

# ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

## FOOD TECHNOLOGY

УДК 664.6/.7:633.1:664.761

### Изменение функциональных свойств зерен злаковых культур в процессе их биоактивации

*Алехина Н.Н., Пономарева Е.И., Андреанова Т.С.*

**Аннотация.** Одним из приоритетных направлений развития пищевой промышленности является увеличение объемов выработки пищевых продуктов функционального назначения. При разработке таких продуктов зачастую применяют различные виды нетрадиционного сырья, в том числе целое зерно злаковых культур, отличающееся повышенным содержанием фитина. Снизить содержание в зерне указанного антинутриента можно путем его биоактивации, сопровождающейся изменением биотехнологического потенциала сырья. Целью исследований явилось оценка изменения функциональных свойств зерен злаковых культур в процессе их биоактивации. Исследовали изменение числа падения, содержания крахмала, моно- и дисахаридов, фитина, антиоксидантов и перевариваемости белков при биоактивации (набухании в питьевой воде) ржи и пшеницы в течение 54 ч при  $(19 \pm 0,5)$  °С. Установлено, что через 54 ч набухания пшеницы и ржи число падения снижалось в 1,8 и 2,3 раза, содержание крахмала – на 7,3 и 8,0 %, фитина – на 1,65 и 1,35 г, моно- и дисахаридов увеличивалось на 0,83 и 1,45 г, антиоксидантов – в 2,3 и 2,5 раза соответственно по сравнению с зерном пшеницы и ржи до биоактивации. Проведенный анализ функциональных свойств растительного сырья указывает на целесообразность применения биоактивированного зерна злаковых культур в технологии пищевых продуктов, что позволит снизить в них антипитательный эффект фитиновой кислоты и ее солей, повысить содержание антиоксидантов, улучшить перевариваемость белков.

**Ключевые слова:** пшеница, рожь, биоактивация, функциональные свойства.

**Для цитирования:** Алехина Н.Н., Пономарева Е.И., Андреанова Т.С. Изменение функциональных свойств зерен злаковых культур в процессе их биоактивации // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 3. С. 7–11.

### Changes in the functional properties of cereal grains in the process of their bioactivation

*Alekhina N.N., Ponomareva E.I., Andrianova T.S.*

**Abstract.** One of the priority directions of the development of the food industry is to increase the production of functional food products. When developing such products, various types of unconventional raw materials are often used, including whole grains of cereals, characterized by an increased content of phytin. It is possible to reduce the content of this antinutrient in the grain by bioactivating it, accompanied by a change in the biotechnological potential of the raw material. The aim of the research was to assess the changes in the functional properties of cereal grains during their bioactivation. The changes in the number of drops, starch content, mono- and disaccharides, phytin, antioxidants and protein digestibility were studied during bioactivation (swelling in drinking water) of rye and wheat for 54 hours at  $(19 \pm 0.5)$  °C. It was found that after 54 hours of swelling of wheat and rye, the number of drops decreased by 1.8 and 2.3 times, starch content – by 7.3 and 8.0%, phytin – by 1.65 and 1.35 g, mono- and disaccharides increased by 0.83 and 1.45 g, antioxidants – by 2.3 and 2.5 times, respectively, compared with wheat grain and rye before bioactivation. The analysis of the functional properties of plant raw materials indicates the expediency of using bioactivated grains of cereals in food technology, which will reduce the anti-nutritional effect of phytic acid and its salts in them, increase the content of antioxidants, improve the digestibility of proteins.

**Keywords:** wheat, rye, bioactivation, functional properties.

**For citation:** Alekhina N.N., Ponomareva E.I., Andreanova T.S. Changes in the functional properties of cereal grains in the process of their bioactivation. *Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]*. 2022. Vol. 9. No. 3. pp. 7–11. (In Russ.).

**Введение**

Одним из приоритетных направлений развития пищевой промышленности Российской Федерации является увеличение объемов выработки пищевых продуктов функционального назначения [1, 2, 3, 4, 5]. К перспективным направлениям производства таких видов изделий, в том числе хлебобулочных и мучных кондитерских, относится выработка их из целого зерна [8, 9, 10]. Однако такие пищевые продукты отличаются повышенным содержанием фитиновой кислоты и ее солей, связывающих такие важные для физиологии питания минеральные ве-

щества как кальций, фосфор, магний, железо и цинк [6]. Снизить их антипитательный эффект можно путем биоактивации (набухания, прорастивания) зерновых культур, сопровождающейся изменением их химического состава и функциональных свойств. Следует отметить, что такая обработка зерна повышает активность его ферментативного комплекса и отрицательно влияет на физико-химические показатели качества получаемого хлеба.

Целью исследований явилось оценка изменения функциональных свойств зерен злаковых культур в процессе их биоактивации.

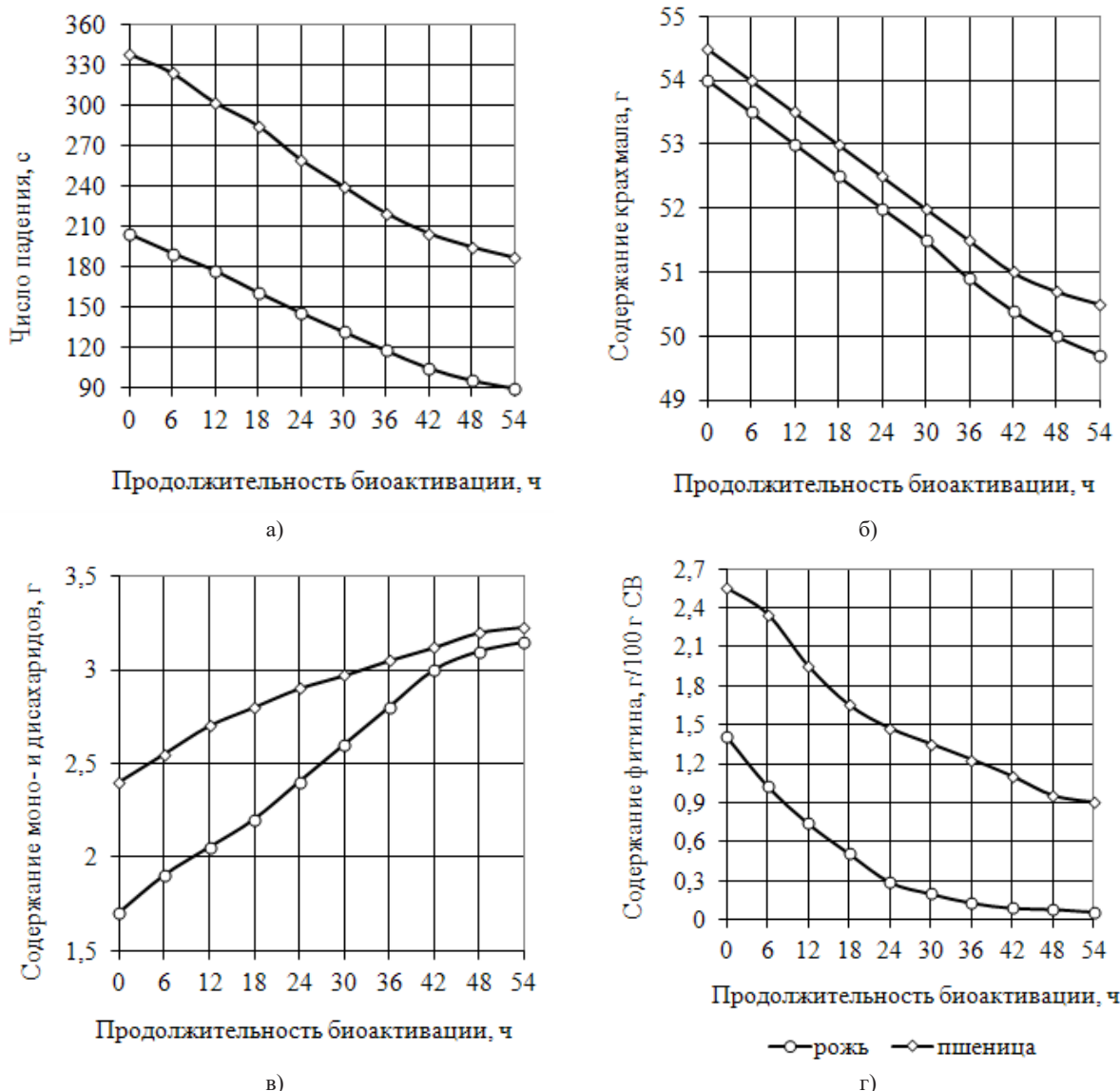


Рис. 1. Изменение числа падения (а), содержания крахмала (б), моно- и дисахаридов (в), фитина (г) в процессе биоактивации зерна пшеницы и ржи

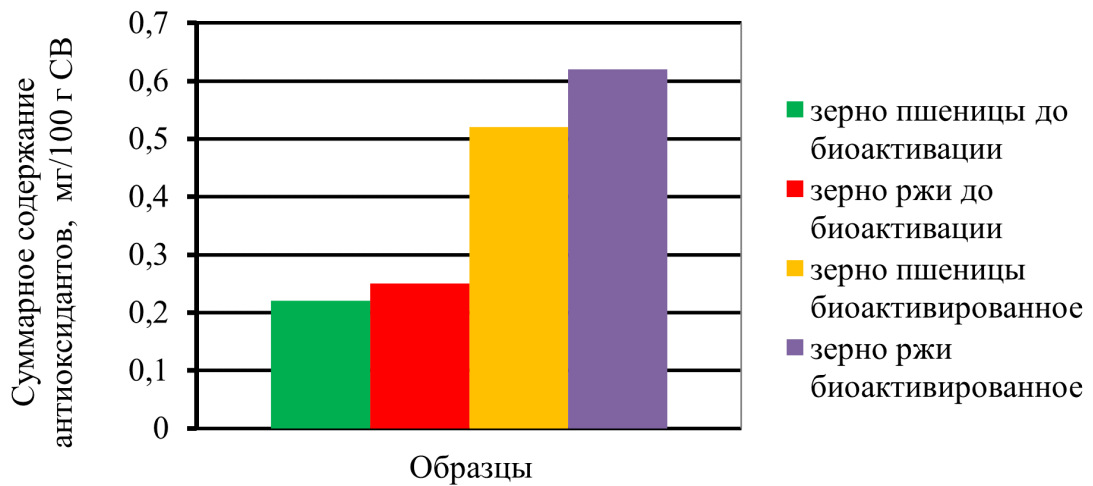


Рис. 2. Суммарное содержание антиоксидантов в пересчете на абсолютно сухую массу в нативных и биоактивированных зернах злаковых культурах

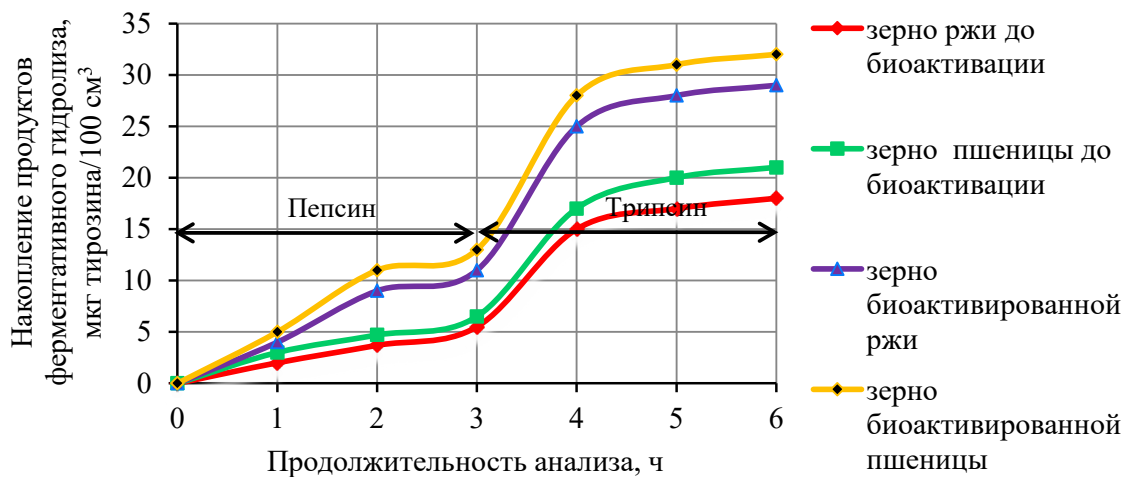


Рис. 3. Перевариваемость белков зерна системой «пепсин-трипсин»

### Объекты и методы исследования

Для решения поставленной цели исследовали изменение числа падения, содержания крахмала, моно- и дисахаридов, фитина, антиоксидантов, перевариваемость белков при биоактивации (набухании в питьевой воде) ржи и пшеницы в течение 54 ч при  $(19 \pm 0,5)$  °С. Число падения определяли по ГОСТ 27676-88, содержание белка – по ГОСТ Р 53951-2010, водорастворимых углеводов – по ГОСТ Р 51636-2000, крахмала – по ГОСТ 10845-98, фитина – колориметрическим методом на спектрофотометре ПЭ-5400 УФ (Экохим, Россия) при длине волны 625 нм, антиоксидантов – амперометрическим методом на приборе ЦветЯуза-01-АА, перевариваемость белков – методом *in vitro* под действием пищеварительных ферментов (пепсин, трипсин) [7].

### Результаты и их обсуждение

В процессе биоактивации зерна злаковых культур число падения снижалось (рисунок 1, а). Через 54 ч набухания число падения в пшенице и ржи уменьшалось на 45 % и на 56 % соответственно по сравнению с нативным зерном пшеницы и ржи (без биоактивации). Число падения в биоактивированном зерне ржи было значительно ниже, что обусловлено более активным его ферментативным комплексом.

В процессе набухания зерна злаковых культур содержание крахмала уменьшалось, а моно- и дисахаридов увеличивалось, что обусловлено гидролизом биополимера зерна под действием амилолитических ферментов, активность которых значительно увеличивается в ходе биоактивации (рисунок 1, б, в).

В результате проведенных исследований выявлено, что в процессе биоактивации зерна пшеницы и ржи в течение 54 ч число падения снижалось в 1,8

и 2,3 раза, содержание крахмала – на 7,3 и 8,0 %, моно- и дисахаридов увеличивалось на 0,83 и 1,45 г соответственно.

При набухании пшеницы и ржи в течение 54 ч при температуре (19±0,5) °С содержание фитина уменьшалось на 65 и 96 % соответственно по сравнению с нативным зерном (рисунок 1, г). Большая интенсивность снижения фитина в биоактивированной ржи обусловлена большей активностью в ней эндогенной фитазы, которая значительно увеличивается при биоактивации.

Из рисунка 2 видно, что суммарная антиоксидантная активность биоактивированного зерна пшеницы и ржи в течение 54 ч на 57,7 и 59,6 % соответственно выше по сравнению с нативным зерном, что обусловлено большим содержанием в них биофлавоноидов – антиоксидантов, защищающих клетки организма от повреждающего действия свободных радикалов и поддерживающих их нормальные функции, а также замедляющих процессы старения.

Графические зависимости перевариваемости белков нативных и биоактивированных зерен злаковых культур в течение 54 ч системой «пепсин-трипсин» представлены на рисунке 3.

Исследования перевариваемости образцов показали, что гидролиз белковых веществ нативного

зерна пшеницы под действием пищеварительных ферментов *in vitro* проходил медленнее, и после 6 ч его конечная концентрация аминокислоты тирозина была меньше на 35,0 % по сравнению с биоактивированным зерном пшеницы. Увеличение степени гидролиза белков набухших зерен злаковых культур под действием пищеварительных ферментов обусловлено частичным их гидролизом под действием протеолитических ферментов, активность которых при биоактивации увеличивается. Меньшая перевариваемость белков биоактивированного зерна ржи по сравнению с биоактивированной пшеницей обусловлена большим содержанием в нем пищевых волокон.

## Выводы

Таким образом, было выявлено влияние продолжительности биоактивации на изменение свойств и биологическое действие набухших зерен злаковых культур в эксперименте *in vitro*. Проведенный анализ биотехнологического потенциала растительного сырья указывает на целесообразность их использования в приготовлении пищевых продуктов, что позволит повысить в них содержание антиоксидантов, улучшить перевариваемость белков, снизить количество фитина.

## Литература

- [1] Курочкин А.А., Шматкова Н.Н., Шабурова Г.В. Технологические решения в производстве булочных изделий с повышенной пищевой ценностью / Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. - 2016. - Т. 6. № 4 (19). - С. 149-155.
- [2] Курочкин А.А., Шабурова Г.В. Аминокислотный состав экструдированного ячменя / Пиво и напитки. - 2008. - № 4. - С. 12.
- [3] Alekhina N.N., Ponomareva E.I., Lukina S.I., Smirnykh A.A. Grain Bread with Buckwheat Bran Flour for a Healthy Diet / Journal of Engineering and Applied Sciences, 2016. - Vol.11 (12). - p. 2623-2627.
- [4] Алехина Н.Н., Пономарева Е.И., Жаркова И.М., Гребенщиков А.В. Оценка функциональных свойств и показателей безопасности зернового хлеба с амарантовой мукой // Техника и технология пищевых производств. - 2021. - Т. 51, № 2. - С. 323-332.
- [5] Derkanosova N., Stakhurlova A., Pshenichnaya I., Ponomareva I. [et al.] Amaranth as a bread enriching ingredient // Foods and Raw Materials. - 2020. - Vol. 8(2). - p. 223-231.
- [6] Alekhina N.N., Ponomareva E.I., Zharkova I.M., Grebenshchikov A.V. Assessment of the bioavailability of minerals and antioxidant activity of grain bread in the experiment *in vivo* / Russian Open Medical Journal. - 2018. - Vol. 7(4). - p. 409.
- [7] Антипова Л.В., Дунченко Н.И. Химия пищи. – СПб.: Лань, 2018. – 856 с.

## References

- [1] Kurochkin A.A., Shmatkova N.N., Shaburova G.V. Tekhnologicheskie resheniya v proizvodstve bulochnykh izdelij s povyshennoj pishchevoj cennost'yu / Izvestiya vuzov. Prikladnaya himiya i biotekhnologiya. - 2016. - T. 6. No 4 (19). - pp. 149-155. (Technological solutions in the production of bakery products with high nutritional value).
- [2] Kurochkin A.A., Shaburova G.V. Amino acid composition of extruded barley / Beer and beverages. - 2008. - No. 4. - p. 12.
- [3] Alekhina N.N., Ponomareva E.I., Lukina S.I., Smirnykh A.A. Grain Bread with Buckwheat Bran Flour for a Healthy Diet / Journal of Engineering and Applied Sciences, 2016. - Vol.11 (12). - pp. 2623-2627.
- [4] Alekhina, N.N., Ponomareva, E.I., Zharkova, I.M., Grebenshchikov, A.V. Ocenka funkcionalnih svoistv i pokazatelei bezopasnosti zernovogo hleba s amarantovoi mukoi / Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. - 2021 - 51(2). - pp. 323-332. (Evaluation of functional properties and safety indicators of grain bread with amaranth flour).
- [5] Derkanosova N., Stakhurlova A., Pshenichnaya I., Ponomareva I. [et al.] Amaranth as a bread enriching ingredient // Foods and Raw Materials. - 2020. - Vol. 8(2). - pp. 223-231.
- [6] Alekhina N.N., Ponomareva E.I., Zharkova I.M., Grebenshchikov A.V. Assessment of the bioavailability of minerals and antioxidant activity of grain bread in

- [8] Оптимизация состава зернопродуктов при получении пивного сула с использованием экструдированного ячменя / Г. В. Шабурова, А. А. Курочкин, П. К. Воронина, Д. И. Фролов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – № 6(22). – С. 103-109. – EDN TKJLIH.
- [9] Рациональные технологические параметры при производстве поликомпонентного композита на основе семян льна / В. М. Зимняков, О. Н. Кухарев, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Нива Поволжья. – 2017. – № 4(45). – С. 157-163. – EDN ZTIERL.
- [10] Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, П. К. Гарькина [и др.] // Нива Поволжья. – 2019. – № 2(51). – С. 134-143. – EDN BIRIFZ.
- the experiment in vivo / Russian Open Medical Journal. – 2018. – Vol. 7(4). – p. 409.
- [7] Antipova L.V., Dunchenko N.I. Chemistry of food. – St. Petersburg : Lan, 2018. – 856 p.
- [8] Optimization of the composition of grain products when obtaining beer wort using extruded barley / G. V. Shaburova, A. A. Kurochkin, P. K. Voronina, D. I. Frolov // XXI century: results of the past and problems of the present plus . - 2014. - No. 6(22). - pp. 103-109. – EDN TKJLIH.
- [9] Rational technological parameters in the production of a polycomponent composite based on flax seeds / V. M. Zimnyakov, O. N. Kukharev, A. A. Kurochkin, D. I. Frolov // Niva Povolzhya. - 2017. - No. 4 (45). - pp. 157-163. – EDN ZTIERL.
- [10] Improving the efficiency of extrudate dehydration in the vacuum chamber of a modernized extruder / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, P. K. Garkina [et al.] // Niva Povolzhya. - 2019. - No. 2 (51). - pp. 134-143. – EDN BIRIFZ.

## Сведения об авторах

## Information about the authors

<p><b>Алехина Надежда Николаевна</b>            доктор технических наук            доцент кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств»            ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»            394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19  <b>Тел.:</b> +7(473) 255-38-51  <b>E-mail:</b> Nadinat@yandex.ru</p>	<p><b>Alekhina Nadezhda Nikolaevna</b>            D.Sc. in Technical Sciences            associate professor at the department of «Technology of bakery, confectionery, macaroni and grain processing industries»            Voronezh State University of Engineering Technologies  <b>Phone:</b> +7(473) 255-38-51  <b>E-mail:</b> Nadinat@yandex.ru</p>
<p><b>Пономарева Елена Ивановна</b>            доктор технических наук            профессор кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств»            ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»            394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19  <b>Тел.:</b>  <b>E-mail:</b> elena6815@yandex.ru</p>	<p><b>Ponomareva Elena Ivanovna</b>            D.Sc. in Technical Sciences            professor at the department of «Technology of bakery, confectionery, macaroni and grain processing industries»            Voronezh State University of Engineering Technologies  <b>Phone:</b>  <b>E-mail:</b> elena6815@yandex.ru</p>
<p><b>Андреанова Татьяна Сергеевна</b>            соискатель «Технология хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств»            ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»            394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19  <b>Тел.:</b>  <b>E-mail:</b> t.s.andreanova@gmail.com</p>	<p><b>Andreanova Tatyana Sergeevna</b>            applicant «Technology of bakery, confectionery, macaroni and grain processing industries»            Voronezh State University of Engineering Technologies  <b>Phone:</b>  <b>E-mail:</b> t.s.andreanova@gmail.com</p>