

Improving the nutritional properties and reducing the absorption of donut oil using saponinized quinoa flour

Mahta Morad Nia¹, Akram Arianfar^{1*}, Ali Mohammadi Sani¹, Zahra Sheikholeslami²

1. Department of Food Science and Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran

*Corresponding author (a_aria_1443@yahoo.com)

2- Associate Professor of Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashad, Iran.

Introduction: Donut is a type of sweet fried snack that was produced as fermented and deep fried. The deliciousness and high energy of the donut has made it very popular among sweet products made from wheat flour. The lack of wheat and its sensitivity to changes in weather conditions as well as bad economic conditions in recent years requires that research in the field of replacing wheat flour with other grains. Quinoa is a rich source of protein (the essential amino acids lysine, methionine, cysteine, and threonine), magnesium, fiber, vitamin B, potassium, and other minerals such as iron. Quinoa seeds have less starch than other grains (wheat, barley, corn, and rice). The value of dietary fiber in quinoa is much more in comparison to other grains, it had about 31% insoluble fiber. Also, as a source of phytoestrogens, it prevents cancer, cardiovascular diseases, and osteoporosis. The main problem with quinoa used for human food is the presence of saponin in the outer shell of the seed. Saponins are considered anti-nutritional agents due to their hemolytic activity on red blood cells, bitterness, foaming ability, and inhibition of enzymes. Therefore, the most important

step for using quinoa in food products is to remove saponin. The other problem with using saponin is too bitter hence causing bloating and heartburn. This study aimed to choose the best saponinization method from quinoa and the possibility of using the saponinized quinoa instead of wheat in donut formulation and investigated the quality, texture, and sensory properties of the donuts.

Materials of methods: The methods for saponin removal include (maceration, microwave, ultrasound, wet method, and a combination of wet and dry method) were compared. Donuts were produced with quinoa flour at two levels of 20 and 40%. The Fiber, ash, and protein values of wheat flour, saponinized quinoa flour, and donuts with different levels of saponinized quinoa flour were measured. The effect of replacement wheat flour with saponinized quinoa flour on oil absorption, texture, SEM, and sensory properties of donuts evaluated.

Results and Discussion: A comparison between different methods of saponinization indicated that the ultrasound method had the minimum efficiency in saponin removal and the highest amount of saponin removal was in the wet and dry combined method, followed by the maceration method. The difference between the combined method and massage was not significant and had the most influence in extracting saponin from quinoa flour. Of course, the massage method is important from the point of view of the economy due to the long time of the process and the production of a lot of waste water so this method had the loss of nutrients in the quinoa. The highest amount of protein, fiber, and ash was obtained in saponinized quinoa flour and a donut containing 20% quinoa flour. The amount of firmness, elasticity, SEM, and sensory properties in the sample with 20% quinoa flour had similar characteristics to the control sample, but increasing the amount of quinoa flour reduced these factors. The oil absorption percentage in donuts containing 40% quinoa flour was higher than in other samples. The results of using saponinized quinoa flour on the sensory characteristics (color crust and crumbs, taste, smell, texture and overall acceptance) of donuts showed that donut with 20% quinoa was similar to the control sample and was acceptable for panelists but increased the concentration up to 40% wasn't pleasant.

Conclusion: In this study, the saponinized quinoa flour used in donut formulation to increase the nutritional value and reduced the calories of donuts also overcame the challenges of wheat shortage. The saponinization methods were compared to choose the method with the highest saponin removal. Then donut with saponinized quinoa flour was prepared. The use of saponinized quinoa flour instead of wheat flour increased the nutritional value of donuts. Adding saponinized quinoa flour to the donuts formulation significantly declined the oil absorptions. Generally, the donuts containing saponinized quinoa flour had relatively similar sensory properties to the donuts with wheat flour (commercial donuts). Therefore, it seems that saponinized quinoa flour could be used successfully to improve the nutritional value of donuts and also consumers' acceptance.

Keywords: Quinoa Flour, Nutritional Properties, Saponinization, Donuts, and Oil Absorption.

بهبود خواص تغذیه‌ای و کاهش جذب روغن دونات با استفاده از آرد کینوای ساپونین

زدایی

مهتاب مرادنیا^۱، اکرم آریان‌فر^{۱*}، علی محمدی ثانی^۱، زهرا شیخ‌الاسلامی^۲

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران.

۲- بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان

خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

۱. *نویسنده مسئول: دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران.

آدرس ایمیل: a_ari_a_۱۴۴۳@yahoo.com

چکیده:

در سال‌های اخیر میزان تقاضا به محصولات پخت‌بنا میان وعده افزایش داشته است. آرد گندم از نظر اسیدهای آمینه و برخی مواد معدنی ضعیف است اما ترکیب آن با آرد سابر غلات سبب افزایش ویژگی‌های تغذیه‌ای محصولات می‌گردد. این پژوهش با هدف مقایسه روش‌های ساپونین زدایی از آرد کینوا و بررسی اثر جایگزینی آرد ساپونین زدایی شده بر کیفیت و ویژگی‌های تغذیه‌ای دونات انجام شد. میزان حذف ساپونین به روش‌های (ماسیراسیون، میکروویو، فراصوت، روش مرطوب و ترکیب روش مرطوب و خشک) مقایسه شد. دونات با آرد کینوا در دو سطح ۲۰ و ۴۰ درصد تولید شد. ویژگی‌های تغذیه‌ای اندازه‌گیری گردید. درصد جذب روغن، ویژگی‌های بافتی، تصاویر میکروسکوپ الکترونی و حسی نمونه‌های دونات ارزیابی گردید. مقایسه بین روش‌های مختلف ساپونین زدایی نشان داد که روش ترکیب مرطوب و خشک ($mg/g \times 9$) بیشترین اثر در حذف ساپونین از کینوا را داشت. بیشترین میزان پروتئین، فیبر و خاکستر در آرد کینوا ساپونین زدایی شده و نمونه دونات حاوی ۴۰ درصد آرد کینوا بدست آمد. میزان سفتی و کشش پذیری و ویژگی‌های حسی در دونات شاهد و نمونه حاوی ۲۰ درصد آرد کینوا مشابه بود. درصد جذب روغن در دونات حاوی ۲۰٪ درصد آرد کینوا از سایر نمونه‌ها کمتر بود. تصاویر میکروسکوپی نشان داد افزودن ۴۰ درصد آرد کینوا ساختار

یکنواخت و همگن از بین رفت. باتوجه به نتایج بدست آمده از ویژگی‌های تغذیه‌ای و کیفی می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که می‌توان تا ۴۰ درصد آرد کینوا ساپونین زدایی شده را در فرمول دونات استفاده کرد و از خواص تغذیه‌ای آن بهره برد.

واژه های کلیدی: آرد کینوا، خواص تغذیه‌ای، ساپونین زدایی، دونات، درصد جذب روغن

مقدمه

کینوا با نام علمی (*Chenopodium quinoa Willd*) از دسته گیاهان دولپه‌ای و از خانواده چنوپودیاسه، گیاهی یک ساله است. کینوا در طی ۵۰۰۰ سال به طور مداوم در تغذیه مردم پرو، بولیوی، اکوادور و شیلی استفاده شده، است. ارزش بسیار بالای دانه یا بذر آن، موجب مقایسه آن توسط سازمان خوار و بار جهانی (FAO) با شیر خشک گردید، زیرا پروتئین کینوا از نظر کمی و کیفی از غلات متداول بهتر می‌باشد (سپهوند و همکاران، ۱۳۹۰). کینوا منبع غنی پروتئین (آمنواسیدهای ضروری لیزین، متیونین، سیستئین و ترئونین) منیزیم، فیبر، ویتامین ب، پتاسیم و دیگر مواد معدنی مانند آهن است. دانه کینوا دارای نشاسته کمتری نسبت به سایر غلات (گندم، جو، ذرت و برنج) است، همچنین به عنوان منبعی از فیتواستروژن از ایجاد سرطان، بیماری‌های قلبی و عروقی و پوکی استخوان جلوگیری می‌کند (Nowak et al., 2016). میزان فیبر رژیمی کینوا در مقایسه با سایر غلات بسیار بالاتر است. حدود ۳۱ درصد فیبر آن نامحلول می‌باشد (Rizzello et al., 2017). کینوا در مقایسه با برخی از غلات رایج (گندم و جو) سرشار از نیاسین، اسید فولیک، ویتامین‌های A، B2 و E بوده و غنی از آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند پلی‌فنول می‌باشد (Lorusso et al., 2017; Turkut et al., 2016) کینوا به دلیل فاقد گلوتن بودن اخیراً به عنوان جایگزینی برای غلات رایج، برای افراد مبتلا به بیماری سلیاک استفاده می‌شود (Burešová et al., 2017). با توجه به خصوصیات منحصر بفرد کینوا می‌تواند مانند یک غذای عملگرا مورد استفاده قرار گرفته و خواص سلامت بخشی از جمله پیشگیری و درمان بیماری را از خود نشان دهد (Milovanović et al., 2014).

عمده‌ترین مشکل کاربرد آن به‌عنوان غذا برای انسان و علوفه برای دام، وجود ساپونین در پوسته خارجی بذر می‌باشد که به‌عنوان یک ماده ضدتغذیه ای است. Sharma و همکاران (۲۰۲۲) بیان کردند که ساپونین‌ها به دلیل فعالیت همولیتیک بر گلبول‌های قرمز، تلخی، قابلیت کف‌کنندگی و مهار آنزیم‌ها به عنوان عوامل ضد تغذیه‌ای در نظر گرفته می‌شوند. از این رو مهمترین مرحله برای استفاده از کینوا در محصولات غذایی ساپونین‌زدایی است. ساپونین مزه تلخی دارد و قلیایی است. لذا در مرحله اگر گرد ساپونین روی دانه بنشیند و شستشوی خوبی داده نشود، می‌تواند تلخی بسیار زیادی را ایجاد کند. کینوا فراوری نشده یا با غیر اصولی فراوری شده، باعث گاهاً نفخ و دل‌پیچه بسیار زیاد می‌شود (Dehghan Tanha et al., 2010).

دونات نوعی اسنک سرخ‌شده شیرین است که به صورت شیمیایی و تخمیری یا تلفیق این دو ور می‌آید و به صورت عمیق سرخ می‌شود (Melito & Farkas, 2012). این محصول برای اولین بار در آلمان و هلند تهیه شد. به این صورت که تکه‌های باقیمانده از خمیر نان را در روغن سرخ کرده و به آن اولیکوک می‌گفتند. خوشمزه‌گی و پراورزی بودن دونات باعث شده در میان محصولات شیرین حاصل از آرد گندم بسیار مورد توجه باشد. بازار دونات تنها در آمریکا سالانه حدود ۴-۳ میلیارد دلار درآمد دارد (Tan & Mitral, 2006). دونات دارای دو قسمت اصلی، بخش سرخ‌شده و بخش داخلی است. بخش سرخ‌شده در سطح است که مستقیماً در تماس با روغن قرار می‌گیرد. این قسمت بیشترین دفع رطوبت و بیشترین جذب روغن را دارد و در حالت ایده‌آل رنگ قهوه‌ای طلایی و بافت ترد دارد. بخش داخلی مشابه کیک است و اگر در طول سرخ شدن حرارت کافی دریافت کند ژلاتیناسیون نشاسته در آن اتفاق می‌افتد. در اثر سرخ کردن رطوبت به بخش سرخ‌شده مهاجرت می‌کند و تردی سطح را از بین می‌برد (Tan & Mitral, 2006). میزان روغن یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی فرآورده‌های سرخ کردنی می‌باشد. میزان جذب بالای روغن هم برای تولیدکننده گران تمام می‌شود و هم موجب چرب و بی مزه شدن محصول می‌گردد. با این وجود بافت محصول کم‌چرب نیز نامطلوب است. مواد غذایی سرخ شده به دلیل داشتن طعم مطبوع و بافت ویژه‌ای که دارند همواره مورد توجه مصرف‌کنندگان بوده‌اند. رنگ و بافت از مهم‌ترین خصوصیات کیفی مواد غذایی هستند که تحت تأثیر سرخ کردن قرار می‌گیرند (انتظاری و همکاران، ۱۳۹۶).

کمبود گندم و حساسیت شدید آن به تغییر شرایط آب و هوایی همچنین شرایط بد اقتصادی در سال‌های اخیر منجر به انجام تحقیقات گسترده‌ای در زمینه جایگزینی آرد سایر غلات با آرد گندم برای تهیه محصولات پخت شده است. گیاه کینوا شبه غله‌ای است که تحت شرایط خشک و کم آب محصول می‌دهد، بنابراین جایگزینی آرد گندم با کینوا می‌تواند نیاز سالانه به گندم در کشور را مرتفع نماید. علاوه بر این کینوا ویژگی‌های تغذیه‌ای منحصر بفردی دارد که می‌تواند سبب خواص تغذیه‌ای محصولات پخت گردد. لذا این پژوهش با هدف، انتخاب بهترین روش ساپونین زدایی از کینوا و امکان جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا در فرمولاسیون دونات و بررسی خواص تغذیه‌ای، حسی و بافتی آن انجام شده است.

مواد و روش‌ها

آرد ستاره با درجه استخراج ۸۳ درصد، از کارخانه آرد گل‌مکان (مشهد، ایران) و آرد کینوا از مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی تهیه شد. برای این منظور، آرد مورد نیاز برای انجام آزمایشات به صورت یک‌جا تهیه و در سردخانه با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سایر مواد مورد نیاز در آزمایشات شامل شکر، روغن نباتی مایع (با نام تجاری اویلا)، تخم مرغ (شرکت تلاونگ، تهران) و بیکنینگ پودر (شرکت سیسارون شیمی ایران) و وانیل (جیوادان سوئیس) تهیه شد.

تهیه دونات

فرمول پایه (شاهد) خمیر دونات حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم، شکر ۱۶ درصد، ۲۰ درصد تخم مرغ کامل، روغن ۱۶ درصد، مخمر ۲/۴ درصد، ۴ درصد شیر خشک، نمک ۰/۸ درصد، وانیل ۰/۲ درصد و ۲۵ درصد آب بود. ابتدا ابتدا تخم مرغ را در ظرف مخصوص ریخته و به مدت ۳ دقیقه با دور تند با همزن (ساخت کشور ایتالیا) هم زده شد. سپس به آن شکر، روغن، شیر خشک، وانیل و مخمر اضافه و به مدت ۳ دقیقه با دور تند هم زده، سپس آرد توزین شده کم کم به آن اضافه شد. خمیر آماده شده به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد در ظرف مخصوص قرار گرفت تا مرحله اول تخمیر صورت گیرد. سپس خمیر با ضخامت 1 سانتی متر به صورت دستی پهن و توسط قالب دونات با قطر داخلی ۲/۶۰ سانتی متر و قطر خارجی ۷ سانتی متر قالب زنی شد. قطعات به مدت ۹۰ دقیقه در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد در اتاق تخمیر، مرحله دوم تخمیر را سپری کردند. سپس، خمیرها داخل سرخ کن در روغن با دمای ۱۷۰ درجه سانتی گراد به روش غوطه وری تا رسیدن به رنگ قهوه‌ای سرخ شدند. سپس دونات‌های تولید شده در دمای محیط به مدت ۳۰ دقیقه سرد شدند و در پوششی از جنس پلی اتیلن بسته‌بندی و نگهداری شد (Ghaitaranpour et al., 2018). روغن سطحی دونات پس از سرخ کردن و قبل از سرد شدن با استفاده از کاغذ جاذب جدا شد.

سپانولین زدایی از آرد کینوا:

روش مرطوب: این شامل قرار دادن دانه کینوا در معرض فرآیند خیساندن بود، روش شستشو برای شسته شدن سپانولین ها از دانه های کینوا در دمای آب (۶۰ درجه سانتیگراد) با نسبت دانه ها به آب مقطر ۱:۱۰ انجام شد. زمان شستشو تحت هم زدن ثابت نیز ۱۲۰ دقیقه بود. سپس دانه کینوا در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد در آون خلاء (Tuttlngen, Binder GmbH، آلمان) به مدت ۴ ساعت خشک شد (۱۴).

روش ترکیبی خشک و مرطوب: ابتدا جهت خراشده‌ی پوسته، پوسته‌ی خارجی حذف گردید، انجام و سپس برای از بین بردن باقیمانده آن را مطابق روش مرطوب شستشو شد (Gómez- Caravaca et al., 2014).

روش ماسیراسیون: در این روش ۱۰ گرم از کینوا در ۲۵ میلی لیتر اتانول ۸۰ درصد حل و با همزن شیشه‌ای به مدت ۱۵ دقیقه ترکیب کاملاً یکنواخت شد سپس ظرف به مدت ۴۸ ساعت توسط همزن مغناطیسی محلول هم زده شد و از صافی عبور داده شد سپس به بالن دستگاه تقطیر منتقل و در خلاء در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد تقطیر محلول تقطیر شد (Keyhani et al., 2015).

روش مایکروویو: در روش مایکروویو، دانه‌ها مرطوب و در اجاق مایکروویو خانگی (LG، ۲۳۰-۵۰V-هرتز AC، ۲۴۵۰

MHz) به مدت ۵ دقیقه (W9۰۰) حرارت داده شدند (Sharma et al., 2022).

روش فراصوت: عصاره‌گیری با امواج فراصوت در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد، با ۲۵ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد مخلوط سپس تحت امواج فراصوت با پالس ۱۰۰، فرکانس ثابت ۲۴ کیلو هرتز و به مدت ۴۰ دقیقه قرار گرفت. عصاره متانولی حاصل مطابق روش ماسیراسیون تغلیظ شد (Keyhani *et al.*, 2015).

آزمون‌های شیمیایی آرد و دونات

میزان فیبرخام آرد گندم، کینوا و دونات، طبق روش استاندارد ۱۰-۳۲، خاکستر آرد گندم، کینوا و دونات با روش ۰۸-۰۱، پروتئین آرد گندم، کینوا و دونات با روش ۱۲-۴۶ اندازه‌گیری شد (AACC, 2000).

ویژگی‌های بافتی دونات

آزمون بافت سنجی با استفاده از دستگاه بافت سنج (مدل CNS Farnell, QTS، انگلستان) متصل به رایانه، انجام شد. نمونه‌ها در زیر یک پروب استوانه‌ای از جنس آلومینیوم و با قطر ۲۰ میلی‌متر تحت آزمون فشردگی قرار گرفت. نیروی لازم برای سوراخ کردن دونات به‌عنوان سفتی و طول کش آمدن بافت تا پاره شدن به‌عنوان میزان کشش‌پذیری بر حسب واحد میلی‌متر محاسبه شد. سرعت پروب در طی آزمون ۳۰ میلی‌متر در دقیقه، و نقطه شروع 0.5 N بود (Rehman *et al.*, 2006).

جذب روغن دونات

نمونه‌های دونات خشک شده (در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت) درون آسیاب خرد و سپس چربی هر نمونه به روش سوکسله توسط دی اتیل اتر استخراج می‌شود. جذب روغن برای دونات‌های تهیه شده مطابق فرمول زیر محاسبه می‌شود (Zolfaghari *et al.*, 2013):

جذب روغن = [درصد روغن بعد سوکسله - درصد روغن قبل سوکسله] / درصد روغن قبل سوکسله

نسبت جذب روغن = محتوی روغن بر حسب گرم / افت رطوبت بر حسب گرم

ارزیابی حسی دونات:

خصوصیات حسی نمونه شامل رنگ پوسته، رنگ مغز، طعم، بو، بافت (سفت بودن، خمیری بودن) و پذیرش کلی توسط ۱۰ ارزیاب دوره دیده به روش امتیاز دهی هدونیک ۵ نقطه‌ای مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. امتیازها بین ۱ (خوب) و ۵ (خیلی خوب) در نظر گرفته می‌شود. جهت انتقال داوران آزمون مثلثی مطابق روش استفاده می‌شود (Sheikholeslami *et al.*, 2020).

آزمون SEM

برای بررسی ساختار دونات با استفاده از میکروسکو الکترونی روبشی (MIRA3، شرکت TESCAN، جمهوری چک) استفاده شد. نمونه‌های مغز دونات در نیتروژن مایع، منجمد و سپس با خشک‌کن انجمادی (CHRist، مدل LD 1-4، آلمان)

خشک شد. نمونه‌های انجمادی خشک شده تحت خلاء و تحت بخارات طلا با طلا پوشش داده شد و نمونه‌ها رسانا گردیدند (Sheikholeslami et al., 2020).

آنالیز آماری

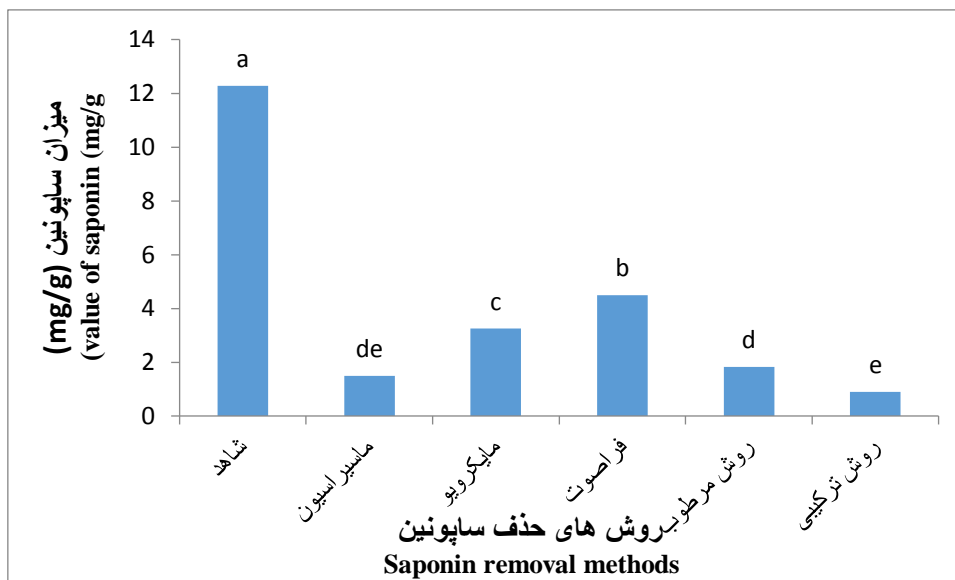
در این پژوهش از آرد کینوا در دو سطح ۲۰ و ۴۰ درصد جایگزین آرد گندم در فرمولاسیون دونات شد و در قالب یک طرح آماری کاملاً تصادفی آنالیز گردید. تمامی آزمایشات در سه تکرار صورت گرفت و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ استفاده گردید. اختلاف بین میانگین‌ها نیز به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌دار ۰/۰۵ درصد ارزیابی شد و نمودارها توسط نرم افزار Excel ترسیم گردید.

نتایج و بحث

مقایسه روش‌های ساپونین زدایی از آرد کینوا:

اولین قدم در تولید محصولات پخت با استفاده از آرد کینوا، انتخاب روش استخراج مناسب و کارآمد حذف ساپونین از آن است. روش‌های استخراج ساپونین در این مطالعه شامل ماسراسیون، روش مرطوب، روش ترکیبی مرطوب و خشک، استخراج با امواج فراصوت و استخراج با ماکروویو بود.

نتایج به دست آمده از استخراج ساپونین از کینوا با استفاده از روش‌های مختلف عصاره‌گیری نشان می‌دهد که روش فراصوت کمترین کارایی را در استخراج ساپونین داشت. بیشترین میزان حذف ساپونین در روش ترکیبی مرطوب و خشک بود، بعد از آن روش ماسیراسیون، مایکروویو و در آخر روش فراصوت قرار داشت. اختلاف بین روش ترکیبی و ماسیراسیون چشمگیر نبود، می‌توان چنین بیان نمود روش ترکیبی و ماسیراسیون بیشترین کارایی را در استخراج ساپونین از آرد کینوا داشتند. البته در روش ماسیراسیون بدلیل زمان طولانی فرآیند و تولید پس‌آب زیاد از نظر اقتصاد اهمیت کمتری است، همچنین این روش سبب از بین رفتن سایر مواد مغذی در باقیمانده گیاهی می‌شود (Cheok et al., 2014)، در نتیجه روش ترکیبی بعنوان بهترین روش در استخراج ساپونین انتخاب شد. کاهش ساپونین‌ها با روش مرطوب، ماسیراسیون و روش ترکیبی را می‌توان بدلیل کاهش آن با آب نسبت داد زیرا ساپونین‌های کینوا حاوی گلیکوزیدهایی هستند که محلول در آب می‌باشند (Mhada et al., 2020)، همچنین ساپونین ترکیب قطبی است که در روش ترکیبی و ماسیراسیون بدلیل استفاده از اتانول سبب افزایش حلالیت ساپونین و افزایش درصد استخراج آن شده‌است. از طرفی توانایی کاهش میزان ساپونین در روش ترکیبی، احتمالاً به دلیل تجزیه و دنا توره شدن ساپونین‌ها بوده‌است (Gavrila et al., 2022).



شکل ۱- میزان حذف ساپونین با روش های مختلف

Fig1. Saponin removal rate by different methods

Hou و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی مشابه از معادله انتشار برای بررسی سینتیک استخراج ساپونین‌ها از کینوا، با هدف کامل کردن مکانیسم شستشوی ساپونین استفاده کردند. در این مطالعه مشخص شد در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ دقیقه ساپونین موجود در دانه های کینوا می‌تواند برای دستیابی به سطح مطمئن ساپونین‌ها برای مصرف انسان بدون آسیب دیدگی بذر با روش مرطوب استخراج شوند. مطابق با نتایج CaMPos naPán (۲۰۲۱) و Candia Danz و Olaguivel و Quisocala (۲۰۱۶) سوس گیری معمولاً راندمان حذف ساپونین ۹۵٫۰٪ می‌رسند. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان دلیل بیشترین حذف به روش ترکیبی (مرطوب و خشک) را توجیح نمود.

Sharma و همکاران (۲۰۲۲) محتوای ساپونین در دانه کینوا خام ۱۳/۸۷ میلی‌گرم در گرم بدست آوردند. حذف ساپونین در دو روش جوشاندن (۱۵ دقیقه) و اتوکلاو به طور قابل توجهی محتویات ساپونین را به ترتیب ۶۴/۲۱ و ۱۳/۳۳ درصد کاهش دادند در حالی که برشته کردن (۶/۵ دقیقه) و فرآوری در مایکروویو (۵ دقیقه) به ترتیب ۲۵/۱۵ و ۹/۳۱ درصد ($p > / 0.5$) افزایش یافتند. Gil-Ramire و همکاران (۲۰۱۸) برای حذف ساپونین‌ها دو روش استخراج جامد-مایع با استفاده از اتانول/آب اکتباس و تجزیه و تحلیل طیف سنجی جرمی استفاده کردند. آنها نشان دادند که روش طیف سنجی جرمی عصاره ها قادر به تایید حضور ساپونین‌ها نبود. بنابراین روش استخراج با اتانول انتخاب شد. همچنین آنها بیان کردند این روش یک جایگزین کارآمد و سازگار با محیط زیست برای استخراج است.

Nickel و همکاران (۲۰۱۶) بیان نمودند که شستشو همراه با پختن سطح ساپونین اصلی را به ۲٫۵٪ کاهش داد.

ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی آردها و نمونه دونات

روش ترکیبی بعنوان بهترین روش ساپونین‌زدایی انتخاب شد. از آرد کینوا ساپونین‌زدایی در تهیه دونات در دو سطح (۲۰ و ۴۰ درصد) استفاده شد با دونات شاهد مقایسه شد. میزان فیبر، خاکستر و پروتئین آرد گندم و آرد کینوا و نمونه‌های دونات در جدول ۱ ارائه شده است. خصوصیات آرد گندم در محدوده آردهای متوسط تا قوی بوده با درصد استخراج ۲۱ درصد که برای دونات مناسب است. آنالیز آرد کینوا نشان داد که میزان خاکستر، فیبر و پروتئین در این آرد نسبت به آرد گندم بالاتر بود. میزان رطوبت آرد کینوا 11.03 ± 0.22 درصد و آرد گندم 11.56 ± 0.15 بدون اختلاف آماری معنی‌داری بود ($P > 0.05$). مقدار پروتئین آرد کینوا 13.87 ± 0.23 ، میزان فیبر آرد کینوا 5.09 ± 0.22 درصد بدست آمد و این میزان به صورت معنی‌داری ($P < 0.05$) بیشتر از مقدار فیبر، پروتئین و خاکستر در آرد گندم بود. Iglesias و همکاران (۲۰۱۵) و Präger و همکاران (۲۰۱۸) و آرد کینوا را بعنوان یک آرد با ارزش تغذیه‌ای بالا معرفی نموده‌اند و نشان دادند میزان پروتئین، فیبر و مواد معدنی در این آرد از آرد گندم کامل هم بیشتر است.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی آرد گندم و آرد کینوا

Table 1-Chemical properties of wheat flour and quinoa flour

آرد Flour	رطوبت % (Moisture content %)	پروتئین % (Protein %)	خاکستر % Ash (%)	فیبر % (Fibre %)
آرد گندم Wheat flour	11.56 ± 0.15	11.96 ± 0.76	0.71 ± 0.00	1.62 ± 0.11
آرد کینوا Quinoa flour	11.03 ± 0.22	13.87 ± 0.23	2.73 ± 0.11	5.09 ± 0.22

بررسی ویژگی‌های شیمیایی نمونه‌های دونات (جدول ۲) نشان می‌دهد که نمونه دونات شاهد که تنها از آرد گندم استفاده شده بود میزان خاکستر، فیبر بسیار کمتر بود. بیشترین میزان فیبر، پروتئین و خاکستر در نمونه تهیه شده با ۴۰ درصد آرد کینوا مشاهده شد. در مجموع مقایسه بین نمونه‌های مختلف نشان می‌دهد جایگزینی آرد گندم با ۴۰ درصد آرد کینوا محتوای پروتئین، خاکستر و فیبر

بطور چشمگیری بیشتر شد، در نتیجه ارزش تغذیه‌ای دونات بیشتر شد. Lorusso و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که استفاده از آرد کینوا در تهیه محتوای فیبر و پروتئین نمونه‌های پاستا را افزایش داد.

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی دونات

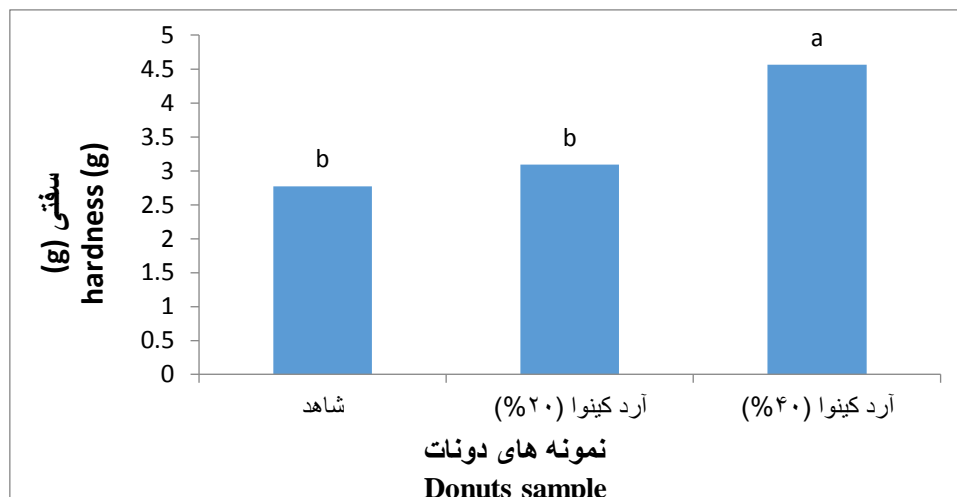
Table ۲-Chemical properties of donuts

کیک cake	پروتئین % (Protein %)	خاکستر % Ash (%)	فیبر % (Fibre %)
دونات شاهد control donuts	2.27 ^b ±0.16	0.76 ^b ±0.15	1.64 ^c ±0.07
دونات (۲۰٪ کینوا) Donuts (20% quinoa flour)	4.56 ^{ab} ±0.42	1.32 ^{ab} ±0.28	2.25 ^b ±0.19
دونات (۴۰٪ کینوا) Donuts (40% quinoa flour)	5.49 ^a ±0.35	1.97 ^a ±0.30	3.74 ^a ±0.24

ارزیابی بافت دونات :

ارزیابی سفتی بافت دونات نشان داد که کمترین میزان سفتی در نمونه شاهد بود البته بین نمونه شاهد با نمونه حاوی ۲۰ درصد آرد کینوا اختلاف چشمگیری مشاهده نشد ($P>0/05$)، اما با افزایش سطح ۴۰ درصد آرد کینوا میزان سفتی دونات بیشتر شد، افزایش سفتی بافت بدنبال کاهش میزان گلوتن با جایگزینی آرد کینوا بود که سبب تضعیف شبکه گلوتن شد و در نتیجه توانایی آن در حفظ حباب هوای کاهش یافت در نتیجه بافت دونات سفت شد.

Iglesias –Pui و همکاران (۲۰۱۵)، Turkut و همکاران (۲۰۱۶) و سفت شدن بافت نان و کیک (بترتیب) با افزایش آرد کینوا نشان دادند. نوری و همکاران (۲۰۱۷) محتوی رطوبت نیز نقش مهمی در سفتی مغز فرآورده‌های غلات به دلیل اثر پلاستیسایزری آن بر شبکه مغز این فرآورده‌ها ایفا می‌کند، با کاهش میزان گلوتن با جایگزینی آرد کینوا گلوتن تضعیف شده در نتیجه جذب آب کاهش می‌یابد و بدنبال آن بافت دونات سفت‌تر شد.



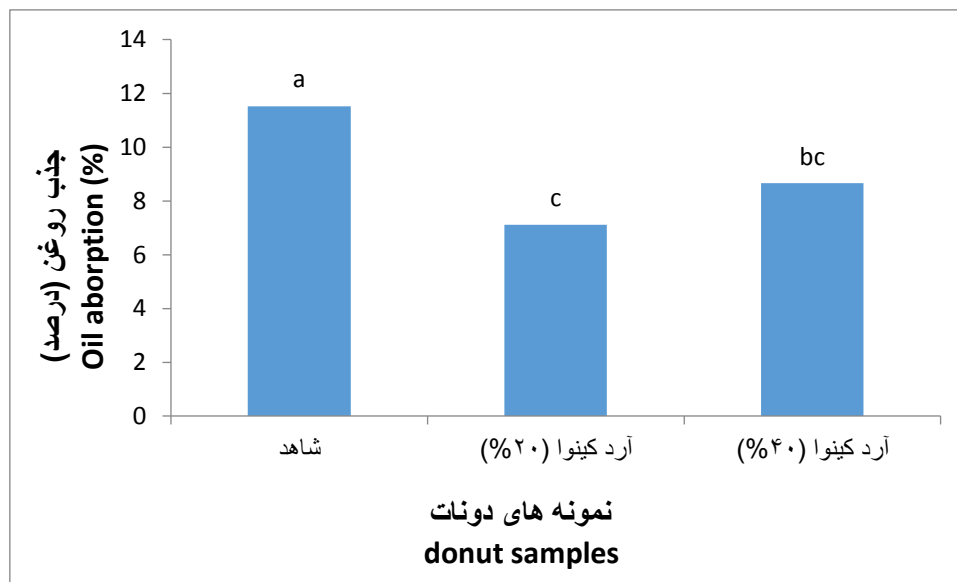
شکل ۲- میزان سفتی در نمونه های دونات

Fig ۲- The amount of hardness in donut samples

درصد جذب روغن دونات:

نتایج تجزیه واریانس جایگزینی آرد کینوا در فرمول دونات تأثیر معنی داری بر میزان جذب روغن نمونه های دونات نشان داد ($P < 0/05$). میزان جذب روغن نمونه های دونات حاوی آرد کینوا در نمودار ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد که استفاده از آرد کینوا در فرمول دونات منجر به کاهش معنی دار جذب روغن شد ($P < 0.05$), بطوری که نمونه حاوی ۲۰ درصد آرد کینوا کمترین جذب روغن در مقایسه با نمونه شاهد و نمونه حاوی ۴۰ درصد آرد کینوا داشت.

هرچه افت رطوبت ماده غذایی حین فرایند سرخ کردن بیشتر باشد، جذب روغن بیشتر می شود (Sakhale *et al.*, 2011), با توجه به اینکه جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا بدلیل میزان بالاتر پروتئین و فیبر سبب افزایش حفظ رطوبت در دونات می گردد در نتیجه کاهش جذب روغن در دونات با افزایش میزان آرد کینوا توجیح پذیر است، اما جایگزینی تا سطح ۴۰ درصد سبب افزایش جذب روغن شد اگرچه میزان درصد جذب روغن با هم از نمونه شاهد کمتر بود. با افزایش کینوا میزان گلوتن در ساختار دونات کاهش می یابد، عامل اصلی بافت محصولات پخت و حفظ آب شبکه گلوتن است که آرد کینوا فاقد گلوتن بوده و جایگزینی بیشتر سبب تضعیف خمیر و خروج بیشتر رطوبت و در نتیجه جذب بیشتر روغن گردید.



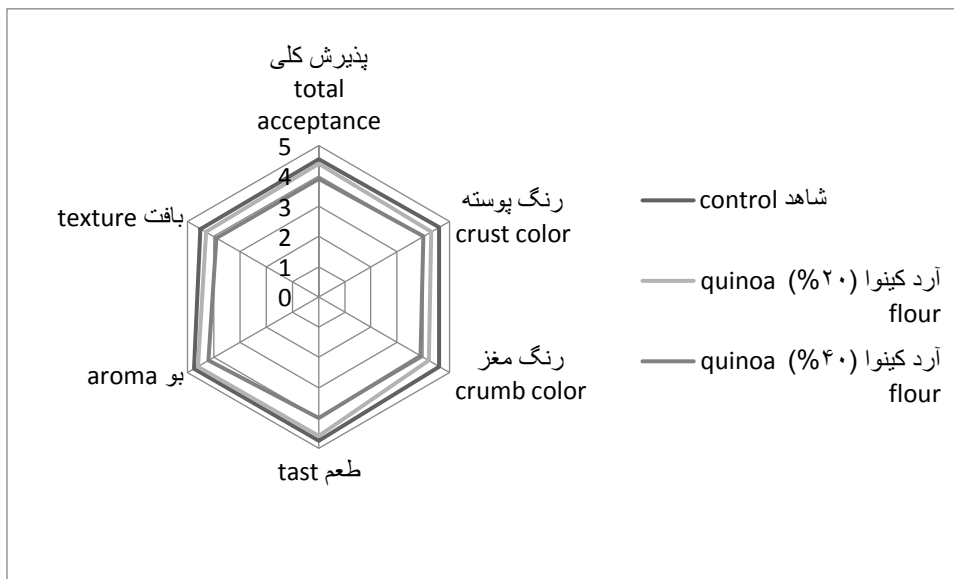
شکل ۳- میزان جذب روغن در نمونه‌های دونات

Fig 3- Oil absorption rate in donut samples

حقایق و زاوه‌زاده (۲۰۲۱) نشان دادند که افزودن پودر رازیانه و صمغ شنبلیله به فرمول دونات درصد جذب روغن کاهش یافت. رشیدی و همکاران (۲۰۱۷) بیان نمودند که استفاده از آنتی‌اکسیدان با مهار رادیکال‌ها و ممانعت از اکسایش مانع تجزیه روغن شده در نتیجه سبب کاهش جذب روغن در دونات می‌گردد. با توجه به نتایج مطالعه این محققین استفاده از آرد کینوا که منبعی از آنتی‌اکسیدان معرفی شده است (Jan et al., 2018) باعث کاهش درصد جذب روغن شد. در پژوهش نوری و همکاران (2017) کاهش محتوی روغن دونات حاوی منابع فیبر خوراکی صمغ فارسی و پودر تفاله هویج با پیش‌فرآیند مایکروویو نشان داده شد.

خصوصیات حسی:

نتایج افزودن آرد کینوا ساپونین‌زدایی شده بر ویژگی‌های حسی (رنگ پوسته، رنگ مغز، طعم، بو، بافت و پذیرش کلی) دونات نشان داد که بیشترین امتیاز مربوط به نمونه شاهد و کمترین امتیاز مربوط به تیمار با ۴۰ درصد آرد کینوا بود. با استفاده از آرد کینوا امتیاز رنگ پوسته و رنگ مغز از نمونه شاهد کمتر بود. امتیاز خصوصیات حسی (طعم، بو و بافت) بین نمونه شاهد و نمونه حاوی ۲۰ درصد آرد کینوا تفاوت معنی‌داری ($P > 0/05$)، نزد ارزیابان مشاهده نشد، اما افزایش آرد کینوا تا سطح ۴۰ درصد سبب کاهش مطلوبیت نزد ارزیابان گردید. در مجموع ارزیابی خصوصیات حسی دونات و پذیرش کلی نشان داد که جایگزینی تا سطح ۲۰ درصد آرد کینوا در دونات قابل پذیرش است اما بیشتر شدن آن، این محصول نزد ارزیابان مورد پذیرش نیست.



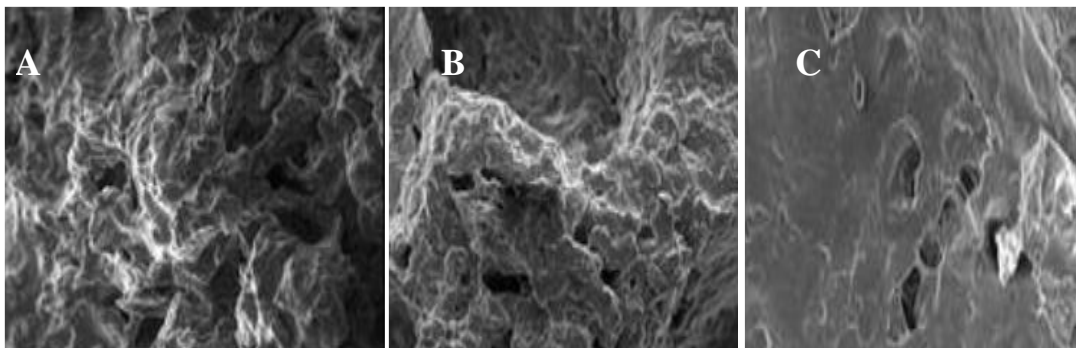
شکل ۴- خصوصیات حسی نمونه‌های دونات

Fig 4. Sensory properties of donut samples

Kılınç و Demir (۲۰۱۷) نیز جایگزینی تا ۲۰ درصد آرد کینوا در کوکی را از نظر خصوصیات حسی طعم، بو، رنگ، تردی و پذیرش کلی در مقایسه با نمونه شاهد تهیه شده از آرد گندم مورد قبول دانستند. Kaur و همکاران (۲۰۱۷) بیان نمودند که جایگزینی سطوح پایین آرد کینوا در محصولات پخت تاثیر چشمگیری بر خصوصیات حسی ندارد.

تصاویر میکروسکوپی دونات حاوی کینوا

همانطور که در شکل‌ها مشاهده می‌شود نمونه شاهد (A) دارای حفرات ریز و یکنواخت در ساختاری شبکه مانند نسبت به نمونه های حاوی آرد کینوا می‌باشد، بعد از آن در شکل (B) ساختار شبکه گلوتن جهت حفظ و پخش یکنواخت سلول‌های گازی نسبت به نمونه شاهد ضعیف‌تر است اما ساختار شبکه گلوتن قابل مشاهده است، همچنین به نظر می‌رسد در این نمونه استفاده از ۲۰ درصد آرد کینوا بدلیل داشتن پروتئین بیشتر و میزان چربی بیشتر و نشان دادن خواص امولسیفایری (Elgeti *et al.*, 2014) حفرات بزرگ در ساختار شبکه مانند در دونات ایجاد شده است. در نمونه (C) که حاوی ۴۰ درصد آرد کینوا است مطابق با نتایج حجم مخصوص و تخلخل، شبکه گلوتن تضعیف شده و بخوبی نتوانسته است سلول‌های گازی را پوشش دهد در نتیجه طی فرایند پخت و انبساط سلول‌های گازی، پارگی این سلول‌ها اتفاق افتاده و حباب‌های هوا به صورت دو یا چندتایی به یکدیگر ملحق شده اند و یک سلول گازی بزرگتر را ایجاد نموده‌اند و به موجب آن ساختار یکنواختی مشاهده نشد.



شکل ۵- تصاویر میکروسکوپی الکترونی نمونه های دونات حاوی آرد کینوا

A: نمونه دونات شاهد

B: نمونه دونات حاوی ۲۰ درصد آرد کینوا

C: نمونه دونات حاوی ۴۰ درصد آرد کینوا

Fig 5. Electron microscope images of donut samples containing quinoa flour

A: control Donut

B: Donut containing 20% quinoa flour

C: Donut containing 40% quinoa flour

نتیجه گیری

در این تحقیق امکان تولید دونات با ارزش تغذیه بیشتر و درصد جذب روغن کمتر با استفاده از آرد کینوا بررسی شد. در ابتدا توانایی روش های مختلف برای حذف ساپونین بعنوان تلخی و فاکتور ضدتغذیه ای از آرد کینوا بررسی شد، نتایج نشان داد روش ترکیبی (مرطوب و خشک) بیشترین تاثیر بر حذف ساپونین را داشت. آرد کینوا ساپونین زدای شده در دو سطح (۲۰ و ۴۰ درصد) به فرمول دونات اضافه شد. آنالیز آرد کینوا نشان داد مقدار پروتئین، فیبر و خاکستر آرد کینوا از آرد گندم بود و مطابق با همین نتایج، محتوای خاکستر، پروتئین و فیبر دونات تهیه شده با ۴۰ درصد آرد کینوا به طور چشمگیری افزایش داشت. بررسی سفتی بافت و خصوصیات حسی دونات نشان داد که جایگزینی تا ۲۰ درصد آرد کینوا تفاوت معنی داری بر بافت دونات نداشت و نزد ارزیابان قابل قبول بود. درصد جذب روغن با استفاده از آرد کینوا در مقایسه با نمونه شاهد کاهش چشمگیری داشت و جایگزینی ۲۰ درصد آرد کینوا با آرد گندم سبب کمترین درصد جذب روغن شد. نتایج این پژوهش نشان داد، تهیه دونات ترکیبی از آرد کینوا سبب بهبود ارزش تغذیه ای و کاهش جذب روغن شد.

- AACC. 2000. American Association of Cereal Chemists. AACC method 10-91. St. Paul Minnesota.
- Burešová, I., Tokár, M., Mareček, J., Hřivna, L., Faměra, O., & Šottníková, V. (2017). The comparison of the effect of added amaranth, buckwheat, chickpea, corn, millet and quinoa flour on rice dough rheological characteristics, textural and sensory quality of bread. *Journal of Cereal Science*, 75: 158-164.
- CaMPos naPán, M. U. P. J. (2021). Optimization of the saponin removal process to improve quinoa product quality and increase protein content. *Journal of Food and Nutrition Research*, 60(1), 59-65.
- Candia Danz, L., Olaguivel Quisocala, A. I. (2016). Diseño y evaluación de una escarificadora para la extracción de saponina de la quinua - Región Puno (Design and evaluation of a scarifier for the extraction of saponins from quinoa - at Puno Region). In: Universidad Nacional del Altiplano Repositorio Institucional [online]. Puno : National University of Altiplano.
- Cheok, C. Y., Karim, S., Hanaa, A., Sulaiman, R. (2014). Extraction and quantification of saponins: A Review *Food Research International*, 59: 16-40.
- Dehghan Tanha, L., Karimi, M., and Saahifar, M. (2010). The effect of ipase enzyme and datam and glycerol mono-stearate emulsifiers of any quality and shelf life of frozen oily donuts. Islamic Azad University, M.C. Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology. [in Persian].
- Demir, M. K., and Kılınç, M. (2017). Utilization of quinoa flour in cookie production, *International Food Research Journal*, 24(6): 2394-2401.
- Elgeti, D., Nordlohne, SD., Föste, M., Besl, M., Linden, M., Heinz, V., Jekle, M. and Becker, T. (2014). Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour. *Journal of Cereal Science*, 59(1): 41– 47.
- Entezari, B., Karazhiyan, H., and Sharifi, A. (2017). The effect of Chubak extract on antioxidant and shelf life of doughnut. *Journal of Innovation and Technology in Food Science and Technology*, 9(1): 27-40 [in Persian].
- Gavrila, A.I.; Tatia, R.; Seciu-Grama, A.-M.; Tarcomnicu, I.; Negrea, C.; Calinescu, I.; Zalaru, C.; Moldovan, L.; Raiciu, A.D.; Popa, I. (2022). Ultrasound Assisted Extraction of Saponins from *Hedera helix* L. and an In Vitro Biocompatibility Evaluation of the Extracts. *Pharmaceuticals*, 15, 1197.
- Ghaitaranpour, A., Koocheki, A., Mohebbi, M., & Ngadi, M. O. (2018). Effect of deep fat and hot air frying on doughnuts physical properties and kinetic of crust formation. *Journal of cereal science*, 83: 25-31.
- Gil-Ramirez, A., Salas-Veizaga, D. M., Grey, C., Karlsson, E. N., Rodriguez-Meizoso, I., & Linares-Pastén, J. A. (2018). Integrated process for sequential extraction of saponins, xylan and cellulose from quinoa stalks (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Industrial Crops and Products*, 121: 54-65.

- Gómez- Caravaca, A.M., Iafelice, G., Verardo, V., Marconi, E., Caboni, M.F. (2014). Influence of pearling process on phenolic and saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chem*, 157, 174–178.
- Haghighayegh G, Zavehad N. Evaluation of effect of Fennel powder and Fenugreek gum on technologic and antioxidant properties of fried doughnut. *FSCT*. 2021; 18 (111) :23-35 [In Persian]
- Hou, Z., Fu, M., Zhang, W., Ren, G. (2018). Research progress on saponins of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Food Safety and Quality*, 9(19):5146-52.
- Iglesias –Puig, E., Monedero, V., Haros, M. (2015). Bread with whole quinoa flour and bifidobacterial phytases increases dietary mineral intake and bioavailability. *LWT -Food Sci Technol*, 60(1), 71 -77.
- Jan, K, N., Panesar, P. S., & Singh, S. (2018). Optimization of antioxidant activity, textural and sensory characteristics of gluten-free cookies made from whole indian quinoa flour, *Lwt*, 93, 573-582.
- Kaur, S., and Kaur, N. (2017). Development and sensory evaluation of gluten free bakery products using quinoa (*Chenopodium Quinoa*) flour. *Journal of Applied and Natural Science*, 9(4): 2449-2455 .
- Keyhani, V., Mortazavi, S. A, Karimi, M., Karazhiyan, H., Sheikholeslami, Z. (2015). Ultrasound-assisted extraction of saponins from chubak plant (*Acanthophyllum Glandulosum*) root based on their emulsification and foaming properties. *Research and Innovation in Food Science and Industry*, 4 (4): 325-342.
- Lorusso, A., Verni, M., Montemurro, M., Coda, R., Gobbetti, M., & Rizzello, C.G. (2017). Use of fermented quinoa flour for pasta making and evaluation of the technological and nutritional features. *LWT*, 78: 215-221.
- Melito, H, S., & Farkas, B. E. (2012). Impact of Infrared Finishing on the Mechanical and Sensorial Properties of Wheat Donuts. *Journal of Food Science*, 77(9): 224-230.
- Mhada, M., Metougui, M. L., El Hazzam, K., El Kacimi, K., & Yasri, A. (2020). Variations of Saponins, Minerals and Total Phenolic Compounds Due to Processing and Cooking of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Seeds. *Foods*, 9: 660.
- Milovanović, M. M., Demin, M.A., Vucelić-Radović, B. V., Žarković, B. M., and Stikić, R. I. (2014). Evaluation of the nutritional quality of wheat bread prepared with quinoa, buckwheat and pumpkin seed blends. *Journal of Agricultural Sciences*, 59(3): 318-328.
- Nickel, J., Spanier, L. P., Botelho, F. T., Gularte, M. A., & Helbig, E. (2016). Effect of different types of processing on the total phenolic compound content, antioxidant capacity, and saponin content of *Chenopodium quinoa* Willd grains. *Food Chemistry*, 209: 139-143.
- Nouri, M., Nasehi, B., Samavati, V., Abdanan Mehdizade, S. (2017). Effect of microwave pre-treatment on physico-chemical properties of donut containing Persian gum and carrot pomace powder sources of dietary fiber. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 13(2): 227- 239. [In Persian].
- Nowak, V., Du, J., & Charrondiere, U. R. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chemistry*, 193: 47–54.

- Präger, A., Munz, S., Nkebiwe, P. M., Mast, B., Graeff-Hönninger, S. (2018). Yield and quality characteristics of different quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars grown under field conditions in southwestern Germany. *Agron J*, 8: 197.
- Rashidi, S., Niazmand, R., Arianfar, A. (2017). Reducing the amount of acrylamide and absorption of donut oil using the antioxidant effect of sesame oil and its unsaturated soaps. *Research and Innovation in Food Science and Industry*, 6 (1): 1-10.
- Rehman, S., Paterson, A., Hussian, S., Bhatti, I. A., Shahid, M. A. R. (2006) Influence of detoxified Indian Vetch (*Lathyrus Sativus*) on sensory and protein quality characteristics of composite flour chapatti. *Journal of Science of Food and Agriculture* 86.8: 1172-1180.
- Rizzello, C., G. (2017). Use of fermented quinoa flour for pasta making and evaluation of the technological and nutritional features, *LWT*, 78: 215-221.
- Sakhale, B. K., Badgajar, J. B., Pawar, V. D., and Sananse, S. L. (2011). Effect of hydrocolloids incorporation incasing of samosa on reduction of oil uptake. *Journal of Food Process Technology*, 3(2): 120-133.
- Sepahvand, N. A., Humility, M., and Kahbazi, M. (2010). Quinoa, a valuable plant for food security and sustainable agriculture in Iran. 11th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding, Tehran, Iran. [in Persian].
- Sharma, S., Kataria, A., Singh, B. (2022). Effect of thermal processing on the bioactive compounds, antioxidative, antinutritional and functional characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa*), *LWT - Food Science and Technology*, doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113256>.
- Sheikholeslami, Z., Mahfouzi, M., Karimi, M., Hejrani, T., Ghiafehdavoodi, M., & Ghodsi, M. (2020). Evaluating the traditional bread properties with new formula: Affected by triticale and cress seed gum. *Food Science and Technology International* 2020; 1082013220961777.
- Tan, J., and Mitral, G. S. (2006). Physicochemical properties change of doughnuts during vacuum frying. *International Journal Food properties*, 9: 85-98.
- Turkut, G. M., Cakmak, H., Kumcuoglu, S., Tavman, S. (2016). Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*, 69:174e181.
- Zolfaghari, Z., Mohebbi, M., and Haddad Khodaparast, M. H. (2013). Quality changes of donuts as influenced by leavening agent and hydrocolloid coating. *J. Food Process*, 37: 34-45.

نسخه پلاس انتشار