

ISSN 1817-7204(Print)  
ISSN 1817-7239(Online)

## **ПЕРАПРАЦОЎКА І ЗАХАВАННЕ СЕЛЬСКАГА СПАДАРЧАЙ ПРАДУКЦЫІ** **PROCESSING AND STORAGE OF AGRICULTURAL PRODUCTION**

УДК 631.531.027.325:635.65(476)  
<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2021-59-4-501-512>

Поступила в редакцию 15.07.2021  
Received 15.07.2021

**В. А. Шаршунов<sup>1</sup>, Е. Н. Урбанчик<sup>1</sup>, Л. И. Сапунова<sup>2</sup> А. И. Масальцева<sup>1</sup>,  
М. Н. Галдова<sup>1</sup>, А. Н. Павлюк<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Могилев, Беларусь  
<sup>2</sup>Институт микробиологии, Национальная академия наук Беларуси, Минск, Беларусь

### **ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ПРОРАЩИВАНИЯ СЕМЯН МАША, НУТА И СОИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОБЕЛКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ**

**Аннотация:** В Республике Беларусь производство проростков бобовых культур, богатых белком, аминокислотами, клетчаткой, микро- и макроэлементами, биологически активными веществами, а также продуктов здорового питания на их основе практически отсутствует. В связи с этим на рынке доминируют аналогичные товары импортного производства высокой ценовой категории. Цель исследования – разработка оптимальных температурных и влажностных режимов проращивания семян маша, нута и сои, получение высокобелковых концентратов и оценка их потребительских свойств. Методом математического моделирования эксперимента оптимизированы температурные и влажностные режимы малоизученного процесса проращивания семян маша (*Vigna radiata* (L.) R.Wilczek), нута (*Cicer arietinum* L.) и сои (*Glycine max* (L.) Merr.), оценены органолептические, физико-химические свойства, биохимический состав, микробиологическая безопасность изготовленных проростков. Разработана лабораторная ресурсосберегающая технология получения высокобелковых концентратов из зернобобового сырья, которая станет предпосылкой организации их промышленного производства. Концентраты пророщенных семян маша, нута и сои будут востребованы для создания рецептур новых продуктов здорового питания и натуральных косметических средств, расширения их ассортимента. **Благодарности.** Работа выполнена в рамках Государственной программы научных исследований «Биотехнологии» (2016–2020 гг.), подпрограмма «Микробные биотехнологии».

**Ключевые слова:** семена, маш, нут, соя, проращивание, оптимизация, активность роста, проростки, высокобелковые концентраты

**Для цитирования:** Оптимизация режимов проращивания семян маша, нута и сои для получения высокобелковых концентратов / В. А. Шаршунов, Е. Н. Урбанчик, Л. И. Сапунова, А.И. Масальцева, М. Н. Галдова, А. Н. Павлюк // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2021. – Т. 59, № 4. – С. 501–512. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2021-59-4-501-512>

**Viachaslau A. Sharshunou<sup>1</sup>, Alena M. Ourbantchik<sup>1</sup>, Leanida I. Sapunova<sup>2</sup>, Alesia. I. Masaltsava<sup>1</sup>,  
Maryna M. Haldova<sup>1</sup>, Anastasiya N. Pauliuk<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Mogilev, Belarus  
<sup>2</sup>Institute of Microbiology, the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

### **IMPROVING MODES OF GERMINATION OF SEEDS OF MUNG BEAN, CHICKPEA AND SOYBEANS FOR OBTAINING HIGH-PROTEIN CONCENTRATES**

**Abstract:** There is nearly no production of legume seedlings rich in protein, aminoacids, crude fiber, micro- and macro-elements, bioactive agents as well as the derived balanced foodstuffs in Belarus. Due to this fact, the local market is dominated by the imported premium price commodities. The purpose of the research is to develop optimal temperature and humidity conditions for germinating seeds of mung bean, chickpea and soybeans, obtaining high-protein concentrates and assessing their consumer properties. Mathematical modeling experiments have enabled to optimize temperature and humidity parameters of scarcely studied seed germination process of mung bean (*Vigna radiata* (L.) R.Wilczek), chickpea (*Cicer arietinum* L.) and soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) organoleptic, physicochemical, biochemical characteristics, and microbiology safety of sprouts were evaluated. Laboratory resource-saving technology of producing protein enriched concentrates from legume grain feedstock has been developed, and it may lay the basis for large-scale manufacture thereof. Germinated seed concentrates of mung bean,

chickpea and soybean are likely to be in sharp demand as ingredients of novel healthy nutrition recipes and natural cosmetic formulas intended to enlarge the range of offered commercial products. **Acknowledgments.** The research was carried out as part of the state program of scientific research “Biotechnologies” (2016-2020), subprogram “Microbial biotechnology”.

**Keywords:** seeds, mung bean, chickpea, soybean, germination, optimization, growth activity, sprouts, high-protein concentrates

**For citation:** Sharshunou V.A., Ourbantchik A.M., Sapunova L.I., Masaltsava A.I., Haldova M.M., Pauliuk A.N. Improving modes of germination of seeds of mung bean, chickpea and soybeans for obtaining high-protein concentrates. *Vestsi Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2021, vol. 59, no 4, pp. 501-512 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2021-59-4-501-512>

**Введение.** Семена бобовых культур традиционно входят в каждодневный рацион народов многих стран мира, преимущественно в Юго-Восточной Азии с быстрорастущим населением, и все большее место занимают в структуре питания людей западных регионов, придерживающихся здорового образа жизни [1]. Благодаря высокому содержанию белка, аминокислот, клетчатки, микро- и макроэлементов, витаминов, флавонов, фенольных соединений и других биологически активных веществ [2, 3] их часто включают в состав вегетарианских и безглютеновых диет, а также употребляют как продукт функционального питания. Однако широкое использование бобовых в пищевой промышленности ограничивается наличием антинутриентов – ингибиторов трипсина, фитиновой кислоты, неперевариваемых олигосахаридов [2]; неприятным вкусом, коррелирующим с присутствием сапонинов, фенольных соединений, иногда, алкалоидов; посторонними запахами, обусловленными альдегидами, спиртами, кетонами, кислотами, пиразинами, соединениями серы и другими летучими соединениями [4].

Одним из способов улучшения пищевой ценности и сенсорных свойств семян бобовых культур является проращивание – широко распространенный, но в отличие от проращивания зерновых менее изученный технологический процесс [4, 5]. При значительном прогрессе, достигнутом в сфере коммерческого производства пророщенных семян различных растений, актуальной остается оценка влияния условий проращивания на биохимический состав, биологические свойства, безопасность проростков и полученных из них продуктов [1, 6–9].

Необходимость разработки условий получения пророщенных семян сои, маша, нута высокой пищевой ценности и функциональных свойств не является исключением. Анализ информации, представленной в базе данных медицинских и биологических публикаций PubMed Национального центра биотехнологической информации (NCBI) США и касающейся проростков семян сои, маша и нута, указывает на возросший интерес исследователей к проблеме именно в последнее десятилетие.

Следует отметить, что первые научные работы по проращиванию семян сои (1945 г.), маша (1962 г.) и нута (1987 г.) были единичными и значительно разобщенными во времени. Однако в период 2012–2021 гг. количество исследований резко возросло: доля публикаций по проросткам сои составила 62,3 % (137 из 220 статей) от их общего выявленного количества, маша – 63,0 % (133 из 211 статей), нута – 74,0 % (37 из 50 статей).

Согласно приведенным в источниках информации данным, проращивание приводит к умеренным структурным модификациям семян бобовых, достаточным для снижения антипитательных факторов без значительного влияния на ихнутрицевтическую ценность [10]. Условия проращивания сказываются также на количестве и составе изофлавонов [11], содержании сахаров, липидов [12], фенолов, флавоноидов [13], витаминов [12, 14, 15], пигментов, растворимости и усвояемости белков [16], минералов [12, 17, 18] и их биодоступности [14], а также на композиционных, физико-химических и функциональных свойствах муки из проросших семян [18, 19].

Доказано, что проростки маша обладают антиоксидантной, антивирусной, антидиабетической [8], противоопухолевой [20], антиаллергенной [21], ингибирующей меланогенез [22] активностью, сои – антиоксидантным, противоопухолевым, противовоспалительным [8], противодиабетическим [23] эффектом, нута – антиоксидантным, антипролиферативным [24], антидиабетическим [25], антигиперлипидемическим [26], эстрогенным [27] свойствами.

Таким образом, высокая биодоступность и несомненная польза для здоровья являются основанием для включения на постоянной основе проростков сои, маша и нута не только в рацион человека. Многогранное биологическое действие веществ, содержащихся в проростках исследу-

емых бобовых культур, открывает новые возможности их использования для коммерческого производства продуктов функционального питания [11, 24], разработки средств заместительной терапии или ингредиентов лекарственных препаратов растительного происхождения [20, 27–29], косметических средств [23, 28, 30].

Ранее нами обоснованы технологические параметры получения проростков гороха [31, 32]. На ОАО «Булочно-кондитерская компания «Домочай»» из пророщенных семян налажено производство продукта ферментированного горохового безглютенового и хлеба «Дар солнца» на его основе.

Цель исследования – разработка оптимальных температурных и влажностных режимов проращивания семян маша, нута и сои, получение высокобелковых концентратов и оценка их потребительских свойств.

**Материалы и методы исследования.** Работа выполнена в научной отраслевой лаборатории зерновых продуктов Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий и лаборатории ферментов Института микробиологии НАН Беларуси в 2019–2020 гг.

Объектами исследования были нативные и пророщенные семена маша (*Vigna radiata* (L.) R.Wilczek), нута (*Cicer arietinum* L.) и сои (*Glycine max* (L.) Merr.).

Семена обеззараживали в 0,0025%-ном растворе перманганата калия в течение 2 ч, а затем замачивали в проточной воде при температуре 8–10 °С в течение 8 ч [31, 32]. Проращивание семян осуществляли воздушно-водяным способом при температуре 5, 15, 20, 25 и 30 °С, относительной влажности воздуха (75±2) % в течение 38–48 ч. Критерием окончания процесса являлось проращивание не менее 85 % семян с образованием ростка длиной ≤ 3 мм.

Для определения оптимальных температурных и влажностных режимов проращивания зерна использовали математические методы планирования эксперимента<sup>1</sup>.

Математические модели, описывающие влияние исследуемых факторов на проращивание семян, строили путем обработки экспериментальных данных, полученных в полном факторном эксперименте. Для этого использовали два подхода:

1) исследование системы разбивали на серии, в пределах каждой из них варьировали один фактор;

2) построение плана эксперимента, предусматривающего изменение всех факторов.

Полным факторным экспериментом являлась система опытов, содержащая все возможные неповторяющиеся комбинации уровней варьирования факторов.

Для проверки гипотезы об адекватности построенной математической модели рассчитывали значение критерия Фишера (F) по формуле (1):

$$F = \frac{S_{ад}^2}{S_y^2}, \quad (1)$$

где  $S_y$  – дисперсия воспроизводимости со своим числом степеней свободы;  $S_{ад}$  – дисперсия адекватности.

Модель рассматривали как адекватную с соответствующей доверительной вероятностью, если рассчитанное значение критерия Фишера (F-критерия) не превышало его табличное значение<sup>2</sup>.

Для статистических расчетов и построения графиков использовали программу STATGRAPHICS 5.0 for Windows.

Сушку пророщенных семян маша, нута и сои проводили до влажности 11,0–12,0 % при температуре агента сушки 55 °С в течение 7,0–8,5 ч на лабораторной сушильной установке Kitfort (Guangdong Kangye Electric Appliance Co., Ltd., Китай), измельчение – на лабораторной технологической мельнице Grinder-Chopin (Chopin Technologies, Франция) с диаметром контрольного сита 0,8 мм.

<sup>1</sup> Дюк В. А. Обработка данных на ПК в примерах. СПб.: Питер-пресс, 1997. 231 с.; Способ оптимизации проращивания зерна или семян по методу поэтапного воздушно-водяного замачивания: пат. ВУ 20250 / Е. Н. Урбанчик, А. Е. Шалюта. Опубл. 30.08.2016.

<sup>2</sup> Дюк В. А. Обработка данных на ПК в примерах. СПб.: Питер-пресс, 1997. 231 с.

Оценку органолептических, физико-химических, биохимических и микробиологических показателей порошков, полученных из высушенных проростков маша, нута и сои, проводили согласно общепринятым стандартам: ГОСТ 27988–88, ГОСТ ISO 24557–2015, ГОСТ ISO 665–2017, ГОСТ 10444.15–94, ГОСТ 31747–2012, (ISO 4831:2006, ISO 4832:2006), ГОСТ 10444.12–2013, ГОСТ 31659–2012, (ISO 6579:2002), ТР ТС 021/2011.

Изменение качественного и количественного состава микробиоты изучали в динамике хранения порошкообразных пророщенных семян бобовых при температуре 6–8 и 22–24 °С, относительной влажности воздуха не более 70 % в течение 6 мес.

Приведенные результаты получены путем усреднения данных 2–3 опытов, выполненных в трех повторностях.

**Результаты и их обсуждение.** Микроклимат (температура и влажность воздуха, скорость его движения, освещенность) в производственных помещениях меняется в зависимости от времени года и погодных условий, что существенно влияет как на продолжительность проращивания, так и на качество пророщенных семян [13, 14, 16, 19]. Поэтому своевременная коррекция технологических параметров процесса представляется одним из способов повышения эффективности предприятий, занимающихся непрерывным производством проростков различных сельскохозяйственных культур.

Изучение влияния температурного фактора на длительность процесса проращивания семян исследуемых бобовых культур проводили в диапазоне температуры 5–30 °С: при более низких и более высоких значениях показателя образование ростков сильно замедлялось или вовсе прекращалось.

Оптимальные режимы проращивания семян бобовых устанавливали путем статистической обработки данных и анализа контурных графиков поверхностей отклика и карт Парето, построенных для каждого исследуемого температурного режима.

Входными параметрами процесса проращивания определены продолжительность водной и воздушной пауз в диапазоне 3–16 ч.

Выходным параметром оптимизации установлена активность роста ( $A_p$ , %·ч<sup>-1</sup>) – критерий, комплексно характеризующий процесс прорастания зерна, определяется по формуле (2):

$$A_p = \frac{k_n}{t_n}, \quad (2)$$

где  $k_n$  – количество проросших зерен с длиной ростка не более 3 мм, %;  $t_n$  – время прорастания семян (в момент подсчета количества проросших семян), ч<sup>3</sup>.

Взаимосвязь между длительностью воздушной и водной фазами и скоростью роста проростков семян маша, нута и сои при пяти температурных режимах отражают результаты экспериментов, выполненных в соответствии с разработанными матрицами (табл. 1).

Экспериментальные данные, полученные в результате оптимизации режимов проращивания семян маша при температуре 25 °С, представлены на рис. 1.

Значимость коэффициентов была определена по диаграмме Парето (рис. 1, *a*). Анализ данных диаграммы показал, что факторы «продолжительность водной паузы» (А) и «продолжительность воздушной паузы» (В), а также их произведение (АВ) и квадраты (АА, ВВ) факторов являются статистически значимыми, входят в уравнение регрессии и имеют влияние на величину активности роста. Для установления максимального значения активности роста ( $A_p$ ) бобов маша была локализована область значений входных факторов «продолжительность водной и воздушной пауз». С этой целью строили трехмерный график поверхности отклика (рис. 1, *b*), имеющий холм с вершиной в значении 10,8 ч для переменной (А) и 10,7 ч для переменной (В).

Для более детального рассмотрения области максимума был применен контурный график поверхности отклика (рис. 1, *c*), свидетельствующий о том, что наибольшая активность роста семян маша ( $A_p = 4,9$  %·ч<sup>-1</sup>) при температуре 25 °С достигается в случае продолжительности водной паузы 9,8–11,8 ч, воздушной паузы – 9,6–11,6 ч.

<sup>3</sup> Способ оптимизации проращивания зерна или семян по методу поэтапного воздушно-водяного замачивания: ВУ 20250 / Е. Н. Урбанчик, А. Е. Шалюта. Опубл. 30.08.2016.

Таблица 1. Результаты оптимизации режимов проращивания семян маша, нута и сои  
Table 1. Results of improving seed germination of mung bean, chickpea and soybean

| Продолжительность паузы, ч |           | Скорость роста семян, %·ч <sup>-1</sup> : |      |      |      |      |      |    |      |      |      |     |      |      |      |      |
|----------------------------|-----------|-------------------------------------------|------|------|------|------|------|----|------|------|------|-----|------|------|------|------|
|                            |           | маша                                      |      |      |      |      | нута |    |      |      |      | сои |      |      |      |      |
| водной                     | воздушной | Температура, °С                           |      |      |      |      |      |    |      |      |      |     |      |      |      |      |
|                            |           | 5                                         | 15   | 20   | 25   | 30   | 5    | 15 | 20   | 25   | 30   | 5   | 15   | 20   | 25   | 30   |
| 3,0                        | 3,0       | 0,23                                      | 0,69 | 2,79 | 1,55 | 2,09 | 0    | 0  | 1,75 | 2,70 | 1,75 | 0   | 0,57 | 0,85 | 0,50 | 0,66 |
| 3,0                        | 14,0      | 3,48                                      | 0    | 0    | 1,62 | 0    | 0    | 0  | 1,75 | 2,40 | 1,82 | 0   | 0,47 | 0,19 | 0,30 | 0,47 |
| 8,5                        | 16,0      | 3,70                                      | 2,79 | 0    | 3,25 | 2,02 | 0    | 0  | 1,75 | 2,70 | 3,45 | 0   | 0,66 | 0,56 | 0,75 | 1,04 |
| 8,5                        | 8,5       | 0                                         | 0    | 0,69 | 4,65 | 3,02 | 0    | 0  | 0,81 | 2,57 | 4,85 | 0   | 0,38 | 0,28 | 0,85 | 0,85 |
| 14,0                       | 3,0       | 0                                         | 0,46 | 0    | 1,60 | 0    | 0    | 0  | 0,81 | 5,40 | 1,80 | 0   | 0,56 | 0,47 | 0,28 | 0,85 |
| 16,0                       | 8,5       | 0                                         | 0    | 1,16 | 3,48 | 1,90 | 0    | 0  | 0,81 | 0,81 | 3,68 | 0   | 0,28 | 0,47 | 0,56 | 1,13 |
| 8,5                        | 1,0       | 0                                         | 0    | 0    | 0,93 | 0    | 0    | 0  | 2,30 | 2,30 | 1,13 | 0   | 0,19 | 0,19 | 0,28 | 1,04 |
| 1,0                        | 8,5       | 0                                         | 0,46 | 0    | 0,93 | 0    | 0    | 0  | 1,89 | 1,89 | 1,13 | 0   | 0,47 | 0    | 0,19 | 0,94 |
| 14,0                       | 14,0      | 0                                         | 0    | 0,23 | 4,18 | 2,03 | 0    | 0  | 1,35 | 1,62 | 4,38 | 0   | 0,38 | 0,38 | 0,56 | 1,41 |

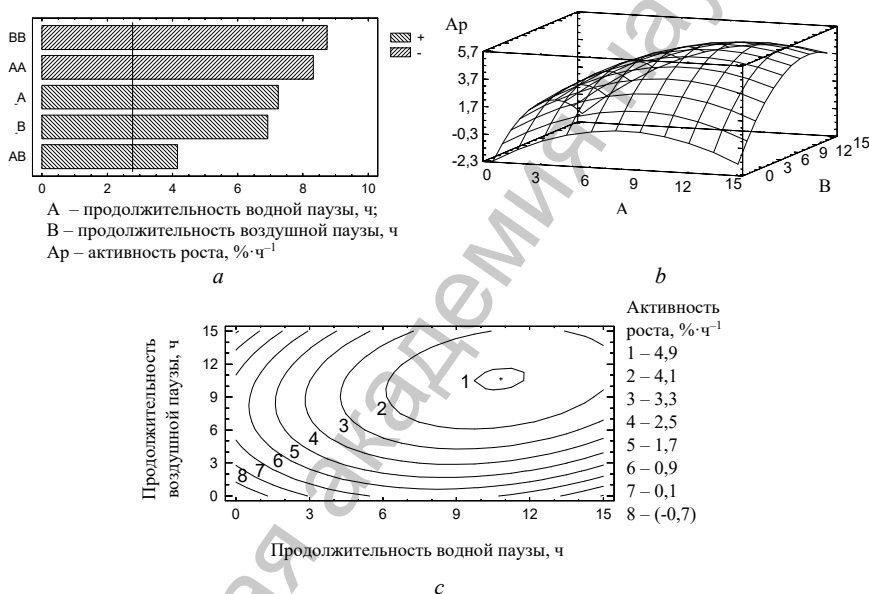


Рис. 1. Результаты оптимизации режимов проращивания бобов маша при 25 °С:  
a – диаграмма Парето; b – график поверхности отклика; c – контурный график

Fig. 1. Results of improving mung bean germination modes at 25 °C:  
a – Pareto diagram, b – response surface graph, c – contour graph

В результате статистической обработки экспериментальных данных получено уравнение регрессии (3), которое для температуры 25 °С адекватно описывает зависимость активности роста проростков маша от исследуемых факторов:

$$Ar = -2,2765 + 0,6583A + 0,6866B - 0,0407A^2 + 0,0207 A \cdot B - 0,0427B^2, \quad (3)$$

где A – продолжительность водной паузы, ч; B – продолжительность воздушной паузы, ч; Ar – активность роста, %·ч<sup>-1</sup>.

Уравнение регрессии позволяет расчетным путем установить величину активности роста семян при заданных значениях факторов продолжительности водной и воздушной паузы в процессе проращивания.

Аналогичным образом выполнена оптимизация процесса проращивания семян маша, получены уравнения регрессии, адекватно описывающие изменение активности роста ростков под влиянием исследуемых факторов при других исследуемых температурных режимах.

Результаты экспериментов, выполненных в соответствии с разработанными матрицами (табл. 2), отражают взаимосвязь между длительностью воздушной и водной фаз и скоростью роста проростков семян нута и сои при пяти температурных режимах. Графическое отображение установленной зависимости для проростков нута при 30 °С и сои при 25 °С представлено на рис. 2, 3.

Анализ данных показал, что оптимальным режимам проращивания семян нута при 30 °С соответствуют продолжительность водной паузы – 10,8 ч, воздушной паузы – 10,5 ч. Для получения проростков сои при 25 °С эти показатели составляют 9,9 и 10,7 ч соответственно.

В результате статистической обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии, адекватно описывающие изменение активности роста ростков нута (4) и сои (5) под влиянием исследуемых факторов при указанных выше температурах:

$$A_p = -2,077 + 0,658A + 0,687B - 0,041A^2 + 0,021AB - 0,043B^2, \quad (4)$$

$$A_p = -0,0900 + 0,1089A + 0,0708B - 0,0076A^2 + 0,004AB - 0,0052B^2, \quad (5)$$

где  $A$  – водная пауза, ч;  $B$  – воздушная пауза, ч;  $A_p$  – активность роста, %·ч<sup>-1</sup>.

Подобным образом составлены уравнения регрессии, отражающие изменение активности роста семян нута при температурах 5, 15, 20 и 25 °С, сои – при 5, 15, 20 и 30 °С в зависимости от продолжительности водной и воздушной пауз.

Полученные математические модели могут оказаться полезными в условиях производства, не обеспечивающих поддержание оптимальных условий проращивания семян маша, нута и сои.

Семена маша, нута и сои, пророщенные при оптимальных температурных режимах, характеризуются следующими показателями: влажность – (41,0 ± 1,0) %, относительное содержание проросших зерен с длиной ростка не более 3 мм – (85 ± 5) %.

Сушка проросших семян всех исследуемых культур при температуре 50 °С в течение 5–6 ч и их измельчение до частиц размером 160 ± 40 мкм (данные не приведены) позволяют получить однородные сыпучие продукты влажностью 11–12 %. Их физико-химические и органолептические показатели приведены в табл. 2.

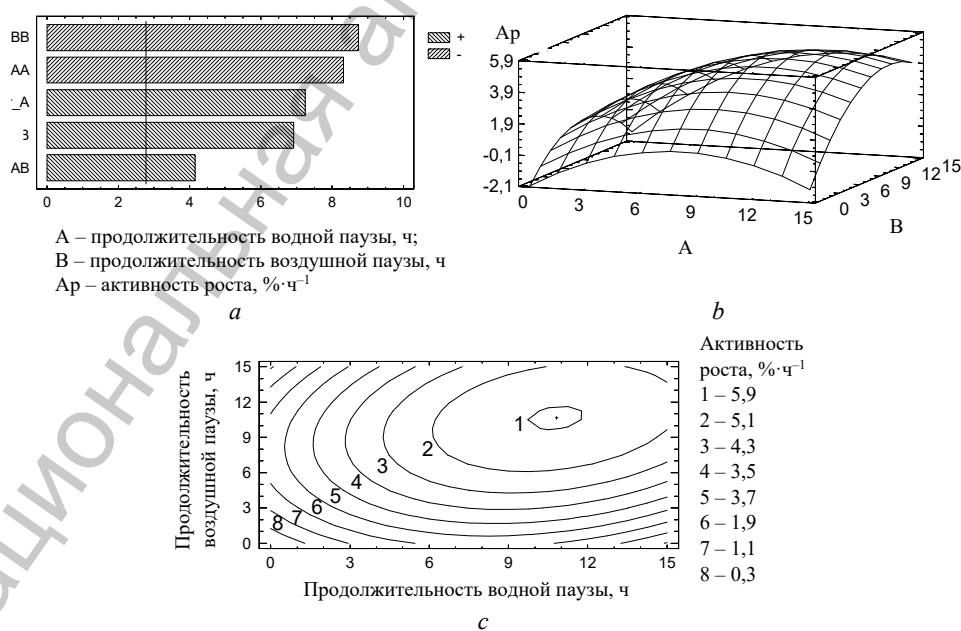


Рис. 2. Результаты оптимизации режимов проращивания семян нута при 30 °С: *a* – диаграмма Парето; *b* – график поверхности отклика; *c* – контурный график

Fig. 2. Results of improving chickpea bean germination modes at 30 °С: *a* – Pareto diagram, *b* – response surface graph, *c* – contour graph

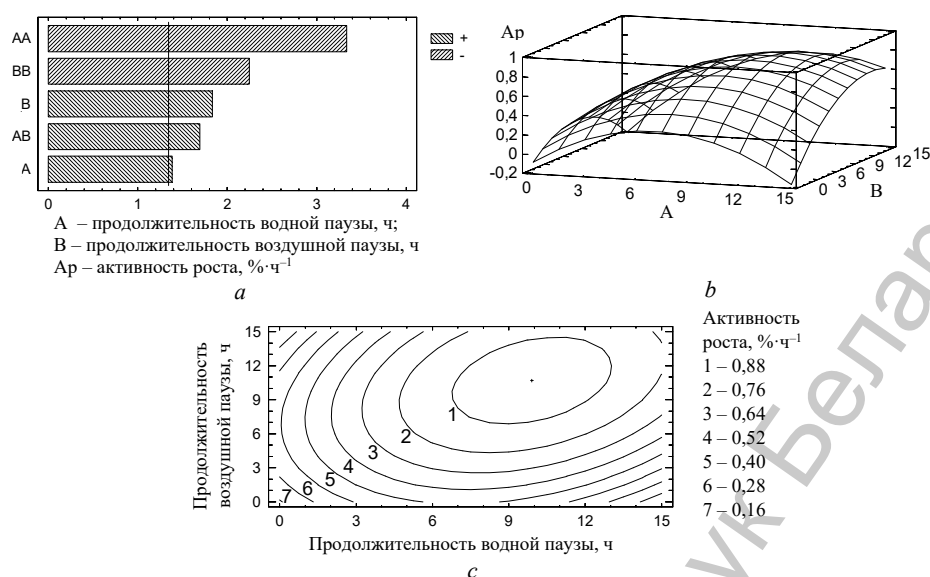


Рис. 3. Результаты оптимизации режимов проращивания семян сои при 25 °С: *a* – диаграмма Парето; *b* – график поверхности отклика; *c* – контурный график

Fig. 3. Results of improving soybean germination modes at 25 °C: *a* - Pareto diagram, *b* - response surface graph, *c* - contour graph

Таблица 2. Органолептические и физико-химические показатели пророщенных бобов  
 Table 2. Organoleptic and physical-and-chemical parameters of germinated beans

| Показатель   | Порошок пророщенных бобов                                                               |                                                                                      |                                                                                       |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|              | маша                                                                                    | нута                                                                                 | сои                                                                                   |
| Влажность, % | 11,4 ± 0,3                                                                              | 11,6 ± 0,5                                                                           | 11,2 ± 0,4                                                                            |
| Внешний вид  |      |  |  |
|              | Сыпучий, без комков или гранул                                                          |                                                                                      |                                                                                       |
| Цвет         | Желтый с зеленоватым оттенком                                                           | Светло-желтый                                                                        | Кремовый                                                                              |
| Запах        | Свойственный данному виду продукта, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневелый |                                                                                      |                                                                                       |

Анализ биохимического состава показал, что среди исследованных продуктов наибольшим содержанием белка (35,3 %) и особенно жира (9,5 %) выделяются пророщенные семена сои, обладающие также максимальной энергетической ценностью (табл. 3).

Таблица 3. Биохимический состав и энергетическая ценность пророщенных бобов  
 Table 3. Biochemical composition and energy value of germinated beans

| Вид продукта из пророщенных семян | Содержание в продукте, % |      |           | Энергетическая ценность продукта, Ккал/Кдж в 100 г |
|-----------------------------------|--------------------------|------|-----------|----------------------------------------------------|
|                                   | белка                    | жира | углеводов |                                                    |
| Порошок маша                      | 26,34                    | 0,70 | 52,68     | 309,0/1294,0                                       |
| Порошок нута                      | 28,20                    | 5,90 | 36,70     | 304,0/1270,0                                       |
| Порошок сои                       | 35,30                    | 9,50 | 40,50     | 379,0/1584,0                                       |

Продукты, содержащие проростки маша и нута, при сопоставимой концентрации белка (26,34 и 28,20 % соответственно) существенно различаются по содержанию жира (0,7 и 5,9 %) и углеводов (52,38 и 36,70 %). При этом их практически одинаковая калорийность (309,0

и 304,0 Ккал/100 г) на 18,5–19,8 % уступает энергетической ценности пророщенных семян сои. Следует также отметить, что в пророщенных семенах основные нутриенты – белки, жиры и углеводы представлены в различных пропорциях: 37,6:1,0:75,3 (маш), 4,8:1,0:6,2 (нут) и 3,7:1,0:4,3 (соя).

Считается, что высокая специализация деятельности и рост ряда генетически предопределенных заболеваний обуславливают различную нутрицевтическую и энергетическую наполненность рациона современных людей, а также саму возможность усвоения ими отдельных компонентов пищи. Это определяет потребность в продуктах здорового питания, которые наиболее адекватно соответствуют физиологическому и психоэмоциональному состоянию каждого конкретного человека с учетом его гендерных, возрастных, профессиональных, географических и национальных особенностей<sup>4</sup>. По-видимому, использование различных сочетаний и соотношений бобов маша, нута и сои, пророщенных в оптимизированных условиях, позволит создать рецептуры продуктов и разработать диеты, наиболее полно соответствующие предпочтениям конкретного потребителя.

Результаты оценки микробиологической безопасности порошков, полученных из пророщенных семян маша, нута и сои, представлены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4. Микробиологические показатели пророщенных бобов

Table 4. Microbiological parameters of germinated beans

| Показатель                                                                        | Значение показателя по ТС ТР 021/2011 | Фактическое значение показателей порошков пророщенных бобов |                   |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|
|                                                                                   |                                       | маша                                                        | нута              | соя               |
| Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г | Не более $5,0 \times 10^4$            | $1,1 \times 10^4$                                           | $3,5 \times 10^4$ | $2,2 \times 10^4$ |
| Бактерии группы кишечной палочки (колиформы), в 0,1 г продукта                    | Не допускаются                        | Не обнаружены                                               |                   |                   |
| Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы, в 25 г продукта                    | Не допускаются                        | Не обнаружены                                               |                   |                   |
| Плесени, в 1,0 г продукта, КОЕ                                                    | Не более 100                          | Не обнаружены                                               |                   |                   |
| Дрожжи, в 1,0 г продукта, КОЕ                                                     | Не регламентируются                   | Не обнаружены                                               |                   |                   |

Отмечено, что во всех образцах порошкообразных продуктов не выявлены бактерии группы кишечной палочки (колиформы), патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, а также дрожжевые и плесневые грибы, количество которых в пищевой продукции строго регламентируется межгосударственным стандартом ТС ТР 021/2011. Общее количество обнаруженных мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов не превысило нормируемый показатель ( $5,0 \times 10^4$  КОЕ/г). При этом установлено, что показатель общей микробной контаминации в порошках, полученных из пророщенных семян маша, нута и сои, достоверно не различается, не зависимо от температуры хранения (6–8 или 22–24 °С) в течение 6 мес (данные не приведены).

Полученные результаты дают основание полагать, что высушенные проростки маша, нута и сои могут быть использованы в пищевых целях без дополнительной обработки как микробиологически безопасные.

Результаты выполненных исследований положены в основу лабораторной технологии получения высокобелковых концентратов из зернобобового сырья – маша, нута и сои (ЛТ 01/2020 от 01.12.2020). Развитием начатых научных исследований станет оценка влияния условий проращивания на содержание биологически активных компонентов в проростках названных бобовых культур и создание ресурсосберегающей технологии получения высокобелковых концентратов, предназначенных для расширения ассортимента представленных на рынке и производства новых продуктов здорового и/или функционального питания.

<sup>4</sup>Сидоренко М. Ю. Научное обоснование принципов проектирования состава и потребительских характеристик продуктов персонифицированного питания : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.15 ; Моск. гос. ун-т пищевых производств. М., 2013. 373 л.



**Заклучение.** Методом математического моделирования эксперимента определены оптимальные условия реализации малоизученного процесса проращивания семян маша (*Vigna radiata* (L.) R.Wilczek), нута (*Cicer arietinum* L.) и сои (*Glycine max* (L.) Merr.) в лабораторных условиях. Установлено, что продолжительность водной и воздушной пауз, составляющих при 25 °С 10,8 и 10,7 ч соответственно, обеспечивают максимальную активность роста проростков маша ( $A_p = 4,9 \% \cdot \text{ч}^{-1}$ ). Максимум этого показателя для проростков нута ( $A_p = 5,9 \% \cdot \text{ч}^{-1}$ ) достигается при 30 °С и длительности водной и воздушной пауз 10,8 и 10,5 ч соответственно, для проростков сои ( $A_p = 0,88 \% \cdot \text{ч}^{-1}$ ) – при 25 °С и продолжительности водного и воздушного режима 9,9 и 10,7 ч соответственно.

Составлены уравнения регрессии, отражающие изменение активности роста семян нута при температуре 5, 15, 20 и 25 °С, сои – при 5, 15, 20 и 30 °С в зависимости от продолжительности водной и воздушной пауз. Полученные математические модели могут оказаться полезными в условиях производства, не обеспечивающих поддержание оптимальных условий проращивания семян маша.

Полученные экспериментальные данные найдут применение при создании в рамках государственных научно-технических программ опытно-промышленной ресурсосберегающей технологии получения высокобелковых концентратов, а также для разработки рецептур кондитерских, хлебобулочных изделий, безалкогольных напитков и коктейлей для расширения ассортимента изготавливаемых и производства новых продуктов здорового питания.

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках государственной программы научных исследований «Биотехнологии» (2016–2020 гг.), подпрограмма «Микробные биотехнологии».

#### Список использованных источников

1. Warriner, K. Microbiological safety of sprouted seeds: interventions and regulations / K. Warriner, B. Smal // The produce contamination problem: causes and solutions / ed.: K. R. Matthews, G. M. Saper, C. P. Gerba. – Second ed. – Elsevier, 2014. – Chap. 11. – P. 237–268. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-404611-5.00011-7>
2. Hall, C. Composition, nutritional value, and health benefits of pulses / C. Hall, C. Hillen, J. G. Robinson // Cereal Chemistry. – 2017. – Vol. 94, N 1. – P. 11–31. <https://doi.org/10.1094/cchem-03-16-0069-fi>
3. Nutritional and end-use perspectives of sprouted grains: A comprehensive review / A. Ikram [et al.] // Food Science & Nutrition. – 2021. – Vol. 9, N 8. – P. 4617–4628. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2408>
4. Flavor aspects of pulse ingredients / W. S. Roland [et al.] // Cereal Chemistry J. – 2017. – Vol. 94, N 1. – P. 58–65. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-06-16-0161-FI>
5. Ghavidel, R. A. The impact of germination and dehulling on nutrients, antinutrients, *in vitro* iron and calcium bioavailability and *in vitro* starch and protein digestibility of some legume seeds / R. A. Ghavidel, J. Prakash // LWT – Food Science a. Technology. – 2007. – Vol. 40, N 7. – P. 1292–1299. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.08.002>
6. Sprouted grains: a comprehensive review / P. Benincasa [et al.] // Nutrients. – 2019. – Vol. 11, N 2. – Art. 421. <https://doi.org/10.3390/nu11020421>
7. Peñas, E. Advances in production, properties and applications of sprouted seeds / E. Peñas, C. Martínez-Villaluenga // Foods. – 2020. – Vol. 9, N 6. – Art. 790. <https://doi.org/10.3390/foods9060790>
8. Plant sprout foods: Biological activities, health benefits, and bioavailability / J. Geng [et al.] // J. of Food Biochemistry. – 2021. – Art. e13777. <http://doi.org/10.1111/jfbc.13777>
9. Miyahira, R. F. Bacteriological safety of sprouts: A brief review / R. F. Miyahira, A. E. C. Antunes // Intern. J. of Food Microbiology. – 2021. – Vol. 352. – Art. 109266. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109266>
10. Effect of sprouting on nutritional quality of pulses / D. Erba [et al.] // Intern. J. of Food Sciences a. Nutrition. – 2018. – Vol. 70, N 1. – P. 30–40. <http://doi.org/10.1080/09637486.2018.1478393>
11. Isoflavone content and composition in chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts germinated under different conditions / Y. Gao [et al.] // J. of Agr. a. Food Chemistry. – 2015. – Vol. 63, N 10. – P. 2701–2707. <http://doi.org/10.1021/jf5057524>
12. Shi, H. L. Comprehensive profiling of isoflavones, phytosterols, tocopherols, minerals, crude protein, lipid, and sugar during soybean (*Glycine max*) germination / H. L. Shi, P. K. Nam, Y. F. Ma // J. of Agr. a. Food Chemistry. – 2010. – Vol. 58, N 8. – P. 4970–4976. <http://doi.org/10.1021/jf100335j>
13. Optimal germination condition impacts on the antioxidant activity and phenolic acids profile in pigmented desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds / D. M. Domínguez-Arispuro [et al.] // J. of Food Science Technology. – 2018. – Vol. 55, N 2. – P. 638–647. <http://doi.org/10.1007/s13197-017-2973-1>
14. Bains, K. Optimization of germination time and heat treatments for enhanced availability of minerals from leguminous sprouts / K. Bains, V. Uppal, H. Kaur // J. of Food Science Technology. – 2011. – Vol. 51, N 5. – P. 1016–1020. <http://doi.org/10.1007/s13197-011-0582-y>

15. Lu, Y. The effect of light in vitamin C metabolism regulation and accumulation in mung bean (*Vigna radiata*) germination / Y. Lu, X. Guo // *Plant Foods for Human Nutrition*. – 2020. – Vol. 75, N 1. – P. 24–29. <https://doi.org/10.1007/s11130-019-00787-x>
16. Khattak, A. B. Impact of germination time and type of illumination on carotenoid content, protein solubility and in vitro protein digestibility of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts / A. B. Khattak, A. Zeb, N. Bibi // *Food Chemistry*. – 2008. – Vol. 109, N 4. – P. 797–801. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.01.046>
17. Legume seeds and cereal grains' capacity to accumulate iron while sprouting in order to obtain food fortificant / M. Zielińska-Dawidziak [et al.] // *Acta Scientiarum Polonorum – Technologia Alimentaria*. – 2016. – Vol. 15, N 3. – P. 333–338. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2016.3.32>
18. Ukrainian dietary bread with selenium-enriched soya malt / O. Stabnikova [et al.] // *Plant Foods for Human Nutrition*. – 2019. – Vol. 74, N 2. – P. 157–163. <https://doi.org/10.1007/s11130-019-00731-z>
19. The compositional, physicochemical and functional properties of germinated mung bean flour and its addition on quality of wheat flour noodle / Y. Liu [et al.] // *J. of Food Science a. Technology*. – 2018. – Vol. 55, N 12. – P. 5142–5152. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3460-z>
20. Novel molecular, cytotoxic, and immunological study on promising and selective anticancer activity of mung bean sprouts / R. R. Hafidh [et al.] // *BMC Complementary a. Alternative Medicine*. – 2012. – Vol. 12. – Art. 208. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-12-208>
21. Anti-allergic effects and related active constituents of mung bean (*Vignaradiatus* Linn) sprouts / L. Li [et al.] // *Food Science a. Biotechnology*. – 2016. – Vol. 25, N 2. – P. 553–559. <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0077-8>
22. Bioactive peptides from germinated soybean with anti-diabetic potential by inhibition of dipeptidyl peptidase-IV,  $\alpha$ -amylase, and  $\alpha$ -glucosidase enzymes / M. González-Montoya [et al.] // *Intern. J. of Molecular Science*. – 2018. – Vol. 19, N 10. – P. 1292–1299. <https://doi.org/10.3390/ijms19102883>
23. Inhibitory effects of mung bean (*Vigna radiata* L.) seed and sprout extracts on melanogenesis / Y. M. Jeong [et al.] // *Food Science a. Biotechnology*. – 2016. – Vol. 25, N 2. – P. 567–573. <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0079-6>
24. Isoflavones from black chickpea (*Cicer arietinum* L) sprouts with antioxidant and antiproliferative activity / D.-M. Domínguez-Arispuero [et al.] // *Saudi J. Biol. Sciences*. – 2020. – Vol. 28, N 1. – P. 1141–1146. <http://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.11.048>
25. Isoflavones in chickpeas inhibit adipocyte differentiation and prevent insulin resistance in 3T3-L1 cells / Y. Gao [et al.] // *J. of Agr. a. Food Chemistry*. – 2015. – Vol. 63, N 44. – P. 9696–2703. <http://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b03957>
26. Antihyperlipidemic activity of chickpea sprouts supplementation in ovariectomy-induced dyslipidemia in rats / S. Harini [et al.] // *J. of Ayurveda Integrative Medicine*. – 2015. – Vol. 6, N 2. – P. 104–110. <https://doi.org/10.4103/0975-9476.146546>
27. Novel promising reproductive and metabolic effects of *Cicer arietinum* L. extract on letrozole induced polycystic ovary syndrome in rat model / S. E. Ali [et al.] // *J. of Ethnopharmacology*. – 2021. – Vol. 278. – Art. 114318. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114318>
28. Novel antiviral activity of mung bean sprouts against respiratory syncytial virus and herpes simplex virus-1: an *in vitro* study on virally infected Vero and MRC-5 cell lines / R. R. Hafidh [et al.] // *BMC Complementary a. Alternative Medicine*. – 2015. – Vol. 15, N 1. – Art. 179. <https://doi.org/10.1186/s12906-015-0688-2>
29. The estrogenic activity of isoflavones extracted from chickpea *Cicer arietinum* L sprouts *in vitro* / H. Ma [et al.] // *Phytotherapy Research*. – 2013. – Vol. 27, N 8. – P. 1237–1242. <https://doi.org/10.1002/ptr.4858>
30. Antioxidant activity in mung bean sprouts and safety of extracts for cosmetic use / T. Dongyan [et al.] // *J. of Cosmetic Science*. – 2014. – Vol. 65, N 4. – P. 207–216.
31. Шаршунов, В. А. Оптимизация режимов проращивания зерна гороха / В. А. Шаршунов, Е. Н. Урбанчик, Е. А. Шалюта // *Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук*. – 2014. – № 1. – С. 101–106.
32. Интенсификация процесса получения пророщенного зернового сырья с использованием ферментных препаратов комплексного действия / Е. Н. Урбанчик [и др.] // *Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук*. – 2019. – Т. 64, № 1. – С. 82–91. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2019-64-1-82-91>

## References

1. Warriner K., Smal B. Microbiological safety of sprouted seeds: interventions and regulations. *The produce contamination problem: causes and solutions*. Second edition. Elsevier, 2014, chap. 11, pp. 237-268. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-404611-5.00011-7>
2. Hall C., Hillen C., Robinson J. G. Composition, nutritional value, and health benefits of pulses. *Cereal Chemistry*, 2017, vol. 94, no. 1, pp. 11-31. <https://doi.org/10.1094/cchem-03-16-0069-fi>
3. Ikram A., Saeed F., Afzaal M., Imran A., Niaz B., Tufail T., Hussain M., Anjum F. M. Nutritional and end-use perspectives of sprouted grains: A comprehensive review. *Food Science & Nutrition*, 2021, vol. 9, no. 8, pp. 4617-4628. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2408>
4. Roland W. S. U., Pouvreau L., Curran J., Velde F. van de, Kok P. M. T. de. Flavor aspects of pulse ingredients. *Cereal Chemistry*, 2017, vol. 94, no. 1, pp. 58-65. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-06-16-0161-FI>
5. Ghavidel R. A., Prakash J. The impact of germination and dehulling on nutrients, antinutrients, *in vitro* iron and calcium bioavailability and in vitro starch and protein digestibility of some legume seeds. *LWT – Food Science and Technology*, 2007, vol. 40, no. 7, pp. 1292-1299. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.08.002>

6. Benincasa P., Falcinelli B., Lutts S., Stagnari F., Galieni A. Sprouted grains: a comprehensive review. *Nutrients*, 2019, vol. 11, no. 2, art. 421. <https://doi.org/10.3390/nu11020421>
7. Peñas E., Martínez-Villaluenga C. Advances in production, properties and applications of sprouted seeds. *Foods*, 2020, vol. 9, no. 6, art. 790. <https://doi.org/10.3390/foods9060790>
8. Geng J. Li J., Zhu F., Chen X., Du B., Tian H., Li J. Plant sprout foods: Biological activities, health benefits, and bioavailability. *Journal of Food Biochemistry*, 2021, art. e13777. <http://doi.org/10.1111/jfbc.13777>
9. Miyahira R. F., Antunes A. E. C. Bacteriological safety of sprouts: A brief review. *International Journal of Food Microbiology*, 2021, vol. 352, art. 109266. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109266>
10. Erba D., Angelino D., Marti A., Manini F., Faoro F., Morreale F., Pellegrini N., Casiraghi M. C. Effect of sprouting on nutritional quality of pulses. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 2019, vol. 70, no. 1, pp. 30-40. <http://doi.org/10.1080/09637486.2018.1478393>
11. Gao Y., Yao Y., Zhu Y., Ren G. Isoflavone content and composition in chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts germinated under different conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2015, vol. 63, no. 10, pp. 2701-2707. <http://doi.org/10.1021/jf5057524>
12. Shi H. L., Nam P. K., Ma Y. F. Comprehensive profiling of isoflavones, phytosterols, tocopherols, minerals, crude protein, lipid, and sugar during soybean (*Glycine max*) germination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, vol. 58, no. 8, pp. 4970-4976. <https://doi.org/10.1021/jf100335j>
13. Domínguez-Arispuro D. M., Cuevas-Rodríguez E. O., Milán-Carrillo J., León-López L., Gutiérrez-Dorado R., Reyes-Moreno C. Optimal germination condition impacts on the antioxidant activity and phenolic acids profile in pigmented desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. *Journal of Food Science Technology*, 2018, vol. 55, no. 2, pp. 638-647. <http://doi.org/10.1007/s13197-017-2973-1>
14. Bains K., Uppal V., Kaur H. Optimization of germination time and heat treatments for enhanced availability of minerals from leguminous sprouts. *Journal of Food Science Technology*, 2011, vol. 51, no. 5, pp. 1016-1020. <http://doi.org/10.1007/s13197-011-0582-y>
15. Lu Y., Guo X. The effect of light in vitamin C metabolism regulation and accumulation in mung bean (*Vigna radiata*) germination. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2020, vol. 75, no. 1, pp. 24-29. <https://doi.org/10.1007/s1130-019-00787-x>
16. Khattak A. B., Zeb A., Bibi N. Impact of germination time and type of illumination on carotenoid content, protein solubility and in vitro protein digestibility of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts. *Food Chemistry*, 2008, vol. 109, no. 4, pp. 797-801. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.01.046>
17. Zielińska-Dawidziak M., Staniek H., Krol E., Piasecka-Kwiatkowska D., Twardowski T. Legume seeds and cereal grains' capacity to accumulate iron while sprouting in order to obtain food fortificant. *Acta Scientiarum Polonorum - Technologia Alimentaria*, 2016, vol. 15, no. 3, pp. 333-338. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2016.3.32>
18. Stabnikova O., Antoniuk M., Stabnikov V., Arsen'eva L. Ukrainian dietary bread with selenium-enriched soya malt. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2019, vol. 74, no. 2, pp. 157-163. <https://doi.org/10.1007/s1130-019-00731-z>
19. Liu Y., Xu M., Wu H., Jing L., Gong B., Gou M., Zhao K., Li W. The compositional, physicochemical and functional properties of germinated mung bean flour and its addition on quality of wheat flour noodle. *Journal of Food Science and Technology*, 2018, vol. 55, no. 12, pp. 5142-5152. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3460-z>
20. Hafidh R. R., Abdulmir A. S., Bakar F. A., Jalilian F. A., Sekawi Z., Abas F. Novel molecular, cytotoxic, and immunological study on promising and selective anticancer activity of mung bean sprouts. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 2012, vol. 12, art. 208. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-12-208>
21. Li L., Li M. H., Ren H. K., Shi Y. J., Dong Y. M. Anti-allergic effects and related active constituents of mung bean (*Vignaradiatus* Linn) sprouts. *Food Science and Biotechnology*, 2016, vol. 25, no. 2, pp. 553-559. <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0077-8>
22. González-Montoya M., Mora-Escobedo R., Hernández-Ledesma B., Martínez-Villaluenga C. Bioactive peptides from germinated soybean with anti-diabetic potential by inhibition of dipeptidyl peptidase-IV,  $\alpha$ -amylase, and  $\alpha$ -glucosidase enzymes. *International Journal of Molecular Science*, 2018, vol. 19, no. 10, pp. 1292-1299. <https://doi.org/10.3390/ijms19102883>
23. Jeong Y. M., Ha J. H., Noh G. Y., Park S. N. Inhibitory effects of mung bean (*Vigna radiata* L.) seed and sprout extracts on melanogenesis. *Food Science and Biotechnology*, 2016, vol. 25, no. 2, pp. 567-573. <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0079-6>
24. Domínguez-Arispuro D.-M., Canizalez-Román A., Reyes-Moreno C., Milán-Noris A.-K., Milán-Carrillo J., Acosta-Smith E. Isoflavones from black chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts with antioxidant and antiproliferative activity. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2021, vol. 28, no. 1, pp. 1141-1146. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.11.048>
25. Gao Y., Yao Y., Zhu Y., Ren G. Isoflavones in chickpeas inhibit adipocyte differentiation and prevent insulin resistance in 3T3-L1 cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2015, vol. 63, no. 44, pp. 9696-2703. <http://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b03957>
26. Harini S., Adilaxmamma K., Raj M. A., Mohan E. M., Srilatha C. Antihyperlipidemic activity of chickpea sprouts supplementation in ovariectomy-induced dyslipidemia in rats. *Journal of Ayurveda and Integrative Medicine*, 2015, vol. 6, no. 2, pp. 104-110. <https://doi.org/10.4103/0975-9476.146546>
27. Ali S. E., El-Badawy S. A., Elmosalamy S. H., Emam S. R., Azouz A. A., Galal M. K., Abd-Elsalam R. M., Issa M. Y., Hassan B. B. Novel promising reproductive and metabolic effects of *Cicer arietinum* L. extract on letrozole induced polycystic ovary syndrome in rat model. *Journal of Ethnopharmacology*, 2021, vol. 278, art. 114318. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114318>

28. Hafidh R. R., Abdulmir A. S., Abu Bakar F., Sekawi Z., Jahansheri F., Jalilian F. A. Novel antiviral activity of mung bean sprouts against respiratory syncytial virus and herpes simplex virus -1: an in vitro study on virally infected Vero and MRC-5 cell lines. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 2015, vol. 15, no. 1, art. 179. <https://doi.org/10.1186/s12906-015-0688-2>

29. Ma H., Wei H., Chen Z., Yang Yi, Wang Z., Habasi M., Cao Xu, Aisa H. A. The estrogenic activity of isoflavones extracted from chickpea *Cicer arietinum* L sprouts in vitro. *Phytotherapy Research*, 2013, vol. 27, no. 8, pp. 1237-1242. <https://doi.org/10.1002/ptr.4858>

30. Tang D., Dong Y., Li L., Liu Y., He C., Lai J. Antioxidant activity in mung bean sprouts and safety of extracts for cosmetic use. *Journal of Cosmetic Science*, 2014, vol. 65, no. 4, pp. 207-216.

31. Sharshunov V. A., Urbanchyk E. N., Shaluta A. E. Optimization of modes of pea germination. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2014, no. 1, pp. 101-106 (in Russian).

32. Ourbantchik E. M., Sapunova L. I., Galdova M. M., Malashenko A. I., Tamkovich I. A., Maroz I. V., Pauliuk A. M. Intensification of grain sprouting process using complex enzyme preparations. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2019, vol. 64, no. 1, pp. 82-91 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2019-64-1-82-91>

### Информация об авторах

*Шариунов Вячеслав Алексеевич* – член-корреспондент НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий (пр-т Шмидта, 3, 212027 г. Могилев, Республика Беларусь).

*Урбанчик Елена Николаевна* – кандидат технических наук, доцент, директор Института повышения квалификации и переподготовки кадров, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий (пр-т Шмидта, 3, 212027 г. Могилев, Республика Беларусь). E-mail: [urbanchik@tut.by](mailto:urbanchik@tut.by)

*Сапунова Леонида Ивановна* – кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторией ферментов, Институт микробиологии, Национальная академия наук Беларуси (ул. Купревича, 2, 220141 г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: [leonida@mbio.bas-net.by](mailto:leonida@mbio.bas-net.by)

*Масальцева Алеся Игоревна* – аспирант, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий (пр-т Шмидта, 3, 212027 г. Могилев, Республика Беларусь). E-mail: [masaltseva@bgut.by](mailto:masaltseva@bgut.by)

*Галдова Марина Николаевна* – магистр технических наук, начальник Центра дистанционного обучения, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий (пр-т Шмидта, 3, 212027 г. Могилев, Республика Беларусь). E-mail: [galdova@bgut.by](mailto:galdova@bgut.by)

*Павлюк Анастасия Николаевна* – магистр биологических наук, научный сотрудник, Институт микробиологии, Национальная академия наук Беларуси (ул. Купревича, 2, 220141 г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: [ana4ernaya@mail.ru](mailto:ana4ernaya@mail.ru)

### Informational about the author

*Viachaslau A. Sharshunou* - Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, D.Sc. (Engineering), Professor. Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (3, Shmidt Ave., Mogilev 212027, Republic of Belarus)

*Alena M. Ourbantchik* - Ph. D. (Engineering), Associate Professor. Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (3, Shmidt Ave., Mogilev 212027, Republic of Belarus). E-mail: [urbanchik@tut.by](mailto:urbanchik@tut.by)

*Leonida I. Sapunova* - Ph. D. (Biological). Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus (2, Kuprevich Str., Minsk 220141, Republic of Belarus). E-mail: [leonida@mbio.bas-net.by](mailto:leonida@mbio.bas-net.by)

*Alesia I. Masaltsava* - Postgraduate student. Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (3, Shmidt Ave., Mogilev 212027, Republic of Belarus). E-mail: [masaltseva@bgut.by](mailto:masaltseva@bgut.by)

*Maryna M. Haldova* - Postgraduate student. Head of the Center Distance Learning. Belarusian State University of Food and Chemical Technologies (3, Shmidt Ave., Mogilev 212027, Republic of Belarus). E-mail: [galdova@bgut.by](mailto:galdova@bgut.by)

*Anastasiya M. Pauliuk* - Master (Biological). Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus (2, Kuprevich Str., Minsk 220141, Republic of Belarus). E-mail: [ana4ernaya@mail.ru](mailto:ana4ernaya@mail.ru)