Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2026-1-77-84 Оригинальная статья/Research article
УДК 664.655.016 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Влияние процесса прогрева при выпечке пшенично-тритикалевых полуфабрикатов высокой степени готовности на качество хлеба

Александр В. Быков [1] bykov@mgupp.ru 0000-0002-5480-4237
Наталья В. Лабутина [1] labutina@mgupp.ru 0000-0002-9810-8516
Элла О. Герасимова [1] gerasimovaeo@mgupp.ru 0000-0003-2714-4306
Наталья С. Быкова [1] anikina02@list.ru 0009-0006-9301-6862

1 Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия

Аннотация. Использование замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности в производстве хлеба и хлебобулочных изделий формирует одно из приоритетных и стратегически значимых направлений устойчивого развития современной хлебопекарной промышленности, с учетом производственных, логистических и экономических факторов. Применение данной технологии обеспечивает высокую операционную гибкость производственных мощностей различного масштаба, позволяя своевременно пополнять ассортимент продукции в соответствии с динамикой рыночного спроса. Заключительным этапом, определяющим качество хлеба из полуфабрикатов высокой степени готовности, является выпечка. Во время выпечки протекает совокупность взаимосвязанных теплофизических и биохимических процессов. Однако научная база, описывающая процесс прогрева и определяющая рациональные параметры выпечки полуфабрикатов высокой степени готовности, остается неполной и требует систематического подхода. В работе представлены результаты экспериментального исследования, направленного на изучение влияния различных соотношений пшеничной и тритикалевой муки в помольной смеси на температурные режимы внутренних слоев при выпечке пшенично-тритикалевого хлеба из полуфабрикатов высокой степени готовности. Были установлены начало и продолжительность теплофизических процессов, в ходе которых происходит формирование мякиша и образование корки. Для определения качества пшенично-тритикалевого хлеба полученные полуфабрикаты допекали в течение 5 минут при температуре (230 ± 5) °С. Осуществлен анализ полученных образцов пшенично-тритикалевого хлеба по органолептическим и физико-химическим показателям. В результате исследований установлено, что соотношение пшеничной и тритикалевой муки в помольной смеси 50/50 является оптимальным для получения готового хлеба высокого качества.

Ключевые слова: полуфабрикаты высокой степени готовности, пшенично-тритикалевый хлеб, процесс прогрева, теплофизические процессы, качество хлеба.

The effect of the heating process on the quality of high-grade wheat-triticale semi-finished products during baking

Alexander V. Bykov [1] bykov@mgupp.ru 0000-0002-5480-4237
Natalia V. Labutina [1] labutina@mgupp.ru 0000-0002-9810-8516
Ella O. Gerasimova [1] gerasimovaeo@mgupp.ru 0000-0003-2714-4306
Natalia S. Bykova [1] anikina02@list.ru 0009-0006-9301-6862

1 Russian Biotechnological University, Volokolamskoe Shosse, 11 Moscow, 125080, Russia

Abstract. The use of frozen semi-finished products with a high degree of readiness in the production of bread and bakery products forms one of the priority and strategically significant directions for the sustainable development of the modern bakery industry, taking into account production, logistical and economic factors. The use of this technology provides high operational flexibility of production facilities of various scales, allowing timely replenishment of the product range in accordance with the dynamics of market demand. The final stage that determines the quality of bread from semi-finished products of a high degree of readiness is baking. A set of interrelated thermophysical and biochemical processes takes place during baking. However, the scientific base describing the heating process and determining the rational parameters of baking semi-finished products with a high degree of readiness remains incomplete and requires a systematic approach. The paper presents the results of an experimental study aimed at studying the effect of different ratios of wheat and triticale flour in a grinding mixture on the temperature conditions of the inner layers when baking wheat-triticale bread from semi-finished products with a high degree of readiness. The beginning and duration of thermophysical processes, during which crumb formation and crust formation occur, were established. To determine the quality of wheat-triticale bread, the obtained semi-finished products were baked for 5 minutes at a temperature of (230 ± 5) ° C. The analysis of the obtained wheat-triticale bread samples according to organoleptic and physico-chemical parameters was carried out. Research has shown that a 50/50 ratio of wheat and triticale flour in the grinding mixture is the most optimal for producing high-quality bread.

Keywords: high-grade semi-finished products, wheat-triticale bread, heating process, thermophysical processes, bread quality.

Для цитирования
Быков А.В., Лабутина Н.В., Герасимова Э.О., Быкова Н.С. Влияние процесса прогрева при выпечке пшенично-тритикалевых полуфабрикатов высокой степени готовности на качество хлеба // Вестник ВГУИТ. 2026. Т. 88. № 1. С. 77–84. doi:10.20914/2310-1202-2026-1-77-84

For citation
Bykov A.V., Labutina N.V., Gerasimova E.O., Bykova N.S. The effect of the heating process on the quality of high-grade wheat-triticale semi-finished products during baking. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2026. vol. 88. no. 1. pp. 77–84. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2026-1-77-84

© 2026, Быков А.В. и др. / Bykov A.V. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

В настоящее время в России большой популярностью пользуется технология производства хлеба и хлебобулочных изделий из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности. Использование зерна из озимой тритикале способствует расширению ассортимента, а также повышению пищевой ценности готовых изделий. Помимо этого, полученная мука из зерна озимой тритикале оказывает положительное влияние при криоструктурировании полуфабрикатов высокой степени готовности. Ключевым элементом реализации данной технологии является этап выпечки, в результате которого формируются реологические свойства теста и в значительной степени определяются показатели качества готового изделия [1, 3, 8, 10]. Целью исследований является определение рациональных параметров выпечки пшенично-тритикалевого хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности. Реализация поставленной цели предусматривала решение комплекса задач, направленных на изучение влияния продолжительности выпечки на закономерности прогрева полуфабрикатов, предназначенных для замораживания.

Материалы и методы

Для изучения процесса прогрева пшенично-тритикалевых полуфабрикатов высокой степени готовности были выполнены пробные лабораторные выпечки, при различных соотношениях пшеничной и тритикалевой муки в помольных смесях. Экспериментальные исследования проводили при одностадийной выпечке образцов пшенично-тритикалевого хлеба при температуре (230 ± 5) °С. В качестве объектов исследования использовали тестовые заготовки, приготовленные из помольных смесей с различным соотношением пшеничной и тритикалевой муки – 50/50, 60/40, 70/30 и 80/20. В качестве контрольных образцов исследовали пробы, изготовленные соответственно из пшеничной муки (контроль 1) и тритикалевой муки (контроль 2). Регистрацию температуры выпекаемых тестовых заготовок осуществляли с применением термопар. Полученные образцы хлеба анализировали по органолептическим и физико-химическим показателям в соответствии с требованиями нормативно-технической документации.

Результаты

Для характеристики процесса прогрева при выпечке пшенично-тритикалевых полуфабрикатов высокой степени готовности фиксировали изменения температуры в различных слоях выпекаемых полуфабрикатов, предназначенных для последующего замораживания. На основании полученных данных были построены графические зависимости, позволяющие установить начало и продолжительность теплофизических процессов, сопровождающихся формированием мякиша и образованием корки [5, 6, 9].

На рисунках 1 и 2 представлены графики изменения температуры при выпечке контроля 1 и контроля 2 соответственно.

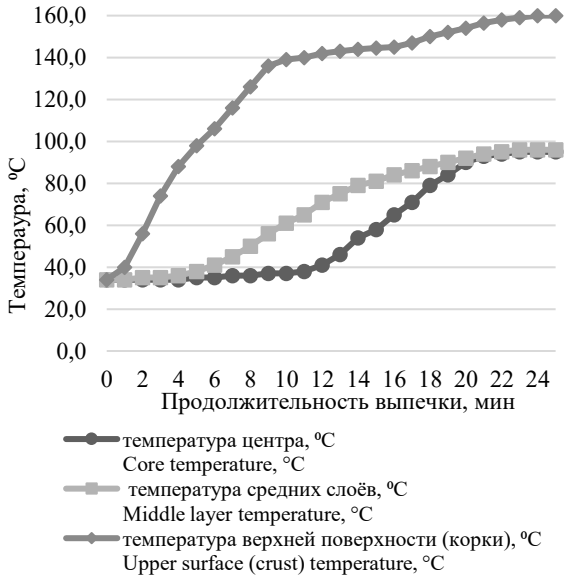


Рисунок 1. Изменение температуры от продолжительности выпечки пшеничного хлеба

Figure 1. Temperature changes from the duration of baking wheat bread

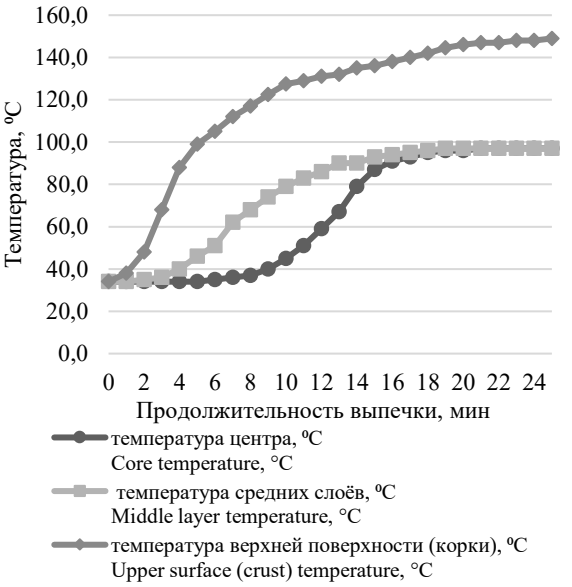


Рисунок 2. Изменение температуры от продолжительности выпечки тритикалевого хлеба

Figure 2. Temperature changes due to the baking time of triticale bread

В процессе выпечки наблюдается незначительное отличие скорости прогрева контрольных образцов. Происходит увеличение продолжительности наступления момента образования корки у образца из муки тритикале примерно на 1 минуту. Это влияет на момент уравнивания температуры внутренних слоев, который также наступает у образца из муки тритикале на 1–1,5 минуты позже. В целом процесс прогрева протекает одинаково.

На рисунках 3, 4, 5, 6 представлены температурные кривые, отражающие изменение температуры в ходе выпечки пшенично-тритикалевых полуфабрикатов при различных соотношения пшенично-тритикалевой муки в помольных смесях. Анализ полученных данных показал, что изменение соотношения не оказывает значимого влияния на продолжительность теплофизических процессов, происходящих при выпечке.

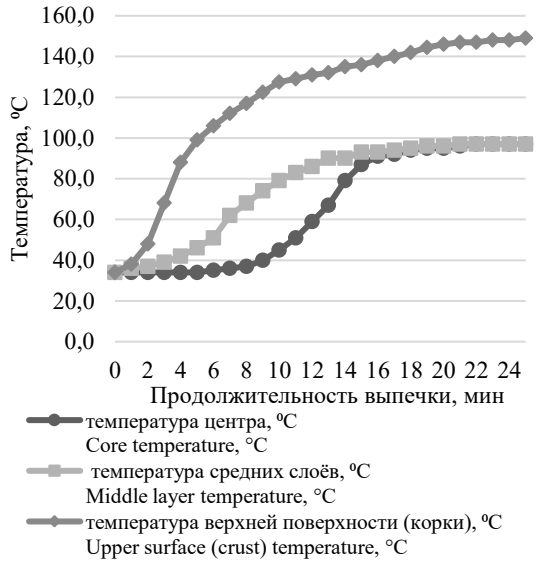


Рисунок 3. Изменение температуры от продолжительности выпечки пшенично-тритикалевого хлеба при соотношениях муки в помольных смесях 80/20

Figure 3. Temperature change from the baking time of wheat-triticale bread at flour ratios in grinding mixtures of 80/20

Начало момента достижения температуры верхней поверхности 100 °С, у рассматриваемых образцов наступает почти одновременно, с разницей у образцов с соотношением муки 80/20 и 50/50 не более 1 минуты. Температура внутренних слоев уравнивается на 20–21 минуте и достигает 95–96 °С. Для обеспечения высокого качества полуфабрикатов, предназначенных для замораживания, выпечку целесообразно завершать на 23–24 минуте, при условии стабилизации температуры во внутренних слоях изделия в течение 2–3 минут [5, 6, 9].

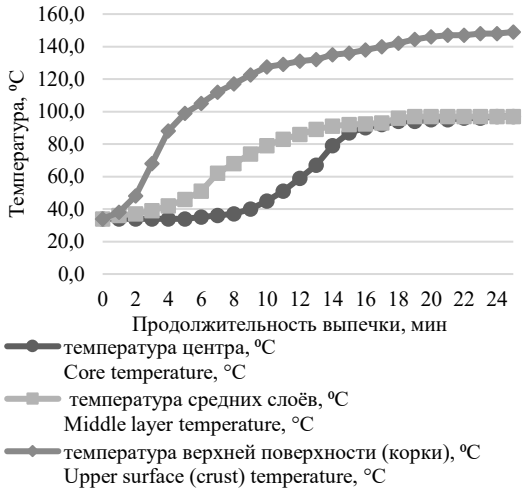


Рисунок 4. Изменение температуры от продолжительности выпечки пшенично-тритикалевого хлеба при соотношениях муки в помольных смесях 70/30

Figure 4. Temperature change from the baking time of wheat-triticale bread at flour ratios in grinding mixtures of 70/30

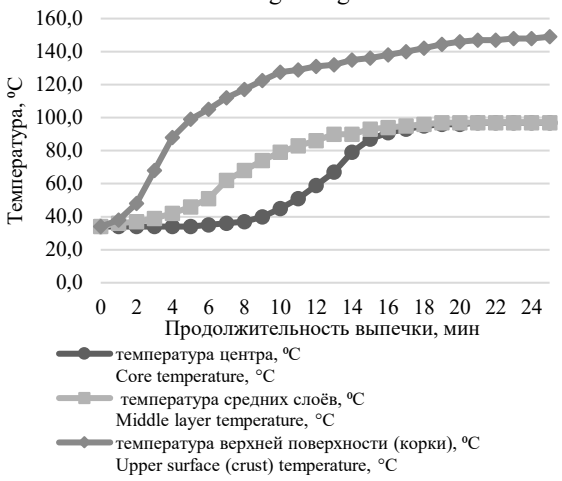


Рисунок 5. Изменение температуры от продолжительности выпечки пшенично-тритикалевого хлеба при соотношениях муки в помольных смесях 60/40

Figure 5. Temperature change from the baking time of wheat-triticale bread at flour ratios in grinding mixtures of 60/40

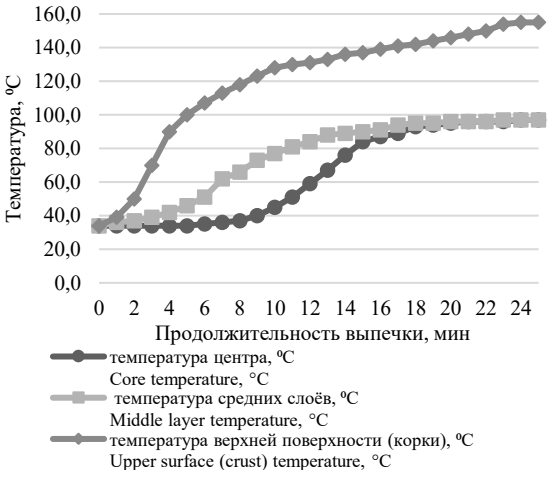


Рисунок 6. Изменение температуры от продолжительности выпечки пшенично-тритикалевого хлеба при соотношениях муки в помольных смесях 50/50

Figure 6. Temperature change from the baking time of wheat-triticale bread at flour ratios in grinding mixtures of 50/50

Таблица 1.

Скорости изменения температуры от продолжительности выпечки

Table 1.

The rate of temperature change from the duration of baking

Наименование исследуемого слоя, °С / мин Name of the studied layer, °С / min	Контроль 1 (из пшеничной муки) Control 1 (from wheat flour)	Контроль 2 (из тритикалевой муки) Control 2 (from triticale flour)	80/20	70/30	60/40	50/50
Верхняя поверхность (корка) Upper surface (crust)	2,5	2,2	2,5	2,5	2,5	2,5
Средние слои Middle layers	3,5	4,5	2,5	3,4	3,4	3,4
Центральные слои Central layers	7,4	3,2	7,4	7,4	7,4	6,9

По графикам изменения температуры от продолжительности выпечки были определены скорости роста температуры после момента начала образования корки до момента уравнивания температуры внутренних слоев путем линейной аппроксимации. Результаты представлены в таблице 1 и на рисунках 6, 7, 8, 9, 10, 11.

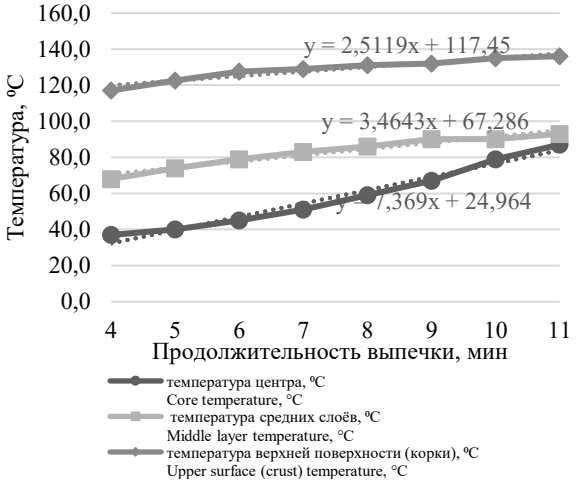


Рисунок 7. Изменение скорости роста температуры пшеничного хлеба

Figure 7. Change in the rate of temperature increase of wheat bread

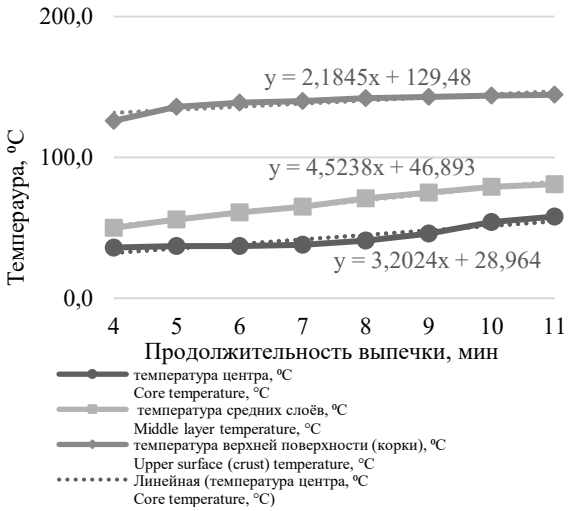


Рисунок 8. Изменение скорости роста температуры тритикалевого хлеба

Figure 8. Change in the rate of temperature increase of triticale bread



Рисунок 9. Изменение скорости роста температуры пшенично-тритикалевого хлеба при соотношениях муки в помольных смесях 80/20

Figure 9. Change in the rate of temperature increase of wheat-triticale bread at flour ratios in grinding mixtures of 80/20

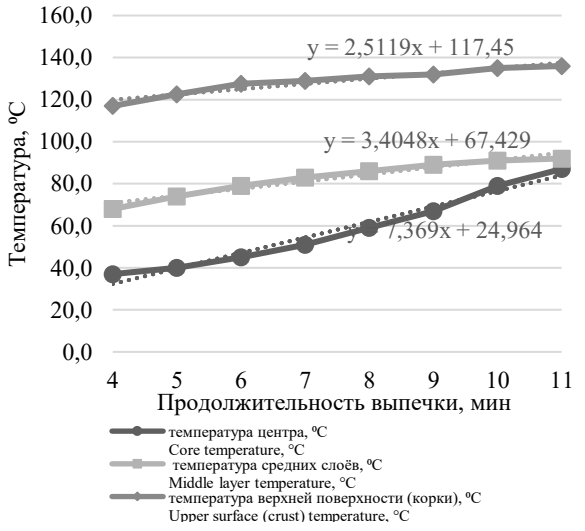


Рисунок 10. Изменение скорости роста температуры пшенично-тритикалевого хлеба при соотношениях муки в помольных смесях 70/30

Figure 10. Change in the rate of temperature increase of wheat-triticale bread at flour ratios in grinding mixtures of 70/30

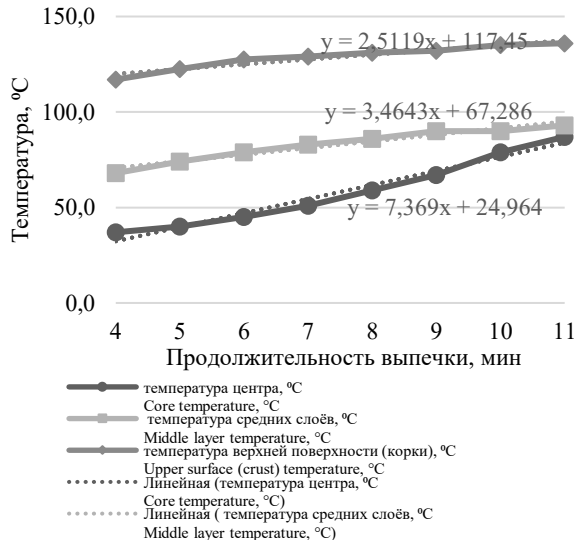


Рисунок 11. Изменение скорости роста температуры пшенично-тритикалевого хлеба при соотношениях муки в помольных смесях 60/40

Figure 11. Change in the rate of temperature increase of wheat-triticale bread at flour ratios in grinding mixtures of 60/40

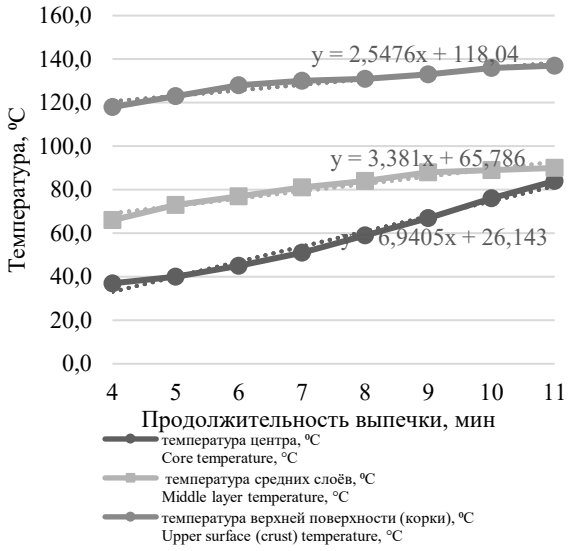


Рисунок 12. Изменение скорости роста температуры пшенично-тритикалевого хлеба при соотношениях муки в помольных смесях 50/50

Figure 12. Change in the rate of temperature increase of wheat-triticale bread with flour ratios in grinding mixtures of 50/50

Полученные результаты позволили сделать вывод, что изменение соотношения пшеничной и тритикалевой муки в помольных смесях оказывает минимальное влияние на продолжительность процесса выпечки.

Для определения качества пшенично-тритикалевого хлеба после размораживания допекали полуфабрикаты в течение 5 минут при температуре (230 ± 5) °С. Данные по влиянию различного количества тритикалевой муки на органолептические и физико-химические показатели качества хлеба представлены на рисунке 12 и в таблице 2.

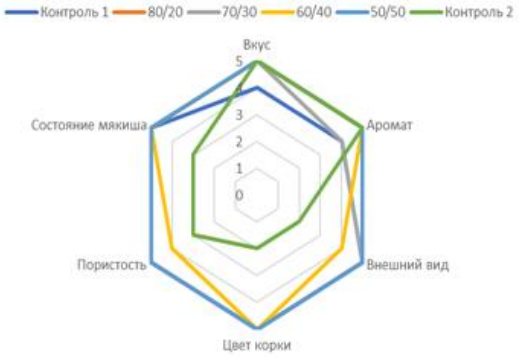


Рисунок 13. Органолептические показатели качества пшенично-тритикалевого хлеба

Figure 13. Organoleptic quality indicators of wheat-triticale bread

Образцы хлеба, полученные из пшеничной муки, а также из пшенично-тритикалевых помольных смесей при всех исследуемых соотношениях, характеризовались правильной формой и ровной поверхностью без признаков подрывов и трещин. Корка имела равномерную золотисто-коричневую окраску. Мякиш отличался однородным цветом, без визуальных признаков непромеса. Пористость исследуемых образцов была равномерной, при этом преобладали поры мелкого и среднего размера. Образцы хлеба, полученные из тритикалевой муки, существенно отличались по органолептическим показателям. Изделие соответствовало форме используемой для выпечки, однако не характеризовалось выраженной выпуклостью корки. На поверхности отсутствовали трещины и подрывы, при этом отмечалось наличие пузырей. Корка имела серовато-коричневую окраску, а мякиш был полностью пропечённым и эластичным, без следов непромеса, при этом пористость отличалась крупными и неравномерно распределёнными порами [4].

Установлены закономерности изменения органолептических и физико-химических показателей качества хлеба в зависимости от соотношения пшеничной и тритикалевой муки в помольных смесях. Полученные результаты показывают, что применение тритикалевой муки в количестве от 20 до 50% способствует улучшению показателей качества хлеба. Удельный объём и пористость оставались практически неизменными по сравнению с контролем.

Следует отметить, что при этом происходило улучшение органолептических показателей хлеба. Хлеб с добавлением тритикалевой муки имел более выраженный вкус и аромат, лучшую разжёвываемость мякиша.

Таблица 2.

Физико-химические показатели качества пшенично-тритикалевого хлеба

Table 2.

Physico-chemical quality indicators of wheat-triticale bread

Показатель Naming of the indicator	Контроль 1 (из пшеничной муки) Control 1 (made from wheat flour)	Контроль 2 (из тритикалевой муки) Control 2 (made from triticale flour)	80/20	70/30	60/40	50/50
Влажность, % Humidity, %	41,0	42,0	41,6	41,8	41,4	42,2
Кислотность, град Acidity, degree	3,0	3,8	3,6	3,4	3,2	3,2
Пористость, % Porosity, %	82,2	73,4	83,6	81,1	82,8	84,0
Удельный объём, $см^3/г$ Specific volume, cm3/g	3,35	2,56	3,63	3,52	3,48	3,62
Деформация общая, мм Total deformation, mm	26,94	9,33	18,91	16,58	23,75	20,38
Деформация пластическая, мм Plastic deformation, mm	18,29	6,07	12,34	11,44	17,90	15,01
Деформация упругая, мм Elastic deformation, mm	8,65	3,26	6,57	5,14	5,85	5,37

Заключение

Анализ полученных данных свидетельствует о влиянии соотношения пшеничной и тритикалевой муки в помольных смесях на физико-химические и органолептические показатели качества готового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности. Установленные рациональные режимы прогрева в зависимости от температуры в пекарной камере позволяют прогнозировать качество готового хлеба. При проведении выпечки с применением установленных рациональных режимов процесса прогрева полуфабрикатов высокой степени готовности, наилучшими показателями обладали образцы хлеба с соотношением пшенично-тритикалевой муки в помольной смеси 50/50.

Литература

1 Быков А.В., Дубенко Е.И., Буздаков Д.Р. и др. Исследование процессов замораживания и размораживания при производстве хлеба из пшенично-тритикалевых полуфабрикатов высокой степени готовности: систематический обзор // Хлебопродукты. 2023. № 6. С. 30–37.

2 Быков А.В., Лабутина Н.В., Кузьмич М.А., Кузьмич Л.С. Исследование влияния свойств муки на качество пшенично-тритикалевого хлеба из замороженных полуфабрикатов // Хлебопродукты. 2024. № 11. С. 58–63.

3 Дранников А.В., Полянский К.К., Домбровская Я.П., Дерканосова А.А., Колесник М.С. Разработка технологии пшенично-тритикалевого хлеба, устойчивого к микробиологической порче // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 1. С. 56–62. doi: 10.20914/2310-1202-2024-1-56-62

4 Дулов М.И. Органолептические и физико-химические показатели качества хлеба из муки пшеничной первого сорта с применением муки для детского и диетического питания из биоактивированного зерна овса голозерного // Инновационное развитие науки и образования. 2019. С. 113–121.

5 Герасимова Э.О. Влияние добавления жировых продуктов растительного происхождения и муки из семян чиа на процесс прогрева при выпечке ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности // Научные труды КубГТУ. 2019. С. 318–327.

6 Герасимова Э.О., Лабутина Н.В., Зудина Н.В., Козлов И.Д. Влияние режима выпечки на протекание теплофизических процессов при производстве ржано-пшеничного хлеба из полуфабрикатов высокой степени готовности // Пищевые технологии будущего: инновационные идеи, научный поиск, креативные решения. М.: Буки-Веди, 2019. С. 318–327.

7 Terentyev S.E., Labutina N.V. Features of technology for producing bread and bakery products from frozen semi-finished products // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. V. 979. № 1. P. 012025. doi: 10.1088/1755-1315/979/1/012025

8 Kandrokov R.K., Antropov D.Y., Anurov A.N. The Use of Fruit and Berry Raw Materials in the Technology of Production of Bakery Products from Frozen Semi-Finished Products // Biomedical Journal of Scientific & Technical Research. 2022. V. 44. № 3. P. 35509–35513. doi: 10.26717/BJSTR.2022.44.007043

9 Лялин А.В., Феськов О.А., Стрелюхина А.Н., Новикова Ж.В. Исследование параметров процесса замораживания тестовых заготовок и хлебобулочных изделий различной степени готовности // Хлебопечение России. 2024. Т. 68. № 1. С. 63–77.

10 Васильева Н.К., Мороз Н.Ю., Шевчук Д.С., Маркова М.С. Анализ рынка хлебобулочных изделий: региональный аспект // Вестник Академии знаний. 2025. № 1 (66). С. 114–120.

11 Алексюткина О.А., Савкин В.И. Современные проблемы и перспективы развития зернопродуктового подкомплекса: структурно-функциональная архитектура бизнес-процессов // Вестник аграрной науки. 2025. № 2 (113). С. 37–46.

12 Belyaev A.I., Pugacheva A.M., Taranova E.S. et al. The use of processed gourds products to improve properties of bakery products // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. V. 1052. № 1. P. 012007. doi: 10.1088/1755-1315/1052/1/012007

13 Sadeghi A., Ebrahimi M., Assadpour E., Jafari S.M. Recent advances in probiotic breads; a market trend in the functional bakery products // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2024. V. 64. № 33. P. 13163–13174. doi: 10.1080/10408398.2023.2258205

14 Shikhova O., Golubeva S., Shilova I. et al. Analysis of market prospects for bakery products based on the ranking of bakery producers in the region // BIO Web of Conferences. 2022. V. 52. P. 00053. doi: 10.1051/bioconf/20225200053

15 Mesta-Corral M., Gómez-García R., Balagurusamy N. et al. Technological and Nutritional Aspects of Bread Production: An overview of current status and future challenges // Foods. 2024. V. 13. № 13. P. 2062. doi: 10.3390/foods13132062

16 Olakanmi S.J., Bharathi V.S., Jayas D.S., Paliwal J. Innovations in nondestructive assessment of baked products: Current trends and future prospects // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2024. V. 23. № 4. P. e13385. doi: 10.1111/1541-4337.13385

17 Siddiqui S.A., Mahmud M.C., Abdi G. et al. New alternatives from sustainable sources to wheat in bakery foods: Science, technology, and challenges // Journal of Food Biochemistry. 2022. V. 46. № 9. P. e14185. doi: 10.1111/jfbc.14185

18 Šmídová Z., Rysová J. Gluten-free bread and bakery products technology // Foods. 2022. V. 11. № 3. P. 480. doi: 10.3390/foods11030480

19 Terentyev S.E., Goncharova N.Z., Vorobeva E.S. High technologies for the therapeutic bread production with the use of triticale flour // AIP Conference Proceedings. 2022. V. 2661. № 1. P. 060002. doi: 10.1063/5.0107591

20 Kh K.R. Effects of triticale flour on the quality of honey cookies // Foods and Raw Materials. 2023. V. 11. № 2. P. 215–222. doi: 10.21603/2308-4057-2023-2-567

References

1 Bykov A.V., Dubenko E.I., Buzdakov D.R. et al. Study of Freezing and Thawing Processes in the Production of Bread from Wheat-Triticale Semi-Finished Products of High Readiness: A Systematic Review. Khleboprodukty. 2023. no. 6. pp. 30–37. (in Russian).

2 Bykov A.V., Labutina N.V., Kuzmich M.A., Kuzmich L.S. Study of the Influence of Flour Properties on the Quality of Wheat-Triticale Bread from Frozen Semi-Finished Products. Khleboprodukty. 2024. no. 11. pp. 58–63. (in Russian).

3 Drannikov A.V., Polyansky K.K., Dombrovskaya Ya.P., Derkanosova A.A., Kolesnik M.S. Development of Technology for Wheat-Triticale Bread Resistant to Microbiological Spoilage. Bulletin of VSUET. 2024. vol. 86. no. 1. pp. 56–62. doi: 10.20914/2310-1202-2024-1-56-62 (in Russian).

4 Dulov M.I. Organoleptic and Physico-Chemical Quality Indicators of Bread Made from First-Grade Wheat Flour with the Use of Flour for Baby and Dietary Nutrition from Bioactivated Naked Oat Grain. Innovative Development of Science and Education. 2019. pp. 113–121. (in Russian).

5 Gerasimova E.O. Influence of Adding Vegetable Fat Products and Chia Seed Flour on the Heating Process During Baking of Rye-Wheat Pan Bread from Frozen Semi-Finished Products of High Readiness. Scientific Works of KubSTU. 2019. pp. 318–327. (in Russian).

6 Gerasimova E.O., Labutina N.V., Zudina N.V., Kozlov I.D. Influence of Baking Mode on the Course of Thermophysical Processes in the Production of Rye-Wheat Bread from Semi-Finished Products of High Readiness. In: Food Technologies of the Future: Innovative Ideas, Scientific Search, Creative Solutions. Moscow: Buki-Vedi, 2019. pp. 318–327. (in Russian).

7 Terentyev S.E., Labutina N.V. Features of technology for producing bread and bakery products from frozen semi-finished products. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. vol. 979. no. 1. article 012025. doi: 10.1088/1755-1315/979/1/012025.

8 Kandrokov R.K., Antropov D.Y., Anurov A.N. The Use of Fruit and Berry Raw Materials in the Technology of Production of Bakery Products from Frozen Semi-Finished Products. Biomedical Journal of Scientific & Technical Research. 2022. vol. 44. no. 3. pp. 35509–35513. doi: 10.26717/BJSTR.2022.44.007043.

9 Lyalin A.V., Feskov O.A., Strelukhina A.N., Novikova Zh.V. Study of the Parameters of the Freezing Process of Dough Pieces and Bakery Products of Various Degrees of Readiness. Baking in Russia. 2024. vol. 68. no. 1. pp. 63–77. (in Russian).

10 Vasilyeva N.K., Moroz N.Yu., Shevchuk D.S., Markova M.S. Analysis of the Bakery Products Market: Regional Aspect. Bulletin of the Academy of Knowledge. 2025. no. 1 (66). pp. 114–120. (in Russian).

11 Aleksyutkina O.A., Savkin V.I. Modern Problems and Prospects for the Development of the Grain Products Subcomplex: Structural and Functional Architecture of Business Processes. Bulletin of Agrarian Science. 2025. no. 2 (113). pp. 37–46. (in Russian).

12 Belyaev A.I., Pugacheva A.M., Taranova E.S. et al. The use of processed gourds products to improve properties of bakery products. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. vol. 1052. no. 1. article 012007. doi: 10.1088/1755-1315/1052/1/012007.

13 Sadeghi A., Ebrahimi M., Assadpour E., Jafari S.M. Recent advances in probiotic breads; a market trend in the functional bakery products. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2024. vol. 64. no. 33. pp. 13163–13174. doi: 10.1080/10408398.2023.2258205.

14 Shikhova O., Golubeva S., Shilova I. et al. Analysis of market prospects for bakery products based on the ranking of bakery producers in the region. BIO Web of Conferences. 2022. vol. 52. article 00053. doi: 10.1051/bioconf/20225200053.

15 Mesta-Corral M., Gómez-García R., Balagurusamy N. et al. Technological and Nutritional Aspects of Bread Production: An overview of current status and future challenges. Foods. 2024. vol. 13. no. 13. article 2062. doi: 10.3390/foods13132062.

16 Olakanmi S.J., Bharathi V.S., Jayas D.S., Paliwal J. Innovations in nondestructive assessment of baked products: Current trends and future prospects. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2024. vol. 23. no. 4. Article e13385. doi: 10.1111/1541-4337.13385.

17 Siddiqui S.A., Mahmud M.C., Abdi G. et al. New alternatives from sustainable sources to wheat in bakery foods: Science, technology, and challenges. Journal of Food Biochemistry. 2022. vol. 46. no. 9. article e14185. doi: 10.1111/jfbc.14185.

18 Šmídová Z., Rysová J. Gluten-free bread and bakery products technology. Foods. 2022. vol. 11. no. 3. article 480. doi: 10.3390/foods11030480.

19 Terentyev S.E., Goncharova N.Z., Vorobeva E.S. High technologies for the therapeutic bread production with the use of triticale flour. AIP Conference Proceedings. 2022. vol. 2661. no. 1. article 060002. doi: 10.1063/5.0107591.

20 Kh K.R. Effects of triticale flour on the quality of honey cookies. Foods and Raw Materials. 2023. vol. 11. no. 2. pp. 215–222. doi: 10.21603/2308-4057-2023-2-567.

Сведения об авторах

Александр В. Быков доцент, кафедра промышленной инженерии, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ) , Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия, bykov@mgupp.ru
https://orcid.org/0000-0002-5480-4237

Наталья В. Лабутина д.т.н., профессор, зав. научно-исследовательской кафедры сквозных технологий хлеба и хлебобулочных изделий, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия, labutina@mgupp.ru
https://orcid.org/0000-0002-9810-8516

Элла О. Герасимова к.т.н., и.о. зав. кафедрой физико-математических дисциплин, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия, gerasimovaeo@mgupp.ru
https://orcid.org/0000-0003-2714-4306

Наталья С. Быкова магистрант, кафедра пищевой безопасности, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия, anikina02@list.ru
https://orcid.org/0009-0006-9301-6862

Information about authors

Alexander V. Bykov Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, industrial engineering department, Russian Biotechnological University, Volokolamskoe Shosse, 11, Moscow, 125080, Russia, bykov@mgupp.ru
https://orcid.org/0000-0002-5480-4237

Natalia V. Labutina Dr. Sci. (Engin.), professor, Head of the Research Department of End-to-end Technologies of bread and bakery Products, Russian Biotechnological University, Volokolamskoe Shosse, 11, Moscow, 125080, Russia, labutina@mgupp.ru
https://orcid.org/0000-0002-9810-8516

Ella O. Gerasimova Cand. Sci. (Engin.), Acting Head of the Department of Physico-mathematical Disciplines, Russian Biotechnological University, Volokolamskoe Shosse, 11, Moscow, 125080, Russia, gerasimovaeo@mgupp.ru
https://orcid.org/0000-0003-2714-4306

Natalia S. Bykova master's student, food safety department, Russian Biotechnological University, Volokolamskoe Shosse, 11, Moscow, 125080, Russia, anikina02@list.ru
https://orcid.org/0009-0006-9301-6862

Вклад авторов

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

Contribution

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 13/01/2026 **После редакции** 26/01/2026 **Принята в печать** 17/02/2026

Received 13/01/2026 **Accepted in revised** 26/01/2026 **Accepted** 17/02/2026