

Научная статья

УДК 664.661

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-123-131

Влияние функциональных добавок и шоковой заморозки на показатели качества хлеба

Наталья Викторовна Сокол^{✉1}, Надежда Викторовна Кенийз²,
Светлана Сергеевна Матчак³

Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, улица Калинина,
13, Краснодар, Россия, 350044

^{✉1}sokol_n.v@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9051-8190>

²keniz@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5003-9339>

³lana.nikolenko2001@inbox.ru

Аннотация. Качество и безопасность продуктов питания напрямую зависят от сырьевой базы, выбранной технологии, соблюдения норм выполнения технологического процесса производства и сроков хранения. Повышение пищевой ценности и качества вырабатываемой продукции может осуществляться за счет внедрения функциональных добавок растительного происхождения. Перспективным направлением в хлебопекарном производстве является технология отложенной выпечки, позволяющая гибко организовывать и управлять производственным процессом, обеспечивать более длительное сохранение свежести продукции. В связи с этим целью настоящих исследований явилось изучение влияния растительных добавок и шоковой заморозки на качество хлебобулочных изделий из замороженных полувыпеченных полуфабрикатов. Авторами обоснована целесообразность использования растительных добавок из семян чиа, льна и жмыха амаранта. Установлено, что оптимальной дозировкой функциональной растительной добавки является 10% к массе муки по рецептуре. Для увеличения сроков сохранения свежести хлеба исследовалась возможность использования шоковой заморозки тестовых заготовок с порошком из семян чиа, семян льна и жмыха амаранта. Выпечка заготовок проводилась при температуре 180 °С; время выпечки 20 минут. Частично выпеченные образцы хлеба подвергали шоковой заморозке в течение 30 минут до температуры внутри изделий –18 °С. Хранение частично выпеченных образцов проводилось в холодильной камере при температуре –18 °С в течение 14 суток. Выпечка хлеба из замороженных полуфабрикатов проводилась в 3 этапа. Оценка качества хлеба по органолептическим и физико-химическим показателям показала, что оптимальным является вариант с внесением 10% растительной добавки и применением шоковой заморозки.

Ключевые слова: функциональные добавки, семена льна, семена чиа, жмых амаранта, шоковая заморозка, отложенная выпечка, хлебобулочные изделия

Для цитирования: Сокол Н. В., Кенийз Н. В., Матчак С. С. Влияние функциональных добавок и шоковой заморозки на показатели качества хлеба // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 2(48). 123–131. doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-123-131

Original article

The effect of functional additives and shock freezing on bread quality indicators

Natalia V. Sokol^{✉1}, Nadezhda V. Keniz², Svetlana S. Matchak³

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 13 Kalinin Street, Krasnodar, Russia, 350044

^{✉1}sokol_n.v@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9051-8190>

²keniz@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5003-9339>

³lana.nikolenko2001@inbox.ru,

Abstract. The quality and safety of food products directly depend on the raw material base, the chosen technology, compliance with the norms of the technological process of production and shelf life. Increasing the nutritional value and quality of manufactured products can be achieved through the introduction of functional additives of plant origin. A promising direction in the bakery industry is the technology of deferred baking, which allows flexible organization and management of the production process, to ensure a longer preservation of the freshness of products. In this regard, the purpose of this research was to study the effect of herbal additives and the use of shock freezing on the quality of bakery products made from frozen semi-baked semi-finished products. The authors substantiate the expediency of using herbal supplements from chia seeds, flax and amaranth oilcake. It has been established that the optimal dosage of a functional herbal supplement is 10% by weight of flour according to the recipe. To increase the time to preserve the freshness of bread, the possibility of using shock freezing of dough blanks with powder from chia seeds, flax seeds and amaranth cake was investigated. The blanks were baked at 180 °C for 20 minutes. Partially baked bread samples were subjected to shock freezing for 30 minutes to a temperature inside the products of minus 18 °C. The partially baked samples were stored in a refrigerator at a temperature of minus 18 °C for 14 days. The baking of bread from frozen semi-finished products was carried out in 3 stages. An assessment of the quality of bread by organoleptic and physico-chemical parameters showed that the optimal option is to add 10% vegetable additives and apply shock freezing.

Keywords: functional additives, flax seeds, chia seeds, amaranth cake, shock freezing, delayed baking, bakery products

For citation: Sokol N.V., Keniz N.V., Matchak S.S. The effect of functional additives and shock freezing on bread quality indicators. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;2(48):123–131. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-123-131

Введение. Наряду с ростом производства и расширением ассортимента хлеба и хлебобулочных изделий основными задачами хлебопекарной отрасли являются улучшение качества, повышение пищевой ценности продукта и сохранение изделий в свежем виде [1–3].

В современных условиях, когда наблюдается нехватка питательных веществ в продуктах питания, большое значение имеет разработка сбалансированного рациона. В суточном рационе человека обязательно должны присутствовать биологически активные природные вещества, повышающие пищевую ценность продуктов¹.

Хлеб является продуктом, потребляемым всеми возрастными категориями населения, и поэтому он в первую очередь подлежит обогащению пищевыми функциональными ингредиентами.

Альтернативным сырьем для обогащения хлеба и хлебобулочных изделий функциональными пищевыми ингредиентами является растительное сырье. Применение продуктов

переработки растительного сырья в качестве натуральных биокорректоров позволяет повысить пищевую ценность хлеба и хлебобулочных изделий, обогатить недостающими функциональными пищевыми ингредиентами, расширить ассортимент продукции для здорового питания на отечественном рынке [4].

Наилучшим способом сохранения свежести хлебобулочных изделий на современном этапе является замораживание, так как в хлебопекарной отрасли наряду с крупными хлебопекарными предприятиями активно начинает развиваться малое производство. В этой связи представляет интерес изучение качества хлеба и хлебобулочных изделий, приготовленных по технологии, включающей процесс шоковой заморозки. Данная технология еще недостаточно распространена на хлебопекарных предприятиях и требует дополнительного изучения.

Использование растительного сырья для обогащения хлеба функциональными пищевыми ингредиентами в сочетании с новыми перспективными технологиями хлебопекарного производства, включая шоковую заморозку, является актуальным направлением в развитии отрасли [5].

¹ Постановление Президиума РАН № 178 от 27.11.2018 г. «Об актуальных проблемах оптимизации питания населения России: роль науки». Москва, 2018. 8 с.

Цель исследования – изучение влияния семян чиа, льна, жмыха амаранта и шоковой заморозки на качество хлебобулочных изделий из частично выпеченных полуфабрикатов.

Для достижения цели были определены следующие задачи:

- изучение химического состава растительных добавок и их функциональной роли в технологическом процессе;
- изучение процесса шоковой заморозки в технологии хлеба;
- разработка технологии отложенной выпечки хлеба из замороженных частично выпеченных полуфабрикатов с применением шоковой заморозки;
- изучение влияния вносимых растительных добавок и шоковой заморозки на показатели качества хлеба.

Материалы, методы и объекты исследования. При проведении исследования для оценки качества сырья и готовых изделий были применены общепринятые и специальные методы, регламентируемые соответствующими документами.

Для выпечки хлеба использовали методику пробной лабораторной выпечки [6].

В готовых хлебобулочных изделиях определяли органолептические и физико-химические показатели качества. Органолептическую оценку проводили согласно ГОСТ 5667-65. Показатель пористости определялся на приборе Журавлева ПЖ-1М в соответ-

ствии с ГОСТ 5569-96, кислотность – титриметрическим методом (ГОСТ 5670-96), влажность – по ГОСТ 21094-22.

Используемая технология с шоковой заморозкой полуфабрикатов включала операции: замес теста, брожение теста, разделка теста на куски, формование тестовых заготовок, расстойка тестовых заготовок, частичная выпечка, шоковая заморозка частично выпеченных изделий до температуры внутри изделий -18°C , хранение в холодильной камере в течение 14 дней, выпечка замороженных полуфабрикатов до готовности.

Содержание белка, жира и углеводов в опытных образцах хлеба определяли на приборе «Инфраскан-4200» производства компании экан в соответствии с руководством по эксплуатации.

Объектами исследования являлись пшеничная хлебопекарная мука высшего сорта, растительные добавки (семена чиа, порошок из семян льна, жмых амаранта), замороженные полуфабрикаты и готовые изделия.

Результаты исследования. Основным сырьем в производстве хлеба является мука. От ее качества зависит ход технологического процесса и качество готовых изделий. Поэтому в начале исследования проводилась оценка качества муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта, используемой в эксперименте, на соответствие требованиям стандарта. Показатели качества муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта приведены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели качества муки хлебопекарной высшего сорта
Table 1. Quality indicators of bakery flour of the highest grad

Наименование показателя	Опытный образец	Требования ГОСТ-26574-2017
Влажность, %	$14,0 \pm 0,5$	не более 15,0
Белизна, усл. ед. РЗ-БПЛ	$59 \pm 1,0$	не менее 54
Количество клейковины, %	$29,5 \pm 1,0$	не менее 28,0
Качество клейковины, ед. ИДК	$80 \pm 5,0$	45–90
Число падения с,	$295 \pm 5,0$	не менее 200

Данные таблицы 1 подтверждают, что используемая пшеничная хлебопекарная мука высшего сорта соответствует требованиям ГОСТ 26574.

Выбранные растительные добавки для повышения пищевой ценности хлеба (семена

чиа, порошок семян льна, жмых амаранта) были проанализированы на наличие функциональных пищевых ингредиентов, входящих в их состав. Химический состав растительных добавок приведен в таблице 2 [7].

Таблица 2. Химический состав растительных добавок, 100 г
Table 2. Chemical composition of herbal supplements, 100g

Показатель	Растительная добавка		
	семена chia	семена льна	жмых амаранта
Белки, г	16,50	18,30	20,00
Жиры, г	30,70	42,20	0,10
Углеводы, г	7,70	1,60	50,0
Пищевые волокна, г	34,40	27,30	1,10
Углеводы (общие), г	42,10	28,90	51,1
Зола, г	4,80	3,70	2,90
Вода, г	5,80	7,00	11,3
Витамины:			
Витамин В ₁ , мг	0,62	1,64	0,12
Витамин В ₂ , мг	0,17	0,16	0,20
Витамин В ₄ , мг	–	78,70	69,80
Витамин В ₅ , мг	–	0,99	1,46
Витамин В ₆ , мг	–	0,47	0,59
Витамин В ₉ , мг	–	87,00	82,00
Витамин С, мг	1,60	0,60	4,20
Витамин Е, мг	0,50	0,31	1,19
Витамин РР, мг	8,83	3,08	0,92
Витамин К, мг	–	4,30	–
Бетаин, мг	–	3,10	67,6
Макроэлементы:			
Калий, мг	407,00	813,00	508,00
Кальций, мг	631,00	255,00	159,00
Магний, мг	335,00	392,00	248,00
Натрий, мг	16,00	30,00	4,00
Сера, мг	165,40	182,90	–
Фосфор, мг	860,00	642,00	557,00
Микроэлементы:			
Железо, мг	7,72	5,73	7,61
Марганец, мг	2,72	2,48	3,33
Медь, мг	0,90	1,22	0,52
Селен, мкг	55,20	25,40	18,70
Цинк, мг	4,58	4,34	2,87
Жирные кислоты:			
Омега-3, г	17,83	22,81	–
Омега-6, г	5,84	5,91	2,7

Из данных, приведенных в таблице 2, видно, что все растительные добавки имеют высокое содержание ценных пищевых веществ, в том числе и эссенциальных, таких как жирные кислоты омега-3, омега-6.

Из исследований, проведенных ранее и имеющихся в научных источниках, известно,

что многие природные компоненты, такие как белки, пектиновые вещества, пищевые волокна, которые по своей природе являются гидроколлоидами, в определенной степени могут выступать как структурообразователи или стабилизаторы замороженного теста [8, 9].

Изучение химического состава исследуемых растительных добавок показало, что они могут быть использованы не только как источник функциональных и пищевых ингредиентов для обогащения хлеба, но и выполнять технологические функции в производстве хлеба с «отложенной выпечкой» за счет наличия в своем составе гидроколлоидов.

Семена чиа обладают высокой влагоудерживающей способностью за счет наличия слизистых гелей, локализованных во внешних слоях оболочки. Высокая влагоудерживающая способность порошка из семян чиа позволяет сохранять структурно-механические свойства теста и физико-химические показатели хлебобулочных изделий в процессе шоковой заморозки и хранения замороженных полуфабрикатов [10].

В наружном слое семенной кожуры льна присутствуют обволакивающие вещества, представленные слизями, которые благоприятно влияют на технологический процесс и способствуют уменьшению вымораживания влаги из полуфабрикатов в процессе хранения.

В порошке из жмыха амаранта содержится большое количество белка и ценное вещество – сквален. Углеводная часть функциональной добавки представлена поли- и олигосахаридами. Присутствие этих веществ в добавке при замесе теста оказывает положительный эффект на реологию теста, физико-химические показатели качества хлеба из замороженных полуфабрикатов.

Присутствующие в растительных добавках гидроколлоиды помогают более эффективно связывать воду в тесте, укрепляя структуру клейковинного комплекса и уменьшая формирование ледяных кристаллов в процессе шоковой заморозки. Витамины, содержащиеся в растительных добавках, также влияют на процесс стабилизации замороженного теста [11].

Данные о химическом составе растительных добавок подтверждают возможность их использования для обогащения хлеба важными для организма веществами и в технологии изготовления хлеба из частично выпеченных замороженных полуфабрикатов.

При замораживании частично выпеченных заготовок хлеба в технологии отложенной выпечки главной проблемой при проведении постепенного замораживания является процесс превращения воды в крупные кристаллы льда, и как следствие, повреждение мембран

дрожжевых клеток, что приводит к ухудшению физико-химических показателей качества замороженных полуфабрикатов.

Для уменьшения процесса кристаллообразования в процессе замораживания полуфабрикатов рекомендуют применять шоковую заморозку. Процесс шоковой заморозки включает три диапазона температур внутри продукта. На первом этапе полуфабрикат охлаждают при диапазоне температур от +20 °C до 0 °C. При этом понижение температурного показателя происходит пропорционально количеству работы по отбору тепла. Во второй фазе охлаждения температура падает с 0 °C до – 5 °C. На этом этапе уже происходит переход жидкости в твердую фазу. При этом работа по отбору тепла достаточно существенна, однако непосредственно температура самого продукта практически не меняется. Большая часть жидкости в изделии кристаллизуется именно в этот промежуток времени. На последнем этапе понижение температуры происходит с –5 °C до –18 °C внутри изделия. Температура снижается пропорционально работе морозильной установки [12].

При проведении эксперимента тесто готовили безопасным способом с внесением различных дозировок 5, 10, 15% порошка из растительных добавок к массе муки по рецептуре.

Производство хлеба с частично «отложенной выпечкой» и обогащенного растительными добавками включало следующие технологические операции: замес теста; брожение теста в течение 150 минут с двумя перебивками теста через 60 минут и внесением порошка растительной добавки во время второй перебивки; разделка теста через 150 минут от начала брожения; расстойка тестовых заготовок при температуре 35 °C и относительной влажности воздуха 80%; частичная выпечка в печи при температуре 180 °C, время выпечки 20 минут; шоковая заморозка полуфабрикатов в течение 30 минут до температуры –18 °C внутри изделия; хранение в морозильной камере при температуре –18 °C; снятие с хранения через 14 дней; выпечка замороженных полуфабрикатов до готовности.

Довыпечка замороженных полуфабрикатов проводилась в трех температурных режимах: первый при 100 °C в течение 10 минут, второй при 150 °C в течение 15 минут, третий при 180 °C в течение 20 минут.

При определении органолептических показателей качества хлеба из замороженных частично выпеченных полуфабрикатов отмечено, что исследуемые образцы с дозировкой 5, 10% растительной добавки соответствовали требованиям, установленным ГОСТ Р 58233-2018 по показателям: форма, окраска корки, цвет мякиша, вкус и пористость. Образец с добавлением растительной добавки 15% имел излишнюю шероховатость поверхности корки, более темный цвет мякиша, наиболее ярко выраженный привкус и аромат растительной добавки.

Физико-химические показатели исследуемых образцов хлеба с растительными добавками, выпеченных из полуфабрикатов после шоковой заморозки, представлены в таблице 3.

Таблица 3. Физико-химические показатели готовых изделий

Table 3. Physicochemical indicators of finished products

Показатели	Дозировка растительной добавки, %		
	5	10	15
Изделия с семенами чиа			
Влажность мякиша, %	40,8	42,7	45,8
Кислотность мякиша, град	2,3	2,9	3,5
Пористость мякиша, %	73,0	72,2	69,0
Изделия с семенами льна			
Влажность мякиша, %	42,4	43,5	46,0
Кислотность мякиша, град	2,6	3,0	3,5
Пористость мякиша, %	73,4	72,6	70,0
Изделия со жмыхом амаранта			
Влажность мякиша, %	41,4	43,9	46,0
Кислотность мякиша, град	2,2	2,6	3,2
Пористость мякиша, %	72,6	72,4	69,2

Согласно ГОСТ Р 58233-2018 «Хлеб из муки пшеничной. Технические условия» влажность мякиша в хлебе из пшеничной муки высшего сорта должна быть не более 45%; кислотность мякиша – не более 3,0 град.; пористость мякиша – не менее 72%¹. Из данных,

¹ ГОСТ Р 58233-2018. Хлеб из пшеничной муки. Технические условия. Москва: Стандартинформ, 2018. 18 с.

представленных в таблице 3, видно, что физико-химические показатели качества хлеба с дозировками растительных добавок 5 и 10%, выпеченного из замороженных полуфабрикатов, соответствуют требованиям стандарта. Показатели качества образцов хлеба при внесении всех видов растительных добавок в дозировке 15% имели заминающийся мякиш из-за повышенной влажности от 45,6 до 46,0%, толстостенные поры и, как следствие, более низкий показатель пористости мякиша. Показатель кислотности хлеба в этом случае был незначительно выше требований стандарта у всех видов добавок.

В образцах хлеба с дозировкой 10% растительной добавки из семян чиа, порошка семян льна, жмыха амаранта на приборе Инфраскан-4200 было определено содержание белков, жиров и углеводов (табл. 4).

Таблица 4. Результаты анализа готовых изделий на приборе «Инфраскан-4200»

Table 4. Results of chemical analysis of finished products on the «Infraskan-4200» device

Показатели	Контроль, без добавок	Хлеб с растительной добавкой		
		семена чиа	семена льна	жмых амаранта
Белок	7,6	8,2	9,4	9,6
Жир	0,8	3,8	5,0	0,8
Углеводы	49,2	49,9	49,3	54,2

Из данных таблицы 4 видно, что применение растительных добавок в дозировке 10% позволило увеличить содержание белка в хлебе: в варианте с семенами чиа на 7,9%, льна на 19,7%, жмыха амаранта на 26,3%.

Содержание жира в хлебе при добавлении семян чиа увеличилось в 6,5 раза, при добавлении порошка из семян льна в 6,2 раза по сравнению с вариантом без добавок, что можно объяснить высоким содержанием жирных кислот омега-3, омега-6 в их составе. Значительное повышение углеводов (на 10%) отмечено при введении в рецептуру жмыха амаранта.

С учетом данных пищевой ценности хлеба и качества готовых изделий при использовании технологии «отложенной выпечки», включающей шоковую заморозку частично выпеченных полуфабрикатов, было принято решение об использовании растительных добавок в дозировке 10% к массе муки по рецептуре.

Область применения результатов. Полученные в ходе исследования результаты способствуют получению хлеба и хлебобулочных изделий с улучшенными показателями пищевой и биологической ценности в условиях выпечки на малых пищевых предприятиях. Результаты работы будут востребованы хлебопекарными предприятиями и предприятиями общественного питания, ориентированными на производство продуктов здорового питания.

Выводы. Полученные при проведении исследования результаты дают основание сделать вывод, что добавление семян чиа, порошка из семян льна и жмыха амаранта в количестве 10% в хлеб из пшеничной хлебопекарной

муки высшего сорта не ухудшает качество готовых изделий и выполняет функциональную роль криопротектора при шоковой заморозке частично выпеченных хлебных полуфабрикатов. Использование растительных добавок в производстве хлеба способствует повышению пищевой ценности и расширению ассортимента хлебобулочных изделий. Таким образом, можно рекомендовать использование исследованных растительных добавок в технологии «отложенной выпечки» в качестве функциональных пищевых ингредиентов, обогащающих хлеб, изготовленный из частично выпеченных полуфабрикатов после шоковой заморозки, полезными веществами.

Список литературы

1. Функциональные продукты питания: монография / Н. А. Фролова, Н. В. Шкрабтак, Ю. А. Гужель, Ю. А. Праскова. Благовещенск: Изд-во Амурского государственного университета, 2021. 224 с. ISBN: 978-5-93493-375-4. EDN: OCGPBQ
2. Birch C.S., Bonwick G.A. Ensuring the future of functional foods // *International Journal of Food Science and Technology*. 2019. Vol. 54. № 5. Pp. 1467–1485. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14060>
3. Лаптенко Н. С. Севастей Л. И. Инновационные технологии в хлебопечении // *Пищевая промышленность: наука и технологии*. 2017. № 2. С. 20–28. EDN: ZCJLWP
4. Борияева Л. З. Влияние нетрадиционного сырья на качество хлеба и сохранение свежести в процессе его хранения // *Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова*. 2021. № 3(33). С. 41–45. EDN: DNONAJ
5. Катусов Д. Н., Шалыгина Л. С. Производство замороженного хлеба // *Инновационная наука*. 2017. Т. 2. № 3. С. 35–37. EDN: YGFEIH
6. Василенко И. И. Оценка качества зерна: справочник. Москва: Агропромиздат, 1987. 208 с.
7. Калорийность. Химический состав и пищевая ценность «Мой здоровый рацион» [Электронный ресурс]. URL: <https://health-diet.ru/>
8. Production of bakery products from frozen dough pieces using a cryoprotectant as a yeast cell stabilizer / Kenijz Nadezhda; Koshchaev, Andrey; Sokol Natalia [et al.] // *Indo american journal of pharmaceutical sciences*. 2019. Vol. 6. № 3. Page 6308-6315. DOI: 10.5281/ZENODO.2604252
9. Кенийз Н. В., Сокол Н. В. Технология производства хлеба из замороженных полуфабрикатов с использованием пектина в качестве криопротектора // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2011. № 2-2. С. 92–94. EDN: PCGFHT
10. Проектирование рецептуры и технологии хлебобулочных изделий с применением *Salvia hispanica* (семян чиа) / Ж. В. Новикова, С. М. Сергеева, Т. А. Боходина, Д. С. Лавринович // *Пищевая промышленность*. 2021. № 11. С. 63–66. DOI: 10.52653/PPI.2021.11.11.003. EDN: MEZEFJ
11. Ярыгина И. В., Галкин А. И., Гаврилов С. Д. Шоковая заморозка, как качественный способ сохранения продуктов // *Стандартизация и управление качеством в агропромышленном комплексе: сборник научных статей Всероссийской научно-технической конференции*. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2023. С. 287–291. EDN: SHWDWG
12. Особенности и перспективы развития технологии шоковой заморозки хлебобулочных изделий / Е. Н. Олейникова, М. А. Янова, Л. Г. Ермош [и др.] // *Хлебопродукты*. 2023. № 10. С. 62–67. DOI: 10.32462/0235-2508-2023-32-10-62-67. EDN: IQVMQT

References

1. Frolova N.A., Shkrabtak N.V., Guzhel' Yu.A., Praskova Yu.A. *Funkcional'nye produkty pitaniya: monografiya* [Functional foods: monograph]. Blagoveshchensk: Izd-vo Amurskogo gosudarstvennogo universiteta, 2021. 224 p. ISBN 978-5-93493-375-4. (In Russ.). EDN: OCGPBQ
2. Birch C.S., Bonwick G.A. Ensuring the future of functional foods. *International Journal of Food Science and Technology*. 2019;54(5):1467–1485. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14060>
3. Laptinok, N.S. Sevastei L.I. Innovative technologies in the bakery prolonging the life of food. *Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii*. 2017;(2):20–28. (In Russ.). EDN: ZCJLWP
4. Borieva L.Z. The influence of non-traditional raw materials on the quality of bread and the preservation of freshness in the process of its storage. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2021;3(33):41–45. (In Russ.). EDN: DNONAJ
5. Katusov D.N., Shalygina L.S. Proizvodstvo zamorozhennogo hleba. *Innova-cionnaya nauka*. 2017;2(3):35–37. (In Russ.). EDN: YGFEIH
6. Vasilenko I.I. *Ocenka kachestva zerna: spravochnik* [Grain quality assessment: reference book]. Moscow: Agropromizdat, 1987. 208 p. (In Russ.)
7. Kalorijnost'. Khimicheskij sostav i pishchevaya cennost' "Moj zdorovyy racion" [Electronic resource]. URL: <https://health-diet.ru/> (In Russ.).
8. Kenijz Nadezhda; Koshchaev, Andrey; Sokol Natalia [et al.]. Production of bakery products from frozen dough pieces using a cryoprotectant as a yeast cell stabilizer. *Indo american journal of pharmaceutical sciences*. 2019;6(3):6308–6315. (In Russ.). DOI: 10.5281/ZENODO.2604252
9. Kenijz N.V., Sokol N.V. The development of biotechnological methods of improving the pastry quality. *Bulletin of Michurinsk state agrarian university*. 2011;(2-2):92–94. (In Russ.). EDN: PCGFHT
10. Novikova Zh.V., Sergeeva S.M., Bokholdina T.A., Lavrinovich D.S. Design of recipes and technology for bakery products using salvia hispanica (chia seeds). *Food Processing Industry*. 2021;(11):63–66. (In Russ.). DOI: 10.52653/PPI.2021.11.11.003. EDN: MEZEFI
11. Yarygina I.V., Galkin A.I., Gavrilov S.D. Shock freezing as a high-quality method of preserving products. *Standartizatsiya i upravlenie kachestvom v ag-ropromyshlennom komplekse: sbornik nauchnykh statej Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii* [Standardization and quality management in the agro-industrial complex: collection of scientific articles of the All-Russian scientific and technical conference]. Kursk: ZAO "Universitetskaya kniga", 2023. Pp. 287–291. (In Russ.). EDN: SHWDWG
12. Olejnikova E.N., Yanova M.A., Ermosh L.G. [et al.]. Features and prospects of development of the technology of shock freezing of bakery products. *Khleboprodukt* 2023;(10):62–67. (In Russ.). DOI: 10.32462/0235-2508-2023-32-10-62-67. EDN: IQVMQT

Сведения об авторах

Сокол Наталья Викторовна – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», SPIN-код:1488-4080, Scopus ID: 57216852506, Researcher ID: ABC-7301-2021

Кенийз Надежда Викторовна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», SPIN-код:6140-4114

Матчак Светлана Сергеевна – магистрант направления подготовки 19.04.02 «Продукты питания из растительного сырья», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина».

Information about the authors

Natalia V. Sokol – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Plant Products, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, SPIN-code: 1488-4080, Scopus ID: 57216852506, Researcher ID: ABC-7301-2021

Nadezhda V. Keniz – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Plant Products, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, SPIN-code: 6140-4114

Svetlana S. Matchak – Master's student in the training program 19.04.02 "Food products from plant raw materials", Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 30.04.2025;
одобрена после рецензирования 19.05.2025;
принята к публикации 27.05.2025.*

*The article was submitted 30.04.2025;
approved after reviewing 19.05.2025;
accepted for publication 27.05.2025.*