

Investigating the effect of soy protein isolate particles fortified with barberry juice concentrate on the functional properties of sponge cake

Mitra Payan Gandomani¹, Mohammad Noshad^{2*}, Behrooz Alizadeh Behbahani²,
Mohammad Hojjati³

¹ MSc. Graduate, Department of Food Science & Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Khuzestan, Iran.

² Associate Professor, Department of Food Science & Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Khuzestan, Iran (Corresponding author: Noshad@asnrukh.ac.ir)

³ Professor, Department of Food Science & Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Khuzestan, Iran

Article Info

Article type:

Research Full Paper

Article history:

Received: 2023-11-08

Revised: 2024-07-01

Accepted: 2024-07-30

Keywords:

Soy protein isolate

Storage time

Sponge cake

Sensory characteristics

Physicochemical

characteristics

ABSTRACT

Background and Objectives: Flour products have played a significant role in human nutrition for a long time. Among these bakery and flour products, cake stands out due to its relatively high variety and long shelf life. Cake is especially famous among different people, particularly children. However, there is limited knowledge regarding the enrichment of sponge cake as a popular product among various communities (especially children). Therefore, the aim of the present study was to produce sponge cake with soy protein isolate particles enriched with barberry concentrate. The study also aimed to investigate the nutritional, physicochemical, and sensory properties of cake.

Materials and methods: In this study, we investigated the effect of adding soy protein isolate particles enriched with barberry water concentrate (SPI-BC) at four different levels (zero, 10%, 20%, and 30% based on flour weight) on various nutritional characteristics (protein, ash), physicochemical characteristics (moisture, pH, total phenol, texture, color), and sensory characteristics (color, aroma, taste, and overall acceptance of the sample). Each test was repeated three times, and the statistical analysis was conducted using SPSS-20 software with a significance level of 5%. The experiment was designed in a completely random format and followed a factorial design.

Results: Based on the obtained results, barberry concentrate contained 204 ± 1.4 mg/liter of total anthocyanins, while the soy protein isolate particles enriched with barberry concentrate contained 22.59 ± 1.6 mg/liter of total anthocyanin. Additionally, the results of this study showed that adding SPI-BC to the sponge cake formula increased the amount of protein, ash, and total phenol. Increasing the amount of SPI-BC had a significant effect on pH, as the pH of the samples decreased as the amount of SPI-BC increased. The textural parameters (hardness, stickiness, springiness, and chewing) increased on days 1, 7, and 14 days after cooking with the increase of SPI-BC. Furthermore, the results showed that using SPI-

BC caused a significant difference in the color of the product. The addition of SPI-BC to the sponge cake resulted in a decrease in L*, which attracted the attention of many panelists. Sensory evaluation showed that the sponge cake with 10% soy protein isolate was the most acceptable among the samples.

Conclusion: Therefore, it can be stated that by using a cost-effective source of soy protein isolate particles enriched with blackberry juice concentrate in the composition of sponge cake, it is possible to create a product with a higher protein content that is well-received by consumers.

Cite this article: Payan Gandomani, M., Noshad, M., Alizadeh Behbahani, B., Mohammad Hojjati. 2024. Investigating the effect of soy protein isolate particles fortified with barberry juice concentrate on the functional properties of sponge cake. *Food Processing and Preservation Journal*, 16(2), 1-14.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/fppj.2024.21692.1785

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

بررسی اثر ذرات ایزوله پروتئین سویا غنی شده با کنستانتره آبزرشک بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کیک اسفنجی

میترا پایان گندمانی^۱، محمد نوشاد^{۲*}، بهروز عزیزاده بهبهانی^۲، محمد حجتی^۳

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران
^۲ دانشیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران رایانامه: noshad@asnrkh.ac.ir
^۳ استاد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران

اطلاعات مقاله چکیده

نوع مقاله:

مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۱۷

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۹

واژه‌های کلیدی:

ایزوله پروتئین سویا

زمان نگهداری

کیک اسفنجی

ویژگی‌های حسی

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

سابقه و هدف: از دیرباز محصولات آردی نقش بسزایی در تغذیه انسان داشته‌اند که در میان این محصولات نانوائی و آردی، کیک دارای تنوع نسبتاً بالا و ماندگاری طولانی است و در بین افراد مختلف به‌ویژه کودکان شهرت دارد. از آنجایی که دانش مرتبط با غنی‌سازی کیک اسفنجی به عنوان یک محصول محبوب در میان جوامع مختلف (به‌ویژه کودکان) محدود است، هدف پژوهش حاضر تولید کیک اسفنجی با ذرات ایزوله پروتئین سویا غنی‌شده با کنستانتره زرشک و بررسی خواص تغذیه‌ای، فیزیکوشیمیایی و حسی آن بود.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، تأثیر افزودن ذرات ایزوله پروتئین سویا غنی‌شده با کنستانتره آب‌زرشک (SPI-BC) در چهار سطح (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد بر اساس وزن آرد) بر ویژگی‌های تغذیه‌ای (پروتئین، خاکستر)، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (رطوبت، pH، فنل کل، بافت، رنگ) و ویژگی‌های حسی (رنگ، عطر، طعم، طعم و بو، پذیرش کلی نمونه) مورد بررسی قرار گرفت. تمامی آزمون‌ها با سه بار تکرار انجام شد و تجزیه تحلیل آماری بر پایه طرح کاملاً تصادفی و در قالب فاکتوریل با استفاده نرم‌افزار SPSS-20 و در سطح معناداری ۵ درصد انجام شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج به‌دست‌آمده کنستانتره زرشک حاوی $4/1 \pm 20.4$ میلی‌گرم بر لیتر آنتوسیانین کل بود. درحالی‌که ذرات ایزوله پروتئین سویا غنی‌شده با کنستانتره زرشک حاوی $1/6 \pm 22/59$ میلی‌گرم در لیتر آنتوسیانین کل بود. هم‌چنین نتایج این پژوهش نشان داد که افزودن SPI-BC به فرمول کیک اسفنجی باعث افزایش میزان پروتئین، خاکستر و فنل کل شد درحالی‌که افزایش مقدار SPI-BC اثر معناداری بر pH داشت و با افزایش مقدار SPI-BC، میزان pH نمونه‌ها کاهش یافت. با افزایش SPI-BC میزان سفتی نمونه‌ها در روزهای ۱، ۷ و ۱۴ روز پس از پخت افزایش یافت. هم‌چنین نتایج نشان داد که استفاده از SPI-BC باعث اختلاف معنی‌داری در رنگ محصول شد به‌طوری‌که افزودن SPI-BC به کیک اسفنجی سبب کاهش مؤلفه L^* شد که این امر مورد توجه بسیاری از ارزیاب‌ها قرار گرفت. ارزیابی حسی نشان داد که کیک اسفنجی با ۱۰ درصد ایزوله پروتئین سویا در بین نمونه‌ها قابل‌قبول‌ترین بود. **نتیجه‌گیری:** بنابراین می‌توان بیان کرد که با به‌کارگیری منبع ارزان‌قیمت ذرات ایزوله پروتئین

سویا غنی شده با کنستانتره آبزرشک در ترکیب کیک اسفنجی، می توان محصولی با پروتئین بالاتر تولید کرد که از نظر مصرف کنندگان مورد پذیرش واقع شود.

استناد: پایان گندمانی، میترا؛ نوشاد، محمد؛ علیزاده بهبهانی، بهروز؛ حجتی، محمد. (۱۴۰۳). بررسی اثر ذرات ایزوله پروتئین سویا غنی شده با کنستانتره آبزرشک بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی کیک اسفنجی. *فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۱۶ (۲)، ۱-۱۴

DOI: 10.22069/fppj.2024.21692.1785



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

از دیرباز محصولات آردی نقش بسزایی در تغذیه انسان داشته‌اند که در میان این محصولات کیک‌ها به دلیل مصرف بالا از اهمیت بسزایی برخوردار هستند. مصرف مداوم کیک‌ها به دلیل داشتن انرژی و کالری بالا سبب افزایش چاقی و ایجاد مشکلات سلامتی در انسان می‌شود؛ بنابراین یکی از موثرترین و ارزان‌ترین روش بهبود ارزش تغذیه‌ای مواد غذایی، غنی‌سازی آن‌ها با ترکیبات باارزش تغذیه‌ای بالاست. غنی‌سازی درواقع افزودن یک ترکیب سودمند مانند ایزوله پروتئین سویا و آنتوسیانین‌ها به مواد غذایی به‌منظور بهبود کیفیت و ارزش تغذیه‌ای آن است (۱).

پروتئین سویا از گذشته به‌عنوان منبع عالی پروتئین‌های گیاهی باکیفیت بالا شناخته شده است. پروتئین سویا حاوی طیف گسترده‌ای از ترکیبات شیمیایی مانند ایزوفلاون‌هایی است که قابلیت پیشگیری از ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی و سرطان را دارد. پروتئین سویا با توجه به الگوی اسیدهای آمینه و ارزش بیولوژیکی بالا در بین پروتئین‌های گیاهی اهمیت ویژه‌ای دارد. پروتئین سویا از مهم‌ترین منابع پروتئین تجاری است که استفاده از آن به‌دلیل ویژگی‌های عملکردی مطلوب در سیستم‌های غذایی، هضم راحت، هزینه پایین و ارزش تغذیه‌ای بالا گسترش یافته است (۲). در دنیا با افزایش توجه مصرف‌کنندگان به غذاهای سلامت بخش و تأیید اثرات پروتئین سویا در کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی توسط سازمان غذا و دارو، استفاده از محصولات پروتئینی سویا افزایش یافته است (۳). ایزوله پروتئین سویا (SPI) خالص‌ترین فرم پروتئینی محصولات سویا است. برخی از خواص عملکردی ایزوله پروتئین سویا شامل خصوصیت

امولسیفایری، تشکیل ژل، جذب و نگهداری آب و چربی، کنترل رنگ و بافت است (۴).

زرشک با نام علمی (*Berberis vulgaris* L.) متعلق به خانواده بریداسه که سرشار از ترکیبات آنتوسیانین است. زرشک محصول استراتژیک و خاصی برای ایران محسوب می‌شود و بیشترین حجم تولیدات آن در استان خراسان جنوبی است که شهرستان قائن و گناباد بزرگ‌ترین تولیدکنندگان زرشک ایران محسوب می‌شود. عصاره‌ی این گیاه سرشار از ویتامین C و حاوی مقدار زیادی آنتوسیانین و فلاونوئید است (۵). میوه زرشک طبیعتی سرد و خشک دارد و در طب سنتی مقوی کبد و قلب، صفراور و بندآورنده‌ی جریان خون می‌شود (۶). تاکنون پژوهش‌های متعددی در زمینه استفاده از ترکیبات فراسودمند در محصولات غلات انجام شده است. ندا امانی و هاشمی (۱۴۰۱) در پژوهشی با عنوان «کاربرد اولئورزین رنگ‌دانه‌های طبیعی کلروفیل، لیکوپن و عصاره‌ی زرشک در نان بربری و بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی نان» نشان دادند که اولئورزین کلروفیل اسفناج، اولئورزین لیکوپن گوجه‌فرنگی و عصاره زرشک به میزان‌های ۰/۵، ۱/۵ و ۲ گرم به ازای هر ۳۰ گرم نمونه خمیر نان استفاده شده است. نتایج نشان داد که افزودن این رنگ‌ها باعث کاهش رطوبت نان و افزایش تخلخل آن می‌شود. پارامترهای رنگی نان نیز تغییرات معناداری را نشان دادند. در ارزیابی حسی، نان‌های تهیه شده با کلروفیل و لیکوپن از نظر کیفیت تفاوت معناداری نداشتند اما هر دو نسبت به نان زرشک کیفیت بهتری داشتند. به‌طورکلی، استفاده از این رنگ‌های طبیعی می‌تواند به بهبود ویژگی‌های نانوائی مانند تخلخل، بافت و ارزیابی‌های حسی و کیفی منجر

خاکستر، رطوبت، pH، اندازه گیری رنگ، بافت سنجی و ارزیابی حسی است.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه: مواد مصرفی شامل: شکر (زرین البرز)، بیکینگ پودر (سهیل پور)، وانیل (برتر)، روغن مایع آفتابگردان (لادن)، تخم مرغ (تلاونگ) و آرد سفید گندم (نول کینو) بود. پودر پروتئین ایزوله سویا و کنسانتره زرشک با بریکس ۶۵ درصد از فروشگاه‌های محلی ملا ثانی خریداری شد.

روش تهیه: ۱۰ گرم ایزوله پروتئین سویا با ۱۰۰ گرم آب مقطر مخلوط تا محلول ایزوله پروتئین سویا (۱۰ درصد وزنی بر وزن) تولید شد. سپس محلول به مدت یک‌شب در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد. کنسانتره آب‌زرشک به صورت قطره‌ای تا رسیدن به $pH = 4/5$ به محلول اضافه شد. سپس محلول به دست آمده در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد منجمد و به مدت ۷۲ ساعت با استفاده از دستگاه خشک‌کن انجمادی خشک شد. سپس پودر به دست آمده توسط الک با مش ۳۵ الک شد.

اجزای فرمولاسیون کیک شامل: ۱۰۰ گرم آرد، ۴۰ گرم روغن، ۵۰ گرم آب، ۲ عدد تخم مرغ، ۸۰ گرم شکر، ۲ گرم بیکینگ پودر و یک گرم وانیل بود. جهت تولید کیک از روش شکر-خمیر استفاده شد. در این روش ابتدا سفیده و زرده تخم مرغ جدا گردید و زرده تخم مرغ با وانیل و شکر زده شده تا به رنگ کرم‌رنگ درآمد، در ادامه مواد مایع، آب و روغن اضافه گردید. در مرحله آخر آرد و بیکینگ پودر و سفیده تخم مرغ اضافه شد و عمل همزدن ادامه یافت تا مخلوط یکدست تشکیل شد و به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۸۰

شود. همچنین مصرف کنندگان نسبت به تغییرات رنگی ایجاد شده در نان تمایل مثبتی نشان دادند (۲۱). بلاغی و همکاران (۱۳۹۶) با بررسی بهبود خواص کیفی، رئولوژی و حسی کیک روغنی با افزودن پوره کشمش در غلظت‌های (۲، ۴، ۶ و ۸ درصد) و کنسانتره کشمش در غلظت‌های (۲، ۴ و ۶ درصد) گزارش کردند که استفاده از پوره کشمش در سطح ۴٪ باعث کاهش سفتی شد و در آزمون‌های تخلخل و حجم مخصوص تفاوت معنی‌داری بین نمونه ۴٪ پوره با ۴٪ کنسانتره نبود و بررسی خصوصیات حسی نیز نشان داد که نمونه حاوی ۴٪ پوره کشمش امتیاز بالاتری داشت (۸). میرزا آقا بیگ و همکاران (۱۳۹۹) بر روی امکان تولید کیک روغنی با حذف نیمی از روغن و تخم مرغ موجود در فرمولاسیون با استفاده از جایگزینی آرد گندم با آرد نخودفرنگی (در سه سطح صفر، ۵ و ۳۰ درصد) و افزودن کنسانتره پروتئین آب‌پنیر (WPC) و پروتئین ایزوله سویا (SPI)، هریک به میزان ۱۰ درصد وزن آرد است، نشان داد که با افزایش میزان آرد نخودفرنگی تا سطح ۳۰ درصد به جای آرد گندم و افزودن WPC و SPI، رطوبت محصول نهایی افزایش می‌یابد. از طرفی، افزودن آرد نخودفرنگی تا سطح ۱۵ درصد تأثیر معنی‌داری بر میزان حجم مخصوص و تخلخل محصول ندارد. درحالی‌که افزودن منابع پروتئینی سبب بهبود این ویژگی‌ها می‌شود. کیک روغنی با افزودن ۱۵ درصد آرد نخودفرنگی و افزودن WPC کمترین میزان سفتی بافت را به دست آورد (۹). بنابراین هدف از این پژوهش بررسی تأثیر استفاده از ذرات ایزوله پروتئین سویا غنی شده با کنسانتره آب‌زرشک بر محتوای آنتوسیانین کل (TAC)، محتوای فنلی کل (TPC)،

درجه سانتی گراد در فر پخت گردیدند (زنگنه و همکاران، ۱۳۹۹). هم چنین ذرات ایزوله پروتئین سویا غنی شده با کنستانتره زرشک به مقدار ۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد جایگزین آرد گندم در فرمولاسیون شد.

تعیین محتوای آنتوسیانین کل (TAC): از روش افتراقی pH (بافر کلرید پتاسیم با pH=1 و بافراسات سدیم با pH= ۴/۵) استفاده شد. مقدار جذب نمونه ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Pharmacia Biotech، مدل ۶۴-۲۰۸۸-۸۰، انگلستان) در طول موج ۵۱۰ و ۷۰۰ نانومتر در مقابل آب مقطر به عنوان شاهد قرائت و با استفاده از رابطه (۴)، مقدار کل آنتوسیانین نمونه اندازه گیری شد (۱۰)

رابطه ۱
 $A = (A_{510} - A_{700}) \text{ pH} 4.5 - \text{pH} 1$
محتوای فنلی کل (TPC): ۰/۵ میلی لیتر از هر عصاره در یک لوله سانتریفیوژ قرار داده شد. ۲/۵ میلی لیتر از معرف فولین سیوکالتو ۰.۲ نرمال ۱ و ۲ میلی لیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد به هر لوله اضافه شد. پس از انکوباسیون در حمام آب در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه، میزان جذب در طول موج ۷۶۰ نانومتر اندازه گیری شد. نتایج بر اساس میکروگرم معادل اسید گالیک در هر گرم نمونه مرطوب ($\mu\text{g GAE/g}$ نمونه) بیان شد.

خاکستر: تعیین خاکستر به روش AACC08-01 انجام گردید. برای این منظور بوته چینی خشک و تمیز به مدت یک ساعت در آون ۱۰۰ درجه سانتی گراد حرارت داده و در دیسکاتور خنک شد. سپس مقدار ۲ تا ۳ گرم نمونه در بوته چینی وزن شد. ظرف مخصوص خاکستر روی شعله

آزمایشگاهی روی هود به آرامی سوزانده شد تا دود آن محو شد. ظرف حاوی نمونه به مدت ۶ ساعت در کوره الکتریکی در ۵۵۰ تا ۶۰۰ درجه سانتی گراد حرارت دید تا خاکستر روشنی تشکیل گردید. ظرف در دیسکاتور قرار داده شد تا خنک گردد و سپس وزن شد و درصد خاکستر با استفاده از معادله (۲) محاسبه شده است.

$$\text{معادله (۲)} = \frac{\text{وزن بوته جینی} - \text{وزن بوته حاوی خاکستر}}{\text{وزن نمونه}} \times 100$$

رطوبت: رطوبت طبق روش AACC44-16 اندازه گیری شد. ظرف نمونه را به مدت ۳۰ دقیقه در آون ۱۳۰ درجه سانتی گراد حرارت داده شد و سپس در دیسکاتور قرار داده شد تا خنک گردد. پس از توزین ظرف ها، مقدار ۲ گرم از نمونه پودر در آن وزن شد. ظرف حاوی نمونه در آون در حرارت ۱۰۰ درجه سانتی گراد تا رسیدن به وزن ثابت حرارت داده شد. سپس با استفاده از رابطه (۳)، درصد رطوبت محاسبه شد و اختلاف وزنی که حاصل شد نشان دهنده مقدار رطوبتی است که نمونه ازدست داده است.

$$\text{معادله (۳)} = \frac{\text{وزن پلیت حاوی نمونه بعد از آون} - \text{وزن پلیت حاوی نمونه قبل از آون}}{\text{وزن نمونه}} \times 100$$

pH: pH نمونه ها طبق استاندارد AACC02-52 توسط pH متر (Metrohm، ۸۲۷، سوئیس) اندازه گیری شد. ۱۰ گرم نمونه با ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر تازه جوشیده شده و سرد شده در دمای اتاق توسط میله شیشه ای کاملاً مخلوط شده و زمان لازم برای ته نشین شدن به آن داده شد. سپس بدون صاف کردن pH محلول فوقانی به وسیله pH متر الکتریکی که قبلاً با محلول بافر تنظیم شده بود تعیین شد. برای نمونه های بعدی الکتروود پس از

شستشو با آب مقطر در مخلوط بعدی قرار داده شده و عدد مربوطه قرائت شد.

اندازه گیری رنگ: از دستگاه رنگ سنج هانتربل (کونیکامینولتا، CR-400، ژاپن) برای اندازه گیری شاخص های رنگی پوسته و مغز نمونه ها استفاده شد (۱۹).

بافت سنجی: بررسی بافت نمونه توسط دستگاه بافت سنج مدل Micro stable TA-XT-PLUS system (انگلستان) طبق روش AACC ۷۴-۰۹ انجام شد. برای این کار قطعه مکعبی به ابعاد ۲ سانتی متر از مغز کیک جدا شد و سفتی نمونه ها با پروب استوانه ای با قطر ۳۶ میلی متر، با سرعت یک میلی متر بر ثانیه و ۵۰ درصد کرنش اندازه گیری شد (۱۱).

ارزیابی حسی: برای ارزیابی حسی نمونه ها از آزمون هدونیک ۵ نقطه ای استفاده شد و پذیرش کلی نمونه ها از لحاظ رنگ، عطر و طعم و قابلیت جویدن توسط ۱۵ ارزیاب مورد بررسی قرار گرفت. در آزمون هدونیک ۵ نقطه ای به ترتیب ۱ بسیار بد، ۲ بد، ۳ متوسط، ۴ خوب و ۵ بسیار خوب است. به عدد ۱ کمترین امتیاز و عدد ۵ بیشترین امتیاز تعلق گرفت.

تجزیه و تحلیل داده ها

تمامی آزمون ها با سه بار تکرار انجام شد و تجزیه تحلیل آماری بر پایه طرح کاملاً تصادفی و در قالب فاکتوریل با استفاده نرم افزار SPSS-20 و در سطح معناداری ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

محتوای آنتوسیانین کل: نتایج حاصل از جدول (۱) نشان داد، کنستانتره زرشک حاوی $20.4 \pm 4/1$

میلی گرم بر لیتر آنتوسیانین کل بود. درحالی که ذرات ایزوله پروتئین سویا غنی شده با کنستانتره زرشک (SPI-BC) حاوی $22/59 \pm 1/6$ میلی گرم در لیتر آنتوسیانین کل بود. همچنین افزودن SPI-BC اثر معنی داری بر میزان پروتئین نمونه ها ($P < 0/05$) داشت، بر اساس نتایج به دست آمده، افزودن SPI-BC سبب افزایش میزان پروتئین در نمونه ها شد. به طوری که بیشترین میزان پروتئین مربوط به نمونه حاوی ۳۰ درصد SPI-BC بود. نتایج این پژوهش با نتایج رستمی و همکاران (۱۴۰۰) مطابقت داشت (۱۲). در این مطالعه، امکان تولید کیک کم چرب بژی براق با استفاده از کنسانتره پروتئین سویا و کربوکسی متیل سلولز به عنوان جایگزین چربی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش جایگزین های چربی، ویسکوزیته و قوام خمیر افزایش می یافت و با افزایش CMC در سطح ثابت SPC، میزان رطوبت، حجم ویژه، تخلخل و روشنایی کیک ها افزایش می یافت و میزان چربی کاهش می یافت. همچنین سفتی، چسبندگی و ارتجاعیت کیک ها با افزایش CMC افزایش می یافت ولی افزایش ارتجاعیت معنادار نبود.

محتوای فنل کل: هم چنین نتایج نشان داد (جدول ۱)، افزودن SPI-BC اثر معناداری ($P < 0/05$) بر میزان فنل کل نمونه ها داشت به طوری که با افزایش مقدار SPI-BC، میزان فنل کل نمونه ها افزایش یافت. این امر به دلیل وجود ترکیبات فنلی در کنستانتره زرشک است (۱۳). خجسته منش و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعه، تولید لواشک زرشک به دو روش، خلاء و سنتی (گرم)، با درصدهای مختلف زرشک (۷۲ و ۹۲ درصد) مورد بررسی قرار دادند. یکی از مهم ترین نتایج پژوهش آن ها این بود که مقدار ترکیبات فنولی کل و فعالیت آنتی اکسیدانی با افزایش درصد پوره زرشک در هر دو روش خشک کردن افزایش می یابد (۱۳).

جدول ۱: اثر جایگزینی درصدهای مختلف SPI-BC با آرد گندم بر میزان فنل کل و پروتئین

Table 1. The effect of replacing different level of SPI-BC with wheat flour on the total phenolic content and protein

فنل کل ($\mu\text{g GAE/g}$)	پروتئین (%)	SPI-BC
Total phenolic content ($\mu\text{g GAE/g}$)	Protein (%)	
$7/1 \pm 2/16d$	$8/05 \pm 0/01d$	۰
$14/1 \pm 1/1c$	$12/4 \pm 0/14c$	۱۰
$28/1 \pm 1/34b$	$16/45 \pm 0/07b$	۲۰
$34/1 \pm 2/69a$	$19/25 \pm 0/1a$	۳۰

حروف غیرمشابه در ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد است.

محتوای رطوبتی: افزودن SPI-BC اثر معناداری ($P < 0/05$) بر میزان محتوای رطوبتی نمونه‌ها داشت، به‌طوری‌که با افزایش میزان SPI-BC، محتوای رطوبتی نمونه‌ها افزایش یافت که این امر به دلیل توانایی جذب و نگهداری آب توسط ایزوله پروتئین سویا است (۱۲). رستمی و همکاران (۱۴۰۰) گزارش کردند، افزایش درصد جایگزینی کنستانتره پروتئین سویا با آرد گندم موجب افزایش رطوبتی نمونه‌های کیک اسفنجی شود.

محتوای خاکستر: نتایج حاصل از جدول (۲) نشان داد، افزایش SPI-BC باعث افزایش میزان خاکستر در نمونه‌ها شد. به‌طوری‌که در غلظت ۱۰ درصد میزان خاکستر در روز چهاردهم برابر $3/1 \pm 0/4$ ، در غلظت ۲۰ درصد برابر $3/3 \pm 0/01$ و در غلظت ۳۰ درصد برابر $3/5 \pm 0/02a$ است. این امر به دلیل مواد معدنی موجود در SPI-BC است. هم‌راستا با این نتایج، با افزایش نسبت جایگزینی آرد گندم با ایزوله پروتئین سویا در نودل صنعتی در پژوهش رحیمی و همکاران (۱۴۰۳) میزان خاکستر هم افزایش یافت (۱۴).

جدول ۲- اثر جایگزینی درصدهای مختلف SPI-BC با آرد گندم بر میزان خاکستر، رطوبت در روزهای اول، هفتم و چهاردهم نگهداری

Table 2. The effect of replacing different levels of SPI-BC with wheat flour on the ash and moisture content in the first, seventh and fourteenth days of storage.

First, Seventh and Fourteenth days of storage.						
رطوبت (%)			خاکستر (%)			SPI-BC
Moisture content (%)			Ash (%)			
روز چهاردهم Fourteenth day	روز هفتم Seventh day	روز اول First day	روز چهاردهم Fourteenth day	روز هفتم Seventh day	روز اول First day	
۷۳/۳±۰/۰۴d	۷۶/۷±۰/۷۱a	۷۳/۳±۰/۰۴d	۳/۱±۰/۰۴b	۳/۲۵±۰/۰۲c	۳/۰۵±۰/۰۰۴c	۰
۷۴/۹±۰/۰۰۶c	۷۷/۲±۱/۲۷a	۷۴/۹±۰/۰۰۶c	۳/۲۵±۰/۰۰۵b	۳/۰۵±۰/۰۰۷c	۳/۱±۰/۰۰۸ab	۱۰
۷۵/۸±۰/۰۰۷b	۷۶/۷±۱/۰۵۶a	۷۵/۸±۰/۰۰۷b	۳/۳±۰/۰۰۱ab	۳/۰۵±۰/۰۰۴b	۳/۲±۰/۰۰۳ab	۲۰
۷۶/۹±۰/۰۰۸a	۷۳/۰۵±۰/۰۰۷b	۷۶/۹±۰/۰۰۸a	۳/۵±۰/۰۰۲a	۳/۰۵±۰/۰۰۶a	۳/۲۵±۰/۰۰۲a	۳۰

حروف غیرمشابه در ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد است.

pH: گزارش شد. در نتیجه با افزایش مقدار SPI-BC، میزان pH نمونه‌ها کاهش یافت که این امر احتمالاً به دلیل پایین بودن میزان pH کنستانتره آب‌زرشک (۲/۹-۲)

pH: نتایج حاصل از جدول (۳) نشان داد، افزایش مقدار SPI-BC اثر معناداری بر pH داشت. نمونه شاهد و نمونه حاوی ۳۰ درصد SPI-BC با کمترین

pH = ۲/۸) به دلیل وجود اسیدهای آلی مانند اسید مالیک، اسید تارتاریک، اسید سیتریک و اسید آسکوربیک در آن است (۱۳).

جدول ۳- اثر جایگزینی درصدهای مختلف SPI-BC با آرد گندم بر میزان PH در روزهای اول، هفتم و چهاردهم نگهداری
Table 3. The effect of replacing different levels of SPI-BC with wheat flour on the pH level in the first, seventh and fourteenth days of storage

SPI-BC	روز اول First day	روز هفتم Seventh day	روز چهاردهم Fourteenth day
۰	۷/۰±۲۲/۰۱d	۷/۰±۸۳/۰۵d	۷/۰±۹۳/۰۴c
۱۰	۷/۰±۰۴/۰۳c	۷/۰±۴۹/۰۲c	۷/۰±۵۸/۰۶b
۲۰	۶/۰±۴۷/۰۱b	۷/۰±۱/۰۶b	۷/۰±۳/۰۹b
۳۰	۶/۰±۱/۰۴a	۶/۰±۵۴/۰۶a	۶/۰±۷۵/۰۹a

حروف غیرمشابه در ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد است

افزایش می‌یابد که همین امر سبب افزایش واکنش میلارد می‌شود و در نتیجه میزان قهوه‌ای شدن در نمونه‌ها افزایش می‌یابد و همین امر دلیل کاهش میزان شاخص رنگی (L*) در نمونه‌هاست. امانی و هاشمی (۱۴۰۱) در پژوهشی خود نشان دادند که افزودن عصاره زرشک باعث ایجاد تغییرات معنادار در پارامترهای رنگی نان‌ها می‌شود. هم‌چنین با افزایش مدت‌زمان ماندگاری، میزان شاخص رنگی (L*) در پوسته و مغز نمونه‌ها نیز کاهش یافت که دلیل این امر احتمالاً به خاطر از دست دادن رطوبت توسط نمونه‌ها در مدت‌زمان ماندگاری است (۱۵).

رنگ سنجی: نتایج جدول (۴) نشان داد، افزایش مقدار SPI-BC سبب کاهش میزان شاخص رنگی (L*) در پوسته و مغز نمونه‌ها شد به‌طوری‌که بیشترین میزان شاخص رنگی (L*) مربوط به نمونه شاهد است که برای روشنایی پوسته در روز چهاردهم $۳۷/۸ \pm ۱/۲$ و برای روشنایی مغز برابر $۴۶/۲ \pm ۱/۲$ است. اما کمترین میزان مربوط به نمونه حاوی ۳۰ درصد SPI-BC بود که برای روشنایی پوسته در روز چهاردهم $۳۴/۴ \pm ۱/۴$ و برای روشنایی مغز برابر $۱/۱ \pm ۴۱/۴۳$ است. این امر احتمالاً به این دلیل است که با افزایش مقدار SPI-BC میزان پروتئین نمونه‌ها نیز

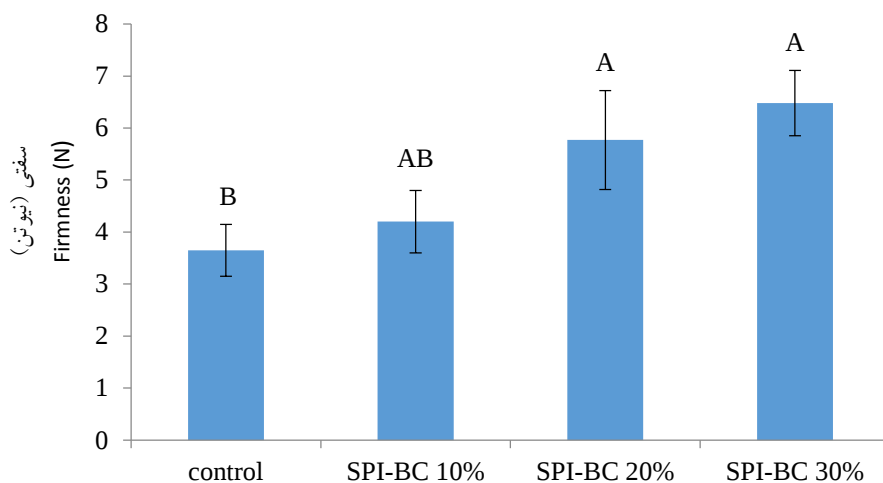
جدول ۴- اثر جایگزینی درصدهای مختلف SPI-BC با آرد گندم بر میزان رنگ (L*) پوسته و مغز کیک اسفنجی
Table 4. The effect of replacing different levels of SPI-BC with wheat flour on the L* of the shell and core of sponge cake

SPI-BC	روشنایی پوسته Crust L*			روشنایی مغز Crumb L*		
	روز اول First day	روز هفتم Seventh day	روز چهاردهم Fourteenth day	روز اول First day	روز هفتم Seventh day	روز چهاردهم Fourteenth day
۰	$۴۳/۶ \pm ۰/۸^a$	$۳۹/۸ \pm ۱/۱^a$	$۳۷/۸ \pm ۱/۲^a$	$۵۶/۶ \pm ۰/۹^a$	$۵۲/۲ \pm ۰/۸^a$	$۴۶/۲ \pm ۱/۲^a$
۱۰	$۴۱/۵ \pm ۱/۲^{ab}$	$۳۸/۴ \pm ۲/۱^{ab}$	$۳۶/۵ \pm ۱/۱^a$	$۴۹/۳ \pm ۱/۱^b$	$۴۶/۳ \pm ۱/۱^b$	$۴۱/۳ \pm ۱/۳^b$
۲۰	$۴۱/۱ \pm ۱/۱^{ab}$	$۳۸/۵ \pm ۱/۳^{ab}$	$۳۳/۱ \pm ۱/۲^b$	$۴۷/۹ \pm ۱/۴^b$	$۴۵/۵ \pm ۱/۲^b$	$۴۰/۵ \pm ۱/۱^b$
۳۰	$۳۸/۳ \pm ۱/۴^b$	$۳۵/۱ \pm ۱/۱^b$	$۳۴/۴ \pm ۱/۴^b$	$۴۶/۸ \pm ۱/۹^b$	$۴۴/۱ \pm ۱/۱^b$	$۴۱/۴۳ \pm ۱/۱^b$

حروف غیرمشابه در ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد است.

هیدروکسیل در ساختار خود و توانایی در پیوند با مولکول‌های آب موجود در فرمولاسیون، قادر است میزان رطوبت محصول نهایی را افزایش دهد. ابراهیم‌پور و همکاران (۱۳۸۹) بیان کردند که نان حاوی ۳٪ آرد سویا با گذشت زمان بسیار بیشتر از نان‌های دیگر سفت شد که به دلیل تشکیل شبکه پروتئینی بسیار محکم و عدم وجود سلول‌های گازی و تخلخل مناسب است، به طوری که نان کاملاً متراکم است (۱۶). به طور کلی بیاتی نان و افزایش سفتی آن در طی زمان نگهداری، فرآیند پیچیده‌ای است که عوامل متعددی نظیر رتروگراداسیون آمیلوپکتین، آرایش مجدد پلیمرها در ناحیه آمورف، کاهش مقدار رطوبت و یا توزیع رطوبت بین ناحیه آمورف و کریستالی در آن دخیل است (۱۱).

بافت سنجی: نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در تمامی روزهای موردبررسی با افزایش مقدار SPI-BC میزان سفتی نمونه‌های کیک اسفنجی تولیدی به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P > 0.05$) (شکل ۱). به طوری که پایین‌ترین میزان سفتی بافت در نمونه شاهد (3.65 ± 0.5 نیوتن) و بالاترین میزان آن در نمونه محتوی ۳۰٪ SPI-BC (6.48 ± 0.8 نیوتن) در روز اول مشاهده شد ($P > 0.05$). مک کارتی و همکاران (۲۰۰۵) بیان نمودند، موادی که طبیعت آب‌دوستی دارند، قابلیت برهم‌کنش با آب را داشته و سبب کاهش انتشار و پایداری حضور آن در سیستم در طی فرآیند پخت می‌شوند و همین امر در افزایش میزان رطوبت محصول نهایی در طی فرآیند پخت و پس از آن مؤثر خواهد بود. بنابراین SPI-BC به دلیل دارا بودن مقادیر بالای پروتئین و داشتن گروه‌های



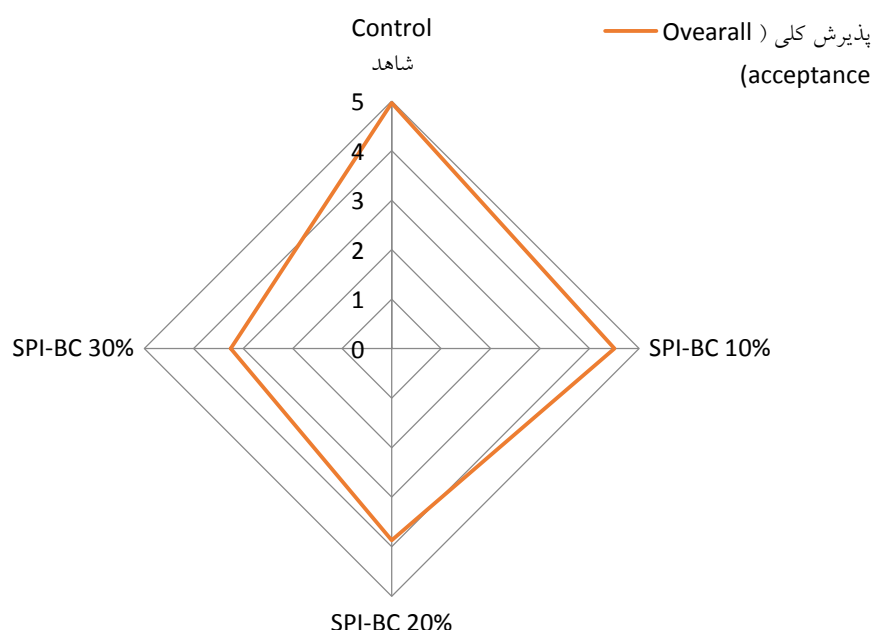
شکل ۱- اثر جایگزینی درصدهای مختلف SPI-BC با آرد گندم بر میزان سفتی نمونه‌ها

Figure 1. The effect of replacing different levels of SPI-BC with wheat flour on the firmness of the samples

ملکی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند که با اضافه شدن غلظت آرد سویا پذیرش کلی نمونه‌های نان کاهش یافت (۱۷). هم‌چنین اوتگبایو و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که با افزایش ایزوله پروتئین سویا پذیرش کلی کیک کاهش یافت (۲۰)، ظاهراً تیره‌تر بودن پوسته و رنگ مغز و کاهش نرمی کیک از دلایل

ارزیابی حسی: با توجه به میانگین امتیازهای آزمون حسی، با جایگزینی آرد گندم با SPI-BC در فرمولاسیون کیک اسفنجی نسبت به نمونه شاهد، میزان پذیرش کلی کاهش یافت و بهترین نمونه از نظر ارزیابی حسی نمونه‌ی شاهد و ۱۰٪ SPI-BC و کمترین نمونه، نمونه‌ی ۳۰٪ SPI-BC بود (شکل ۲).

اصلی امتیاز کمتر به این نمونه بوده است که با نتایج حاصل از پژوهش حاضر تطابق دارد. در نهایت نیز می‌توان بیان کرد نمونه ۱۰٪ SPI-BC با نمونه شاهد مطابقت دارد.



شکل ۲- اثر جایگزینی درصدهای مختلف SPI-BC با آرد گندم بر میزان پذیرش کلی نمونه‌ها

Figure 2. The effect of replacing different levels of SPI-BC with wheat flour on the overall acceptance of the samples

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش بخشی از آرد گندم مورد استفاده جهت تهیه‌ی کیک اسفنجی، با SPI-BC در مقادیر مختلف صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد جایگزین شد و تأثیر آن بر پارامترهای مؤثر در کیفیت کیک اسفنجی مثل پروتئین، فنل، رنگ، بافت، عطر و طعم و بو طی زمان نگهداری بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان داد که افزودن SPI-BC به فرمول کیک اسفنجی باعث افزایش میزان پروتئین، خاکستر و فنل کل شد. با افزایش SPI-BC پارامترهای بافتی (سفتی، چسبندگی، فنریت و جویدن) در روزهای ۱، ۷ و ۱۴ روز پس از پخت افزایش یافت. هم‌چنین نتایج نشان داد که استفاده‌شده از SPI-BC باعث اختلاف معنی‌داری در رنگ محصول شد به طوری که افزودن SPI-BC به

کیک اسفنجی سبب کاهش مؤلفه L^* شد که این امر مورد توجه بسیاری از ارزیاب‌ها قرار گرفت. ارزیابی حسی نشان داد که کیک اسفنجی با ۱۰ درصد ایزوله پروتئین سویا در بین نمونه‌ها قابل‌قبول‌ترین بود. بنابراین می‌توان بیان کرد که با به‌کارگیری ذرات ایزوله پروتئین سویا غنی‌شده با کنستانتره آب‌زشرک در ترکیب کیک اسفنجی، می‌توان محصولی با ارزش تغذیه‌ای بالاتر تولید کرد که مورد پذیرش مصرف‌کنندگان نیز باشد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به دلیل حمایت‌های مالی و معنوی تشکر و قدردانی نمایند.

References

1. Kaushik, V., Roos, Y. H. 2007. Limonene encapsulation in freeze-drying of gum Arabic-sucrose-gelatin systems. *Lebensm. Wiss. Technol.* 40: 1381-1391.
2. Lee, N. 2006. Phytoestrogens as bioactive ingredients in functional foods: Canadian regulatory update, *Journal of AOAC International*. 89: 1135-1137.
3. Cassini, A. S., Tessaro, I. C., Marczak, L. D. F., and Pertile, C. 2010. Ultrafiltration of wastewater from isolated soy protein
4. Avazsufiyan, A., Aalami, M., Mahonak, A.S., Ghorbani, M., and Ziaiiifar, A.M. 2014. Application of sweet almond meal and xanthan gum in the production of gluten-free cake, *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*. 3(2): 185-196.
5. Farhadi Chitgar, M., Varidi, M., Varidi, M J., Shahidi, F. 2013. Evaluation of physical and chemical properties of three barberry species native to Iran. *Journal of food industry research*. 24 (1): 64-76
6. Matsakido, A., Blekas, G., and Paraskevopoulou, A. 2010. Aroma and pH physical characteristics of cakes prepared by replacing margarin with extra virgin olive oil. *LWT-Food Science and technology*. 43: 949-957.
7. Wu, G., Hui, X., Mu, J. Brennan, MA., and Brennan, CS. 2021. Functionalization of whey protein isolate fortified with blackcurrant concentrate by spray-drying and freeze-drying strategies. *Food Research International*. 141
8. Balaghi, S., Sheikhl-Islami, Z., Stiri, S.H. 2016. Improving the qualitative, rheological and sensory properties of oil cake by adding puree and raisin concentrate. *Journal of Innovation in Food Science and Technology (Food Science and Technology)*. 9 (2): 13-26.
9. Mirza Aqabig, S., Faraji, A., Naqipour, F. 2019. Investigating the effect of adding soy protein isolate and whey protein concentrate on the quantitative and qualitative characteristics of a combined low-fat and low-cholesterol cake (wheat-pea). *Food Industry Engineering Research Journal*. 19 (68): 129-136.
10. Giusti, M. M., Wrolstad, R. E. 2001. Characterization and measurement of anthocyanins by uv-visible spectroscopy. In: Wrolstad, R. E. and Schwartz, S. J. (eds). *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. John Wiley and Sons, New York. 1-13.
11. Lebesi, D., Tzia, C. 2012. Use of endoxylanase treated cereal brans for development of dietary fiber enriched cakes. *Innovative Food Science and Emerging Technology*, 13: 207-214.
12. Rostami, Z., Maghsoudlou, Y., Alami, M., Ghorbani, M., Tavasoli, S. 2021. Use of soy protein concentrate and carboxy methyl cellulose as fat substitutes in the production of Beji-Bersagh cake. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 116(18), 259-274.
13. Khojastehmanesh, S., Dezyani, M., Shahdadi, F. 2022. The effect of drying method on the qualitative and microbial properties of barberry leather. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 128(19), 161-170.
14. Rahimi, M., Elhami Rad, A.H., Shafafi Zwnozian, M., Armin, M., Jafarpor, A. 2024. Effect of enrichment by soy protein isolate, Leti flour, albumin and *Spirulina platensis* on the quality attributes of industrial noodle. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 16(2), 33-47.
15. Etezazian, S., Fazel, M., Abbasi, H. 2018. Effect of pomegranate peel, guar gum and hemicellulose enzyme on the properties of gluten-free sponge cake based on wheat starch. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 14(2), 217-228.
16. Ebrahimpour, N., Prophetdoost, S., Azadmardadmirchi, S., Qanbarzadeh, B. 2018. The effect of adding different hydrocolloids on sensory and stale characteristics of gluten-free bread. *Food Industry Research (Agricultural Knowledge)*, 3.20(1), 115-99.
17. Maleki, G., Mazaheri Tehrani, M., Shokralehi, F. 2015. The effect of different concentrations of soy flour on the quality of gluten-free bread made from rice flour. *Journal of food sciences and industries*. 54 (13): 51-62.

18. Motilva, M. J., Macià, A., Romero, M. P., Labrador, A., Domínguez, A., and Peiró, L. 2014. Optimisation and validation of analytical methods for the simultaneous extraction of antioxidants: Application to the analysis of tomato sauces. *Food chemistry*, 163, 234-243
19. BARZEGAR, H., MEHRNIA, M., NOSHAD, M., & HOJJATI, M. (2021). Effect of different fractions of oleaster (*Elaeagnus angustifolia*) flour on gluten free sponge cake propertie.
20. Otegbayo, B. O., Adebisi, O. M., Bolaji, O. A., & Olunlade, B. A. (2018). Effect of soy enrichment on bread quality. *International food research journal*, 25(3), 1120-1125.
21. Ranjbar Nedamani, A., & Hashemi, S. M. (2022). Application of Natural Pigments of Chlorophyll and Lycopene Oleoresin and Berberis Vulgaris Extract in and Studying the Physic-chemical Properties of Barbari's Bread. *Food Engineering Research*, 21(1), 165-178.
22. Olson, R., Gavin-Smith, B., Ferraboschi, C., & Kraemer, K. (2021). Food fortification: The advantages, disadvantages and lessons from sight and life programs. *Nutrients*, 13(4), 1118.
23. Sharifi Azghandi, Shadi, Mazaheri Tehrani, Mostafa, Milani, Elnaz, and Razavi, Seyyed Mohammad Ali. (2013). Optimizing the formulation and production process conditions of soybean tissue protein and investigating the functional characteristics by response surface method (RSM). The First National Congress on Snack Foods. <https://www.sid.ir/paper/843792/fa>