

اثر استفاده از آرد چیا بر ویژگی‌های تکنولوژیکی و تغذیه‌ای نان حجیم بدون گلوتن

اصغر فرهادی^۱، سید هادی پیغمبردوست^{۲*}، کاظم علیرضالو^۳

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
 ۲- استاد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
 ۳- استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز
 (تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۰۸ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۴/۰۲)

چکیده

استفاده از دانه چیا در محصولات نانویی علاوه بر افزایش ارزش تغذیه‌ای این محصولات می‌تواند به عنوان هیدروکلوئید و جایگزین گلوتن در محصولات بدون گلوتن عمل نماید. هدف از این پژوهش بررسی امکان استفاده از آرد دانه چیا (در مقادیر ۳، ۶، ۹ و ۱۲ درصد وزنی/وزنی آرد) به عنوان افزودنی فراسودمند در تولید نان حجیم بدون گلوتن و بررسی تأثیر آن بر ویژگی‌های تکنولوژیکی (حجم، سفتی بافت، تخلخل و شاخص‌های رنگی)، تغذیه‌ای (پروتئین، چربی، فیبر، خاکستر، ترکیبات فنلی، ترکیبات فلاونوئیدی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی) و حسی نان بدون گلوتن بود. افزایش درصد آرد چیا باعث بهبود ویژگی‌های کیفی نظیر حجم، حجم ویژه و ارتفاع نان شد. نان حاوی ۱۲٪ آرد چیا بیشترین مقدار تخلخل و نمونه شاهد کمترین مقدار تخلخل را نشان داد. با افزایش درصد جایگزینی آرد چیا مقادیر شاخص‌های رنگی روشنی (L) و زردی (b) پوسته و مغز نان کاهش و مقدار قرمزی (a) نسبت به نمونه شاهد به طور معنی‌داری ($p < 0.05$) افزایش یافت. براساس نتایج به دست آمده کمترین سفتی بافت مربوط به نمونه حاوی ۱۲٪ آرد چیا بود و نمونه شاهد بیشترین سفتی را به خود اختصاص داد. فرمولاسیون‌های حاوی آرد چیا در مقایسه با نمونه شاهد دارای مقادیر پروتئین، فیبر، خاکستر و چربی بالاتری بودند. افزایش در مقدار آرد چیا مقدار ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نان را به طور معنی‌داری افزایش داد. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که پذیرش کلی تیمارهای حاوی مقادیر ۳-۹٪ آرد چیا در مقایسه با نمونه شاهد بیشتر بود.

کلید واژگان: چیا، نان، بدون گلوتن، نشاسته ذرت، کیفیت

*مسئول مکاتبات: peighambar دوست@tabrizu.ac.ir

۱- مقدمه

بیماری سلیاک یا انتروپاتی حساس به گلوتن یک انتروپاتی مرتبط با سیستم ایمنی است که به صورت حساسیت دائمی به گلیادین گندم یا سایر پرولامین‌های موجود در غلات در افرادی که از نظر ژنتیکی مستعد هستند، تعریف می‌شود. این بیماری خود را به صورت سوء جذب مواد غذایی و تغییرات مخاطی در روده ی باریک و بهبود سریع این تغییرات بالینی و هیستوپاتولوژیکی بعد از قطع مصرف گلوتن نشان می‌دهد [۱].

از ۳۰ سال قبل تصور می‌شد که سلیاک بیماری نادری است، ولی در طول دو دهه‌ی گذشته عرصه‌جدیدی در اپیدمیولوژی بیماری سلیاک ظهور کرده و الگوی شیوع سلیاک در نواحی مختلف جهان با جزئیات کاملتری از گذشته مشخص شده است. کشور ما ایران نیز از این قاعده مستثنی نیست [۲]. به موازات افزایش بیماران مبتلا به سلیاک دیگر حساسیت‌ها به مصرف گلوتن، تقاضا برای محصولات فاقد گلوتن افزایش یافته است. گلوتن پروتئین ساختاری ضروری محصولات پخت به ویژه نان بوده و فقدان آن در محصولات بدون گلوتن، سبب تولید فرآورده‌ای با بافت شکننده، کم حجم و تخلخل پایینی - شود [۳]. بسیاری از محصولات بدون گلوتن که به فروش می‌رسند، دارای کیفیتو ارزش تغذیه‌ای پایینی هستند، از این رو پژوهشگران با چالش‌بزرگی در فرمولاسیون محصولات نانوبی بدون گلوتن مواجه هستند. چیا (*salvia Hispanica* L.) گیاهی یک ساله و تابستانه متعلق به خانواده نعنائیان است [۴]. این گیاه بومی مناطق جنوبی مکزیک و شمال گواتمالا است و سابقه‌ی کشت آن به هزاران سال قبل برمی‌گردد. دانه چیا به عنوان منبع غنی از پروتئین (۱۸-۲۵٪) و فیبر رژیمی (۲۰-۳۷٪) تلقی می‌شود. همچنین، دانه چیا دارای ۲۱-۳۳٪ روغن است که از این مقدار ۶۰-۶۳٪ آن مربوط به اسید چرب ضروری الفالینولیک اسید است [۵]. دانه‌ی چیا

منبعی غنی از آنتی‌اکسیدان‌های سینرژیک و اصلینظیر فلاونول-ها، کلروژنیک اسید، میرستین، کافئیک اسید، کوئرستین، کامفرول و نیز آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی نظیر فیتواسترول‌ها، توکوفرول‌ها و کاروتنوئیدها بوده که وجود این ترکیبات نقش مهمی در پایین نگه داشتن سطوح اتواکسیداسیون روغن چیا و افزایش زمان ماندگاری آن دارند [۶-۷]. اتحادیه اروپا در سال ۲۰۰۹ چیا را به عنوان غذای جدید تأیید و افزودن آن را تا ۵ درصد به فرمولاسیون نان توصیه نموده است [۸]. از دیگر ترکیبات مهم دانه چیا می‌توان به موسیلاژ این دانه اشاره کرد. به فیبرهای رژیمی محلول در آب دانه‌های چیا، موسیلاژ گفته می‌شود [۹]. موسیلاژ چیا حلالیت بسیار زیادی در آب دارد و تشکیل یک محلول بسیار ویسکوز در غلظت‌های پایین می‌دهد. دانه‌های چیا رشد طبیعی دارند و به طور ژنتیکی از ارگانسمی تغییر یافته و مصنوعی حاصل نمی‌شوند و در نتیجه فاقد گلوتن بوده و می‌توانند توسط مبتلایان به بیماری سلیاک مصرف شوند [۱۰]. مطالعات کمی در خصوص استفاده از دانه چیا در محصولات بدون گلوتن انجام گرفته است. موریرا و همکاران (۲۰۱۳) مقادیر ۷/۵ - ۲/۵٪ آرد چیا را در فرمولاسیون خمیر بدون گلوتن بر پایه آرد نخود بکار بردند. این محققان بیان کردند که افزودن ۷/۵٪ آرد چیا باعث بهبود خواص رئولوژیکی خمیرهای بدون گلوتن می‌شود [۱۱]. کنستانتینی و همکاران (۲۰۱۴) دو گونه گندم سیاه را با ۱۰٪ آرد چیا جایگزین کرده و مشاهده کردند که این عمل باعث افزایش در مقدار پروتئین، فیبر، چربی، خاکستر، ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی شد [۱۲]. استفولانی و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان دادند که جایگزینی ۱۵٪ آرد چیا با آرد برنج در فرمولاسیون نان بدون گلوتن موجب کاهش در حجم ویژه، افزایش در مقدار سفتی و نیز منجر به تیره شدن رنگ نان شد [۱۳]. کوبوتا و روسا (۲۰۱۶) آرد چیا را در مقادیر ۷/۵، ۵، ۲/۵٪ جایگزین آرد برنج و آرد سویا کردند و بیان داشتند که نان حاوی ۲/۵٪ آرد

خشک پس از وزن شدن الک گردید تا به خوبی باهم مخلوط گردند.

سپس آب با ارزیابی تجربی قوام خمیر در محدوده ۱۰۰ - ۱۲۰٪ وزن آرد افزوده شد. خمیر مورد نیاز در مخلوطکن خانگی اسپیرال ۲ کیلوگرمی **Clatronic** مدل **KM3067** تهیه شد. تمامی ترکیبات با سرعت ۴ مخلوطکن به مدت ۶ دقیقه مخلوط شدند. سپس خمیر به میزان ۶۰ گرم وزن شده و در قالب‌های کوچک به ابعاد $۸۰ \times ۴۰ \times ۳۵$ میلی‌متر که دیواره آن‌ها چرب شده بود، ریخته شد. قالب‌ها در محفظه تخمیر در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵٪ به مدت ۴۰ دقیقه قرار داده شد. قالب‌های حاوی خمیر دردمای ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۵ دقیقه در دستگاه فر پخت شدند. برای پخت نان از دستگاه فر پخت نان کارگاهی (ساخت شرکت **VOSS** آلمان) مجهز به محفظه‌های جداگانه تخمیر و پخت با قابلیت تزریق بخار فشرده استفاده شد. پس از سپری شدن مدت فوق، نان‌ها از قالب خارج شده و در دمای اتاق به مدت نیم ساعت خنک شدند.

۲-۳-۳-۲-۲ آزمون های فیزیکی

۲-۳-۳-۲-۱ اندازه‌گیری حجم ویژه و ارتفاع

جهت اندازه‌گیری حجم از روش جابجایی دانه‌های کلزا استفاده شد [۱۵]. در این روش دانه‌های کلزا تا خط نشانه در محفظه فلزی ریخته و حجم آن یادداشت شد. سپس هر یک از نمونه‌های نان قالبی داخل محفظه خالی قرار داده شد و با سرعتیکنواخت دانه کلزا درون آن ریخته و تا خط نشانه پر گردید. باقیمانده دانه‌ها که نشان دهنده اختلاف حجم است، درون استوانه مدرج ریخته و حجم نان بر حسب میلی‌لیتر به دست آمد. برای اندازه‌گیری حجم ویژه دانه‌های حجم نان بدست آمده، به وزن نان تقسیم شد و حجم ویژه برحسب cm^3/g حاصل گردید. جهت اندازه‌گیری ارتفاع پس از انجام برش طولی قرص نان، ارتفاع قسمت تاج نان با خطکش اندازه‌گیری گردید.

چیا از نظر حجم ویژه، افت پخت و جنبه‌های حسی (رنگ، طعم، ظاهر) دارای تفاوت معنی‌داری با نمونه کنترل نبود [۱۴]. با توجه به مطالب ذکرشده، دانه‌های چیا می‌تواند به عنوان یک ترکیب مناسب جهت بهبود ویژگی‌های تکنولوژیکی و تغذیه‌ای نان بدون گلوٹن مورد استفاده قرار گیرد. هدف از این پژوهش، ارائه فرمولاسیونی مناسب برای تولید نان بدون گلوٹن بر پایه نشاسته ذرت بود که در آن مقادیری مشخص از آرد چیا جایگزین نشاسته ذرت شده است و جنبه اقتصادی برای تولید را دارا بوده و همچنین می‌تواند نیاز تغذیه‌ای بیماران سلیاکیز را برطرف نماید.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه

نشاسته ذرت، آرد سویا (با پروتئین ۸/۱۰٪)، چربی ۱/۶۰٪، خاکستر ۰/۷۳ و آرد برنج (با پروتئین ۸/۴۶٪)، چربی ۱/۳۱، خاکستر ۷/۴۳ از شرکت گلها و دانه چیا (با پروتئین ۲۰/۵۲٪، چربی ۳۱/۲۱، خاکستر ۴/۲۶) از شرکت جام نور (محصول کشور پرو) خریداری شد. صمغ زانتان از شرکت رودیا (فرانسه) خریداری شد. مخمر مورد استفاده (ساکارومایسس سروسیه) به شکل پودر مخمرخشک فعال و به صورت بسته‌بندی وکیوم از شرکت دکتر اتکرترکیه و نمک، شکر و روغن مایع از بازار محلی خریداری شد. کلیه مواد شیمیایی مورد نیاز با خلوص تجزیه‌ای از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

۲-۲ پخت نان

فرمولاسیون تیمارهای مختلف مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است. جهت تهیه نان از روش پخت نان حجیم کوچک استفاده شد [۱۵]. بدین ترتیب که در ابتدا تمامی ترکیبات

Table 1 Gluten free formulations containing corn starch, rice flour, soy flour and different levels of chia powder.

	Control	3% Chia	6% Chia	9% Chia	12% Chia
Corn starch(g)	800	770	740	710	680
Chia flour(g)	0	30	60	90	120
Rice flour(g)	100	100	100	100	100
Soy flour(g)	100	100	100	100	100
Xanthan(g)	18	18	18	18	18
CMC(g)	2	2	2	2	2
Salt(g)	15	15	15	15	15
Sugar(g)	60	60	60	60	60
Yeast(g)	20	20	20	20	20

گزینه دودویی نرم افزار تصویر به صورت نقاط تیره و روشن درآمد که محاسبه نسبت نقاط تیره به نقاط روشن به عنوان شاخص مقدار تخلخل نان برآورد شد.

۲-۳-۴-۴- ارزیابی شاخص سفتی

بررسی سفتی بافت مغز نان با استفاده از ماشین آزمون عمومی (اینستران) مجهز به Loadcell 5 N با قطر پروب ۳۶ میلی متر انجام شد. سرعت پیشانی^۱ و چارت به ترتیب ۱۰۰ و ۵۰۰ mm/min (نسبت سرعت چارت به پیشانی ۵:۱) تنظیم گردید. برش‌هایی با ضخامت ۲۵/۴ میلی متر از مغز نان تهیه و تا ۴۰ درصد ارتفاع اولیه فشرده گردید. این آزمون ۲۴ ساعت بعد از پخت نان انجام گرفت [۱۷].

۲-۳-۵- اندازه‌گیری رنگ پوسته و مغز نان

به منظور رنگ سنجی بافت نان از روش عکسبرداری دیجیتال مندرج در بند ۲-۳-۲ استفاده شد. نمونه‌های نان به صورت عرضی با ضخامت ۳ سانتی‌متر درون محفظه تصویر برداری قرار گرفتند. تصاویر بدست آمده به نرم‌افزار فتوشاپ (Adobe Photoshop CC2018) منتقل شد و مولفه‌های رنگ (L, a, b) آن‌ها بدست آمد که در آن L از رنگ سیاه (۰) تا سفید (۱۰۰)، a از سبز (مقادیر منفی تا -۱۲۰) تا قرمز (مقادیر مثبت +۱۲۰)، و b از آبی (مقادیر منفی) تا زرد (مقادیر مثبت) بود [۱۸].

۲-۳-۶- آزمون حسی

برای ارزیابی ویژگی‌های حسی نمونه‌های نان، از روش هدونیک پنج نقطه‌ای استفاده شد. بدین ترتیب که نمونه‌های نان، در روز اول پخت توسط ۱۰ نفر از افراد آموزش دیده از دانشجویان مقاطع تحصیلات تکمیلی گروه علوم و مهندسی

۲-۳-۲- ارزیابی شاخص تخلخل

برای بررسی تخلخل و ریز ساختار مغز نان از روش کونته و همکاران با کمی تغییرات به وسیله پردازش تصویر نرم‌افزار ImageJ استفاده شد [۱۶]. بدین منظور قطعه‌های نان به صورت عرضی به ضخامت ۳ سانتی‌متر بریده شد و سپس درون محفظه تصویر برداری با دیواره سفید به ابعاد ۶۰×۵۰×۵۰ سانتی‌متر که دو لامپ فلورسنت مخصوص با نور سفید درون آن قرار گرفته بود و توزیع نور کاملاً یکنواختی در آن وجود داشت، قرار گرفتند. عکس برداری توسط دوربین دیجیتالی با رزولوشن ۱۲ مگا پیکسل شرکت Canon IXY930IS که در موقعیت عمود بر نمونه (با فاصله ۳۰ سانتی‌متر) قرار داشت، انجام شد.



Fig 1 The image capture and acquisition system.

تصاویر حاصله در کامپیوتر ذخیره و با فعال کردن قسمت ۸ بیت، به صورت تصاویر خاکستری (۸ بیتی) درآمد و سپس با فعال کردن گزینه دودویی نرم افزار تصویر به صورت نقاط تیره و روشن درآمد که محاسبه نسبت نقاط تیره به نقاط روشن به عنوان شاخص مقدار تخلخل نان برآورد شد تصاویر حاصله در کامپیوتر ذخیره و با فعال کردن قسمت ۸ بیت، به صورت تصاویر خاکستری (۸ بیتی) درآمد و سپس با فعال کردن

۷۲۵ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر اسپکتروفتومتر (UV-2100 Unico) ساخت آمریکا بدست آمد. در نهایت مقدار فنل کل بر اساس mg/g اسید گالیک گزارش شد.

۲-۴-۴- اندازه‌گیری ترکیبات فلاونوئیدی

برای اندازه‌گیری ترکیبات فلاونوئیدی از روش رنگ‌سنجی آلومنیوم کلراید استفاده شد [۲۲]. ۰/۵ میلی لیتر از عصاره بدست آمده با میزان ۱/۵ میلی لیتر اتانول ۹۵٪ مخلوط گردید و سپس به محلول حاصل ۰/۱ میلی لیتر آلومنیوم کلراید هگزا هیدرات (ALCl₃.6H₂O) و ۰/۱ میلی لیتر استات پتاسیم (CH₃COOK) و در نهایت ۲/۸ میلی لیتر آب مقطر افزوده شد. سپس به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت و در نهایت مقدار جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۱۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید. در نهایت میزان فلاونوئید کل بر اساس mg/g روتین گزارش شد.

۲-۴-۵- ارزیابی مهار رادیکال‌های آزاد DPPH

برای اندازه‌گیری مهار رادیکال‌های آزاد DPPH ابتدا ۱۰ میلی گرم DPPH در ۲۵ میلی لیتر متانول ۸۰٪ حل شد. سپس ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره نان‌های بدست آمده به لوله آزمایشگاهی افزوده شده و سپس ۲۵۰ میکرولیتر از محلول DPPH آماده شده به لوله آزمایشگاهی حاوی عصاره افزوده شد. در نهایت ۲ میلی لیتر متانول به محلول اضافه شده و توسط میکسر ورتکس همزده شد و سپس به مدت ۲۰ دقیقه در محیط تاریک قرار داده شده و جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد [۲۳]. نمونه شاهد از ترکیب ۲۵۰ میکرولیتر محلول DPPH با ۲/۱ میلی لیتر متانول ۸۰٪ آماده شد. در نهایت مهار رادیکال‌های آزاد DPPH توسط رابطه زیر محاسبه گردید:

$$100 \times \frac{\text{جذب نمونه عصاره} - \text{جذب نمونه کنترل}}{\text{جذب نمونه کنترل}} = \%$$

جذب نمونه کنترل

۲-۴-۵- تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق تاثیر جایگزینی آردچینا به جای نشاسته ذرت فرمولاسیون در ۵ سطح مختلف (صفر، ۳، ۶، ۹، ۱۲) براساس طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز واریانس و مقایسه ی میانگین‌ها به ترتیب با جدول ANOVA و آزمون دانکن (در سطح معنی داری ۵ درصد) توسط نرم افزار SAS نسخه ۴/۹ انجام گرفت. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel صورت گرفت.

صنایع غذایی از لحاظ شاخص‌های رنگ، طعم، بافت و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این آزمون عدد ۱ نشان دهنده پایین ترین امتیاز و عدد ۵ نشان دهنده بالاترین امتیاز بود [۱۷].

۲-۴-۲- اندازه‌گیری ترکیبات تغذیه‌ای نان

۲-۴-۱- ترکیب شیمیایی

مقدار پروتئین نان مطابق روش AACC 46-12، خاکستر نان مطابق روش AACC 08-01 و مقدار فیبر نمونه‌ها مطابق روش AACC 32-10، مقدار چربی نان مطابق روش AACC 10-30 اندازه گیری شد [۱۹]. در نهایت مقدار کربوهیدرات نان با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$(\% \text{خاکستر} + \% \text{پروتئین} + \% \text{فیبر} - \% \text{چربی}) - 100 = \% \text{کربوهیدرات}$$

۲-۴-۲- استخراج عصاره متانولی نان‌ها برای اندازه

گیری ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و فعالیت آنتی

اکسیدانی

جهت استخراج عصاره نان‌ها ابتدا تمامی نان به ضخامت یک سانتی متر برش داده شده و به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۴۰ درجه خشک گردید. سپس نان‌ها با استفاده از آسیاب آزمایشگاهی آسیاب شده و سپس از الک با اندازه مش ۸۰ عبور داده شده و پودر نان بدست آمد. استخراج عصاره نان‌ها با استفاده از محلول متانول ۸۰٪ صورت گرفت. بدین ترتیب که به ازای یک گرم نمونه نان ۱۰ میلی لیتر حلال مورد استفاده قرار گرفت. سپس محلول حاوی نمونه به مدت دو ساعت با استفاده از شیکر با سرعت ۵۰ rpm هم زده شد و در نهایت با استفاده از سانتریفیوژ (دمای ۲۴ و سرعت ۲۶۰۰g و زمان ۱۵ دقیقه) عصاره نان‌ها استخراج و در لوله‌های آزمایشگاهی شیشه‌ای ریخته شد [۲۰].

۲-۴-۳- اندازه‌گیری ترکیبات فنلی

اندازه‌گیری ترکیبات فنلی بر اساس روش سینگلتن و روسی انجام شد [۲۱]. بدین صورت که ابتدا ۰/۲۵ میلی لیتر از عصاره بدست آمده با میزان ۰/۲۵ میلی لیتر از معرف فولین سیوکالچپو (رقیق شده با آب به نسبت ۱:۱) مخلوط شده و سپس ۰/۵ میلی لیتر سدیم کربنات اشیاع (Na₂CO₃) به محلول مورد نظر اضافه شد. در نهایت مقدار ۴ میلی لیتر آب به مخلوط حاصل افزوده شد. محلول حاصل به مدت ۲۵ دقیقه در دمای اتاق در حالت سکون قرار گرفت. مقدار جذب نمونه‌ها در طول موج

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ارزیابی های فیزیکی

۳-۱-۱- حجم، حجم ویژه و ارتفاع

حجم به عنوان یک پارامتر کیفی نشان دهنده توانایی خمیر در نگهداری گاز CO₂ و متسع شدن آن در طی پخت است [۲۴]. بر طبق نتایج جدول ۲ به طور کلی نمونه های حاوی آرد چیا نسبت به نمونه شاهد حجم، حجم ویژه و ارتفاع بیشتری داشتند و نمونه حاوی ۱۲ درصد آرد چیا بیشترین حجم، حجم ویژه و ارتفاع و نمونه فاقد آرد چیا (شاهد) کمترین حجم، حجم ویژه و ارتفاع را نشان داد. افزایش شاخص حجم احتمالاً

ناشی از موسیلاژ موجود در دانه چیا است که حاوی ترکیباتی نظیر زایلوز، گلوکز و اسید گلوکونیک بوده و حضور این ترکیبات باعث افزایش حجم نمونه های نان گردید [۲۵]. بهبود حجم ویژه نان های بدون گلوتن تهیه شده از نشاسته برنج با افزودن پکتین، کربوکسی متیل سلولز، آگار، زانتان و بتاگلوکان جو دوسر قبلاً مورد پژوهش قرار گرفته است [۲۶]. کستانتینی و همکاران با بررسی اثرات جایگزینی آرد چیا با آرد گندم سیاه در فرمولاسیون نان بدون گلوتن بیان کردند که افزایش آرد چیا منجر به افزایش حجم و حجم ویژه نمونه های تولیدی می گردد [۱۲].

Table 2 Volume, specific volume and height of gluten-free breads.

Hardness(N)	Porosity (%)	Height (mm)	Specific volume (ml/g)	Volume (ml)	Samples
0.283± 0.06 a	23.87± 0.99 e	48.3± 1 e	2.62± 0.03 e	120.3± 4 e	Control
0.257± 0.07 b	24.89± 0.89 d	49.6± 2 d	2.69± 0.02 d	123.0± 3 d	3% Chia
0.235± 0.04 c	26.69± 0.65 c	51.0± 2 c	2.75± 0.03 c	125.6± 2 c	6% Chia
0.217± 0.09 d	27.92± 0.82 b	52.3± 1 b	2.82± 0.05 b	128.6± 4 b	9% Chia
0.206± 0.06 e	30.28± 0.43 a	54.0± 1 a	2.90± 0.02 a	132.0± 3 a	12% Chia

* Different letters in the same column represent significant differences ($p < 0.05$) between means.

۳-۱-۲- تخلخل

در جدول ۲ مقدار تخلخل تیمارهای مختلف آورده شده است. با افزایش مقدار آرد چیا در فرمولاسیون نان های بدون گلوتن درصد تخلخل در تمامی تیمارها به طور معناداری ($p < 0.05$) در مقایسه با نمونه شاهد یافت. بالاترین تخلخل مربوط به نمونه حاوی ۱۲٪ آرد چیا و کمترین درصد تخلخل مربوط به نمونه شاهد بود. علت افزایش تخلخل را می توان به حجم بیشتر نمونه های حاوی چیا در مقایسه با نمونه شاهد نسبت داد. افزایش نسبت آرد چیا در فرمولاسیون باعث افزایش حجم نمونه ها شده و به تبع آن باعث افزایش تخلخل نان گردید. داریا رومانکیویز و همکاران با مطالعه در مورد نان گندمغنی شده با آرد چیا بیان داشتند که افزایش آرد چیا سبب افزایش کمی در تخلخل نمونه ها گردید [۲۷]. مالگورزاتا و همکاران به بررسی اثرات افزودن سطوح مختلف گندم سیاه در فرمولاسیون نان بدون گلوتن پرداخته و بیان کردند که افزودن گندم سیاه باعث افزایش تخلخل نمونه ها شد [۲۸].

۳-۱-۳- سفتی

نتایج حاصل از تعیین سفتی نمونه های آزمایشی بعد از

۲۴ ساعت پخت در جدول ۲ آورده شده است. نمونه شاهد بالاترین سفتی و نمونه حاوی ۱۲٪ آرد چیا نرم ترین بافت مغز را ارائه داد. علت نرمی بافت نمونه های حاوی آرد چیا را می توان به حجم بالاتر تیمارهای حاوی آرد چیا نسبت داد (جدول ۲). با توجه به نتایج تیمارهایی که حجم بالایی داشتند، از بافت مغز نرمتری برخوردار بودند، در نتیجه یک ارتباط منفی بین حجم و سفتی بافت مغز نان مشاهده شد. نان های با حجم کوچکتر (مغز تراکم تر) عموماً سفتی مغز بیشتری هم دارند [۲۹]، و سفتی خیلی زیاد منعکس کننده حجم خیلی کم نمونه هاست [۳۰]. گالاگروه همکاران طی مطالعه خود بین حجم قرص نان بدون گلوتن و سفتی مغز ارتباطی قوی بدست آوردند [۳۱]. داریا رومانکیویز و همکاران نیز در تحقیقی که در خصوص اثر سطوح مختلف چیا روی خصوصیات کیفی و فیزیکی شیمیایی نان داشتند، به این نتیجه رسیدند که افزودن آرد چیا سبب کاهش سفتی بافت مغز نان گردید [۲۸].

۳-۱-۴- رنگ

دارای تفاوت معنی‌داری ($p < 0.05$) بودند. مقدار آرد چیا موجود در فرمولاسیون باعث ایجاد تغییرات رنگ محسوسی در پارامترهای رنگی پوسته و مغز نان شد.

نتایج حاصل از ارزیابی پارامترهای رنگی پوسته و مغز در نمونه های آزمایشی در جدول ۳ آورده شده است. پارامترهای رنگی پوسته و مغز نان کنترل با نان‌های حاوی سطوح مختلف آرد چیا

Table 3 Crumb and crust color of gluten-free breads.

Color of crumb			Color of crust			
b	a	L	b	a	L	
30.26±1.80a	1.50±0.12d	71.57±2.86a	32.84±1.41a	10.19±0.74d	61.46±3.27a	Control
26.81±2.09b	2.54±0.49c	66.38±1.32b	29.71±1.03b	11.46±0.63dc	58.21±2.43b	3% Chia
23.97±0.97c	2.90±0.37bc	63.84±2.48c	27.47±3.24c	12.74±1.08bc	57.30±1.98b	6% Chia
21.08±1.29d	3.35±0.71ab	60.12±1.56d	26.1±1.96dc	13.77±0.71ab	52.09±3.85c	9% Chia
19.41±1.73d	3.55±0.27a	58.36±3.04d	24.63±2.15d	14.71±0.82a	49.30±2.62d	12% Chia

* Different letters in the same column represent significant differences ($p < 0.05$) between means.

که افزایش در مقدار آرد چیا باعث کاهش در روشنی و زردی و افزایش در قرمزی نمونه‌ها شد [۲۷]. کستانتینی و همکاران نیز با مطالعه بر روی فرمولاسیون نان‌های بدون گلوتن حاوی گندم سیاه و آرد چیا بیان کردند که افزایش آرد چیا باعث کاهش در میزان روشنی و افزایش در قرمزی نمونه‌ها شد [۱۲]. براساس مطالعات کونولهو و سالاس‌ملاد و در مورد نان گندم غنی شده با آرد دانه چیا، افزایش درصد آرد چیا منجر به کاهش روشنی نمونه‌های نان شد [۳۲]. هورتا و همکاران اثرات جایگزینی آرد چیا در سطوح مختلف فرمولاسیون نان بدون گلوتن را بررسی و گزارش کردند که افزودن چیا باعث کاهش روشنی پوسته و مغز نان گردید [۳۳].

همان‌طور که مشاهده می‌شود افزودن آرد چیا باعث کاهش در روشنی (L) و زردی (b) و افزایش در قرمزی (a) پوسته نمونه‌های نان شد. نتایج ارزیابی پارامترهای رنگی در مورد رنگ مغز نان نیز حاکی از این بود که افزودن آرد چیا به طور معنی‌داری ($p < 0.05$) باعث کاهش روشنی (L) و زردی (b) افزایش در قرمزی (a) مغز نان‌ها گردید. در واقع می‌توان گفت احتمالاً با افزایش درصد آرد چیا به واسطه محتوی پروتئین بالای چیا و مشارکت آن در واکنش قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی میلارد همراه با شکر موجود در فرمولاسیون، رنگ پوسته تیمارهای حاوی آرد چیا تیره‌تر شد. داریا رومانکیویز و همکاران با مطالعه روی نان‌های حاوی سطوح مختلف آرد چیا بیان داشتند

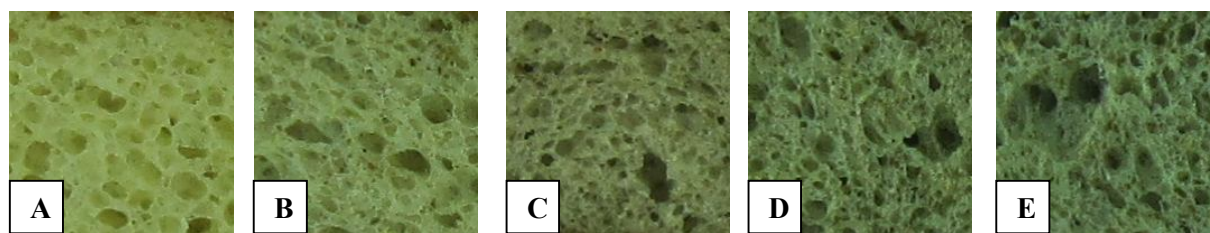


Fig 2 Experimental bread slices and crumb structure: Control (A), 3 % Chia (B), 6 % Chia (C), 9 % Chia (D), 12 % chia (E).

اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$) بین تیمارهای آزمایشی مشاهده شد. داریا رومانکیویز و همکاران (۲۰۱۷) با مطالعه بر تولید نان گندم غنی شده با آرد چیا بیان داشتند که آرد چیا سبب افزایش محتوای پروتئین نمونه‌ها گردید [۲۷]. کستانتینی و همکاران نیز بیان کردند که افزایش مقدار آرد چیا در فرمولاسیون نان بدون گلوتن بر پایه گندم سیاه باعث افزایش محتوی پروتئین نمونه‌ها می‌گردد [۱۲].

۳-۲- ارزیابی ترکیبات تغذیه‌ای

۳-۲-۱- ترکیب شیمیایی

۳-۲-۱-۱- پروتئین

طبق نتایج حاصل از آزمون‌های شیمیایی نمونه‌های نان تهیه شده (جدول ۴) با افزایش درصد جایگزینی آرد چیا، محتوای پروتئینی نمونه‌ها افزایش یافت، همان‌گونه که انتظار می‌رفت

Table 4 Chemical composition (g/100 g of dry weight) of experimental bread samples.

Carbohydrate (%)	Fiber (%)	Protein (%)	Lipid (%)	Ash (%)	samples
92.26	0.67± 0.04 e	5.76± 0.20 e	0.46± 0.01 e	0.85± 0.03 e	Control
90.23	1.37± 0.11 d	6.09± 0.12 d	1.27± 0.03 d	1.04± 0.02 d	3% Chia
88.06	2.00± 0.09 c	6.54± 0.14 c	2.27± 0.02 c	1.13± 0.01 c	6% Chia
85.5	2.98± 0.11 b	7.34± 0.11 b	2.92± 0.05 b	1.26± 0.02 b	9% Chia
83.53	3.45± 0.14 a	7.68± 0.06 a	3.90± 0.05 a	1.44± 0.01 a	12% Chia

* Different letters in the same column represent significant differences ($p < 0.05$) between means

مقدار خاکستر در نمونه حاوی ۱۲٪ آرد چیا مشاهده شد. نتایج کستانتینی و همکاران نیز نشان داد که افزودن دانه چیا باعث افزایش خاکستر نان شد [۱۲]. داریا و رومانکیویز و همکاران با مطالعه بر روی تولید نان گندم غنی شده با آرد چیا بیان داشتند که آرد چیا سبب افزایش خاکستر نمونه‌ها گردید [۲۷]. براساس مطالعات کوئولو و سالاس ملادو در مورد نان گندم غنی شده با آرد چیا، افزایش درصد آرد چیا منجر به افزایش خاکستر نمونه‌های نان تولیدی شد [۳۲].

۳-۲-۲- ترکیبات فنلی

نتایج تأثیر سطوح مختلف آرد چیا بر مقدار ترکیبات فنلی نمونه‌ها در شکل ۳ آمده است.

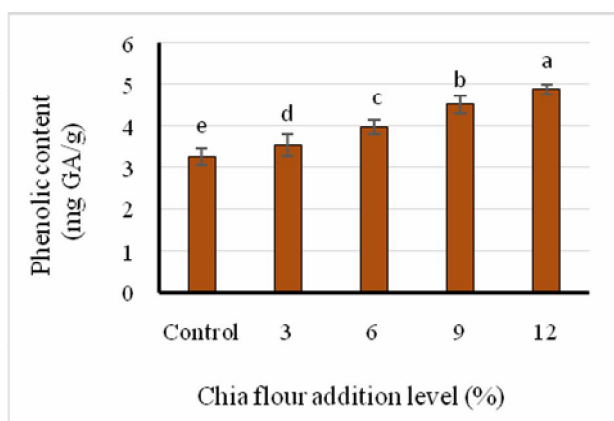


Fig 3 Totalphenolic content of bread samples with different levels of chia powder.

Data are mean of triplicate measurements (n=3).

Error bars indicate SD values. Different letters indicate significant ($p < 0.05$) difference between means.

افزایش مقدار آرد چیا در فرمولاسیون نان‌ها رابطه مستقیمی با مقدار ترکیبات فنلی نشان داد. بدین معنی که افزایش مقدار جایگزینی آرد چیا در فرمولاسیون به طور معنی‌داری بالاترین مقدار مربوط به تیمار حاوی ۱۲ درصد آرد چیا با ۴/۸۹ mg و کمترین مقدار مربوط به نان شاهد با ۳/۲۷ mg بود.

۳-۲-۱- چربی

در جدول ۴، تأثیر سطوح مختلف آرد چیا بر مقادیر چربی نان بررسی گردیده است. افزایش درصد جایگزینی آرد چیا سبب افزایش معنی‌دار ($P < 0.05$) چربی نمونه‌ها نسبت به تیمار شاهد گردید، که علت این امر بالا بودن مقادیر چربی (۳۱/۲۱ درصد) ترکیب‌دانه‌های چیا بود. کستانتینی و همکاران (۲۰۱۴) نیز بیان کردند که نسبت اسیدهای چرب غیر اشباع به اسیدهای چرب اشباع در آرد چیا ۸ به ۱ است. که ناشی از مقادیر بسیار زیاد الفالیونولیک اسید در ترکیب آرد چیا بوده و افزودن این ترکیب در فرمولاسیون نان باعث افزایش محتوای چربی و به ویژه الفالیونولیک اسید نان شد [۱۲]. سارگی و همکاران نیز گزارش کردند که دانه چیا یکی از بهترین منابع آلفالیونولیک اسید بوده و در مقایسه با منابع گیاهی دیگر دارای مقادیر بالاتری از اسیدهای چرب ضروری امگا ۳ می باشد [۳۴]. پیزارو و همکاران نیز بیان کردند که افزودن ۱۵ درصد آرد چیا در فرمولاسیون کیک باعث افزایش میزان چربی نمونه‌های کیک شد [۳۵].

۳-۲-۱- فیبر

نتایج جدول ۴ نشان داد که افزایش درصد آرد چیا در فرمولاسیون تا ۱۲٪ باعث افزایش بیش از ۵ برابری مقدار فیبر (از ۰/۶۷٪ برای نمونه شاهد تا ۳/۴۵٪ برای تیمار حاوی ۱۲٪ آرد چیا) گردید. نتایج بدست آمده مطابق با نتایج بدست آمده توسط راندون و همکاران بود که نشان دادند مقدار فیبر در نان‌های حاوی ۱۰ درصد آرد چیا ۳۰٪ بیشتر از نمونه شاهد بود [۳۶]. کستانتینی و همکاران نیز بیان کردند افزایش جایگزینی آرد چیا به جای گندم سیاه تا ۱۰ درصد باعث افزایش بیش از دو برابر فیبر نان شد [۱۲].

۳-۲-۱- خاکستر

افزایش درصد جایگزینی آرد چیا سبب افزایش معنی‌دار ($p < 0.05$) خاکستر نمونه‌ها نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۴). علت این امر بالا بودن مواد معدنی در ترکیب آرد چیا است. کمترین مقدار خاکستر مربوط به تیمار شاهد و بیشترین

مقدار فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه ها می شود [۲۰]. این محققان علت افزایش در فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه های نان را غنی بودن گندم سیاه از ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی به ویژه روتین و کوئرستین عنوان کردند.

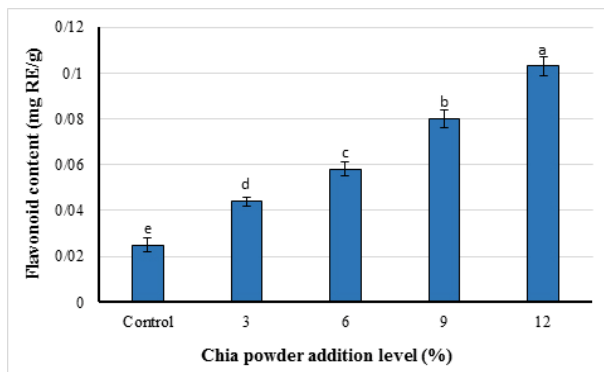


Fig 4 Total flavonoid content of bread samples with different levels of chia powder.

Data are mean of triplicate measurements (n=3). Error bars indicate SD values. Different letters indicate significant ($p < 0.05$) difference between means.

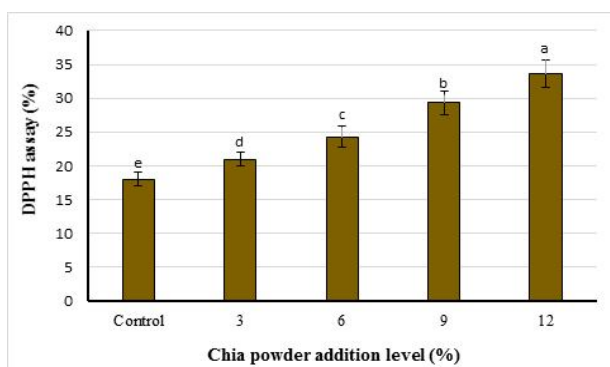


Fig 5 Total antioxidant capacity content of bread samples with different levels of chia powder.

Data are mean of triplicate measurements (n=3). Error bars indicate SD values. Different letters indicate significant ($p < 0.05$) difference between means.

۳-۳-۳- نتایج ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی شاخص های حسی نان های بدون گلوتن حاوی درصد های مختلف آرد چیا در شکل ۶ نشان داده شده است. طبق شکل ۶، نمونه شاهد از بیشترین امتیاز حسی رنگ و نمونه حاوی ۱۲٪ آرد چیا از کمترین امتیاز برخوردار بودند. سطوح مختلف آرد چیا موجب کاهش امتیاز حسی رنگ نمونه ها در مقایسه با نمونه شاهد گردید. علت را می توان به تیره شدن بیش از اندازه رنگ پوسته نان های بدون گلوتن نسبت داد. با توجه به تشدید واکنش میلارد به واسطه محتوای

نتایج اندازه گیری ترکیبات فنلی موجود در خود پودر دانه های چیا نشان داد که دانه چیا دارای ۱۳۶۷ mg GA/g است. بنابراین علت مقادیر بالای ترکیبات فنلی در نان های بدون گلوتن حاوی آرد چیا را می توان به مقادیر بالای ترکیبات فنلی در دانه چیا نسبت داد. کستانتینی و همکاران نشان دادند که افزودن آرد چیا به نان گندم باعث افزایش در محتوای ترکیبات فنلی نان ها گردید [۱۲].

افزایش محتوای ترکیبات فنلی نان های بدون گلوتن با استفاده از آرد گندم سیاه نیز گزارش شده است [۲۰].

۳-۲-۳- ترکیبات فلاونوئیدی

نتایج تأثیر جایگزینی آرد چیا در سطوح مختلف بر محتوای ترکیبات فلاونوئیدی نان های بدون گلوتن در شکل ۴ آورده شده است. همانطور که از جدول ملاحظه می شود افزایش درصد آرد چیا در فرمولاسیون منجر به افزایش ترکیبات فلاونوئیدی گردید. بالاترین مقدار ترکیبات فلاونوئیدی در نمونه حاوی ۱۲٪ آرد چیا با مقدار ۰/۱۰۳ mg RE/g و کمترین مقدار در نمونه شاهد با مقدار ۰/۰۲۵ mg RE/g مشاهده گردید. علت مقادیر بالای فلاونوئید در نمونه های دارای آرد چیا ناشی از مقادیر بالای ترکیبات فلاونوئیدی در دانه چیا (۱/۲۴ mg RE/g) بود. جوانا و همکاران با بررسی میزان ترکیبات فلاونوئیدی نان های غنی شده با شبه غلات دریافتند که نمونه های حاوی شبه غلات دارای مقادیر بالاتری ترکیبات فلاونوئیدی می باشند [۳۷].

۳-۲-۴- درصد مهار رادیکال های آزاد DPPH

نتایج تأثیر جایگزینی آرد گندم سیاه در سطوح مختلف بر فعالیت بازدارندگی رادیکال های آزاد در نان های بدون گلوتن در شکل ۵ آورده شده است. نتایج نشان داد که افزودن آرد چیا باعث افزایش درصد مهار رادیکال های آزاد گردید. بالاترین قدرت بازدارندگی مربوط به نمونه ۱۲٪ آرد چیا با ۳۳/۶٪ و کمترین درصد بازدارندگی مربوط به نمونه شاهد با ۱۸٪ بود. می توان علت قدرت مهارکنندگی بالای نمونه های حاوی آرد چیا را به محتوای بالای آنتی اکسیدان های سینرژیک و اصلی نظیر فلاونولها، کلروژنیک اسید، میرستین، کافئیک اسید، کوئرستین، کامفرول و نیز آنتی اکسیدان های طبیعی نظیر فیتواسترولها، توکوفرولها و کاروتنوئیدها در دانه چیا نسبت داد [۶-۷]. ورونکووسکا و همکاران بیان کردند که افزایش میزان گندم سیاه در فرمولاسیون نان بدون گلوتن باعث افزایش

حسی محصول مشخص گردید. نتایج نشان داد آرد چیا سبب افزایش حجم و تخلخل نمونه‌ها گردید. بیشترین سفتی مغز نان مربوط به نمونه شاهد و کمترین سفتی مربوط به نمونه حاوی ۱۲٪ آرد چیا بود. جایگزینی آرد چیا در فرمولاسیون نان بدون گلوتن باعث کاهش روشنی (L) و زردی (b) و افزایش قرمزی (a) پوسته و مغز نان بدون گلوتن گردید. افزایش سطح آرد چیا سبب بالا رفتن محتوای پروتئین، فیبر، چربی و مواد معدنی، ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها شد. بر اساس نتایج بدست آمده از ارزیابی حسی نمونه‌ها، نمونه حاوی ۶٪ آرد چیا دارای مقبولیت بیشتری از نظر ارزیاب‌ها داشت.

۵- منابع

- [1] Green, P.H., Jabri B.(2003). Coeliac disease. *Lancet*; 362: 383-391.
- [2] Shahbazkhani, B., Malekzadeh, R., Sotoudeh, M.(2003). High prevalence of celiac disease in apparently healthy Iranian blood donors. *European Journal of Gastroenterology & Hepatology*, 15: 1-4.
- [3] Gallagher, E., Gormley, T.R., and Arendt, E.K.(2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends Food Sci. Technol.* 15: 143-152.
- [4] Ayerza, R., & Coates, W. (2011). Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to determine the origin of commercially grown chia (*Salvia hispanica* L.). *Industrial Crops and Products*, 34: 1366-1371
- [5] PorrásLoaiza, P., Jiménez-Munguía, M., SosaMorales, M., Palou, E., & López-Malo A. (2014). Physical properties, chemical characterization and fatty acid composition of Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *International Journal of Food Science and Technology*, 49, 571–577.
- [6] Damanafshan, P., Salehifar, M., GhiassiTarzi, B. and Bakhoda, H. (2012). Investigating the effect of fat alternatives with inulin on the physical and rheological characteristics of dough and cake. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*. 5(1): 1-6. (InFarsi)
- [7] Dekhoda, M., Khodaiyan, F. and Movahhed, S. (2015). Effect of isomalt and maltitol on quality and sensory properties of sponge cake. *Journal of Biosystem Engineering*. 46(2): 147-

بالای پروتئین آرد چیا رنگ پوسته نان های حاوی آرد چیا تیره‌تر از رنگ پوسته نمونه شاهد بود. سانداری و همکاران نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند [۳۸].

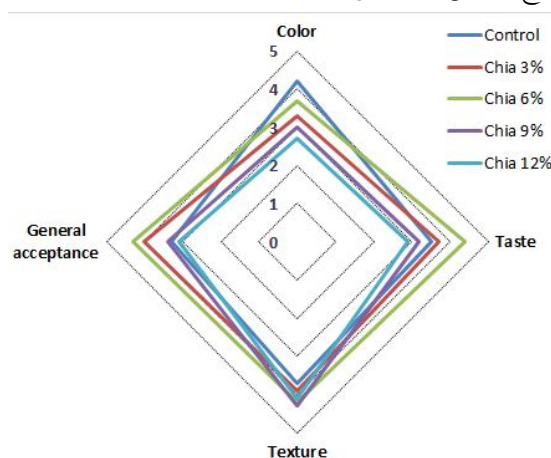


Fig 6 Sensory scores of gluten-free breads containing different levels of chia powder

طعم نان بسته به مواد موجود در آن متفاوت خواهد بود و بسته به ذائقه‌ی افراد، میزان پذیرش آن نیز متفاوت خواهد بود. بیشترین و کمترین امتیاز حسی که توسط داوران به عطر و طعم نان داده شد به ترتیب مربوط به نمونه‌های ۶٪ آرد چیا و ۱۲٪ آرد چیا بود. با توجه به ترکیبات موجود در دانه چیا، افزودن دانه چیا تا ۶ درصد باعث بهبود طعم نان‌ها شد، اما افزایش بیش از ۶ درصد باعث کاهش امتیاز حسی نمونه‌ها گردید. طبق جدول ۶، نمونه حاوی ۶٪ آرد چیا بیشترین امتیاز حسی بافت از لحاظ قابلیت جویدن اما نمونه شاهد از کمترین امتیاز برخوردار بودند. افزایش مقدار آرد چیا در فرمولاسیون نان بدون گلوتن موجب افزایش امتیاز حسی بافت نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد گردید. نتیجه حاصل را می‌توان به نقش موثر چربی در بهبود بافت محصول نسبت داد. همچنین افزودن چیتا تا ۹٪ موجب افزایش امتیاز پذیرش کلی نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد گردید. به طوری که نمونه ۶٪ دارای بیشترین امتیاز پذیرش کلی و نمونه ۱۲٪ دارای کمترین امتیاز بودند. بنابراین می‌توان گفت که تیمارهای حاوی آرد چیا در درصدهای پایین (۳٪ و ۶٪) دارای مقبولیت بیشتری از نظر ارزیاب‌ها بوده است.

۴- نتیجه گیری

به طور کلی، در آزمایش های انجام شده بر نان بدون گلوتن، تأثیر مثبت آرد چیا بر ویژگی‌های تکنولوژیکی، تغذیه‌ای و

- Journal of Cereal Science. 69, 174-181.
- [18] McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. American Society for Horticultural Science, 27(12), 1254-1255.
- [19] AACC. 2000. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of the AACC, (10th Ed.).
- [20] Wronkowska, M., Zielinska, D., Szawara-Nowak, D., Troszynka, A., & Soral-Smietana, M. (2010). Antioxidative and reducing capacity, macroelements content and sensorial properties of buckwheat enhanced gluten-free bread. International Journal of Food Science and Technology, 45, 1993-2000.
- [21] Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 16, 144-158.
- [22] Qin, P., Wang, Q., Shan, F., Hou, Z., & Ren, G. (2010). Nutritional composition and flavonoids content of flour from different buckwheat cultivars. International Journal of Food Science & Technology, 45, 951-958.
- [23] Brand-Williams, W., Cuvelier, E. & Berset, C.M. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food Science and Technology, 28, 25-30.
- [24] Nunes, M.H.B., Moore, M.M., Ryan, L.A.M., and Arendt, E.K. (2009). Impact of emulsifiers on the quality and rheological properties of gluten-free breads and batters. European Food Research and Technology, 228: 633-642.
- [25] Muñoz, L. A., Aguilera, J. M., Rodriguez Turienzo, L., Cobos, A., & Diaz, O. (2012). Characterization and microstructure of films made from mucilage of *Salvia hispanica* and whey protein concentrate. Journal of Food Engineering, 111, 511-518.
- [26] Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., & Biliaderis, C.G. (2007). Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. Journal of Food Engineering, 79, 1033-1047.
- [27] Romankiewicz, D., Hassoon, W.H., Cacak-Pietrzak, G., Sobczyk, M., Wirkowska-Wojdyla, A., Ceglińska, and Dziki D. (2017). The Effect of Chia Seeds (*Salvia hispanica* L.) Addition on Quality and Nutritional Value of Wheat Bread. Journal of Food Quality, Volume 2017, Article ID 7352631, 7 pages.
- [28] Małgorzata, W., Monika, H., & Maria S. 155. (In Farsi)
- [8] Iglesias-Puig, E., and Haros, M. (2013). Evaluation of performance of dough and bread incorporating Chia (*Salvia hispanica* L.). European Food Research and Technology. 237: 1-10.
- [9] Marineli, R. S., Moraes, E. A., Lenquiste, S. A., Godoy, A. T., Eberlin, M. N. and Marostica, M. R. (2014). Chemical characterization and antioxidant potential of Chilean Chia seeds and oil (*Salvia hispanica* L.). Food Science and Technology. 59: 1304-1310.
- [10] Borneo, R., Aguirre, A. and Leon, A. E. (2010). Chia (*Salvia hispanica* L.) gel can be used as egg or oil replacer in cake formulations. Journal of the American Dietetic Association, 110(6): 946-949.
- [11] Moreira, R., Chenlo, F., & Torres, M. (2013). Effect of chia (*Salvia hispanica* L.) and hydrocolloids on the rheology of gluten free doughs based on chestnut flour. LWT-Food Science and Technology, 50, 160-166.
- [12] Costantini, L., Luksic, L., Molinari, R., Kreft, I., Bonafaccia, G., Manzi, L., & Merendino, N. (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.
- [13] Steffolani, E., delaHera, E., Perez G., & Gomez M. (2014). Effect of chia (*Salvia hispanica* L.) addition on the quality of glutenfree bread. Journal of Food Quality, 37, 309-317.
- [14] Huerta, K., Alves, J., Silva, A., Kubota, E., & Rosa, C. (2016). Sensory response and physical characteristics of gluten-free and gum-free bread with chia flour. Food Science and Technology, 36, 15-18.
- [15] Ebrahimpour, N., Peighambaroust, S.H. and Azadmard-Damirchi, S. (2010). Effect of pectin Guar and Carrageenan on the quality of gluten-free bread. Journal of Food Technology Research, 20/3(2), 85-98 [in Farsi].
- [16] Conte, P., Del Caro, A., Balestra, F., Piga, A., Fadda, C. (2018). Bee pollen as a functional ingredient in gluten-free bread: A physical-chemical, technological and sensory approach. LWT - Food Science and Technology 90: 1-7.
- [17] Gulsum, M., Hulya, C., Seher K., Sebnem, T. (2016). Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality.

- [34] Sargi, S. C., Silva, B. C., Santos, H. M. C., Montanher, P. F., Boeing, J. S., Júnior, O. O. S., et al. (2013). Antioxidant capacity and chemical composition in seeds rich in omega-3: Chia, flax, and Perilla. *Food Science and Technology*, 33, 541–548.
- [35] Pizarro, P. L., Almeida, E. L., Sarmán, N. C., & Chang, Y. K. (2013). Evaluation of whole chia (*Salvia Hispanica* L.) flour and hydrogenated vegetable fat in poundcake. *LWT – Food Science and Technology*, 54, 73–79.
- [36] Rendón-Villalobos, R., Ortíz-Sánchez, A., Solorza-Feria, J., & Trujillo-Hernández, C. A. (2012). Formulation, physicochemical, nutritional and sensorial evaluation of corn tortillas supplemented with chia seed (*Salvia hispanica* L.). *Czech Journal of Food Science*, 30, 118–125.
- [37] Joanna, C., Pawel, P., Shela, G., Aneta, J., Pawel, Z. 2012. Total phenolic and total flavonoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of pseudocereal breads. *LWT-Food Science and Technology*, 46, 548-555.
- [38] Sandri, L.T.B., Santos, F.G., Fratelli, C., Capriles, V.D. (2017). Development of gluten-free bread formulations containing whole chia flour with acceptable sensory properties. *Food Science and Nutrition*; 5:1021–1028.
- (2012). Effect of Starch Substitution by Buckwheat Flour on Gluten-Free Bread Quality. *Food Bioprocessing Technology*, 95, 51-60.
- [29] Gujral, H.S., Guardiola, I., Carbonell, J.V., and Rosell, C.M. (2003). Effect of cyclodextrinase on dough rheology and bread quality from rice flour. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 3814-3818.
- [30] Schober, T.J., Bean, S.R., and Boyle, D.L. (2007). Gluten-free sorghum bread improved by sourdough fermentation: Biochemical, rheological, and microstructural background. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 5137-5146.
- [31] Gallagher, E., Gormley, T. R., and Arendt, E. K. (2004). Recent advances in the formulation of gluten free cereal based. *Food Science and Technology*, 15: 143-152.
- [32] Coelho Myriam, M.S., Salas-Mellado, D.M. (2015). Effects of substituting chia (*Salvia hispanica* L.) flour or seeds for wheat flour on the quality of the bread. *Food Science and Technology*, 60: 729-736.
- [33] Huerta, K., Soquetta, M., Alves, J., Stefanello, R., Kubota, E. and Rosa, C. S. (2018). Effect of flour chia (*Salvia hispanica* L.) as a partial substitute gum in gluten free breads. *International Food Research Journal* 25(2): 755-761.

The Effect of Chia Flour on the Technological and Nutritional Features of Gluten-Free Bread

Farhadi, A.¹, Peighambardoust, S. H.^{2*}, Alirezalou, K.³

1. MSc. graduated, Department of Food Science, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2. Professor of Food Technology, Department of Food Science, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
3. Assistant Professor, Department of Food Science, Ahar Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Ahar, Iran

(Received: 2019/01/28 Accepted: 2019/06/23)

The use of Chia seed in bakery products, in addition to increasing the nutritional value of these products, can act as a hydrocolloid and gluten substitute in gluten-free products. The aim of this study was to explore the use of Chia flour (at weight concentration of 3, 6, 9, and 12%, based on flour) as a functional ingredient in gluten-free (GF) breadmaking and to evaluate its impact on the technological (volume, hardness, porosity and color), nutritional (protein, lipid, fiber, ash, phenolic content, flavonoid content and antioxidant activity) and sensory properties of the obtained loaves. Increasing levels of Chia supplementation improved technological features of GF breads such as volume, specific volume and loaf height. Breads containing 12% Chia powder showed the highest porosity, whereas the control showed the least porosity. By increasing the percentage of Chia powder, the brightness (L) and yellowness (b) values of the crust and crumb decreased and redness (a) value increased significantly ($p < 0.05$) compared to those of control. The lowest and highest hardness values were found in 12% Chia bread and control, respectively. Results indicated that breads incorporating Chia flour showed higher amounts of protein, fiber, ash and lipid. Increasing levels of Chia led to a significant ($P < 0.05$) increase in phenolic and flavonoid contents. Furthermore, the overall sensorial acceptability of GF breads containing 3% and 9% Chia flour was higher than that of control.

Keywords: Chia, Gluten free; Bread, Corn starch, Quality

* Corresponding Author E-Mail Address: peighambardoust@tabrizu.ac.ir