Научные труды Дальрыбвтуза. 2026. Том 76, № 2. С. 109–115.

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья
УДК 664.959.5 **DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2026-76-11** **EDN: IQKBGY**

Влияние продолжительности хранения на реологические свойства замороженных хлебобулочных полуфабрикатов

Марина Анатольевна Янова [1], Алёна Витальевна Оникиенко [2]
Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия
[1] yanova.m@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4262-7015
[2] alena-sazonova-1995@mail.ru

Аннотация. Современные тенденции развития хлебопекарной промышленности характеризуются внедрением технологий низкотемпературного консервирования, позволяющих нивелировать сезонность производства и обеспечивать равномерную загрузку мощностей. Однако длительное хранение замороженных полуфабрикатов сопряжено с риском деструктивных изменений их структурно-механических свойств, что напрямую влияет на качество готовой продукции. В данной работе представлены результаты исследования влияния сроков холодильного хранения на комплекс реологических и органолептических показателей сдобных булочных полуфабрикатов, выработанных с использованием инновационной рецептуры (с добавлением геркулесовой крупы). Образцы подвергались замораживанию до температуры -18 °С и последующему хранению в течение 1, 3 и 4 месяцев. Контрольную группу составили образцы, исследованные сразу после замораживания. Установлено, что критическое снижение упругопластических характеристик и ухудшение органолептических свойств наблюдается после 3 месяцев хранения. Полученные данные позволяют рекомендовать ограничить срок хранения исследуемых полуфабрикатов при температуре -18 °С тремя месяцами для гарантии стабильного качества выпечки.

Ключевые слова: замороженные хлебобулочные полуфабрикаты, сроки хранения, реологические свойства, упругость, восстановление формы, шоковое замораживание, качество

Для цитирования: Янова М. А., Оникиенко А. В. Влияние продолжительности хранения на реологические свойства замороженных хлебобулочных полуфабрикатов // Научные труды Дальрыбвтуза. 2026. Т. 76, № 2. С. 109–115.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2026. Vol. 76, no. 2. P. 109–115.

FOOD SYSTEMS

Original article

Influence of storage duration on rheological properties of frozen semi-finished bakery products

Marina A. Yanova [1], Alena V. Onikienko [2]
Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia
[1] yanova.m@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4262-7015
[2] alena-sazonova-1995@mail.ru

© Янова М. А., Оникиенко А. В., 2026

Abstract. Current trends in the baking industry are characterized by the introduction of low-temperature preservation technologies, which make it possible to level out the seasonality of production and ensure uniform capacity utilization. However, long-term storage of frozen semi-finished products carries the risk of destructive changes in their structural and mechanical properties, which directly affects the quality of the final product. This paper presents the results of a study on the influence of refrigerated storage periods on a range of rheological and organoleptic parameters of rich bun semi-finished products made using an innovative recipe (with the addition of rolled oats). The samples were frozen to -18°C and subsequently stored for 1, 3, and 4 months. The control group consisted of samples examined immediately after freezing. It was found that a critical decrease in elastic-plastic characteristics and a deterioration in organoleptic properties are observed after 3 months of storage. The obtained data allow us to recommend limiting the shelf life of the studied semi-finished products at -18°C to three months to guarantee stable quality of the baked goods.

Keywords: frozen bakery semi-finished products, storage periods, rheological properties, elasticity, shape recovery, quick freezing, quality

For citation: Yanova M. A., Onikienko A. V. Influence of storage duration on rheological properties of frozen semi-finished bakery products. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University.* 2026; 76(2): 109–115. (in Russ.).

Введение

Одним из приоритетных направлений развития пищевой индустрии является оптимизация логистических цепочек и обеспечение стабильности качества готовой продукции. В хлебопекарной отрасли эти задачи решаются путем внедрения производства замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности. Технология низкотемпературного консервирования позволяет разделить во времени процессы тестоприготовления и выпечки, что особенно актуально для сетей общественного питания и розничной торговли [1, 7].

Однако процесс замораживания и последующего хранения является стресс-фактором для структуры теста. При переходе воды в лед происходят физико-химические изменения, затрагивающие белково-протеиназный и углеводно-амилазный комплексы муки, а также активность дрожжевых клеток. Ключевую роль играет процесс деградации крахмала и дегидратация клейковинных белков, что ведет к снижению газоудерживающей способности и ухудшению реологических свойств полуфабриката [5, 13]. Степень этих изменений напрямую коррелирует с продолжительностью и условиями хранения.

Несмотря на обилие работ в области замораживания хлебобулочных изделий [3, 11, 14], вопросы влияния длительности хранения на реологические параметры полуфабрикатов из сдобного теста с добавлением злаковых культур (в частности, геркулесовой крупы) изучены недостаточно. Овес, а также продукты его переработки содержат значительное количество пищевых волокон и специфические полисахариды (β-глюканы), которые могут влиять на водоудерживающую способность и процессы кристаллообразования в замороженном тесте [2, 6].

Целью настоящей работы является экспериментальное обоснование предельно допустимых сроков хранения замороженных полуфабрикатов сдобных булочек, выработанных по измененной рецептуре, на основе анализа динамики их реологических и органолептических свойств.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Разработать рецептуру полуфабрикатов с добавлением геркулесовой крупы, адаптированных для последующего замораживания.

2. Провести сравнительный анализ органолептических показателей и реологических характеристик (упругость, способность к восстановлению формы) полуфабрикатов в зависимости от продолжительности хранения (1, 3, 4 месяца) при температуре -18 °С.

3. На основе полученных экспериментальных данных определить оптимальный срок годности, обеспечивающий сохранность качества полуфабрикатов на уровне, соответствующем нормативным требованиям.

Объектом исследования служили полуфабрикаты сдобной булочки, приготовленные по разработанной рецептуре (табл. 1). Отличительной особенностью рецептуры являлось введение 40 г геркулесовой крупы на 500 г пшеничной муки высшего сорта. Контрольный образец не закладывался на хранение, а исследовался на стадии полуфабриката.

Таблица 1

Рецептурный состав исследуемых образцов

Table 1

The prescription composition of the studied samples

Наименование ингредиента	Количество, г (на замес)
Мука пшеничная в/с	500
Молоко (пастеризованное)	200
Масло сливочное	50
Яйцо куриное	90
Дрожжи хлебопекарные	7
Соль поваренная	10
Сахар ванильный	12
Крупа геркулесовая	40

Тесто готовили безопарным способом. После замеса и расстойки в расстоечном шкафу 40 мин, при температуре 35 °С и влажности 80 %, проводили формование тестовых заготовок. Сформованные полуфабрикаты подвергали замораживанию в морозильной камере с принудительной конвекцией воздуха при температуре минус 30…35 °С до достижения температуры в центре заготовки -18 °С. Продолжительность процесса замораживания составила 2,5 ч. Замораживание до указанной температуры классифицируется как быстрое замораживание, обеспечивающее формирование мелкокристаллической структуры льда и минимальную травматизацию тканей теста.

Замороженные образцы закладывали на хранение в камеры с поддержанием температуры -18 ± 1 °С и относительной влажностью воздуха 85–90 %. Сроки хранения составили 1, 3 и 4 месяца. По истечении каждого срока образцы извлекали и дефростировали при комнатной температуре (20–22 °С) в течение 1,5 ч. После дефростации полуфабрикаты выпекали до готовности.

Оценку качества проводили комплексно:

1. Органолептический анализ (форма, поверхность, состояние мякиша, вкус и запах) по 5-балльной шкале согласно ГОСТ [4].

2. Реологические исследования проводили на структурометре СТ-2. Определяли следующие параметры:

- общая упругость (мм) – величина обратимой деформации образца под нагрузкой;
- восстановление формы (%) – отношение величины деформации после снятия нагрузки к первоначальной высоте образца, характеризующее пластичность/эластичность структуры.

Обработку экспериментальных данных проводили методами математической статистики с использованием пакета прикладных программ.

В результате проведенных исследований установлено, что продолжительность хранения оказывает существенное влияние на качественные характеристики полуфабрикатов. Данные органолептической оценки представлены в табл. 2.

Таблица 2

Динамика органолептических показателей в процессе хранения

Table 2

Dynamics of organoleptic indicators during storage

Показатель	Контроль (0 мес.)	1 месяц хранения	3 месяца хранения	4 месяца хранения
Форма	Правильная	Правильная	Правильная	Правильная, следы деформации
Поверхность	Гладкая, без трещин	Гладкая, без трещин	Гладкая, без трещин	Шероховатая, наличие микротрещин
Мякиш	Мягкий, эластичный, хорошо развитая пористость	Мягкий, эластичный, пористость равномерная	Слегка уплотненный, пористость развита	Плотный, заминающийся, пористость неравномерная
Вкус и запах	Свойственный сдобе, без посторонних	Свойственный сдобе	Свойственный сдобе	Свойственный, слабо выраженный

Анализ табл. 2 показывает, что в течение первых трех месяцев хранения органолептические свойства остаются на высоком уровне, близком к контрольному образцу. После четырех месяцев хранения отмечено появление дефектов: потеря тургора поверхностью (подсыхание), уплотнение мякиша, что свидетельствует о процессах деградации крахмала и частичной денатурации белков, усугубленных длительным криогенным воздействием [9].

Наиболее информативными для количественной оценки деструктивных процессов явились реологические исследования. Результаты измерения упругопластических характеристик полуфабрикатов после дефростации представлены в табл. 3.

Таблица 3

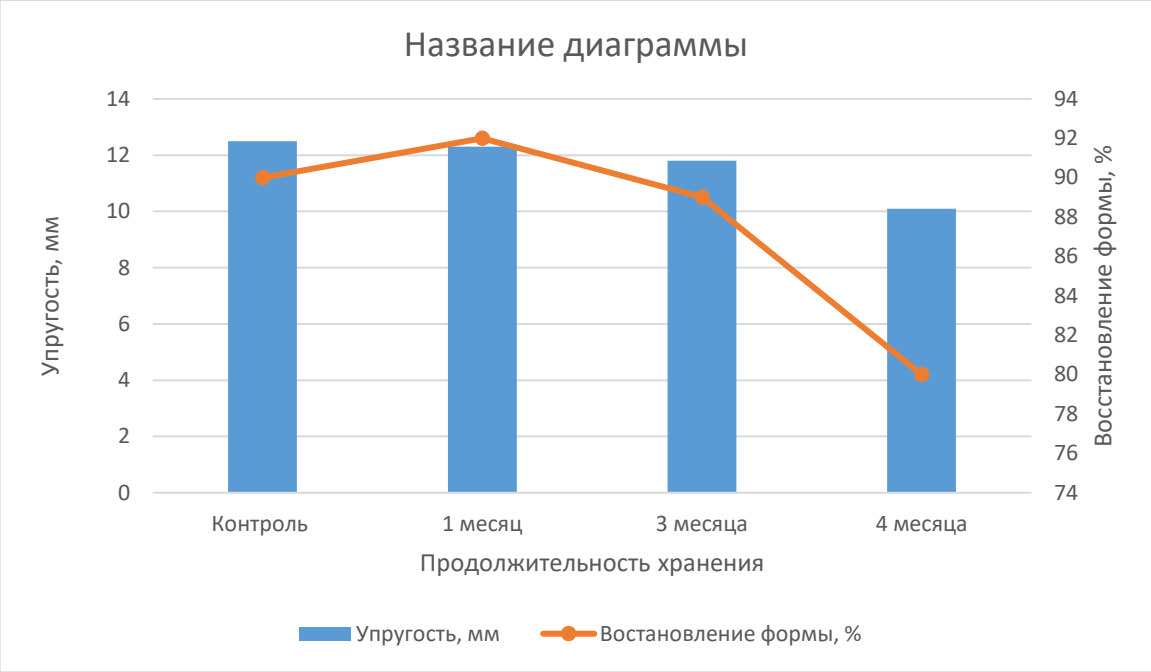
Изменение реологических показателей полуфабрикатов в зависимости от срока хранения

Table 3

Changes in the rheological properties of semi-finished products depending on the storage period

Показатель	Контроль (0 мес.)	1 месяц хранения	3 месяца хранения	4 месяца хранения
Упругость, мм (общая)	12,5 ± 0,3	12,3 ± 0,3	11,8 ± 0,4	10,1 ± 0,5
Восстановление формы, %	90 ± 2	92 ± 2	89 ± 3	80 ± 4

Полученные данные свидетельствуют о том, что в течение первых трех месяцев хранения реологические показатели остаются стабильными. Небольшое увеличение процента восстановления формы на первом месяце хранения (с 90 до 92 %) может быть связано с релаксацией внутренних напряжений в тесте после замораживания [8]. Статистически значимое снижение упругости и, особенно, способности к восстановлению формы (на 11 % относительно контроля) фиксируется после 4 месяцев хранения. Падение показателя восстановления формы до 80 % указывает на преобладание пластических деформаций над упругими, что в технологическом плане означает потерю способности теста удерживать CO_2 при расстойке и выпечке [10, 12].



Динамика изменения упругопластических характеристик полуфабрикатов в процессе хранения. Составлено авторами
Dynamics of changes in the elastic-plastic characteristics of semi-finished products during storage. Compiled by the authors

Для подтверждения практической значимости полученных данных была проведена контрольная выпечка образцов после каждого периода хранения. После дефростации и расстойки полуфабрикаты выпекались при температуре 180–200 °С до готовности. Органолептическая оценка готовых булочек показала, что изделия, выпеченные из полуфабрикатов, хранившихся 1 и 3 месяца, характеризовались правильной формой, равномерно окрашенной гладкой коркой и хорошо разрыхленным эластичным мякишем, что практически соответствовало контрольным образцам (свежезамороженным). Физико-химические показатели (влажность мякиша, кислотность) для образцов со сроком хранения 3 месяца также оставались в пределах нормируемых значений и не имели статистически значимых отличий от контроля. В то же время выпечка из полуфабрикатов после 4 месяцев хранения дала изделия с более плотным, слегка крошащимся мякишем и менее выраженным вкусом и ароматом, характерным для сдобы, что количественно подтверждает пороговый характер деструктивных изменений, наступающих после 3 месяцев низкотемпературного хранения.

Ухудшение реологических свойств после 4 месяцев хранения коррелирует с органолептическими изменениями, а именно высокой плотностью мякиша и объясняется накоплением необратимых изменений в структуре замороженного теста. Частичная дегидратация белков клейковины и кристаллизация амилопектина крахмала приводят к разрушению пространственной сетки теста и снижению его эластичности.

Таким образом, обоснования предельно допустимых сроков хранения замороженных полуфабрикатов сдобных булочек, выработанных по изменённой рецептуре с добавлением геркулесовой крупы, на основе анализа динамики их реологических и органолептических свойств – привели к следующим результатам. Разработанная рецептура полуфабрикатов адаптирована для низкотемпературного консервирования. Сравнительный анализ показал, что в течение первых трёх месяцев хранения при температуре –18 °С органолептические показатели и реологические характеристики (упругость, восстановление формы) остаются на уровне, близком к контрольным образцам, и соответствуют требованиям к качественным полуфабрикатам. При увеличении срока хранения до четырёх месяцев фиксируется статистически значимое снижение упругопластических свойств: упругость уменьшается на 19 %, восстановление формы –

на 11 %, а также появляются дефекты поверхности и уплотнение мякиша, что подтверждено контрольной выпечкой. Следовательно, на основании полученных экспериментальных данных предельный срок годности исследуемых полуфабрикатов сдобной булочки с геркулесовой крупой при температуре –18 °С составляет три месяца, что полностью обеспечивает стабильное качество готовых изделий после дефростации и выпечки.

Список источников

1. Разработка технологии булочного изделия с черносмородиновым порошком как замороженного полуфабриката / М. А. Янова, Л. Г. Ермош, Н. В. Присухина [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 7(196). С. 228–234.

2. Оникиенко, А. В. Влияние порошка смородины на качество хлебобулочных изделий / А. В. Оникиенко // Студенческая наука – взгляд в будущее : материалы XVIII Всероссийской студенческой научной конференции, Красноярск, 15–17 марта 2023 года. Том Часть 6. Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2023. С. 105–107.

3. Сазонова, А. В. Влияние шоковой заморозки на витамины в добавках в рецептуре круассана зернового / А. В. Сазонова, А. В. Ларькина, М. А. Янова // Аграрная наука – 2022 : материалы Всероссийской конференции молодых исследователей, Москва, 22–24 ноября 2022 года. Москва : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022.

4. Смирнова, И. А. Влияние качества воды на показатели качества хлебобулочных изделий / И. А. Смирнова // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России. 2019. № 8.

5. Мехрянина, С. В. Исследование качества хлебобулочных изделий при хранении в упаковке / С. В. Мехрянина // Осенний школьный марафон : сборник исследовательских работ V Международной научно-практической конференции школьников, Чебоксары, 30 ноября 2017 года. Чебоксары : Общество с ограниченной ответственностью «Центр научного сотрудничества «Интерактив плюс», 2017. С. 17–19.

6. Ermosh, L. G. Использование растительного жмыха для обогащения хлебобулочных изделий. The use of oilseed cake for supplementation of bakery products / L. G. Ermosh, N. V. Prisuhina, D. A. Koch, E. V. Eremina // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk, Russian Federation, 2021. С. 22090.

7. Янова, М. А. Модификация компонентов рецептурного состава хлебобулочных изделий с применением текстурированных смесей / М. А. Янова, Н. В. Присухина, Е. В. Мельникова // Вестник КрасГАУ. 2020. № 2(155). С. 117–125.

8. Штыров, Р. Р. Шоковая заморозка продуктов в сельском хозяйстве и в общественном питании / Р. Р. Штыров, Д. Н. Катусов // Приднепровский научный вестник. 2019. Т. 1, № 2. С. 070–074.

9. Использование порошка из плодов облепихи в рецептуре хлебобулочных изделий / А. С. Доев, А. С. Джабоева, В. В. Тедтова, И. Э. Тедтов // Технологии и продукты здорового питания : материалы X Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию кафедры «Технологии продуктов питания», 100-летию факультета ветеринарной медицины пищевых и биотехнологий, Саратов, 24–25 мая 2018 года / под ред. И. В. Симаковой. Саратов : ООО «Центр социальных агроинноваций СГАУ», 2018. С. 10–15.

10. Роганова, Е. Е. Изучение возможности применения порошка из яблочных выжимок при производстве хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности / Е. Е. Роганова, П. А. Чалдаев // Современное хлебопекарное производство: перспективы развития : сборник научных трудов XVI Всероссийской заочной научно-практической конференции, Екатеринбург, 29 апреля 2015 года. Екатеринбург : Уральский государственный экономический университет, 2015. С. 17–21.

11. Мякиньков, А. Г. Растительные порошки и пищевая ценность хлебобулочных изделий [Овощные и плодово-ягодные порошки в качестве пищевой добавки] / А. Г. Мякиньков // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. 2002. № 3. С. 961.

12. Корячкина, С. Я. Обоснование создания функциональных хлебобулочных изделий с применением смеси порошков тыквы и моркови / С. Я. Корячкина, О. Л. Ладнова, И. С. Лобок, А. В. Микаелян // Хлебопродукты. 2018. № 4. С. 58–60.

13. Алексеев, Г. В. Формирование заготовок мелкоштучных хлебобулочных изделий с управлением реологическими свойствами теста : монография / Г. В. Алексеев, А. С. Иванова. Саратов : Вузовское образование, 2019. 117 с.

14. Исследование процессов замораживания и размораживания при производстве хлеба из пшенично-тритикалевых полуфабрикатов высокой степени готовности : систематический обзор / А. В. Быков, Е. И. Дубенко, Д. Р. Буздаков [и др.] // Хлебопродукты. 2023. № 6. С. 36–43.

Сведения об авторах

М. А. Янова – доктор технических наук, профессор кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств, SPIN-код: 8788-9580.

А. В. Оникиенко – аспирант.

Information about the authors

M. A. Yanova – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Baking, Confectionery and Macaroni Production Technology, SPIN-code: 8788-9580.

A. V. Onikienko – Graduate student.

Статья поступила в редакцию 08.05.2026; одобрена после рецензирования 12.05.2026; принята к публикации 19.05.2026.

The article was submitted 08.05.2026; approved after reviewing 12.05.2026; accepted for publication 19.05.2026.

© Янова М. А., Оникиенко А. В., 2026.

«Влияние продолжительности хранения на реологические свойства замороженных хлебобулочных полуфабрикатов» [Янова М. А., Оникиенко А. В.] распространяется под лицензией Creative Commons Attribution (CC BY 4.0).