

Научная статья

УДК 664.66.022.39

DOI 10.46845/1997-3071-2022-66-103-111

**Исследование по совершенствованию технологии хлебобулочного изделия, обогащенного рыбной белково-минеральной добавкой**

**Наталья Юрьевна Ключко<sup>1</sup>, Дарья Александровна Позднякова<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

<sup>1</sup>natalya.kluchko@klgtu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6708-9674>

<sup>2</sup>dakrup1202@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9868-0133>

**Аннотация.** В статье представлены данные опроса школьников 15–16 лет, показывающие их предпочтения в рационе питания. Отмечается, что в качестве перекуса большинство подростков предпочитают хлебобулочные и мучные кондитерские изделия, поэтому повышать биологическую ценность данной продукции актуально. Установлено также, что дети в недостаточном количестве употребляют рыбный белок, являющийся полноценным и легкоусваиваемым. В связи с этим в работе решается проблема совершенствования технологии пшеничных хлебцев (краюшек) посредством замены части муки на ржаную и обогащения белково-минеральной добавкой. Последняя представляет собой композицию, полученную путем деструкции мышечной, покровной и костной тканей рыбного сырья в подсырной молочной сыворотке. Для определения оптимальных параметров указанного процесса проведено математическое планирование эксперимента с использованием центрального композиционного плана второго порядка для двух факторов: степени измельчения рыбного сырья (2 раза) и продолжительности дезагрегации (4 ч). Полученная белково-минеральная добавка применена при производстве ржано-пшеничных хлебцев (краюшек) посредством ее введения в состав теста. Выпеченный готовый продукт представлял собой привлекательное хлебобулочное изделие от светло-серого до светло-коричневого цвета, хорошо пропеченное, с равномерной структурой, без признаков непромеса, с приятным вкусом и запахом с неярко выраженными рыбными оттенками. Результаты физико-химических исследований показали увеличение количества белка на 47,3, минеральных веществ – на 96,3 %. Показатель биологической ценности белка составил 124 %, что характеризует его сбалансированность. Коэффициент утилитарности аминокислот возрос при добавлении в стандартную рецептуру хлебцев белково-минаральной добавки в 2 раза, что свидетельствует о целесообразности его введения. Установлено, что хлебцы отличаются высоким содержанием наиболее значимых в питании минеральных элементов (калия, кальция, магния, натрия, фосфора); таким образом, новый продукт является функциональным.

**Ключевые слова:** питание подростков, обогащенные продукты, хлебобулочное изделие, хлебцы, краюшки, белково-минеральная добавка, треска, подсырная молочная сыворотка

**Для цитирования:** Ключко Н. Ю., Позднякова Д. А. Исследование по совершенствованию технологии хлебобулочного изделия, обогащенного рыбной белково-минеральной добавкой // Известия КГТУ. 2022. № 66. С. 103–111.

Original article

### **Study on the technology improvement of bakery products enriched with a fish protein-mineral additive**

**Nataliya Yu. Klyuchko<sup>1</sup>, Daria A. Pozdnyakova<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

<sup>1</sup> natalya.kluchko@klgtu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6708-9674>

<sup>2</sup> dakrup1202@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9868-0133>

**Abstract.** The article presents data from a survey of schoolchildren aged 15–16 years, showing their dietary preferences. It is emphasized that most teenagers prefer bakery and flour confectionery products as a snack. Therefore, it is important to increase the biological value of this product. It is also established that children do not consume enough fish protein, which is full-fledged and easily digestible. In this regard, the paper solves the problem of improving the technology of wheat crisp breads (crusty ends) by replacing part of the flour with rye and enriching it with protein and mineral additives. The latter is a composition obtained by the destruction of muscle, integumentary and bone tissues of fish raw materials in cheese whey. To determine the optimal parameters of this process, mathematical planning of the experiment has been carried out using a second-order central compositional plan for two factors: the degree of fineness of fish raw materials (2 times) and disaggregation duration (4 hours). The obtained protein-mineral additive is used in the production of rye-wheat loaves (crusty ends) by introducing it into the dough. The baked finished product is an attractive bakery product from light gray to light brown, well baked, with a uniform structure, without signs of undermixing, with a pleasant taste and smell with slightly pronounced fishy shades. The results of physico-chemical studies show an increase in the amount of protein by 47.3%, mineral substances – by 96.3 %. The indicator of the biological value of the protein is 124 %, which characterizes its balance. The utilitarianism coefficient of amino acids increases twice when a protein-mineral supplement is added to the standard recipe of bread, which indicates expediency of its introduction. It has been established that crisp breads are characterized by a high content of the most important mineral elements (potassium, calcium, magnesium, sodium, phosphorus), thus the new product is functional.

**Keywords:** nutrition of adolescents, enriched food products, bakery product, crisp breads, crusty ends, protein-mineral supplement, cod, cheese whey

**For citation:** Klyuchko N. Yu., Pozdnyakova D. A. Study on the technology improvement of bakery products enriched with a fish protein-mineral additive. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2022;(66):103–111.(in Russ.).

## ВВЕДЕНИЕ

Подростковый возраст 15–16 лет является ключевым периодом в развитии человеческого организма, когда завершается формирование органов и систем, происходит резкая гормональная перестройка, возникают качественные изменения в нервно-психической сфере.

Рацион питания современного школьника не соответствует физиологическим потребностям его организма. Минздрав России отмечает недостаточное употребление им животного белка, а также дефицит витаминов и минеральных веществ, преобладание углеводно-жирового компонента и животных жиров, избыток простых углеводов в пище [1, 2].

Проведенный нами опрос подростков в возрасте 15–16 лет показал, что большинство их питается 3 раза в день (45 %), хотя остаются и те, кто ограничивается 1–2 приемами пищи (32 %) [3]. Основным перекусом опрашиваемых детей являются фрукты, пицца, бутерброды, булочки и сладости (рис. 1).

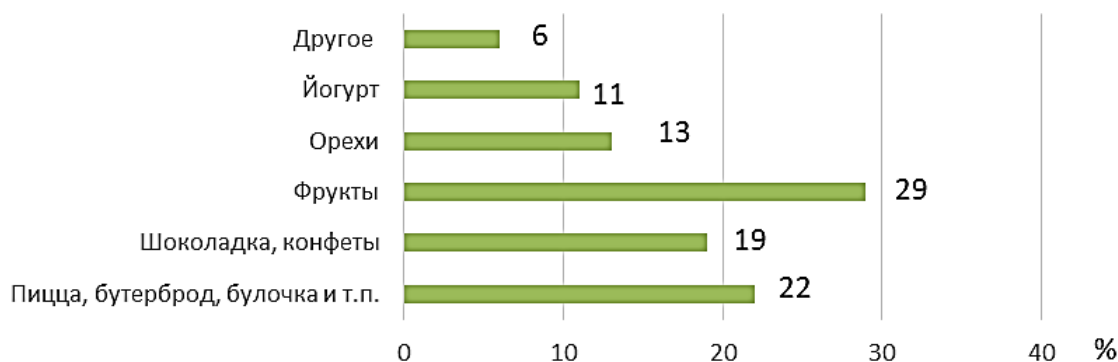


Рис. 1. Виды перекусов подростков 15–16 лет  
Fig. 1. Types of snacks for teenagers aged 15–16

Из рис. 1 видно, что 22 % приходится на хлебобулочные и мучные кондитерские изделия, которые, помимо школы, употребляются в достаточном объеме и дома. Опрос подтвердил, что сам хлеб – продукт ежедневного потребления большинства школьников, 48 % используют его каждый день. Самыми популярными среди хлебобулочных изделий являются хлеб из пшеничной (27 %) и ржано-пшеничной муки (25 %), с добавлением семян и орехов (19 %). В связи с этим актуально повышать биологическую ценность именно хлебобулочных изделий как продуктов, пользующихся наибольшим спросом среди детей.

Анализ рациона питания подростков также показал, что рыба – полноценный с биологической точки зрения продукт – популярна только у 17 %, поэтому обогащать хлебобулочные продукты, как изделия с высоким содержанием простых углеводов, рыбной белково-минеральной добавкой представляется актуальным [3–6].

Цель настоящей работы заключалась в совершенствовании технологии хлебных краюшек (хлебцев) из смеси ржаной и пшеничной муки путем их обогащения белково-минеральной добавкой на основе рыбного и молочного сырья.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В качестве базовой использовали классическую рецептуру пшеничных хлебцев [7], заменив часть муки на ржаную и введя в состав теста рыбную белковую добавку. Последнюю готовили из измельченной мышечной ткани трески балтийской (*Gadus morhua*) методом горячего ферментолиза [8]. Готовый продукт имел привлекательные органолептические свойства, при этом запах и вкус рыбы отсутствовали. Исследование химического состава показало увеличение белка, но не отметило существенного прироста минеральных веществ. Вследствие этого нами было предложено использовать не только мышечную ткань рыбы, но и ее опорно-каркасные и покровные ткани. Последние – источник кальция, фосфора, белка коллагена, которые являются строительными компонентами для растущего организма подростка, укрепления его опорно-двигательного аппарата.

Для размягчения рыбных тканей применяли кислотнo-ферментативный гидролиз в молочной сыворотке (подсырной). Она отличается низкой калорийностью и высокой биологической ценностью: содержит молочный белок, витамины группы В, а также комплекс таких минеральных соединений, как калий, натрий, кальций, магний, железо и др.

Для оптимизации процесса дезагрегации рыбного сырья тушку трески пропускали через волчок от 1 до 3 раз. Время дезагрегации варьировали от 2 до 4 ч. Гидро модуль "рыбный фарш : молочная подсырная сыворотка" составил 1:1 при температуре 20–22 °С. рН начальный рыбно-молочной смеси составил 5,8–6,0, что близко к оптимальному значению работы катепсинов мышечной ткани рыбного сырья, молочно-кислой микрофлоры и химозина – сычужного фермента, остающегося в сыворотке после получения сыра.

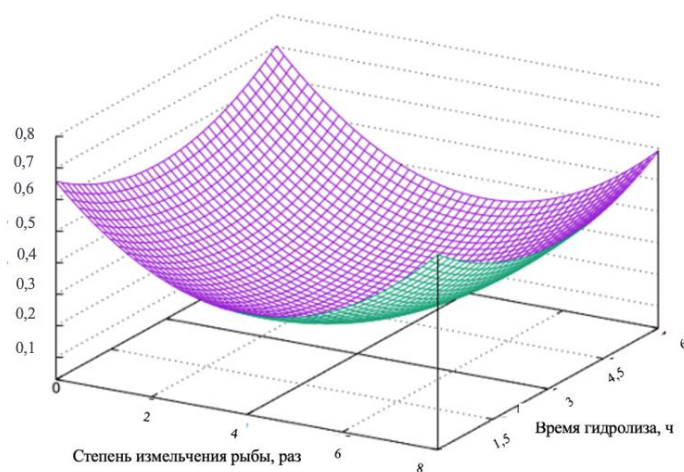


Рис. 2. Геометрическая модель оптимизации процесса дезагрегации рыбного сырья в молочной подсырной сыворотке

Fig. 2. Geometric model of optimization of the disaggregation process of fish raw materials in cheese whey

Реализация плана эксперимента и обработка полученных данных позволили рассчитать уравнение, адекватно связывающее обобщенный параметр оптимизации с изменяемыми факторами, которое дает возможность максимально де-структурировать белково-минеральную массу при сохранении привлекательных ор-

ганолептических показателей. На рис. 2 показана геометрическая модель оптимизации процесса дезагрегации рыбного сырья в молочной подсырной сыворотке. Оптимальные параметры составили: 2,05 раза – степень измельчения рыбного сырья, принимаем соответственно 2 раза, 3,92 ч – продолжительность дезагрегации, принимаем 4 ч.

Дегустаторами проведена оценка контрольных и экспериментальных образцов продукции (соответственно, без и с введением белково-минеральной добавки) профильным методом по интенсивности с использованием разработанных характеристик. Индивидуальные оценки экспертов заносились в дегустационные листы, после чего был построен профиль вкуса данных образцов хлебобулочных изделий (рис. 3).

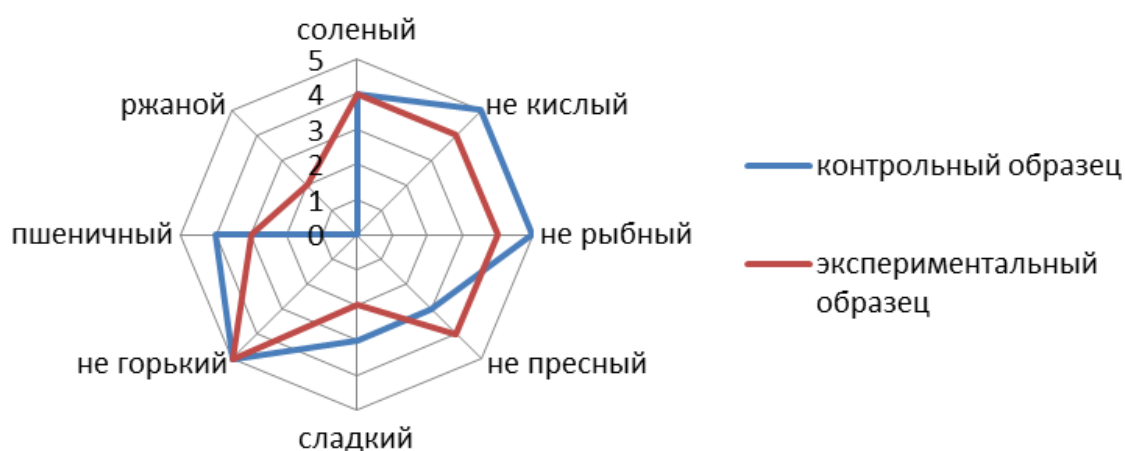


Рис. 3. Профиль вкуса хлебцев  
Fig. 3. Crisp bread flavor profile

Физико-химические показатели качества контрольных и экспериментальных образцов хлебобулочных изделий показаны в табл. 1. Результаты исследований продемонстрировали увеличение количества белка на 47,3, минеральных веществ – на 96,3 %.

В табл. 2 представлены результаты содержания аминокислот (АК) и сравнительного анализа аминокислотного сора экспериментальных и контрольных образцов. Из данных таблицы видно, что белок хлебцев с внесением белково-минеральной добавки более сбалансирован по составу. Показатель его биологической ценности равен 124 %, что и характеризует эту сбалансированность. Коэффициент утилитарности аминокислот возрос при добавлении в стандартную рецептуру хлебцев белково-минеральной добавки, что свидетельствует о целесообразности его введения в рецептуру для обогащения продукта полноценным животным белком, который так необходим для растущего организма.

Таблица 1. Физико-химические показатели экспериментальных и контрольных образцов хлебцев

Table 1. Physico-chemical parameters of experimental and control samples of bread

| Наименование показателя                 | Экспериментальные образцы (с белково-минеральной добавкой) | Контрольные образцы (без белково-минеральной добавки) |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Массовая доля влаги, %                  | 31,10                                                      | 31,00                                                 |
| Массовая доля белка, %                  | 15,10                                                      | 10,25                                                 |
| Массовая доля жира, %                   | 0,70                                                       | 0,85                                                  |
| Массовая доля углеводов, %*             | 50,45                                                      | 56,55                                                 |
| Массовая доля минеральных веществ, %    | 2,65                                                       | 1,35                                                  |
| Кислотность, pH                         | 0,2                                                        | 0,1                                                   |
| Энергетическая ценность продукта, ккал* | 262,99                                                     | 265,65                                                |

\* данные получены расчетным путем

Таблица 2. Расчетные показатели аминокислотного сора экспериментальных и контрольных образцов хлебцев

Table 2. Calculated indicators of amino acid score of experimental and control bread samples

| Незаменимая АК                                  | Содержание АК в белке "эталона" ФАО/ВОЗ, г/100 г | Контрольные образцы (без белково-минеральной добавки) |             | Экспериментальные образцы (с белково-минеральной добавкой) |             |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------|-------------|
|                                                 |                                                  | Содержание АК, г/100 г белка                          | АК скор*, % | Содержание АК, г/100 г белка                               | АК скор*, % |
| Валин                                           | 5,00                                             | 4,5                                                   | 90,00       | 4,89                                                       | 97,80       |
| Изолейцин + лейцин                              | 11,00                                            | 9,18                                                  | 83,45       | 10,19                                                      | 92,64       |
| Лизин                                           | 5,50                                             | 2,52                                                  | 45,81       | 3,60                                                       | 65,45       |
| Метионин + цистин                               | 3,50                                             | 2,60                                                  | 74,29       | 3,59                                                       | 102,57      |
| Треонин                                         | 4,00                                             | 2,30                                                  | 57,50       | 3,27                                                       | 81,75       |
| Триптофан                                       | 1,00                                             | 0,91                                                  | 91,00       | 1,03                                                       | 103,00      |
| Фенилаланин + тирозин                           | 6,00                                             | 7,39                                                  | 123,16      | 7,44                                                       | 124,00      |
| Сумма:                                          | 36,00                                            | 29,4                                                  |             | 34,01                                                      |             |
| БЦ*, %                                          |                                                  | 86,81                                                 |             | 96,76                                                      |             |
| Коэффициент утилитарности АК состава*, дол. ед. |                                                  | 0,62                                                  |             | 0,79                                                       |             |

\* данные получены расчетным путем

В табл. 3 и 4 предложены результаты исследования минеральных веществ и расчета удовлетворения в их суточной потребности в классическом и обогащенном хлебобулочном продуктах при употреблении 150 г хлебцев в сутки.

Таблица 3. Содержание минеральных веществ в хлебах

Table 3. Content of mineral substances in crisp breads

| Содержание минеральных веществ | Экспериментальные образцы (с белково-минеральной добавкой) | Контрольные образцы (без белково-минеральной добавки) | Суточная потребность* |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------|
| Калий, мг%                     | 270,00                                                     | 220,00                                                | 2500 мг               |
| Кальций, мг%                   | 110,00                                                     | 50,00                                                 | 1000–1200 мг          |
| Магний, мг%                    | 50,00                                                      | 29,40                                                 | 400 мг                |
| Натрий, мг%                    | 730,00                                                     | 720,00                                                | 1300 мг               |
| Фосфор, мг%                    | 220,00                                                     | 200,00                                                | 800 мг                |
| Железо, мг%                    | 1,50                                                       | 1,50                                                  | 10–18 мг              |
| Марганец, мг%                  | 0,09                                                       | 0,09                                                  | 2 мг                  |
| Цинк, мг%                      | 0,55                                                       | 0,55                                                  | 12 мг                 |
| Медь, мг%                      | 0,01                                                       | 0,01                                                  | 1 мг                  |
| Селен, мкг%                    | 4,44                                                       | 4,44                                                  | 5–70 мкг              |
| Хром, мкг%                     | 20,00                                                      | 20,00                                                 | 50–200 мкг            |

Примечание. \* На основании МР 2.3.1.2432-08 "Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ"

Таблица 4. Расчетные показатели в удовлетворении суточной потребности минеральных веществ в ржано-пшеничных хлебах, обогащенных белково-минеральной добавкой

Table 4. Calculated indicators in meeting the daily requirement of minerals in rye-wheat crisp breads enriched with a protein-mineral supplement

| Содержание минеральных веществ | Количество, мг/150 г хлебцев | Суточная норма потребности | Удовлетворение суточной потребности* | Функциональность продукта по данному компоненту |
|--------------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Калий, мг %                    | 405,00                       | 2500 мг                    | 16,2                                 | Функциональный                                  |
| Кальций, мг %                  | 165,00                       | 1000 мг                    | 16,5                                 | "-                                              |
| Магний, мг %                   | 75,00                        | 400 мг                     | 18,75                                | "-                                              |
| Натрий, мг %                   | 1095                         | 1300 мг                    | 84,23                                | "-                                              |
| Фосфор, мг %                   | 330                          | 800 мг                     | 41,25                                | "-                                              |
| Железо, мг %                   | 2,25                         | 14 мг                      | 16,0                                 | "-                                              |
| Марганец, мг %                 | 0,135                        | 2 мг                       | 6,75                                 | Не функциональный                               |
| Цинк, мг %                     | 0,81                         | 12 мг                      | 6,75                                 | То же                                           |
| Медь, мг %                     | 0,015                        | 1 мг                       | 1,5                                  | "-                                              |
| Селен, мкг %                   | 6,66                         | 50 мкг                     | 13,32                                | "-                                              |
| Хром, мкг %                    | 30,00                        | 150 мкг                    | 2,00                                 | "-                                              |

Примечание. \* При употреблении 150 г хлебцев в сутки, %

Из данных табл. 3 и 4 видно, что обогащенные хлебцы отличаются высоким содержанием наиболее значимых в питании минеральных элементов (калия, кальция, магния, натрия, фосфора), т. е. продукт является функциональным. Особое значение имеют микроэлементы, не синтезируемые организмом (медь, цинк, марганец).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования по совершенствованию технологии хлебобулочного изделия для подростков путем замены части пшеничной муки на ржаную, введения в тесто белково-минеральной добавки, полученной путем кислотно-ферментативного гидролиза измельченной тушки трески балтийской в подсырной молочной сыворотке, показали их перспективность. Обогащенный продукт содержит в 1,7 раза больше белка и минеральных веществ. Показатель биологической ценности белка в новых хлебцах равен 96,76 %, что характеризует его сбалансированность. Проведенный расчет функциональности готового продукта (при употреблении 150 г/сут) удовлетворяет суточную потребность (%): в калии – на 16,2; фосфоре – 41,3; магнии – 18,8; натрии – 84,2; железе – 16,0; кальции – 16,5. Данные соединения необходимы для укрепления растущего организма подростков.

## Список источников

1. Коденцова В. М., Громова О. А., Макарова С. Г. Микронутриенты в питании детей и применение витаминно-минеральных комплексов // Педиатрическая фармакология. 2015. Т. 12, № 5. С. 1–6.
2. О возможности использования продуктов гидролиза коллагена гидробионтов в технологии хлебобулочных изделий / Ключко Н. Ю. [и др.] // Наука и образование. 2021. № 4(2). С. 1–8.
3. Skipping breakfast and a meal at school: its correlates in adiposity context. report from the ABC of healthy eating study of polish teenagers / L. Wadolowska et al. // Nutrients. 2019. N. 11(7), P. 1563.
4. The effect of different levels of protein concentrate silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) to the profiles mineral production test breads / S. Ghaffari et al. // Journal of Food Science and Technology (Iran). 2021. N. 18(11). P. 117–129.
5. Electronic sensory assessment of bread enriched with cobia (*Rachycentron canadum*) / G.A. Fagundes et al. // Journal of Food Process Engineering. 2021. P. 1458.
6. Fish support-frame and integumentary tissues in food biotechnology / E. S. Zemlyakova et al. // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 689 012035. 2021. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/689/1/012035/pdf> (дата обращения: 14.05.2022).
7. Ершов П. С. Сборник рецептов на хлеб и хлебобулочные изделия. Санкт-Петербург, 2010. 191 с.
8. Черногорцев А. П. Переработка мелкой рыбы на основе ферментированного сырья. Москва, 1973. 152 с.

## References

1. Kodentsova V. M., Gromova O. A., Makarova S. G. Mikronutrienty v pitanii detey i primeneniye vitaminno-mineral'nykh kompleksov [Micronutrients in child nutrition and the use of vitamin and mineral complexes]. *Pediatricheskaya farmakologiya*, 2015, vol. 12, no. 5, pp. 1–6.
2. Klyuchko N. Yu. [and others]. O vozmozhnosti ispol'zovaniya produktov gidroliza kollagena gidrobiontov v tekhnologii khlebobulochnykh izdeliy [About the possibility of using hydrolysis products of collagen hydrobionts in the technology of bakery products]. *Nauka i obrazovanie*, 2021, no. 4(2), pp. 1–8.
3. Wadolowska L. et al. Skipping breakfast and a meal at school: its correlates in adiposity context. report from the ABC of healthy eating study of polish teenagers. *Nutrients*, 2019, no. 11 (7), p. 1563.
4. Ghaffari S. et al. The effect of different levels of protein concentrate silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) to the profiles mineral production test breads. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*. 2021, no. 18 (111), pp. 117–129.
5. Fagundes G. A. et al. Electronic sensory assessment of bread enriched with cobia (*Rachycentron canadum*). *Journal of Food Process Engineering*, 2021, pp. 1458.
6. Zemlyakova E. S. et al. Fish support-frame and integumentary tissues in food biotechnology. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 689 012035. 2021, available at: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/689/1/012035/pdf> (Accessed 14 May 2022).
7. Ershov P. S. *Sbornik retseptur na khleb i khlebobulochnye izdeliya* [Collection of recipes for bread and bakery products]. Saint-Petersburg, 2010, 191 p.
8. Chernogortsev A. P. *Pererabotka melkoy ryby na osnove fermentirovannogo syr'ya* [Processing of small fish based on fermented raw materials]. Moscow, 1973, 152 p.

## Информация об авторах

**Н. Ю. Ключко** – кандидат технических наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии

**Д. А. Позднякова** – магистрантка кафедры пищевой биотехнологии

## Information about the authors

**N. Yu. Klyuchko** – PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Food Biotechnology

**D. A. Pozdnyakova** – Master student; Department of Food Biotechnology

Статья поступила в редакцию 23.05.2022; одобрена после рецензирования 27.05.2022; принята к публикации 31.05.2022

The article was submitted 23.05.2022; approved after reviewing 27.05.2022; accepted for publication 31.05.2022