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 نانوایی علاوه بر افزایش ارزش تغذیه ای این محصولات می‌تواند به عنوان هیدروکلوئید وجایگزین گلوتن در محصولات بدون گلوتن عمل نماید.هدف از اینپژوهش بررسی امکان استفاده ازآرددانه چیا (در مقادیر ۳، ٦، ۹ و ۱۲ درصد وزنی/وزنی آرد) به عنوان افزودنیفراسودمند در تولیدنان حجیمبدون گلوتن و بررسی تأثیر آن بر ویژگی‌هایتکنولوژیکی(حجم، سفتی بافت، تخلخل و شاخص‌های رنگی)، تغذیه‌ای (پروتئین، چربی، فیبر، خاکستر، ترکیبات فنلی، ترکیبات فلاونوئیدی و فعالیت آنتی اکسیدانی) 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 مقدارتخلخل و نمونه شاهدکمترین 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 به‌طور 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 شاهددارایمقادیر پروتئین، فیبر، خاکستر و چربی بالاتری بودند. افزایش در مقدار آرد چیامقدار ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و فعالیت آنتی اکسیدانی 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: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-14]

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]. از۳۰ سال قبل تصور می‌شد که سلیاک بیماری نادری است، ولی در طول دو دهه‌ی گذشته عرصه‌جدیدی در اپیدمیولوژی بیماری سلیاک ظهورکرده و الگوی شیوع سلیاک در نواحی مختلف جهان با جزئیات کاملتری ازگذشته مشخص شده است. کشور ما ایران نیز از این قاعده مستثنی نیست[۲]. به موازات افزایش بیماران مبتلا به سلیاکیا 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 پایینمی-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 نانوایی بدون گلوتن مواجه هستند. چیا (*salvia Hispanica L.*)گیاهی یک ساله و تابستانه متعلق به خانواده نعناییان است[٤]. 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 ۳۳-۲۱ ٪ روغن است که از این مقدار ٦۰-٦۳٪ آن مربوط به اسید چرب ضروری الفا لینولنیک اسید است[۵]. دانه‌ی چیا منبعی غنی از آنتی‌اکسیدان‌های سینرژیک و اصلینظیر فلاونول-ها، کلروژنیک اسید،میرستین، کافئیک اسید،کوئرستین، کامفرول و نیز آنتی اکسیدان‌های طبیعینظیرفیتواسترول‌ها، توکوفرول‌ها و کاروتنوئیدها بوده که وجوداین ترکیبات نقش مهمی در پایین نگهداشتن سطحاتواکسیداسیون روغن چیا و افزایش زمان ماندگاری آندارند[٦-۷]. اتحادیه اروپا در سال ۲۰۰۹ چیارا به عنوان غذای جدید تأیید و افزودن آن را تا ۵ درصدبه 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.دانه‌هایچیا رشد طبیعی دارند و به طور ژنتیکی از ارگانیسمی تغییریافته 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 (۲۰۱٤) 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 آنتی اکسیدانی شد[۱۲]. استفولانی و همکاران (۲۰۱٤) 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 (۲۰۱٦) 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

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-14]

چیا از نظر حجم ویژه، افت پخت و جنبه های حسی (رنگ، طعم، ظاهر) دارای تفاوت معنی‌داری با نمونه کنترل نبود[۱٤]. با توجه به مطالب ذکرشده، دانه‌ی چیا می‌تواند به عنوان یکترکیب مناسب جهت بهبود ویژگی‌های تکنولوژیکی و تغذیه‌ای نان بدون گلوتن مورد استفاده قرار گیرد.هدف از اینپژوهش، ارائه فرمولاسیونی مناسب برای تولیدنان بدونگلوتن بر پایه نشاسته ذرتبود که در آن مقادیری مشخص از آرد چیا جایگزیننشاسته ذرت شده است و جنبه اقتصادی برای تولید را دارا بوده و همچنینمی‌تواند نیاز تغذیه‌ای بیماران سلیاکیرا برطرف نماید.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه

نشاسته ذرت، آرد سویا (با پروتئین ٤۸/۱۰، چربی ۱/٦۰، خاکستر ۰/۷۳) و آرد برنج (با پروتئین ۸/٤٦، چربی ۱/۳۱، خاکستر ۷/٤۳) از شرکت گلها و دانه چیا (با پروتئین ۲۰/٥۲، چربی ۳۱/۲۱، خاکستر٤/۲٦) از شرکت جام نور (محصول کشور پرو) خریداری شد. صمغ زانتان از شرکت رودیا (فرانسه)خریداری شد. مخمر مورد استفاده (*ساکارومایسس سرویسیه*) به شکل پودر مخمرخشک فعال و به صورت بسته-بندی 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[۱٥]. بدین ترتیب که در ابتدا تمامی ترکیبات 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 ٤ مخلوطکن به مدت ٦ دقیقه مخلوط شدند. سپس خمیر به میزان٦۰ گرم وزنشده و در قالب‌های کوچک به ابعاد ۸۰×٤۰×۳٥ میلی‌متر که دیواره آن‌ها چرب شده بود، ریخته شد. قالب‌ها در محفظه تخمیر در دمای ۳٥ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸٥٪ به مدت ٤۰ دقیقه قرار داده شد. قالب‌های حاوی خمیر دردمای ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲٥ 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- آزمون های فیزیکی

۲-۳-۱- اندازه‌گیری حجم ویژه و ارتفاع

جهت اندازه‌گیری حجم از روش جابجایی دانه‌های کلزا استفاده شد[۱٥]. 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 وبا سرعتییکنواخت 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 اندازه گیری حجم ویژه داده های حجم نان بدست آمده، به وزن نان تقسیم شد و حجم ویژه برحسب cm3/gحاصل گردید. جهت اندازه گیری ارتفاع پس از انجام برش طولی قرص نان، ارتفاع قسمت تاج نان با خط‌کش اندازه‌گیری گردید.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-14]

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

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 عرضیبهضخامت ۳ سانتی‌متر بریده شدو سپس درون محفظه تصویر برداری با دیواره سفید به ابعاد ۶۰×۵۰×۵۰ سانتی متر که دو لامپ فلورسنت مخصوص با نور سفید درون آن قرار گرفته بود و توزیع نور کاملا 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)درآمده 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) درآمده و سپس با فعال کردن گزینه دودویی نرم افزار تصویر به صورت نقاط تیره و روشن درآمد که محاسبه نسبت نقاط تیرهبه نقاط روشن به عنوان شاخص مقدار تخلخل نان برآورد شد.

۲-۳-٤- ارزیابی شاخص سفتی

بررسی سفتی بافت مغز نان با استفاده از ماشین آزمون عمومی(اینستران) مجهز به Loadcell 5 N با قطر پروب ۳٦ میلی متر انجام شد. سرعت پیشانی[1]و چارت به ترتیب ۱۰۰ و ۵۰۰mm/min (نسبت سرعت چارت به پیشانی۵:۱) تنظیم گردید.برش‌هایی با ضخامت ۲۵/٤ میلی مترازمغز نان تهیه و تا ٤۰ درصد ارتفاع اولیه فشرده گردید. این آزمون ۲٤ 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 درآن 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].

۲-۳-٦-آزمون حسی

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

1. Cross Head

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-14]

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

۲-٤- اندازه‌گیری ترکیبات تغذیه‌ای نان

۲-٤-۱-ترکیب شیمیایی

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

(٪خاکستر + ٪پروتیین +٪ فیبر +٪ چربی) − ۱۰۰ = ٪ کربوهیدرات

۲-٤-۲- استخراج عصاره متانولی نان‌ها برای اندازه گیری ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و فعالیت آنتی اکسیدانی

جهت استخراج عصاره نان‌ها ابتدا تمامی نان به ضخامت یک سانتی‌متر برش داده شده و به مدت ٢٤ ساعت در آون با دمای ٤٠ 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 rpm ۵۰ هم زده شد و در نهایت با استفاده از سانتریفیوژ (دمای ٢٤ و سرعت ٢٦٠٠g و زمان ۱۵ دقیقه) عصاره نان‌هااستخراج و در لوله هایآزمایشگاهیشیشه‌ای ریخته شد[۲۰].

۲-٤-۳- اندازه‌گیری ترکیبات فنلی

اندازه‌گیری ترکیبات فنلی بر اساس روش سینگلتون 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 سیوکالچیو (رقیق شده با آب به نسبت ۱:۱) مخلوط شده و سپس ۰/۵ میلی لیتر سدیم کربنات اشباع (Na_2Co_3) به محلول مورد نظر اضافه شد. در نهایت مقدار ٤ 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 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.

۲-٤-٤- 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 ($ALCl_3.6H_2O$) و ۰/۱ میلی لیتر استات پتاسیم (CH_3COOk) 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 ٤١٥ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید. در نهایت میزان فلاونوئید کل بر اساس mg/gروتین گزارش شد.

۲-٤-۵- ارزیابی مهار رادیکال های آزاد DPPH

برای اندازه‌گیری مهار رادیکال‌های آزاد DPPH ابتدا ۱۰ میلی گرم DPPH در ۲۵ میلی‌لیتر متانول ۸۰ ٪ حل شد. سپس ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره نان‌های بدست آمده به لوله آزمایشگاهی افزوده شده و سپس ۲۵۰ میکرولیتر از محلول DPPHآماده 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:

$$\text{٪ جذب} = \frac{\text{جذب نمونه کنترل} - \text{جذب نمونه عصاره}}{\text{جذب نمونه کنترل}} \times ۱۰۰$$

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق تاثیر جایگزینیآردچیا به جای نشاسته ذرت فرمولاسیون در ۵ سطح مختلف (صفر، ۳، ٦، ۹، ۱۲) براساس طرح کاملا تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز واریانس و مقایسه ی میانگین‌ها به ترتیب با جدول ANOVAو آزمون دانکن (در سطح معنی داری ۵ درصد) توسط نرم افزارSAS نسخه ٤/۹ انجام گرفت. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel صورت گرفت.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-14]

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 CO_2و متسع شدن آن در طی پخت است[۲٤]. بر طبق نتایج جدول ۲ به طورکلی نمونه‌های 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 احتمالا ناشی از موسیلاژ موجود در دانه چیااست که حاوی ترکیباتی نظیر زایلوز، گلوکز و اسید گلوروکونیک بوده و حضور این ترکیبات باعث افزایش حجم نمونه‌های نان گردید[۲۵]. بهبود حجم ویژه نان‌های 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[۲٦]. 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 نمونه‌های تولیدی می‌گردد[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.باافزایشمقدارآرد چیا در فرمولاسیون نان‌های بدون گلوتن درصد تخلخل در تمامی تیمارها به طور معناداری ($p<0.05$) در مقایسه با نمونه شاهدیافت. بالاترین تخلخل مربوط به نمونهحاوی ۱۲٪ آرد چیا و کمتریندرصد تخلخل مربوط به نمونه شاهدبود. علت افزایش تخلخل را می‌توان به حجم بیشتر نمونه‌های حاوی چیا در مقایسه با نمونه شاهد نسبت داد. افزایش نسبت آرد چیا در فرمولاسیون باعث افزایش حجم نمونه‌ها شده و به تبع آن باعث افزایش تخلخل نان گردید.داریا رومانکیویز و همکاران با مطالعه در موردنان گندمغنی شده باآرد چیا بیان داشتندکهافزایش آردچیا سبب افزایش کمی در تخلخل نمونه‌ها گردید[۲۷]. مالگورزاتا و همکارانبه بررسی اثرات افزودن سطوح مختلف گندم سیاه در فرمولاسیون نان بدون گلوتن پرداخته و بیان کردند که افزودن گندم سیاه باعث افزایش تخلخل نمونه‌ها شد[۲۸].

۳-۱-۳- سفتی

نتایج حاصل از تعیین سفتی نمونه‌های آزمایشی بعد از ۲٤ساعت پخت در جدول ۲ آورده شده است. نمونه شاهد بالاترین سفتی و نمونهحاوی ۱۲٪ آرد چیا نرم ترین بافت مغزرا ارائه داد. علت نرمی بافت نمونه‌های حاوی آرد چیا را می‌توان به حجم بالاتر تیمارهای حاوی آرد چیا نسبت داد (جدول ۲). باتوجه به نتایج تیمارهایی که حجم بالایی داشتند، از بافت مغزنرمتری برخوردار بودند، در نتیجهیک ارتباط منفی بین حجم و سفتی بافت مغز نان مشاهده شد. نان‌هایباحجمکوچک‌تر (مغزمتراکم‌تر) عموماًسفتی مغز بیشتری هم دارند[۲۹]، و سفتی خیلی زیاد منعکس کننده حجم خیلی کم نمونه‌هاست[۳۰].گالاگروهمکاران طی مطالعه خود بین حجم قرص نان بدون گلوتن و سفتی مغز ارتباطی قوی بدست آوردند[۳۱]. داریا رومانکیویز و همکاران نیز در تحقیقی کهدر خصوص اثر سطوح مختلف چیا روی خصوصیات کیفی وفیزیکوشیمیاییبنان داشتند، به این نتیجه رسیدند کهافزودنآرد چیاسببکاهش سفتی بافت کیکشد[۲۹]. مالگورزاتا و همکاران گزارش کردند که افزودن آرد گندم سیاه به نان بدون گلوتن سبب کاهش سفتی بافت مغز نان گردید[۲۸].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-14]

۳-۱-٤- رنگ

نتایج حاصل از ارزیابی پارامترهای رنگی پوسته و مغز در نمونه های آزمایشی درجدول۳ آورده شده است. پارامترهای رنگی پوسته و مغز نان کنترل با نان‌های حاویسطوح مختلف آرد چیا دارای تفاوت معنی‌داری ($p<0.05$)بودند. مقدارآرد چیا موجود در فرمولاسیون باعث ایجاد تغییرات رنگ محسوسی در پارامترهای رنگی پوسته و مغز نان شد.

Table 3 Crumb and crust colorof 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.

همان طور 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 معنی داری ($p<0.05$) باعث کاهش روشنی (L)و زردی (b) افزایش در قرمزی(a) مغز نان‌هاگردید. در واقع می‌توان گفت احتمالا با افزایشدرصدآرد چیابه واسطه محتوی پروتئین بالای چیا و مشارکت آن در واکنش قهوه‌ای شدنغیر آنزیمیبا 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 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 کوئولهو 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].

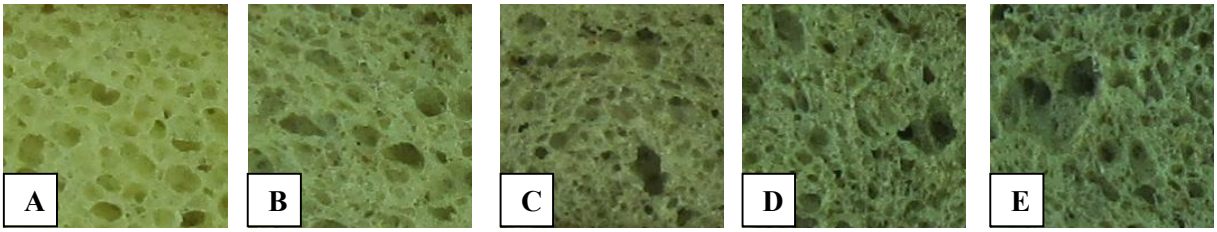

Fig 2 Experimental bread slices and crumb structure: Control (A), 3 % Chia (B), 6 % Chia (C),9 % Chia (D),12 % chia(E).

۳-۲- ارزیابی ترکیبات تغذیه ای

۳-۲-۱- ترکیب شیمیایی

۳-۲-۱-۱- پروتئین

طبق نتایج حاصل از آزمون‌های شیمیایی نمونه‌های نان تهیه شده (جدول٤) با افزایش درصد جایگزینی آرد چیا، محتوای پروتئینی نمونه‌ها افزایش یافت، همان گونه که انتظار می‌رفت 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 نمونه ها 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].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-14]

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

۳-۲-۱-۲- چربی

در جدول ٤، تأثیر سطوح مختلف آرد چیا بر مقادیر چربی نان بررسی گردیده است. افزایش درصد جایگزینیآردچیا سبب افزایشمعنی‌دار ($P<0.05$)چربی نمونه‌ها نسبت به تیمارشاهد گردید، که علت این امر بالا بودن مقادیر چربی (۳۱/۲۱ درصد)ترکیبدانه‌های چیابود. کستانتینی و همکاران (۲۰۱٤)نیز بیان کردند که نسبت اسیدهای چرب غیر اشباع به اسید های چرب اشباع در آرد چیا ۸ به ۱ است. که ناشی از مقادیر بسیار زیاد الفا لینولنیک اسید در ترکیب آرد چیا بوده و افزودن این ترکیب در فرمولاسیون نان باعث افزایش محتوای چربی و به ویژه الفا لینولنیک اسید نان شد[۱۲]. سارگی و همکاران نیز گزارش کردند که دانه چیا یکی از بهترین منابع آلفالینولنیک اسید بوده و در مقایسه با منابع گیاهی دیگر دارای مقادیر بالاتری از اسیدهای چرب ضروری امگا ۳ می باشد[۳٤]. پیزارو و همکاران نیز بیان کردند که افزودن ۱۵ درصد آرد چیا در فرمولاسیون کیک باعث افزایش میزان چربی نمونه‌های کیک شد[۳۵].

۳-۲-۱-۳- فیبر

نتایج جدول ٤ نشان داد که افزایش درصد آرد چیا در فرمولاسیون تا ۱۲٪ باعث افزایش بیش از ۵ برابری مقدار فیبر (از۰/٦۷ ٪ برای نمونه شاهد تا ۳/٤۵ ٪ برای تیمار حاوی۱۲٪ آرد چیا) گردید. نتایج بدست آمده مطابق با نتایج بدست آمده توسطراندون و همکاران بود که نشان دادند مقدار فیبر در نان‌های حاوی ۱۰ درصد آرد چیا ۳۰٪ بیشتر از نمونه شاهد بود[۳٦]. 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].

۳-۲-۱-٤- خاکستر

افزایش درصد جایگزینی آرد چیا سبب افزایش معنی‌دار ($p<0.05$) خاکستر نمونه‌ها نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ٤). علت این امر بالا بودنمواد معدنی در ترکیبآرد چیا است. کمترین مقدار خاکستر مربوط به تیمارشاهد و بیشترین 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 رومانکیویز و همکاران با مطالعه بر روی تولید نان گندم غنی شده با آرد چیا بیان داشتند که آرد چیا سبب افزایشخاکستر نمونه‌هاگردید[۲۷]. براساس مطالعات کوئولهو و سالاس‌ملادو 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 شکل۳ آمده است.

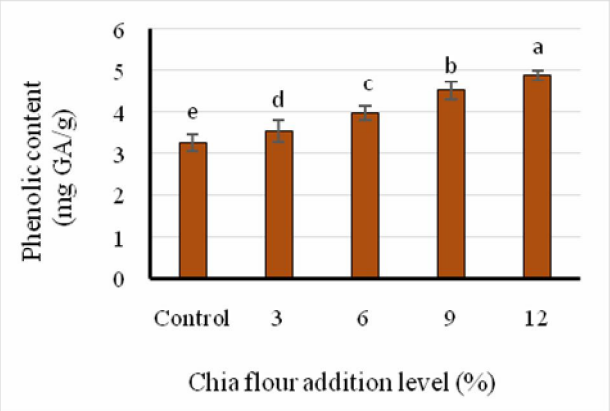

Fig 3 Totalphenolic content of bread samples with different levels of chia powder. Data are mean of triplicate measurements (n=3). Error bars indicate SD values. Different letters indicate significant ($p<0.05$) difference between means.

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 ($p<0.05$) منجر به افزایش ترکیبات فنلی گردید، طوری‌که بالاترین مقدار مربوط به تیمار حاوی ۱۲درصد آرد چیا با mg ٤/۸۹GA/g و کمترین مقدار مربوط به نان شاهد با mg ۳/۲۷GA/g بود.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-14]

نتایج اندازه‌گیری ترکیبات فنلی موجود در خود پودردانه‌های چیا نشان داد که دانه چیا دارای ۱۳/۶۷mg GA/g است. بنابراین علت مقادیر بالای ترکیبات فنلی در نان‌های بدون گلوتن حاوی آرد چیا را می‌توان 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 نان‌ها گردید[۱۲].

افزایش محتوای ترکیبات فنلی نان‌های 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 نان‌های بدون گلوتن در شکل ٤ آورده شده است. همانطور که از جدول ملاحظه می‌شود افزایش درصد آرد چیا در فرمولاسیون منجر به افزایش ترکیبات فلاونوئیدی گردید. بالاترین مقدار ترکیبات فلاونوئیدی در نمونه حاوی ۱۲٪ آرد چیا با مقدار ۰/۱۰۳mg RE/g و کمترین مقدار در نمونه شاهد با مقدار ۰/۰۲۵ mg RE/g مشاهده گردید. علت مقادیر بالای فلاونوئید در نمونه‌های دارای آرد چیاناشی از مقادیر بالای ترکیبات فلاونوئیدی در دانه چیا (۱/۲٤mg RE/g) بود.جوانا و همکاران با بررسی میزان ترکیبات فلاونوئیدی نان‌های غنی شده با شبه غلات دریافتند که نمونه‌های حاوی شبه غلات دارای مقادیر بالاتری ترکیبات فلاونوئیدی می‌باشند[۳۷].

۳-۲-٤- درصدمهار رادیکال‌های آزاد DPPH

نتایج تاثیر جایگزینی آرد گندم سیاه در سطوح مختلف بر فعالیت بازدارندگی رادیکال‌های آزاد در نان‌های بدون گلوتن در شکل ۵ آورده شده است. نتایج نشان داد که افزودن آرد چیا باعث افزایش درصد مهار رادیکال‌های آزاد گردید. بالاترین قدرت بازدارندگی مربوط به نمونه ۱۲٪ آرد چیا با ۳۳/٦٪ و کمترین درصد بازدارندگی مربوط به نمونه شاهد با ۱۸٪ بود. می‌توان علت قدرت مهارکنندگی بالای نمونه‌های حاوی آرد چیا را به محتوای بالای آنتی‌اکسیدان‌های سینرژیک و اصلی نظیر فلاونول‌ها، کلروژنیک اسید، میرستین، کافئیک اسید، کوئرستین، کامفرول و نیز آنتی اکسیدان‌های طبیعی نظیر فیتواسترول‌ها، توکوفرول‌ها و کاروتنوئیدها در دانه چیا نسبت داد[٦-۷]. ورونکووسکا و همکاران بیان کردند که افزایش میزان گندم سیاه در فرمولاسیون نان بدون گلوتن باعث افزایش مقدار فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه ها می‌شود[۲۰]. این محققان علت افزایش در فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های نان را غنی بودن گندم سیاه از ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی به‌ویژه روتین و کوئرستین عنوان کردند.

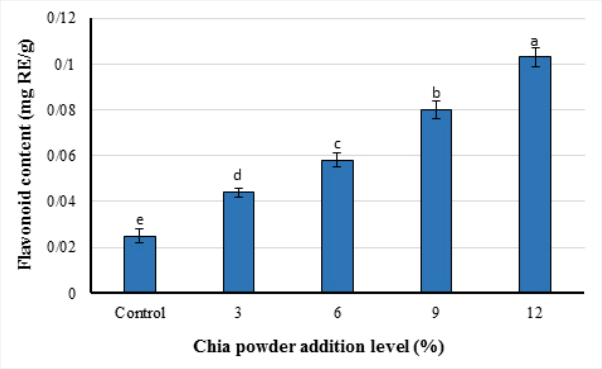

Fig 4 Totalflavonoid content of bread samples with different levels of chia powder. Data are mean of triplicate measurements (n=3). Error bars indicate SD values. Different letters indicate significant (p<0.05) difference between means.

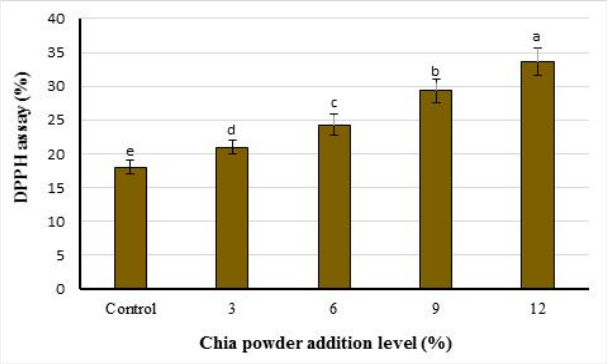

Fig 5 Totalantioxidant capacity content of bread samples with different levels of chia powder. Data are mean of triplicate measurements (n=3). Error bars indicate SD values. Different letters indicate significant (p<0.05) difference between means.

۳-۳- نتایج ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی شاخص‌های حسی نان‌های بدون گلوتن حاوی درصدهای مختلف آرد چیا در شکل ٦ نشان داده شدهاست.طبق شکل ٦، نمونه شاهداز بیشترین امتیاز حسی رنگ و نمونه حاوی ۱۲٪ آرد چیااز کمترین امتیاز برخوردار بودند. سطوح مختلف آرد چیا موجب کاهش امتیاز حسی رنگ نمونه‌ها درمقایسه با نمونه شاهد گردید. علت را می توان به تیره شدن بیش از اندازه رنگ پوسته نان‌های بدون گلوتن نسبت داد. با توجه به تشدید واکنش میلارد به واسطه محتوای

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-14]

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

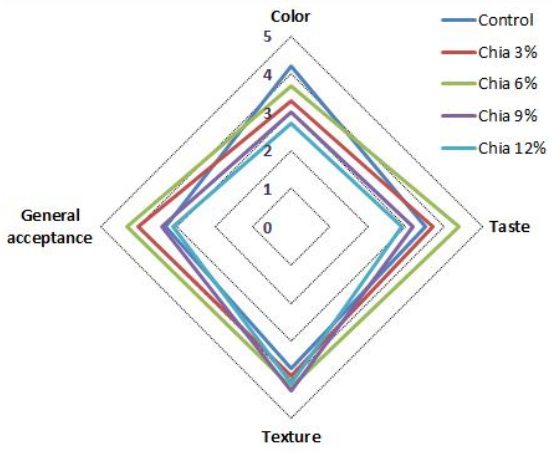

Fig 6 Sensory scores of gluten-free breads containing different levels of chia powder

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 ٦٪ آرد چیا و۱۲٪ آرد چیا بود. با توجه به ترکیبات موجود دردانه چیا، افزودن دانه چیا تا ٦ درصد باعث بهبود طعم نان‌هاشد، اما افزایش بیش از ٦ درصد باعث کاهش امتیاز حسی نمونه‌ها گردید. طبق جدول ٦، نمونه حاوی ٦٪ 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 چیاتا ۹٪ موجب افزایش امتیاز پذیرش کلی نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد گردید. به طوری که نمونه ٦٪ دارای بیشترین امتیاز پذیرش کلی و نمونه۱۲٪ دارای کمترین امتیاز بودند. بنابراین می‌توان گفت که تیمارهای حاوی آرد چیا در درصدهای پایین (۳٪ و ٦٪) دارای مقبولیت بیشتری از نظر ارزیاب‌ها بوده است.

٤- نتیجه گیری

به طورکلی، در آزمایش های انجام شده بر نان بدونگلوتن، تأثیر مثبت آرد چیا بر ویژگی‌های تکنولوژیکی، تغذیه‌ای و 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 آنتی اکسیدانی نمونه‌ها شد. بر اساس نتایج بدست آمده از ارزیابی حسی نمونه‌ها، نمونه حاوی ٦٪ آرد چیا دارای مقبولیت بیشتری از نظر ارزیاب‌ها داشت.

٥- 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 donores. 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 commerciallygrown chia (*Salvia hispanica* L.). Industrial Crops andProducts, 34: 1366-1371

[5] PorrasLoaiza, P., Jimenez-Munguia, M., SosaMorales, M., Palou, E., & Lopez-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 alternativeswith inulin on the physical and rheologicalcharacteristics of dough and cake. Journal ofInnovation in Food Science and Technology.5(1): 1-6. (InFarsi)

[7]Dehkhoda, 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-

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-14]

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 andTechnology. 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 beused 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., Peighambardoust,S.H. and Azadmard-Damirchi, S. (2010).Effect of pectin Guar and Carrageenan onthe quality of gluten-free bread. Journal offood 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 physicalchemical, 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 b1read batter rheology and bread quality. 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 ofCereal Chemists. Approved Methods of theAACC, (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 buckwheatenhanced 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 withPhosphomolybdic-Phosphotungsticacid reagents. American Journal of Enologyand Viticulture, 16, 144–158.
[22] Qin, P., Wang, Q., Shan, F., Hou, Z., & Ren, G. (2010). Nutritional composition andflavonoids content of flour from different buckwheat cultivars. InternationalJournal 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 breadquality parameters in gluten-free formulations. Journal of FoodEngineering, 79, 1033-1047.
[27]Romankiewicz, D., Hassoon, WH., Cacak-Pietrzak, G., Sobczyk, M, Wirkowska-Wojdyla., A CegliNska., 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.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-14]

(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., Gormleya, T. R., and Arendtb, E. K. (2004). Recent advances in the formulation of gluten free cereal based. Food Science and Technology, 15: 143-152.

[32]CoelhoMyriam, 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.

[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 inomega-3: Chia, flax, and Perilla. Food Science and Technology, 33, 541–548.

[35]Pizarro, P. L., Almeida, E. L., Sammán, N. C., & Chang, Y. K. (2013). Evaluation ofwhole chia (*Salvia Hispanica* L.) flour and hydrogenated vegetable fat in poundcake. LWT – Food Science and Technology, 54, 73–79.

[36]Rendón-Villalobos, R., Ortíz-Sanchez, A., Solorza-Feria, J., & Trujillo-Hernández, C. A.(2012). Formulation, physicochemical, nutritional and sensorial evaluation ofcorn tortillas supplemented with chia seed (*Salvia hispanica* L.). Czech Journal ofFood 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.TB., Santos, FG., Fratelli, C., Capriles, V.D. (2017). Development of gluten-free bread formulationscontaining whole chia flour with acceptable sensoryproperties. Food Science and Nutrition;5:1021–1028.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-14]

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 toexplore 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 andcolor), nutritional (protein, lipid, fiber, ash, phenolic content, flavonoid content and antioxidantactivity) and sensory properties of the obtained loaves. Increasing levels of Chiasupplementation improved technological features of GF breads such as volume, specificvolume 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, thebrightness (L) and yellowness (b) values of the crust and crumb decreased and redness (a) valueincreased significantly ($p < 0.05$) compared to those of control. The lowest and highest hardnessvalues were found in 12% Chia bread and control, respectively. Results indicated that breadsincorporating Chia flour showed higher amounts of protein, fiber, ash and lipid. Increasinglevels of Chia led to a significant ($P<0.05$) increase in phenolic and flavonoids contents.Furthermore, the overall sensorial acceptability of GF breads containing 3% and 9% Chia flourswas higher than that of control.

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

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

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-14]