

УДК 552.163

Обоснование возможности сохранения гречневой закваски методом криоконсервирования

Е. Д. Иголина*, А. В. Чернова, О. В. Казимирченко

*Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;

e-mail: elizaveta.igonina@klgtu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9951-4848>

Информация о статье

Поступила
в редакцию
28.03.2025;

получена
после доработки
24.04.2025;

принята
к публикации
30.04.2025

Ключевые слова:
мука из зеленой
гречки, закваска,
безглютеновые
изделия,
криоконсервирование,
сроки хранения

Реферат

Высокая биодоступность пищевых веществ (микро- и макронутриентов), улучшенные вкус и аромат выпечки, длительные сроки хранения продукции – преимущества использования заквасочных культур на производстве. В ходе исследования представлено обоснование сроков криоконсервирования закваски на гречневой муке, определены фазы разводящего и производственного цикла разработанной закваски. Рекомендованная температура брожения составляет 27 ± 1 °C, время выдержки 5 ч, подъемная сила 30 мин, кислотность 10 ± 1 град. Состав микрофлоры закваски представлен штаммами бактерий *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis* в сочетании со штаммами дрожжей *Candida milleri* и *Saccharomyces cerevisiae*. Данный микробиоценоз сохранен при переводе рисовой закваски на гречневую муку. Анализ изменения состава микрофлоры и физико-химических показателей закваски в процессе хранения при температуре -18 °C свидетельствует о том, что до конца четвертой недели хранения все показатели находятся в границах нормируемых значений. Начиная с шестой недели снижается количество молочнокислой микрофлоры, наблюдается рост дрожжевых клеток; подъемная сила закваски достигает 40 мин, кислотность уменьшается до 7 град. Таким образом, подвергнутую шоковой заморозке гречневую закваску рекомендуется хранить при температуре -18 °C в течение 4 недель, что подтверждается результатами исследований.

Для цитирования

Иголина Е. Д. и др. Обоснование возможности сохранения гречневой закваски методом криоконсервирования. Вестник МГТУ. 2025. Т. 28, № 2. С. 210–218. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2025-28-2-210-218>.

Justification of the possibility of preserving buckwheat starter by cryopreservation method

Elizaveta D. Igonina*, Anastasia V. Chernova, Oksana V. Kazimirchenko

*Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia;

e-mail: elizaveta.igonina@klgtu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9951-4848>

Article info

Received
28.03.2025;

received
in revised
24.04.2025;

accepted
30.04.2025

Key words:
green buckwheat flour,
starter,
gluten-free products,
cryopreservation,
storage time

Abstract

High bioavailability of nutrients (micro- and macronutrients), improved taste and aroma of baked goods, long shelf life of products are the advantages of using starter cultures in production. The study provides a rationale for the cryopreservation periods for buckwheat flour starter, and defines the phases of the propagation and production cycle of the developed starter. The recommended fermentation temperature is 27 ± 1 °C, holding time is 5 hours, lifting force is 30 minutes, acidity is 10 ± 1 degrees. The composition of the starter microflora is represented by strains of *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis* bacteria in combination with strains of *Candida milleri* and *Saccharomyces cerevisiae* yeast. This microbiocenosis is preserved when transferring rice starter to buckwheat flour. Analysis of changes in the microflora composition and physicochemical parameters of the starter during storage at a temperature of -18 °C indicates that all parameters are within the normalized values by the end of the fourth week of storage. Starting from the sixth week, the amount of lactic acid microflora decreases, yeast cells grow; the lifting power of the starter reaches 40 minutes, the acidity decreases to 7 degrees. Thus, shock-frozen buckwheat starter is recommended to be stored at a temperature of -18 °C for 4 weeks, which is confirmed by the research results.

For citation

Igonina, E. D. et al. 2025. Justification of the possibility of preserving buckwheat starter by cryopreservation method. *Vestnik of MSTU*, 28(2), pp. 210–218. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2025-28-2-210-218>.

Введение

В России развивается рынок безглютеновых продуктов, мучных и хлебобулочных изделий. Люди, страдающие генетически обусловленными и аллергическими заболеваниями, к которым относится непереносимость глютена, в недостаточной мере обеспечены рациональными продуктами питания (*Капустина, 2020; Попов и др., 2021*). Тренд на здоровое питание обуславливает широкое распространение безглютеновых продуктов не только среди покупателей с непереносимостью глютена, но и среди обычных потребителей, которые следят за своим питанием и здоровьем. Рынок сбыта не ограничен строгими рамками и противопоказаниями (*Заворохина и др., 2016, Орлова и др., 2020*); производство безглютеновых продуктов имеет положительную динамику. Популярностью пользуются изделия на закваске, и поэтому наблюдается рост применения этой технологии при производстве хлебобулочных изделий (*Gobbetti et al., 2019*).

Закваска – полуфабрикат хлебопекарного производства, полученный сбраживанием питательной смеси молочнокислыми бактериями и хлебопекарными дрожжами. Закваска обеспечивает необходимую кислотность тесту, интенсификацию процесса приготовления теста и, как следствие, получение развитой пористости безглютенового хлеба, улучшение его вкуса и запаха, а также обогащает продукт аминокислотами и витаминами (*Бочкарева и др., 2022*). Хлеб на заквасках легче переваривается, чему способствует большая биодоступность пищевых веществ (*Хатко и др., 2020, Якупова и др., 2021*).

Спрос на производство хлеба на закваске в настоящий момент остается недостаточным, поэтому фабрикам-пекарням невыгодно поддерживать закваску в активном бродильном состоянии. Покупка для каждого нового цикла чистых культур микроорганизмов в сухом виде экономически не оправдана; возникает необходимость сохранения закваски методами криоконсервирования (*Герасимова и др., 2019, Ермош и др., 2012*).

Цель работы – научное обоснование сроков и режимов хранения закваски на гречневой муке.

Для реализации поставленной цели сформулированы следующие задачи исследования:

- описать фазы разводочного и производственного цикла закваски на гречневой муке;
- выявить состав микрофлоры исследуемой закваски;
- определить изменение состава микрофлоры и физико-химических показателей закваски в ходе хранения при –18 °С;
- разработать рекомендации по срокам хранения закваски, гарантирующим сохранение ее бродильной активности.

Материалы и методы

Объектом исследования является безглютеновая закваска из муки зеленой гречки.

Мука из зеленой гречки – продукт переработки зерен гречихи определенной степени зрелости, не подвергнутых термической обработке, благодаря чему сохраняются все полезные свойства гречки. Мука из зеленой гречки ценна белками, пищевыми волокнами, витаминами группы В, РР, цинком, магнием; 100 г муки из зеленой гречки обеспечивают до 15 % суточной потребности человека в этих элементах. Биофлавоноиды, входящие в состав зеленой гречки, способны останавливать биологическое аэробное окисление органических веществ. Анализ отличий, касающихся структурно-механических свойств, свидетельствует о том, что водопоглотительная способность муки из зеленой гречки выше, чем у муки из пропаренного зерна.

Таким образом, использование муки из зеленой гречки в качестве питательной смеси при заквашивании выбрано с учетом низкого содержания глютена, а также ее биологической ценности как источника незаменимых аминокислот, витаминов, макроэлементов.

Для приготовления закваски из муки зеленой гречки использован биоконцентрат смеси штаммов молочнокислых бактерий (*Lactobacillus plantarum*-63, *Lac. brevis*-5, *Lac. brevis*-78) и дрожжей (*Candida milleri*, *Saccharomyces cerevisiae*-69) на рисовой муке и воде, предназначенный для активации рисовой безглютеновой закваски. Биоконцентрат заквасочных микроорганизмов выведен в Научно-исследовательском институте хлебопекарной промышленности.

Определение микробного состава исследуемой гречневой закваски проводили методом предельных серийных разведений в стерильном физиологическом растворе с последующим высевом суспензии на селективные питательные среды: капустный агар – по ГОСТ 10444.1-84¹, плотную среду Бликфельда – по ГОСТ 10444.11-2013². Микробиологические посевы термостатировали при температуре 25 °С в течение 48 ч.

¹ ГОСТ 10444.1-84. Консервы. Приготовление растворов реактивов, красок, индикаторов и питательных сред, применяемых в микробиологическом анализе. Введен 01.07.1985. URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200021065>.

² ГОСТ 10444.11-2013. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества мезофильных молочнокислых микроорганизмов. Введен 01.01.2015. URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200106915>.

Идентификацию штаммов микроорганизмов, изолированных из закваски, осуществляли с учетом культуральных, морфологических и физиолого-биохимических признаков по ГОСТ 10444.1-84 и ГОСТ 26670-91³.

Микробиологическую безопасность закваски определяли согласно ТР ТС 033/2013⁴.

Кислотность и подъемную силу закваски устанавливали, используя работу (Корячкина и др., 2010). Закваску исследовали в процессе хранения в течение 7 недель при –18 °С.

Результаты и обсуждение

Определены фазы разводочного и производственного цикла разработанной закваски, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1. Фазы разводочного и производственного цикла гречневой закваски
Table 1. Phases of the breeding and production cycle of buckwheat sourdough

Наименование сырья и показателей процесса	Фазы разводочного цикла					Фазы производственного цикла
	1	2	3	4	5	1
Смесь штаммов молочнокислых бактерий <i>L. plantarum</i> -63, <i>L. brevis</i> -5, <i>L. brevis</i> -78, мл	20	–	–	–	–	–
Штаммы дрожжей <i>Candida milleri</i> и <i>S. cerevisiae</i> -69 на солодовом сусле, мл	10	–	–	–	–	–
Закваска предыдущей фазы, г	–	50	50	50	50	50
Рисовая мука, г	130	100	100	–	–	–
Мука из зеленой гречки, г	–	–	–	100	100	100
Вода, г	140	100	100	100	100	100
Температура, °С	28	28	28	28	28	28
Кислотность, град	9	9	10	11	11	11
Подъемная сила, мин	35	30	30	25	25	25
Продолжительность брожения, ч	10	5	5	5	5	5

Исходное количество (доля) каждого штамма микроорганизма не определялось; при приготовлении закваски был внесен консорциум заквасочных микроорганизмов с неизвестным соотношением видов.

В первой фазе закваску выдерживали до кислотности 9 град и подъемной силы 35 мин согласно инструкции по выведению рисовой закваски.

При изготовлении закваски второй фазы к выброженной закваске первой фазы (16,6 % от закваски первой фазы) добавляли питательную смесь, приготовленную из рисовой муки и воды (соотношение закваски, муки и воды 1 : 2 : 2), далее закваску выдерживали до конечной кислотности 9 град и подъемной силы 30 мин.

Для получения закваски третьей фазы разводочного цикла закваску второй фазы (20 % от закваски второй фазы) смешивали с питательной смесью из рисовой муки и воды (соотношение закваски, муки и воды 1 : 2 : 2) и выдерживали до конечной кислотности 10 град и подъемной силы 30 мин.

Закваску четвертой фазы (20 % от закваски третьей фазы) готовили при освежении питательной смесью из муки из зеленой гречки и воды (соотношение закваски, муки и воды 1 : 2 : 2) с последующим брожением до кислотности 11 град и подъемной силы 25 мин.

Для получения закваски последней пятой фазы смешивали закваску четвертой фазы (20 % от закваски четвертой фазы), муку из зеленой гречки и воду в соотношении 1 : 2 : 2, выдерживали до конечной кислотности 11 град, подъемной силы 25–30 мин.

К началу производственной фазы общая масса закваски после 5 фаз разводочного цикла составила 250 г. К 20 % закваски (50 г) добавили 40 % (100 г) муки из зеленой гречки и 40 % (100 мл) воды. Получившуюся закваску в количестве 250 г поместили на хранение при температуре 1–5 °С с последующим освежением раз в три дня. Температура выдерживания закваски составляла на всем периоде 28 °С, что является оптимальным значением как для молочнокислых бактерий, так и для дрожжевых клеток (Жаркова и др., 2023).

Опыты показали, что при данном соотношении компонентов подъемная сила не превышает 30 мин, а кислотность – 11 град. Органолептические показатели гречневой закваски представлены в табл. 2.

³ ГОСТ 26670-91. Продукты пищевые. Методы культивирования микроорганизмов. Введен 01.01.2015. URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200106915>.

⁴ ТР ТС 033/2013. О безопасности молока и молочной продукции. Введен 09.10. 2013. URL : <https://docs.cntd.ru/document/499050562>.

Таблица 2. Органолептические показатели качества закваски из гречневой муки
Table 2. Organoleptic quality indicators of buckwheat flour sourdough

Характеристика	Описание
Консистенция	Пористая, густая, вязкая, однородная
Запах	Свойственный гречке; с приятной молочной кислинкой
Вкус	Кислый; с оттенком, свойственным муке из гречки
Цвет	Светло-коричневый с серым оттенком

Следующим этапом исследований гречневой закваски являлось установление видового состава микрофлоры. В данной закваске выделены следующие микроорганизмы:

1) *Lactobacillus plantarum* – вид грамположительных анаэробных неспорообразующих молочнокислых бактерий (рис. 1, б). На селективных средах колонии были круглыми и выпуклыми, белого и кремового цвета, блестящими, среднего и большого размера. При осмотре под микроскопом бактерии представляли собой прямые стержни с закругленными концами шириной 0,9–1,2 мкм и длиной 3–8 мкм. Клетки этих молочнокислых бактерий встречались поодиночке, парами или короткими цепочками (Дудикова и др., 2016);

2) *Lactobacillus brevis* – род грамположительных анаэробных неспорообразующих молочнокислых бактерий (рис. 1, а). На селективных средах колонии были круглыми и палочковидными, преимущественно кремового цвета, иногда желтоватыми, среднего и маленького размера. При осмотре под микроскопом бактерии представляли собой палочки небольшого размера шириной 0,5–1,0 мкм и длиной 1,5–5 мкм. Клетки чаще всего располагались поодиночке или парами (Умиралиева и др., 2023);

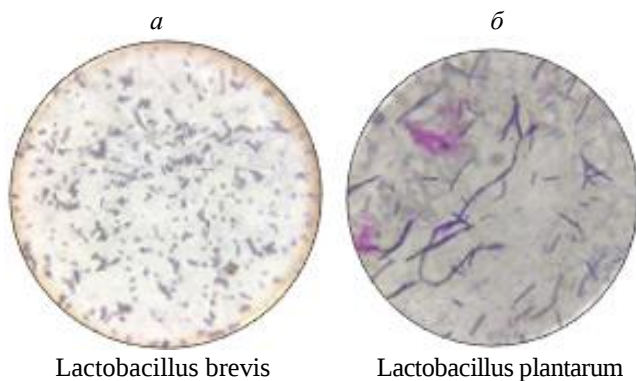


Рис. 1. Микробиоценоз закваски (*Lactobacillus brevis* и *Lactobacillus plantarum*) (Умиралиева и др., 2023)
Fig. 1. Microbiocenosis of starter (*Lactobacillus brevis* and *Lactobacillus plantarum*)

3) *Candida milleri* – одни из наиболее распространенных видов дрожжей в экосистемах заквасок (рис. 2, б); на селективных средах представляют собой шарообразные колонии бежевого цвета, чаще среднего размера. При микроскопировании обнаружены слегка овальные клетки шириной 5–6 мкм и длиной 4–6 мкм, располагавшиеся как поодиночке, так и в цепочках (*Меледина и др., 2018*);

4) *Saccharomyces cerevisiae* – вид одноклеточных микроскопических грибов из класса сахаромикетов (рис. 2, а). На селективных средах представляют собой немного вытянутые колонии белого и кремового цветов (поодиночке и в цепочках). При микроскопии наблюдали клетки овальной или круглой формы размером 5–10 мкм в диаметре (*Lahue et al., 2020*).

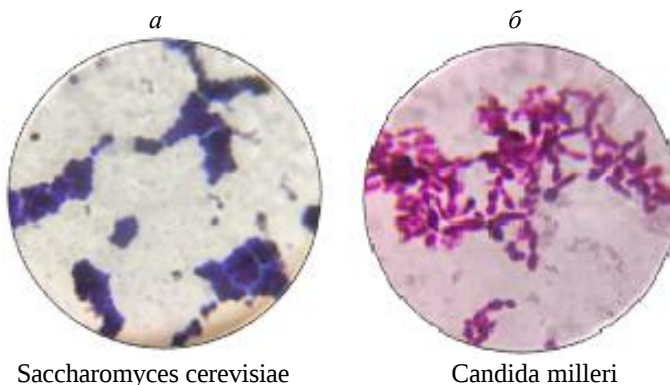


Рис. 2. Микробиоценоз закваски (*Saccharomyces cerevisiae* и *Candida milleri*) (*Lahue et al., 2020*)
Fig. 2. Microbiocenosis of starter (*Saccharomyces cerevisiae* and *Candida milleri*)

Выделенные микроорганизмы соответствовали видам молочнокислых бактерий и дрожжевых грибов, характерным для состава рисовой закваски. Таким образом, при переводе рисовой закваски на гречневую муку была сохранена основная микрофлора, благодаря чему закваска не утратила своих свойств.

Вследствие того что исходное соотношение видов вносимых заквасочных микроорганизмов не было известно, при микробиологических исследованиях анализируемой гречневой закваски устанавливали доли каждого вида микробов (табл. 3).

Таблица 3. Количественное соотношение выделенных групп микроорганизмов гречневой закваски

Table 3. Quantitative ratio of isolated groups of microorganisms of buckwheat starter culture

Наименование микроорганизмов	Количественное соотношение микроорганизмов, %
<i>L. plantarum</i>	35
<i>L. brevis</i>	45
<i>Candida milleri</i>	10
<i>S. cerevisiae</i>	10

Из табл. 3 видно, что количественное соотношение молочнокислых бактерий и дрожжевых грибов в закваске составляет примерно 4:1. Данное соотношение является благоприятным симбиозом для закваски, так как происходит активный обмен питательными веществами (Локачук и др., 2019). Обычно молочнокислые бактерии имеют более высокую скорость роста по сравнению с дрожжами, что заметно по мере развития микрофлоры закваски, при этом известна способность дрожжей образовывать значительную часть CO₂ в процессе развития закваски, несмотря на то они были использованы в меньшем количестве (Galli et al., 2020).

Исследуемый образец закваски был подвергнут шоковой заморозке при –18 °С для установления сроков хранения. В процессе хранения закваски отслеживалось изменение состава микрофлоры и физико-химических показателей.

Изначально установленное соотношение молочнокислых бактерий и дрожжевых грибов сохранялось на протяжении первых 4 недель. Начиная с 6-й недели происходит резкое снижение молочнокислых бактерий (рис. 3), в частности *Lactobacillus brevis*, что, вероятно, указывает об их уязвимости к воздействию низких температур в течение длительного времени. Следовательно, со снижением молочнокислой микрофлоры происходит перевес в сторону дрожжевых грибов, так как не возникает активного подавления дрожжевой микрофлоры со стороны молочнокислых бактерий.

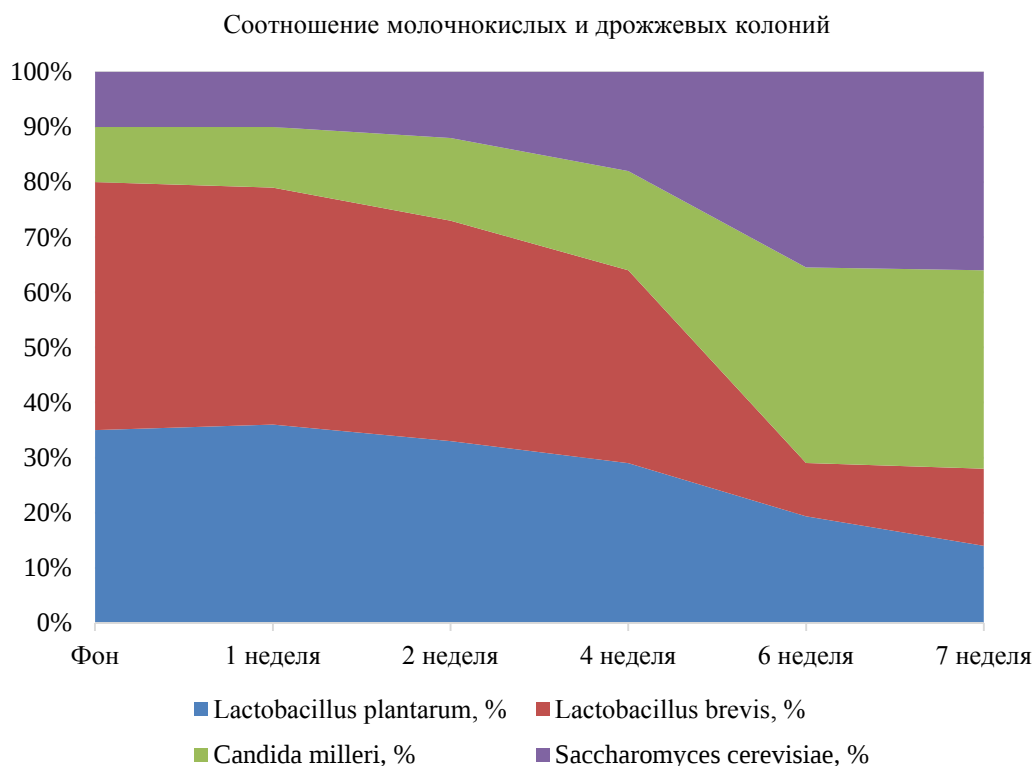


Рис. 3. Изменение количественного соотношения молочнокислых бактерий и дрожжей

Fig. 3. Changes in the quantitative ratio of lactic acid bacteria and yeast

Число характерных колоний, обнаруживаемых на чашках Петри, становится меньше к 6-й неделе (рис. 4 и 5), что свидетельствует о снижении количества бактерий ввиду постепенного снижения их активности и возможного расщепления питательных веществ, входящих в состав сред, т. е. количество сухого вещества становится недостаточным для активного размножения бактерий.

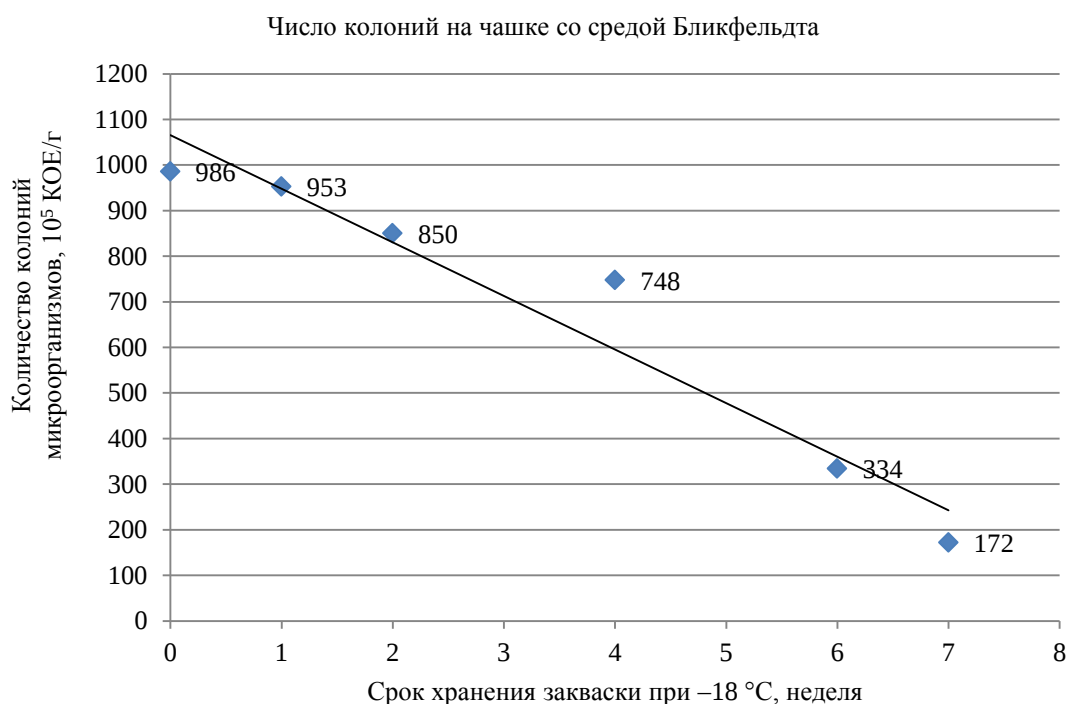


Рис. 4. Изменение количества микроорганизмов на среде Бликфельда в процессе хранения
Fig. 4. Changes in the number of microorganisms on the Blickfeldt medium during storage

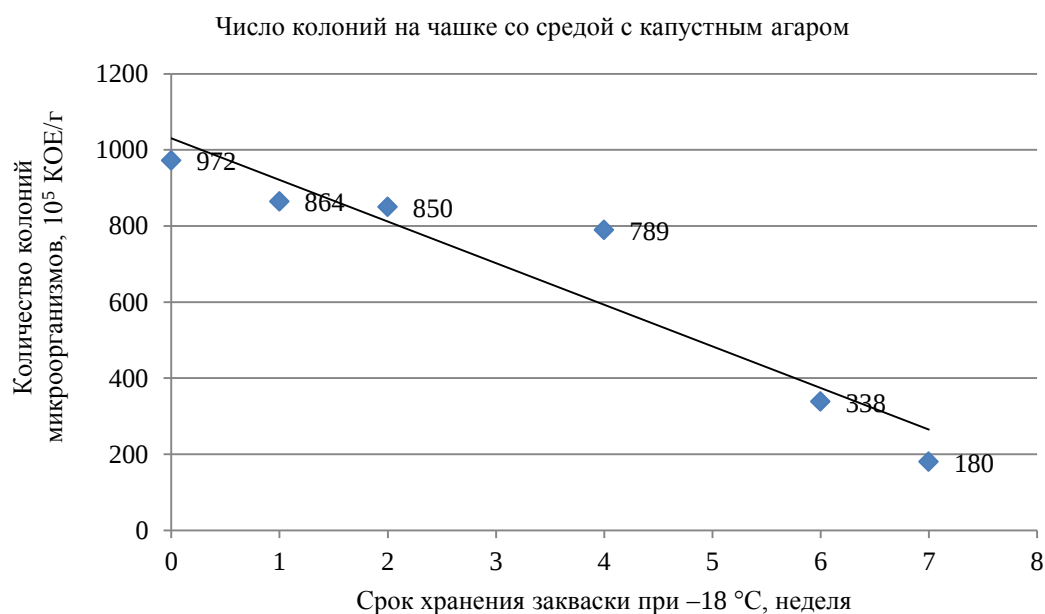


Рис. 5. Изменение количества микроорганизмов на капустном агаре в процессе хранения
Fig. 5. Changes in the number of microorganisms on cabbage agar during storage

Результаты оценки микробиологической безопасности гречневой закваски на фоновой точке и на 7-й неделе представлены в табл. 4. Патогенных и условно-патогенных микроорганизмов на протяжении всего срока хранения обнаружено не было; показатель КМАФАнМ не превышал нормируемых значений.

Таблица 4. Результаты оценки микробиологической безопасности гречневой закваски
Table 4. The results of the assessment of the microbiological safety of buckwheat starter culture

Наименование показателя	Допустимый уровень	Фон	7-я неделя
КМАФАнМ, КОЕ/г	$1 \cdot 10^8$	$0,7 \cdot 10^8$	$0,9 \cdot 10^8$
БГКП (колиформы)	Не допускаются в массе продукта 10 г	Не обнаружено	Не обнаружено
Патогенные, в том числе сальмонеллы	Не допускаются в массе продукта 100 г	Не обнаружено	Не обнаружено
Стафилококки <i>S. aureus</i>	Не допускаются в массе продукта 10 г	Не обнаружено	Не обнаружено
Дрожжи, плесени, КОЕ/г	5 в сумме	Менее 5	Менее 5

Микробиологические исследования подтверждаются результатами анализа кислотности и подъемной силы закваски, представленными в табл. 5 (Корякина и др., 2010). До конца месяца кислотность находилась в пределах 9–11 град, а подъемная сила – 25–30 мин, что является установленными качественными показателями исследуемой закваски. Начиная с 6-й недели кислотность закваски постепенно снижается, так как молочнокислых бактерий, вырабатывающих молочную и уксусную кислоты, становится меньше. Несмотря на то что дрожжей становится пропорционально больше, их активности недостаточно для поддержания подъемной силы закваски на необходимом уровне. Поэтому наблюдается изменение подъемной силы с 25 до 40 мин к 6-й неделе хранения.

Таблица 5. Физико-химические исследования гречневой закваски в процессе хранения при -18°C
Table 5. Physical and chemical studies of buckwheat starter culture during storage at minus 18°C

Характеристика	Фон	1-я неделя	2-я неделя	4-я неделя	6-я неделя	7-я неделя
Кислотность, град	$11,0 \pm 0,5$	$10,5 \pm 0,5$	$10,0 \pm 0,5$	$9,0 \pm 0,5$	$7,5 \pm 0,5$	$7,0 \pm 0,5$
Подъемная сила, мин	25 ± 1	25 ± 1	27 ± 1	30 ± 1	40 ± 1	42 ± 1

Заключение

В результате исследований разработаны фазы разводочного и производственного цикла гречневой закваски. Рекомендуемая температура ведения закваски составляет $28 \pm 0,5^\circ\text{C}$, время брожения закваски 5 ч, кислотность $11 \pm 0,5$ град, подъемная сила 25 ± 1 мин. Закваска пористая, однородная, с гречневым вкусом, имеет светло-коричневый оттенок.

При переводе рисовой закваски на гречневую муку сохранен видовой состав микрофлоры, включающий штаммы бактерий *L. plantarum*, *L. brevis*, *Candida milleri* и *S. cerevisiae*. Соотношение молочнокислых бактерий и дрожжей составляет 4 : 1.

В течение хранения гречневой закваски при -18°C наблюдается изменение микробиоценоза; на протяжении 4 недель колебания незначительные, соотношение молочнокислых бактерий и дрожжей сохраняется в пределах допустимого, кислотность и подъемная сила закваски также не превышают допустимых значений.

Начиная с 6-й недели соотношение молочнокислых бактерий и дрожжей изменяется в сторону дрожжевых клеток (1 : 2,5), что свидетельствует о снижении активности подавляющей способности молочнокислых бактерий, увеличении подъемной силы закваски и уменьшении ее кислотности.

Таким образом, подвергнутый шоковой заморозке образец гречневой закваски рекомендуется хранить при температуре -18°C в течение 4 недель, что подтверждается результатами исследований.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

- Бочкарева З. А., Пчелинцева О. Н., Белякова К. Н., Сагандыкова С. К. Сравнительная оценка показателей ржаного хлеба на заквасках спонтанного брожения // Ползуновский вестник. 2022. № 1. С. 23–30. DOI: <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.003>. EDN: FDAXBJ.
- Герасимова Э. О., Лабутина Н. В. Криогенные технологии в хлебопечении // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2019. № 1(367). С. 6–9. DOI: <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2019.1.1>. EDN: YZILKH.
- Дудикова Г. Н., Чижаева А. В. Консорциум молочнокислых бактерий и дрожжей для ржаной закваски с повышенными антагонистическими свойствами // Техника и технология пищевых производств. 2016. № 2(41). С. 34–39. EDN: WCLBNZ.
- Ермош Л. Г., Березовикова И. П. Технология хлебобулочных изделий из замороженных полуфабрикатов с использованием муки из топинамбура // Техника и технология пищевых производств. 2012. № 4(27). С. 11–17. EDN: PILQBX.

- Жаркова И. М., Росляков Ю. Ф., Иванчиков Д. С. Закваски спонтанного (естественного) брожения: особенности технологии и роль в современном хлебопекарном производстве // *Техника и технология пищевых производств*. 2023. Т. 53, № 3. С. 525–544. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-3-2455>. EDN: LQEJER.
- Заворохина Н. В., Чугунова О. В. Проблема целиакии в Российской Федерации и моделирование рецептур безглютеновых видов хлеба // *Потребительская кооперация*. 2016. № 1(52). С. 47–53.
- Капустина К. Ф. Разработка технологии безглютеновых хлебобулочных изделий с использованием пищевкусовой добавки из мяты перечной // *Молодой ученый*. 2020. № 24(314). С. 99–105. EDN: DSSCDW.
- Корячкина С. Я., Березина Н. А., Хмелева Е. В. Методы исследования качества хлебобулочных изделий. Орел : ОрелГТУ, 2010. 166 с.
- Локачук М. Н., Павловская Е. Н., Савкина О. А., Хлесткин В. К. Исследование микрофлоры спонтанных заквасок для хлебопекарного производства из географически отдаленных мест северо-западного региона России // *Хлебопечение России*. 2019. № 3. С. 32–35. EDN: XZNHRH.
- Меледина Т. В., Давыденко С. Г., Головинская О. В., Шестопалова И. А. [и др.]. Использование нового штамма дрожжей в хлебопечении // *Техника и технология пищевых производств*. 2018. Т. 48, № 4. С. 59–65. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-59-65>.
- Орлова Т. В., Кудинов П. И. Разработка рецептуры и технологии производства хлеба на основе безглютеновых мучных смесей // *Ползуновский вестник*. 2020. № 2. С. 50–57. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.02.010. EDN: PRESHG.
- Попов В. Г., Хайруллина Н. Г., Садыкова Х. Н. Тенденции использования безглютеновых видов муки в производстве продукции функционального назначения // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2021. Т. 83, № 1(87). С. 121–128. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-1-121-128>. EDN: AWOYEE.
- Умиралиева Л. Б., Абуова А. Б., Кандроков Р. Х., Исабекова М. С. [и др.]. Технология производства хлебобулочных изделий из муки тритикале с использованием закваски на основе молочнокислых бактерий // *Микробиология және вирусология*. 2023. № 2(41). С. 192–207. DOI: <https://doi.org/10.53729/MV-AS.2023.02.13>. EDN: ZBJDYG.
- Хатко З. Н., Наумова Е. В. Влияние пектиновых веществ на активацию заквасок для ржано-пшеничного мини-хлеба // *Новые технологии*. 2020. № 1. С. 75–86. DOI: 10.24411/2072-0920-2020-10108. EDN: QFLCDI.
- Якупова И. И., Кощина Е. И., Гареева И. Т. Разработка рецептуры хлебцев на закваске спонтанного брожения // *Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции : II Междунар. науч.-практ. конф., г. Саратов, 24–25 марта 2021 г.* ; [междунар. науч.-практ. конф. в рамках Междунар. науч.-практ. форума, посвященного Дню хлеба и соли] : сборник статей / под общей ред. О. М. Поповой, Н. В. Неповинных, В. А. Буховец. Саратов : Центр социальных агроинноваций СГАУ, 2021. С. 480–486. EDN: RKNUFY.
- Galli V., Venturi M., Guerrini S., Blandino M. [et al.]. Antioxidant properties of sourdoughs made with whole grain flours of hull-less barley or conventional and pigmented wheat and by selected lactobacilli strains // *Foods*. 2020. Vol. 9, Iss. 5. Article number: 640. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9050640>.
- Gobbetti M., De Angelis M., Di Cagno R., Calasso M. [et al.]. Novel insights on the functional/nutritional features of the sourdough fermentation // *International Journal of Food Microbiology*. 2019. Vol. 302. P. 103–113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.05.018>.
- Lahue C., Madden A. A., Dunn R. R., Smukowski H. C. History and domestication of *Saccharomyces cerevisiae* in bread baking // *Frontiers in Genetics*. 2020. Vol. 11. Article number: 584718. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.584718>.

References

- Bochkareva, Z. A., Pchelintseva, O. N., Belyakova, K. N., Sagandykova, S. K. 2022. Comparative assessment of the performance of rye bread with spontaneous fermentation sourdough. *Polzunovskiy vestnik*, 1, pp. 23–30. DOI: <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.003>. EDN: FDAXBJ. (In Russ.)
- Gerasimova, E. O., Labutina, N. V. 2019. Cryogenic technologies in bakery. *News of Universities. Food Technology*, 1(367), pp. 6–9. DOI: <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2019.1.1>. EDN: YZILKH. (In Russ.)
- Dudikova, G. N., Chizhaeva, A. V. 2016. Consortium of lactic acid bacteria and yeast for rye sourdough with increased antagonistic properties. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2(41), pp. 34–39. EDN: WCLBNZ. (In Russ.)
- Ermosh, L. G., Berezovikova, I. P. 2012. Technology of bakery products from frozen semi-finished products using Jerusalem artichoke flour. *Food Processing: Techniques and Technology*, 4(27), pp. 11–17. EDN: PILQBX. (In Russ.)
- Zharkova, I. M., Roslyakov, Yu. F., Ivanchikov, D. S. 2023. Starters of spontaneous (natural) fermentation: Features of technology and role in modern bakery production. *Food Processing: Techniques and Technology*, 53(3), pp. 525–544. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-3-2455>. EDN: LQEJER. (In Russ.)
- Zavorokhina, N. V., Chugunova, O. V. 2016. The problem of celiac disease in the Russian Federation and modeling of recipes for gluten-free types of bread. *Potrebitel'skaya Kooperatsiya*, 1(52), pp. 47–53. (In Russ.)

- Kapustina, K. F. 2020. Development of technology for gluten-free bakery products using a food additive from peppermint. *Molodoi Uchonyy*, 24(314), pp. 99–105. EDN: DSSCDW. (In Russ.)
- Koryachkina, S. Ya., Berezina, N. A., Khmeleva, E. V. 2010. Methods of studying the quality of bakery products. *Oryol*. (In Russ.)
- Lokachuk, M. N., Pavlovskaya, E. N., Savkina, O. A., Khlestkin, V. K. 2019. Study of microflora of spontaneous sourdoughs for bakery production from geographically remote places of the northwestern region of Russia. *Bakery of Russia*, 3, pp. 32–35. EDN: XZNHRH. (In Russ.)
- Meledina, T. V., Davydenko, S. G., Golovinskaia, O. V., Shestopalova, I. A. et al. 2018. New yeast strain in baking industry. *Food Processing: Techniques and Technology*, 48(4), pp. 59–65. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-59-65>. (In Russ.)
- Orlova, T. V., Kudinov, P. I. 2020. Development of a recipe and technology for the production of bread based on gluten-free flour mixtures. *Polzunovskiy Vestnik*, 2, pp. 50–57. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.02.010. EDN: PRESHG. (In Russ.)
- Popov, V. G., Khairullina, N. G., Sadykova, H. N. 2021. Trends in the use of gluten-free types of flour in the production of functional products. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 83(1(87)), pp. 121–128. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-1-121-128>. EDN: AWOYEE. (In Russ.)
- Umiralieva, L., Abuova, A., Kandrokov, R., Isabekova, M. et al. 2023. Technology of production of bakery products from triticale flour using sourdough based on lactic acid bacteria. *Microbiology and Virology*, 2(41), pp. 192–207. DOI: <https://doi.org/10.53729/MV-AS.2023.02.13>. EDN: ZBJIDG. (In Russ.)
- Khatko, Z. N., Naumova, E. V. 2020. The influence of pectin substances on the activation of starter cultures for rye-wheat mini-bread. *New Technologies*, 1, pp. 75–86. DOI: 10.24411/2072-0920-2020-10108. EDN: QFLCDI. (In Russ.)
- Yakubova, I. I., Koshchina, E. I., Gareeva, I. T. 2021. Development of a recipe for bread with spontaneous fermentation sourdough. Coll. of articles *Food technologies of the future: Innovations in the production and processing of agricultural products*, Saratov, pp. 480–486. EDN: RKNIFY. (In Russ.)
- Galli, V., Venturi, M., Guerrini, S., Blandino, M. et al. 2020. Antioxidant properties of sourdoughs made with whole grain flours of hull-less barley or conventional and pigmented wheat and by selected lactobacilli strains. *Foods*, 9(5). Article number: 640. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9050640>.
- Gobbetti, M., De Angelis, M., Di Cagno, R., Calasso, M. et al. 2019. Novel insights on the functional/nutritional features of the sourdough fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 302, pp. 103–113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.05.018>.
- Lahue, C., Madden, A. A., Dunn, R. R., Smukowski, H. C. 2020. History and domestication of *Saccharomyces cerevisiae* in bread baking. *Frontiers in Genetics*, 11. Article number: 584718. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.584718>.

Сведения об авторах

Иголина Елизавета Дмитриевна – пр. Советский, 1, г. Калининград, Россия, 236022;
Калининградский государственный технический университет, аспирант;
e-mail: elizaveta.igonina@klgtu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9951-4848>

Elizaveta D. Igonina – 1 Sovetsky Ave., Kaliningrad, Russia, 236022;
Kaliningrad State Technical University, PhD Student;
e-mail: elizaveta.igonina@klgtu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9951-4848>

Чернова Анастасия Валерьевна – пр. Советский, 1, г. Калининград, Россия, 236022;
Калининградский государственный технический университет, канд. техн. наук, доцент;
e-mail: anastasia.chernova@klgtu.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0530-9616>

Anastasia V. Chernova – 1 Sovetsky Ave., Kaliningrad, Russia, 236022;
Kaliningrad State Technical University, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor;
e-mail: anastasia.chernova@klgtu.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0530-9616>

Казимирченко Оксана Владимировна – пр. Советский, 1, г. Калининград, Россия, 236022;
Калининградский государственный технический университет, канд. биол. наук, доцент;
e-mail: oksana.kazimirchenko@klgtu.ru, ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-7197-0287>

Oksana V. Kazimirchenko – 1 Sovetsky Ave., Kaliningrad, Russia, 236022;
Kaliningrad State Technical University, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor;
e-mail: oksana.kazimirchenko@klgtu.ru, ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-7197-0287>