

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-3-2454>
<https://elibrary.ru/LJWJXN>

Оригинальная статья
<https://fptt.ru>

Галеты повышенной пищевой ценности с соевым белковым продуктом



Е. С. Стаценко^{1,*}, М. А. Штарберг², Е. А. Бородин²

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт сои , Благовещенск, Россия

² Амурская государственная медицинская академия
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Благовещенск, Россия

Поступила в редакцию: 01.02.2023

Принята после рецензирования: 18.03.2023

Принята к публикации: 04.04.2023

*Е. С. Стаценко: ses@vniiso.ru,

<https://orcid.org/0000-0003-2240-0614>

М. А. Штарберг: <https://orcid.org/0000-0002-4656-638X>

Е. А. Бородин: <https://orcid.org/0000-0002-0983-4541>

© Е. С. Стаценко, М. А. Штарберг, Е. А. Бородин, 2023



Аннотация.

При разработке новых рецептов и технологий пищевых продуктов, в том числе мучных кондитерских изделий, особое внимание уделяется повышению их пищевой ценности. Галеты относятся к продуктам массового потребления, они удобны для быстрого питания и перекусов, а также являются перспективным объектом для обогащения функциональными пищевыми ингредиентами. Цель исследования – разработка рецептуры галет с обогащающей добавкой на основе соевого белкового продукта и изучение качества и пищевой ценности готового изделия.

Объектами исследования являлись измельченный белковый продукт, полученный из соевого зерна по запатентованной технологии (патент № 2218816), и экспериментальные образцы галет на основе мучной смеси с массовой долей соевого белкового продукта от 2,5 до 15,0 % (кратность 2,5 %) от общей массы пшеничной муки. Контрольный образец – галеты Арктика. Физико-химические и другие показатели качества готовых изделий определяли с помощью стандартных методов. Изофлавоноиды устанавливали методом ВЭЖХ с использованием элюента метанол:вода.

Замена в рецептуре галет части пшеничной муки соевым белковым продуктом привела к повышению пищевой ценности готовых изделий и уменьшению намокаемости (с 196 до 172 %) и содержания сырой клейковины (с 30,7 до 28,4 %). Установлено, что оптимальное содержание соевого белкового продукта в рецептуре галет не должно превышать 7,5 % от общей массы пшеничной муки. Увеличение массовой доли добавки более 7,5 % привело к снижению показателя намокаемости ниже требуемых значений (< 170 %) и ухудшению органолептических характеристик – пористости и хрупкости. Добавление соевого белкового продукта способствует повышению пищевой ценности галет по белку на 21,6 %, жиру – на 14,1 %, минеральным веществам – на 11,1 %, изофлавоноидам – на 140,8 % (с 4,83 до 11,63 мг/100 г) при снижении содержания общих углеводов на 6,5 % по сравнению с контролем.

Была разработана рецептура и технология для промышленного производства галет с соевым белковым продуктом. Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования галет с соевым белковым продуктом в качестве пищевых продуктов функциональной направленности, т. к. степень удовлетворения суточной физиологической потребности в функциональных пищевых ингредиентах при употреблении 100 г изделий увеличивается до значимых величин по фосфору (с 11,7 до 20,1 %), витамину Е (с 12,6 до 18,0 %) и изофлавоноидам (с 9,6 до 23,2 %) по сравнению с контролем.

Ключевые слова. Мучные кондитерские изделия, галеты, соя, белковый продукт, качество, обогащение, пищевая ценность, клейковина, изофлавоноиды

Для цитирования: Стаценко Е. С., Штарберг М. А., Бородин Е. А. Галеты повышенной пищевой ценности с соевым белковым продуктом // Техника и технология пищевых производств. 2023. Т. 53. № 3. С. 513–524. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-3-2454>

Functional Biscuits with Soy Protein



Ekaterina S. Statsenko^{1,*}, Mikhail A. Shtarberg²,
Eugene A. Borodin²

¹ All-Russian Scientific Research Institute of Soybean , Blagoveshchensk, Russia

² Amur State Medical Academy of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Blagoveshchensk, Russia

Received: 01.02.2023

Revised: 18.03.2023

Accepted: 04.04.2023

*Ekaterina S. Statsenko: ses@vniisoi.ru,

<https://orcid.org/0000-0003-2240-0614>

Mikhail A. Shtarberg: <https://orcid.org/0000-0002-4656-638X>

Eugene A. Borodin: <https://orcid.org/0000-0002-0983-4541>

© E.S. Statsenko, M.A. Shtarberg, E.A. Borodin, 2023



Abstract.

As a rule, modern confectionery products have added nutritional value, which makes them functional products. As a popular snack, biscuits are a promising object for fortification with functional ingredients. This article introduces a new formulation for biscuits fortified with soy protein.

The research featured crushed soy protein obtained using a patented technology (patent No. 2218816). The experimental biscuits included a mix of wheat flour with 2.5–15.0% soy protein. The control sample was represented by commercial biscuits of the Arktika brand. Physicochemical and other quality indicators were determined by standard methods. The isoflavonoid test involved high performance liquid chromatography with methanol:water eluent.

The experimental biscuits had a higher nutritional value; the absorption indicator fell from 196 to 172%. The crude gluten content dropped from 30.7 to 28.4%. The optimal content of soy protein in the new formulation was below 7.5% of the total mass of wheat flour. A higher mass fraction brought the absorption index below the standard value (< 170%) and spoiled the porosity and brittleness. Compared with the control sample, the nutritional value of the experimental sample improved as follows: protein – by 21.6%, fat – by 14.1%, minerals – by 11.1%, isoflavones – by 140.8% (from 4.83 to 11.63 mg/100 g). Total carbohydrates dropped by 6.5%.

The formulation demonstrated good prospects for industrial production. The new biscuits with soy protein can be classified as functional food: compared to the conventional biscuits, the recommended daily intake (100 g) for phosphorus increased from 11.7 to 20.1%, vitamin E – from 12.6 to 18.0%, for isoflavones – from 9.6 to 23.2%.

Keywords. Flour products, biscuits, soybean, protein products, quality, fortification, nutritional value, gluten, isoflavonoids

For citation: Statsenko ES, Shtarberg MA, Borodin EA. Functional Biscuits with Soy Protein. Food Processing: Techniques and Technology. 2023;53(3):513–524. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-3-2454>

Введение

Вопросы питания населения в развитых странах стали рассматриваться на уровне общегосударственной задачи. Дефицит продуктов питания приводит к постоянному росту цен, что негативно сказывается на доступности полноценных продуктов питания для большей части населения. Кроме снижения качества жизни, дефицит поступающих с пищей необходимых питательных веществ, витаминов и функциональных ингредиентов может привести к понижению иммунитета, росту риска возникновения и развития многих острых и хронических заболеваний, а также уменьшению продолжительности жизни. В многочисленных медицинских исследованиях установлено, что при недостаточном и неполноценном питании у человека раз-

вивается белково-энергетическая недостаточность, приводящая к нарушению функции дыхательной мускулатуры и ухудшению легочного газообмена. Также страдает иммунная защита организма, что приводит к повышенному риску заболевания острыми респираторными инфекциями [1–3].

Стратегия повышения качества пищевой продукции в РФ до 2030 г. направлена на совершенствование имеющихся и развитие новых пищевых производств, способных обеспечить полноценное питание населения и увеличить долю продуктов питания, предназначенных для профилактики заболеваний, снижения алиментарных заболеваний и повышения качества и продолжительности жизни [1, 2]. Это может быть достигнуто пропагандой здорового питания, а также разработкой новых пищевых

продуктов с увеличением ассортимента продуктов функционального, диетического и профилактического направления. Для этого необходима разработка рецептур продуктов с тщательным изучением их физико-химических показателей, пищевой и энергетической ценности, потребительских свойств и других характеристик [1–3].

По данным ряда медицинских и научных учреждений, в частности ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», россияне стали испытывать в питании дефицит полноценного белка и связанный с этим дефицит многих незаменимых аминокислот, а также недостаток про- и пребиотиков, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, минеральных веществ и некоторых других необходимых человеку компонентов пищи [1–3].

К принципам рационального питания относятся:

- умеренность в употреблении пищи, т. е. исключение переедания при обеспечении потребности организма в энергии для выполнения жизненных функций;
- сбалансированность, т. е. удовлетворение потребности организма в жизненно необходимых и незаменимых веществах, обеспечивающих его оптимальное функционирование;
- разнообразие питания [1].

Концепция сбалансированного питания, разработанная академиком А. А. Покровским и дополненная академиком В. А. Тутельяном, подразумевает, что общий калораж суточной диеты человека должен соответствовать его энергозатратам. Суточный рацион должен быть сбалансирован по основным макронутриентам (белки, жиры и углеводы) с наличием в его составе в достаточных количествах всех эссенциальных компонентов: незаменимых аминокислот, полиненасыщенных жирных кислот, особенного семейства омега-3, витаминов, минералов и микроэлементов, пищевых волокон [3].

В России, как и в других странах, ведутся работы по созданию функциональных продуктов питания и совершенствованию технологии их производства. Перспективным видится разработка хлебобулочных и мучных кондитерских изделий повышенной пищевой ценности [4, 5]. В качестве обогащаемого продукта используются галеты, крекеры, хлебцы и т. п. Это связано с тем, что они являются продуктами массового потребления и основными источниками углеводов, наряду с хлебобулочными изделиями, а также удобными для быстрого питания и перекусов при активном образе жизни [6, 7].

С целью придания создаваемым продуктам питания функциональности и улучшения потребительских характеристик целесообразно обогащать их состав натуральными пищевыми добавками, которые содержали бы функциональные пищевые ингредиенты (ГОСТ Р 52349-2005) [8–11]. К функциональным пищевым ингредиентам относят целый ряд веществ

различной химической природы, содержащихся в некоторых видах сырья растительного и животного происхождения. Речь идет о полноценных белках с высоким содержанием незаменимых аминокислот, полиненасыщенных жирных кислот, жирно- и водорастворимых витаминов, макро- и микроэлементов. Также значимы пищевые волокна, пре- и пробиотики, без которых невозможно полноценное функционирование желудочно-кишечной системы [2].

Новые рецептуры создаются комбинированием зернового, бобового, плодового, овощного и других видов растительного сырья [8–11]. Это способствует расширению ассортимента данной группы продукции, улучшению качества и повышению пищевой и энергетической ценности готовых изделий [6–9, 12]. Доказана целесообразность использования овощных, плодовых и ягодных порошков (голубики, клюквы, боярышника и ежевики) в рецептурах хлебобулочных изделий функционального назначения [6, 13]. Пищевую и биологическую ценность мучных и кулинарных изделий можно повысить путем частичной замены рецептурного количества молока на концентрат хлореллы, который имеет сбалансированный аминокислотный состав и содержит витамины, макро- и микроэлементы [14]. Улучшить качество и повысить пищевую ценность пряничных изделий можно, используя муку из отрубей гречихи, зерна риса и пшеницы, измельченных семян нута [9, 15–17].

Интерес к сое и продуктам ее переработки возрос из-за высокого содержания веществ, относимых к изофлавоноидам. Изофлавоноиды – это соединения флавоноидной природы, обладающие умеренным иммуномодулирующим и эстрогеноподобным действием, а также противовоспалительными и антиоксидантными свойствами. К основным изофлавоноидам сои относятся генестеин и диадзеин, в меньшем количестве глицитеин. Изофлавоноиды присутствуют в сое как в виде указанных агликонов, так и в виде их гликозидов (генистин, диадзин и глицитин), малонил- и ацетил производных [18–21]. Эти вещества участвуют во многих метаболических процессах в организме, формируют иммунитет и осуществляют регуляторные функции [2, 3, 22].

Также производители обращают внимание на соевое сырье при создании пищевых добавок из-за большого количества функциональных пищевых ингредиентов и низкой себестоимости. Кроме того, при комплексной переработке такое сырье используется максимально эффективно, практически не образуя отходов, загрязняющих окружающую среду [8].

Употребление пищевых продуктов, содержащих сою, рекомендовано для уменьшения риска возникновения сердечно-сосудистых и других заболеваний [23, 24]. Исследованиями доказана целесообразность внесения в рецептуру хлебобулочных и

мучных кондитерских изделий продуктов переработки сои [20–22]. Это связано с ее богатым химическим составом и практически полноценным белком. При таком обогащении часто используют различные виды соевой муки и продукты ее переработки. В добавках из соевого зерна содержится лизин, которым бедна пшеница, а также полиненасыщенные жирные кислоты, фосфолипиды, витамины, минеральные и другие вещества [9, 10, 24]. Е. S. Statsenko и др. разработали рецептуру хлеба с использованием муки из пророщенного соевого зерна в количестве 20 % от общей массы пшеничной муки, что позволило повысить пищевую и биологическую ценность изделия [8]. Смешивание пшеничной муки с обезжиренной соевой мукой изменяет органолептические свойства изделия и увеличивает содержание белка [25, 26].

Во Всероссийском НИИ сои (г. Благовещенск, Амурская область) разработаны технологии получения хлебобулочных и мучных кондитерских изделий с использованием вторичного соевого сырья в количестве 10–50 % (оболочка, зародыш, дробленые семядоли), а также других обогащающих добавок на основе сои (патент № 2532987). Доказано, что такие добавки повышают в готовых изделиях содержание белка, минеральных веществ, витаминов и пищевых волокон с одновременным снижением массовой доли простых углеводов [8, 27, 28].

Целью исследования являлась разработка рецептуры галет с соевым белковым продуктом и изучение их качественного и количественного состава.

Научная новизна исследования заключается в получении мучного кондитерского изделия в виде галет повышенной пищевой ценности за счет введения в их состав соевого белкового продукта, технология которого разработана и запатентована Всероссийским НИИ сои.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись соевый белковый продукт (ТУ 9146-014-00668442-04), образцы галет Арктика и галет с соевым белковым продуктом, пшеничная мука высшего сорта (ГОСТ 26574-2017).

Определение показателей качества галет с соевым белковым продуктом проводилось согласно следующей нормативной документации: кислотность – ГОСТ 5898-2022; содержание влаги (г/100 г) – ГОСТ 5900-2014; количество и качество сырой клейковины в пшеничной и комбинированной муке (%) – ГОСТ 27839-2013; намокаемость (%) – ГОСТ 10114-80; толщина галет (мм) – ГОСТ 14032-2017; витамин Е в галетах (мг/100 г) – фотоколориметрическим методом [29]; органолептические показатели галет (по пятибалльной шкале) и характеристика (форма, поверхность, вид в изломе, вкус и запах) – ГОСТ 14032-2017, ГОСТ 5897-90 и ГОСТ 14032-2017.

Степень удовлетворения суточной потребности в пищевых волокнах, витамине Е, калии, фосфоре, кальции и магнии при употреблении 100 г экспериментальных образцов галет была рассчитана в соответствии с МР 2.3.1.0253-21, в изофлавоноидах – в соответствии с МР 2.3.1.1915-04.

Содержание изофлавоноидов в водно-метанольных экстрактах из соевого белкового продукта и в экспериментальных образцах галет определяли методом ВЭЖХ на хроматографе Милихром А-02 с колонкой ProntoSil-120-5-C18 AQ, dp = 5 мкм [22]. Регистрация показателей проводилась при длине волны 256 нм с использованием элюента метанол: вода с градиентом метанола от 10 до 90 % при скорости потока 100 мкл/мин, максимальном давлении 1,8 МПа и температуре в колонке 40 °С. Для построения калибровочных графиков использовали стандарты изофлавоноидов аналитической чистоты. Идентифицированные формы изофлавоноидов: изофлавоны (диадзин, глицитин и генистин), малонил производные (малонил диадзин, малонил глицитин и малонил генистин) и агликоны (диадзеин, глицитеин и генистеин).

Зависимость показателей намокаемости и содержания сырой клейковины от массовой доли соевого белкового продукта в рецептуре описана при помощи уравнения линейной регрессии.

Статистическую обработку результатов осуществляли с помощью программы Microsoft Office Excel. Математическую обработку экспериментальных данных проводили в соответствии с теорией математической статистики по общепринятым методикам.

В рецептуре галет повышенной пищевой ценности был использован соевый белковый продукт, который получали в соответствии с патентом № 2218816 по следующей технологии: инспекция соевого зерна, мойка, замачивание в двукратном количестве воды при температуре 60 °С, измельчение набухшего зерна с водой в соотношении 1:8, нагревание и коагуляция 5 %-ной уксусной кислотой с осаждением белка, отделение от сыворотки путем фильтрования, отжим и сушка конвективным способом (рис. 1).

Соевый белковый продукт представляет собой сушеные частицы различного размера и формы светло-желтого цвета с оттенками, а также с приятным запахом, свойственным соевому сырью. Для использования в рецептуре галет соевый белковый продукт измельчали до частиц размером 0,01–0,05 мм (рис. 2).

Химический состав и пищевая ценность соевого белкового продукта с массовой долей влаги $6,3 \pm 0,02$ г/100 г представлены в таблице 1.

Анализ таблицы показывает, что соевый белковый продукт содержит высокое количество белка с незаменимыми аминокислотами, а также богат



Рисунок 1. Технологическая схема производства соевого белкового продукта

Figure 1. Soy protein production: technological scheme



Рисунок 2. Фотографии внешнего вида соевого белкового продукта: а – соевый белковый продукт; б – соевый белковый продукт в виде муки

Figure 2. Photos of soy protein product: a – soy protein product; b – soy protein product in the form of flour

Таблица 1. Химический состав, пищевая и энергетическая ценность соевого белкового продукта, $M \pm m$

Table 1. Chemical composition and nutritional and energy value of soy protein product, $M \pm m$

Содержание основных веществ, г/100 г					Энергетическая ценность, ккал	
Белки	Жиры	Простые углеводы	Пищевые волокна	Минеральные вещества		
40,390 ± 0,022	21,460 ± 0,017	20,920 ± 0,004	6,530 ± 0,084	4,400 ± 0,010	438,4	
Содержание некоторых минеральных веществ, витамина Е и изофлавоноидов, мг/100 г						
Калий	Фосфор	Кальций	Магний	Витамин Е	Изофлавоноиды	
1949,00 ± 15,38	912,00 ± 12,38	555,00 ± 3,00	522,00 ± 2,00	9,100 ± 0,030	68,9 ± 3,0	
Содержание незаменимых аминокислот, мг/100 г						
Лизин	Фенилаланин	Лейцин	Изолейцин	Валин	Треонин	Метионин + цистин
6,390 ± 0,001	3,590 ± 0,001	8,350 ± 0,014	1,330 ± 0,008	9,300 ± 0,069	4,000 ± 0,002	4,460 ± 0,007
Содержание жирных кислот, мг/100 г						
Пальмитиновая кислота	Стеариновая кислота	Линолевая кислота (ω-6)	Линоленовая кислота (ω-3)		Олеиновая кислота	
10,760 ± 0,004	3,950 ± 0,001	60,310 ± 0,065	7,800 ± 0,019		29,960 ± 0,066	

жиром с полиненасыщенными жирными кислотами, пищевыми волокнами, минеральными веществами и витамином Е.

Результаты и их обсуждение

При проведении исследований и получении галет контрольным образцом служили галеты Арктика. Тесто получали безопасным способом (рис. 3). Предварительно готовили комбинированную муку путем измельчения сушеного соевого белкового продук-

та и смешивания его с пшеничной мукой высшего сорта. Массовая доля соевого белкового продукта при смешивании составила от 2,5 до 15,0 % (кратность 2,5 %) от общей массы пшеничной муки.

В ходе настоящего исследования была проведена оценка сенсорных показателей экспериментальных образцов галет, которая характеризует их качество согласно требованиям ГОСТ 14032-2017 (табл. 2).

Анализ таблицы 2 позволяет сделать вывод о том, что органолептические показатели всех без

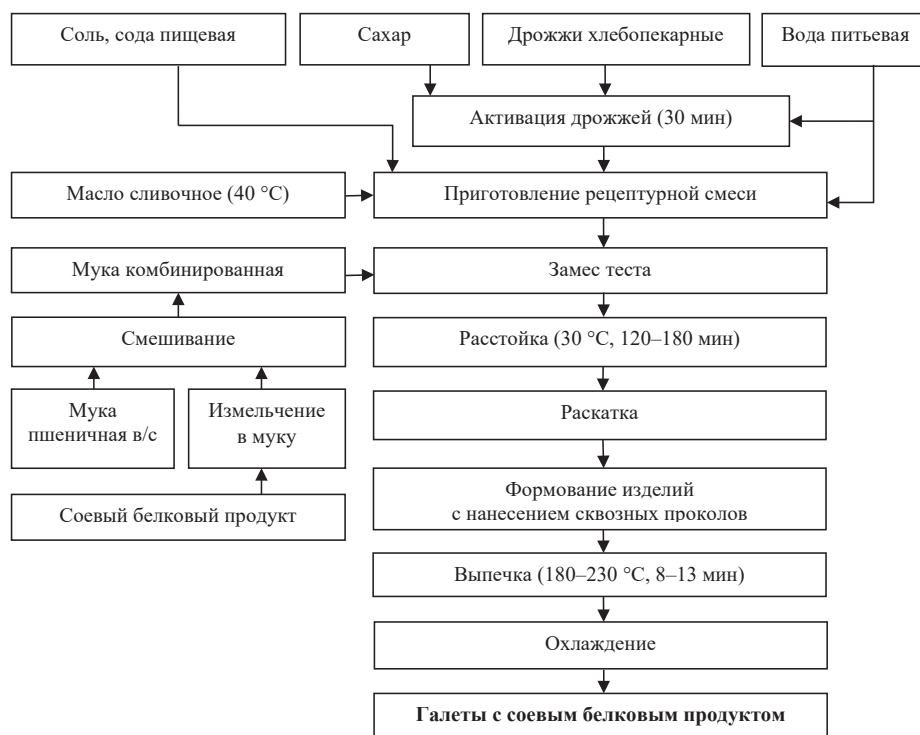


Рисунок 3. Технологическая схема производства галет с соевым белковым продуктом

Figure 3. Biscuits fortified with soy protein: technological scheme

Таблица 2. Оценка органолептических показателей экспериментальных образцов галет

Table 2. Sensory evaluation of experimental biscuits

Показатель	Характеристика						
	Контроль	Массовая доля соевого белка, %					
		2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0
Форма	Квадратная, углы и края без повреждений, наличие изделий с приподнятыми краями (не более 5 % к массе)						
Поверхность	Ровная, гладкая, со сквозными проколами и следами соевого белкового продукта, с наличием мелких вздутий						
Цвет	От соломенно-желтого до светло-коричневого с более темной окраской вздутий на верхней поверхности и краях галет, свойственный используемому сырью						
Вид в изломе	Слоистый, равномерно-пористый, без следов непромеса и закала, хорошо пропеченный. У образцов с 10, 12,5 и 15 % соевого белкового продукта недостаточно пористый и слоистый						
Вкус и запах	Приятные, хорошо выраженные, свойственные компонентам рецептуры, без постороннего привкуса и запаха. У образцов с 10, 12,5 и 15 % соевого белкового продукта наблюдалась потеря хрупкости разной степени						
Сумма баллов	29,4	29,2	29,0	28,1	27,0	26,1	25,3

исключения экспериментальных образцов галет соответствовали требованиям нормативной документации (сумма баллов 25,3–29,4). Однако у образцов с добавлением соевого белкового продукта в количестве 10, 12,5 и 15 % от общей массы пшеничной муки наблюдался недостаточно пористый и слоистый вид в изломе и потеря хрупкости, что подтверждается снижением показателя намокаемости (рис. 4).

Зависимость показателя намокаемости галет (H) от содержания в них соевого белкового продукта ($C_{\text{СБП}}$) можно представить в виде уравнения линейной регрессии при коэффициенте корреляции $R = 0,98$:

$$H = 195,425 - 3,184 \times C_{\text{СБП}} \quad (1)$$

Из данного уравнения следует, что между показателем намокаемости и содержанием соевого белкового продукта в галетах существует обратно пропорциональная связь: чем больше содержание соевого белкового продукта, тем меньше показатель намокаемости. Из графика на рисунке 2 видно, что максимальное допустимое содержание соевого белкового продукта в изделии может составлять не более 7,5 %, т. к. в галетах с 10, 12,5 и 15 % соевого белкового продукта этот показатель равен 159,5, 155,1 и 150,2 % соответственно (норма для галет не менее 170 %, ГОСТ 10114-80).

Комбинированная мука для производства галет исследована на количество и качество содержащейся в ней клейковины. Контроль – мука пшеничная высшего сорта торговой марки Макфа, содержание клейковины в которой составило 30,7 %. В комбинированной муке с содержанием 10, 12,5 и 15 % соевого белкового продукта содержание клейковины было 27,6, 26,9 и 26,1 % соответственно (норма не менее 28,0 %) (рис. 5).

Отмечалось ухудшение качества клейковины. Клейковина в пшеничной муке с 10, 12,5 и 15 % соевого белкового продукта была пониженной эластичности и растяжимости – от 10 до 8 см соответственно.

Зависимость содержания клейковины (K) в комбинированной муке от содержания в ней соевого белкового продукта ($C_{\text{СБП}}$) наиболее точно аппроксимируется при помощи уравнения линейной регрессии с коэффициентом корреляции $R = 0,99$:

$$K = 30,693 - 0,306 \times C_{\text{СБП}} \quad (2)$$

Из данного уравнения следует, что между содержанием клейковины и массовой долей соевого белкового продукта в комбинированной муке существует обратно пропорциональная связь: чем больше соевого белкового продукта в комбинированной муке, тем меньше содержание клейковины, т. к. в соевом белковом продукте и соевом зерне полностью отсутствует глютен (клейковина).

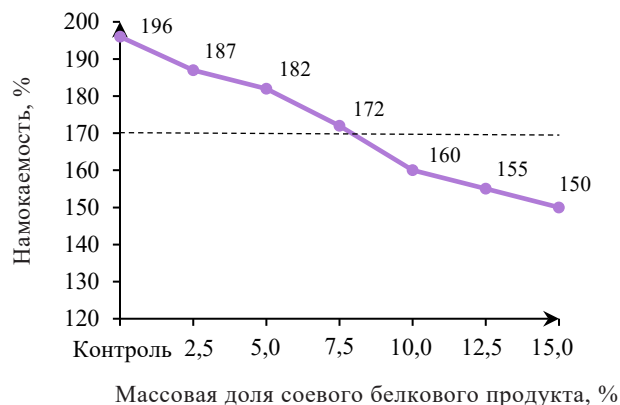


Рисунок 4. Зависимость показателя намокаемости галет от содержания соевого белкового продукта (----- – граница нормы)

Figure 4. Effect of soy content on absorption index: ----- – standard limit

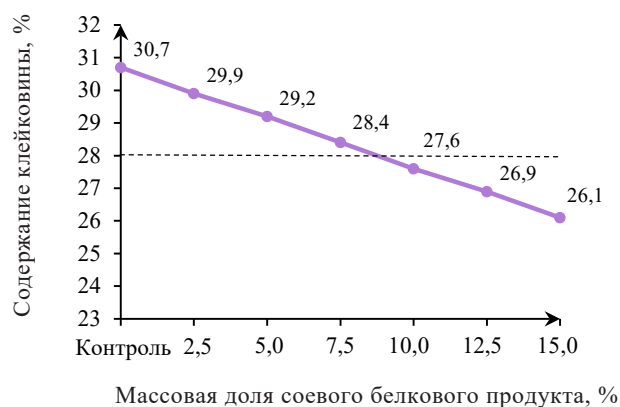


Рисунок 5. Зависимость содержания клейковины в муке от массовой доли в ней соевого белкового продукта (----- – граница нормы)

Figure 5. Effect of soy protein mass fraction on gluten content in flour: ----- – standard limit

Таким образом, замена части пшеничной муки соевым белковым продуктом в рецептуре галет Арктика влияет на нормируемые показатели, такие как намокаемость изделий, количество и качество сырой клейковины в муке. Это определило возможность использования соевого белкового продукта в количестве 7,5 % от общей массы пшеничной муки в рецептуре. На основании этого составлена новая рецептура, представленная в таблице 3.

В ходе исследований установлено улучшение химического состава галет с соевым белковым продуктом относительно контроля при влажности изделий $6,6 \pm 0,2$ г/100 г (табл. 4).

Из таблицы 4 следует, что введение в рецептуру галет соевого белкового продукта в количестве 7,5 % от общей массы пшеничной муки

Таблица 3. Рецепт галет с соевым белковым продуктом

Table 3. Optimal formulation for biscuits fortified with soy protein

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на 1 тонну готовых изделий, кг	
		в натуре	в сухих веществах
Мука пшеничная высшего сорта	86,00	869,88	748,10
Соевый белковый продукт (7,5 % от общей массы муки)	96,40	70,53	67,99
Масло сливочное	84,00	212,13	117,37
Сахар (для активации дрожжей)	99,85	4,67	4,66
Дрожжи хлебопекарные	25,00	17,95	4,49
Соль	96,50	1,92	1,87
Сода пищевая	50,00	1,86	0,93
Итого сырья	65,00	1374,74	945,41
Выход готовой продукции	93,40	1000,00	934,00
Влажность	6,6 ± 0,2	–	–

Таблица 4. Физико-химические показатели экспериментальных образцов галет

Table 4. Physical and chemical profile of experimental biscuits

Показатель	Галеты Арктика (контроль)	Галеты с соевым белковым продуктом (опыт)
Белок, г/100 г	10,2	12,4
Жир, г/100 г	9,9	11,3
Углеводы, г/100 г	70,7	66,1
Пищевые волокна, г/100 г	0,1	0,6
Минеральные вещества, г/100 г	2,7	3,0
Калий, мг/100 г	115	245
Фосфор, мг/100 г	82	141
Кальций, мг/100 г	23	62
Магний, мг/100 г	15	51
Витамин Е, мг/100 г	1,9	2,7
Энергетическая ценность, ккал	412,7	415,7
Толщина галет, мм	9,0 ± 0,4	6,6 ± 0,4
Намокаемость, %	196	172
Кислотность, град.	2,4	2,6

способствует повышению их пищевой ценности по белку на 21,6 %, жиру – на 14,1 %, минеральным веществам – на 11,1 %, а также снижению содержания общих углеводов на 6,5 %. Кроме этого, включение соевого белкового продукта в рецептуру галет влияет на их толщину и кислотность. Установлено, что толщина галет с 7,5 % соевого белкового продукта составляет 6,6 ± 0,4 мм и соответствует норме ГОСТ 14032-2017 (не более 11 мм), но на 2,4 мм меньше контроля при одинаковой толщине полуфабриката (4,0 ± 0,5 мм). Кислотность галет с соевым белковым продуктом находилась в пределах установленной нормы (не более 3,0 град.), хотя повысилась на 0,2 град. относительно контроля.

Таблица 5. Сравнительный анализ содержания изофлавоноидов в соевом зерне и соевом белковом продукте по результатам ВЭЖХ, мг/100 г

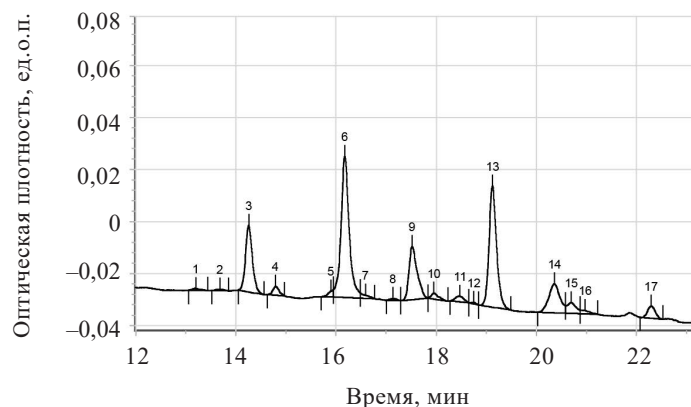
Table 5. Isoflavones in soy vs. soy protein product, HPLC, mg/100 g

Изофлавоноиды	Соевое зерно сорта Сентябринка	Соевый белковый продукт
Диадзин	18,1	11,4
Глицитин	4,6	1,0
Генистин	22,7	21,1
Малонил диадзин	68,4	10,9
Малонил глицитин	8,1	0,7
Малонил генистин	80,9	16,6
Диадзеин	4,8	4,3
Глицитеин	0,7	0,5
Генистеин	12,8	1,5
Итого	221,1	68,9

Соевый белковый продукт и экспериментальные образцы галет были исследованы на наличие изофлавоноидов (рис. 6–8).

В таблице 5 представлен сравнительный анализ изофлавоноидного состава соевого зерна сорта Сентябринка, исследованного ранее [30] и полученного из него соевого белкового продукта.

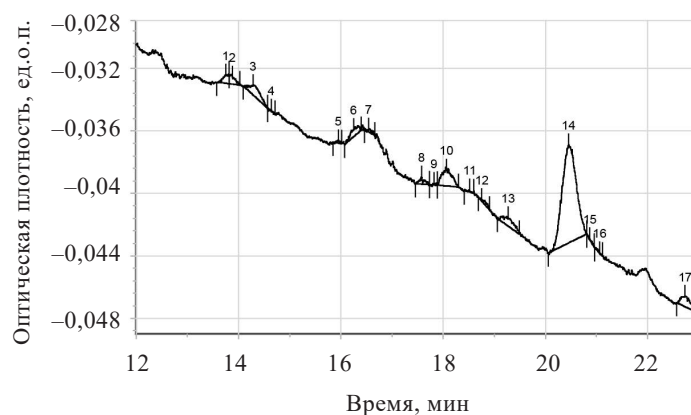
Из таблицы 5 видно, что общее содержание изофлавоноидов в соевом белковом продукте в 3,2 раза ниже, чем в соевом зерне. Это связано с особенностями технологии получения соевого белкового продукта, при которой соевое зерно проходило стадии термической обработки и физико-химической трансформации. В результате произошло снижение содержания отдельных форм изофлавоноидов по сравнению с исходным сырьем. Суммарное содержание всех идентифицированных изофлавоноидов осталось достаточно высоким.



3 – диадзин; 4 – глицитин; 6 – генистин; 9 – малонил диадзин; 10 – малонил глицитин; 13 – малонил генистин;
14 – диадзеин; 16 – глицитеин; 17 – генистеин

Рисунок 6. Хроматограмма изофлавоноидного состава соевого белкового продукта

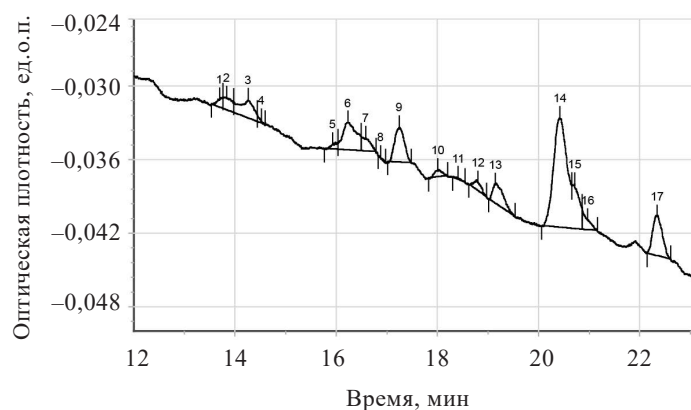
Figure 6. Isoflavonoid composition: chromatogram, soy protein product



3 – диадзин; 4 – глицитин; 6 – генистин; 9 – малонил диадзин; 10 – малонил глицитин; 13 – малонил генистин;
14 – диадзеин; 16 – глицитеин; 17 – генистеин

Рисунок 7. Хроматограмма изофлавоноидного состава образцов галет Арктика

Figure 7. Isoflavonoid composition: chromatogram, control



3 – диадзин; 4 – глицитин; 6 – генистин; 9 – малонил диадзин; 10 – малонил глицитин; 13 – малонил генистин;
14 – диадзеин; 16 – глицитеин; 17 – генистеин

Рисунок 8. Хроматограмма изофлавоноидного состава образцов галет с соевым белковым продуктом

Figure 8. Isoflavonoid composition: chromatogram, experimental formulation

Таблица 6. Сравнительный анализ содержания изофлавоноидов в экспериментальных образцах галет по результатам ВЭЖХ, мг/100 г

Table 6. Isoflavones in experimental biscuits vs. control, HPLC, mg/100 g

Показатель	Галеты Арктика (контроль)	Галеты с соевым белковым продуктом (опыт)
Диадзин	0,475	1,354
Глицитин	0	0,080
Генистин	0,198	1,477
Малонил диадзин	0,133	1,768
Малонил глицитин	0,498	0,202
Малонил генистин	0,286	0,861
Диадзеин	2,960	4,093
Глицитеин	0,008	0,424
Генистеин	0,208	1,376
Итого	4,83	11,63

В таблице 6 представлен сравнительный анализ изофлавоноидного состава экспериментальных образцов галет.

Суммарное содержание изофлавоноидов в опытных образцах галет с 7,5 % соевого белкового продукта составило 11,63 мг/100 г, что на 6,8 мг больше, чем в контрольных образцах. Это составляет 9,6 и 23,2 % от рекомендуемой нормы потребления соответственно (МР 2.3.1.1915-04). Аналогично результатам, полученным ранее [30], в настоящем исследовании установлена зависимость содержания в конечном продукте изофлавоноидов от массовой доли вводимой в рецептуру соевой обогащающей добавки: чем больше добавки в рецептуре изделия, тем выше общее содержание изофлавоноидов.

Установленная оптимальная массовая доля соевого белкового продукта (7,5 % от содержания муки) в рецептуре галет доказывает возможность использования разработанного изделия в качестве пищевого продукта функциональной направленности, т. к. степень удовлетворения в функциональных пищевых ингредиентах при употреблении 100 г такого изделия увеличивается до значимых величин (ГОСТ Р 52349-2005) по фосфору (с 11,7 до 20,1 %), витамину Е (с 12,6 до 18,0 %) и изофлавоноидам (с 9,6 до 23,2 %) по сравнению с контролем. Повысилась суточная степень удовлетворения потребности в калии (с 3,3 до 7,0 %), кальции (с 2,3 до 6,2 %) и магнии (с 3,7 до 12,2 %) (табл. 7).

По результатам проведенных исследований разработана техническая документация для промышленного производства галет с соевым белковым продуктом (СТО 00668442-003-2022. Изделия мучные кондитерские. Галеты с соевым белковым продуктом. Технические условия).

Таблица 7. Степень удовлетворения суточной потребности в исследованных веществах при употреблении 100 г экспериментальных образцов галет, %

Table 7. Daily intake percentage per 100 g experimental biscuits, %

Показатель	Галеты Арктика (контроль)	Галеты с соевым белковым продуктом (опыт)
Пищевые волокна	0,5	3,0
Витамин Е	12,7	18,0
Калий	3,3	7,0
Фосфор	11,7	20,1
Кальций	2,3	6,2
Магний	3,7	12,2
Изофлавоноиды	9,6	23,2

Выводы

Замена части пшеничной муки на соевый белковый продукт в рецептуре галет Арктика не только улучшает их пищевую ценность, но и влияет на нормируемые показатели, уменьшая намокаемость (с 196 до 172 %) и содержание сырой клейковины в комбинированной муке (с 30,7 до 28,4 %). Это определило возможность использования соевого белкового продукта в количестве 7,5 % от общей массы пшеничной муки в рецептуре, что способствует повышению их пищевой ценности по белку (на 21,6 %), жиру (на 14,1 %) и минеральным веществам (на 11,1 %) при снижении содержания общих углеводов на 6,5 % по сравнению с контролем. Внесение такого количества соевого белкового продукта в рецептуру доказывает возможность использования галет с соевым белковым продуктом в качестве пищевых продуктов функциональной направленности, т. к. степень удовлетворения в функциональных пищевых ингредиентах (ГОСТ Р 52349-2005) при употреблении 100 г продукта повышается до значимых величин по фосфору (с 11,7 до 20,1 %), витамину Е (с 12,6 до 18,0 %) и изофлавоноидам (с 9,6 до 23,2 %) в сравнении с контролем.

Критерии авторства

Е. С. Стаценко – анализ данных литературы по проблеме, разработка дизайна исследования, получение экспериментальных данных и их анализ, формулирование выводов, работа над манускриптом: написание глав «Введение», «Объекты и методы исследования», «Результаты и их обсуждение», «Выводы», «Список литературы». Е. А. Бородин и М. А. Штарберг – анализ данных литературы по проблеме, разработка методов химического анализа и проведение анализа, получение экспериментальных данных и их анализ, работа над манускриптом: написание глав «Введение», «Объекты и методы исследования», «Результаты и их обсуждение».

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

E.S. Statsenko performed the review, developed the research design, obtained the experimental data, analyzed the results, formulated the conclusions, and wrote the Introduction, Study Objects and Methods,

Results and Discussion, Conclusions, and References. E.A. Borodin and M.A. Shtarberg performed the review, designed the chemical analysis, obtained experimental data, analyzed the results, and wrote the Introduction, Study Objects and Methods, and Results and Discussion.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interests regarding the publication of this article.

References/Список литературы

1. Strategy for improving the quality of food products of the Russian Federation through 2030 [Internet]. [cited 2023 Jan 09]. Available from: <https://static.government.ru/media/files/9JUDtBOPqmoAatAhvT2wJ8UPT5Wq8qIo.pdf>
2. Tutel'yan VA, Nikityuk DB. Nutritiology and clinical nutritiology. Moscow: GEOTAR-Media; 2021. 1008 p. (In Russ.). [Тутельян В. А., Никитюк Д. Б. Нутрициология и клиническая диетология: национальное руководство. М.: ГЭОТАР Медиа, 2021. 1008 с.]. <https://www.elibrary.ru/RLLIOP>
3. Popova AYU, Tutelyan VA, Nikityuk DB. On the new (2021) norms of physiological requirements in energy and nutrients of various groups of the population of the Russian Federation. Problems of Nutrition. 2021;90(4):6–19. (In Russ.). <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-4-6-19>
4. Shishkina AN, Sadygova MK, Belova MV, Astashov AN, Ivanova ZI. Use of secondary raw material of animal products in the technology of production of bakery products based on wheat amaranth mixture. Scientific Study and Research Chemistry and Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry. 2019;20(2):303–311. <https://www.elibrary.ru/BXSXLU>
5. Veselova AYU, Morozova AP. New technology for functional bakery products. Food Industry. 2021;46(2):20–23. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/cl-34900-2021-2-20-23>
6. Yegorova SV, Slavyanskiy AA, Postnikova TA, Ustinova LV, Rostegaev RS. Production of high-protein biscuits for people with increased physical activity. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2020;82(4):95–101. (In Russ.). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-4-95-101>
7. Nekrasova KL, Popov VG. Scientific approach to the production of functional food ingredients based on unconventional plant materials. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2020;82(2):77–82. (In Russ.). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-2-77-82>
8. Statsenko ES, Nizkiy SE, Litvinenko OV, Kodirova GA. Development of technology for food concentrates of culinary sauces of increased nutritional and biological value. AIMS Agriculture and Food. 2020;5(1):137–149. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2020.1.137>
9. Petković M, Filipović V, Filipović J, Đurović I, Miletić N, Radovanović J. Chemical, antioxidative, and sensory characteristics of wheat bread partially substituted with black chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) powder. Journal of Food Processing and Preservation. 2021;45(1). <https://doi.org/10.1111/jfpp.15027>
10. Alekhina NN, Ponomareva EI, Lukina SI, Smirnykh AA. Grain bread with buckwheat bran flour for a healthy diet. Journal of Engineering and Applied Sciences. 2016;11(12):2623–2627. <https://www.elibrary.ru/XNIEMZ>
11. Tertychnaya TN, Manzhesov VI, Andrianov EA, Yakovleva SF. New aspects of application of microalgae Dunaliella Salina in the formula of the enriched bread. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020;422. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/422/1/012021>
12. Zaytseva LV, Ruban NV, Tsyganova TB, Mazukabzova EV. Fortified confectionery creams on vegetable oils with a modified carbohydrate profile. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(3):500–510. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-3-2377>
13. Shaburova GV, Lukyanova EA. Fruits and berries in technology of bakery and flour confectionery products. Innovative Machinery and Technology. 2018;17(4):35–38. (In Russ.). [Шабурова Г. В., Лукьянова Е. А. Плоды и ягоды в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий // Инновационная техника и технология. 2018. Т. 17. № 4. С. 35–38.]. <https://www.elibrary.ru/YVOCLJ>
14. Bochkareva ZA, Volshenkova ES. Advanced production technology of flour-based foods with chlorella concentrate. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(2):212–221. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-212-221>
15. Klochkova IS, Davidovich VV. Technology of bakery products with use of raw material containing protein. Scientific Journal of the Far East State Technical Fisheries University. 2018;46(3):62–67. (In Russ.). [Клочкова И. С., Давидович В. В. Технология хлебобулочных изделий с использованием белоксодержащего растительного сырья // Научные труды Дальрыбвтуза. 2018. Т. 46. № 3. С. 62–67.]. <https://www.elibrary.ru/YRNPXV>

16. Collar C. Impact of visco-metric profile of composite dough matrices on starch digestibility and firming and retrogradation kinetics of breads thereof: Additive and interactive effects of non-wheat flours. *Journal of Cereal Science*. 2016;69:32–39. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.02.006>
17. Sun Y, Miao R, Guan L. Effect of germinated brown rice flour on volatile compounds and sensory evaluation of germinated brown rice steamed bread. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2021;45(1). <https://doi.org/10.1111/jfpp.14994>
18. Hu C, Wong W-T, Wu R, Lai W-F. Biochemistry and use of soybean isoflavones in functional food development. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2020;60(12):2098–2112. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1630598>
19. Xiao Y, Zhang S, Tong H, Shi S. Comprehensive evaluation of the role of soy and isoflavone supplementation in humans and animals over the past two decades. *Phytotherapy Research*. 2017;32(3):384–394. <https://doi.org/10.1002/ptr.5966>
20. Petibskaya VS. Soybean: Chemical composition and usage. Krasnodar: All-Russia Research Institute of Oil Crops by V.S. Pustovoi; 2012. 432 p. (In Russ.). [Петибская В. С. Соя: химический состав и использование. Краснодар: Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В. С. Пустовойта, 2012. 432 с.]. <https://www.elibrary.ru/SIXAUP>
21. Serba EM, Tadzhibova PYu, Rimareva LV, Overchenko MB, Ignatova NI, Volkova GS. Bioconversion of soy under the influence of *Aspergillus oryzae* strains producing hydrolytic enzymes. *Foods and Raw Materials*. 2021;9(1):52–58. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2021-1-52-58>
22. Messina M, Duncan A, Messina V, Lynch H, Kiel J, Erdman Jr. JW. The health effects of soy: A reference guide for health professionals. *Nutrition*. 2022;9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.970364>
23. Messina M, Shearer G, Petersen K. Soybean oil lowers circulating cholesterol levels and coronary heart disease risk, and has no effect on markers of inflammation and oxidation. *Nutrition*. 2021;89. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2021.111343>
24. Urade R. Fortification of bread with soy protein to normalize serum cholesterol and triacylglycerol levels. In: Preedy VR, Watson RR, editors. *Flour and breads and their fortification in health and disease prevention*. 2nd edition. Academic Press; 2019. pp. 365–373. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814639-2.00028-9>
25. Zorin SN. Enzymatic hydrolysates of food proteins for specialized foods for therapeutic and prophylactic nutrition. *Problems of Nutrition*. 2019;88(3):23–31. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10026>
26. Mahmoodi MR, Mashayekh M, Entezari MH. Fortification of wheat bread with 3–7% defatted soy flour improves formulation, organoleptic characteristics, and rat growth rate. *International Journal of Preventive Medicine*. 2014;5:37–45.
27. Kodirova GA, Kubankova GV. Secondary soy raw material as a component in the production of flour confectionery. *Bulletin of KSAU*. 2018;141(6):182–186. (In Russ.). [Коди́рова Г. А., Кубанкова Г. В. Вторичное соевое сырье как компонент в производстве мучных кондитерских изделий // Вестник КрасГАУ. 2018. Т. 141. № 6. С. 186–190.]. <https://www.elibrary.ru/YRIYOT>
28. Kubankova GV. Improvement of technology and commodity characteristics of bread enriched with flour from secondary soy raw materials. *The Bulletin of the Far Eastern Federal University. Economics and Management*. 2022;102(2):148–158. (In Russ.). [Кубанкова Г. В. Совершенствование технологии и товароведная характеристика хлеба, обогащённого мукой из вторичного соевого сырья // Известия ДВФУ. Экономика и управление. 2022. Т. 102. № 2. С. 148–158.]. <https://www.elibrary.ru/ZTFLJE>
29. Chemist's handbook 21 [Internet]. [cited 2023 Jan 09]. Available from: <https://chem21.info/page/089035213088113183078107012092198157182209128198>
30. Statsenko ES, Shtarberg MA, Borodin EA. Isoflavonoids in soy and soy-containing foods. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2022;52(2):222–232. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-2-2359>