنین تف از جمله دانه‌هایی است که در شرایط سخت قابلیت رشد داشته و به عنوان غله‌ای مقاوم شناخته می‌شود. این دانه فاقد گلوتن بوده و هیچ کدام از انواع گلوتن‌هایی که در گندم وجود دارند در آن مشاهده نشده است. مصرف آرد این دانه در مقایسه با موارد مصرف خود دانه بسیار بیش‌تر بوده و در صنایع مختلف از جمله: صنعت کیک، نان و شیرینی پزی، صنایع تولید نوشیدنی‌ها (به عنوان قوام دهنده) کاربرد فراوان دارد (۱۱). ارزش تغذیه ای دانه‌ی تف به میزان پروتئین بسیار بالای آن (حدود ۱۲-۱۱ درصد) مربوط می باشد که حتی بالاتر از میزان پروتئین موجود در گندم و جو است. از مزایای این پروتئین‌ها هضم راحت و دارا بودن اسید آمینه‌های ضروری از جمله متیونین و لیزین می باشد (۵). هگر و همکاران (۲۰۱۲) پتانسیل تولید نان از هفت آرد بدون گلوتن، آرد گندم و آرد گندم کامل را مورد مقایسه قرار دادند. آنها مشاهده کردند که نان های تولید شده از آرد گندم، جو دو سر و گندم کامل دارای امتیازات متعادل بودند در حالی که دیگر نمونه ها دارای امتیازات کمتر بودند. به طور کلی نان‌های تولید شده از آرد جو دو سر دارای کیفیت مشابه با نان گندم بود و استفاده از آرد های برنج، ذرت، کوییا، سورگوم و تف موجب کیفیت پایین تر نان های تولیدی شده بود. از دیگر حبوبات بدون گلوتن، می توان به دانه ماش (*Vigna radiate*) اشاره کرد که دانه ای مقاوم به خشکسالی و با منشاء هندی بوده که به صورت گسترده در آسیا و مخصوصا در کشورهای تایلند، هند و پاکستان یافت می شود. محتوی پروتئین (۲۴-۲۲ درصد) و لایزین بالا این دانه را به عنوان جزئی مناسب برای رژیم های غذایی بر پایه غلات تبدیل کرده است. آرد دانه ماش به شکل موفقیت آمیزی در گستره ای از محصولات مانند کیک، انواع نان‌ها، نودل و اسنک تبدیل کرده است (۲۳). مطالعات متعددی در زمینه بهبود محصولات صنایع پخت به‌ویژه محصولات بدون گلوتن با استفاده از دامنه گسترده‌ای از افزودنی‌های طبیعی و سنتزی صورت گرفته است. رستمیان و همکاران (۱۳۹۱) مطالعه ای بر روی تولید نان بدون گلوتن با استفاده از ترکیب آرد ذرت و نخود همراه با سطوح مختلف صمغ هیدروکسی پروپیل متیل سلولز (HPMC)[2] انجام دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که آرد نخود سبب افزایش حجم مخصوص، میزان حجیم شدن، بهبود اندیس شکل و کاهش دانسیته در خمیر می‌شود. نتایج آزمون‌ها نشان داد که فرمولاسیون حاوی ۲۰ درصد آرد ذرت و ۸۰ درصد آرد نخود بیشترین تأثیر را در بهبود کیفیت نان دارد (۱). در پژوهشی دیگر کستانتینی و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی و تولید نان بدون گلوتن حاصل از آرد گندم سیاه تارتاری و آرد چیا پرداختند. نتایج آزمون ها نشان داد که مقبولیت، میزان پروتئین، فیبرهای نامحلول، خاکستر و اسید آلفالینولنیک نان حاصل از فرمولاسیون فاقد گلوتن نسبت به نمونه‌ی شاهد دارای آرد گندم بیشتر است. در حالی که نان حاصل از آرد چیا و گندم سیاه از نظر میزان انرژی و محتویات کربوهیدرات مقادیری کمتری نسبت به نمونه شاهد حاوی گلوتن به خود اختصاص دادند (۸). در مطالعه‌ای دیگر، هوارتا و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی پاسخ حسی و ویژگی‌های فیزیکی نان بدون گلوتن دارای آرد چیا پرداختند. در این پژوهش از آرد دانه‌ی چیا به منظور جایگزینی صمغ در نان‌های حاصل از آرد برنج و سویا استفاده شد. نتایج نشان داد نان حاصل از ۲/۵ درصد آرد چیا حجم مخصوص و ضایعات پختی شبیه به نمونه ی استاندارد داشت، بالاترین ارزش و میزان حجم خمیر از نان حاوی ۵ درصد آرد چیا حاصل شد و با جایگزینی تنها ۲/۵

1-Injera

2-Hydroxypropyle Methyl Cellulose

درصد از آرد چیا به جای آرد سویا و برنج، نانی با ویژگی-های حسی شبیه به محصول استاندارد و بالاترین میزان مطلوبیت حاصل شد (۱۶). با توجه به خواص دانه‌های سنتی چیا (مریم گلی)، تف و ماش که حاوی فیبر، پروتئین، ویتامین‌ها می‌باشند و نیز عملکرد این دانه‌ها به عنوان موسیلاژ و فراهم کننده‌ی شبکه قوی از فیبر برای محصور کردن گاز دی اکسید کربن و ایجاد حجم مخصوص در نان، هدف از این پژوهش شامل استفاده از آرد چیا، تف و ماش در تولید نان‌های بروتچن بدون گلوتن و همچنین بررسی خصوصیات رئولوژیکی، شیمیایی و حسی نان‌های تولیدی در فرمولاسیون های مختلفی از این اجزاء بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

دانه‌های چیا، تف و ماش به ترتیب از شرکت های یایلا[1]، نوستیل[2] (آنتالیا، ترکیه) و خوشپاک (تهران، ایران) تهیه شده و باس استفاده از آسیاب آزمایشگاهی، آسیاب و با استفاده از الک ۰/۴ میلی‌متر آرد مورد نظر تهیه گردید. رد نشاسته‌ی ذرت از کارخانه‌ی مهشاد یزد تهیه گردید.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- آنالیز شیمیایی آرد چیا، تف و ماش

تعیین ویژگی های شیمیایی آردهای چیا، تف و ماش با استفاده از روش های استاندارد AACC (۲۰۰۰) اندازه‌گیری شد. بدین منظور برای اندازه گیری رطوبت از روش (۴۴-۱۵)، پروتئین خام از روش (۴۶-۱۳)، چربی از روش (۳۰-۲۵) و خاکستر از روش (۰۸-۰۱) استفاده شد (۳).

۲-۲-۲- تهیه خمیر نان و تولید نان

فرمول پایه (شاهد) خمیر نان حاوی ۵۰۰ گرم آرد نشاسته ذرت، ۱۰ گرم شکر، ۵ گرم نمک، ۲۰ گرم مخمر، ۱۰ گرم روغن، ۱ کیلوگرم آب و ۱۰ گرم صمغ می‌باشد (نمونه شاهد). برای هر یک از تیمارها با توجه به جدول به میزان-های ۳۰، ۵۰، ۶۰، ۷۵ و ۱۵۰ گرم از آردهای چیا، تف و ماش جایگزین می‌شود.

جدول ۱- تیمارهای تهیه شده بر اساس درصد

تیمارها	آرد چیا	آرد تف	آرد ماش	نشاسته ذرت
تیمار ۱	۳۰	۰	۰	۷۰
تیمار ۲	۰	۳۰	۰	۷۰
تیمار۳	۰	۰	۳۰	۷۰
تیمار۴	۱۰	۱۰	۱۰	۷۰
تیمار۵	۱۵	۱۵	۰	۷۰
تیمار۶	۰	۱۵	۱۵	۷۰
تیمار۷	۱۵	۰	۱۵	۷۰
تیمار۸	۶	۱۲	۱۲	۷۰
تیمار۹	۱۲	۱۲	۶	۷۰
تیمار۱۰	۱۲	۶	۱۲	۷۰
شاهد	۰	۰	۰	۱۰۰

به طور مختصر، برای تهیه نان ابتدا مواد پودری در مقادیر ذکر شده برای هر تیمار وزن شده و سپس با مخلوط کن با دور کُند به مدت ۱ دقیقه با هم مخلوط می شود. سپس آب، روغن و مخمر به مخلوط اضافه شده و هم زنی به مدت ۲ دقیقه با مخلوط کن با دور کند ادامه می یابد. سپس عملیات همزنی به مدت ۸ دقیقه در در حالت دور تند انجام شده تا خمیر یکنواختی بدست آید. در مرحله بعد، به مدت ۶ دقیقه به خمیر استراحت داده می شود و سپس قالب گیری صورت می پذیرد. قالب ها برای تخمیر نهایی درون گرم خانه‌ی با دمای ۳۷ درجه‌ی سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵ درصد قرار گرفته و در نهایت پس از ۴۵ دقیقه نان‌ها را از گرمخانه به داخل فر انتقال می یابد تا در دمای ۲۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه همراه بخار پخته شوند. پس از این مدت زمان، نان ها از فر خارج شده و در مدت نیم ساعت به تا دمای اتاق سرد می شوند. نان های سرد شده

1-Yayla
2- Nustil

درون بسته بندی های پلی اتیلنی قرار گرفته و برای انجام آزمون ها مورد استفاده قرار می گیرند.

شکل ۱- تیمارهای تهیه شده

۳-۲-۲- بررسی خصوصیات شیمیایی

۱-۳-۲-۲- آزمون اندازه گیری پروتئین خام

اندازه گیری پروتئین خام نان ها با روش کلدال و مطابق با AACC (۲۰۰۰) به شماره (۱۳-۴۶) انجام شد (۳).

۲-۳-۲-۲- آزمون اندازه گیری رطوبت

اندازه گیری رطوبت نان ها مطابق با روش AACC (۲۰۰۰) به شماره (۱۵-۴۴) انجام گرفت. برای این منظور نمونه های مورد نظر در آون با حرارت ۱۰۰ درجه سانتی گراد قرار گرفته و سپس میزان رطوبت با توجه به کاهش وزن نمونه، محاسبه گردید (۳).

۳-۳-۲-۲- آزمون سنجش میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدان کل

برای سنجش میزان آنتی‌اکسیدانی کل با استفاده از روش DPPH[1]، عمل می شود. ابتدا به مقدار مورد نیاز از نمونه برداشته (۱ گرم) در فالکون ریخته و ۹ میلی لیتر از محلول هیدرو الکلی (مخلوط اتانول و متانول) به آن افزوده شد. فالکون روی ورتکس قرار گرفته و سپس ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. از محلول شفاف رویی به اندازه‌های مختلف ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ مایکرولیتر جدا شد و با ۲ میلی لیتر از DPPH (محلول ارغوانی با جذب در طول موج ۵۱۷ نانومترحاوی رادیکال های آزاد) ترکیب شده و ۱۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفت تا به خوبی آنتی‌اکسیدان ها عمل کنند. پس از آن محلول در اسپکتروفتومتر قرار گرفته و جذب آن اندازه گیری شد (۲۲).

۴-۲-۲- بررسی خصوصیات رئولوژیکی

۱-۴-۲-۲- ارزیابی سفتی بافت

ارزیابی سفتی بافت کیک در فاصله زمانی ۱، ۳ و ۵ روز پس از پخت (به منظور ارزیابی میزان بیاتی و ماندگاری نمونه‌های تولیدی)، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج براساس روش روندا و همکاران (۲۰۰۵) انجام گرفت (۲۰).

۲-۴-۲-۲- اندازه گیری ویسکوزیته ظاهری

مقادیر ویسکوزیته ظاهری تیمارهای خمیر در فرمولاسیون های مختلف با استفاده از ویسکومتر بروکفیلد (مدل-DVII، آمریکا) و با کمک اسپیندل شماره ۷ در سرعت ۱۰ RPM بررسی شد. برای آنالیز و برازش داده ها، از نرم افزار Rheocalc 32 استفاده شد (۷).

۵-۲-۲- بررسی خصوصیات فیزیکی

۱-۵-۲-۲- اندازه‌گیری حجم مخصوص

برای اندازه‌گیری حجم مخصوص نمونه‌های نان از روش جایگزینی حجم با دانه[2] مطابق با استاندارد AACC (۲۰۰۰) شماره ۱۰-۰۵ استفاده شد (۳).

۲-۵-۲-۲- ارزیابی رنگ پوسته

آنالیز رنگ پوسته کیک از طریق تعیین سه شاخص L^*، a^* و b^* صورت پذیرفت. شاخص L^* معرف میزان روشنی نمونه می‌باشد و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. شاخص a^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر است. شاخص b^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (آبی خالص) تا ۱۲۰+ (زرد خالص) متغیر می‌باشد. جهت اندازه‌گیری این

1- 1,1-diphenyl-2picrylhydrazil

2-Rape seed displacement

شاخص‌ها تصاویر تهیه شده با استفاده از نرم‌افزار Image J مورد آنالیز قرار می‌گیرد (۲۴).

۶-۲-۲- بررسی خصوصیات حسی

آزمون حسی با استفاده از روش پیشنهادی رجب‌زاده (۱۹۹۱) انجام شد (۱۹). بدین منظور ۱۰ داور از بین افراد آموزش‌دیده مطابق با آزمون مثلثی و روش گاسولا و سینگ (۱۳) انتخاب گردیدندو سپس خصوصیات حسی کیک از نظر طعم (طعم تند و زننده، بوی خامی یا ترشیدگی و یا عطر طبیعی کیک) و رنگ (سوختگی، غیرطبیعی بودن رنگ، چین و چروک و سطح غیر عادی) و بافت (سفتی و نرمی، قابلیت جویدن و چسبیدن به دندان‌ها) مورد ارزیابی قرار گرفت. ضریب ارزیابی صفات از بسیار بد (۱) تا بسیار خوب (۵) بود.

۷-۲-۲- طرح آماری و روش آنالیز نتایج

در این تحقیق از طرح کاملا تصادفی با سه تکرار استفاده شد و برای مقایسه میانگین ها در سطح ۵ درصد، از آزمون چند دامنه ای دانکن با استفاده از نرم افزار SPSS 22[1] استفاده گردید.

۳- نتایج

۱-۳- ویژگی های شیمیایی آرد چیا، تف و ماش

در جدول ۲ داده های بدست آمده از آزمون های شیمیایی آردهای مختلف نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، درصد پروتئین آرد چیا و ماش با مطالعات مشابه مطابقت دارد (۶ و ۵). میزان رطوبت بالا در این آردها می تواند نقص حاصل از کاهش ارزش تغذیه ای در اثر استفاده از آرد بدون کلوتن را جبران نماید.

جدول ۲- ویژگی های شیمیایی آرد چیا، تف و ماش

خصوصیات شیمیایی	آرد چیا	آرد تف	آرد ماش
رطوبت (٪)	۸/۲۳	۸/۷٤	۹/٤۸
پروتئین خام (٪)	۲۱/٦۲	۱۳/۹٦	۲۳/۱٦
چربی (٪)	۳۱/۲٦	۵/۵۱	۰/٤۱
خاکستر (٪)	٤/۸۸	۲/۳۷	۳/۲٤

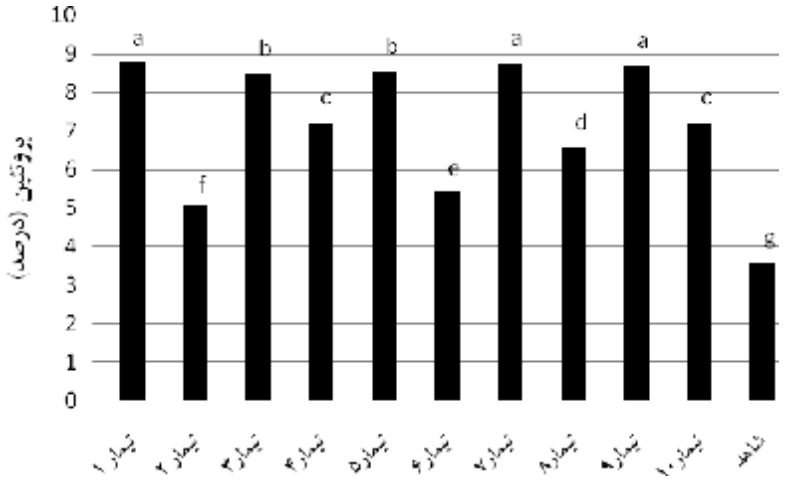
مقادیر بالا برابر با میانگین سه تکرار انجام شده می باشد.

1- Statistical Package for Social Science

۲-۳- خصوصیات شیمیایی

۲-۳-۱- اندازه گیری میزان پروتئین نان‌ها

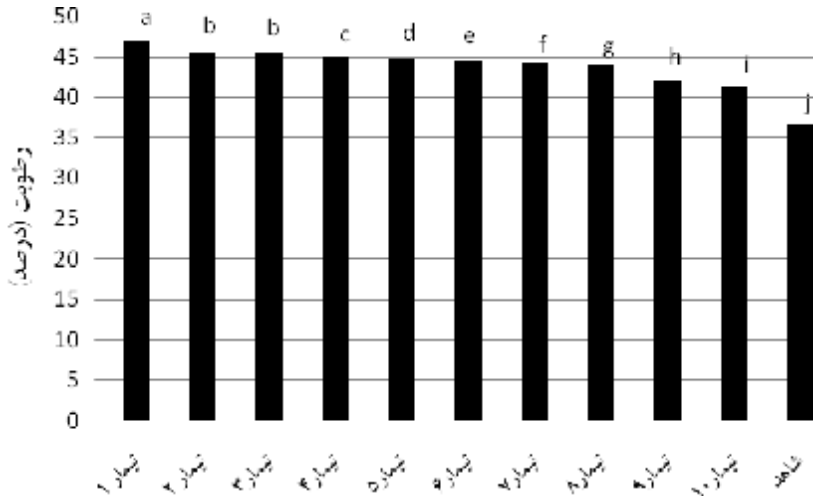
با توجه به شکل ۲، مقایسه میانگین پروتئین مشخص گردید که تیمار شاهد (نان بروتچن بدون آرد چیا، تف و ماش)کم‌ترین محتوی پروتئین (۳/۶۰ درصد) را به خود اختصاص داد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$). بیش‌ترین پروتئین (۸/۸۱ درصد) متعلق به تیمار ۱ نان بروتچن (حاوی ۳۰ درصد آرد چیا، ۷۰ درصد نشاسته ذرت، بدون آرد تف و آرد ماش) بود که با سایر تیمارها به جز تیمارهای ۷ و ۹ اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$). علت این مشاهده به ترکیبات پروتئینی موجود در آرد چیا، تف و ماش مربوط می باشد که میزان پروتئین نان بروتچن تولیدی را افزایش داده است. در همین راستا کستانتینی و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی و تولید نان بدون گلوتن حاصل از آرد گندم سیاه تارتاری و آرد چیا بیان نمودند که میزان پروتئین نان فاقد گلوتن نسبت به نمونه‌ی شاهد تهیه شده از آرد گندم، بیشتر بوده است (۸).



شکل ۲- اثرنوع تیمار بر میزان پروتئین خام

۲-۲-۳- بررسی میزان رطوبت نان‌ها

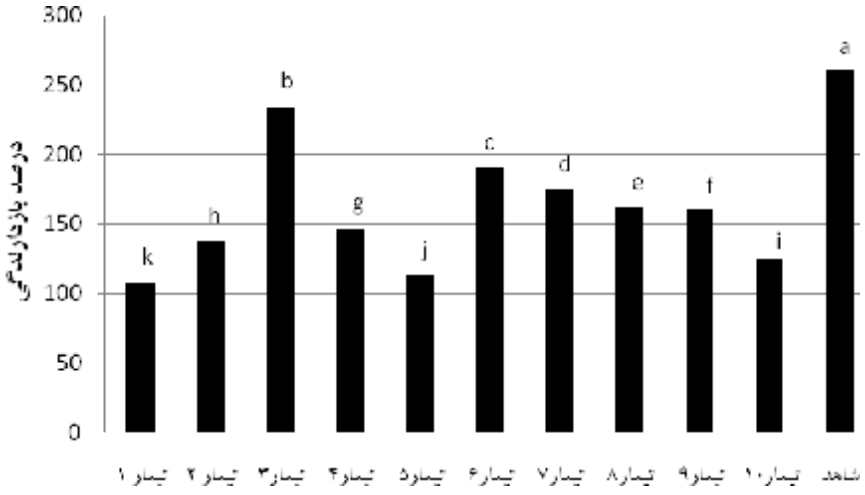
با توجه به شکل ۳ مقایسه میانگین رطوبت مشخص گردید که تیمار شاهد کم‌ترین رطوبت (۳۶/۵۵ درصد) را به خود اختصاص داد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$). بیشترین رطوبت (۴۶/۸۴ درصد) متعلق به تیمار ۱) بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$). این امر بدان علت است که آرد چیا دارای مقادیر بالایی فیبر و پروتئین است. همچنین حضور گروه‌های متعدد هیدروکسیل در ساختار این ترکیب، سبب افزایش توانایی آن در پیوند با مولکول‌های آب موجود در فرمولاسیون و در نتیجه افزایش میزان رطوبت محصول نهایی گردید. از سوی دیگر در این مطالعه افزایش میزان رطوبت در سطوح بالای آرد جیا در نمونه های نان بدون گلوتن تولیدی مشاهده شد که این امر به وجود گروه‌های هیدروکسیل در ساختار آرد ذکر شده مربوط می باشد. در این زمینه رستمیان و همکاران (۱۳۹۱) افزایش میزان رطوبت نان بدون گلوتن با استفاده از ترکیب آرد ذرت و نخود را گزارش نمودند (۱). همچنین سیارانی و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی اثر صمغ گزانتان، کربوکسی متیل سلولز، آلژینات و کاراگینان در فرمولاسیون نان بدون گلوتن حاوی آرد برنج، آرد سویا و نشاسته کاساوا به نتایج مشابهی دست یافتند (۲۱از این‌رو با افزودن آرد چیا به فرمولاسیون محصولات نانوایی انتظار افزایش میزان رطوبت در محصول نهایی وجود دارد.



شکل ۳- اثر جایگزینی آرد گندم با آرد چیا، تف و ماش بر رطوبت نان بروتچن بدون گلوتن

۳-۲-۳- بررسی نتایج درصد بازدارندگی (خصلت آنتی‌اکسیدانی)

با توجه به شکل ۴ مقایسه میانگین حداقل غلظت بازدارندگی مشخص گردید که تیمار شاهد (نان بروتچن بدون آرد چیا،تف و ماش) بیشترین مقدار IC_{50} (حداقل غلظت بازدارندگی) با مقدار۲۶۰ میلی گرم را به خود اختصاص داد که با سایر تیمارها اختلاف معنی دار داشت ($p\leq۰/۰۵$) که این نتایج نشان دهنده اثر آنتی اکسیدانی ضعیف تیمار شاهد و به دام اندازی آهسته رادیکال های آزاد است. کمترین مقدار IC_{50} (حداقل غلظت بازدارندگی) با مقدار ۱۰۷/۸۴ میلی گرم متعلق به تیمار ۱ نان بروتچن (حاوی ۳۰ درصد آرد چیا، ۷۰ درصد نشاسته ذرت، بدون آرد تف و آرد ماش) بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی دار داشت ($p\leq۰/۰۵$). به دلیل رابطه عکس بین حداقل غلظت بازدارندگی و میزان قدرت اکسیدانی، این نتایج نشان دهنده اثر آنتی اکسیدانی قویتر این تیمار است. هر چه قدر حداقل غلظت بازدارندگی کمتر باشد تیمار خاصیت آنتی اکسیدانی قوی تری دارد. در همین راستا، کستانتینی و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهش تهیه نان از آرد چیا و آرد بومی گندم سیاه تارتاری صراحتا به این نکته اشاره کرده‌اند که استفاده از آرد چیا و آرد بومی گندم سیاه تارتاری موجب تقویت خاصیت آنتی‌اکسیدانی نان تولیدی فاقد گلوتن می شود (۸).



شکل ٤- اثرنوع تیمار بر درصد بازدارندگی

۳-۳- خصوصیات رئولوژیکی

۳-۳-۱- بررسی نتایج مقادیر سفتی بافت

با توجه به جدول مقایسه میانگین اثر اصلی زمان نگهداری بر بافت (جدول ۳) و بررسی داده‌ها با روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن مشخص گردیدکه با افزایش زمان نگهداری، سختی بافت بطور معنی‌دار افزایش یافت ($p \leq ۰/۰۵$).

جدول ۳- مقایسه میانگین زمان نگهداری

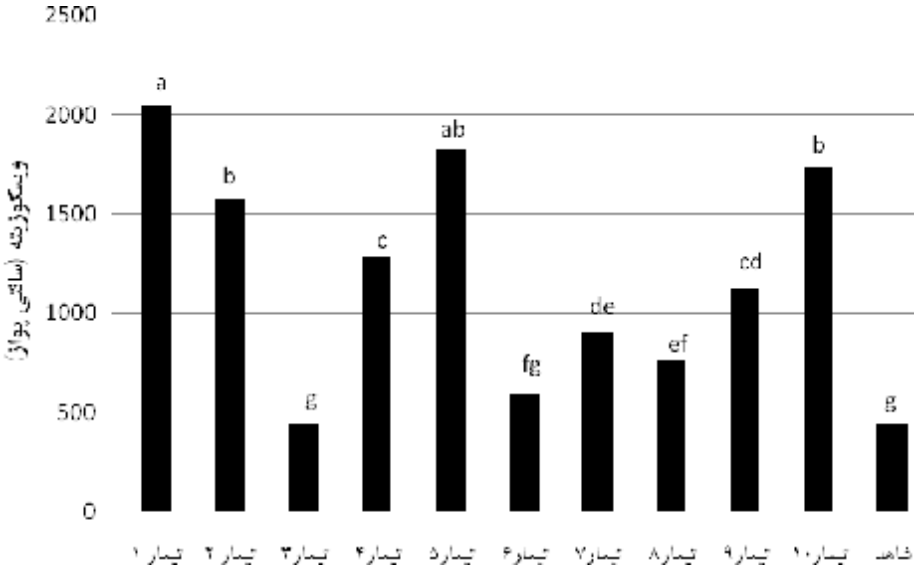
تیمارها	بافت روز اول (نیوتن)	بافت روز سوم (نیوتن)	بافت روز پنجم (نیوتن)
شاهد	^{a}۳/۲۵ ± ۰/۱٤	^{a}۳/۵۱ ± ۰/۰٤	^{a}٤/۵۵ ± ۰/۰٦
تیمار ۱	^{j}۳/۲۵ ± ۰/۱٤	^{h}۳/۵۱ ± ۰/۰٤	^{k}٤/۵۵ ± ۰/۰٦
تیمار ۲	^{b}۸/۸۷ ± ۰/۰۹	^{b}۹/۱۲ ± ۰/۱۱	^{b}۹/٦۲ ± ۰/۱٤
تیمار۳	^{d}۹/۵۱ ± ۰/۲۵	^{c}۷/۲۰ ± ۰/٦۰	^{d}۷/۳۱ ± ۰/۱۳
تیمار٤	^{fg}۵/۳٤ ± ۰/۰٤	^{e}۵/۸٤ ± ۰/۲۲	^{g}٦/۵۲ ± ۰/۱۱
تیمار۵	^{h}٤/۷۱± ۰/۱۰	^{f}۵/۲۱ ± ۰/۰۷	^{i}۵/۳۹ ± ۰/۰٦
تیمار٦	^{c}۸/۲۸ ± ۰/۲۷	^{b}۸/۷۳ ± ۰/۰۵	^{c}۹/۲۸ ± ۰/۱۳
تیمار۷	^{i}٤/۱۲ ± ۰/۲٤	^{g}٤/۵٦ ± ۰/۱۷	^{j}٤/۸٤ ± ۰/۱۰
تیمار۸	^{e}٦/۱۱ ± ۰/۰۳	^{d}٦/۵۷ ± ۰/۳۵	^{a}۷/۰٦ ± ۰/۰٦
تیمار۹	^{g}۵/۱۹ ± ۰/۰٤	^{ef}۵/۵۲ ± ۰/۰۲	^{h}۵/۹۷ ± ۰/۳۱
تیمار۱۰	f۵/۵۷ ± ۰/۱۸	d٦/۲۹ ± ۰/۳۰	^{f}٦/۷۹ ± ۰/۱۱

مقادیرموجود در یک ستون و دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری ندارند($p>۰/۰۵$).

با توجه به جدول مقایسه میانگین بافت (جدول ۳) مشخص گردید که در روز اول نگهداری تیمار شاهد (نان بروتچن بدون آرد چیا، تف و ماش) بیش‌ترین سختی بافت (۱۰/۶۱نیوتن) را به خود اختصاص داد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$). کم‌ترین سختی بافت (۳/۲۵ نیوتن) متعلق به تیمار ۱ نان بروتچن بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$). در روز سوم نگهداری تیمار شاهد (نان بروتچن بدون آرد چیا، تف و ماش) بیش‌ترین سختی بافت (۱۱/۳۲نیوتن) را به خود اختصاص داد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$). کم‌ترین سختی بافت (۳/۵۱ نیوتن) متعلق به تیمار ۱ نان بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$). در روز پنجم نگهداری تیمار شاهد (نان بروتچن بدون آرد چیا، تف و ماش) بیش‌ترین سختی بافت (۱۱/۶۷نیوتن) را به خود اختصاص داد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$). کم‌ترین سختی بافت (۴/۵۵ نیوتن) متعلق به تیمار ۱ نان بروتچن بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$). در این راستا می‌توان گفت که بیاتی، فرآیند پیچیده‌ای است که عوامل متعددی نظیر رتروگراداسیون آمیلوپکتین، آرایش مجدد پلیمرها در ناحیه آمورف، کاهش میزان رطوبت و یا توزیع رطوبت بین ناحیه آمورف و کریستالی در آن دخیل است که توجه به عدم کاهش رطوبت به خصوص در مدت زمان نگهداری در حفظ تازگی بافت محصولات نانوایی نظیر نان نقش حیاتی دارند (۴). در پژوهش حاضر به وضوح مشخص گردید که آرد چیا به دلیل توانایی بالا در نگهداری و حفظ رطوبت طی مدت زمان نگهداری، در کاهش سرعت بیاتی و سفت شدن بافت نان مؤثرتر بوده است. رستمیان و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای بر روی تولید نان بدون گلوتن با استفاده از ترکیب آرد ذرت و نخود انجام دادند، بیان نمودند که آرد نخود مقدار رطوبت محصول را افزایش داده که این امر باعث کاهش سفتی بافت نان شد (۱). همچنین در زمینه بهبود بافت با استفاده از آرد چیا می‌توان گفت که حضور ترکیبات پروتئینی در این ترکیب سبب استحکام شبکه گلوتنی گردیده است. در واقع حضور ترکیبات پروتئینی در فرمولاسیون محصولات آردی با جذب آب می‌توانند از اتلاف رطوبت در طی پخت و پس از آن که یکی از عوامل بیاتی و سفتی است، جلوگیری کنند. هم‌چنین ترکیبات پروتئینی به دلیل توانایی در واکنش با مولکول‌های نشاسته، فرآیند رتروگراداسیون را در محصول نهایی به تعویق می‌اندازند و از بیاتی زودهنگام جلوگیری به عمل می‌آورند.

۲-۳-۳- بررسی نتایج اندازه گیری ویسکوزیته ظاهری

با توجه به مقایسه میانگین ویسکوزیته (شکل ۵) مشخص گردید که تیمار شاهد (نان بروتچن بدون آرد چیا، تف و ماش) کم‌ترین ویسکوزیته (۴۴۳/۹۶ سانتی پواز) را به خود اختصاص داد که با سایر تیمارها بجز تیمار ۳ و ۶ اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$). بیش‌ترین ویسکوزیته (۲۰۴۶/۶۶ سانتی پواز) متعلق به تیمار ۱ نان بروتچن بود که با سایر تیمارها بجز تیمار ۵ (حاوی ۱۵ درصد آرد چیا، ۱۵ درصد آرد تف و ۷۰ درصد نشاسته ذرت) اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$). علت این امر می‌تواند به توانایی جذب آب بالاتر آرد چیا مربوط باشد. دانه‌ی چیا به علت داشتن گروه‌های هیدروکسیل نقش آب دوست را دارد و با حفظ آب در نان منجر به ویسکوزیته بالاتر خمیر می‌شود.

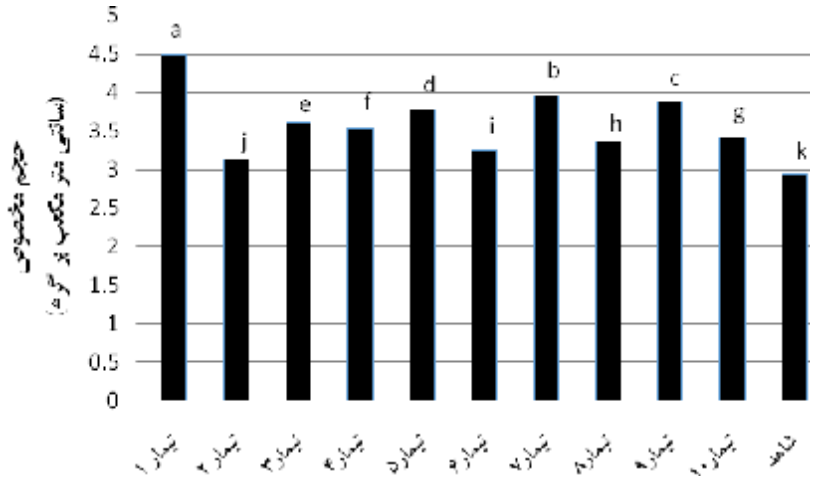


شکل ۵- اثرنوع تیمار بر ویسکوزیته ظاهری

٤-۳- خصوصیات فیزیکی

۱-٤-۳- بررسی نتایج اندازه گیری حجم مخصوص نان‌ها

با توجه به شکل مقایسه میانگین حجم مخصوص (شکل ۶) مشخص گردید که تیمار شاهد (نان بروتچن بدون آرد چیا، تف و ماش) کم‌ترین حجم مخصوص (۲/۹۴ سانتی متر مکعب بر گرم) را به خود اختصاص داد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$). بیش‌ترین حجم مخصوص (۴/۴۹ سانتی متر مکعب بر گرم) متعلق به تیمار ۱ نان بروتچن بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$). در این راستا، ورونکوسکا و همکاران در سال (۲۰۱۲) در مطالعه‌ی اثر جایگزینی نشاسته‌ی آرد گندم سیاه بر روی فرمولاسیون نان بدون گلوتن بیان داشتند که با افزودن آرد گندم سیاه افزایش چشم‌گیری در حجم مخصوص نان مشاهده می‌گردد که علت آن به توانایی جذب آب توسط آرد گندم سیاه ارتباط داده شد (۲۶). همچنین هرتا و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ی خود بر روی پاسخ حسی و ویژگی‌های فیزیکی نان بدون گلوتن و صمغ، با آرد چیا پرداختند. در این پژوهش از آرد دانه ی چیا به منظور جایگزینی صمغ در نان‌های حاصل از آرد برنج و سویا استفاده شد. نتایج آزمون‌های حجم مخصوص نشان داد نان حاصل از ۲/۵ درصد آرد چیا حجم مخصوص شبیه به نمونه‌ی استاندارد داشت (۱۶).

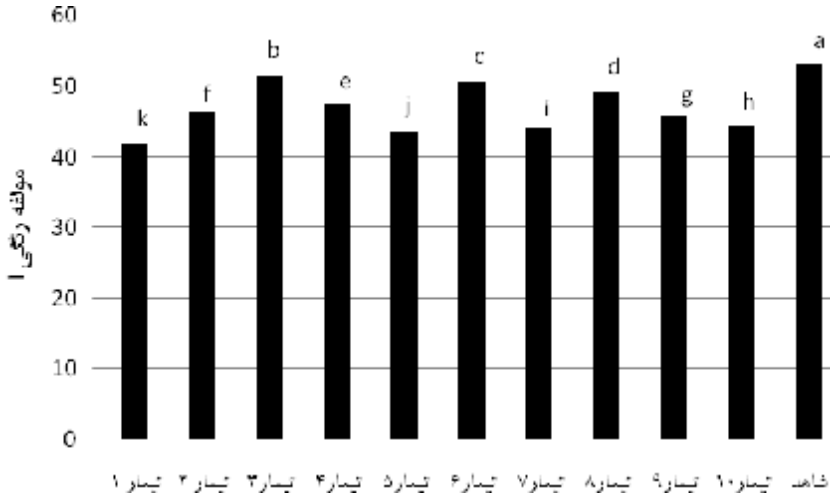


شکل ٦- اثرنوع تیمار برحجم مخصوص

۲-٤-۳- بررسی خصوصیات رنگی پوسته

۱-۲-٤-۳- مولفه رنگی *L

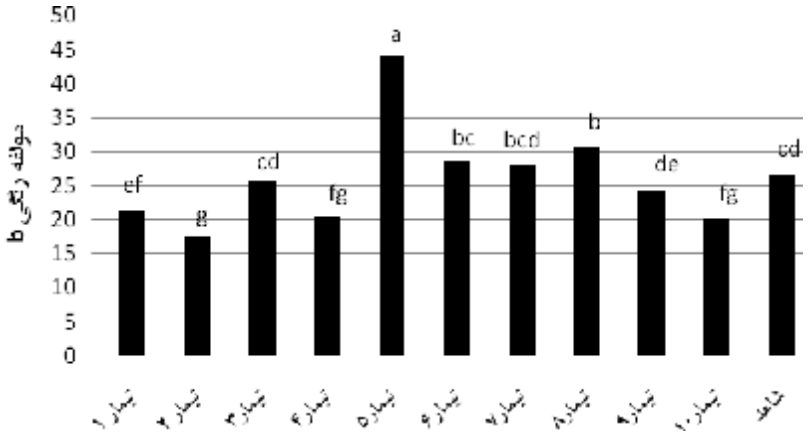
با توجه به مقایسه میانگین مولفه رنگی *L (شکل ۷) مشخص گردید که تیمار شاهد (نان بروتچن بدون آرد چیا، تف و ماش) بیش‌ترین مقدارمولفه رنگی *L (۵۳/۲۰) را به خود اختصاص داد که با سایر تیمارها بجز تیمار ۳ و ۶ اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$). کم‌ترین مقدار مولفه رنگی *L (۴۱/۷۴) متعلق به تیمار ۱ نان بروتچن بود که با سایر تیمارها بجز تیمار ۵ اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$).



شکل ۷- اثرنوع تیمار بر مولفه رنگی L^*

۳-٤-۲-۲- مولفه رنگی *b

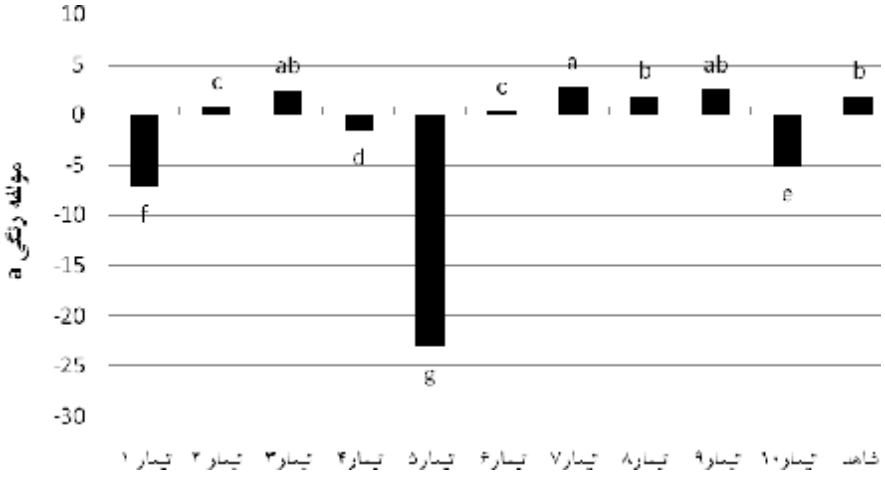
با توجه به مقایسه میانگین مولفه رنگی *b (شکل ۸) مشخص گردید که تیمار۵ (نان بروتچن حاوی ۱۵ دردص آرد چیا، ۱۵ درصد آرد تف، ۷۰ درصد نشاسته ذرت و بدون آرد ماش) بیش‌ترین مقدارمولفه رنگی *b (۴۴/۱۰) را به خود اختصاص داد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$). کم‌ترین مقدار مولفه رنگی *b (۱۷/۵۵) متعلق به تیمار ۱ نان بروتچن بود که با سایر تیمارها بجز تیمارهای ۱۰ و ۴ اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$).



شکل ۸- اثرنوع تیمار بر مولفه رنگی *b

۳-۲-٤-۳- نتایج مولفه رنگی *a

با توجه به مقایسه میانگین مولفه رنگی *a (شکل ۹) مشخص گردید که تیمار۷ (نان بروتچن حاوی ۱۵ درصد آرد چیا، ۱۵ درصد آرد ماش، ۷۰ درصد شاسته ذرت و بدون آرد تف) بیش‌ترین مقدار مولفه رنگی *a (۲/۷۵) را به خود اختصاص داد که با سایر تیمارها بجز تیمار ۳ و ۹ اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$). کم‌ترین مقدار مولفه رنگی *a (۲۳/۰۹-) متعلق به تیمار ۵ نان بروتچن (حاوی ۱۵ دردص آرد چیا، ۱۵ درصد آرد تف، ۷۰ درصد نشاسته ذرت و بدون آرد ماش) بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$).



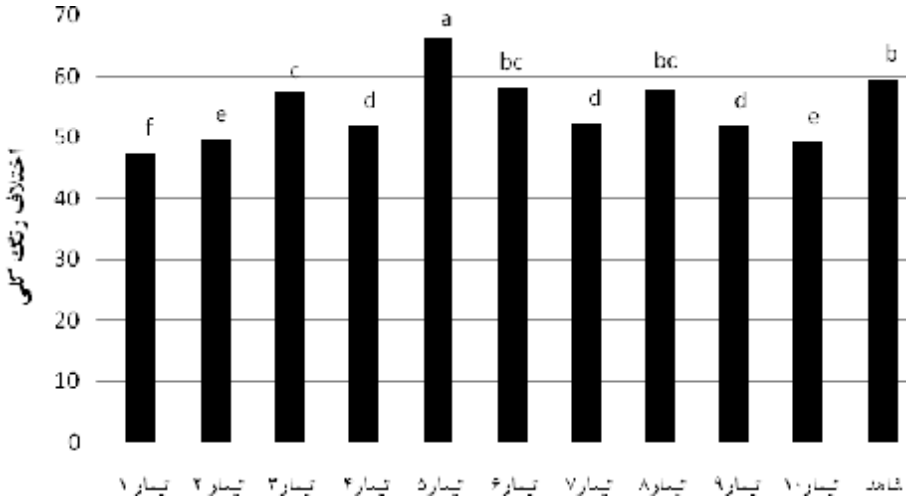
شکل ۹- اثرنوع تیمار بر مولفه رنگی a

همان‌گونه که نتایج نشان داد، افزایش میزان جایگزینی نشاسته ذرت با آرد چیا در فرمولاسیون نان بروتچن بدون گلوتن، سبب کاهش میزان مؤلفه‌های *L و *b پوسته نان گردید. در همین راستا نقی‌پور و همکاران (۱۳۹۲) کاهش میزان مؤلفه رنگی *b پوسته کیک روغنی بدون گلوتن را با افزودن آرد سویا به‌عنوان یک منبع غنی از پروتئین و فیبر گزارش نمودند. به گفته این پژوهشگران فعل و انفعالات شیمیایی موجود در فرمولاسیون کیک ناشی از افزودن یک منبع غنی از پروتئین سبب کاهش مؤلفه رنگی *b شده است (۲). به‌طور کل به نظر می‌رسد که کاهش میزان مؤلفه

رنگی *L و *b در تیمار با ۳۰ درصد (تیمار شماره ۱) و ۱۵ درصد (تیمار شماره ۵) آرد چیا به دلیل جذب مقادیر بالاتری از آب در نمونه‌های فوق‌الذکر می‌باشد که این آب آزاد در حین فرآیند پخت از پوسته خارج می‌گردد، در نتیجه میزان فعل و انفعالات بیشتری در پوسته این نمونه‌ها صورت می‌گیرد. در همین راستا پورلیس و سالوادوری (۲۰۰۹) بیان نمودند که تغییرات سطح محصولات صنایع پخت، مسئول روشنایی آن است و سطوح منظم و صاف نسبت به سطوح چین‌دار توانایی بیشتری در انعکاس نور و افزایش میزان مؤلفه *L دارد (۱۸). از سوی دیگر افزودن آرد چیا سبب افزایش میزان مؤلفه *a و یا همان قرمزی پوسته می‌گردد. به احتمال زیاد افزایش میزان مؤلفه‌ی *a نمونه‌های حاوی آرد چیا نشأت گرفته از همان ترکیبات پروتئینی موجود در این آرد باشد. هم‌چنین حضور فیبر و رنگدانه‌های طبیعی موجود در آرد چیارا نباید نادیده گرفت. هم‌چنین در راستای افزودن ترکیبات پروتئینی به فرمولاسیون گومز و همکاران (۲۰۰۸) به نتایج مشابهی دست یافتند. این محققان با افزودن آرد نخود (منبع پروتئینی) به یکی از انواع محصولات نانوایی، کاهش میزان روشنایی و افزایش قرمزی را گزارش نمودند (۱۴).

٤-۲-٤-۳- اختلاف رنگ کلی(ΔE)

با توجه به مقایسه میانگین اختلاف رنگ کلی (شکل ۱۰) مشخص گردید که تیمار ۱ کم‌ترین مقدار اختلاف رنگ کلی (۴۷/۴۸) را به خود اختصاص داد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$). بیش‌ترین مقدار اختلاف رنگ کلی (۶۶/۱۸) متعلق به تیمار ۵ نان بروتچن (حاوی ۱۵ درصد آرد چیا، ۱۵ درصد آرد تف، ۷۰ درصد نشاسته ذرت و بدون آرد ماش) بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$).

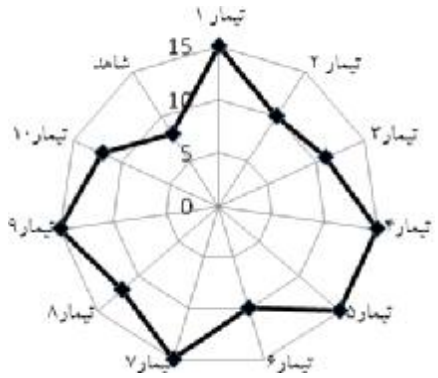


شکل ۱۰- اثرنوع تیمار بر اختلاف رنگ کلی

۳-٤-۳- خصوصیات حسی

۱-۳-٤-۳- بررسی نتایج ارزیابی حسی بیاتی

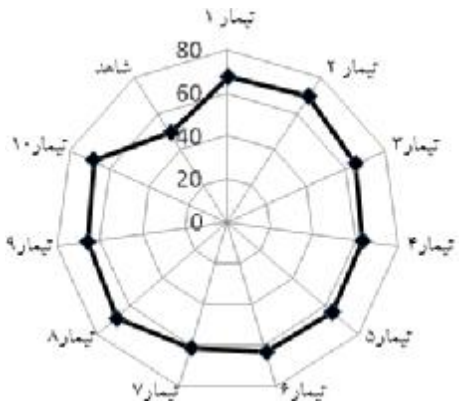
با توجه به مجموع امتیازات ارزیابی حسی بیاتی (شکل ۱۱) مشخص گردید که تیمار شاهد (نان بروتچن بدون آرد چیا، تف و ماش)کم‌ترین امتیاز بیاتی (امتیاز ۸) را به خود اختصاص داد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$). بیش‌ترین مجموع امتیاز ارزیابی حسی بیاتی (امتیاز ۱۵) متعلق به تیمارهای ۷، ۵، ۴، ۱ و ۹ بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشتند ($p \leq ۰/۰۵$).



شکل ۱۱- اثرنوع تیمار بر بیاتی

۲-۳-٤-۳- بررسی نتایج ارزیابی امتیازات ویژگی های داخلی

در بررسی نتایج ارزیابی امتیازات ویژگی‌های داخلی نان حجیم بدون گلوتن بروتچن خصوصیات حفره و دانه‌ای بودن مغز نان، رنگ مغز نان، عطر و بو،مزه، قابلیت جویدن و بافت نان مورد بررسی قرار گرفت و مجموع امتیازات به عنوان ارزیابی امتیازات ویژگی های داخلی نان گزارش می‌شود. با توجه به مجموع امتیازات ارزیابی ویژگی های داخلی (شکل ۱۲) مشخص گردید که تیمار شاهد (نان بروتچن بدون آرد چیا، تف و ماش)کم‌ترین امتیازات ارزیابی ویژگی های داخلی (امتیاز ۴۹) را به خود اختصاص داد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$). بیش‌ترین امتیازات ارزیابی ویژگی های داخلی (امتیاز ۶۹) متعلق به تیمارهای ۱ نان بروتچن حاوی ۳۰ درصد آرد چیا، ۷۰ درصد نشاسته ذرت، بدون آرد چیا و آرد ماش و تیمار ۱۰ نان بروتچن حاوی ۱۲ درصد آرد چیا، ۶ درصد آرد تف، ۱۲ درصد آرد ماش و ۷۰ درصد نشاسته ذرت بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشتند ($p \leq ۰/۰۵$).



شکل ۱۲- اثرنوع تیمار بر امتیازات خصوصیات ارگانولپتیک داخلی نان

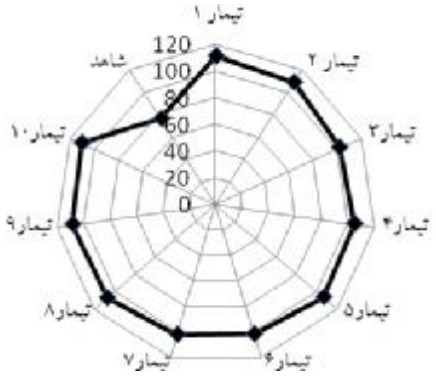
۳-۳-٤-۳- بررسی نتایج ارزیابی امتیازات ویژگی های خارجی

با توجه به مجموع امتیازات ارزیابی ویژگی‌های خارجی (شکل ۱۳) مشخص گردید که تیمار شاهد (نان بروتچن بدون آرد چیا، تف و ماش)کم‌ترین امتیازات ارزیابی ویژگی‌های خارجی (امتیاز ۱۹) را به خود اختصاص داد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$). بیش‌ترین امتیازات ارزیابی ویژگی‌های خارجی (امتیاز ۳۰) متعلق به تیمار۴ نان بروتچن (حاوی ۱۰ درصد آرد چیا، ۱۰ درصد آرد تف، ۱۰ درصد آرد ماش و ۷۰ درصد نشاسته ذرت) بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشتند ($p \leq ۰/۰۵$).

شکل ۱۳- اثرنوع تیمار بر امتیازات خصوصیات ارگانولپتیک خارجی نان

۳-۸-٤- بررسی نتایج ارزیابی مجموع کل امتیازات ارگانولپتیکی

با توجه به مجموع کل امتیازات ارگانولپتیکی (شکل ۱۴) مشخص گردید که تیمار شاهد (نان بروتچن بدون آرد چیا،تف و ماش) کم‌ترین امتیاز کلی(امتیاز ۸) را به خود اختصاص داد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$). بیش‌ترین مجموع امتیاز کلی (امتیاز ۱۵) متعلق به تیمارهای۷، ۵، ۴، ۱ و ۹ بودکه با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشتند ($p \leq ۰/۰۵$).



شکل ١٤- اثرنوع تیمار بر مجموع کل امتیازات ارگانولپتیکی

٤-نتیجه گیری

در این پژوهش آرد چیا (مریم گلی)، تف و ماش جایگزین نشاسته ذرت موجود در فرمولاسیون نان بروتجن بدون گلوتن شد. خصوصیات کمی و کیفی محصول نهایی به منظور ارائه نان مورد پسند بیماران مبتلا به سیلیاک که در انتخاب مواد غذایی برای سبد غذایی خود دارای محدودیت‌های فراوانی می‌باشند، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد این افزودنی های طبیعی قادر به بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی محصول نهایی در مقایسه با نمونه شاهد (فاقد افزودنی) می باشند. علاوه بر این میزان ماندگاری نان نیز ارتقاء یافت. در نهایت با توجه به نتایج ارزیابی های صورت گرفته، نمونه حاوی ۱۵۰ گرم آرد جیا، ۳۵۰ گرم نشاسته ذرت، بدون تف و ماش به عنوان بهترین نمونه معرفی گردید .

٥-منابع

۱. رستمیان، م. میلانی، ج. ملکی، گ. ۱۳۹۱. استفاده از ترکیب آرد ذرت و نخود در تهیه نان فاقد گلوتن. نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی، جلد ۱، شماره ۲، صفحات ۱۲۸-۱۱۷.

۲. نقی‌پور، ف. مظاهری تهرانی، م. صحرائیان، ب. شیخ‌الاسلامی، ز. سلیمانی، م. ۱۳۹۲. امکان جایگزینی تخم‌مرغ با آرد سویا و اختلاط آرد گندم با جوانه گندم تثبیت شده در تولید کیک روغنی. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، شماره دوم ۲۲۰-۲۱۱.

3. AACC. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 2000. 10th Ed., Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN
4. Ahlborn, G. J., Pike, O. A., Hendrix, S. B., Hess, W. M., & Huber, C. S. (2005). Sensory, mechanical, and microscopic evaluation of staling in low-protein and gluten-free breads. *Cereal chemistry*, 82(3): 328-335.
5. Belay, G.; Tefera, H.; Tadesse, B.; Metaferia, G.; Jarra, D.; Tadesse, T. (2006). "Participatory Variety Selection in the Ethiopian Cereal Tef (Eragrostis Tef)". *Experimental Agriculture*. 42 (1): 91–101.
6. Cahill, Joseph P. 2003. Ethnobotany of Chia, Salvia hispanica L. (Lamiaceae). *Economic Botany*, 57: 604–618.
7. Celik, I., Yilmaz, Y., Isik, F., and Ustun, O. 2007. Effect of soapwort extract on physical and sensory properties of sponge cakes and rheological properties of sponge cake batters. *Food Chemistry*. 101: 907-911.
8. Costantini, L. Lea, L. Romina, M. Ivan K. Giovanni, B. Laura, M. Nicolò, M. 2014. Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients.. *Food Chemistry*, 165: 232–240.
9. Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., & Sahin, S. (2010). Rheological properties of gluten-free bread formulations. *Journal of food Engineering*, 96(2), 295-303.
10. El-Alfy, T. S. Ezzat, S. M. Sleem, A. A. 2012. Chemical and biological study of the seeds of Eragrostis tef(Zucc.) Trotter. *Natural Product Research*, 26 (7): 619-629.
11. Forester, Sandra. 2003. Idaho farmers may try teff Gluten-free grain touted as cure for celiac disease. Idaho Statesman
12. Fuller, D. Q. Harvey, E. 2006. The archaeobotany of Indian Pulses: identification, processing and evidence for cultivation. *Environmental Archaeology*, 11 (2): 219–246.
13. Gacula, J. R. and Singh, G. 1984. Statistical methods in food and consumer research. Academic press Inc. U.S.A. 360-366.
14. Gómez, M. Oliete, B. Rosell, C.M. Pando, V. and Fernández, E. 2008. Studies on cake quality made of wheat–chickpea flour blends. *LWT - Food Science and Technology*, 41: 1701-17

15. Hager, A. S., Wolter, A., Czerny, M., Bez, J., Zannini, E., Arendt, E. K., & Czerny, M. 2012. Investigation of product quality, sensory profile and ultrastructure of breads made from a range of commercial gluten-free flours compared to their wheat counterparts. *European Food Research and Technology*, 235(2), 333-344.
16. Huerta, K. D. M., Alves, J. D. S., SILVA, A. F. C. D., & Kubota, E. H. (2016). Sensory response and physical characteristics of gluten-free and gum-free bread with chia flour. *Food Science and Technology (Campinas)*, 36: 15-18.
17. Nasehi, B. Azizi, M. H, Hadian, Z. 2009. Different Approaches for Determination of Bread Staling. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 1: 1-10. [In Persia].
18. Purlis, E. and Salvadori, V. 2009. Modelling the browning of bread during baking. *Food Research International*, 42: 865-870.
19. Rajabzadeh, N. 1991. Iranian Flat Bread Evaluation. Iranian Cereal and Bread Research Institute, Publication no.71: 1-50.
20. Ronda, F. Gomes, M. Blanco, C. A. and Caballero, P. A. 2005. Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar free sponge cakes. *Journal of Food Chemistry*, 90: 549-55
21. Sciarini, L. S., Ribotta, P. D., Leon, A. E., & Pérez, G. T. (2012). Incorporation of several additives into gluten free breads: Effect on dough properties and bread quality. *Journal of Food Engineering*, 111(4), 590-597.
22. Shahidia, F. Zhong, Y. 2015. Measurement of antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*, 18: 757-781.
23. Sharma, C., Singh, B., Hussain, S. Z., & Sharma, S. 2017. Investigation of process and product parameters for physicochemical properties of rice and mung bean (Vigna radiata) flour based extruded snacks. *Journal of food science and technology*, 54(6): 1711-1720.
24. Sun, D. 2008. Computer vision technology for food quality evaluation. Academic Press, New York.
25. Thompson, T. 2001. Wheat starch, gliadin and the gluten free diet. *Journal of the American Dietetic Association*, 101: 1456-1459
26. Wronkowska, M., Haros, M., & Soral-Śmietana, M. 2013. Effect of starch substitution by buckwheat flour on gluten-free bread quality. *Food and bioprocess technology*, 6(7): 1820-1827.

(Original Research Paper)

Study of Rheological and Chemical Properties of Gluten-free Brotchen Bread Product by Chia (*Silvia Hispanica*), Teff (*Eragrostis Teff*) and Mung Bean (*Vingna Radiate*)

Shokoofeh Koohi[1], Alireza Faraji[2*], Seyyed Ali Moshashaei[3]

1- MSc Graduated of Food Science and Technology, Faculty of Modern Sciences and Technologies, Pharmaceutical Sciences Branch, Islamic Azad university, Tehran, Iran
2- Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Pharmaceutical Sciences Branch, Islamic Azad university, Tehran, Iran.
3- University of Applied and Technology, Sahar Bread Applied Science Center, Tehran, Iran.

Received:26/09/2017 Accepted:17/03/2018

Abstract

Celiac disease is related to the consumption of gluadenic component of gluten in rye, oat and barley wheat and proline, and is one of the most common food allergies. Since the only way to treat these patients is to use a gluten-free diet, the demand for gluten-free products has increased. Therefore, the aim of this study was to improve the quality and quantity of gluten-free broth bread based on Chia (Salvia hispanica L.), Teff (Eragrostis tef) flour and Mung bean (Vingna Radiate) flour as a complementary compound. For this purpose, 11 treatments with different ratios of these flours were prepared and the technological, texture, visual and sensory properties of the final product were evaluated. The results showed that the highest amount of specific volume, texture softness, and overall acceptability in sensory evaluation were observed in treatment with 30% chia flour, 70% corn starch, without Eragrostis tef flour and vigna radiate flour (treatment No. 1). Meanwhile, the mentioned treatments had the highest amount of moisture, protein, antioxidant, viscosity and the least firmness of the texture and the least amount of color index of L * and b *. On the other hand, the results showed that the sample of with 30% Chia flour and 70% corn starch had the highest total volume of total acceptance. Finally, according to the results of treatment No. 1 (30% Chia flour, 70% corn starch, tef flour and vigna radiate flour (mung)), the best samples were introduced.

Keywords: Celiac, Gluten-free Bread, Chia (Salvia hispanica L.), Teff (Eragrostis tef flou), Mung Bean (Vingna Radiate) Flour, Texture Characteristics, Sensory Characteristics

[*]Corresponding Author: Alireza_ch57@yahoo.com