Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Food Processing and Preservation Journal

Print ISSN: 2423-3544
Online ISSN: 2423-3803

Iranian Association of Food Scientists and Technologists

Investigating the possibility of producing gluten-free Fooman cookies using whole Oleaster powder

Mahboubeh Sadat Zolfaghari[1*], Aida Ghanipour[2], Mansooreh Sadat Mojani-Qomi[1]

[1] Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, TeMS.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran. (*Corresponding Author's Email: m.zolfaghari.sbu@gmail.com)

[2] Master Graduate, Department of Food Science and Technology, TeMS.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2025-03-17
Revised: 2025-06-01
Accepted: 2025-07-02

Keywords:
Gluten-free cookie
whole Oleaster powder
Physicochemical properties
texture hardness

ABSTRACT

Background and Objective: The production of gluten-free foods is the best way to prevent the complications of celiac disease. To improve the nutritional properties and functionality of these products, foods with high levels of these properties can be used. Oleaster contains antioxidant compounds, fiber, and minerals, including high calcium. This fruit has cholesterol-lowering effects and cytotoxic effects on human cancer cells and has analgesic and anti-inflammatory effects.

Materials and Methods: In this study, to produce gluten-free Fooman cookies based on rice flour, Oleaster powder was used as a substitute for part of the rice flour. Five samples based on rice flour were prepared with percentages of replacing rice flour with whole Oleaster powder of 0, 5, 10, 15, and 20 percent. To produce gluten-free cookie samples, first the amount of rice flour and Oleaster powder were mixed with different percentages and then used in the cookie formulation to produce dough. The samples were examined for moisture, ash, protein, fat, and fiber content according to the AACC method. In addition, calcium content was measured using an atomic absorption spectrophotometer, specific volume was measured using a specific volume replacement method with rapeseed, texture hardness was measured using a texture analyzer, porosity, and color indices were measured using ImageJ software. Sensory properties including taste, odor, texture, color, and overall acceptance of the samples were also evaluated and compared using a 5-point hedonic method. Data were analyzed using a factorial experiment in a completely randomized design and Duncan's multiple range comparison at a confidence level of 95% using SPSS software.

Findings: According to the results, with an increase in the percentage of replacement of whole Oleaster powder, the moisture, ash, fat, and fiber content of the cookie samples increased; however, these samples had a lower protein content. The sample containing more whole Oleaster powder had a calcium content of 0.51 mg/gr, which was almost twice as much as the control sample. Also, the cookie samples containing more whole Oleaster powder had lower porosity and specific volume, and higher texture hardness than the

control sample. In terms of the color indices of the cookie crust, the Fooman cookie sample with more Oleaster powder content (20%) as a substitute for rice flour had a higher a* index and a lower b* index than the other samples; this sample also had a lower brightness (L*) than the control sample.

Conclusion: Regarding the sensory characteristics, the samples containing 5 and 10 percent whole Oleaster powder scored higher points than even the control sample, and due to the higher fiber and calcium content in the sample containing 10 percent whole Oleaster powder, this treatment was selected as the best sample.

Cite this article: Zolfaghari, M.S., Ghanipour, A., Mojani-Qomi, M.S. 2025. Investigating the possibility of producing gluten-free Fooman cookies using whole Oleaster powder. *Food Processing and Preservation Journal*, 17(2), 91-102.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/fppj.2025.23453.1873
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

فرآوری و نگهداری مواد غذایی
شاپا چاپی: ۳۵٤٤-۲٤۲۳
شاپا الکترونیکی: ۳۸۰۳-۲٤۲۳

بررسی امکان تولید کلوچه بدون گلوتن فومن با استفاده از پودر کامل سنجد

محبوبه‌سادات ذوالفقاری[۱*]، آیدا غنی‌پور[۲]، منصوره سادات موجانی قمی[۱]

[۱] استادیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

(*رایانامه نویسنده مسئول : m.zolfaghari.sbu@gmail.com)

[۲] دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۲۷
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۱۱

واژه‌های کلیدی:
کلوچه بدون گلوتن
پودر کامل سنجد
ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی
سختی بافت

چکیده

سابقه و هدف: تولید مواد غذایی فاقد گلوتن بهترین راه جهت پیشگیری از بروز عوارض بیماری سلیاک می‌باشد. برای بهبود ویژگی‌های تغذیه‌ای و عملگرایی این محصولات، می‌توان از موادغذایی دارای میزان بالا از این ویژگی‌ها استفاده نمود. سنجد دارای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، فیبر و مواد معدنی ازجمله کلسیم بالایی است. این میوه دارای اثرات کاهش‌دهنده کلسترول بوده و اثرات سیتوتوکسیک بر روی سلول‌های سرطانی انسان و اثرات ضد درد و ضدالتهاب دارد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق، جهت تولید کلوچه بدون گلوتن فومن بر پایه آرد برنج، از پودر کامل سنجد به‌عنوان جایگزین بخشی از آرد برنج، استفاده شد. تعداد ۵ نمونه بر پایه آرد برنج، با درصدهای جایگزینی آرد برنج با پودرکامل سنجد به میزان ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد تهیه شد. جهت تولید نمونه‌های کلوچه بدون گلوتن، ابتدا میزان آرد برنج و پودر سنجد با درصدهای متفاوت با یکدیگر ترکیب و سپس در فرمولاسیون کلوچه جهت تولید خمیر استفاده گردیدند. نمونه‌های تولیدی از نظر محتوای رطوبت، خاکستر، پروتئین، چربی و فیبر طبق روش مندرج در AACC بررسی شدند. علاوه بر آن میزان کلسیم، با استفاده از اسپکتروفتومتر جذب اتمی، حجم مخصوص با استفاده از روش جایگزینی حجم مشخص با دانه کلزا، سختی بافت با استفاده از دستگاه بافت سنج، تخلخل و شاخص‌های رنگ با استفاده از نرم‌افزار ImageJ مورد بررسی قرار گرفتند. ویژگی‌های حسی شامل طعم، بو، بافت، رنگ و پذیرش کلی نمونه‌ها نیز به روش هدونیک ۵ نقطه‌ای مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفتند. جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از روش آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن، در سطح اطمینان ۹۵ درصد و با استفاده از نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

یافته‌ها: طبق نتایج حاصل، با افزایش درصد جایگزینی پودر کامل سنجد، میزان رطوبت، خاکستر، چربی و فیبر نمونه‌های کلوچه، افزایش یافتند؛ اما این نمونه‌ها دارای میزان پروتئین کم‌تری بودند. نمونه حاوی پودر کامل سنجد بیشتر، دارای میزان کلسیم mg/gr ۰/۵۱ بود که

این میزان نسبت به نمونه شاهد، تقریباً ۲ برابر به دست آمد. همچنین نمونه‌های کلوچه حاوی پودر کامل سنجد بیشتر، دارای میزان تخلخل و حجم مخصوص کمتر و سختی بافت بالاتری نسبت به نمونه شاهد بودند. از نظر شاخص‌های رنگی پوسته کلوچه‌ها، نمونه کلوچه فومن با محتوای پودر سنجد بیشتر (۲۰ درصد) به‌عنوان جایگزین آرد برنج نسبت به سایر نمونه‌ها، دارای شاخص a* بالاتر و b* کم‌تری بود؛ همچنین این نمونه میزان روشنایی (L*) کم‌تری نسبت به نمونه شاهد داشت.

نتیجه‌گیری: با توجه به ویژگی‌های حسی، نمونه‌های حاوی ۵ و ۱۰ درصد پودر کامل سنجد حتی از نمونه شاهد نیز امتیازات بیشتری کسب نمودند و با توجه به محتوای فیبر و کلسیم بیشتر در نمونه حاوی ۱۰ درصد پودر کامل سنجد، این تیمار به‌عنوان بهترین نمونه انتخاب گردید.

استناد: ذوالفقاری، محبوبه سادات؛ غنی پور، آیدا؛ موجانی قمی، منصوره سادات. (۱۴۰۴). بررسی امکان تولید کلوچه بدون گلوتن فومن با استفاده از پودر کامل سنجد. *فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۱۷(۲)، ۱۰۲-۹۱.

DOI: 10.22069/fppj.2025.23453.1873

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

بیماری سلیاک یک بیماری ژنتیکی بوده و آمارها نشان می‌دهد که حدود یک درصد از جمعیت جهان از این بیماری رنج می‌برند (۱). این بیماری یک بیماری خودایمنی گوارشی است که فرد به گلوتن واکنش نشان می‌دهد (۲ و ۳). حذف کامل گلوتن از رژیم غذایی این بیماران می‌تواند سبب بهبود علائم بیماری شود (۴). مطالعات زیادی در زمینه تولید محصولات بر پایه غلات بدون گلوتن صورت گرفته است. یکی از میان وعده‌های مورد استفاده توسط افراد با سنین مختلف، کلوچه است که ترکیبات اصلی این فراورده را، آرد، شکر و روغن تشکیل می‌دهند (۵). آرد گندم مناسب‌ترین نوع آرد برای تهیه کلوچه است اما با توجه به تولید کلوچه بدون گلوتن می‌توان از آردهای سایر غلات نظیر آرد ذرت و برنج استفاده نمود. برای افزایش ارزش تغذیه‌ای چنین محصولاتی می‌توان از مواد غذایی دیگر که حاوی مواد معدنی، ویتامین و ارزش تغذیه‌ای بالایی هستند، استفاده نمود؛ تا بتوان کلوچه‌ای بدون گلوتن با ارزش تغذیه‌ای بالا، جهت مصرف بیماران سلیاکی تهیه کرد. سنجد با نام علمی *Elaeagnus angustifolia L.* از خانواده *Elaeagnaceae* می‌باشد (۶). این میوه دارای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، فیبر و مواد معدنی بالایی است (۷). همچنین دارای اثرات کاهش‌دهنده کلسترول، اثرات سیتوتوکسیک بر روی سلول‌های سرطانی انسان و اثرات ضد درد و ضدالتهاب است (۸). تاکنون محققین زیادی بر روی افزایش ارزش تغذیه‌ای محصولات بدون گلوتن نظیر کلوچه بدون گلوتن تحقیقاتی انجام داده‌اند و از آردها و پودرهای گوناگونی نظیر آرد برنج و آرد باکویت (۹)، آرد سلمک (نوعی علف هرز از خانواده اسفنجیان) خام و جوانه زده (۱۰)، آرد کامل دانه یونجه (۱۱)، پودر اینولین (۱۲)، مخلوط آرد برنج، پودر پوست موز و آرد گیاه اشک ایوب (۱۳)؛ آرد کاساوا، پروتئین ایزوله سویا و گلوکومانان (۱۴) و آردهای باقالی، نخودفرنگی، نخودچی، عدس، ذرت، لوبیا و کینوا (۱۵) جهت تولید کلوچه بدون گلوتن استفاده نمودند. ساهین و همکاران در سال ۲۰۲۳ نیز تأثیر افزودن قسمت‌های مختلف میوه سنجد بر روی کلوچه بدون گلوتن بر پایه آرد ذرت را مورد بررسی و مقایسه قرار دادند (۷). با توجه به ویژگی‌های تغذیه‌ای و عملگرایی میوه سنجد، در این تحقیق از پودر کامل میوه سنجد، در تهیه کلوچه فومن بدون گلوتن بر پایه آرد برنج استفاده شد و نمونه‌های تهیه شده، از نظر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، تغذیه‌ای و حسی با یکدیگر مقایسه شدند.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه: آرد برنج از شرکت پودرینه شمال، پودر کامل سنجد و شکر از بازار محلی، روغن (شرکت لادن طلایی)، مخمر (شرکت فریمان)، کربوکسی متیل سلولز با درصد خلوص ۹۳٪ (سان رز مشهد) و تخم‌مرغ (تلاونگ) تهیه گردید.

روش آزمون‌ها: ترکیبات شیمیایی آرد برنج و پودر کامل سنجد شامل رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر مطابق روش‌های مندرج در AACC (۲۰۰۰) به ترتیب با شماره ۴۴-۱۵، ۱۳-۴۶، ۱۰-۳۰ و ۰۸-۰۱ مورد بررسی قرار گرفت (۱۶). برای اندازه‌گیری میزان فیبر از روش مندرج در مقاله آداویه و همکاران در سال ۲۰۱۹ استفاده شد (۱۷).

تهیه نمونه‌های کلوچه: برای تهیه خمیر کلوچه بدون گلوتن، از درصدهای مختلفی آرد برنج (۸۰ تا ۱۰۰ درصد) و پودر کامل سنجد (۰ تا ۲۰ درصد) به‌عنوان جایگزین آرد برنج، استفاده گردید. در تهیه این نوع کلوچه علاوه بر ۱۰۰ درصد مخلوط آرد (آرد برنج و پودر کامل سنجد) از ۲۷ درصد روغن، ۲۵ درصد

شکر، ۹ درصد تخم‌مرغ، ۰/۸ درصد مخمرنانوایی، ۰/۵ درصد صمغ کربوکسی متیل سلولز و آب به مقدار کافی (تقریباً ۳۵ درصد آرد مصرفی) استفاده شد. تمامی مقادیر بر پایه وزن آرد مصرفی مورد استفاده قرار گرفتند.

پس از مخلوط نمودن مواد با یکدیگر توسط مخلوط‌کن (هارگ سان، مدل TB5L، چین)، خمیرها برش داده شده و قالب زنی می‌شوند (با ضخامت ۱۰ میلی‌متر و طول ۱۲ سانتی‌متر) و سپس در فر برقی (فیمار، مدل CMP423D، ایتالیا) در دمای ۱۶۵ درجه سلسیوس برای مدت ۱۲ دقیقه پخته شدند و پس از سرد شدن در دمای محیط در داخل کیسه‌های پلی‌اتیلنی قرار گرفته و جهت انجام آزمون‌ها به آزمایشگاه منتقل گردیدند.

آزمون‌های شیمیایی کلوچه: آزمون‌های شیمیایی کلوچه نظیر میزان رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر نمونه‌ها مطابق با روش‌های مندرج در AACC (۲۰۰۰) به ترتیب با شماره‌های ۴۴-۱۵، ۱۳-۴۶، ۱۰-۳۰ و ۰۸-۰۱ صورت گرفت (۱۶). جهت اندازه‌گیری فیبر نیز از روش ارائه شده توسط آداویه و همکاران (۲۰۱۹) استفاده شد (۱۷).

اندازه‌گیری حجم مخصوص و تخلخل: جهت اندازه‌گیری حجم مخصوص از روش مندرج در AACC شماره ۷۲-۱۰و با استفاده از روش جایگزینی حجم مشخص با دانه کلزا (۱۶) و جهت اندازه‌گیری تخلخل، از تکنیک پردازش و نرم‌افزار ImageJ استفاده شد (۱۸).

اندازه‌گیری رنگ پوسته: تجزیه‌وتحلیل رنگ پوسته‌های نمونه‌های کلوچه، اندکی پس از پخت از طریق شاخص‌های رنگ*L، *b و*a بررسی شد. ابتدا از قسمت پوسته نمونه‌ها توسط اسکنر (اچ جی، مدل G3110، چین) تصویربرداری شد و سپس تصاویر با نرم‌افزار (Image J software version 1.42e, USA) ImageJ بررسی شدند (۱۹).

اندازه‌گیری کلسیم: اندازه‌گیری کلسیم مطابق با روش رونی و همکاران (۲۰۲۱) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی (شیمازو، مدل AA-6800، ژاپن) انجام شد (۲۰).

اندازه‌گیری سختی بافت: بافت نمونه‌های کلوچه با استفاده از دستگاه بافت سنج (بروکفیلد، مدل-CT3 10000، آمریکا) استفاده شد. در این روش ابتدا نمونه‌ها با طول و عرض و ارتفاع ۳/۵ ×۲ × ۲سانتی‌متر برش داده شد و با استفاده از پروب TA5 با سرعت رفت‌وبرگشت ۱ میلی‌متر بر ثانیه و ۵۰ درصد فشردگی و با استفاده از تست تجزیه‌وتحلیل بافت[1] بررسی گردید (۲۱). با استفاده از این تست، فاکتورهای دیگری نیز به دست می‌آید که در این تحقیق به بررسی سختی بافت (نیوتن) پرداخته شده است.

ارزیابی حسی: ارزیابی حسی به روش هدونیک ۵ نقطه‌ای برای طعم، بو، بافت، رنگ و پذیرش کلی نمونه‌های کلوچه انجام گرفت و از ۱۵ ارزیاب جهت ارزیابی نمونه‌ها و امتیازدهی استفاده شد. امتیازدهی به نمونه‌ها به‌صورت امتیاز ۱ تا ۵ انجام شد. امتیازهای ۱ تا ۵ به معنی بسیار ضعیف، ضعیف، متوسط، خوب و بسیار خوب در نظر گرفته شدند (۲۲).

تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. هر آزمایش در سه تکرار انجام گرفت و میانگین تیمارها با استفاده از آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد، انجام و با یکدیگر مقایسه شد و در نهایت تجزیه‌وتحلیل

[1] TPA

داده‌ها به کمک نرم‌افزار آماری SPSS ورژن ۲۰ انجام گرفت.

نتایج و بحث

ویژگی‌های شیمیایی آرد برنج و پودر کامل سنجد:

ویژگی‌های شیمیایی آرد برنج و پودر کامل سنجد در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی آرد برنج و پودر کامل سنجد

Table 1. Chemical properties of rice flour and whole oleaster powder

نمونه	رطوبت(٪)	خاکستر(٪)	پروتئین(٪)	چربی(٪)	فیبر(٪)
آرد برنج	9.00± 0.67	0.5 ± 0.02	8.4 ± 0.45	1.32± 0.34	2.4±0.12
پودر کامل سنجد	8.5 ± 0.56	1.9 ± 0.08	7.8 ± 0.63	2.13± 0.51	20.7± 0.52

طبق نتایج به‌دست‌آمده میزان فیبر و خاکستر پودر کامل سنجد بیشتر از آرد برنج می‌باشد. زنگنه و همکاران (۲۰۲۱) میزان رطوبت، خاکستر، پروتئین، چربی و فیبر پودر کامل سنجد را به ترتیب ۵/۸۶، ۱/۴۱، ۴/۶۹، ۴/۵۶ و ۱۱/۸ درصد گزارش کردند (۲۳). میزان رطوبت، خاکستر، پروتئین و فیبر نمونه سنجد در تحقیق حاضر از نتایج این محققان بیشتر و میزان چربی آن کمتر بود. علت این تفاوت به اختلاف واریته و گونه سنجد، محل جغرافیایی آن، شرایط کاشت، میزان بارندگی و کودمصرفی و... برمی‌گردد.

ویژگی‌های شیمیایی نمونه‌های کلوچه: نتایج آزمون‌های شیمیایی نمونه‌های کلوچه در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی کلوچه بدون گلوتن

Table 2. Chemical properties of gluten-free cookies

نمونه	رطوبت(٪)	خاکستر(٪)	پروتئین(٪)	چربی(٪)	فیبر کل(٪)	کلسیم(mg/gr)
T1	23.21± 0.24 ^{c}	0.81± 0.05 ^{e}	8.35 ± 0.42 ^{a}	10.53 ± 0.48 ^{d}	7.24 ± 0.53 ^{d}	0.24 ± 0.05 ^{d}
T2	24.5 ± 0.23 ^{b}	0.93 ± 0.04 ^{d}	8.12± 0.51 ^{a}	11.02 ± 0.73 ^{cd}	7.62± 0.48 ^{d}	0.28± 0.05 ^{d}
T3	24.8 ± 0.42 ^{b}	1.06± 0.08 ^{c}	7.78 ± 0.32 ^{ab}	11.55 ± 0.92 ^{c}	8.53 ± 0.18 ^{c}	0.32 ± 0.06 ^{c}
T4	25.43 ± 0.82 ^{a}	1.12 ± 0.03 ^{b}	7.53± 0.29 ^{b}	12.42± 0.34 ^{b}	9.36 ± 0.47 ^{b}	0.45 ± 0.05 ^{b}
T5	25.89± 0.74 ^{a}	1.17± 0.04 ^{a}	7.05 ± 0.12 ^{c}	13.81 ± 0.82 ^{a}	11.02±0.49 ^{a}	0.51 ±0.02 ^{a}

نتایج میانگین ۳ تکرار ± انحراف معیار می باشند.

حروف انگلیسی متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنادار در سطح اطمینان ۹۵٪ ($p<0.05$) می باشد.

T1 (نمونه شاهد): حاوی ۱۰۰ درصد آرد برنج، T2: حاوی ۹۵درصد آرد برنج و ۵درصد پودر کامل سنجد، T3: حاوی ۹۰درصد آرد برنج و ۱۰ درصد پودر کامل سنجد، T4: حاوی ۸۵درصد آرد برنج و ۱۵ درصد پودر کامل سنجد و T5: حاوی ۸۰درصد آرد برنج و ۲۰ درصد پودر کامل سنجد.

با توجه به جدول ۲ بین میانگین رطوبت نمونه شاهد با نمونه‌های حاوی پودر کامل سنجد از نظر آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنادار وجود دارد($p<0.05$)، اما این اختلاف بین نمونه T2 و T3 و همچنین بین نمونه‌های T4 و T5 معنادار نیست ($p>0.05$). میزان رطوبت نمونه‌ها با افزایش میزان پودرسنجد به دلیل داشتن فیبر بالاتر و قدرت جذب آب بیشتر، افزایش می‌یابد. فیبرها به‌طور مشخص به ویژگی هیدراتاسیون کمک می‌کنند که باعث افزایش تعاملات آب از طریق پیوند هیدروژنی می‌شود. پودر سنجد به دلیل داشتن فیبر بالاتر و داشتن گروه‌های هیدروکسیل آزاد در ساختار خود و توانایی در ایجاد پیوند با مولکول‌های آب، قادر به افزایش رطوبت در محصول نهایی می‌باشد (۲۴). زنگنه و همکاران

(۲۰۲۱) نیز بیان نمودند با افزایش پودر سنجد در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن بر پایه آرد ذرت، رطوبت افزایش می‌یابد (۲۳). بین میانگین میزان خاکستر و فیبر نمونه‌های کلوچه از نظر آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنادار وجود دارد (جدول ۲). با افزایش میزان پودر کامل سنجد در نمونه‌ها، میزان خاکستر و فیبر نیز افزایش می‌یابد که دلیل آن بالاتر بودن میزان خاکستر و فیبر در سنجد نسبت به آرد برنج است. افزایش خاکستر و فیبر در نمونه‌ها با افزایش میزان پودر کامل سنجد با نتایج زنگنه و همکاران (۲۰۲۱) مطابقت دارد (۲۳). بین میزان پروتئین نمونه شاهد با نمونه T2 و T3 از نظر آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنادار وجود ندارد ($p>0.05$)؛ اما این اختلاف با سایر نمونه‌ها معنادار است. کمترین پروتئین مربوط به نمونه T5 می‌باشد. بین میانگین چربی نمونه‌ها نیز از نظر آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنادار وجود دارد؛ فقط بین نمونه T4 و T5 این اختلاف معنادار نیست. بیشترین میزان چربی نیز مربوط به نمونه T5 است. علت بالا بودن میزان چربی و پایین بودن میزان پروتئین در نمونه T5، بالا بودن میزان چربی و پایین بودن پروتئین در پودر کامل سنجد نسبت به آرد برنج است. نتایج تحقیق حاضر با نتایج زنگنه و همکاران (۲۰۲۱) (۲۳)، لاوینی و همکاران (۲۰۲۱) (۲۵) و ساهین (۲۰۲۳) (۷) مطابقت دارد.

طبق نتایج به‌دست‌آمده، بین میزان کلسیم نمونه شاهد با سایر نمونه‌ها به‌جز نمونه T2 از نظر آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنادار وجود دارد. با افزایش میزان استفاده از پودر کامل سنجد، میزان کلسیم نمونه‌ها افزایش می‌یابد که به دلیل بالا بودن میزان کلسیم آن نسبت به نمونه آرد برنج می‌باشد. زنگنه و همکاران (۲۰۲۱)، میزان کلسیم نمونه حاوی ۲۰ درصد پودر سنجد را ۰/۳۴ mg/gr گزارش دادند (۲۳).

سختی بافت، حجم مخصوص و تخلخل کلوچه‌ها: نتایج سختی بافت، حجم مخصوص و تخلخل کلوچه‌ها در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳- سختی بافت، حجم مخصوص و تخلخل کلوچه‌ها

Table 3. Texture hardness, specific volume and porosity of the cookies

نمونه	تخلخل(٪)	حجم مخصوص (ml/gr)	سختی بافت (نیوتن)
T1	8.92± 0.24 ^{a}	2.14± 0.31 ^{a}	5.04 ± 0.97 ^{d}
T2	6.73 ± 0.82 ^{b}	2.05 ± 0.35^{ab}	7.01± 0.96 ^{c}
T3	6.12 ± 0.35 ^{b}	1.82± 0.25 ^{b}	9.19 ± 0.87 ^{b}
T4	5.46 ± 0.48 ^{c}	1.51 ± 0.17 ^{c}	9.98± 1.21 ^{b}
T5	4.12± 0.51 ^{d}	1.42± 0.14 ^{d}	11.38 ± 1.01 ^{a}

نتایج میانگین ۳ تکرار ± انحراف معیار می باشند.

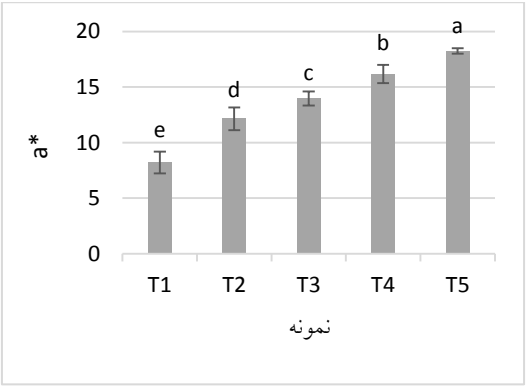
حروف انگلیسی متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنادار در سطح اطمینان ۹۵٪ ($p<0.05$) می باشد.

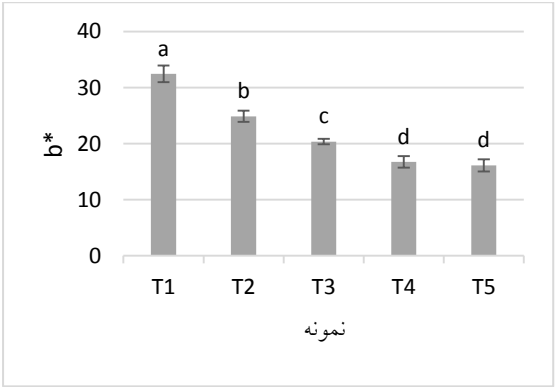
T1 (نمونه شاهد): حاوی ۱۰۰ درصد آرد برنج، T2: حاوی ۹۵درصد آرد برنج و ۵درصد پودر کامل سنجد، T3: حاوی ۹۰درصد آرد برنج و ۱۰ درصد پودر کامل سنجد، T4: حاوی ۸۵درصد آرد برنج و ۱۵ درصد پودر کامل سنجد و T5: حاوی ۸۰درصد آرد برنج و ۲۰ درصد پودر کامل سنجد.

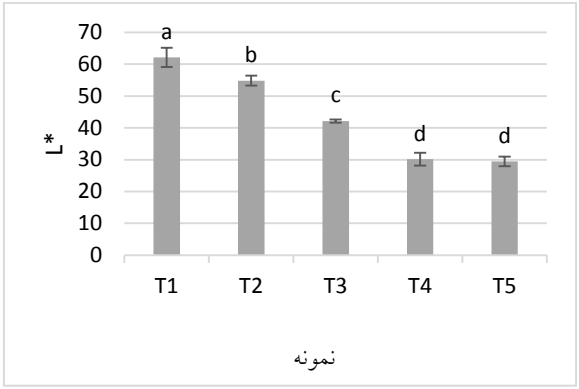
طی پخت خمیر کلوچه، مقداری هوا، بخارآب و گاز دی اکسیدکربن ایجاد می‌شود که این حباب‌ها در اثر گرما، افزایش حجم می‌یابند و باعث ایجاد تخلخل در نمونه می‌گردند (۲۶). این دو پارامتر با یکدیگر رابطه مستقیم دارند. با افزایش میزان منافذ و یا اندازه منافذ، حجم مخصوص و تخلخل افزایش می‌یابند. با

توجه به نتایج جدول ۳، بین میزان تخلخل نمونه شاهد با سایر نمونه‌ها از نظر آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنادار وجود دارد ($p<0.05$). با افزایش میزان پودر کامل سنجد در فرمولاسیون کلوچه، میزان تخلخل کاهش می‌یابد. از طرفی حجم مخصوص نیز کاهش می‌یابد که در تمامی نمونه‌ها به جز نمونه شاهد با نمونه T2 و بین نمونه T2 و T3 این اختلاف معنادار است ($p<0.05$). علت این کاهش، وجود فیبر بالا در سنجد می‌باشد که موجب ضخیم‌تر شدن دیواره حباب‌های هوا طی پخت می‌گردد و از انبساط آن‌هاجلوگیری می‌شود؛ بنابراین حجم کاهش می‌یابد و قاعدتاً حجم مخصوص و تخلخل نیز کاهش می‌یابند. نتایج این تحقیق با نتایج زنگنه و همکاران (۲۰۲۱) (۲۳)، لاوینی و همکاران (۲۰۲۱) (۲۵)، ساهین (۲۰۲۳) (۷) مطابقت دارد. بافت از ویژگی‌های بسیار مهم در کیک و کلوچه می‌باشد و تحت تأثیر میزان جذب آب است (۲۷). با توجه به نتایج بین میانگین میزان سختی نمونه‌های کلوچه در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنادار وجود دارد ($p<0.05$). این اختلاف بین نمونه‌های T3 و T4 معنادار نیست (جدول ۳). افزایش حجم مخصوص و تخلخل به دلیل حضور تعداد بیشتر حباب‌های هوا در نمونه و پخش یکنواخت آن‌ها، دو فاکتور تاثیرگذار بر میزان نرمی و کاهش فشردگی بافت نمونه‌ها هستند بنابراین نمونه‌های حاوی حجم مخصوص و تخلخل بیشتر دارای سختی بافت کم‌تری هستند؛ علت افزایش سختی بافت در اثر افزایش میزان پودر سنجد، متراکم شدن بافت و کاهش حباب‌های هوا در خمیر کلوچه می‌باشد (۲۸). نتایج تحقیق حاضر با نتایج با نتایج زنگنه و همکاران (۲۰۲۱) (۲۳)، لاوینی و همکاران (۲۰۲۱) (۲۵) و مددی و همکاران (۲۰۲۴) (۲۶) مطابقت دارد.

شاخص‌های رنگ: اولین عامل در ارزیابی و مصرف مواد غذایی، رنگ است (۲۶). میزان L* ، b* و a* نمونه‌ها به ترتیب نشان دهنده میزان روشنایی محصول، رنگ زرد-آبی و رنگ سبز-قرمز است. نتایج شاخص‌های a*، b* و L* در نمودار ۱ آمده است.







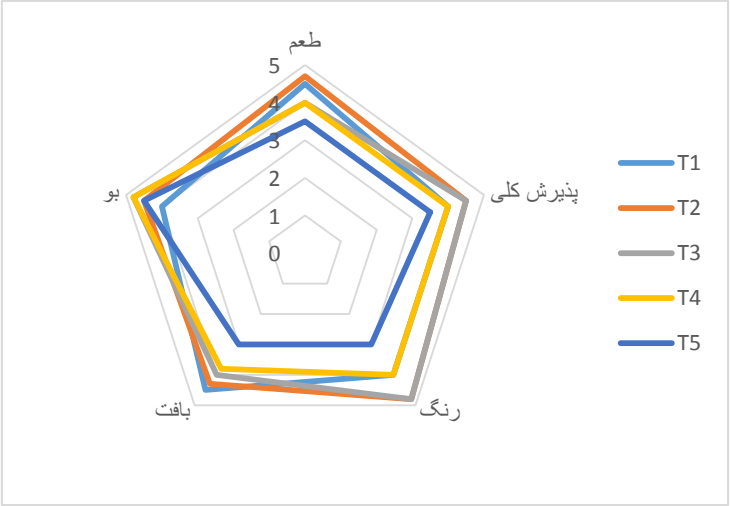
شکل ۱- شاخص های رنگ (*a، *b و *L) نمونه های کلوچه

Figure 1. Color indices (a*, b* and L*) of cookie samples

T1 (نمونه شاهد): حاوی ۱۰۰ درصد آرد برنج، T2: حاوی ۹۵درصد آرد برنج و ۵درصد پودر کامل سنجد، T3: حاوی ۹۰درصد آرد برنج و ۱۰ درصد پودر کامل سنجد، T4: حاوی ۸۵درصد آرد برنج و ۱۵ درصد پودر کامل سنجد و T5: حاوی ۸۰درصد آرد برنج و ۲۰ درصد پودر کامل سنجد.

طبق نمودار، با افزودن پودر کامل سنجد در نمونه‌ها، میزان *a افزایش و میزان *L و *b کاهش می‌یابد. به‌گونه‌ای که نمونه T5 که دارای بیشترین مقدار پودر کامل سنجد می‌باشد، دارای بیشترین مقدار *a و کمترین مقدار *b و *L است. رنگ پوسته وابسته به ترکیبات موجود در فرمولاسیون کلوچه و در نتیجه واکنش‌های میلارد و کاراملیزاسیون است (۲۷). پودر کامل سنجد دارای میزان فیبر و خاکستر بیشتری است علاوه بر آن وجود رنگدانه‌ها در آن بیشتر از آرد برنج است؛ بنابراین دارای رنگ تیره بوده و این خود باعث کاهش میزان *L و *b و افزایش *a می‌گردد. کوهانستانی و همکاران (۲۰۱۹)، گزارش کردند که جایگزین کردن پودر سنجد با آرد گندم در کیک اسفنجی باعث افزایش *a، *b و کاهش *L می‌شود (۲۸)، که در خصوص *a و *L با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد؛ علت تفاوت در میزان *b می‌تواند به تفاوت در نوع و میزان سایر ترکیبات مورد استفاده در تهیه خمیر محصول، مرتبط باشد.

ویژگی‌های حسی: نتایج ویژگی‌های حسی نمونه‌های کلوچه شامل طعم، بو، بافت، رنگ و پذیرش کلی در نمودار ۲ نشان داده شده است. مطابق نمودار ۲، بیشترین امتیاز طعم مربوط به نمونه T2، بیشترین امتیاز بو مربوط به نمونه T3 و T4، بیشترین امتیاز بافت مربوط به نمونه شاهد، بیشترین امتیاز رنگ و پذیرش کلی مربوط به نمونه T2 و T3 می‌باشد. لاوینی و همکاران (۲۰۲۱)، بیان نمودند که با افزایش پودر سنجد در تولید نان بدون گلوتن، ویژگی‌های حسی نمونه کاهش می‌یابد و پذیرش کلی نمونه حاوی ۷/۵ درصد پودر سنجد، از سایر نمونه‌ها بیشتر است (۲۵). در تحقیق حاضر نیز بیشترین امتیاز پذیرش کلی مربوط به نمونه‌های حاوی ۵ و ۱۰ درصد پودر سنجد بود. ساهین و همکاران (۲۰۲۳)، بیان نمودند که با افزایش ۱۰ و ۲۰ درصد پودر سنجد در تولید کلوچه بر پایه آرد گندم، ویژگی‌های حسی آن نسبت به نمونه شاهد، امتیاز بیشتری کسب نمودند (۷).



شکل ۲- ویژگی‌های حسی نمونه‌های کلوچه شامل طعم، بو، بافت، رنگ و پذیرش کلی

Figure 2. Sensory properties of cookie samples including taste, odor, texture, color, and overall acceptance

T1 (نمونه شاهد): حاوی ۱۰۰ درصد آرد برنج، T2: حاوی ۹۵درصد آرد برنج و ۵درصد پودر کامل سنجد، T3: حاوی ۹۰درصد آرد برنج و ۱۰ درصد پودر کامل سنجد، T4: حاوی ۸۵درصد آرد برنج و ۱۵ درصد پودر کامل سنجد و T5: حاوی ۸۰درصد آرد برنج و ۲۰ درصد پودر کامل سنجد.

نتیجه‌گیری

سنجد میوه‌ای است که دارای درصد فیبر، مواد معدنی و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی است و در جلوگیری از بروز بسیاری از بیماری‌ها ازجمله سرطان نقش دارند. در این پژوهش برای غنی‌سازی کلوچه فاقد گلوتن بر پایه آرد برنج و بالابردن ارزش تغذیه‌ای آن از پودر کامل سنجد استفاده شد. با افزایش مقدار جایگزینی آرد برنج با پودر کامل سنجد، رطوبت، خاکستر، فیبر، چربی، کلسیم، سختی و a* افزایش یافت و مقادیر پروتئین، تخلخل، حجم مخصوص، b* و L* کاهش یافت. بیشترین مقدار جایگزینی ۲۰ درصد بود؛ اما امتیازات حسی بالایی دریافت نکرد، از بین نمونه‌های تولیدی، نمونه حاوی ۵ و ۱۰ درصد پودر کامل سنجد، بهترین امتیازات حسی را داشتند؛ و ازآنجایی‌که با جایگزینی ۱۰ درصد، محتوای فیبر، کلسیم، سایر مواد معدنی و بااحتیاط علمی، ترکیبات حاوی خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالا، افزایش می‌یابند، لذا استفاده از این مقدار برای تولید کلوچه فومن پیشنهاد می‌گردد.

References

1. Calado, J., & Verdelho Machado, M. 2022. Celiac disease revisited. GE-Portuguese Journal of Gastroenterology, 29(2), 111-124.
2. Malalgoda, M. and S. 2017. Simsek, Celiac disease and cereal proteins. Food hydrocolloids, 68: 108-113.
3. Guandalini, S., & Discepolo, V. 2022. Celiac disease. Textbook of pediatric gastroenterology, hepatology and nutrition: A comprehensive guide to practice, 525-548.
4. Iversen, R., & Sollid, L. M. 2023. The immunobiology and pathogenesis of celiac disease. Annual Review of Pathology: Mechanisms of Disease, 18(1), 47-70.
5. Martínez, E., García-Martínez, R., Álvarez-Ortí, M., Rabadán, A., Pardo-Giménez, A., & Pardo, J. E. 2021. Elaboration of gluten-free cookies with defatted seed flours: Effects on technological, nutritional, and consumer aspects. Foods, 10(6), 1213.
6. Zare, A., Khorshidi, J., & Vafaee, Y. 2023. Natural biochemical and morphological diversity of oleaster (Elaeagnus angustifolia L.) genotypes from the west of Iran: applicable for conservation, domestication, and breeding. Genetic Resources and Crop Evolution, 70(8), 2575-2592.

7. Şahin, N. 2023 . Bioactive components and nutritional properties of fiber- rich cookies produced with different parts of oleaster (Elaeagnus angustifolia L.). Journal of the Science of Food and Agriculture, 103(14), 6975-6983.
8. Al Jubouri, T. J. S., & Qarneh, H. A. A. 2024. Evaluation of the diversity, percentage and profile of fatty acids in the seeds of different populations of elderberry (Elaeagnus angustifolia L.). Iranian journal of food science and industry, 21(149).
9. Sakac, M . 2016 . Shelf-life prediction of gluten-free rice-buckwheat cookies. Journal of Cereal Science, 69:336-343.
10. Jan, R., D.C. Saxena, and S. 2016. Singh, Physico-chemical, textural, sensory and antioxidant characteristics of gluten – Free cookies made from raw and germinated Chenopodium (Chenopodium album) flour. LWT - Food Science and Technology, 71: 281-287.
11. Giuberti, G., et al., 2018. Exploitation of alfalfa seed (Medicago sativa L.) flour into gluten-free rice cookies: Nutritional, antioxidant and quality characteristics. Food Chemistry, 239: 679-687.
12. Silva, T.F. and A.C. Conti-Silva. 2018. Potentiality of gluten-free chocolate cookies with added inulin/oligofructose: Chemical, physical and sensory characterization. LWT, 90:172-179.
13. Sasanam, S., Thumthanaruk, B., Rungsardthong, V., Laohavijitjan, J., Mussatto, S. I., & Uttapap, D. 2023 . Physicochemical and pasting properties of rice flour, banana flour, and job's tears flour: flour blends and application in gluten-free cookies. Applied Science and Engineering Progress, 16(2), 5992-5992.
14. Anggraeni, A. A., Triwitono, P., Lestari, L. A., & Harmayani, E. 2023. Functional characteristics of composite flour made from fermented cassava flour and soy protein concentrate containing porang glucomannan. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1168, 1: 012040).
15. Silva-Paz, R. J., Silva-Lizárraga, R. R., Jamanca-Gonzales, N. C., & Eccoña-Sota, A. 2024 . Evaluation of the physicochemical and sensory characteristics of gluten-free cookies. Frontiers in Nutrition, 10, 1304117.
16. AACC. Approved Methods of Analysis of the American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN. 2000
17. Adeoye BK, Adeleye KA, Ani IF, Akinlade AR, Ngozi EO, Ajuzie NC. 2019. Quality evaluation of bread enriched with mushroom powder.IOSR Journal of environmental science, technology and food technology;13:11-18.
18. Nouri M, Nasehi B, Samavati V, Mehdizadeh SA. 2017 . Optimizing the effects of Persian gum and carrot pomace powder for development of low-fat donut with high fibre content. Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre, 9: 39-45.
19. Salehi, F., Kashaninejad, M. 2014 . Effect of Different Drying Methods on Rheological and Textural Properties of Balangu Seed Gum. Drying Tech., 32:720-727.
20. Roni, R.A., Sani, N.H., Sirajum Munira, S., Wazed, A., Siddiquee, S. 2021 . Nutritional Composition and Sensory Evaluation of Cake Fortified with Moringa oleifera Leaf Powder and Ripe Banana Flour. Appl. Sci.11, 8474.
21. Sun R, Zhang Z, Hu X, Xing Q, Zhuo W. 2015 . Effect of wheat germ flour addition on wheat flour, dough and Chinese steamed bread properties. Journal of Cereal Science 64: 153-158.
22. Asghari-Pour, S., Noshad, M., Nasehi, B., & Ghasemi, P. 2020. The effect of spinach powder and egg-shell powder on physicochemical and edible qualities of gluten-free cake. Journal of Nutrition and Food Security, 5(1), 29-37.
23. Zangeneh, N., Barzegar, H., Mehrnia, M. A., Noshad, M., & Hojjati, M. 2021 . Effect of oleaster (Elaeagnus angustifolia) flour on gluten free cake properties. Iranian Food Science and Technology Research Journal, 17(1), 69-81.

24. Tavan, Z., Hojjati, M., Nasehi, B. & Jooyandeh, H. 2017 . Effect of sesame meal and soluble soybean polysaccharide on properties of Barbary bread. Iranian Journal of Biosystems Engineering, 48 (2), 233-242.
25. Lavini A, Mohtarami F, Pirsa S, Talebi A. 2021. The Effect of Elaeagnus Angustifolia (Oleaster) Powder on Physicochemical, Textural and Sensory Properties of Gluten Free Bread. FSCT; 18 (119) :1-15
26. Madadi, M., Roshanak, S., Shahidi, F., & Varidi, M. J. 2024. Optimization of a gluten- free sponge cake formulation based on quinoa, oleaster, and pumpkin flour using mixture design methodology. Food Science & Nutrition, 12(4), 2973-2984.
27. Kouhanestani, S. B., Abbasi, H., & Zamindar, N. 2019. The effects of oleaster flour, active gluten and sucrose replacement with potassium acesulfame and isomalt on the qualitative properties of functional sponge cakes. Brazilian Journal of Food Technology, 22, e2018142.