

**Микробиологическая безопасность хлеба из цельнозерновой муки ремесленного изготовления**

**Наталья Анатольевна Шмалько**

Кандидат технических наук  
Кубанский государственный технологический университет  
Краснодар, Россия  
anatolievna@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

**Наталья Викторовна Мацакова**

Кандидат технических наук  
Кубанский государственный технологический университет  
Краснодар, Россия  
viktorovna@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

**Стелла Владимировна Демченко**

Кандидат технических наук  
Кубанский государственный технологический университет  
Краснодар, Россия  
vladimirovna@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

**Тамара Вагановна Ваницкая**

Кандидат технических наук  
Кубанский государственный технологический университет  
Краснодар, Россия  
vaganovna@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

**Анна Олеговна Войлова**

Кандидат технических наук  
Кубанский государственный технологический университет  
Краснодар, Россия  
voilova@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

**Диана Олеговна Монастырная**

Кубанский государственный технологический университет  
Краснодар, Россия  
monastimaya@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

**Игорь Алексеевич Никитин**

Доктор технических наук  
Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова  
Москва, Россия  
alekseevich@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

**Игорь Владимирович Хомяков**

ТМ «Хомяков-Хлеб»

Краснодар, Россия

vladimirovich@kubstu.ru

ORCID 0000-0000-0000-0000

Поступила в редакцию 06.10.2022

Принята 18.12.2022

Опубликована 15.03.2023

УДК 664.682:579.842.11

EDN BPFQGG

BAK 4.3.5. Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ (технические науки)

OECD 02.11.JY FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY

**Аннотация**

К хлебобулочным изделиям ремесленного изготовления специалисты отрасли относят так называемую рустикальную выпечку с влажным крупнопористым мякишем и хрустящей шероховатой корочкой, изготавливаемую на закваске и выпекаемую в дровяной каменной печи. Примечательно, что хлеб на закваске использует в качестве «стартера» и источника бродильных культур откид опары или теста, оставшийся от предыдущего замеса хлеба. В настоящее время ремесленная выпечка во всем мире набирает популярность в связи с повышением приверженности населения здоровому образу жизни и потреблению органических продуктов, изготовленных только из натуральных компонентов (муки, воды, закваски). Однако в состав такой выпечки пекари часто могут включать злаки, орехи, семечки, изюм, фрукты и т.п., что требует обязательного проведения микробиологического анализа.

**Ключевые слова**

хлебобулочные изделия, микроорганизмы, безопасность, полуфабрикаты, мука.

**Введение**

Микробиологический мониторинг отечественных хлебопекарных предприятий, в том числе ремесленных производств, показывает взаимосвязь микробной контаминации сырья, воздуха и поверхностей оборудования производственных помещений с микробной контаминацией готовых изделий и риском развития в них микробной порчи, преимущественно меловой болезни и плесневения. Критерием микробной контаминации муки и зерновых продуктов служит обнаружение спорообразующих бактерий, плесеней и дрожжей в выпеченных хлебобулочных изделиях. Специалисты отмечают, что при выходе из печи плесневые и дрожжевые грибы в хлебобулочных изделиях не обнаруживаются, а содержание спорообразующих бактерий зависит от способа производства хлеба, снижаясь до минимального при вводе закваски, за счет конкурентных отношений микроорганизмов.

Отдельным вопросом в производственной санитарии является микробиологический анализ муки, пригодной для целей хлебопечения, поскольку микробное загрязнение сырья при переработке зерна в хлебопекарную муку практически не устраняется. Ситуацию усложняет еще отсутствие микробиологических нормативов безопасности для хлебобулочных изделий, за исключением тех их видов, которые вырабатываются с начинкой. Способом стабилизации микробиологического состава муки является выведение на ней спонтанной закваски в ходе длительного (до 10 суток) непрерывного ведения и каждодневного освеживания с целью достижения доминирования молочнокислых бактерий рода *Lactobacillus*, что применимо для ремесленных технологий хлеба.

Цель. Представленное в работе исследование производилось с целью установления микробиологической безопасности сырья, полуфабрикатов и хлебопекарной продукции ремесленного изготовления ТМ «Хомяков-Хлеб» в соответствии с требованиями ТР ТС 021/2011 «О безопасности

пищевой продукции», изложенных в п. 1.11 «Специализированная пищевая продукция для детского питания для детей раннего возраста, производимая (изготавливаемая) на молочных кухнях», и в п. 1.12 «Специализированная пищевая продукция для детского питания для детей дошкольного и школьного возраста».

### Материалы и методы исследования

Материалы и методы. Объектами исследования послужили зерно ржи, пшеницы (фото 1), цельнозерновая ржаная и пшеничная мука жернового помола ТМ «Хомяков-Хлеб» (фото 2), сортовая пшеничная мука, стартерная закваска из ржаной и пшеничной муки, свежееиспеченный хлеб из ржаной муки (подовый) и хлеб пшеничной муки по типу чабатта (фото 3), в которых учитывали количество обнаруженных мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), КОЕ/г по ГОСТ 10444.15-94, бактерий группы кишечных палочек (колиформы) (БГКП) в 1 г продукта по ГОСТ 31747-2012, плесеней, КОЕ/г по ГОСТ 10444.12-2013, дрожжей, КОЕ/г по ГОСТ 10444.12-2013, молочнокислых микроорганизмов по ГОСТ 10444.11-2013, *Staphylococcus aureus* в 1 г продукта по ГОСТ 31746-2012. Нормативы микробиологической безопасности для муки и хлебобулочных изделий, взятые согласно ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», представлены в таблице 1.

Таблица 1. Нормативы микробиологической безопасности для муки и хлебобулочных изделий по ТР ТС 021/2011

Показатели	Допустимые уровни для муки	Допустимые уровни для хлебобулочных изделий
1	2	3
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	$5 \times 10^4$	$1 \times 10^3$
БГКП (колиформы), не допускаются в массе продукта, г	0,1	1,0
Плесени, КОЕ/г, не более	200	50
Дрожжи, КОЕ/г, не более	100	—
<i>Staphylococcus aureus</i> , не допускаются в массе продукта, г		1,0



Рисунок 1. Зерно ржи (слева) и изготовленная из него ржаная цельнозерновая мука ТМ «Хомяков-Хлеб» (справа)



Рисунок 2. Зерно пшеницы (слева) и изготовленная из него пшеничная цельнозерновая мука ТМ «Хомяков-Хлеб» (справа)

Органолептические и физико-химические показатели качества испытуемых проб муки приведены в таблице 2. Наилучшими показателями качества и свежестью отличались пробы муки, полученные жерновым помолом зерна пшеницы и ржи, ферментативная активность которых находилась в пределах нормы ГОСТ 7045-2017, ГОСТ 26574-2017.

Таблица 2. Органолептические и физико-химические показатели качества муки

Наименование показателя	Проба ржаной цельнозерновой муки жернового помола ТМ «Хомяков-Хлеб» (г. Краснодар, Россия)	Проба пшеничной цельнозерновой муки жернового помола ТМ «Хомяков-Хлеб» (г. Краснодар, Россия)	Проба муки пшеничной хлебопекарной первого сорта ТНВ «Пугачевское» (г. Пенза, Россия)
Вкус	Свойственный ржаной муке, без посторонних привкусов, не кислый, не горький	Свойственный пшеничной муке, без посторонних привкусов, не кислый, не горький	
Запах	Свойственный ржаной муке, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневелый	Свойственный пшеничной муке, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневелый	
Цвет	Серый с частицами оболочек зерна	Белый с желтоватым оттенком с заметными частицами оболочек зерна	Белый
Наличие минеральной примеси	При разжевывании муки хруста не ощущается		
Количество клейковины, %	—	29,0	34,0
Качество клейковины, ед. ИДК	—	57,0	60,0
Число падения, с	258	342	—
Влажность, %	11,0	12,0	12,4

Титруемая кислотность, град	4,4	2,0	3,7
-----------------------------	-----	-----	-----

Рецептура теста и принятые режимы приготовления полуфабрикатов и выпечки хлебобулочных изделий, вырабатываемых из пшеничной и ржаной цельнозерновой муки, значительно отличаются.

Чиабатта из пшеничной муки готовится на стартере – закваске из пшеничной цельнозерновой муки с внесением в опару. Соотношение стартера к муке и воде при приготовлении опары: 1 : 4 : 4 или 1 : 3 : 3. Перед приготовлением опары охлажденная закваска освежается 3 раза подряд через каждые 12 ч при температуре 25-27 °С. Опара замешивается из пшеничной цельнозерновой муки при соотношении муки и воды – 50 : 50, далее выбраживает до 10 ч при температуре 25-27 °С. Тесто замешивается из смеси пшеничной муки первого сорта и пшеничной цельнозерновой (94 : 6) при добавлении воды до 69 % к массе муки. Опара дозируется в тесто до 23,5 % к массе муки, соль – в 1,7 % к массе муки. Замешенное тесто выбраживает в течение 3 ч при температуре 24-25 °С с проведением складывания массы теста в контейнере каждые 35-40 мин, после чего подвергается «холодному» брожению в течение 8 ч при температуре 12-15 °С. Разделка и формовка тестовых заготовок осуществляется в ткань, при этом расстойка покрытых тканью заготовок продолжается в течение 1,5-2 ч в помещении при температуре 22-28 °С. Выпечка расстойшихся заготовок производится в русской дровяной печи в течение 12-17 мин при температуре пекарной камеры в нижней части 260-270 °С, в верхней части 280-290 °С.

Хлеб подовый из ржаной цельнозерновой муки готовится на стартере – густой ржаной закваске, хранимой в охлажденном виде, путем ее согревания и освежения 4 раза подряд через каждые 4-4,5 ч при температуре 28-30 °С. Замес теста осуществляется при расходе муки до 30,2 % к массе теста, густой закваски до 42 %, воды до 27 %, соли до 0,8 %. Замешенное тесто выбраживает в течение 1,5-2 ч при температуре 29-30 °С. Формовка заготовок и расстойка в корзинках производится в течение 60 мин в помещении при температуре 28-30 °С. Выпечка расстойшихся заготовок осуществляется в русской дровяной печи в течение 10-12 мин при температуре пекарной камеры в нижней части 280-290 °С, в верхней части 320 °С.

Выпеченный хлеб в обоих случаях остывает до упаковки в условиях производства на деревянных лотках в течение 8-9 ч, после чего упаковывается в бумажные пищевые пакеты. Пакеты с хлебом остаются негерметичными до передачи покупателю.



Рисунок 3. Чиабатта из пшеничной муки ТМ «Хомяков-Хлеб»: целая буханка (слева) и в нарезке (справа)

### Результаты и обсуждение

Посевы микрофлоры зерна, муки и закваски на плотные питательные среды показали различное в них содержание мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных, молочнокислых микроорганизмов, плесеней и дрожжей при отсутствии бактерий группы кишечной палочки (колиформы). Как видно из таблицы 3, переработка зерна в цельнозерновую муку в целом приводит к снижению

обсемененности сырья молочнокислыми микроорганизмами, плесенями и дрожжами за счет удаления загрязненных частиц оболочек, что снижает вероятность попадания в готовую продукцию микотоксинов и гликозидов.

Для пшеничной муки первого сорта промышленного изготовления в отличие от муки ремесленного изготовления выявлено повышенное содержание плесени, что оказало отрицательное влияние на сохранность хлебопекарной продукции (таблица 4). Стартеры-закваски из цельнозерновой ржаной и пшеничной муки обладают высоким содержанием мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных, молочнокислых микроорганизмов и дрожжей с преимуществом последних без обнаружения бактерий группы кишечных палочек (колиформы), образуя специфический для бродильного полуфабриката микробиом (фото 4).

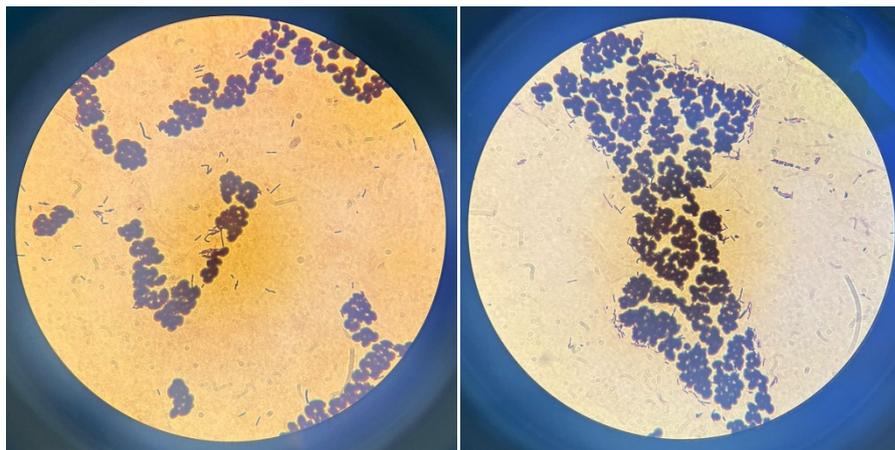


Рисунок 4. Микробиом стартера-закваски из цельнозерновой ржаной (слева) и пшеничной (справа) муки

Таблица 3. Результаты исследования микробиологических показателей сырья и заквасок

Наименование исследуемого образца	КМАФАнМ, КОЕ/г	БГКП (колиформы) в 1 г продукта	Молочно-кислые микроорганизмы	Плесени, КОЕ/г	Дрожжи, КОЕ/г
1	2	3	4	5	6
Зерно ржи	$4,8 \times 10^4$	отсутствие	менее $1,0 \times 10^3$	$1,0 \times 10^3$	$4,6 \times 10^8$
Зерно пшеницы	$1,2 \times 10^3$	отсутствие	$1,0 \times 10^3$	менее $1,0 \times 10^3$	менее $1,0 \times 10^8$
Мука ржаная цельнозерновая	$1,0 \times 10^4$	отсутствие	$9,0 \times 10^2$	менее $1,0 \times 10^3$	менее $1,0 \times 10^8$
Мука пшеничная цельнозерновая	$1,8 \times 10^3$	отсутствие	$3,0 \times 10^2$	$6,0 \times 10^3$	менее $1,0 \times 10^8$
Мука пшеничная первого сорта	$1,2 \times 10^3$	отсутствие	менее $1,0 \times 10^3$	$2,4 \times 10^2$	менее $1,0 \times 10^8$
Стартер-закваска из ржаной муки	$6,8 \times 10^5$	отсутствие	$3,8 \times 10^7$	менее $1,0 \times 10^3$	$6,4 \times 10^8$
Стартер-закваска из пшеничной муки	$8,0 \times 10^5$	отсутствие	$4,6 \times 10^7$	менее $1,0 \times 10^3$	$6,8 \times 10^8$

С целью изучения микробиологической безопасности хлебопекарной продукции исследованию подвергали свежее испеченные и хранившиеся в течение 3, 5 и 7 суток образцы хлеба из ржаной и пшеничной муки. Хлеб в бумажных пищевых пакетах хранили в условиях микробиологической лаборатории ИЦ «КубГТУ» при температуре воздуха в помещении 17-23 °С и его относительной влажности 64-73 %, что соответствовало требованиям ГОСТ 8227-2022. Относительную влажность воздуха в помещении для хранения хлебобулочных изделий измеряли с помощью психрометрического гигрометра ВИТ-2.

В целом, потребительские характеристики хлебобулочных изделий соответствовали рекомендуемым нормам ГОСТ 31805-2018, ГОСТ 31807-2018 по органолептическим (внешний вид, состояние мякиша, вкус, запах) и физико-химическим (влажность и титруемая кислотность мякиша) показателям. Влажность и кислотность образца из пшеничной муки составила 48 % и 3 град, образца из ржаной муки – 49 % и 6 град.

Как видно из таблицы 4, только один образец хлеба из пшеничной муки на 7 сутки хранения заплесневел. Полагаем, что такой результат микробной контаминации мог быть вызван обсемененностью плесенью пшеничной муки промышленного изготовления (таблица 3), вносимой на стадии замеса теста. Остальные образцы как хлеба из пшеничной муки, так и из ржаной муки, соответствуют требованиям безопасности ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», изложенных в п. 1.11 «Специализированная пищевая продукция для детского питания для детей раннего возраста, производимая (изготавливаемая) на молочных кухнях», и в п. 1.12 «Специализированная пищевая продукция для детского питания для детей дошкольного и школьного возраста».

Кроме бактериологического метода изучения микробиологических показателей, в ходе исследований производили определение обсеменности муки картофельной палочкой по выпеченному хлебу, для чего опытные образцы готовых изделий, завернутые в двойной слой стерильной пористой бумаги, тщательно увлажняли хорошо вымытыми руками, смоченными теплой водой, упаковывали в пакеты из полиэтиленовой пленки и помещали в термостат при температуре  $37 \pm 1$  °С без увлажнения воздуха. Пробу выдерживали в термостате 24 ч, после чего хлеб разрезали острым ножом и проверяли наличие заболевания. Визуальная оценка изделий не выявила признаков развития картофельной болезни, специфический запах и липкий мякиш отсутствовали.

Таблица 4. Результаты исследования микробиологических показателей хлебопекарной продукции

Наименование исследуемого образца	КМАФАнМ, КОЕ/г	БГКП (колиформы) в 1 г продукта	Плесени, КОЕ/г	Дрожжи, КОЕ/г
1	2	3	4	5
Хлеб из ржаной муки (свежеиспеченный)	6,0	отсутствие	менее $1,0 \times 10$	$4,6 \times 10$
Хлеб из ржаной муки (3 дня хранения)	менее $1,0 \times 10$	отсутствие	менее $1,0 \times 10$	менее $1,0 \times 10$
Хлеб из ржаной муки (5 дней хранения)	менее $1,0 \times 10$	отсутствие	менее $1,0 \times 10$	менее $1,0 \times 10$
Хлеб из ржаной муки (7 дней хранения)	менее $1,0 \times 10$	отсутствие	менее $1,0 \times 10$	менее $1,0 \times 10$
Хлеб из пшеничной муки (свежеиспеченный)	6,5	отсутствие	менее $1,0 \times 10$	менее $1,0 \times 10$
Хлеб из пшеничной муки (3 дня хранения)	менее $1,0 \times 10$	отсутствие	менее $1,0 \times 10$	менее $1,0 \times 10$
Хлеб из пшеничной муки (5 дней хранения)	менее $1,0 \times 10$	отсутствие	менее $1,0 \times 10$	менее $1,0 \times 10$
Хлеб из пшеничной муки (7 дней хранения)	Обнаружена плесень			

### Заключение

С учетом проведенных исследований микробиологической безопасности хлеба из цельнозерновой муки ремесленного изготовления ТМ «Хомяков-Хлеб» пришли к выводу о необходимости снижения микробной контаминации хлебопекарной продукции из пшеничной муки за счет исключения из рецептуры муки пшеничной первого сорта промышленного изготовления, не расходуемой при получении стартера-закваски, а добавляемой на стадии замеса теста. Полагаем, что использование закваски повышает кислотность среды за счет накопления молочной кислоты диких форм кисломолочных бактерий, что подавляет гнилостную и патогенную микрофлору вырабатываемого хлеба. Обсеменность муки картофельной палочкой по выпеченному хлебу не обнаружили. Образцы хлеба из ржаной муки отличает устойчивость к микробной контаминации при хранении, поскольку они готовятся на закваске и выпекаются из ржаной муки только одного наименования.

### Список литературы

1. Минченко А.А., Андреев Л.В., Спивак М.Е., Акимов С.А. Микробиологический анализ муки при использовании в хлебопечении // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания, 2021. № 4. С. 85-88.
2. Савкина О.А., Локарчук М.Н. Исследование микробного сообщества заквасок спонтанного брожения методом высокопроизводительного секвенирования // Виноградарство и виноделие, 2023. Т. 52. С. 84-85.
3. Савкина О.А., Локарчук М.Н., Павловская Е.Н., Кузнецова Л.И. Микробиологический мониторинг хлебопекарных предприятий // Хлебопродукты, 2020. № 2. С. 34-37.
4. Савкина О.А., Локарчук М.Н., Павловская Е.Н., Кузнецова Л.И. Факторы, обуславливающие микробную порчу хлеба // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд, 2020. № 13. С. 194-202.
5. Самошин П.Н., Белявская И.Г., Богатырева Т.Г., Лабутина Н.В., Титов А.Ю. Обзор технологий рустикальных хлебобулочных изделий // Хлебопродукты, 2021. № 5. С. 48-51.

### Microbiological safety of artisan bread made from whole grain flour

#### **Natalya A. Shmalko**

Candidate of Technical Sciences  
Kuban State Technological University  
Krasnodar, Russia  
anatolievna@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

#### **Natalya V. Matsakova**

Candidate of Technical Sciences  
Kuban State Technological University  
Krasnodar, Russia  
viktorovna@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

#### **Stella V. Demchenko**

Candidate of Technical Sciences  
Kuban State Technological University  
Krasnodar, Russia  
vladimirovna@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

**Tamara V. Vanitskaya**

Candidate of Technical Sciences  
Kuban State Technological University  
Krasnodar, Russia  
vaganovna@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

**Anna O. Voilova**

Candidate of Technical Sciences  
Kuban State Technological University  
Krasnodar, Russia  
voilova@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

**Diana A. Monastyrnaya**

Kuban State Technological University  
Krasnodar, Russia  
monastirnaya@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

**Igor A. Nikitin**

Doctor of Technical Sciences  
Russian Economic University named after. G.V. Plekhanov  
Moscow, Russia  
alekseevich@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

**Igor V. Khomyakov**

ТМ «Khomyakov-Khleb»  
Krasnodar, Russia  
vladimirovich@kubstu.ru  
ORCID 0000-0000-0000-0000

Received 06.10.2022

Accepted 18.12.2022

Published 15.03.2023

UDC 664.682:579.842.11

EDN BPFQGG

VAK 4.3.5. Biotechnology of food and biologically active substances (technical sciences)

OECD 02.11.JY FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY

**Annotation**

К хлебобулочным изделиям ремесленного изготовления специалисты отрасли относят так называемую рустикальную выпечку с влажным крупнопористым мякишем и хрустящей шероховатой корочкой, изготавливаемую на закваске и выпекаемую в дровяной каменной печи. Примечательно, что хлеб на закваске использует в качестве «стартера» и источника бродильных культур откид опары или теста, оставшийся от предыдущего замеса хлеба. В настоящее время ремесленная выпечка во всем мире набирает популярность в связи с повышением приверженности населения здоровому образу жизни и потреблению органических продуктов, изготовленных только из натуральных компонентов (муки, воды,

закваски). Однако в состав такой выпечки пекари часто могут включать злаки, орехи, семечки, изюм, фрукты и т.п., что требует обязательного проведения микробиологического анализа.

**Keywords**

bakery products, microorganisms, safety, semi-finished products, flour.

**References**

1. Minchenko A.A., Andreenko L.V., Spivak M.E., Akimova S.A. Microbiological analysis of flour when used in baking // Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex-healthy food products, 2021. No. 4. pp. 85-88.
2. Savkina O.A., Tokarchuk M.N. Investigation of the microbial community of starter cultures of spontaneous fermentation by high-performance sequencing // Viticulture and winemaking, 2023. Vol. 52. pp. 84-85.
3. Savkina O.A., Tokarchuk M.N., Pavlovskaya E.N., Kuznetsova L.I. Microbiological monitoring of bakery enterprises // Bread products, 2020. No. 2. pp. 34-37.
4. Savkina O.A., Tokarchuk M.N., Pavlovskaya E.N., Kuznetsova L.I. Factors causing microbial spoilage of bread // Innovative technologies of production and storage of material values for state needs, 2020. No. 13. pp. 194-202.
5. Samoshin P.N., Belyavskaya I.G., Bogatyreva T.G., Labutina N.V., Titov A.Yu. Review of technologies of rustic bakery products // Bread products, 2021. No. 5. pp. 48-51.