The effect of extrusion technology on the quality characteristics of gluten-free cookies Based on whole chickpea flour - xanthan gum - broken rice

Introduction

Gastrointestinal diseases are very important among human societies, especially in developing countries. One of these diseases, celiac disease, is the result of the interference of gluten in food, the body's immune system, genetics and environmental factors. Therefore, it is necessary to provide a solution for the production of gluten-free products and also to improve their quality. The increase in the nutritional knowledge of the people of the society has caused the development and production of healthy food products for certain groups to have a growing trend. Baked products such as cookies are very popular among the society because of their textural characteristics as well as flavoring and attractive colors. Therefore, their enrichment is of interest. Most commercial gluten-free bakery products are based on pure starch or the combination of corn starch with gluten-free flour, which is associated with dryness and sandiness in the product.

Materials and Methods

The aim of this research wass to investigate the functional characteristics of non-extruded and extruded chickpea flour samples and then the effect of adding different levels of it at three levels of 0, 20 and 40% on physicochemical characteristics, textural characteristics, Lightness, porosity and sensory using completely randomized factorial design. The blend of chick pea flour- xanthan gum was extruded by a parallel twin-screw extruder (Jinan Saxin, China). Process was applied at die diameter of 3 mm, and extrusion temperature of 140 ℃. The chemical composition of raw materials was measured by standard AOAC (2000) methods. The hardness of cookies was measured using Texture Analyzer (TA plus Ametek, UK). The cylinder steel probe (2 mm diameter) was set to move at a speed of 1 mm/s The samples were punctured by the probe to a distance of 10 mm. The color parameters L* (lightness), a*(redness), b*(yellowness) values of the samples were determined by the Hunterlab machine (Reston VA, US) (Rhee et al, 2004). Water absorption index in terms of grams of bonded water was calculated by the sample. Sensory evaluation was performed using a 5-point hedonic test.

Results and Discussion:

In general, gluten-free products are unable to store carbon dioxide gas due to the lack of a coherent and uniform gluten network, which causes an increase in volume. As a result, the product is small in volume and the structure of the crumb is compressed. The extrusion baking process had a high potential to improve cookie quality; In such a way that the addition of extruded chickpea flour increased the porosity of the cookie samples, the results of the texture analysis show that the addition of extruded chickpeas up to a minimum of 40% improved the texture of the cookie and also increased its shelf life. Also, the sensory test results showed the favorable effect of adding extruded chickpea flour up to 20%. consequently, by summarizing the results of physical and sensory tests, it was determined that cookies with appropriate sensory and quality characteristics can be produced using 40% of extruded chickpea flour. Peas, and especially extruded

peas, due to their protein and dietary fiber content, high water absorption ability, while maintaining moisture, reduced the hardness of the cookie texture. Considering the increase in demand for gluten-free products, it seems that enriching these products with nutrients such as chickpea flour can be an alternative method to improve the nutritional value of these products. Adding legumes is a good way to increase the consumption of legumes, which are rich in the amino acid lysine. Legumes, especially pea seeds, have high nutritional value and functional characteristics, and including them in the diet by adding them to bakery products is a good way to increase their consumption. The use of chickpea flour as a nutrient source in cookie formulation increases the nutritional value, reduces the glycemic index and improves the variety of such products.

Keywords: Chickpeas, Extrusion, Functional Properties, Gluten Free

نسخه پیش انتشار

تاثیر فناوری پخت اکستروژن بر ویژگی های کیفی کوکی فاقد گلوتن حاوی آرد کامل نخود، برنج شکسته و صمغ زانتان

زهرا دهقان- الناز میلانی- نداهاشمی

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی کاشمر

۲- استادیار، گروه هلدینگ طعم

۳- دانشیار، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی، جهاد دانشگاهی مشهد

(* نویسنده مسئول)e.milani@jdm.ac.ir

چکیده

بیماری های گوارشی در بین جوامع انسانی بخصوص در کشور های در حال توسعه از اهمیت فراوانی برخوردار هستند. یکی از این بیماری ها، بیماری سلیاک حاصل تداخل گلوتن موجود در مواد غذایی، سیستم ایمنی بدن، ژنتیک و عوامل محیطی می باشد. از این رو ارائه راهکار برای تولید فراورده های فاقدگلوتن و همچنین بهبود کیفیت آنها ضروری است. افزایش دانش تغذیه ای افراد جامعه موجب شده است توسعه و تولید فراورده های غذایی سلامتی بخش برای اقشار خاص، روند رو به رشدی داشته باشد. فراورده های پخت نظیر کوکی به دلیل ویژگی های بافتی ، طعم و رنگ های جذاب از مقبولیت زیادی در بین اقشار جامعه برخوردارند. از این رو غنی سازی آن ها مورد توجه می باشد. اغلب فراورده‌های نانوایی فاقد گلوتن به صورت تجاری بر پایه نشاسته خالص و یا ترکیب نشاسته ذرت با آردهای فاقد گلوتن تهیه می گردند که با ایجاد خشکی و حالت شنی در فراورده همراه است. هدف از انجام این پژوهش ، بررسی تاثیر افزودن سطوح مختلف ۰، ۲۰ و ۴۰ درصد آردهای اکسترود شده و اکسترود نشده نخود–صمغ زانتان بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی، رنگ، تخلخل و حسی با استفاده از طرح کاملاً تصادفی فاکتوریل بود. نتایج نشان داد؛ فرایند پخت اکستروژن پتانسیل بالایی برای بهبود کیفیت کوکی داشت؛ به نحوی که افزودن آرد نخود اکسترود شده سبب افزایش تخلخل نمونه های کوکی گردید. همچنین افزایش سهم آرد نخود اکسترود شده تا ۴۰ درصد به طور مستقل موجب کاهش سختی بافت وکاهش پارامتر روشنایی کوکی و افزایش رطوبت طی دوره ماندگاری شد.. همچنین نتایج آزمون حسی نیز بیانگر تاثیر مطلوب افزودن آرد نخود اکسترود شده تا ۲۰ درصد بود. کاربرد آرد نخود به عنوان منبع مغذی در فرمولاسیون کوکی سبب افزایش ارزش غذایی و بهبود تنوع این قبیل فراورده ها می گردد.

واژه‌های کلیدی: نخود، پخت اکستروژن، ویژگی‌های عملکردی، فراورده فاقد گلوتن

مقدمه

نظام تنوع فراورده های غذایی سالم و مغذی سبب افزایش جهانی نرخ فروش سالانه گردیده است. تولید چنین فراورده هایی منجر به انجام پژوهش های وسیعی با محوریت بهبود کیفیت آنها شده است. در فرد مبتلا به سلیاک، مصرف گلوتن به عنوان محرک دستگاه ایمنی در روده کوچک عمل نموده وسبب آسیب لایه پوشاننده روده کوچک و در نتیجه مانع از جذب برخی مواد مغذی از طریق این بخش از دستگاه گوارش می‌شود. برنج یکی از مهم ترین غلات جهت تهیه رژیم غـذایی افـراد مبـتلا به سـلیاک اسـت کـه دارای خـواص تغذیـه ای منحـصر بـه فـرد، بی رنگ، طعم دلپذیر و حاوی مقادیر کم سدیم، پـروتئین، چربـی، فیبر و مقدار زیاد کربوهیدرات با قابلیـت هـضم بالاسـت. در فراورده های بر پایه برنج به دلیل فقدان پروتئین های تشکیل دهنـده شبکه ویـسکوالاستیک گلـوتن، کیفیـت تکنولـوژیکی پـایین تـر بوده و برخی مشکلات کیفی نظیر بافت ضعیف و حجم پایین بروز مـی کند. معرفی منابع ارزان قیمت جایگزین برنج و یا بهبود خصوصیات آردهای فاقد گلوتن می تواند از راهکارهای افزایش کیفیت این قبیل فراورده ها باشد. از این رو می تـوان بـرای اصـلاح سـاختار فیزیکـی، بافـت و ارزش تغذیه ای (به دلیل متعادل سـازی اسـیدآمینه هـای ضـروری) ازحبوبات بهره جست (Alandia *et al*., 2020). دانه حبوبات (از خـانواده لگومینـوزا) با داشتن حدود ۳۶-۱۸ درصد پروتئین، نقش مهمی در تامین مواد پروتئینی مورد نیاز انسان دارد . مقـدار پـروتئین موجـود در بـذر حبوبات به مراتـب بیـشتر از پـروتئین موجـود در دانـه غـلات و گیاهان غده ای است. از جملـه حبوبـاتی کـه مـی توانـد بـرای بیمـاران سـلیاکی مـورد اسـتفاده قـرار گیـرد، نخـود *Cicer arietinum* مـی باشـد کـه منبـع غنـی از پـروتئین، فیبـر، کربوهیدرات و مواد معدنی است(Gomez، 2008). پروتئین های نخـود مـی تواننـد شـبکه ای هماننـد گلـوتن تـشکیل داده و باعـث احتبـاس گـاز و افزایش حجم گرد ند و در نتیجه کیفیت محـصول را بـالاتر ببر ند(Gularte *et al*., 2011). اثـر افـزودن آرد حبوبـات مختلف از جمله آرد نخود در کیک های فاقـد گلـوتن بـر پایـه برنج بررسی و نتایج بیانگر تاثیر آرد نخـود بر افزایش محتوای پروتئین، فیبر و مـواد معـدنی کیک، افزایش ویسکوزیته خمیـر، سـفتی بافـت و کـاهش حجـم کیـک بود. (Matos, ،Salehi, 2011 2011). با توجه به ایـن که ارزش تغذیه ای و کیفیت محصولات نـانوایی بـدون گلـوتن از جمله ساختار، احساس دهانی، قابلیت پذیرش و مانـدگاری آن هـا پایین تر از محصولات حاوی گلوتن مـی باشـد، بـا اسـتفاده از تیمارهای فیزیکی از جمله فرایند حرارتی مـی تـوان ویژگـی هـای عملکردی آرد مورد استفاده در محصولات بدون گلوتن را اصلاح نمود (Matos, 2011)تیمار حرارتی آرد به عنوان یـک روش عملـی بـرای بهبـود کیفیـت نـان و کیـک، بـه خـصوص بـرای آرد هـایی کـه سـاختار ضعیف تری دارند، استفاده می گـردد. از جمله روش های حرارتی کارآمد اصلاح آرد حبوبات، فرایند پخت اکستروژن می باشد. پخت اکستروژن، فرایند حرارتی است که شامل استفاده از حرارت و فشار بالا و نیروهای برشی به توده مواد خام است. از جمله مزایای اکستروژن هزینه پایین، زمان کوتاه، بهره‌وری بالا و صرفه‌جویی در مصرف انرژی است (Milani *et al*., 2017). فرایندپخت اکستروژن سبب تولید محصولی با ویژگی‌های بافتی و تغذیه ای بهتر می

شود. فرایند اکستروژن در فرآورده های فاقد گلوتن سبب بهبود سطح پروتئین، فیبر و تولید نشاسته مقاوم در این نوع محصولات از طریق کنترل شرایط اکستروژن مانند درجه حرارت، سرعت خوراک دهی و دور مارپیچ می شود. آرد نخود اصلاح شده در حین فرایند اکستروژن طعم لوبیایی خود را از دست داده و و از نظر حسی برای مصرف کننده نیز قابل قبول می باشد (Siddiq *et al*., 2009). آرد برنج و نخود به علت فقدان گلوتن توانایی تشکیل شبکه ویسکوالاستیک در خمیر را ندارد. در نتیجه افزایش درصد آنها، سبب کاهش ویسکوزیته شده است. در این پژوهش، برای جبران این نقیصه، از صمغ های زانتان استفاده شد. هدف ازانجام این پژوهش، تولید کوکی با استفاده از مخلوط آرد نخود- صمغ زانتان اکسترودشده و مقایسه آن با نمونه اکسترود نشده و نمونه شاهد بر پایه آرد کامل برنج شکسته بود. برای این منظور بررسی تأثیر افزودن نسبت های مختلف آرد بافت داده شده به جای آرد برنج بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، پخت، بافت، رنگ و حسی کوکی و انتخاب شبیه‌ترین فرمول به فرمول شاهد بود.

مواد و روش

آماده‌سازی نمونه و پخت اکستروژن

ابتدا رطوبت آرد نخود- برنج دانه شکسته با استفاده از روش مربع پیرسون تنظیم شد؛ به منظور یکنواخت شدن رطوبت کل، نمونه به مدت ۲۴ ساعت در کسیه های پلی‌اتیلن نگهداری گردید. به منظور انجام پیش تیمار از روش Maria و همکاران (۲۰۲۲) با کمی اصلاحات استفاده شد بدین منظور از دستگاه اکسترودر (دومارپیچ با چرخش هم جهت مدل DS56 ساخت شرکت Saxin Jinan کشور چین با دمای ۱۵۰ درجه ی سانتی گراد، رطوبت ۲۰ و ۱۴ درصد، سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه، خوراک دهی ۴۰ گرم در دقیقه و قطر دای ۵ میلی‌متر استفاده شد و در مرحله آخر با استفاده از آسیاب سایشی و مش ۰/۵۹۹ میلی‌متر، عمل آرد کردن و غربال صورت گرفت.

بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی

به منظور اندازه‌گیری رطوبت، پروتئین، چربی و فیبر از روش AOAC، ۲۰۰۵ استفاده شد.

آماده سازی خمیر کوکی

ترکیبات تشکیل دهنده خمیر کوکی شامل آرد برنج (۴۶ درصد)، شکر (۲۷/۵۱ درصد)، شورتنینگ (مارگارین) (۱۳/۵۴ درصد)، محلول دکستروز (۶/۹۸ درصد، ۹/۸ گرم دکستروز در ۱۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر)، بی کربنات سدیم (۰/۵۳ درصد)، نمک (۰/۴۴ درصد)، صمغ زانتان (۱ درصد) و آب می باشد (Omran *et al.*, 2015). کلیه مواد تشکیل دهنده فرمولاسیون به دقت توزین و به کمک دستگاه مخلوط کن در دمای اتاق به خوبی مخلوط شدند. ابتدا شورتنینگ، نمک و کربنات سدیم با سرعت پایین با محلول دکستروز و آب مقطر مخلوط و به مدت ۱ دقیقه با سرعت متوسط مخلوط شده و آرد به صورت کامل اضافه و برای ۲ دقیقه با سرعت پایین مخلوط کردن انجام شد (گاپتا و همکاران، ۲۰۱۱). پخت در دستگاه سولاردوم الجی مدل ۳۸۵۳ SD–WCR با دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد برای ۱۴ دقیقه صورت گرفت.

آزمون ظرفیت نگهداری آب خمیر کوکی

۳۰گرم نمونه خمیر با دور 13500 × g به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد توسط دستگاه سانتریفیوژ انجام شد. آب آزاد شده خارج گردید و بعد از خشک شدن، ظرفیت نگهداری آب از رابطه ۲ بدست آمده و نتایج به صورت درصد محاسبه و ارائه شد(Omran *et al*., 2015).

اندازه‌گیری خصوصیات بافتی کوکی

مقدار سفتی بافت کوکی به وسیله دستگاه سنجش بافت ((TA. XTplus, UKاندازه گیری شد. آزمون TPA با استفاده از پروب استوانه ای به قطر ۶ میلی‌متر انجام پذیرفت. میزان بارگذاری ۵ کیلوگرم، سرعت قبل آزمون ۱ میلی‌متر در ثانیه، سرعت آزمون ۲ میلی متر در ثانیه و سرعت بعد از آزمون ۱۰ میلی متر در ثانیه بود. پارامتر سفتی بافت بر حسب نیوتن اندازه‌گیری شد (Lazou, 2010).

اندازه‌گیری روشنایی رنگ کوکی

پارامترهای رنگی با استفاده از دستگاه هانترلب (مدل colorFlex EZ، شرکت HunterLab، ایالات متحده) مورد ارزیابی قرار گرفتند. L* نشان‌دهنده روشنایی رنگ (۰ سیاه ، ۱۰۰ سفید)، می‌باشند(Cannas *et al*., 2020).

اندازه‌گیری تخلل کوکی

برای ارزیابی میزان تخلخل مغز کوکی از تکنیک پردازش تصویر استفاده شد. بدین منظور برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی‌متر از مغز کوکی تهیه گردیده و به وسیله دوربین با وضوح تصاویر بالا، تصویربَرداری و در اختیار نرم‌افزا ImagEJ قرار گرفت. تصاویر، مجموعه‌ای از نقاط تاریک و روشن بود که نسبت نقاط روشن به تاریک به عنوان شاخصی از میزان تخلخل در نمونه‌ها برآورد شد(Cannas *et al*., 2020).

افت پخت

به منظور تعیین افت پخت، خمیر کوکی ها پس از قالب زنی توزین، سپس ۱۵ دقیقه پس از پخت نیز کوکی ها مجدداً وزن شدند. درصد افت پخت از فرمول زیر محاسبه شد (Omran *et al*., 2015).

تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق به منظور مقایسه تاثیر افزودن آرد کامپوزیت بافت داده شده در سطوح (۰، ۲۰و ۴۰ درصد) و طی دوره نگهداری کوکی ها (۰، ۷ و ۱۴ روز) از طرح فاکتوریل کاملا تصادفی، شامل ۲۷ تیمار در سه تکرار استفاده شد. نتایج و تجزیه و تحلیل آماری ارزیابی نمونه تولیدی به کمک نرم افزار Minitab و آنالیز واریانس ANOVA ، و مقایسه میانگین ها با آزمون چنددامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام پذیرفت .

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مواد اولیه

ترکیبات شیمیایی مواد اولیه در جدول ۱ ، ارائه شده است. اختلاف جزئی مقادیر به دست آمده با گزارش های موجود را می‌توان به دلایلی همچون گونه، منطقه جغرافیایی و شرایط آب و هوایی نسبت داد.

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی مواد اولیه

Table1- Physicochemical characteristics of raw materials

ویژگی Properties	آرد کامل نخود Whole chick pea flour	برنج دانه شکسته Broken rice
چربی کل (g/100g) Total fat	3.75±0.1	1.14±0.1
پروتئین کل (g/100g) Total protein	23.32±2.10	3.184±0.8
فیبر کل (g/100g) Total fiber	4.89±0.88	2.032±0.33
رطوبت (٪) Moisture	9.12±0.031	10.035±0.62
خاکستر (٪) Ash	1.60±0.11	1.007±0.25
کربوهیدرات (٪) Carbohydrate	59.31±2.01	80.11±1.05

لازم به ذکر است دو نمونه آرد کامل نخود اکسترود شده همراه ۱ درصد صمغ زانتان در رطوبت ۱۴ و ۲۰ ابتدا از نظر محتوای جذب آب مورد برازش قرار گرفتند مطابق نتایج، تیمار با رطوبت ۲۰ درصد دارای بالاترین محتوای جذب آب بود؛ از این رو در فاز بعدی پژوهش به منظور تولید کوکی از آرد اکسترود شده با رطوبت اولیه ۲۰ درصد در فرمولاسیون استفاده گردید.

جدول ۲- ویژگی‌های جذب آب مواد اولیه

Table2- Characteristics of water absorption of raw materials

نمونه Sample	ویژگی جذب آب (٪) WAI
آرد نخود کامل Whole chick pea flour	46± 1.02
آرد نخود + صمغ زانتان ۱ درصد Xanthan gum+Whole chick pea flour	47.1±2.06
آرد نخود اکسترود + صمغ زانتان ۱ درصد (رطوبت ۱۴ درصد) Xanthan gum+Extruded whole chick pea flour (14% moisture)	53.02±0.01
آرد نخود اکسترود + صمغ زانتان ۱ درصد (رطوبت ۲۰ درصد) Xanthan gum+Extruded whole chick pea flour (20% moisture)	54.65±0.33

تاثیر نوع آرد نخود بر محتوای رطوبتی کوکی طی دوره ماندگاری

محتوای رطوبتی (که از لحاظ کمی بیانگر محتوای آب کل) در غذا بیانگر دوام غذا و کیفیت آن است. ظرفیت جذب آب یک محصول به توانایی برقراری پیوند با آب تحت شرایط کمبود آب تعریف می شود که فاکتور مهمی برای تولید محصولات خاص، مشروط کردن محصول، تبلور مجدد نشاسته و تأخیر در بیاتی می باشد (Siddiq *et al*., 2009). نتایج آنالیز واریانس بیانگر تاثیر معنی دار آرد نخود بافت داده شده بر افزایش مقدار رطوبت کوکی در روزهای۱، ۷ و ۱۴ بعد از پخت نسبت به نمونه شاهد و نمونه غیر اکسترودشده بود ($P\leq$۰/۰۵). به طوری که رطوبت نمونه کوکی حاوی آرد اکسترودشده نسبت به نمونه کوکی حاوی آرد اکسترود نشده و شاهد افزایش نشان داد. آرد حبوبات به علت محتوی پروتئین و فیبر بالا و امکان اتصال مولکول های آب باعث افزایش جذب آب خمیر و نگهداری آن می شوند که همین موضوع باعث افزایش رطوبت کوکی شد. از این رو محتوی رطوبت نمونه حاوی آرد نخود به نحو معنی داری بیش از نمونه شاهد بود. زنجیره های پلی ساکاریدی فیبر مقدار آب زیادی را از طریق پیوندهای هیدروژنی در خود نگهداری می کنند و یا ممکن است آب از طریق جذب سطحی در ساختارفیبر نگه داشته شود. این خاصیت کاربردی سبب بهبود محتوای رطوبتی و نگهداری رطوبت در محصول می گردد. در پژوهش Hesarinejad و همکاران (۲۰۱۹)، اثر غنی سازی آرد گندم با آرد لوبیا چیتی بر ویژگی های فیزیکی، حسی و ماندگاری کیک اسفنجی بررسی شد، بالابودن میزان جذب آب کیک حاوی آرد لوبیاچیتی می تواند به خاطر بالا بودن مقدار سیستئین و یا توانایی اسیدهای آمینه قطبی برای ایجاد اتصالات جانبی باشد.

Aluwi و همکاران (۲۰۱۶) ، ویژگی‌های عملکردی آرد کینوای اکسترود شده در سه دمای ۱۰۰، ۱۲۵ و ۱۵۰ درجه سانتی گراد را مورد بررسی قرار دادند. جذب آب آردهای اکسترود شده به ترتیب ۵۰/۸۶ و ۷۰/۰۳– ۸۶/۴۵ درصد بود. Manisha (۲۰۰۰) ، تأثیر دما و سرعت چرخش مارپیچ فرایند اکستروژن را بر ویژگی‌های آرد برنج اکسترود شده با اکسترودر دارای دو مارپیچ دو قلو بررسی کردند. نتایج نشان داد؛ فرایند پخت اکستروژن آرد برنج به عنوان یک روش جایگزین برای تولید فراورده ای با شاخص جذب بالا و قابلیت هضم بیش‌تر در شرایط آزمایشگاهی مطرح شد.

Priscila وهمکاران (۲۰۱۱) ، ویژگی‌های کوکی فرموله شده با آرد اکسترود شده برنج و لوبیای سیاه را مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های این پژوهشگران نشان داد که کوکی تهیه شده با آرد برنج و لوبیای سیاه اکسترود شده، رطوبت مطلوب تری نسبت به نمونه‌ی شاهد داشت که این امر باعث تردتر شدن و بهبود ویژگی‌های کیفی کوکی گردید. میزان تانن و فیتات در نمونه‌های حاوی آرد برنج و لوبیای سیاه بسیار کم بود. یافته‌های این تحقیق نشان داد که اکستروژن باعث کاهش عوامل ضد تغذیه‌ای می‌شود.

جدول ۳- تاثیر تیمارهای مختلف بر رطوبت کوکی طی دوره نگهداری

Table3- The effect of different treatments on the moisture of cookie during storage

نوع تیمار Traetment	رطوبت (%)Moisture		
	روز اول Day1	روز هفتم Day7	روز چهاردهم Day14
آرد نخود ۲۰درصد Chick pea flour20%	^{a}18.45	^{b}15.57	^{bc}14.67

آرد نخود ۴۰ درصد Chick pea flour40%	[a]20.83	[b]17.88	[c]14.96
آرد نخود اکسترود ۲۰ درصد Extruded chick pea flour20%	[a]21.11	[b]18.40	[c]15.18
آرد نخود اکسترود ۴۰ درصد Extruded chick pea flour20%	[a]21.40	[b]18.93	[c]16.06

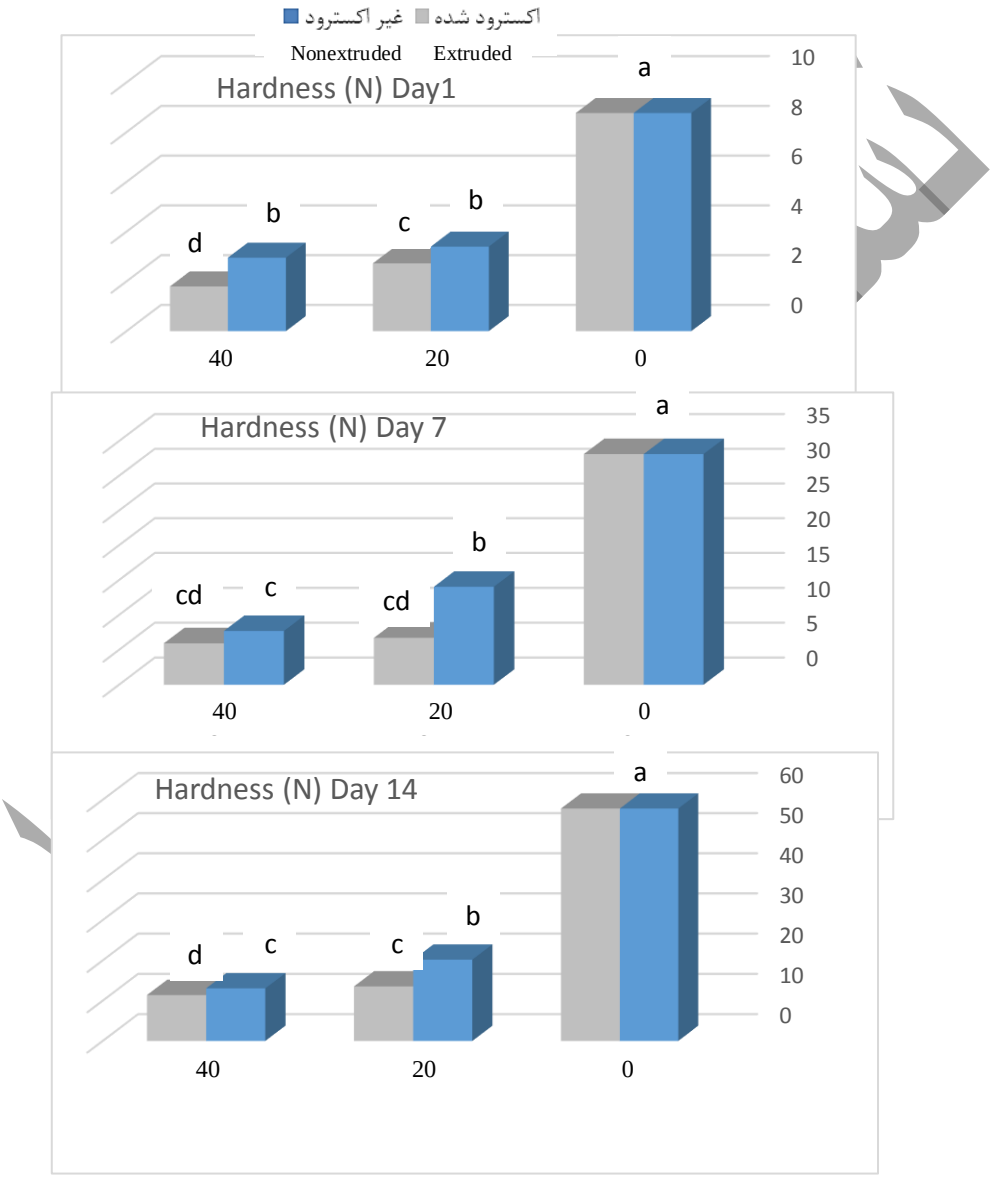
ویژگی‌های بافتی کوکی

مطابق شکل ۱،کوکی‌های حاوی آرد اکسترود شده سفتی بافت کم‌تری نسبت به نمونه‌های حاوی آرد اکسترود نشده داشتند ، میزان سفتی بافت کوکی بعد از پخت نمونه‌های حاوی ۴۰ درصد آرد نخوداکسترود شده ،کم‌ترین میزان سفتی را داشت . این امر می‌تواند مربوط به فرایند اکستروژن باشد. پخت اکستروژن سبب افزایش بازآرایی فراکسیون های هیدروفیل در ساختار آرد و صمغ شده و منجر به افزایش جذب آب و بافت متخلخل‌تر و نرم‌ترکوکی‌های حاصل گردیده است. El-Sohaimy و همکاران(۲۰۱۹)، اظهار داشتند که افزودن HPMC، سفتی بافت نان را کاهش داده و دلیل این امر را کاهش رتروگراداسیون آمیلوپکتین دانسته‌اند.

نتایج نشان داد که در تمام نمونه ها با افزایش مدت زمان نگهداری، میزان سفتی نمونه افزایش یافت. لازم به ذکر است که روند افزایش سفتی در نمونه حاوی آرد اکسترودشده آهسته تر از سایر نمونه ها بود. با توجه به نتایج آزمون ۷ و ۱۴ روز پس از تولید، کوکی شاهد از بالاترین سفتی بافت و کوکی حاوی ۴۰ درصد آرد نخود اکسترود شده از پایین ترین میزان بیاتی برخورداربود. علت اصلی سفت شدن بافت کوکی را می توان به کریستال شدن اجزاء نشاسته به ویژه آمیلوپکتین در طول نگهداری کوکی نسبت داد. بیاتی یا سفت شدن بافت فراورده‌های پخت طی مدت زمان نگهداری، فرایند پیچیده‌ای است که عوامل متعددی مانند رتروگراداسیون آمیلوپکتین، آرایش مجدد پلیمرها در ناحیه آمورف، کاهش مقدار رطوبت و توزیع رطوبت بین ناحیه آمورف و کریستالی در آن دخیل می‌باشند. همچنین مهاجرت رطوبت کوکی از مغز بافت به قسمت های سطحی و پوسته کوکی باعث ایجاد مغز سفت و پوسته چرمی در محصول می شود . بنابراین باتوجه به نتایج مشاهده شده در شکل، استفاده از آرد نخود به ویژه نخود اکسترود شده در کاهش نرخ بیاتی موثر بوده که دلیل آن می تواند مقادیر بالای ترکیبات پروتئینی و فیبری به ویژه فراکسیون های فیبر محلول در آرد اکسترود شده و جذب آب و حفظ آن باشد. مطابق نتایج Maria و همکاران (۲۰۲۲) ، فناوری اکستروژن سبب افزایش فراکسیون الیگوساکارید پری بیوتیک، فیبر محلول و نیز آرا بینوکسیلان در آرد نخود شد. مطابق گزارش Hesarinejad (۲۰۱۹)، وجود گروه های هیدروکسیل موجود در ترکیبات فیبری از طریق پیوندهای هیدرژنی سبب جذب آب بیشتر و به تعویق افتادن بیاتی می شود.

Ahmed (۲۰۱۴)، مقادیر ۴۰ –۱۰درصد آرد لوپین را به مخلوط آرد برنج و نشاسته ذرت اضافه کردند و دریافتند شاخص حجم و نرمی بافت کیک بدون گلوتن با جایگزینی آرد لوپین تا سطح ۲۰ ٪، نسبت به نمونه شاهد بهبود یافت. Grandi (2014) ، اثر جایگزینی آرد جو معمولی و آرد جو اکسترود شده با آرد گندم را در تولید نان بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد؛ استفاده از آرد جو اکسترود شده به‌طور مؤثری سبب افزایش فیبرهای رژیمی و بهبود بافت، سختی، حجم و رنگ نان تولیدی گردید. بر اساس نتایج تحقیق Peyrovani سال(2020)، با افزایش آرد لوپین از ۵ تا ۱۵ درصد سختی بافت کاهش یافت. دلیل اثر کاهشی لوپین بر سختی بافت را می توان به محتوی فیبر رژیمی آن نسبت داد که با جذب آب بیشتر مانع از سخت شدن بافت کیک می شود. آرد لوپین حدود ۴۰ ٪ فیبر رژیمی دارد ، از ویژگی

های فیبر رژیمی جذب بالای آب است. پس با افزایش درصد آرد لوپین محتوی رطوبت نمونه ها افزایش و در نتیجه سختی بافت کیک کاهش یافته است. Hamdani(۲۰۲۰) ، ویژگی کوکی فاقد گلوتن بر پایه آرد کامپوزیت نخود۲۰: برنج شکسته۸۰ درصد حاوی صمغ اکسترود شده و اکسترود نشده را بررسی نمودند. مطابق نتایج افزودن آرد نخود همراه صمغ اکسترود شده در فرمولاسیون سبب افزایش فیبر و گسترش پذیری خمیر شده؛ در مقایسه با نمونه حاوی صمغ اکسترود نشده دارای بیشترین ضزیب جذب آب بوده و همین امر سبب کاهش سفتی بافت کوکی در طول دوره ماندگاری گردید



شکل ۱ -تأثیر آرد نخود اکسترود و غیراکسترود بر بر سفتی بافت کوکی طی دوره نگهداری.

Figure1- The effect of extruded and non-extruded chickpea flour on the hardness of cookie during the storage period.

روشنایی رنگ کوکی

رنگ یکی از فاکتورهای مهم در پذیرش کلی محصول توسط مصرف‌کننده است. همان‌طور که در جدول ۴ ، مشاهده می‌شود بیش‌ترین میزان *L مربوط به نمونه‌های حاوی آرد برنج است و نمونه‌های حاوی آرد نخود و آرد نخود اکسترود شده به ترتیب کم‌ترین میزان *L را دارا بودند . نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان می‌دهد که آرد نخود اکسترود شده به‌طور معنی‌داری ($P\leq0/05$) *L کوکی‌ها را کاهش داده است. علت کاهش *L به وسیله‌ی آرد اکسترود شده مربوط به حضور پروتئین و رطوبت بالاتر طی پروسه اکستروژن بوده که همزمان با افزایش دما و نیروی برشی سبب افزایش تشدید واکنش های قهوه ای شدن میلارد در فراورده و بروز رنگ نیره نمونه های بافت داده شده می گردد. واکنش‌های قهوه‌ای شدن مایلارد در حین فرایند پخت اکستروژن و کاراملیزاسیون قند می‌تواند ایجاد پیگمان‌های رنگی در حین پخت کند (Milani *et al*, 2017). همچنین رنگ ذاتی تیره تر آرد نخود به دلیل وجود رنگدانه های کاروتنوئید و فلاوونوئید می باشد و بنابراین آرد برنج رنگ روشن تری در مقایسه با آرد نخود داشته و مغز کوکی روشن تری را تولید می کند.

Grandi (۲۰۱۴) ، تأثیر افزودن مخلوط آرد گندم و جو بر ویژگی‌های کیفی و آنتی اکسیدانی کوکی را مطالعه کردند. در این پژوهش آرد جو به نسبت‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد جایگزین آرد گندم شد. افزایش سطح آرد جو باعث کاهش قابل توجه فاکتورهای رنگی *L خمیر کوکی شد. کاهش روشنایی پوسته احتمالا به دلیل مقدار بالاتر پروتئین در نمونه های حاوی آرد لوبیاچیتی به دلیل محتوی پروتئین بالاتر در مقایسه با نمونه شاهد بود که می تواند سبب واکنش های قهوه ای شدن (مایلارد) بیشتری گردد که رنگدانه های قهوه ای بیشتری را تولید می کنند. Gyoung و همکاران (۲۰۱۱)، تاثیر جایگزینی برنج اکسترود شده به جای گندم در فرمولاسیون کوکی فاقد گلوتن بررسی نمودند. مطابق نتایج افزودن آرد اکسترود سبب افزایش جذب آب و محتوای رطوبتی و روشنایی و کاهش ویسکوزیته خمیر کوکی فاقد گلوتن شد. از نظر سفتی بافت نمونه حاوی برنج اکسترود مشابه سفتی بافت کوکی گندم بود. اما از نظر ویژگی های حسی نمونه کوکی حاوی برنج اکسترود شده بسیار مطلوب تر از نمونه تولیدی از آرد گندم بود.

جدول ٤ -تأثیر آردهای مختلف نخود اکسترود شده و اکسترود نشده بر پارامترهای رنگی کوکی

Table4- The effect of different extruded and raw chickpea flours on the color parameters of cookie

تیمار Treatment	L*
برنج دانه شکسته (شاهد) Broken rice	86.751a
نخود۲۰٪+برنج دانه شکسته Chick pea flour20%+Broken rice	80.632a
نخود۴۰٪+برنج دانه شکسته Chick pea flour40%+ Broken rice	76.496b
نخود اکسترو د شده ۲۰٪+برنج دانه شکسته E. Chick pea flour20%+ Broken rice	59.348c
نخود اکسترودشده۴۰ ٪+برنج دانه شکسته E. Chick pea flour40%+ Broken rice	54.834c

حروف آماری مختلف نشان دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف است.

تخلخل کوکی

یکی از ویژگی‌های مهم فراورده های پخت، تخلخل است که به طور کلی اشاره به ساختار منافذ در مغز محصول دارد و از عوامل تأثیر گذار در تعیین ویژگی‌های کیفی این فراورده ها محسوب می‌شود. نتایج مندرج در جدول۴، نشان می‌دهد که میزان تخلخل در نمونه‌های حاوی آرد اکسترود شده به‌طوری معنی‌داری ($P\leq0/05$) از سایر تیمارها بیش‌تر است. به‌طور کلی هر چه میزان جذب رطوبت بالاتر باشد در حین پخت خروج رطوبت سریع‌تر و بیش‌تر صورت می‌گیرد و در نتیجه درصد تخلخل نیز افزایش می‌یابد و چون فرایند اکستروژن موجب افزایش جذب رطوبت نمونه‌ها می‌شود درصد تخلخل در نمونه‌های حاوی آرد اکسترودشده بیش‌تر از سایر تیمارها است. در بین آردها نمونه های حاوی آرد اکسترود شده به‌طور معنی‌داری ($P\leq0/05$) ضخامت پوسته بیش‌تری داشتند و دلیل آن میزان رطوبت بالاتر نسبت به سایر تیمارها است ، چرا که در حین پخت خروج آب به صورت بخار سریع‌تر و بیش‌تر صورت می‌گیرد و پوسته نیز سریع‌تر و بیش‌تر شکل می‌گیرد. Jafari و همکاران (2018) ، در بررسی شرایط اکستروژن بر آرد سورگوم مشاهده کردند که افزایش رطوبت خوراک ورودی و دمای اکستروژن از طریق افزایش میان ژلاتیناسیون نشاسته، اندیس جذب آب آرد سورگوم اکسترود شده را افزایش داد و همین امر سبب افزایش رطوبت مغز نان ترکیبی آرد سورگوم اکسترود شده- گندم از طریق افزایش اندیس جذب آب آرد شد.

طی فرایند اکستروژن مخلوط آرد جو و آرد ذرت، تخلخل افزایش و دانسیته‌ی محصول کاهش یافت (لیو و همکاران، ۲۰۰۰).

جدول ۵- تأثیر آردهای تأثیر آردهای مختلف نخود اکسترود شده و اکسترود نشده بر تخلخل پوسته کوکی

Table5- The effect of different extruded and raw chickpea flours on the porosity of cookie

تیمار Treatment	تخلخل (٪)Porosity
برنج دانه شکسته (شاهد) Broken rice	31.167 c
نخود۲۰٪+برنج دانه شکسته Chick pea flour20%+Broken rice	32.218 c
نخود۴۰٪+برنج دانه شکسته Chick pea flour40%+ Broken rice	39.278 b
نخود اکسترودشده۲۰ ٪+برنج دانه شکسته E. Chick pea flour20%+ Broken rice	41.743 b
نخود اکسترود شده۴۰٪+برنج دانه شکسته E. Chick pea flour40%+ Broken rice	47.973 a

ارزیابی حسی

میانگین امتیازهای هدونیک به‌همراه انحراف معیار در جدول۶ مشاهده می شود. کوکی‌های حاوی آرد نخود (اکسترود شده و نشده) از نظر آروما و طعم و پذیرش کلی در مقایسه با نمونه شاهد امتیاز پایین تری داشتند، اما این اختلاف از نظر آماری در نمونه های ۲۰ درصد معنی- دار نبود. نتایج نشان دادند که پذیرش کلی نمونه‌های حاوی آرد نخود اکسترود شده بالاتر از آرد اکسترود نشده است بنابراین، فرایند پخت اکستروژن پتانسیل بالایی برای بهبود کیفیت کوکی خواهد داشت. نتایج مشابهی توسط Grandi (2014) و Gyoung (2011)، برای نان و کیک بر پایه‌ی سورگوم تیمار شده با گرما و نان فاقد گلوتن بر پایه‌ی مخلوط سویای اکسترود شده و ذرت به دست آمد. مصرف آرد نخود معمولی به دلیل ویژگی‌های حسی نامطلوب مانند ایجاد حالت لوبیایی در دهان محدود است. پخت اکستروژن حالت لوبیایی آرد نخود را کاهش و طعم آن را بهبود بخشید، بنابراین از این طریق پذیرش کلی کوکی را افزایش داد (María *et al.*, 2022). در مورد ویژگی رنگ

نمونه‌های حاوی آرد نخود اکسترود شده پایین‌ترین امتیاز را کسب کردند و دلیل این امر این است که طی فرایند اکستروژن از طریق واکنش مایلارد روشنایی پوسته کاهش و میزان قرمزی آن افزایش یافت و کوکی حاصل از آن رنگ تیره تری داشت ، اما در کل کوکی‌های حاوی آرد اکسترود شده نسبت به نمونه‌های آرد اکسترود نشده امتیاز بالاتری داشتند. همچنین کوکی‌های حاوی ۲۰ درصد آرد نخود اکسترود شده و اکسترود نشده از امتیاز بالاتری برخوردار بودند. گلوتن مسئول تعیین کیفت فراورده های پخت است و عدم حضور آن در این فراورده هااز نظر مصرف کنندگان عادی، نامطلوب است. با این حال تمامی کوکی‌های فاقد گلوتن نمرات قابل قبولی برای تمامی ویژگی‌ها داشتند و می‌توانند برای بیماران سلیاکی کاربرد داشته باشد. امتیاز مربوط به پذیرش کلی محصول در تمامی فرمولاسیون‌ها مورد آزمون۳/۵ ≤ بوده، که بیانگر مقبولیت کلیه‌ی نمونه‌ها است.

گیاه نخود دارای فیتوکمیکال هایی با خاصیت آنتی اکسیدانی مانند پلی فنول ها، تانن و فلانووئیدها نیز می باشد، وجود این ترکیبات می تواند بر روی طعم و مزه محصول اثرگذار باشد.

Peyrovani(۲۰۲۰)، اثر اضافه کردن آرد لوپین در سطوح ۰ تا ۵۰ ٪ را بر بیسکویت، بررسی کردند. نمونه هایی که ۲۰ ٪ از آرد گندم با آرد لوپین جایگزین شده بود بدون تأثیر منفی بر ویژگی های حسی، محتوای پروتئینی و فیبر رژیمی آن ها به میزان قابل توجهی بهبود یافته بود و بیشترین امتیاز پذیرش کلی را گرفت. Ahmed (2014) ، اثر جایگزینی آرد لوپین با آرد گندم در سه سطح ۵ ، ۱۰ و ۱۵ %بر ویژگی های کیفی کیک مورد بررسی قرارداد. با توجه به ویژگی های کیفی کیک نمونه های حاوی ۱۰% آرد لوپین بیشترین امتیاز را گرفت.

Paesani و همکاران (۲۰۲۰)، با هدف افزایش محتوای فیبر و مواد معدنی در فراورده های غذایی فاقد گلوتن، تاثیر افزودن آرد کامل ذرت اکسترودشده و اکسترود نشده را بر ویژگی های کیفی کوکی بررسی نمودند. مطابق نتایج افزودن آرد اکسترودشده سبب افزایش جذب و نگهدارب آب خمیر شد و به دنبال آن ویسکوزیته خمیر کاهش یافت؛ تاثیر این پدیده در حین پخت خمیر کوکی در آون سبب افزایش حجم خمیر و افزایش گسترش پذیری نمونه های حاوی اکسترودشده در مقایسه با اکسترودنشده گردید. همچنین سفتی بافت نمونه های کوکی حاوی ارد اکسترود شده کمتر از نمونه های حاوی آرد اکسترود نشده گزارش گردید. نامبردگان در این پژوهش، بر لزوم کاربرد آرد اکسترود شده در بهبود ویژگی های کوکی فاقد گلوتن تاکید نمودند. همچنین در نتایج حاصل از ارزیابی حسی، نمونه های تولیدی از آرد اکسترود شده امتیاز بالاتر پذیرش کلی دریافت نمودند.

جدول ۶ – تأثیر آردهای مختلف نخود اکسترودشده و اکسترود نشده بر ویژگی‌های حسی کوکی

Table6- The effect of different extruded and raw chickpea flours on organoleptic properties of cookie

تیمار	رنگ	سفتی بافت	آروما و طعم	پذیرش کلی
برنج دانه شکسته (شاهد) Broken rice	5a	4.3b	5a	5a
نخود۲۰٪+برنج دانه شکسته Broken rice+Chick pea flour20%	4.5a	4.8a	4.3b	4.5a
نخود۴۰٪+برنج دانه شکسته Broken rice+Chick pea flour40%	4b	4.7a	4b	4.2b

تیمار	رنگ	سفتی بافت	آروما و طعم	پذیرش کلی
نخود اکسترود۲۰٪+برنج دانه شکسته Broken rice+E. Chick pea flour20%	4.41a	4.5a	4b	4b
نخود اکسترود۴۰٪+برنج دانه شکسته Broken rice + E. Chick pea flour40%	4.2b	4.45a	3.5c	3.9c

حروف آماری مختلف نشان دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف است.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به افزایش تقاضا برای فراورده های فاقـد گلـوتن بـه نظـر می رسد، غنی سازی این فراورده ها با مواد مغذی همانند آرد نخود می تواند یـک روش جـایگزین بـرای بهبـود ارزش تغذیـه ای ایـن محصولات باشد. افزودن حبوبات، راه کار مناسبی برای افزایش مصرف حبوبات که سرشار از اسیدآمینه لیزین هستند، میباشد. حبوبات بخصوص دانه های نخود، دارای ارزش تغذیه ای و خصوصیات عملکردی بالایی هستند و گنجاندن آن ها در رژیم غذایی از طریق اضافه شدن به محصولات نانوایی، روش خوبی برای افزایش مصرف آن هااست. به طور کلی فراورده های فاقد گلوتن به دلیل عدم وجود شبکه گلوتنی منسجم و یکنواخت قادر به نگهداری گاز دی اکسید کربن که سبب افزایش حجم می گردد، نمی باشند. در نتیجه محصول کم حجم و ساختار مغز فشرده می گردد. نتایج آنالیز بافت نشانگر آن است که افزودن نخوداکسترودشده تا حداقل میزان ۴۰ ٪ باعث بهبودنسبی بافت کوکی و همچنین افزایش مدت زمان ماندگاری آن گردید. به طورکلی با جمع بندی ننایج آزمون های فیزیکی و حسی مشخص شد که می توان با استفاده از ۴۰ ٪ آرد نخود اکسترود، کوکی با ویژگی های حسی و کیفی مناسب تولید نمود. نخود و بویژه نخود اکسترود به خاطر محتوای پروتئین و فیبر رژیمی قابلیت بالای جذب آب، با حفظ رطوبت، سبب کاهش سختی بافت کوکی شدند. نتایج آزمون های حسی نشان داد که آرد نخود اکسترود باعث بهبود ویژگی های ارگانولپتیکی گردید. این تحقیق نشان داد که نخود بافت داده شده نسبت به نوع فراوری شده آن موجب بهبود بهتر ویژگی های فیزیکوشیمیایی کوکی شده و به خوبی می تواند در تولید فراورده های آماده مصرف ، استفاده شود.

منابع

Ahmed AR, 2014. Influence of chemical properties of wheat-lupine flour blends on cake quality. *American Journal of Food Science Technology*. **2(2):** 67-75.

Alandia, G., Rodriguez, J. P., Jacobsen, S. E., Bazile, D., & Condori, B. (2020). Global expansion of quinoa and challenges for the Andean region. Global Food Security, 26, 100429.

Aluwi, N. A., Gu, B. J., Dhumal, G. S., Medina- Meza, I. G., Murphy, K. M., & Ganjyal, G. M. (2016). Impacts of scarification and degermination on the expansion characteristics of select quinoa varieties during extrusion processing. Journal of Food Science, 81(12): E2939-E2949.

Cannas, M., Pulina, S., Conte, P., Del Caro, A., Urgeghe, P. P., Piga, A., & Fadda, C. (2020). Effect of substitution of rice flour with Quinoa flour on the chemical-physical, nutritional, volatile and sensory parameters of gluten-free ladyfinger biscuits. Foods: 9(6), 808.

El-Sohaimy, S. A., Shehata, M. G., Mehany, T., & Zeitoun, M. A. (2019). Nutritional, physicochemical, and sensorial evaluation of flat bread supplemented with quinoa flour. International Journal of Food Science:2:1-15

Gomez, M., Oliete, B., Rosell, C.M., Pando, V., and Fernandez, E. 2008. Studies on cake quality made of wheat-chickpea flour blends. Journal of Food Science and Technology, 41: 1701-1709.

Grandi Castro, F., Grandi Castro F., Yoshie TakeitiCristina Y. 2014. Extruded baru flour addition (Dipteryx alata Vog.) in cookie formulations: Effect on consumer's acceptability. Acta Horticulturae 1040: 89-96.

Grandi Castro, F., Grandi Castro F., Yoshie TakeitiCristina Y. 2014. Extruded baru flour addition (Dipteryx alata Vog.) in cookie formulations: Effect on consumer's acceptability. Acta Horticulturae 1040: 89-96.

Gularte, M. A., Gomez, M., and Rosell, C. M. 2012. Impact of legume flour on quality and in vitro digestibility of starch and protein from gluten-free cakes. Journal of Food and Bioprocess Technology, 5: 3142-3150.

Gyoung Jin We, Inae Lee, Tae-Young Kang, Joo-Hong Min , Wie-Soo Kang , and Sanghoon Ko. 2011. Physicochemical Properties of Extruded Rice Flours and a Wheat Flour Substitute for Cookie Application. Food Engineering Progress 15(4) :404-412

Hamdani, Afshan Mumtaz; Wani, Idrees Ahmed; Bhat, Naseer Ahmad .2020. Gluten free cookies from rice-chickpea composite flour using exudate gums from acacia, apricot and karaya. Food Bioscience, (35), 100541–. doi: 10.1016/j.fbio.2020.100541

Hesarinejad M A, Siyar Z, Rezaiyan Attar F. 2019. Investigating the effect of wheat flour enrichment with Phaseolus vulgaris flour on the physical, sensory and shelf-life characteristics of sponge cake. FSCT 16 (86) :213-222

Jafari, M., Koocheki, A., & Milani, E. (2018). Effect of extrusion variable on physicochemical properties of extruded sorghum. Journal of Food Science & Technology (Iran), 75(15): 1-12.

Lazou, A., Krokida, M., Tzia, C. 2010. Sensory properties and acceptability of corn and lentil extruded puffs. Journal of Sensory Studies, 25: 838–860.

Manisha, G. 2000. Processing and Quality of Rice-Based Extruded Products. Materials Science. 16(1): 12-21

María Ciudad-Mulero, Erika N. Vega 1, Patricia García-Herrera , Mercedes M. Pedrosa , Claudia Arribas , José De J. Berrios , Montaña Cámara , Virginia Fernández-Ruiz and Patricia Morales. 2022. Extrusion Cooking Effect on Carbohydrate Fraction in Novel Gluten-Free Flours Based on Chickpea and Rice. Molecules, 27: 1143.

Matos, M. E., and Rosell, C. M. 2011. Chemical composition and starch digestibility of different gluten-free breads. Plant Foods for Human Nutrition, 66: 224-230.

Mazumder, P., Roopa, B. S., & Bhattacharya, S. (2007). Textural attributes of a model snack food at different moisture contents. Journal of Food Engineering, 79(2): 511-516.

Milani, E, Hashemi, N., Mortazavi, SA Tabatabai Yazdi, F. 2017. Effect of extrusion conditions and formulation on some physicochemical properties of extrudate snack based on almond meal (*Amygdalus communis* L.) and corn grits.Journal of Innovative Food Technologies. 5(1) , 123-140.

Omran, A. Hanan A. Hussien. 2015. Production and evaluation of gluten-free cookies from broken rice flour and sweet potato. Advances in Food Sciences. 37 (4):184-193

Peyrovani m. Salehifar M. Karimian Khosroshahi N. 2020. The effect of the lupine flour and corn starch on the rheological properties of dough, textureand organoleptical properties of gluten-free cake. Journal of Food Research. 30 (2): 69-86

Priscila Z. Bassinelloa, Daniela de G. C. Freitasb, José Luiz R. Ascherib , Cristina Y. Takeitib , Rosangela N. Carvalhoa , Selma N. Koakuzua , Ana V. Carvalho. 2011. Characterization of cookies formulated with rice and black bean extruded flours. Procedia Food Science. 1: 1645 – 1652

Salehi, E., Rostamian, M., and Milani, J. 2011. Textural and heat assessment of staling of corn-chickpea bread. Journal of Food Science and Technology, 4, 35-40.

Siddiq, M., Nasir, M., Ravi, R., Dolan, K. D. & Butt, M. S. 2009. Effect of defatted maize germ addition on the functional and textural properties of wheat flour. International Journal of Food Properties, 12,1–11.

نسخه پیش انتشار