

Физико-химическая кинетика водонасыщения семян сои в процессе производства современных пищевых систем

Дарья В. Купчак	¹	daria-kup@rambler.ru	 0000-0002-5176-4153
Сергей М. Доценко	²	dsm2205@yandex.ru	 0000-0003-3427-0888
Ольга И. Любимова	¹	lub.ol@mail.ru	 0000-0002-2347-8635
Ирина В. Бояринева	³	boyarinevaiv@ya.ru	 0000-0003-4791-884X

¹ Тихоокеанский государственный университет, ул. Тихоокеанская, 136, г. Хабаровск, 680042, Россия

² Амурский государственный университет, Игнатьевское шоссе, 21, г. Благовещенск, 675027, Россия

³ Дальневосточный федеральный университет, б-та Аякс, 10, о. Русский, г. Владивосток, 690922, Россия

Аннотация. Цель работы – установить кинетику процесса интенсивности водонасыщения семян сои с учетом различных факторов. В приведенных исследованиях была представлена схема, разделяющая технологические операции получения концентрированных форм соевого белка для проектирования пищевых систем по нескольким классификационным признакам: по виду технологического воздействия на семена сои, по типу разрушающего воздействия, по способу выделения и концентрирования белковых веществ, по физической форме конечного продукта. Данная схема показывает различные трансформирующие стадии модификации соевого сырья в производственном процессе: насыщение водой, проращивание, высушивание, прожаривание, пропаривание, варка, плющение, дробление, перемалывание, истирание, экстракция и другие, позволяющие в конечном итоге преобразовать исходные семена в нутриентоадекватные ингредиенты различной физической формы: гель, паста, мука, гранулят, текстурат, концентрат, изолят. Начальным этапом процесса преобразования семян сои является их водонасыщение путем замачивания в водной среде. Отмечается, что при погружении семян сои в воду начинается процесс водонасыщения, кинетика которого характеризует приращение объема, изменение геометрических параметров и увеличение влажности семян во времени с учетом управляемых технологических факторов: температуры и степени минерализации воды, а также зависит от биологических особенностей сорта сои: крупности семян, проницаемости оболочки, физико-химических свойств соевого белка и др. Данный процесс определили при помощи уравнений, описывающих кинетику водонасыщения семян сои. Приведенные исследования по созданию подходов к пониманию многофакторного анализа процесса водонасыщения семян сои дают возможность управлять ожидаемым результатом при целевом пищевом проектировании.

Ключевые слова: семена сои, водонасыщение, зависимость, соевый белок, пищевые системы.

Physical and chemical kinetics of water saturation of soybean seeds in the process of modern food systems production

Daria V. Kupchak	¹	daria-kup@rambler.ru	 0000-0002-5176-4153
Sergey M. Dotsenko	²	dsm2205@yandex.ru	 0000-0003-3427-0888
Olga I. Lyubimova	¹	lub.ol@mail.ru	 0000-0002-2347-8635
Irina V. Boyarineva	³	boyarinevaiv@ya.ru	 0000-0003-4791-884X

¹ Pacific National University, Tikhookeanskaya Str., 136, Khabarovsk, 680042, Russia

² Amur State University, Blagoveshchensk, Ignatievskoe Highway, 21, Blagoveshchensk 675027, Russia

³ Far Eastern Federal University, 10, Ajax, Russky Island, Vladivostok, 690922, Russia

Abstract. The purpose of the work is to establish the kinetics of the intensity of water saturation of soybean seeds process, taking into account various factors. In the research a scheme was presented that separates the technological operations of obtaining concentrated forms of soy protein for the design of food systems according to several classification criteria: by type of technological effect on soybean seeds, by type of destructive effect, by the method of isolation and concentration of protein substances, by the physical form of the final product. This scheme shows the various transformative stages of modification of soy raw materials in the production process: water saturation, germination, drying, roasting, steaming, cooking, flattening, crushing, grinding, abrasion, extraction and others, which ultimately allow converting the original seeds into nutritionally adequate ingredients of various physical forms: gel, paste, flour, granulate, texturate, concentrate, isolate. The initial stage of the soybean seed conversion process is the water saturation by soaking in an aqueous medium. It is noted that when soybean seeds are immersed in water, the process of water saturation begins, the kinetics of which characterizes an increase in volume, a change in geometric parameters and an increase in seed moisture over time, taking into account controlled technological factors: temperature and degree of mineralization of water, and also depends on the biological characteristics of the soybean variety: seed size, shell permeability, physico-chemical properties of soy protein etc. This process was determined using equations describing the kinetics of water saturation of soybean seeds. The studies on the creation of approaches to understanding the multifactorial analysis of the process of water saturation of soybean seeds make it possible to control the expected result in targeted food design.

Keywords: soy seeds, water saturation, dependence, soy protein, food systems.

Для цитирования

Купчак Д.В., Доценко С.М., Любимова О.И., Бояринева И.В. Физико-химическая кинетика водонасыщения семян сои в процессе производства современных пищевых систем // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 1. С. 131–136. doi:10.20914/2310-1202-2024-1-131-136

For citation

Kupchak D.V., Dotsenko S.M., Lyubimova O.I., Boyarineva I.V. Physical and chemical kinetics of water saturation of soybean seeds in the process of modern food systems production. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2024. vol. 86. no. 1. pp. 131–136. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-1-131-136

Введение

В последние годы концепции, поведение и модели потребления продуктов питания постоянно меняются. Новые тренды в пищевых предпочтениях связаны с улучшением качества потребления, в том числе, со стремлением к доступным экологически чистым, здоровым источникам пищи. Увеличение спроса на пищевую продукцию, способствующую при регулярном включении в пищевые рационы, обеспечить активное долголетие и формирование адаптационного потенциала организма, является источником технологических инноваций, провоцирует

трансформацию производства и объективно приводит к совершенствованию и генерации новых направлений переработки сырья [1–7, 11-20].

Одной из современных тенденций в пищевой технологии является широкое применение семян сои в производстве нутриентноадекватных ингредиентов, используемых в функциональном, специализированном и персонализированном питании.

Существуют различные способы модификации соевого биоактивного сырья, позволяющие посредством сложной иерархической системы способов и методик, получить концентрированные формы соевого белка (рисунок 1).

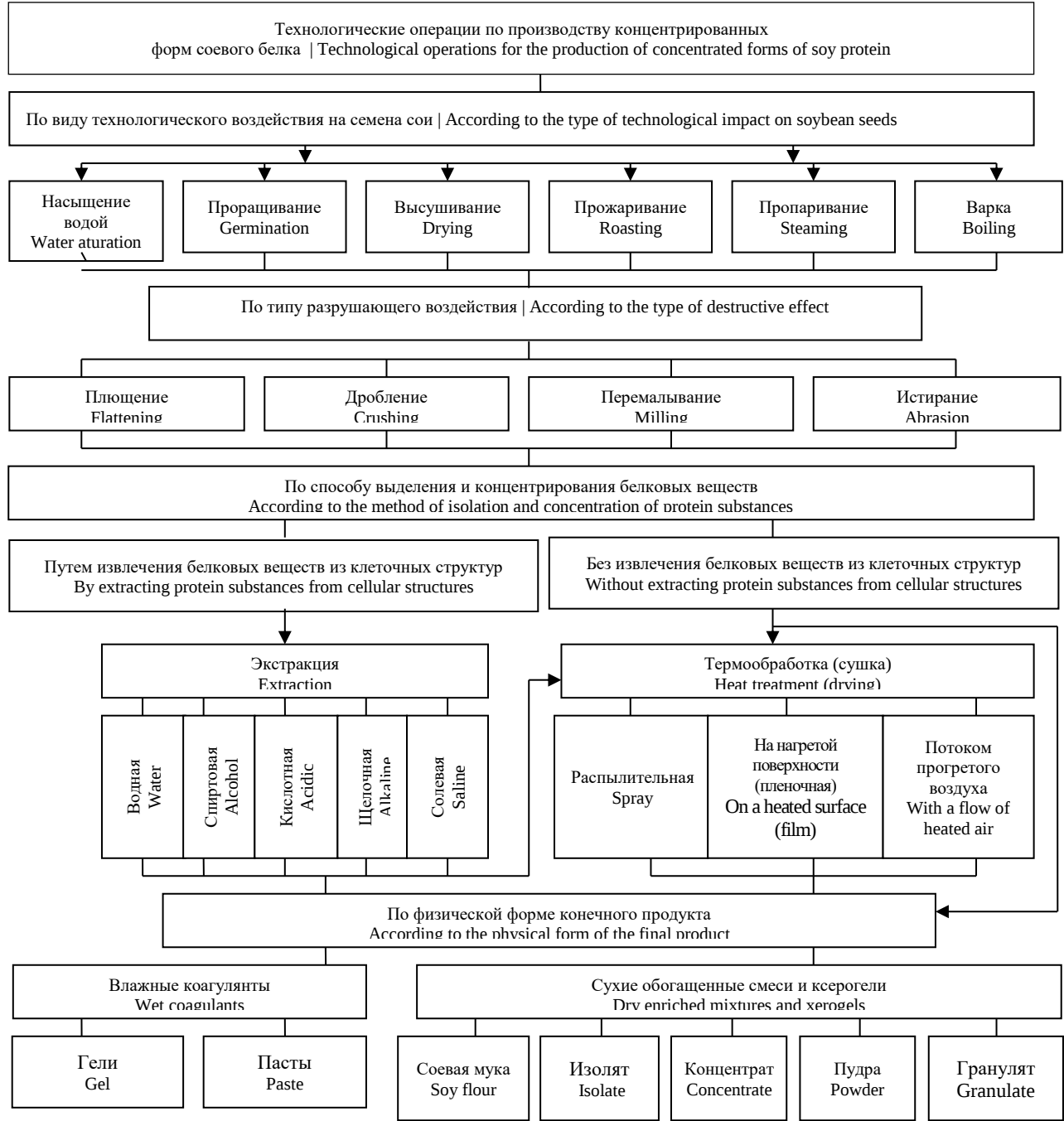


Рисунок 1. Схема классификации основных операций получения концентрированных форм соевого белка
Figure 1. Classification scheme of the main operations for obtaining concentrated forms of soy protein

Процессы, происходящие при этом, можно разделить по нескольким классификационным признакам: по виду технологического воздействия на семена сои, по типу разрушающего воздействия, по способу выделения и концентрирования белковых веществ, по физической форме конечного продукта и показать различные трансформирующие стадии модификации соевого сырья: насыщение водой, проращивание, высушивание, прожаривание, пропаривание, варка, плющение, дробление, перемалывание, истирание, экстракция и другие, позволяющие в конечном итоге преобразовать исходные семена в пищевые ингредиенты различной физической формы: гель, паста, мука, гранулят, текстурат, концентрат, изолят.

Как показано на рисунке 1, начальным этапом данного процесса является водонасыщение семян сои путем замачивания в водной среде. При этом на эффективность данной технологической трансформации влияют различные факторы [6, 8–10]. Цель исследования: установить кинетику процесса интенсивности водонасыщения семян сои с учетом различных факторов.

Материалы и методы

В работе использованы методы и положения математического анализа. Выбор факторов, влияющих на кинетику водонасыщения семян сои, производился на основании совокупности исследуемых явлений.

Результаты и обсуждение

При нахождении семян сои во влажной среде они поглощают воду, их белковые вещества набухают, оболочка становится мягче и легче отделяется. На основании анализа литературных источников, а также практического опыта установили, что приращение текущего значения объема семени V_i подчиняется следующей зависимости:

$$V_i = V_n e^{-c_v t}, \quad (1)$$

где V_n – начальный объем семени; c_v – эмпирический коэффициент; t – время водонасыщения семени.

Продолжительность водонасыщения семени t_k выразим как:

$$t_k = \frac{2,3}{c_v} \lg \left(\frac{V_n}{V_k} \right), \quad (2)$$

где V_k – конечный объем семени.

Представим начальный объем семени через его геометрические параметры, приняв семя сои за правильный эллипсоид вращения:

$$V_n = \frac{4}{3} \pi a_n b_n^2, \quad (3)$$

где a_n , b_n – соответствующие полуоси начального эллипсоида.

Для конечного значения объема семени имеем:

$$V_k = \frac{4}{3} \pi a_k b_k^2, \quad (4)$$

где a_k , b_k – соответствующие полуоси конечного эллипсоида.

Тогда, с учетом выражений (2)–(4) имеем, что

$$t_k^v = 2,3 c_v^{-1} \lg \left(\frac{a_n b_n^2}{a_k b_k^2} \right), \quad (5)$$

С другой стороны, в отношении данного процесса принимаем, что изменение объема V_i зерна сои в процессе его замачивания прямо пропорционально увеличению его влажности – W_i , т. е. существует зависимость, в соответствии с которой

$$V = f(W), \quad (6)$$

Данную линейную зависимость аппроксимируем выражением следующего вида:

$$V = V_n + k W_i, \quad (7)$$

где k – эмпирический коэффициент, равный $\Delta V / W_k$, а ΔV – объем приращения зерна и W_k – конечная влажность зерна.

С учетом этого можно записать

$$V_i = V_n + \frac{\Delta V}{W_k} W_i, \quad (8)$$

или

$$V_i = V_n + \frac{V_k - V_n}{W_k} W_i$$

В то же время имеем, что

$$V = \frac{4}{3} \pi \left[a_n b_n^2 + (a_k b_k^2 - a_n b_n^2) \frac{W_i}{W_k} \right], \quad (9)$$

$$\text{Примем, что } W_k = W_n e^{-\alpha t}, \quad (10)$$

где W_n , W_k – соответственно начальная и конечная влажность семени сои.

Из выражения (10) имеем, что

$$t_k^v = 2,3 c_v^{-1} \lg \left(\frac{W_n}{W_k} \right), \quad (11)$$

По условию $t_k^w = t_k^v$ и тогда

$$2,3 c_v^{-1} \lg \left(\frac{a_n b_n^2}{a_k b_k^2} \right) = 2,3 c_w^{-1} \lg \left(\frac{W_n}{W_k} \right), \quad (12)$$

откуда

$$c_v^{-1} = \frac{\lg \left(\frac{W_n}{W_k} \right)}{c_w \lg \left(\frac{a_n b_n^2}{a_k b_k^2} \right)}$$

или

$$c_v = \frac{c_w \lg \left(\frac{a_n b_n^2}{a_k b_k^2} \right)}{\lg \left(\frac{W_n}{W_k} \right)}, \quad (13)$$

Данное уравнение можно принять в качестве кинетической характеристики или модели водонасыщения семян сои.

Интенсивность водонасыщения семян определили как

$$U = \frac{V_k - V_n}{t_k^v} = \frac{4\pi(a_k b_k^2 - a_n b_n^2)}{3 \cdot 2 \cdot 3c_v^{-1} \lg \left(\frac{a_n b_n^2}{a_k b_k^2} \right)} = \frac{1,82c_v(a_k b_k^2 - a_n b_n^2)}{\lg \left(\frac{a_n b_n^2}{a_k b_k^2} \right)}, \quad (14)$$

Таким образом интенсивность водонасыщения семян сои зависит от их крупности, а также коэффициента c_v , характеризующего проницаемость оболочки – $PP(x_i)$, покрывающей семя, температуры воды – $t^{\circ}(x_i)$, степени ее минерализации – $M(x_i)$ и физико-химических свойств соевого белка – $\PhiХС(x_i)$.

В свою очередь, зависимость водонасыщения семян сои от данных факторов, в общем виде можно представить как

$$R(t) = f(V_n; PP(x_i); t^{\circ}(x_i); M(x_i); \PhiХС(x_i)) \rightarrow opt, \quad (15)$$

С одной стороны представим зависимость $V = f(V_n)$ в виде выражения (1), а с другой как

$$V_k = V_k^{max} \left[1 - e^{-R(t)} \right], \quad (16)$$

где V_k^{max} – максимально возможный объем водонасыщения семени сои справедливый для случая благоприятного сочетания всей совокупности факторов $R(t)$.

Совместное решение уравнений (1) и (16) дает следующую кинетическую модель водонасыщения семян сои

$$\begin{aligned} V_n e^{-ct} &= V_k^{max} \left[1 - e^{-R(t)} \right] \\ V_k^{max} &= V_n e^{-ct} \left[1 - e^{-R(t)} \right]^{-1} \\ t_k^v &= 2,3c_v^{-1} \lg \left(\frac{a_n b_n^2}{a_k b_k^2 \left[1 - e^{-R(t)} \right]} \right) = \\ &= 2,3c_v^{-1} \lg \left\{ (a_n b_n^2)(a_k b_k^2) \left[1 - e^{-R(t)} \right]^{-1} \right\} \end{aligned} \quad (17)$$

Заключение

При погружении семян сои в воду начинается процесс водонасыщения, кинетика которого характеризует приращение объема и увеличение влажности семян во времени с учетом управляемых технологических факторов: температуры и степени минерализации воды, а также зависит от биологических особенностей сорта сои: крупности семян, проницаемости оболочки, физико-химических свойств соевого белка и др. Таким образом, проведенные исследования по созданию подходов к пониманию многофакторного анализа процесса водонасыщения семян сои позволяют управлять ожидаемым результатом при целевом пищевом проектировании.

Литература

- 1 Cobiac L., Irz X., Leroy P., Requillart V., Scarborough P., Soler L.G. Accounting for consumers' preferences in the analysis of dietary recommendations // Eur. J. Clin. Nutr. 2018.V. 73. P. 1033–1039.
- 2 Батурич А.К., Мартинчик А.Н., Камбаров А.О. Структура питания населения России на рубеже XX и XXI столетий // Вопросы питания. 2020. № 4. С. 60–70.
- 3 Тутельян В.А. и др. Нутриом как направление «главного удара»: определение физиологических потребностей в макро- и микронутриентах, минорных биологически активных веществах пищи // Вопросы питания. 2020. № 4. С. 24–34.
- 4 Zhi Ya., Puming H. China's Rural Residents' Food Consumption Demand and Elasticity Measurements // Statistics and Decision-Making. 2020. V. 36. № 03. P. 52–56.
- 5 Bi W., Song Y., Liu Y., Li Z. et al. Food Consumption Structure and Food Security—Through Mediating Effect Analysis of Agricultural R&D and Agricultural Investment // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022. V. 19. №. 19. P. 12524. doi: 10.3390/ijerph191912524
- 6 Доценко С.М., Стаценко Е.С. Получение пищевых систем функциональной направленности с использованием соевого компонента // Вестник ЮУрГУ Серия «Пищевые и биотехнологии». 2022. Т. 10. № 1. С. 67–75.
- 7 Lingyun D., Wen Y., Wei C. Empirical Study on Food Consumption Structure Based on Household Survey in Rural Xinjiang, China // Acta Scientific Agriculture. 2023. V. 7. P. 35–42.
- 8 Кошцаева О.В., Хмара И.В., Шкредов В.В. Влияние проращивания на химический состав и содержание антипитательных веществ в семенах сои // Научный журнал КубГАУ. 2014. № 97 (03). URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/03/pdf/89.pdf>
- 9 Доценко С.М., Бирик И.В., Курчак Д.В., Гужель Ю.А. Технологические аспекты моделирования белково-углеводных гранулятов на основе растительного сырья Дальнего востока // В мире научных открытий. 2015. № 2(62). С. 288–310.
- 10 Бычкова Е.А., Борисова А.В. Белковые концентраты сои: технологии производства и перспективы применения // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 88–94.

- 11 Menis-Henrique M.E.C., Scarton M., Piran M.V.F., Clerici M.T.P.S. Cereal fiber: extrusion modifications for food industry // Current opinion in food science. 2020. V. 33. P. 141-148.
- 12 Miller K.B. Review of whole grain and dietary fiber recommendations and intake levels in different countries // Nutrition Reviews. 2020. V. 78. № 1. P. 29-36.
- 13 Barba F.J., Parniakov O., Pereira S.A., Wiktor A. et al. Current applications and new opportunities for the use of pulsed electric fields in food science and industry // Food research international. 2015. V. 77. № 4. P. 773-798.
- 14 Pimentel M.R., Molina G., Dionísio A.P., Maróstica Junior M.R. et al. The use of endophytes to obtain bioactive compounds and their application in biotransformation process // Biotechnology research international. 2011. V. 2011.
- 15 Kostyleva E.V., Sereda A.S., Velikoretskaya I.A., Kurbatova E.I. et al. The use of proteolytic enzymes for the production of protein hydrolysates for food use from secondary raw materials // Questions of nutrition. 2023. V. 92. №. 1. P. 116-132.
- 16 Kaur A., Kehinde B.A., Sharma P., Sharma D. et al. Recently isolated food-derived antihypertensive hydrolysates and peptides: a review // Food Chemistry. 2021. V. 346.
- 17 Fotschki B., Juśkiewicz J., Jurgowski A., Amarowicz R. et al. Protein-rich flours from quinoa and buckwheat favourably affect the growth parameters, intestinal microbial activity and plasma lipid profile of rats // Nutrients. 2020. V. 12, № 9.
- 18 Liu J., Song Y., Zhao Q., Wang Y. et al. Effects of tartary buckwheat protein on gut microbiome and plasma metabolite in rats with high-fat diet // Foods. 2021. V. 10. № 10.
- 19 Kaur A., Kehinde B.A., Sharma P., Sharma D. et al. Recently isolated food-derived antihypertensive hydrolysates and peptides: a review // Food Chemistry. 2021. V. 346.
- 20 Zeyneb H., Pei H., Cao X., Wang Y. et al. In vitro study of the effect of quinoa and quinoa polysaccharides on human gut microbiota // Food science & nutrition. 2021. V. 9. № 10. P. 5735-5745.

References

- 1 Cobiac L., Irz X., Leroy P., Requillart V., Scarborough P., Soler L.G. Accounting for consumers' preferences in the analysis of dietary recommendations. Eur. J. Clin. Nutr. 2018. vol. 73. pp. 1033–1039.
- 2 Baturin A.K., Martinchik A.N., Kambarov A.O. Nutrition structure of the Russian population at the turn of the 20th and 21st centuries. Questions of nutrition. 2020. no. 4. pp. 60–70. (in Russian).
- 3 Tutelyan V.A. et al. Nutriom as the direction of the “main blow”: determination of physiological needs for macro- and micronutrients, minor biologically active substances of food. Nutrition Issues. 2020. no. 4. pp. 24–34. (in Russian).
- 4 Zhi Ya., Puming H. China's Rural Residents' Food Consumption Demand and Elasticity Measurements. Statistics and Decision-Making. 2020. vol. 36. no. 03. pp. 52–56.
- 5 Bi W., Song Y., Liu Y., Li Z. et al. Food Consumption Structure and Food Security—Through Mediating Effect Analysis of Agricultural R&D and Agricultural Investment. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022. vol. 19. no. 19. pp. 12524. doi: 10.3390/ijerph191912524
- 6 Dotsenko S.M., Statsenko E.S. Preparation of functional food systems using soy component. SUSU Vestnik Series “Food and Biotechnologies”. 2022. vol. 10. no. 1. pp. 67–75. (in Russian).
- 7 Lingyun D., Wen Y., Wei C. Empirical Study on Food Consumption Structure Based on Household Survey in Rural Xinjiang, China. Acta Scientific Agriculture. 2023. vol. 7. pp. 35–42.
- 8 Koshchaeva O.V., Khmara I.V., Shkredov V.V. The influence of germination on the chemical composition and content of antinutrients in soybean seeds. Scientific journal of KubSAU. 2014. no. 97 (03). Available at: <http://ej.kubagro.ru/2014/03/pdf/89.pdf> (in Russian).
- 9 Dotsenko S.M., Bibik I.V., Kupchak D.V., Guzhel Yu.A. Technological aspects of modeling protein-carbohydrate granulates based on vegetable raw materials of the Far East. In the world of scientific discoveries. 2015. no. 2(62). pp. 288–310. (in Russian).
- 10 Bychkova E.A., Borisova A.V. Soybean protein concentrates: production technologies and application prospects. Polzunovsky Bulletin. 2021. no. 2. pp. 88–94. (in Russian).
- 11 Menis-Henrique M.E.C., Scarton M., Piran M.V.F., Clerici M.T.P.S. Cereal fiber: extrusion modifications for food industry. Current opinion in food science. 2020. vol. 33. pp. 141-148.
- 12 Miller K.B. Review of whole grain and dietary fiber recommendations and intake levels in different countries. Nutrition Reviews. 2020. vol. 78. no. 1. pp. 29-36.
- 13 Barba F.J., Parniakov O., Pereira S.A., Wiktor A. et al. Current applications and new opportunities for the use of pulsed electric fields in food science and industry. Food research international. 2015. vol. 77. no. 4. pp. 773-798.
- 14 Pimentel M.R., Molina G., Dionísio A.P., Maróstica Junior M.R. et al. The use of endophytes to obtain bioactive compounds and their application in biotransformation process. Biotechnology research international. 2011. vol. 2011.
- 15 Kostyleva E.V., Sereda A.S., Velikoretskaya I.A., Kurbatova E.I. et al. The use of proteolytic enzymes for the production of protein hydrolysates for food use from secondary raw materials. Questions of nutrition. 2023. vol. 92. no. 1. pp. 116-132.
- 16 Kaur A., Kehinde B.A., Sharma P., Sharma D. et al. Recently isolated food-derived antihypertensive hydrolysates and peptides: a review. Food Chemistry. 2021. vol. 346.
- 17 Fotschki B., Juśkiewicz J., Jurgowski A., Amarowicz R. et al. Protein-rich flours from quinoa and buckwheat favourably affect the growth parameters, intestinal microbial activity and plasma lipid profile of rats. Nutrients. 2020. vol. 12. no. 9.
- 18 Liu J., Song Y., Zhao Q., Wang Y. et al. Effects of tartary buckwheat protein on gut microbiome and plasma metabolite in rats with high-fat diet. Foods. 2021. vol. 10. no. 10.
- 19 Kaur A., Kehinde B.A., Sharma P., Sharma D. et al. Recently isolated food-derived antihypertensive hydrolysates and peptides: a review. Food Chemistry. 2021. vol. 346.
- 20 Zeyneb H., Pei H., Cao X., Wang Y. et al. In vitro study of the effect of quinoa and quinoa polysaccharides on human gut microbiota. Food science & nutrition. 2021. vol. 9. no. 10. pp. 5735-5745.

Сведения об авторах

Дарья В. Купчак к.т.н., доцент, Высшая школа управления природными ресурсами, Тихоокеанский государственный университет, ул. Тихоокеанская, 136, г. Хабаровск, 680042, Россия, daria-kup@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5176-4153>

Сергей М. Доценко д.т.н., профессор, кафедра сервисных технологий и общетехнических дисциплин, Амурский государственный университет, Игнатьевское шоссе, 21, Благовещенск, 675027, Россия, dsm2205@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3427-0888>

Ольга И. Любимова к.т.н., доцент, Высшая школа управления природными ресурсами, Тихоокеанский государственный университет, ул. Тихоокеанская, 136, г. Хабаровск, 680042, Россия, lub.ol@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2347-8635>

Ирина В. Бояринева д.т.н., профессор, базовая кафедра «Биоэкономики и продовольственной безопасности» Инновационного технологического центра Передовой инженерной школы «Института биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем», Дальневосточный федеральный университет, б-та Аякс, 10, о. Русский, г. Владивосток, 690922, Россия, boyarinevaiv@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4791-884X>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Daria V. Kupchak Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Higher school of natural resources management, Pacific National University, Tikhookeanskaya Str., 136, Khabarovsk, 680042, Russia, daria-kup@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5176-4153>

Sergey M. Dotsenko Dr. Sci. (Engin.), professor, service technologies and general technical disciplines department, Amur State University, Ignatievskoe Highway, 21, Blagoveshchensk 675027, Russia, dsm2205@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3427-0888>

Olga I. Lyubimova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, Higher school of natural resources management, Pacific National University, Tikhookeanskaya Str., 136, Khabarovsk, 680042, Russia, lub.ol@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2347-8635>

Irina V. Boyarineva Dr. Sci. (Engin.), professor, department of Bioeconomics and Food Security of the Innovative Technological Center of the Advanced Engineering School of the «Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems», Far Eastern Federal University, 10, Ajax, Russky Island, Vladivostok, 690922, Russia, boyarinevaiv@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4791-884X>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 25/01/2024	После редакции 12/02/2024	Принята в печать 27/02/2024
Received 25/01/2024	Accepted in revised 12/02/2024	Accepted 27/02/2024