

Варианты заморозки полуфабрикатов из биоактивированной пшеницы в технологии хлеба зернового

Надежда Н. Алёхина¹ nadinat@yandex.ru  0000-0002-3317-9858Ирина А. Бакаева¹ irina_losevo@mail.ru  0000-0001-8738-1632¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. В настоящее время актуальными являются исследования, посвященные замораживанию полуфабрикатов хлебопекарного производства и готовых хлебобулочных изделий, особенно из биоактивированного зерна пшеницы, так как данная продукция имеет профилактическую и функциональную направленность за счет ценного химического состава. Поэтому на первой стадии изучали влияние вариантов замораживания на изменение температуры и скорости замораживания полуфабриката, на второй – оценивали органолептические и физико-химические показатели качества хлеба, полученного с применением разных вариантов замораживания, на третьей – строили циклограммы процесса приготовления хлеба на основе замороженных полуфабрикатов из биоактивированной пшеницы. Объектами исследования являлись образцы полуфабрикатов из биоактивированной пшеницы, приготовленные с применением четырех вариантов замораживания полуфабрикатов: теста после замеса, тестовых заготовок после формования, расстойки и с готовностью на 70-75 %. Указанные образцы подвергали шоковой заморозке при температуре -35 °С до достижения температуры в центре -18 °С. В результате исследований установлены три периода процесса замораживания для теста, тестовых заготовок и полувыпеченных изделий из биоактивированного зерна пшеницы. Наибольшей была продолжительность замораживания до -18 °С полуфабрикатов повышенной степени готовности (вариант № 4), наименьшей – при замораживании теста после замеса (вариант № 1). Наилучшие органолептические и физико-химические показатели качества готовых изделий наблюдались в образцах хлеба, приготовленных по вариантам № 1 и № 4. На основе проведенных исследований разработана технология хлеба «Айсбрэд» и построены циклограммы, визуально отражающие основные стадии его технологического процесса.

Ключевые слова: биоактивированная пшеница, полуфабрикат, замораживание, зерновой хлеб, показатели качества.

Options for freezing semi-finished products from bioactivated wheat in grain bread technology

Nadezhda N. Alekhina¹ nadinat@yandex.ru  0000-0002-3317-9858Irina A. Bakaeva¹ irina_losevo@mail.ru  0000-0001-8738-1632¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. Currently, studies on the freezing of semi-finished bakery products and finished bakery products, especially from bioactivated wheat grain, are relevant, since these products have a preventive and functional orientation due to their valuable chemical composition. Therefore, at the first stage, the effect of freezing options on the change in temperature and freezing rate of the semi-finished product was studied, at the second - the organoleptic and physico-chemical quality indicators of bread obtained using different freezing options were evaluated, at the third - the cyclograms of the bread preparation process based on frozen semi-finished products from bioactivated wheat were built. The objects of the study were samples of semi-finished products from bioactivated wheat prepared using four options for freezing semi-finished products: dough after kneading, dough blanks after molding, proofing and with a readiness of 70-75 %. These samples were subjected to shock freezing at a temperature of -35 °C until the temperature in the center reached -18 °C. As a result of the research, three periods of the freezing process were established for dough, dough blanks and semi-baked products made of bioactivated wheat grain. The longest was the duration of freezing to -18 °C of semi-finished products of an increased degree of readiness (option № 4), the shortest was when freezing the dough after kneading (option № 1). The best organoleptic and physico-chemical indicators of the quality of finished products were observed in bread samples prepared according to variants № 1 and № 4. Based on the conducted research, the Icebread bread technology was developed and cyclograms were constructed that visually reflect the main stages of its technological process.

Keywords: bioactivated wheat, semi-finished product, freezing, grain bread, quality indicators.

Введение

Обеспечение населения граждан нашей страны безопасными, качественными и функциональными изделиями, в том числе хлебобулочными, является важнейшим направлением государственной политики Российской Федерации [1, 2]. Поэтому расширение ассортимента продуктов для здорового питания с использованием доступной сырьевой базы является одним из перспективных направлений пищевой промышленности. Данному направлению соответствует технология зернового хлеба, который имеет высокую пищевую, биологическую ценность и функциональность. Хлебобулочные изделия

из биоактивированной пшеницы богаты клетчаткой, витаминами группы В, Е, макро- и микроэлементами, незаменимой аминокислотой – лизином. В связи с этим все больше розничных торговых сетей специализируется на выпуске зернового хлеба как продукта для правильного, здорового питания [3–6]. Технология его приготовления является ресурсосберегающей, в ней отсутствует стадия получения муки из зерна, однако она включает технологические этапы набухания и проращивания, для которых должно быть использовано дополнительное специализированное оборудование [7–12].

Для цитирования

Алёхина Н.Н., Бакаева И.А. Варианты заморозки полуфабрикатов из биоактивированной пшеницы в технологии хлеба зернового // Вестник ВГУИТ. 2023. Т. 85. № 2. С. 136–143. doi:10.20914/2310-1202-2023-2-136-143

For citation

Alekhina N.N., Bakaeva I.A. Options for freezing semi-finished products from bioactivated wheat in grain bread technology. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2023. vol. 85. no. 2. pp. 136–143. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2023-2-136-143

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Для того чтобы расширить ассортимент зернового хлеба и сделать его более доступным для большинства потребителей, можно использовать технологии замораживания полуфабрикатов из биоактивированной пшеницы с последующим допеканием как на больших предприятиях, так и на предприятиях малой мощности, в островках по продаже изделий в торговых центрах и других мобильных точках питания [13–17].

На современном этапе интерес в хлебопекарной отрасли привлекают способы получения замороженных полуфабрикатов, а также готовых изделий из них. Однако данных о получении их с применением биоактивированного зерна пшеницы недостаточно.

Цель работы – выбор вариантов заморозки полуфабрикатов из биоактивированной пшеницы с целью выпекания зернового хлеба с улучшенными органолептическими и физико-химическими свойствами.

Исследования были проведены в 3 стадии: на 1-й стадии устанавливали, как влияют варианты заморозки на перемену температуры полуфабрикатов и скорости их замораживания; на 2-й стадии шла оценка органолептических и физико-химических свойств качества хлеба

при применении различных вариантов замораживания; на 3-й стадии шло построение циклограмм процесса приготовления хлеба.

Материалы и методы

Объектами исследования являлись четыре образца замороженных до $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ полуфабрикатов из биоактивированной пшеницы и изделия на их основе:

замораживание теста при $t = -35\text{ }^{\circ}\text{C}$ после замеса (вариант 1)

замораживание тестовой заготовки при $t = -35\text{ }^{\circ}\text{C}$ после формования (вариант 2)

замораживание тестовой заготовки при $t = -35\text{ }^{\circ}\text{C}$ после расстойки (вариант 3)

замораживание тестовой заготовки с готовностью на 70–75% при $t = -35\text{ }^{\circ}\text{C}$, предварительно охлажденной после выпечки до температуры $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ в центре полувывпеченного хлеба (вариант 4)

Получение зерновой массы из биоактивированной пшеницы и теста на его основе шло по схеме (рисунок 1, 2).

Показатели качества хлеба из замороженных полуфабрикатов из биоактивированного зерна пшеницы изучали спустя 19 ± 1 ч после выпекания по общепринятым методикам.

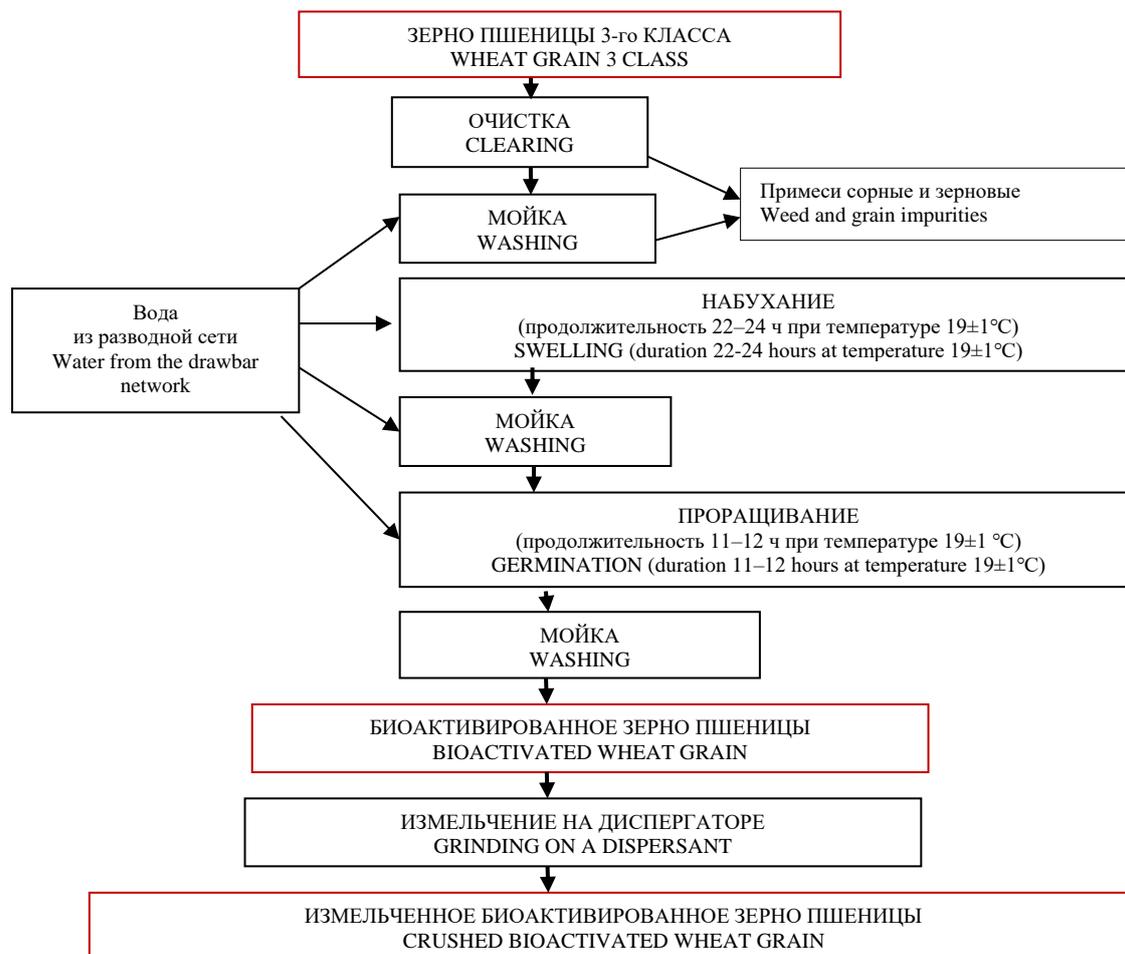


Рисунок 1. Функциональная схема получения измельченной зерновой массы
Figure 1. Functional scheme for obtaining crushed grain mass

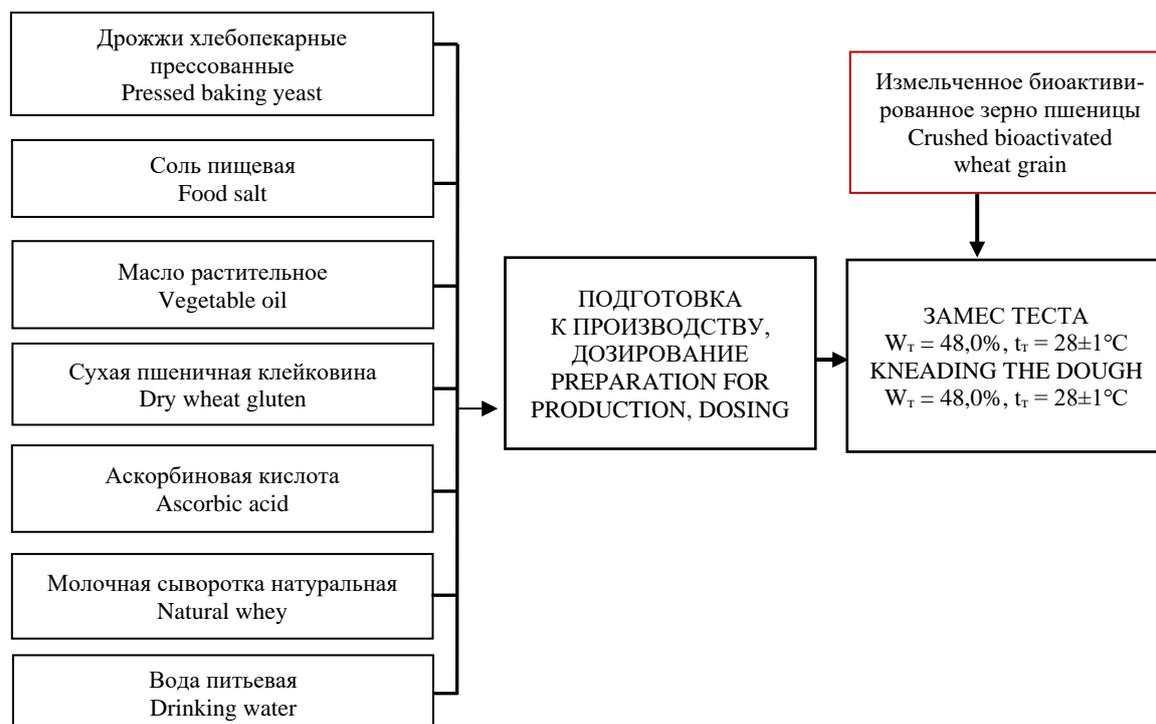


Рисунок 2. Функциональная схема получения теста на основе измельченной зерновой массы

Figure 2. Functional scheme for obtaining a dough based on crushed grain mass

Обсуждение

На 1-й стадии опытов отметили, что полуфабрикаты, взятые из разных этапов технологического процесса и отправленные в камеру на заморозку, имели разное время замораживания до $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ и начало периода кристаллообразования (рисунок 3 а).

Были отмечены важные этапы процесса заморозки полуфабрикатов: на 1-м этапе шло охлаждение от начальной температуры образцов (для образца № 1– $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, для образца № 2– $26\text{ }^{\circ}\text{C}$, для образца № 3– $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ и для образца № 4– $35\text{ }^{\circ}\text{C}$) до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (начало кристаллизации влаги); на 2-м этапе шло кристаллообразование от $-0,5$ до $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$; на 3-м этапе было промерзание до температуры $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Так, для образца № 1 первый этап составил от 0 до 16 мин, 2-й – от 16 до 31 мин, третий – от 31 до 66 мин, для образца № 4 первый, второй, третий этапы – от 0 до 28 мин, от 28 до 48 мин, от 48 до 90 мин соответственно.

Выявили, что время заморозки до $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ наибольшее в образце № 4, наименьшее – в образце № 1. Это обусловлено меньшим содержанием в образце № 4 свободной влаги, поэтому для его заморозки нужно больше времени. Тестовая заготовка для образца № 1 была отправлена в камеру для заморозки после замеса. Структура заготовки была плотной, имела большую теплопроводность в сравнении с разрыхленными

тестовыми заготовками образцов № 2 и 3, поэтому быстрее замораживалась до нужной температуры $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, образец № 3 после расстойки был помещен на заморозку. Его структура была более разрыхленной в сравнении с отформованным образцом № 2, поэтому медленнее замораживалась.

При заморозке теста учитывается скорость. Мы знаем, что при медленной заморозке влага перераспределяется и образует крупные кристаллы льда в межклеточном пространстве. При быстрой заморозке или ускорении теплоотвода нет пропорционального ускорения перемещения влаги и кристаллы льда формируются в местах естественного распределения влаги, имеют маленький размер и меньше нарушают структуру продукта [19, 20].

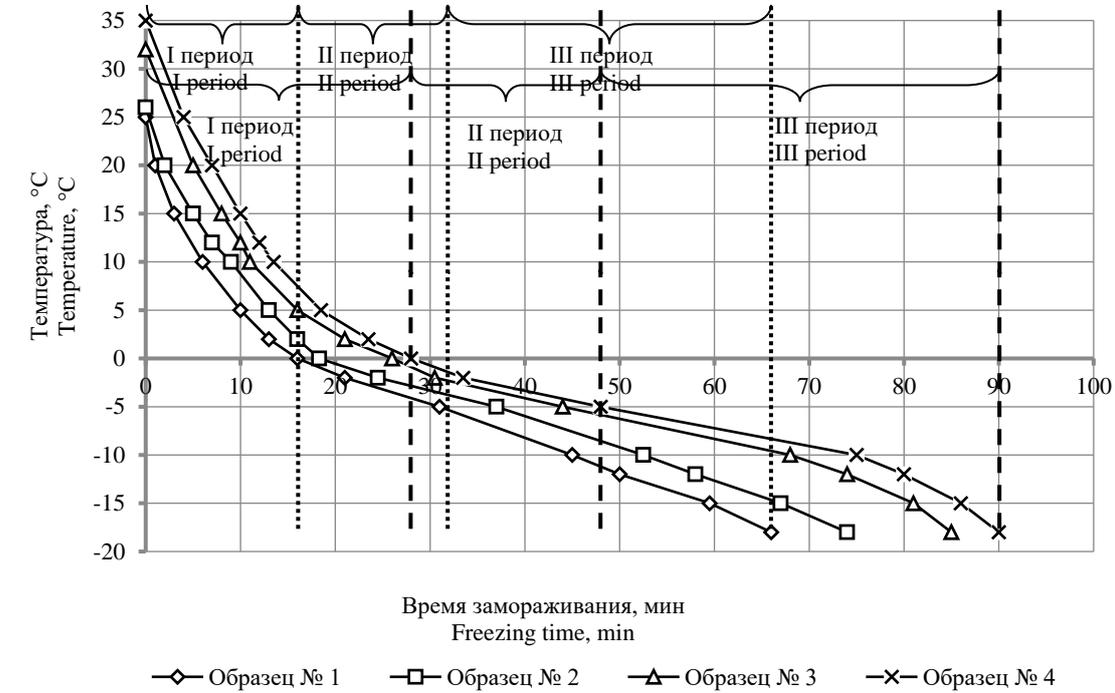
Через 5 мин заморозки в камере при $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ скорость замораживания снижалась во всех пробах, исключение составлял образец № 4, там она уменьшалась спустя 10 мин после начала замораживания (рисунок 3 б).

Наибольшая скорость заморозки после 5 мин была в образце № 1 ($2,12\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$), наименьшая – в образце № 4 ($1,18\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$), что связано с более плотной, неразрыхленной структурой заготовки в образце № 1 и большим количеством свободной влаги в отличие от пористой структуры мякиша полувыпеченного полуфабриката (образец № 4).

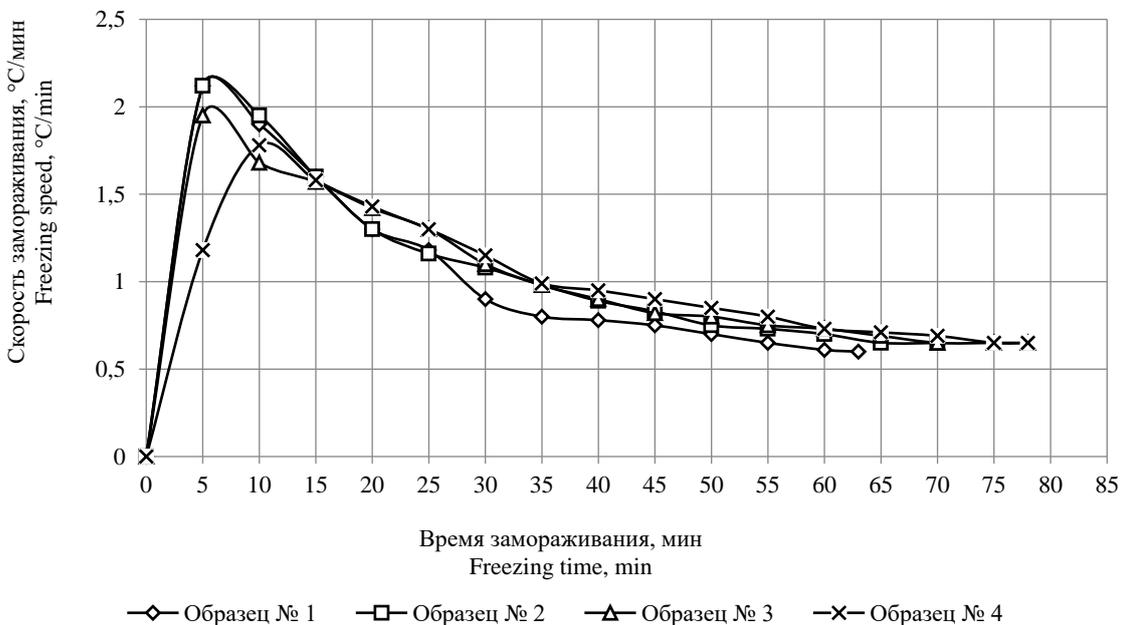
На 2-м этапе опытов оценивали качество изделий по органолептическим и физико-химическим свойствам (рисунок 5 а, б). Наибольший удельный объем (245 см³/100 г.) и формоустойчивость (0,29) имел образец № 4, в котором данные значения были больше на 4,8 и 10,3 %,

10,2 и 27,6 %, 16,32 и 34,5 % в сравнении с образцами № 1, 2, 3 соответственно.

Установили, что наибольшая удельная набухаемость (290 см³) была у образца № 4, ее значение больше в сравнении с образцами № 1, 2 и 3 на 1,7, 6,5 и 9,3 % соответственно.



(a)



(b)

Рисунок 3. Динамика изменения температуры в центре образцов (а) и скорости их замораживания (б) в процессе замораживания (три периода кристаллообразования указаны для образца № 1 и образца № 4)

Figure 3. Dynamics of temperature changes in the center of samples (a) and their freezing rate (b) during freezing (three periods of crystal formation are indicated for sample № 1 and sample № 4)

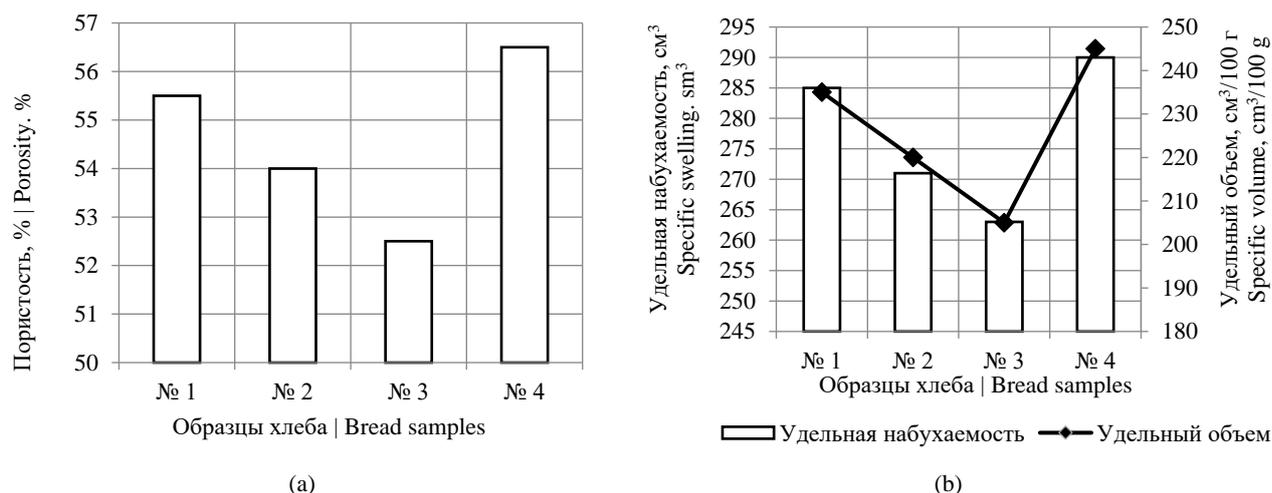


Рисунок 4. Пористость (а), удельная набухаемость и удельный объем (б) образцов хлеба на основе замороженных полуфабрикатов из биоактивированной пшеницы

Figure 4. Porosity (a), specific swelling and specific volume (b) of bread samples based on frozen semi-finished products from bioactivated wheat

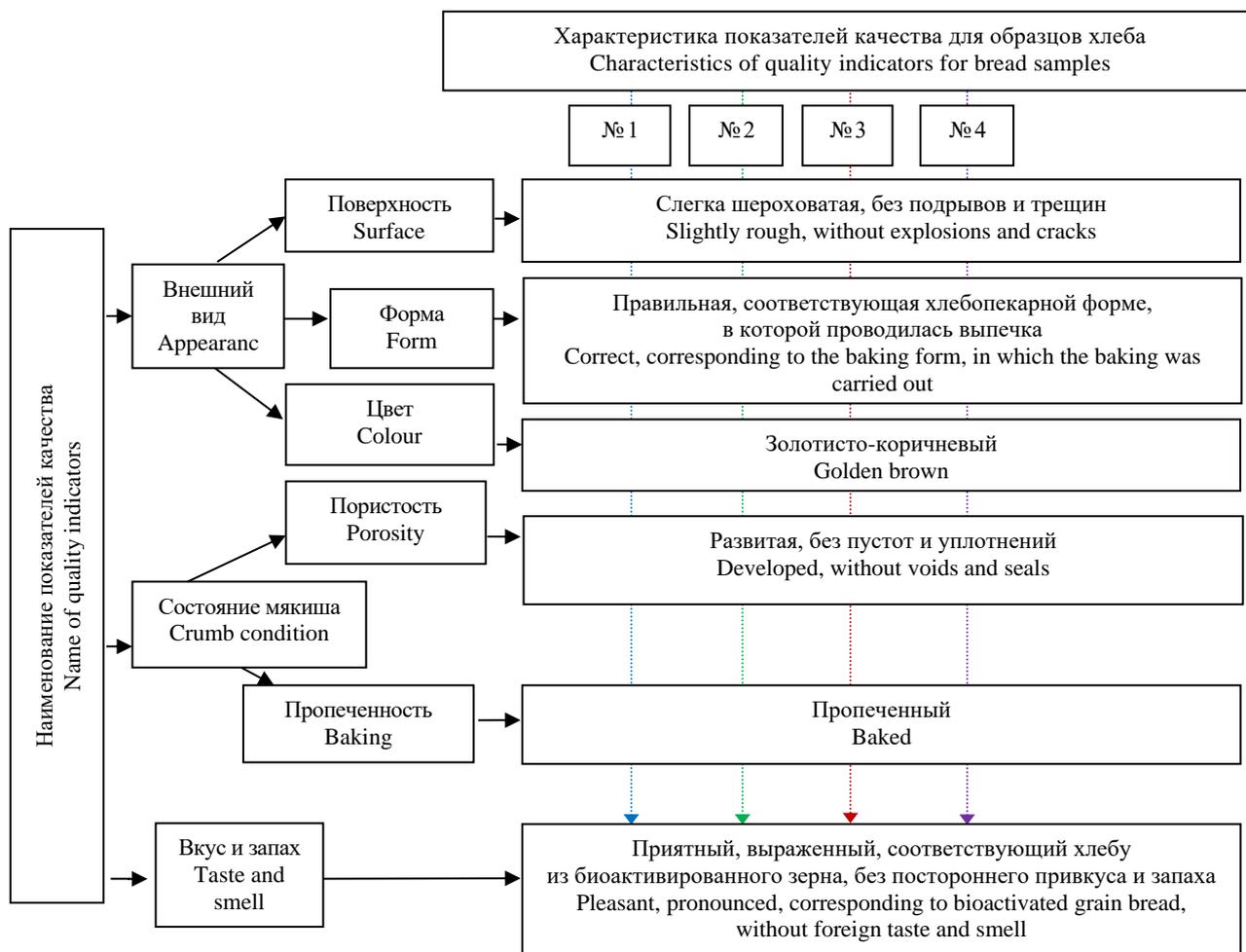


Рисунок 5. Органолептические показатели качества хлеба на основе замороженных полуфабрикатов из биоактивированной пшеницы

Figure 5. Organoleptic indicators of bread quality based on frozen semi-finished products from bioactivated wheat

Все образцы имели эластичный мякиш, нежную консистенцию во время разжевывания. Лучшими по качеству были образцы хлеба № 1 и № 4 (рисунок 5, 6).

Результаты опытов стали основой для разработки технологии хлеба «Айсбрэд» на основе замороженных полуфабрикатов.

На 3-м этапе строили циклограммы изготовления хлеба «Айсбрэд» с применением выбранных вариантов замораживания 1 и 4 (рисунок 7).

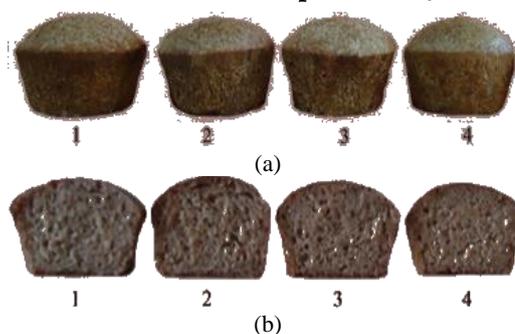
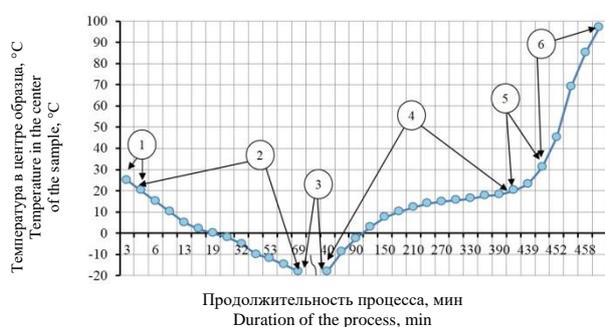


Рисунок 6. Внешний вид (а) и структура пористости (b) образцов хлеба на основе замороженных полуфабрикатов из биоактивированной пшеницы: 1 – образец № 1; 2 – образец № 2; 3 – образец № 3; 4 – образец № 4

Figure 6. Appearance (a) and porosity structure (b) sample bread based on frozen semi-finished products from bioactivated wheat: 1 – sample № 1; 2 – sample № 2; 3 – sample № 3; 4 – sample № 4



1 – замес; 2 – замораживание; 3 – хранение; 4 – размораживание; 5 – брожение, формование и расстойка (тестовой заготовки массой 0,07 кг); 6 – выпечка
1 – kneading; 2 – freezing; 3 – storage; 4 – defrosting; 5 – fermentation, molding and proofing (of a test piece weighing 0,07 kg); 6 – baking

(a)



1 – замес, брожение, разделка, формование, расстойка (тестовой заготовки массой 0,07 кг); 2 – выпечка (до готовности на 70–75 %); 3 – охлаждение (до 35 °С); 4 – замораживание; 5 – хранение; 6 – размораживание; 7 – допекание
1 – kneading, fermentation, cutting, molding, proofing (of a test billet weighing 0,07 kg); 2 – baking (until 70-75 % ready); 3 – cooling (up to 35 °C); 4 – freezing; 5 – storage; 6 – defrosting; 7 – baking

(b)

Рисунок 7. Циклограмма процесса приготовления хлеба «Айсбрэд» на основе замороженного теста (а) и замороженного полуфабриката повышенной степени готовности (b) из биоактивированной пшеницы

Figure 7. Cyclogram of the process of making Icebread bread based on frozen dough (a) and frozen semi-finished product of increased readiness (b) from bioactivated wheat

Заключение

Базируясь на опытах, установили 3 этапа процесса заморозки для теста, тестовых заготовок и полувыпеченных изделий из биоактивированной пшеницы. Определена продолжительность их замораживания до -18°C в зависимости от способа приготовления. Наибольшее количество времени до указанной температуры требовалось на замораживание образца № 4, наименьшее – для образца № 1. Наибольшую скорость заморозки после 5 мин имел образец № 1, наименьшую – образец № 4. В ходе оценки органолептических и физико-химических свойств качества зернового хлеба установлены преимущества его получения по варианту 1 (замораживание теста после замеса), 4 (замораживание полувыпеченного полуфабриката). На основе проведенных исследований

построены циклограммы процесса приготовления хлеба «Айсбрэд» с применением выбранных замороженных полуфабрикатов из биоактивированной пшеницы № 1 и № 4, на которых отражены основные этапы технологического процесса.

Полученные данные свидетельствуют о целесообразности применения выбранных вариантов в технологии изготовления хлеба на основе замороженных полуфабрикатов из биоактивированной пшеницы. Это будет способствовать мобильности производственных процессов, сокращению времени приготовления изделий, что актуально для предприятий малой мощности. Выбранные варианты также позволят повысить эффективность производства предприятий по выработке зернового хлеба за счет снижения потерь на брак.

Литература

- 1 Карташова Н.А., Грушинец В.А. Основные направления государственной политики в сфере развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации и Дальневосточного региона и их закрепление в программных документах и документах стратегического планирования федерального уровня // *Московский экономический журнал*. 2023. Т. 7. № 3. С. 754-770. doi: 10.55186/25876740_2023_7_3_20
- 2 Моисеенко М.С., Мукатова М.Д. Пищевые продукты питания функциональной направленности и их назначение // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство*. 2019. № 1. С. 145-152. doi: 10.24143/2073-5529-2019-1-145-152
- 3 Гуськова П.А., Агапкин А.М. Зерновой хлеб: пищевая ценность, оценка качества и ассортимент // *Товаровед продовольственных товаров*. 2021. № 9. С. 673-681. doi: 10.33920/igt-01-2109-05
- 4 Wang Y., Jian C., Salonen A., Dong M. et al. Designing healthier bread through the lens of the gut microbiota // *Trends in Food Science & Technology*. 2023. doi:10.1016/j.tifs.2023.02.007
- 5 Torbica A., Radosavljević M., Belović M., Djukić N. et al. Overview of nature, frequency and technological role of dietary fibre from cereals and pseudocereals from grain to bread // *Carbohydrate Polymers*. 2022. 119470. doi: 10.1016/j.carbpol.2022.119470
- 6 Mir S.A., Farooq S., Shah M.A., Sofi S.A. et al. Recent advancements in the development of multigrain bread // *Cereal Chemistry*. 2023. V. 100. № 1. P. 72-82. doi: 10.1002/cche.10578.
- 7 Матюшев В.В., Чаплыгина И.А., Семенов А.В., Канюка С.Е. Перспективные конструкции для проращивания зерна // *Парадигма устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях современных реалий*. 2022. С. 287-290.
- 8 Зенькова М.Л., Акулич А.В. Влияние процесса проращивания зерен злаковых культур на их пищевую ценность // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2021. № 3. С. 26-53. doi: 10.36107/spfr.2021.207.
- 9 Науменко Н.В., Потороко И.Ю., Калинина И.В. Интенсификация процесса проращивания зерна, используемого для производства хлеба, и его влияние на качество готовых изделий // *Индустрия питания/ Food Industry*. 2019. Т. 4. № 1. С. 47-54. doi: 10.29141/2500-1922-2019-4-1-5
- 10 Науменко Н.В., Фаткуллин Р.И., Калинина И.В., Науменко Е.Е. и др. Контролируемое проращивание зерновых культур - эффективный способ переработки низкокачественного сырья // *Аграрная наука*. 2023. № 7. С. 149-154. doi: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-149-154
- 11 Rashwan A.K., Yones H.A., Karim N., Taha E.M. et al. Potential processing technologies for developing sorghum-based food products: An update and comprehensive review // *Trends in Food Science & Technology*. 2021. V. 110. P. 168-182. doi: 10.1016/j.tifs.2021.01.087
- 12 Cardone G., D'Incecco P., Casiraghi M.C., Marti A. Exploiting milling by-products in bread-making: The case of sprouted wheat // *Foods*. 2020. V. 9. № 3. P. 260. doi: 10.3390/foods9030260
- 13 Конева С.И., Захарова А.С. Влияние условий дефростации замороженных полуфабрикатов из многокомпонентных смесей на качество готовых изделий // *Ползуновский вестник*. 2022. № 3. С. 95-100. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.013
- 14 Алехина Н.Н., Бакаева И.А., Бородкина А.С., Феофанова Т.М. Влияние пищевой добавки на продолжительность замораживания полуфабрикатов и качество зернового хлеба // *Пищевая промышленность*. 2023. № 4. С. 14-18. doi: 10.52653/PPI.2023.4.4.002
- 15 Лосевская С.А., Хамзаев Р.Р. Инновационные технологии в сфере производства хлеба // *Научные исследования, разработки и практические внедрения*. 2022. С. 468-470.
- 16 Алехина Н.Н., Пономарева Е.И. Влияние продолжительности хранения замороженного теста на его свойства и качество зернового хлеба // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2021. № 1. С. 25-29. doi: 10.26297/0579-3009.2021.1.5
- 17 Жукова Ю.С., Маринина А.Ю., Лыбенко Е.С., Хлопов А.А. Обоснование необходимости проектирования хлебобулочных изделий лечебно-профилактического назначения для больных сахарным диабетом // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания*. 2021. № 4. С. 17-24. doi: 10.24412/2311-6447-2021-4-17-24
- 18 Ding X., Li T., Zhang H., Guan C. et al. Effect of barley antifreeze protein on dough and bread during freezing and freeze-thaw cycles // *Foods*. 2020. V. 9. № 11. P. 1698. doi: 10.3390/foods9111698
- 19 Ландиховская А.В., Творогова А.А. Размороженные продукты с сохраненной микро- и макроструктурой // *Пищевые системы*. 2022. С. 195. doi: 10.21323/2618-9771-2022-5-3-195-201
- 20 Никитенков И.И., Твердохлеб Р.С., Кузьмина И.А. Инновационные методы замораживания продуктов в пищевой отрасли // *Инновационные научные исследования*. 2022. № 6-1(20). С. 46-53. doi: 10.5281/zenodo.7089423

References

- 1 Kartashova N.A., Grushinets V.A. The main directions of state policy in the field of development of the fisheries complex of the Russian Federation and the Far Eastern region and their consolidation in program documents and strategic planning documents of the federal level. *Moscow Economic Journal*. 2023. vol. 7. no. 3. pp. 754-770. doi: 10.55186/25876740_2023_7_3_20 (in Russian).
- 2 Moiseenko M.S., Mukatova M.D. Food products of functional orientation and their purpose. *Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Fisheries*. 2019. no. 1. pp. 145-152. doi: 10.24143/2073-5529-2019-1-145-152 (in Russian).
- 3 Guskova P.A., Agapkin A.M. Grain bread: nutritional value, quality assessment and assortment. *Commodity specialist of food products*. 2021. no. 9. pp. 673-681. doi: 10.33920/igt 01-2109-05 (in Russian).
- 4 Wang Y., Jian C., Salonen A., Dong M., Yang Z. Designing healthier bread through the lens of the gut microbiota. *Trends in Food Science & Technology*. 2023. doi: 10.1016/j.tifs.2023.02.007

- 5 Torbica A., Radosavljević M., Belović M., Djukić N. et al. Overview of nature, frequency and technological role of dietary fibre from cereals and pseudocereals from grain to bread. *Carbohydrate Polymers*. 2022. 119470. doi: 10.1016/j.carbpol.2022.119470
- 6 Mir S.A., Farooq S., Shah M.A., Sofi S.A. et al. Recent advancements in the development of multigrain bread. *Cereal Chemistry*. 2023. vol. 100. no. 1. pp. 72-82. doi: 10.1002/cche.10578
- 7 Matyushev V.V., Chaplygina I.A., Semenov A.V., Kanyuka S.E. Perspective constructions for grain germination. Paradigm of sustainable development of the agro-industrial complex in the conditions of modern realities. 2022. pp. 287-290. (in Russian).
- 8 Zenkova M.L., Akulich A.V. The influence of the process of germination of cereal grains on their nutritional value. Storage and processing of agricultural raw materials. 2021. no. 3. pp. 26-53. doi: 10.36107/spfp.2021.207 (in Russian).
- 9 Naumenko N.V., Potoroko I.Yu., Kalinina I.V. Intensification of the process of germination of grain used for bread production and its impact on the quality of finished products. *Food Industry/Food Industry*. 2019. vol. 4. no. 1. pp. 47-54. doi: 10.29141/2500-1922-2019-4-1-5 (in Russian).
- 10 Naumenko N.V., Fatkullin R.I., Kalinina I.V., Naumenko E.E. et al. Controlled germination of grain crops - an effective way of processing low-quality raw materials. *Agrarian Science*. 2023. no. 7. pp. 149-154. doi: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-149-154 (in Russian).
- 11 Rashwan A.K., Yones H.A., Karim N., Taha E.M. et al. Potential processing technologies for developing sorghum-based food products: An update and comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*. 2021. vol. 110. pp. 168-182. doi: 10.1016/j.tifs.2021.01.087
- 12 Cardone G., D'Incecco P., Casiraghi M.C., Marti A. Exploiting milling by-products in bread-making: The case of sprouted wheat. *Foods*. 2020. vol. 9. no. 3. pp. 260. doi: 10.3390/foods9030260
- 13 Koneva S.I., Zakharova A.S. Influence of defrosting conditions of frozen semi-finished products from multicomponent mixtures on the quality of finished products. *Polzunovskiy vestnik*. 2022. no. 3. pp. 95-100. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.013 (in Russian).
- 14 Alyokhina N.N., Bakaeva I.A., Borodkina A.S., Feofanova T.M. The effect of a food additive on the duration of freezing of semi-finished products and the quality of grain bread. *Food industry*. 2023. no. 4. pp. 14-18. doi: 10.52653/PPI.2023.4.4.002 (in Russian).
- 15 Losevskaya S.A., Khamzaev R.R. Innovative technologies in the field of bread production. Scientific research, development and practical implementation. 2022. pp. 468-470. (in Russian).
- 16 Alyokhina N.N., Ponomareva E.I. The influence of the storage duration of frozen dough on its properties and the quality of grain bread. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Food technology*. 2021. no. 1. pp. 25-29. doi: 10.26297/0579-3009.2021.1.5 (in Russian).
- 17 Zhukova Yu.S., Marinina A.Yu., Lybenko E.S., Khlopov A.A. Substantiation of the need for designing bakery products for therapeutic and preventive purposes for patients with diabetes mellitus. Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex-healthy food products. 2021. no. 4. pp. 17-24. doi: 10.24412/2311-6447-2021-4-17-24 (in Russian).
- 18 Ding X., Li T., Zhang H., Guan C., Qian J., Zhou X. Effect of barley antifreeze protein on dough and bread during freezing and freeze-thaw cycles. *Foods*. 2020. vol. 9. no. 11. pp. 1698. doi: 10.3390/foods9111698
- 19 Landikhovskaya A.V., Tvorogova A.A. Defrosted products with preserved micro- and macrostructure. *Food systems*. 2022. pp. 195. doi: 10.21323/2618-9771-2022-5-3-195-201 (in Russian).
- 20 Nikitenkov I.I., Tverdokhlebov R.S., Kuzmina I.A. Innovative methods of freezing products in the food industry. Innovative scientific research. 2022. no. 6-1(20). pp. 46-53. doi: 10.5281/zenodo.7089423 (in Russian).

Сведения об авторах

Надежда Н. Алехина д.т.н., доцент, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, nadinat@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3317-9858>

Ирина А. Бакаева к.т.н., старший преподаватель, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, irina_losevo@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8738-1632>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Nadezhda N. Alekhina Dr. Sci. (Engin.), associate professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, nadinat@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3317-9858>

Irina A. Bakaeva Cand. Sci. (Engin.), senior lecturer, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, irina_losevo@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8738-1632>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 06/04/2023

После редакции 24/04/2023

Принята в печать 22/05/2023

Received 06/04/2023

Accepted in revised 24/04/2023

Accepted 22/05/2023