



*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest*

## Обоснование получения белкового концентрата семян технической конопли *Cannabis sativa* L. современной селекции на основе математического моделирования и его применения в производстве пищевых продуктов

Анна В. Петренко<sup>1\*</sup>, Елизар С. Тарасов<sup>1</sup>, Ольга Н. Каминир<sup>1</sup>,  
Елена Н. Губа<sup>2</sup>, Елизавета А. Калинюк<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»;  
ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова»;  
ул. Садовая, д. 17, г. Краснодар, 350002, Российская Федерация

**Аннотация.** В последние десятилетия возрос интерес к концентратам семян конопли, которые характеризуются ценным аминокислотным составом и высокой питательной ценностью. Семена конопли являются источниками растительного белка и необходимых компонентов для поддержания здоровья благодаря богатому содержанию белковых соединений, витаминов, ненасыщенных жирных кислот, поэтому актуальным становится развитие производства белковых концентратов из масличных семян. Учитывая это, актуальным является проведение исследований, направленных на разработку и совершенствование технологии получения белковых продуктов из семян технической конопли *Cannabis Sativa* L. современной селекции, а также расширения возможности их применения в составе различного ассортимента пищевых продуктов. В качестве объектов исследования использовали семена технической конопли *Cannabis Sativa* L. современной селекции. В исследованиях использовали как общепринятые, так и специальные химические, физико-химические и физические методы исследования качества сырья и готовой продукции. Проведены исследования по совершенствованию технологии получения белкового концентрата из семян технической конопли *Cannabis Sativa* L. на основе математического моделирования процесса, которые показали наибольшую эффективность извлечения белкового концентрата 20%-м раствором спирта в качестве экстрагента. Анализ состава полученного белкового концентрата показал преимущественное содержание глобулинов. При этом состав глобулиновых фракций, в сравнении с альбуминовой, свидетельствует о большом потенциале использовании глобулина в рецептурах пищевых продуктов функционального направления, а также в качестве компонента направленного технологического действия. В целом, проведенные исследования показали целесообразность применения белковых концентратов из семян технической конопли *Cannabis Sativa* L. современной селекции в составе продуктов питания в качестве функционального и технологического ингредиента.

**Ключевые слова:** семена конопли, технология, моделирование, белковый концентрат, состав, функциональные ингредиенты

**Для цитирования:** Петренко А.В., Тарасов Е.С., Каминир О.Н. и др. Обоснование получения белкового концентрата семян технической конопли *Cannabis sativa* L. современной селекции на основе математического моделирования и его применения в производстве пищевых продуктов. *Новые технологии / New technologies*. 2023; 19(4): 144-149. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-4-144-149>

## Rationale for obtaining protein concentrate of industrial hemp seeds of *Cannabis sativa* L. of modern selection based on mathematical modeling and its application in food production

Anna V. Petrenko<sup>1\*</sup>, Elizar S. Tarasov<sup>1</sup>, Olga N. Kamirir<sup>1</sup>, Elena N. Guba<sup>2</sup>, Elizaveta A. Kalinyuk<sup>1</sup>

<sup>1</sup>FSBEI HE «Kuban State Technological University»;  
2 Moskovskaya str., Krasnodar, 350072, the Russian Federation

<sup>2</sup>FSBEI HE «Plekhanov Russian University of Economics»;  
17 Sadovaya str., Krasnodar, 350002, the Russian Federation

**Abstract.** In recent decades interest in hemp seed concentrates, which are characterized by a valuable amino acid composition and high nutritional value, has increased. Hemp seeds are sources of vegetable protein and essential components for maintaining health due to the rich content of protein compounds, vitamins, and unsaturated fatty acids. So, production of protein concentrates from oilseeds is becoming relevant. Taking this into account, it is relevant to conduct research aimed at developing and improving the technology for obtaining protein products from the seeds of industrial hemp *Cannabis Sativa* L of modern selection, as well as expanding the possibility of their use as a part of a different range of food products. The seeds of industrial hemp *Cannabis Sativa* L of modern selection were used as objects of the research. The studies used both generally accepted and special chemical, physicochemical and physical methods for studying the quality of raw materials and finished products. The research was carried out to improve the technology for obtaining protein concentrate from the seeds of industrial hemp *Cannabis Sativa* L. based on mathematical modeling of the process, which showed the greatest efficiency in extracting protein concentrate using a 20% alcohol solution as an extractant. Analysis of the composition of the resulting protein concentrate showed a predominant content of globulins. At the same time, the composition of globulin fractions, in comparison with albumin, indicates a great potential for the use of globulin in the formulations of functional food products, as well as a component of targeted technological action. In general, the studies have shown the feasibility of using protein concentrates from industrial hemp seeds of *Cannabis Sativa* L of modern selection in food products as a functional and technological ingredient.

**Keywords:** hemp seeds, technology, modeling, protein concentrate, composition, functional ingredients

**For citation:** Petrenko A.V., Tarasov E.S., Kamirir O.N. et al. Rationale for obtaining protein concentrate of industrial hemp seeds of *Cannabis sativa* L. of modern selection based on mathematical modeling and its application in food production. *Novye tehnologii / New technologies*. 2023; 19(4): 144-149. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-4-144-149>

**Введение.** Актуальными направлениями пищевой промышленности является разработка технологий комплексной переработки растительного сырья, в том числе семян, являющиеся источниками масла и белка [1, 2, 4]. Традиционными культурами для получения масла и белковых растительных концентратов являются семена сои, кукурузы, гороха.

В настоящее время наблюдается расширение ассортимента растительных семян для получения белковых концентратов и отмечается необходимость разработки технологий по получению белковых концентратов из семян конопли [5, 6, 7, 8].

Белковые продукты из семян конопли имеют высокий коэффициент усвояемости, благодаря чему лучше усваивается организмом человека. Основанием для разработки технологии получения конопляного белкового концентрата является также сбалансированный аминокислотный состав семян технической конопли (1:3) [9, 10, 11].

Однако имеющиеся индивидуальные характеристики семян конопли оказывают влияние на технологические режимы их переработки, технологии получения белковых продуктов и итоговый состав готовых продуктов [12, 13, 14, 15, 16, 17].

Технологии получения белковых концентратов основаны на использовании приемов

турбосепарации и экстрагирования в жидкой среде, позволяющие выделить высокобелковые фракции при возможности регулирования состава готового продукта. Однако относительно низкий выход белковых фракций и концентрация антипитательных веществ в их составе является недостатком данной технологии [18, 19, 20, 21]

Также получение белковых концентратов осуществляется методом экстрагирования из жмыхов, получаемых в процессе извлечения растительных масел, путем экстрагирования водой, либо кислотным раствором. При этом особое внимание следует уделить выбору эффективного экстрагента, который обусловлен его составом, значением pH, продолжительностью экстракции и температурными воздействиями [22, 23, 24].

Учитывая это, цель исследований была направлена на разработку и совершенствование технологии извлечения белковых компонентов из семян технической конопли *Sannabis Sativa* L современной селекции на основе математического моделирования процесса, а также оценку перспектив расширения возможности их использования в составе различного ассортимента пищевых продуктов.

**Объекты и методы исследования.** Объектами исследования явились семена технической

конопли *Sannabis Sativa* L. современной селекции. Методы отбора и подготовки проб к анализу осуществляются в соответствии с ГОСТ 10852. Общее содержание белка в сырье и готовых продуктах определяли методом Кьельдаля – по ГОСТ 26889.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Для обоснования получения белкового концентрата из семян технической конопли *Sannabis Sativa* L и совершенствования технологии его получения методом экстрагирования применяли математическое моделирование в рамках методов планирования эксперимента [25, 26].

С учетом особенностей решаемой задачи используются различные методы планирования и соответствующий математический аппарат. В рассматриваемой задаче был применен метод полного факторного эксперимента, позволяющий реализовать все требуемые задачи. Целью эксперимента явилось определение факторов, влияющих на выход готового продукта, и их параметров.

При построении плана проведения эксперимента изучали влияние технологических параметров на степень извлечения ( $y, \%$ ) белкового продукта из семян технической конопли.

В качестве  $Z$ -фактора выбраны технологические параметры экстрагирующего агента – объем и рН растворителя.

Факторами, влияющими на выход белкового концентрата из семян конопли, выбраны  $Z_1$  – гидромодуль «раствор: шрот»

Экстрагирующим агентом при разработке технологии получения белкового концентрата выбран спиртовой раствор при соотношении «раствор: шрот» (гидромодуль) от 8:1 до 10:1.

Также фактором, влияющим на степень извлечения белкового концентрата, была выбрана концентрация рН раствора спирта  $Z_2$ .

При этом границы исследуемой области по выбранным технологическим параметрам растворителя выступали в качестве уровня фактора. Точку центра плана (уровня) находили, используя следующую зависимость

$$Z_j^0 = \frac{z_j^{max} + z_j^{min}}{2} \quad (1)$$

$Z_j^{max}$  – максимальное значение  $j$  – фактора;  
 $Z_j^{min}$  – минимальное значение  $j$  – фактора;  
 $j = 1, 2, \dots, k$  – номер фактора.

$$\Delta Z_j = \frac{z_j^{max} - z_j^{min}}{2} \quad (2)$$

Линейное преобразование применяли для перехода от системы координат  $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_k$  к безразмерной  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$ . В системе координат верхний и нижний уровни равны +1, -1. Координаты центра плана совпадают с началом координат и равны нулю

$$x_j = \frac{z_j - z_j^0}{\Delta z_j} \quad (3)$$

Количество экспериментов для полного факторного эксперимента определяли по уравнению

$$N = n^k \quad (4)$$

$k$  – число факторов;

$n$  – количество уровней.

$$N = 2^2 = 4$$

Таким образом, уравнение регрессии для  $k$  – факторов имеет вид

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k + b_{12}x_1x_2 + \dots + b_{k-1k}x_{k-1}x_k \quad (5)$$

Используя математический аппарат полного факторного эксперимента и набор экспериментальных данных, была составлена таблица плана эксперимента и получено полное уравнение регрессии.

Анализ зависимости выхода белковых концентратов от количества содержания гидромодуля рН раствора подтвердил целесообразность экстракции белка спиртовым раствором для увеличения выхода белкового продукта при реализации технологии его получения из семян технической конопли. Оптимальными параметрами реализации технологии являются следующие: рН раствора от 8 до 9, количественное содержания гидромодуля (соотношение «шрот: раствор») от 8 до 10.

На основе параметров, полученных в результате математического моделирования, разработаны режимы водно-спиртовой последовательной экстракции. Контрольным показателем была выбрана водная экстракция.

Полученные белковые концентраты разделены на белковые фракции и оценивались по методу Ермакова. Исследование фракций, выделенных из полученных белковых концентратов из семян конопли методом экстракции, показало, что запасной белок семян конопли на 25-37% состоит из растворимого альбумина и на 67-75% – из солерастворимого глобулина (эдестена).

Доля белковых фракций семян конопли современной селекции может варьироваться в зависимости от условий выращивания, обработки и сортовых особенностей культуры. Однако преобладающей белковой фракцией семян конопли являются глобулины, при этом глобулины семян конопли современной селекции имеют в своем составе легуминоподобный глобулин в количестве от 60% до 80% и вицилиноподобный белок (5%) от общего количества белка, что подтверждает целесообразность применения белковых продуктов данного вида в производстве продуктов направленного состава и свойств.

Проведенные исследования показали целесообразность применения белковых концентратов из семян технической конопли *Sannabis Sativa* L. современной селекции в составе продуктов питания в качестве функционального и технологического ингредиента.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кубасова А.Н., Лобова Ю.В., Польшакова А.С. Комплексная переработка масличных культур как элемент технологий рециклинга в АПК. Международный студенческий научный вестник. 2016; 3/2.
2. Воробьева В.И., Чигиринец Е.Э., Воробьева М.И. Комплексная ресурсосберегающая переработка отходов растительного сырья. Энергетика. Инновационные Направления в энергетике. Cals-технологии в энергетике. 2014; 1.
3. Доморошенкова М.Л. Современные тенденции развития технологий и рынка белков из масличных семян. Вестник Всероссийского Научно-Исследовательского Института Жиров. 2013; 2.
4. Дроздов А.Н., Илларионова В.В., Гвозденко М.Ю. и др. Оценка эффективности товарной стратегии пищевого предприятия. Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2018; 4(364): 105-108.
5. Ипатов Л.Г., Кочеткова А.А., Нечасев А.П. Новые направления в создании функциональных жировых продуктов. Пищевая промышленность. 2007; 1.
6. Уложникова М.Ю., Усень Ю.С. Исследование качественных показателей пищевых концентратов функционального назначения: 4. Пищевая промышленность: наука и технологии. 2018; 11(4): 53-62.
7. Миневич И.Э., Осипова Л.Л., Ущуповский И.В. и др. Технология получения белковых концентратов из льняного жмыха для использования в промышленном производстве. Хлебопродукты. 2019; 8: 34-37.
8. Bouloc P., Allegret S., Arnaud L. Hemp: industrial production and uses. 2013.
9. Пашин Е.Л. et al. Исследование морфологических и технологических свойств стеблей новых сортов конопли. Известия Высших учебных заведений. технология текстильной промышленности. 2010; 4(325).
10. Fike J. Industrial Hemp: Renewed Opportunities for an Ancient Crop. Critical Reviews in Plant Sciences. 2017; 35: 1-19.
11. Шеленга Т.В. et al. Биохимическая характеристика семян конопли (*Cannabis sativa* L.) из различных регионов России: 2. Аграрная Россия. 2011; 2: 6-9.
12. Посокина Н.Е., Бессараб О.В., Карастоянова О.В. Применение сенсорных методов для оценки качества и технологических свойств растительного сырья (обзор). Пищевая промышленность. 2022; 12.
13. Салимгараева Р.В. et al. Биотехнологические методы переработки растительной биомассы. Деревообрабатывающая промышленность. 2021; 1.
14. Куликов Д.С., Арюзина М.А. Биокаталитический и биосинтетический способы получения белковых концентратов из гороха и нута. Пищевые системы. 2021; 4(3S): 160-167.
15. Гусева М.В., Губа Е.Н., Илларионова В.В. Оценка потребительских свойств и показателей безопасности генетически модифицированных продуктов растительного происхождения. Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2016; 2/3(350/351): 111-113.
16. Емелин В.П., Бокарев А.В., Трифанов И.Ю. Состав и свойства молочно-белковых концентратов, полученных разными способами. Техника и технология пищевых производств. 2009; 4(15).
17. Buffo R.A., Han J.H. 17 – Edible films and coatings from plant origin proteins. Innovations in Food Packaging / ed. Han J.H. London: Academic Press, 2005: 277-300.
18. Чернобабова Е.Г. et al. Перспективы использования продуктов переработки семян конопли в технологиях продуктов питания повышенной пищевой и биологической ценности. 2021: 60-65.
19. Щеколдина Т.В. Технологии получения белоксодержащего сырья из продуктов переработки семян подсолнечника. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015; 109: 360-378.
20. Ульянова О.В., Илларионова В.В., Серов О.В. Поиск новых структурообразователей для мороженого и замороженных десертов. Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2017; 4(358): 6-10.
21. Компанцев Д.В., Попов А.В., Привалов И.М. и др. Белковые изоляты из растительного сырья: обзор современного состояния и анализ перспектив развития технологии получения белковых изолятов из растительного сырья. Современные проблемы науки и образования. 2016; 1: 58.
22. Моргунова Е.М., Шелегова Н.А., Микулинич М.Л. Экстракция натурального растительного сырья повышенной биологической ценности. Хранение и переработка сельхозсырья. 2010; 11.
23. Ульянова О.В., Илларионова В.В., Гусева М.В. Анализ состава и свойств стабилизационных систем для мороженого, замороженных десертов и пищевых льдов, представленных на российском рынке. Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2017; 2/3(356/357): 13-19.
24. Baran N., Wozny G., Arellano-Garcia H. Model-based design of experiments for model identification using closed-loop set-point response. Computer Aided Chemical Engineering. Elsevier. 2012; 30: 1337-1341.

25. Касьянов Г.И., Каминир О.Н. Применение математического моделирования при разработке рецептур полуфабрикатов с использованием рыбного и растительного сырья. Международный Научно-Исследовательский журнал. 2015; 6/1(37).

26. Овсянников Д.Л., Бобров А.С., Фролов В.М. Математическое моделирование экстремального эксперимента при разработке оптимальных режимов сушки. Advanced Science. 2017; 3(7).

#### REFERENCES:

1. Kubasova A.N., Lobo Yu.V., Polshakova A.S. Integrated processing of oilseeds as an element of recycling technologies in the agricultural sector. International student scientific bulletin. 2016; 3/2.

2. Vorobyova V.I., Chigirinets E.E., Vorobyova M.I. Integrated resource-saving processing of plant waste. Energy. Innovative Directions in Energy. Cals -technologies in the energy sector. 2014; 1.

3. Domoroshchenkova M.L. Current trends in the development of technologies and the market for proteins from oilseeds. Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Fats. 2013; 2.

4. Drozdov A.N., Illarionova V.V., Gvozdenko M.Yu. et al. Assessing the effectiveness of the product strategy of a food enterprise. News of higher educational institutions. Food technology. 2018; 4(364): 105-108.

5. Ipatova L.G., Kochetkova A.A., Nechaev A.P. New directions in the creation of functional fat products. Food industry. 2007; 1.

6. Ulozhinova M.Yu., Usenya Yu.S. Study of quality indicators of functional food concentrates: 4. Food industry: science and technology. 2018; 11(4): 53-62.

7. Minevich I.E., Osipova L.L., Ushchapovsky I.V. et al. Technology for obtaining protein concentrates from flaxseed cake for use in industrial production. Bakery products. 2019; 8: 34-37.

8. Bouloc P., Allegret S., Arnaud L. Hemp: industrial production and uses. 2013.

9. Pashin E.L. et al. Study of the morphological and technological properties of the stems of new hemp varieties. News of Higher Educational Institutions. textile industry technology. 2010; 4(325).

10. Fike J. Industrial Hemp: Renewed Opportunities for an Ancient Crop. Critical Reviews in Plant Sciences. 2017; 35:1-19.

11. Shelenga T.V. et al. Biochemical characteristics of hemp seeds (*Cannabis sativa* L.) from various regions of Russia: 2. Agrarian Russia. 2011; 2:6-9.

12. Posokina N.E., Bessarab O.V., Karastoyanova O.V. Application of sensory methods to assess the quality and technological properties of plant raw materials (review). Food industry. 2022; 12.

13. Salimgaraeva R.V. et al. Biotechnological methods for processing plant biomass. Woodworking industry. 2021; 1.

14. Kulikov D.S., Aryuzina M.A. Biocatalytic and biosynthetic methods for producing protein concentrates from peas and chickpeas. Food systems. 2021; 4(3S): 160-167.

15. Guseva M.V., Guba E.N., Illarionova V.V. Assessment of consumer properties and safety indicators of genetically modified plant products. News of higher educational institutions. Food technology. 2016; 2/3(350/351): 111-113.

16. Emelin V.P., Bokarev A.V., Trifanov I.Yu. Composition and properties of milk protein concentrates obtained by different methods. Equipment and technology of food production. 2009; 4(15).

17. Buffo R.A., Han J.H. 17 – Edible films and coatings from plant origin proteins. Innovations in Food Packaging / ed. Han J.H. London: Academic Press, 2005: 277-300.

18. Chernobabova E.G. et al. Prospects for the use of hemp seed processing products in food technologies of increased nutritional and biological value. 2021: 60-65.

19. Shchekoldina T.V. Technologies for obtaining protein-containing raw materials from sunflower seed processing products. Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2015; 109: 360-378.

20. Ulyanova O.V., Illarionova V.V., Serov O.V. Search for new structure formers for ice cream and frozen desserts. News of higher educational institutions. Food technology. 2017; 4(358): 6-10.

21. Kompantsev D.V., Popov A.V., Privalov I.M. et al. Protein isolates from plant raw materials: review of the current state and analysis of the prospects for the development of technology for obtaining protein isolates from plant raw materials. Modern problems of science and education. 2016; 1:58.

22. Morgunova E.M., Shelegova N.A., Mikulinich M.L. Extraction of natural plant raw materials of increased biological value. Storage and processing of agricultural raw materials. 2010; eleven.

23. Ulyanova O.V., Illarionova V.V., Guseva M.V. Analysis of the composition and properties of stabilization systems for ice cream, frozen desserts and edible ice presented on the Russian market. News of higher educational institutions. Food technology. 2017; 2/3(356/357): 13-19.

24. Baran N., Wozny G., Arellano-Garcia H. Model-based design of experiments for model identification using closed-loop set-point response. *Computer Aided Chemical Engineering*. Elsevier. 2012; 30: 1337-1341.

25. Kasyanov G.I., Kaminir O.N. Application of mathematical modeling in the development of recipes for semi-finished products using fish and vegetable raw materials. *International Scientific Research Journal*. 2015; 6/1(37).

26. Ovsyannikov D.L., Bobrov A.S., Frolov V.M. Mathematical modeling of an extreme experiment in the development of optimal drying modes. *Advanced Science*. 2017; 3(7).

### Информация об авторах / Information about the authors

**Анна Викторовна Петренко**, аспирант кафедры технологии жиров, косметики, товароведения, процессов и аппаратов, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

petrenkoanja92@yandex.ru

тел.: +7 (918) 275 87 38

**Елизар Саввич Тарасов**, кандидат технических наук, доцент кафедры кибербезопасности и защиты информации, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

helisar@mail.ru

тел.: +7 (961) 502 97 36

**Ольга Николаевна Каминир**, кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

kaminir17@gmail.com

тел.: +7 (903) 410 03 06

**Елена Николаевна Губа**, кандидат технических наук, доцент, зав. Кафедрой товарной экспертизы, технологии торговли и ресторанного бизнеса, ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова»

lenaguba@mail.ru

тел.: +7 (918) 440 23 53

**Елизавета Анатольевна Калинюк**, магистр, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

lizi\_step@mail.ru

тел.: +7 (908) 674 56 40

**Anna V. Petrenko**, Post graduate student, the Department of Technology of fats, Cosmetics, Commodity science, Processes and Devices, FSBEI HE «Kuban State Technological University»

petrenkoanja92@yandex.ru

tel.: +7 (918) 275 87 38

**Elizar S. Tarasov**, Ph. D (Engineering), Associate Professor, the Department of Cyber Security and Information Protection, FSBEI HE «Kuban State Technological University»

helisar@mail.ru

tel.: +7 (961) 502 97 36

**Olga N. Kaminir**, Ph. D (Engineering), Associate Professor, the Department of Higher Mathematics, FSBEI HE «Kuban State Technological University»

Kaminir17@gmail.com

tel.: +7 (903) 410 03 06

**Elena N. Guba**, Ph. D (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Commodity Expertise, Trade and Restaurant Business Technology, FSBEI HE «Russian Economic University named after G.V. Plekhanov»

lenaguba@mail.ru

tel.: +7 (918) 440 23 53

**Elizaveta A. Kalinyuk**, Master student, FSBEI HE «Kuban State Technological University»

lizi\_step@mail.ru

tel.: +7 (908) 674 56 40

### Заявленный вклад соавторов

Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

### Claimed contribution of co-authors

All authors of the research were directly involved in the design, execution, and analysis of the research. All authors of the article have read and approved the final version submitted.

Поступила в редакцию 12.10.2023; поступила после рецензирования 16.11.2023; принята к публикации 17.11.2023

Received 12.10.2023; Revised 16.11.2023; Accepted 17.11.2023