

## ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ СЫРЬЕВЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕСТА

*Н.В. Науменко, naumenkonv@susu.ru*

*И.В. Калинина, kalininaiv@susu.ru*

*Р.И. Фаткуллин, fatkullinri@susu.ru*

*Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия*

**Аннотация.** Развитие пищевой индустрии направлено на разработку продуктов с новыми потребительскими свойствами: высоким содержанием биологически активных веществ, пищевых волокон, витаминов, микро- и макроэлементов при сохранении всех органолептических свойств и достаточно низкой ценовой политике. В качестве одного из таких подходов может быть предложено использование сырьевого ингредиента – цельно-смолотой муки из пророщенного зерна. Данное сырье содержит в своем составе пищевые волокна, ряд витаминов и минеральных веществ, флавоноидов, полифенолов и др., однако ввиду высокой ферментативной активности может оказать негативное влияние на реологические свойства теста и, как следствие, качество готовых изделий. Целью исследования являлась оценка возможности использования и поиск оптимального количества внесения сырьевого ингредиента цельносмолотой муки из пророщенного зерна пшеницы в рецептуру хлеба как способа улучшения реологических свойств теста. Проведенные исследования показали, что использование нетрадиционного сырья в рецептуре хлеба путем частичной замены сортовой муки позволяет в значительной степени варьировать реологические характеристики и получать готовые изделия гарантированно высокого качества. Так, замена сортовой муки в количестве 15–20 % на данный сырьевой ингредиент позволяет получить более растяжимое, пластичное тесто (среднее значение растяжимости системы 136 мм), способное в достаточной степени удерживать накопившийся во время брожения диоксид углерода и формировать повышенный удельный объем готовых изделий. При данном соотношении присутствует достаточная устойчивость теста к замесу (10,03–9,53 мин) и отмечаются наиболее высокие значения показателя качества фаринографа (104–106 мм).

**Ключевые слова:** реологические свойства теста, сырьевой ингредиент, хлеб, хлебо-булочные изделия

**Благодарности.** Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ 23-26-00290. <https://rscf.ru/project/23-26-00290/>

**Для цитирования:** Науменко Н.В., Калинина И.В., Фаткуллин Р.И. Влияние растительных сырьевых ингредиентов на реологические свойства теста // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2024. Т. 12, № 4. С. 32–39. DOI: 10.14529/food240404

Original article  
DOI: 10.14529/food240404

## INFLUENCE OF PLANT RAW INGREDIENTS ON RHEOLOGICAL PROPERTIES OF DOUGH

*N.V. Naumenko*, [naumenkonv@susu.ru](mailto:naumenkonv@susu.ru)

*I.V. Kalinina*, [kalininaiv@susu.ru](mailto:kalininaiv@susu.ru)

*R.I. Fatkullin*, [fatkullinri@susu.ru](mailto:fatkullinri@susu.ru)

*South Ural State University, Chelyabinsk, Russia*

**Abstract.** The development of the food industry is aimed at developing products with new consumer properties: high content of biologically active substances, dietary fiber, vitamins, micro- and macroelements while maintaining all organoleptic properties and a fairly low price policy. As one of such approaches, the use of a raw ingredient – whole-grain flour from sprouted grain can be proposed. This raw material contains dietary fiber, a number of vitamins and minerals, flavonoids, polyphenols, etc., however, due to high enzymatic activity, it can have a negative effect on the rheological properties of the dough and, as a consequence, the quality of finished products. The purpose of the study was to assess the possibility of using and finding the optimal amount of introducing a raw ingredient of whole-grain flour from sprouted wheat into the bread recipe as a way to improve the rheological properties of the dough. The studies have shown that the use of non-traditional raw materials in the bread recipe by partially replacing varietal flour allows you to significantly vary the rheological characteristics and obtain finished products of guaranteed high quality. Thus, replacing 15–20 % of grade flour with this raw ingredient allows obtaining more extensible, plastic dough (average extensibility value of the system is 136 mm), capable of sufficiently retaining carbon dioxide accumulated during fermentation and forming an increased specific volume of finished products. With this ratio, there is sufficient dough resistance to kneading (10.03–9.53 min) and the highest values of the farinograph quality indicator are noted (104–106 mm).

**Keywords:** rheological properties of dough, raw ingredient, bread, bakery products

**Acknowledgments.** The study was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation grant 23-26-00290. <https://rscf.ru/project/23-26-00290/>

**For citation:** Naumenko N.V., Kalinina I.V., Fatkullin R.I. Influence of plant raw ingredients on rheological properties of dough. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2024, vol. 12, no. 4, pp. 32–39. (In Russ.) DOI: 10.14529/food240404

### Введение

Современное развитие пищевой индустрии направлено на создание продуктов с новыми потребительскими свойствами. Сегодня потребители все больше заботятся о своем здоровье, протекании метаболических процессов организма и перспективах сохранения качества жизни в долгосрочной перспективе. При этом обязательным условием успешного нахождения продукта на рынке являются его высокие органолептические свойства при достаточно низкой ценовой политике. Поэтому поиск путей совершенствования рецептуры, повышения качества и пищевой ценности данного сегмента продукции является актуальным [3, 5, 15].

В качестве одного из таких подходов может быть предложено использование сырьевого ингредиента – цельносмолотой муки из пророщенного зерна пшеницы. Внесение в рецептуру пророщенного зерна пшеницы, полученного в строго контролируемых условиях, позволяет обогатить конечные продукты антиоксидантами (флавоноидами, полифенолами и др.), пищевыми волокнами, витаминами и минеральными веществами [1, 2, 4]. Рядом авторов доказано, что регулярное потребление данного компонента позволяет снизить развитие сердечно-сосудистых заболеваний, рака и диабета 2-го типа [6, 7, 10].

Однако использование данного вида сырья связано с рисками ухудшения реологиче-

ских свойств теста и, как следствия, качества готовой продукции, так как в результате процесса проращивания инициируется синтез ряда ферментов, таких как  $\alpha$ -амилаза и  $\alpha$ -глюкозидаза, что приводит к частичному гидролизу крахмала до глюкозы, мальтозы и мальтотриозы, а также широкого спектра декстринов. Поэтому внесение данного сырьевого ингредиента в рецептуру хлебобулочных изделий возможно только путем частичной замены сортовой муки, подбором оптимальных реологических характеристик теста, что позволит получить готовую продукцию с высокими сенсорными характеристиками, повышенного удельного объема с тонкостенной развитой пористостью.

Целью исследования являлась оценка возможности использования и поиск оптимального количества внесения сырьевого ингредиента цельносмолотой муки из пророщенного зерна пшеницы в рецептуру хлеба как способа улучшения реологических свойств теста.

## **1. Материалы и методы**

### **1.1. Сырье**

Для получения теста было использовано следующие сырье:

- мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта производителя «АО «МАКФА»: влажность ( $13,3 \pm 0,5$ ) %; количество клейковины – ( $26,8 \pm 0,6$ ) %, качество клейковины – ( $64 \pm 4$ ) ед. ИДК, число падения – ( $342 \pm 10$ ) с; зольность – ( $0,75 \pm 0,3$ ) %. Медиана средневзвешенного размера частиц – ( $112 \pm 15$ ) мкм;
- сырьевой ингредиент: цельносмолотая мука из пророщенного зерна пшеницы, полученная по технологии, описанной ранее в публикациях [1, 2, 4]. Медиана средневзвешенного размера частиц – ( $110 \pm 15$ ) мкм.

### **1.2. Приготовление теста**

Для исследования реологических свойств теста использовались следующие образцы:

контроль – образцы теста из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта;

образец 1 – образцы теста из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта и сырьевого ингредиента в соотношении 90:10;

образец 2 – образцы теста из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта и сырьевого ингредиента в соотношении 85:15;

образец 3 – образцы теста из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта и сырьевого ингредиента в соотношении 80:20.

### **1.3. Методы исследований**

При изучении реологических свойств полученных смесей определяли показатели альвеографа (альвеограф модели Alveolab, производитель компания Chopin, Франция) и программного обеспечения Alveolink NG согласно ГОСТ Р 51415-99.

Реологические характеристики теста определяли показатели фаринографа согласно ГОСТ ISO 5530-1-2013 с использованием фаринографа Brabender (производитель компания Brabender GmbH & Co, Германия) и программного обеспечения Farinograph-TS 2.2.0 (Brabender GmbH & Co, Германия).

Все результаты исследований проводились в 3-кратной повторности и обрабатывались на основе методов математической статистики с использованием Microsoft Excel. Полученные данные представлены с доверительным коэффициентом 0,95.

## **2. Результаты и обсуждение**

Использование нетрадиционного сырья в рецептуре хлебобулочных изделий может негативно сказаться на формировании белкового каркаса и привести к негативным изменениям реологических свойств теста. Поэтому наиболее важно на основании результатов исследования реологических характеристик выявить оптимальные дозировки нетрадиционного сырья и в дальнейшем производить готовую продукцию с высокими потребительскими свойствами.

Характерный вид альвеограмм образцов муки пшеничной хлебопекарной (контроль) и модельных смесей представлен на рис. 1.

Реологические показатели контрольных и опытных образцов теста, полученные на альвеографе, представлены в табл. 1.

Исследование реологических свойств теста при различной вариации внесения сырьевого ингредиента из пророщенного зерна пшеницы при помощи альвеографа позволяет отследить деформационные характеристики, происходящие в процессе брожения. При проведении исследований в качестве контрольного образца была выбрана пшеничная хлебопекарная мука высшего сорта с заведомо высокими упругими характеристиками.

Частичная замена сортовой муки на сырьевой ингредиент значительно сказывается на упругости теста. Так, показатель «максимальное избыточное давление» при замене 10–15 % имеет незначительные колебания значе-

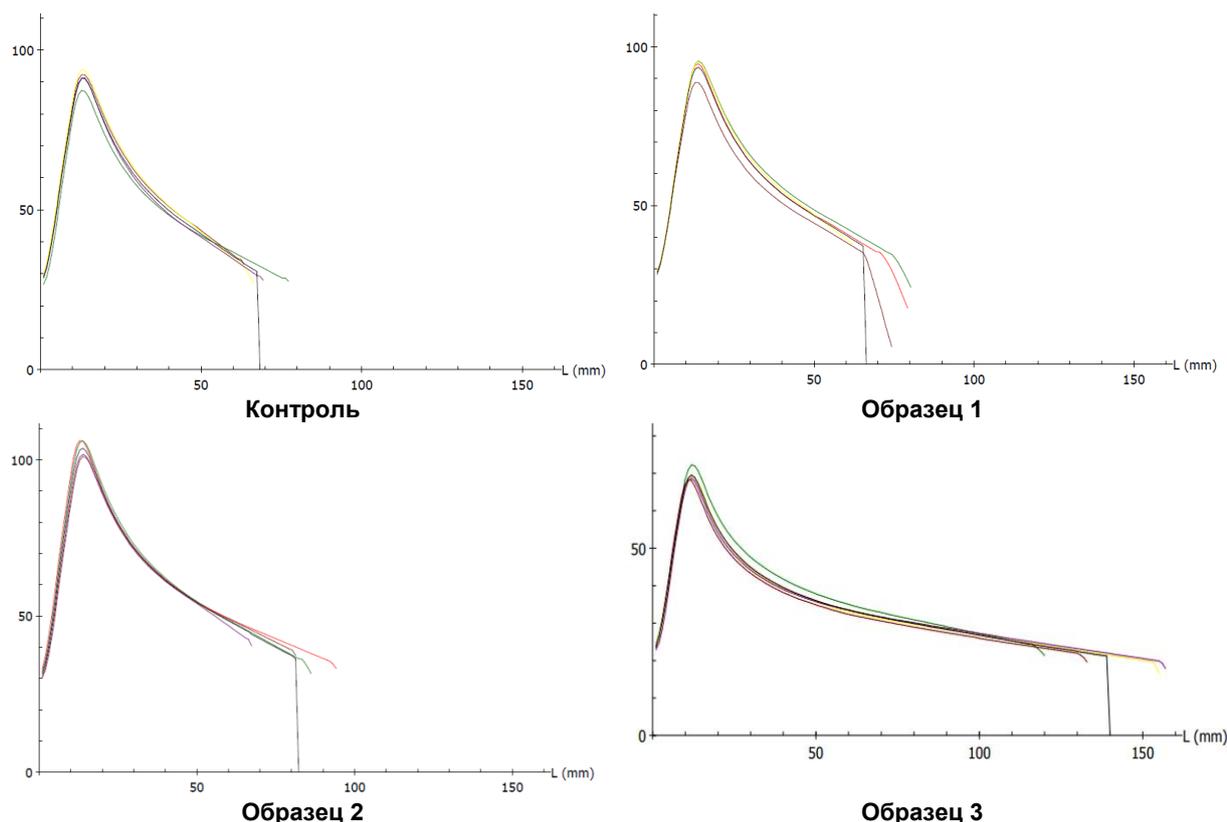


Рис. 1. Характерный вид альвеограмм образцов муки пшеничной хлебопекарной (контроль) и модельных смесей

Таблица 1  
Реологические показатели контрольных и опытных образцов теста, полученные на альвеографе

Наименование образца	Энергия деформации теста W, Дж	Максимальное избыточное давление P, мм вод. ст.	Средняя абсцисса при разрыве L, мм	Показатель формы кривой P/L, мм вод. ст. /мм	Индекс раздувания G, см <sup>3/2</sup>
Контроль	$239 \times 10^{-4}$	105	67	1,49	17,2
Образец 1	$249 \times 10^{-4}$	100	64	1,61	18,3
Образец 2	$315 \times 10^{-4}$	104	81	1,71	20
Образец 3	$324 \times 10^{-4}$	86	136	0,55	26,1

ний, а при 20 % данный показатель снижается на 18–20 %. Растяжимость системы (показатель L) сохраняет вышеописанную динамику и при замене 20 % показатели средней абсциссы увеличиваются практически в 2 раза. Необходимо отметить, что предварительно рекогносцировочными исследованиями было доказано, что замена более 20 % сортовой муки на сырьевой ингредиент приводит к формированию излишне растяжимого, липкого и не пластичного теста. Сила муки, характеризующаяся значениями показателя W, варьируется

в пределах изменения 10 % при замене сортовой муки на сырьевой ингредиент, при замене 15 и 20 % данный показатель увеличивается в среднем на 33 и 37 %.

Анализ полученного массива данных свидетельствует о том, что при использовании хлебопекарной муки с достаточно упругим и прочным клейковинным каркасом возможно использование сырьевых ингредиентов из пророщенного зерна пшеницы при замене сортовой муки в рецептуре в количестве 20 %. Если же основное сырье хлебопекарного про-

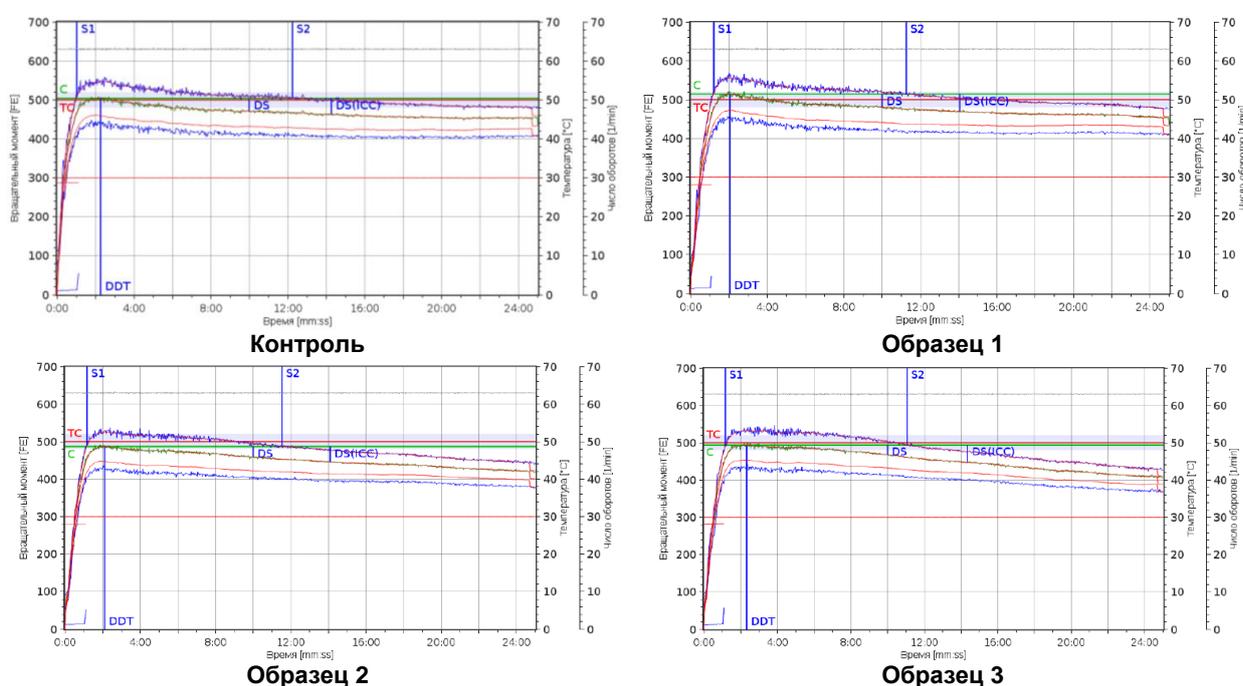
изводства имеет достаточно растяжимую, эластичную клейковину, количество заменяемой муки целесообразно снизить до 10–15 %.

На следующем этапе исследований были оценены реологические свойства контрольных и опытных образцов теста. Характерный вид фаринограмм, полученных с использованием фаринографа Brabender, представлен на рис. 2.

Полученные данные фаринографа (табл. 2) свидетельствуют, что замена сортовой муки на сырьевой ингредиент из цельно-смолотой из пророщенного зерна не влияет на время образования теста – статистически значимые различия для данного показателя не

установлены. Устойчивость теста к замесу снижается в пределах 9,8–14,3 %, что может быть связано с незначительным снижением количества клейковины, присутствием крупных агломератов частиц из белка и зерен крахмала, а также наличием оболочечных частиц зерна.

Анализ полученных данных позволяет сказать, что в процессе замеса теста снижаются значения показателей разжижения через 10 минут, при этом через 12 минут значения данного показателя выравниваются и находятся в рамках статистически не значимых различий, что свидетельствует об улучшении реологических свойств теста [8, 13, 17]. Полу-



**Рис. 2. Характерный вид фаринограмм образцов теста, полученных с использованием фаринографа Brabender**

**Таблица 2**  
**Усредненные результаты определения реологических показателей теста, полученные на фаринографе**

Номер образца	Устойчивость теста к замесу, мин	Степень разжижения теста через 10 мин после старта, ЕФ	Степень разжижения теста через 12 мин после старта (ICC), ЕФ	Показатель качества фаринографа, мм	Водопоглощение, %	Время образования теста, мин
Контроль	11,12	34	41	75	57,5	2,16
Образец 1	10,03	34	45	81	60,7	2,03
Образец 2	10,21	28	41	104	61,4	2,07
Образец 3	9,53	26	47	106	61,6	2,20

ченный сырьевой ингредиент характеризуется присутствием значительного количества частиц плодовых и семенных оболочек зерна пшеницы, которые богаты фенольными веществами, содержащимися как в свободном, так и в связанном состоянии. Роль этих фенольных соединений в формировании белковой сети может быть объяснена их способностью реагировать с сульфгидрильными группами белка или повышать скорость обмена сульфгидрилдисульфидных белков. В своих работах Nan и Koh [9, 11, 12, 14, 16] доказывают, что добавление фенольных кислот к тесту при замешивании уменьшает время образования теста и повышает его эластичность.

Водопоглотительная способность повышается в минимальном диапазоне, что связано с соразмерным гранулометрическим составом сырьевого ингредиента, растет устойчивость теста к замесу. При этом показатель качества фаринографа имеет положительную динамику и варьируется в среднем от 8 % для образца 1 до 41 % для образца 3. Данный факт позволяет рекомендовать сырьевой ингредиент для повышения эластичности теста, увеличения

удельного объема готовых изделий, а также получения развитой тонкостенной пористости вносить путем частичной замены пшеничной муки высшего сорта в рецептуру хлеба и хлебобулочных изделий.

#### Выводы

Таким образом, полученные результаты позволяют сказать, что использование нетрадиционного сырья в рецептуре хлеба путем частичной замены сортовой муки на цельно-смолотую из пророщенного зерна пшеницы позволяет в значительной степени варьировать реологические характеристики и получать готовые изделия гарантированно высокого качества. Так, замена сортовой муки в количестве 20 % на данный сырьевой ингредиент позволяет получить более растяжимое, пластичное тесто, способное в достаточной степени удерживать накопившийся во время брожения диоксид углерода и формировать повышенный удельный объем готовых изделий. При данном соотношении присутствует достаточная устойчивость теста к замесу и отмечаются наиболее высокие значения показателя качества фаринографа.

#### Список литературы

1. Возможности использования экотехнологий для минимизации продовольственных потерь / Н.В. Науменко, В.В. Ботвинникова, Л.П. Нилова и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2020. Т. 8, № 4. С. 69–76. DOI: 10.14529/food200409
2. Контролируемое проращивание зерновых культур – эффективный способ переработки низкачественного сырья / Н.В. Науменко [и др.] // Аграрная наука. 2023. 372(7). С. 149–154.
3. Меренкова С.П., Потороко И.Ю., Девяткин Д.И. Влияние растительных биоактивных добавок на технологические аспекты производства, пищевую ценность и потребительские характеристики хлеба из пшеничной обойной муки // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2022. № 6 (390). С. 34–40.
4. Науменко Н.В., Потороко И.Ю., Фильков А.А. Использование цельнозернового сырьевого ингредиента для улучшения потребительских свойств пищевых продуктов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2022. Т. 10, № 1. С. 39–48. DOI: 10.14529/food220105
5. Нилова Л.П., Малютенкова С.В. Продовольственная корзина для здорового питания в условиях мегаполиса // Международный научный журнал. 2017. № 4. С. 31–35.
6. Aune D., Keum N., Giovannucci E. et al. Whole grain consumption and the risk of cardiovascular disease, cancer, and all-cause and cause-specific mortality – a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies // BMJ. 2016. 353. DOI: 10.1136/bmj.i2716
7. Alvarez-Jubete L., Wijngaard H., Arendt E.K., Gallagher E. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking // Food Chemistry. 2010. V. 119. P. 770–778. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.07.032
8. Arora S., Jood S., Khetarpaul N. Effect of germination and probiotic fermentation on nutrient composition of barley based food mixtures // Food Chemistry. 2010. V. 119. P. 779–784. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.07.035
9. Goyal A. Effects of ultraviolet irradiation, pulsed electric field, hot water and ethanol vapours treatment on functional properties of mung bean sprouts / A. Goyal, S. Siddiqui, N. Upadhyay, J. Soni // Journal of food science and technology. 2014. Vol. 51, iss. 4. P. 708–714. DOI: 10.1007/s13197-011-0538-2

10. Ha K.S., Jo S.H., Mannam V. et al. Stimulation of phenolics, antioxidant and  $\alpha$ -glucosidase inhibitory activities during barley (*Hordeum vulgare* L.) seed germination // *Plant Foods for Human Nutrition*. 2016. V. 71. P. 211–217. DOI: 10.1007/s11130-016-0549-2
11. Han H.M., Koh B.K. Effect of phenolic acids on the rheological properties and proteins of hard wheat flour dough and bread // *Journal of the science of food and agriculture*. 2011. V. 91, iss. 13. P. 2495–2499. DOI: 10.1002/jsfa.4499
12. Jiménez T., Martínez-Anaya M.A. Amylases and hemicellulases in breadmaking. Degradation by-products and potential relationship with functionality // *Food science and technology international*. 2001. V. 7, iss. 1. P. 5–14. DOI: 10.1106/7u5g-5akq-hvbq-4xa0
13. Koehler P., Hartmann G., Wieser H., & Rychlik M. Changes of folates, dietary fiber, and proteins in wheat as affected by germination // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007. V. 55. P. 4678–4683. DOI: 10.1021/jf0633037
14. Kruger J.E., Matsuo R.R. Comparison of alpha-amylase and simple sugar levels in sound and germinated durum wheat during pasta processing and spaghetti cooking // *Cereal chemistry*. 1982. V. 59, iss. 1. P. 26–31.
15. Lemmens E., Moroni A. V., Pagand J. et al. Impact of cereal seed sprouting on its nutritional and technological properties: A critical review // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2019. V. 18. P. 305–328. DOI: 10.1111/1541-4337.12414
16. Matsushita K. The bread making qualities of bread dough supplemented with whole wheat flour and treated with enzymes / K. Matsushita, D. M. Santiago, T. Noda [et al.] // *Food science and technology research*. 2017. V. 23, iss. 3. P. 403–410. DOI: 10.3136/fstr.23.403
17. Tatiana Cauduro, Carolina T.S. D'Almeida, Bárbara Biduski et al. Whole wheat flour replaced by sprouted wheat improves phenolic compounds profile, rheological and bread-making properties // *Journal of Cereal Science*. 2023. V. 114, 103778. DOI: 10.1016/j.jcs.2023.103778

#### **References**

1. Naumenko N.V., Botvinnikova V.V., Nilova L.P., Sergeev A.A., Naumenko E.E., Stepanova D.S. Minimization of Food Losses with Ecotechnology Approaches Being Used. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2020, vol. 8, no. 4, pp. 69–76. (In Russ.) DOI: 10.14529/food200409
2. Naumenko N.V. [et al.] Controlled germination of grain crops is an effective way to process low-quality raw materials. *Agrarian science*, 2023, 372(7), pp. 149–154. (In Russ.)
3. Merenkova S.P., Potoroko I.Yu., Devyatkin D.I. Influence of plant bioactive additives on the technological aspects of production, nutritional value and consumer characteristics of bread from wholemeal wheat flour. *News of higher educational institutions. Food technology*, 2022, no. 6 (390), pp. 34–40. (In Russ.)
4. Naumenko N.V., Potoroko I.Yu., Filkov A.A. Use of a whole-grain raw ingredient to improve the consumer properties of food products. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2022, vol. 10, no. 1, pp. 39–48. (In Russ.) DOI: 10.14529/food220105
5. Nilova L.P., Malyutenkova S.V. Food basket for healthy nutrition in a megalopolis. *International Scientific Journal*, 2017, no. 4, pp. 31–35. (In Russ.)
6. Aune D., Keum N., Giovannucci E., Fadnes L., Boffetta P., Greenwood D., Tonstad S., Vatten L., Riboli E., Norat T. Whole grain consumption and the risk of cardiovascular disease, cancer, and all-cause and cause-specific mortality – a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *BMJ*, vol. 353 (2016). DOI: 10.1136/bmj.i2716
7. Alvarez-Jubete L., Wijngaard H., Arendt E.K., Gallagher Polyphenol E. composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Food Chemistry*, vol. 119 (2010), pp. 770–778. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.07.032
8. Arora S., Jood S., Khetarpaul N. Effect of germination and probiotic fermentation on nutrient composition of barley based food mixtures. *Food Chemistry*, vol. 119 (2010), pp. 779–784. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.07.035
9. Goyal A., Siddiqui S., Upadhyay N., Soni J. Effects of ultraviolet irradiation, pulsed electric field, hot water and ethanol vapours treatment on functional properties of mung bean sprouts. *Journal of food science and technology*, 2014, vol. 51, iss. 4, pp. 708–714. DOI: 10.1007/s13197-011-0538-2

10. Ha K.S., Jo S.H., Mannam V., Kwon Y.I., Apostolidis E. Stimulation of phenolics, antioxidant and  $\alpha$ -glucosidase inhibitory activities during barley (*Hordeum vulgare* L.) seed germination. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2016, vol. 71, pp. 211–217. DOI: 10.1007/s11130-016-0549-2
11. Han H.M., Koh B.K. Effect of phenolic acids on the rheological properties and proteins of hard wheat flour dough and bread. *Journal of the science of food and agriculture*, 2011, vol. 91, iss. 13, pp. 2495–2499. DOI: 10.1002/jsfa.4499
12. Jiménez T., Martínez-Anaya M.A. Amylases and hemicellulases in breadmaking. Degradation by-products and potential relationship with functionality. *Food science and technology international*, 2001, vol. 7, iss. 1, pp. 5–14. DOI: 10.1106/7u5g-5akq-hvbq-4xa0
13. Koehler P., Hartmann G., Wieser H., & Rychlik M. Changes of folates, dietary fiber, and proteins in wheat as affected by germination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2007, vol. 55, pp. 4678–4683. DOI: 10.1021/jf0633037
14. Kruger J.E., Matsuo R.R. Comparison of alpha-amylase and simple sugar levels in sound and germinated durum wheat during pasta processing and spaghetti cooking. *Cereal chemistry*, 1982, vol. 59, iss. 1, pp. 26–31.
15. Lemmens E., Moroni A.V., Pagand J., Heirbaut P., Ritala A., Karlen Y., L<sup>ê</sup> K., Vanden Broeck H.C., Brouns F.J.P.H., De Brier N., Delcour J.A. Impact of cereal seed sprouting on its nutritional and technological properties: A critical review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2019, vol. 18, pp. 305–328. DOI: 10.1111/1541-4337.12414
16. Matsushita K., Santiago D.M., Noda T. [et al.] The bread making qualities of bread dough supplemented with whole wheat flour and treated with enzymes. *Food science and technology research*, 2017, vol. 23, iss. 3, pp. 403–410. DOI: 10.3136/fstr.23.403
17. Tatiana Cauduro, Carolina T.S. D'Almeida, Bárbara Biduski, Alessandra dos Santos, Millena C. Barros Santos, Luciana R. da S. Lima, L.C. Cameron, Telma Elita Bertolin, Mariana S.L. Ferreira, Luiz Carlos Gutkoski Whole wheat flour replaced by sprouted wheat improves phenolic compounds profile, rheological and bread-making properties. *Journal of Cereal Science*, 2023, vol. 114, 103778, DOI: 10.1016/j.jcs.2023.103778.

#### **Информация об авторах**

**Науменко Наталья Владимировна**, доктор технических наук, профессор кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; naumenkonv@susu.ru

**Калинина Ирина Валерьевна**, доктор технических наук, профессор кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; kalininaiv@susu.ru

**Фаткуллин Ринат Ильгидарович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; fatkullinri@susu.ru

#### **Information about the authors**

**Natalia V. Naumenko**, Doctor of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; naumenkonv@susu.ru

**Irina V. Kalinina**, Doctor of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; kalininaiv@susu.ru

**Rinat I. Fatkullin**, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; fatkullinri@susu.ru

*Статья поступила в редакцию 15.08.2024*

*The article was submitted 15.08.2024*