

Технология приготовления пшеничного хлеба из цельнозерновой муки

Наталья А. Шмалько	¹	kafedra-tith@ya.ru	 0000-0002-8939-0265
Тамара В. Ваницкая	¹	vanitskaya.toma@ya.ru	
Лидия А. Кудрявцева	¹	lida.kudryavtseva.02@mail.ru	
Игорь А. Никитин	²	nikito.igor@gmail.com	 0000-0002-8988-5911
Лилия Ф. Пономарева	³	l.ponomareva@mgutm.ru	 0000-0002-2931-7074
Елена А. Соловьева	³	solovyeva@mgutm.ru	 0000-0003-4894-8477

1 Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Россия

2 Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, 115054, Россия

3 Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной Вал, 73, г. Москва, 109004, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты разработки технологии производства пшеничного хлеба из цельнозерновой муки, полученной из зерна яровой мягкой пшеницы сорта «Тулайковская 10». Проведен анализ качественных характеристик данного сорта пшеницы и особенностей полученной муки, включая показатели содержания белка, клейковины и физико-химические свойства. Рассмотрены особенности формирования теста, состав его бродильной микрофлоры и современные методы приготовления, в том числе на заквасках с направленным культивированием микроорганизмов. Разработаны рецептуры и параметры производства пшеничного хлеба из цельнозерновой и сортовой муки. В ходе экспериментов определены оптимальные режимы разведения и промышленного использования густой пшеничной закваски, полученной из стартера спонтанного брожения. Проведена сравнительная оценка качества готового хлеба в соответствии с требованиями ГОСТ Р 58233-2018. Полученные результаты свидетельствуют о том, что использование заквасок с направленным культивированием микроорганизмов способствует улучшению пористости, текстуры и вкусовых качеств хлеба, а также увеличению срока его хранения за счет повышения кислотности и создания неблагоприятных условий для развития нежелательной микрофлоры. Технология производства хлеба из цельнозерновой муки позволяет получить продукт с высокой пищевой ценностью, богатым витаминами группы В, клетчаткой и минеральными веществами. Данный подход может быть востребован как в промышленном хлебопечении, так и в малых пекарнях, специализирующихся на выпуске ремесленного хлеба. Предложенные технологические решения направлены на повышение качества хлебобулочных изделий, улучшение их питательной ценности и расширение ассортимента полезных продуктов питания. Результаты работы могут быть использованы для дальнейших исследований в области хлебопекарного производства, совершенствования методов тестопротравки и внедрения новых технологий, ориентированных на принципы здорового питания.

Ключевые слова: зерно яровой мягкой пшеницы «Тулайковская 10», пшеничная цельнозерновая мука, пшеничная густая закваска, хлеб пшеничный из обойной муки, хлеб пшеничный из муки первого сорта.

The technology of making wheat bread made of whole grain flour

Natalya A. Shmal'ko	¹	kafedra-tith@ya.ru	 0000-0002-8939-0265
Tamara V. Vanitskaya	¹	vanitskaya.toma@ya.ru	
Lidiya A. Kudryavtseva	¹	lida.kudryavtseva.02@mail.ru	
Igor A. Nikitin	²	nikito.igor@gmail.com	 0000-0002-8988-5911
Liliya F. Ponomareva	³	l.ponomareva@mgutm.ru	 0000-0002-2931-7074
Elena A. Solov'eva	³	solovyeva@mgutm.ru	 0000-0003-4894-8477

1 Kuban State Technological University, Moskovskaya St., 2, Krasnodar, 350072, Russia

2 Plekhanov Russian University Of Economics, Stremyanny lane, 36, Moscow, 115054, Russia

3 K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (The First Cossack University), Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004, Russia

Для цитирования

Шмалько Н.А., Ваницкая Т.В., Кудрявцева Л.А., Никитин И.А., Пономарева Л.Ф., Соловьева Е.А. Технология приготовления пшеничного хлеба из цельнозерновой муки // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 4. С. 122–135. doi:10.20914/2310-1202-2024-4-122-135

For citation

Shmal'ko N.A., Vanitskaya T.V., Kudryavtseva L.A., Nikitin I.A., Ponomareva L.F., Solov'eva E.A. The technology of making wheat bread made of whole grain flour. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2024. vol. 86. no. 4. pp. 122–135. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-4-122-135

Abstract. The article presents the results of the development of a technology for the production of wheat bread from wholemeal flour obtained from spring wheat of the Tulaykovskaya 10 variety. The qualitative characteristics of this wheat variety and the characteristics of the resulting flour, including protein, gluten, and physico-chemical properties, were analyzed. The peculiarities of dough formation, the composition of its fermenting microflora and modern cooking methods, including those based on ferments with directed cultivation of microorganisms, are considered. Formulations and parameters for the production of wheat bread from whole grain and varietal flour have been developed. During the experiments, optimal breeding modes and industrial use of thick wheat starter culture obtained from a spontaneous fermentation starter were determined. A comparative assessment of the quality of the finished bread was carried out in accordance with the requirements of GOST R 58233-2018. The results obtained indicate that the use of starter cultures with targeted cultivation of microorganisms improves the porosity, texture and taste of bread, as well as increases its shelf life by increasing acidity and creating unfavorable conditions for the development of undesirable microflora. The technology of wholemeal bread production makes it possible to obtain a product with high nutritional value, rich in B vitamins, fiber and minerals. This approach can be in demand both in industrial bakery and in small bakeries specializing in the production of artisan bread. The proposed technological solutions are aimed at improving the quality of bakery products, improving their nutritional value and expanding the range of healthy foods. The results of the work can be used for further research in the field of bakery production, improvement of dough preparation methods and introduction of new technologies focused on the principles of healthy nutrition.

Keywords: grain of spring soft wheat "Tulaykovskaya 10", whole wheat flour, wheat thick sourdough, wheat bread from whole flour, wheat bread from flour of the first grade.

Введение

Пшеничный хлеб, по мнению К.А. Тимирязева, это «одно из тех эмпирических открытий, которое позднейшим научным изысканиям приходится только подтверждать и объяснять». Природа заложила в пшеничное зерно комплекс жизненно необходимых пищевых веществ: белков, углеводов, жиров, витаминов, минеральных соединений, длительное время сохраняющих свою биологическую активность. Хлебные растения, по мнению Д.Н. Прянишникова, «дают зерно с таким соотношением между азотистыми веществами, что человек может в случае нужды поддерживать свое существование даже только единым хлебом». Хлеб обладает постоянной, не снижающейся при ежедневном употреблении усвояемостью.

Как правило, хлебопекарную муку получают из мягкой пшеницы, зерновка которой отличается мучнистым, частично стекловидным и стекловидным эндоспермом. В среднем в зерне мягкой пшеницы содержание белка достигает 12,5%. Важным признаком качества зерна пшеницы является содержание и физические свойства клейковины. Сырая клейковина нормального зерна пшеницы содержит 170–210% воды по отношению к сухому веществу в зависимости от ее сорта и свойств. Свойствами клейковины в значительной степени определяется и качество хлеба. Стандартным способом качество сырой клейковины оценивают по упруго-эластичным свойствам (по величине сопротивления деформационной нагрузке сжатия на приборе ИДК).

Строение зерновки пшеницы является типичным для основных хлебных культур (рожь, ячмень, овес и т. п.) с небольшими изменениями. По форме зерновка пшеницы может быть овальной, овально-удлиненной, яйцевидной и состоит из трех основных частей – зародыша, который находится в нижней части зерна, эндосперма и оболочек, имеющих различное биологическое назначение.

Зародыш пшеницы характеризуется высоким содержанием ценных питательных веществ: аминокислот, сахаров, липидов, минеральных веществ, витаминов и ферментов. Содержание зародыша колеблется в пределах от 1,6 до 3,5% от массы сухого вещества зерна пшеницы. Присутствие в муке зародыша считается нежелательным, так как зародыш трудно подвергается измельчению, а содержащийся в нем жир быстро прогоркает, ускоряя порчу муки при хранении.

Эндоспермом называется внутренняя часть зерновки, содержащая запасные питательные вещества, необходимые для развития растения. Эндосперм состоит из наружной части – алейронового слоя (до 3,5–9,5%) и внутренней – мучнистого ядра (до 77–84%). Алейроновый слой выполняет две функции: является защитным слоем мучнистого ядра и служит запасом питательных веществ для зародыша. Мучнистое ядро состоит из крупных тонкостенных многогранных клеток, плотно заполненными зернами крахмала (крупными зернами или гранулами – пластидным крахмалом и мелкими – хондриосомным), белковыми и другими веществами. Стенки клеток мучнистого ядра состоят из клетчатки, гемицеллюлозы и минеральных веществ, склеены между собой пектином и водорастворимыми белками. В периферийной части зерна формируется белка больше, чем в центральной. Белковые молекулы со сферической или близкой к сферической форме образуют глобулярные белки, а нитевидные, палочковидные – фибриллярные.

Оболочки зерна защищают зерновку от воздействия внешней среды, механических и химических повреждений, подразделяются на плодовую и семенную. Плодовая оболочка состоит из трех слоев клеток: продольного (эпикарпий), поперечного (мезокарпий) и трубчатого (эндокарпий). Семенная оболочка (перисперм) представляет собой стенки семечки и состоит также из трех слоев клеток: первый слой из прозрачных

клеток, плотно соединенный со средним слоем семенной оболочки; второй содержит красящие вещества (пигменты); третий – гиалиновый слой из непрозрачных набухающих клеток, примыкающих к алейроновому слою.

По химическому составу оболочки состоят в основном из неусвояемых веществ – клетчатки и полуклетчатки, характеризуются высоким содержанием минеральных веществ и витаминов. В зерне пшеницы содержание плодовой оболочки составляет 3,3–6,8%, семенной – 1,3–2,6% от массы сухого вещества зерна [12]. Распределение химических веществ по частям зерновки пшеницы приведено в таблице 1.

Муку хлебопекарную вырабатывают из мягкой пшеницы (или с примесью твердой

пшеницы не более 20%) шести сортов – экстра, крупчатка, высший, первый, второй сорт, обойная [3]. Виды хлебопекарных помолов – трехсортные, двухсортные, односортные и др., нормы выхода продукции которых изложены в правилах организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах [10]. В стандарте на муку (ГОСТ 26574–2017 [3]) предусматриваются следующие показатели качества: влажность, зольность, крупность помола (остаток на сите и проход через сито с ячейками определенного размера), количество и качество сырой клейковины, белизна, число падения, а также органолептические показатели (вкус, запах, цвет, наличие минеральной примеси). Отдельные показатели приведены в таблице 2.

Таблица 1.

Средний химический состав пшеничного зерна, % на сухое вещество (по Е.Д. Казакову, В.Л. Кретовичу)

Table 1.

Average chemical composition of wheat grain, % per dry substance (according to E.D. Kazakov, V.L. Kretovich)

Наименование Title	Соотношение частей The ratio of parts	Белок Protein	Липиды Lipids	Углеводы Carbohydrates				Зольность Ash content
				крахмал starch	сахар sugar	клетчатка fiber	пентозаны pentosans	
Целое зерно Whole grain	100,0	16,06	2,24	63,07	4,32	2,76	8,10	2,18
Эндосперм Endosperm	81,60	12,91	0,68	78,82	3,54	0,15	2,72	0,45
Зародыш Germ	3,24	41,30	15,04	–	25,12	2,46	9,74	6,32
Оболочки с алейроновым слоем Shells with an aleurone layer	15,16	28,75	7,78	–	4,18	16,20	32,50	10,51

Таблица 2.

Показатели качества муки пшеничной хлебопекарной (ГОСТ 26574–2017)

Table 2.

Quality indicators of baking wheat flour (GOST 26574–2017)

Показатель Indicator	Сорт муки Flour grade					
	экстра extra	высший highest grade	крупчатка grits	первый first grade	второй second grade	обойная dark
Массовая доля влаги, %, не более Mass fraction of moisture, %, no more	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Массовая доля золы в пересчете на сухое вещество, %, не более Mass fraction of ash in terms of dry matter, %, no more	0,45	0,55	0,60	0,75	1,25	не менее, чем на 0,07% ниже зольности зерна до очистки, но не более 2% at least 0,07% lower than the ash content of the grain before cleaning, but not more than 2%
Белизна, усл. ед. прибора, не менее Whiteness, standard unit of the device, not less	64,0	54,0	–	36,0	12,0	–
Массовая доля сырой клейковины, %, не менее Mass fraction of crude gluten, %, not less	28,0	28,0	30,0	30,0	25,0	20,0
Качество сырой клейковины, усл. ед. прибора ИДК The quality of raw gluten, standard unit of the IDK device	35–100	35–100	35–100	35–100	40–100	35–100
Число падения, с The falling number, s	200	200	200	200	180	160

Химический состав пшеничной муки зависит от ее сорта и выхода, а также сорта зерна, условий его выращивания, почвенно-климатических, агротехнических особенностей и др. В таблице 3 приведены сведения о химическом

составе пшеничной хлебопекарной муки, отражающие средневзвешенные данные в целом по стране, без учета сортовых, географических, технологических и других факторов [16].

Таблица 3.

Химический состав муки пшеничной хлебопекарной

Table 3.

Chemical composition of baking wheat flour

Пищевые вещества Food substances	Мука пшеничная, сорт Wheat flour, grade			
	высший highest grade	первый first grade	второй second grade	обойная dark
Вода, % Water, %	14,0	14,0	14,0	14,0
Белки, % Proteins, %	10,3	10,6	11,6	11,5
Жиры, % Oils, %	1,1	1,3	1,8	2,2
Моно- и дисахариды, % Mono- and disaccharides, %	1,6	1,8	2,2	2,3
Крахмал, % Starch, %	68,5	66,7	62,0	58,5
Пищевые волокна, % Dietary fiber, %	3,5	4,4	6,7	9,3
Зола, % Ash, %	0,5	0,7	1,1	1,5
Минеральные вещества, мг% Mineral substances, mg %				
Na	3	4	6	7
K	122	176	251	310
Ca	18	24	32	39
Mg	16	44	73	94
P	86	115	184	336
Fe	1,2	2,1	3,9	4,7
Витамины, мг % Vitamins, mg %				
E	1,5	1,8	3,2	3,3
B ₁	0,17	0,25	0,37	0,41
B ₂	0,04	0,08	0,12	0,15
PP	1,2	2,2	4,6	5,5
Аминокислоты – лизин, мг% Amino acids – lysine, mg%	250	265	330	390

Как видно из данных таблицы 3, мука пшеничная обойная отличается лучшим химическим составом по содержанию белков, жиров, моно- и дисахаридов, пищевых волокон, минеральных и витаминных веществ, а также лимитирующей аминокислотой – лизином. Несмотря на указанное преимущество обойной пшеничной муки, ее использование в последнее время в хлебопекарном производстве маломасштабно, как и проведение научных изысканий по применению данного ценного растительного ресурса. Напротив, интерес исследователей возник к цельнозерновой или цельносмолотой муке из зерна пшеницы, базируясь на принципах концепции здорового питания. Перечислим наиболее поздние научные работы в данном направлении: изучение особенностей технологических свойств муки пшеничной цельносмолотой и цельнозерновой [6], химического состава цельнозерновой муки из селекционных сортов пшеницы [2], применение ее при производстве хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности [1], разработки технологии производства пшеничного хлеба из цельнозерновой муки [17] и др.

С учетом накопленного опыта производства широкого ассортимента хлебобулочных изделий с добавлением зерновых, зернобобовых, масличных культур и продуктов их переработки проведены исследования влияния цельнозерновой муки на биотехнологические свойства заквасок в технологии хлебобулочных изделий.

С этой целью было изучено качество пшеничной и ржаной цельнозерновой муки четырех производителей. Проведен анализ физико-химических и микробиологических показателей качества заквасок, приготовленных с использованием различных видов цельнозерновой муки. В результате проведенных исследований установлено, что для муки пшеничной цельнозерновой с зольностью ниже 1,0% и для муки ржаной цельнозерновой с зольностью ниже 1,4% в пересчете на сухое вещество требуется увеличение продолжительности созревания закваски, приблизительно на 60 мин, для достижения заданной кислотности и увеличения количества молочнокислых бактерий в ней. При этом, в хлебе с использованием заквасок с большим значением показателя кислотности выявлена более высокая устойчивость к картофельной болезни и плесневению мякиша, что обусловлено получением более высокой кислотности мякиша хлебобулочного изделия [5].

Отдельным вопросом для изучения является определение влияния различных дозировок пробиотических заквасок на потребительские свойства хлеба из смеси пшеничной и цельнозерновой муки, в частности, на предупреждение развития микробиологической порчи и сохранение микробиологической стойкости при хранении [8, 9].

Отсюда следует, что заквасочный способ приготовления пшеничного теста при переработке цельнозерновой муки набирает популярность

в хлебопечении. Для оценки эффективности того или иного способа приготовления пшеничного теста с применением цельнозерновой муки необходимо исследовать вопрос о приготовлении теста на заквасках с направленным культивированием микроорганизмов. Еще в 1936–1939 годы впервые вместо заквасок спонтанного происхождения были испытаны при приготовлении теста из муки пшеничной первого и второго сорта закваски на чистых культурах молочнокислых бактерий. Типичным представителем таких молочнокислых заквасок является созданная в 1990-е годы концентрированная молочнокислая закваска – КМКЗ (авторы идеи В.В. Щербатенко, В.А. Патт, Л.Н. Казанская), которая представляет собой сброженный селекционированными штаммами молочнокислых бактерий мучной полуфабрикат. На основе КМКЗ разработан и используется в промышленности экспрессный способ приготовления теста из пшеничной муки.

А.В. Витавской в 1980–1990-е годы создавалась технология высококислотной пшеничной закваски с культивированием мезофильных молочнокислых бактерий *Lactobacillus fermenti* – 27 в мучной среде при 37 ± 2 °С, отличающихся повышенной антибиотической активностью по отношению к спорообразующим бактериям, вызывающим картофельную болезнь хлеба. Закваски отличаются критической величиной рН – 3,4–3,5 и высокой титруемой кислотностью – 22–25 град. На основе применения данных высококислотных заквасок разработана технология пшеничного хлеба повышенной микробиологической чистоты, препятствующая развитию картофельной болезни хлеба.

Помимо обычно применяемого способа селекции новых штаммов и культур микроорганизмов – выделения из производственных сред, используют и другие более эффективные способы: адаптацию, гибридизацию, мутагенез, смешанные способы селекции. Подбор культур микроорганизмов проводят на основе их симбиотической активности в мучных средах (водно-мучные смеси, осахаренные заварки), обеспечивающих в результате жизнедеятельности обогащение заквасок витаминами, органическими кислотами, продуктами биохимических превращений компонентов муки и др. [12].

По способу формирования микробиоты закваски (по типу инокулирования микроорганизмов) разделяют на три типа заквасок (типы I, II, III): тип I – закваски спонтанного происхождения,

получаемые в домашних условиях и ремесленных пекарнях; тип II – готовые коммерческие инактивированные закваски, в которых микробиом формируется за счет добавления стартовых культур микроорганизмов; тип III – готовые коммерческие инактивированные закваски, которые готовят по аналогии с заквасками II типа путем заквашивания водно-мучной питательной смеси стартовыми культурами микроорганизмов. Последние два типа заквасок часто используют подкислители.

«Живые» закваски – закваски I типа представляют собой спонтанные закваски, в которых микробиом формируется за счет развития автохтонных микроорганизмов муки и воды в процессе ежедневного возобновления закваски смесью муки и воды с последующей ферментацией. Регулярные освежения позволяют поддерживать метаболическую активность молочнокислых бактерий и дрожжей. Возможно также хранение закваски в холодильнике в течение нескольких дней или недель, чтобы обеспечить более редкое освежение и / или контролировать микробный состав. Однако формирование правильной бродильной микробиоты в заквасках I типа происходит только в процессе длительного ведения. Направление процесса брожения определяется исходной обсемененностью муки [< 4 до $7 \log$ (КОЕ/г)], доступностью питательных веществ, а также физико-химическими параметрами водно-мучной питательной смеси – температурой, влажностью, рН, окислительно-восстановительным потенциалом, титруемой кислотностью, продолжительностью брожения [13].

Хотя в производстве пшеничного хлеба применение заквасок не является технологической необходимостью, поскольку его можно приготовить только на дрожжах, их использование позволяет улучшить текстуру, вкус, пищевую ценность и срок годности хлебобулочных изделий. Разработанные на основе пшеничных заквасок технологии с направленным культивированием микроорганизмов обеспечивают улучшение качества хлебобулочных изделий из муки с пониженными свойствами, интенсифицирование процесса тестоприготовления, улучшение качества, вкуса, запаха при ускоренных способах приготовления теста, повышение микробиологической чистоты продукции, появление «устойчивости» технологий и стабилизацию качества продукции в регионах экологического неблагополучия, а также в условиях жаркого климата и высоких температур (таблица 4).

Таблица 4.
Применение технологий хлебобулочных изделий с направленным культивированием микроорганизмов на пшеничных заквасках

Table 4.
Application of bakery products technologies with directed cultivation of microorganisms on wheat sourdough

Технологическая эффективность Technological efficiency	Закваска Sourdough			
	ацидофильная acidophilic	комплексная comprehensive	витаминная vitaminous	пропионокислая propionic
Отличительные свойства заквасок Distinctive properties of sourdough	протеолитическая активность, кислото-накопление proteolytic activity, acid accumulation	летучие соединения, кислоты, бактерицидные свойства volatile compounds, acids, bactericidal properties	витамины: бета-каротин, В ₁₂ vitamins: beta-carotene, В ₁₂	бактерицидные и фунгицидные свойства, В ₁₂ bactericidal and fungicidal properties, В ₁₂
Улучшение качества изделий из муки с пониженными свойствами: Improving the quality of flour products with reduced properties:				
со слабой клейковиной with weak gluten		+	+	
с крепкой клейковиной with strong gluten	+			
Ускоренный способ приготовления теста: The accelerated method of dough preparation:				
для булочных изделий for bakery products	+	+	+	
для сдобных изделий for pastry products	+			
Предотвращение картофельной болезни хлеба и плесневения Preventing potato disease of bread and mold		+		+
Повышение «устойчивости» технологий и стабилизация качества изделий в регионах: Improving the «sustainability» of technologies and stabilizing the quality of products in the regions:			+	
экологического неблагополучия environmental problems				
с жарким климатом with a hot climate			+	

Цель работы - проведение теоретических и экспериментальных исследований для разработки технологии приготовления пшеничного хлеба из цельнозерновой муки.

Материалы и методы

Объекты исследований – зерно сорта мягкой яровой пшеницы «Тулайковская 10», получаемая из него мука пшеничная цельнозерновая жернового помола, мука пшеничная хлебопекарная первого сорта, закваска-стартер спонтанного брожения из ржаной муки, культивируемая из нее закваска пшеничная густая, тесто пшеничное, хлеб пшеничный из обойной муки, хлеб пшеничный из муки первого сорта.

Выбор сорта зерна пшеницы обусловлен положительными результатами апробации в хлебопечении при изготовлении ремесленного хлеба на закваске спонтанного брожения из цельнозерновой муки [19], а также селекционными испытаниями зерна при размоле в пшеничную муку с высоким содержанием и качеством сырой клейковины [18].

В данном исследовании производили изучение стандартных показателей качества зерна пшеницы: натуру, г/дм³, по ГОСТ 10840–2017 – 1003 ± 1; стекловидность, %, по ГОСТ 10987 – 76–64 ± 5; масса 1000 зерен, г, по ГОСТ 10842 – 89–35,0 ± 0,1; влажность, %, по ГОСТ 13586.5–2015 – 11,0 ± 0,1; титруемая кислотность, град, по ГОСТ 10844–74 – 4,0 ± 0,1; число падения, с, по ГОСТ 27676–88 – 248 ± 1. Сорная и зерновая примеси в зерне не обнаружены.

Результаты свидетельствуют о принадлежности изучаемой пробы зерна пшеницы «Тулайковская 10» к первому классу качества, что подтверждается высоким качеством пшеничной хлебопекарной (проба 1) и цельнозерновой (проба 2) муки, получаемой при помоле пробы зерна данного сорта: влажность, %, по ГОСТ 9404–88, в пробе 1 – 12,4 ± 0,1, в пробе 2 – 12,0 ± 0,1; количество клейковины, %, по ГОСТ 27839–2013, в пробе 1 – 34,2 ± 0,1, в пробе 2 – 28,8 ± 0,1; качество клейковины, ед. пр. ИДК, по ГОСТ 27839–2013, в пробе 1 – 60,0 ± 0,1, в пробе 2 – 57,3 ± 0,1; число падения, с,

по ГОСТ 27676–88, в пробе 1 – отсутствуют данные (при 346 ± 1 в зерне), пробе 2 – 342 ± 1 .

В изучаемых пробах муки определяли гидратационную способность, т. е. содержание воды в ней в процентах к массе сухой клейковины, для чего отмытую сырую клейковину высушивали на приборе ВНИИХП ВЧ в газетном пакетики размером 16×16 см в течение 10 мин при 160°C . Одновременно по данным высушивания определяли сухую клейковину в муке (в процентах к массе муки) согласно рекомендациям [7]. Установили, что гидратационная способность пшеничной муки в пробе 1 составляет $212,5 \pm 0,5\%$, в пробе 2 – $177,8 \pm 0,5\%$ при уровне абсорбционной способности по воде глютена марки А не менее 150% согласно требований ГОСТ 31934–2012.

Размеры частиц хлебопекарной муки или крупность помола определяют ее хлебопекарные достоинства, оказывая влияние на скорость протекания биохимических и коллоидных процессов в тесте, свойства теста, качество и выход хлеба [20]. Крупность помола частиц муки изучали по ГОСТ 27560–87 с использованием комплекса сит из синтетической ткани по ГОСТ 4403–91.

Расчет вариации показателя крупности муки осуществляли с помощью интернет-ресурса «Показатели вариации онлайн» (<http://math.semestr.ru/group/variations.php>) на основе расчета показателей интервального ряда (в мкм): (156; 166), (166; 196), (196; 220), (220; 226), (226; 264), (264; 280).

В построенном интервальном вариационном ряду показателя крупности помола для муки пшеничной первого сорта ТНВ «Пугачевское» (г. Пенза, Россия) средний размер частиц составил $247,19 \pm 0,01$ мкм при коэффициенте вариации, равном 13,4%; для муки пшеничной цельнозерновой ТМ «Хомяков-Хлеб» (г. Краснодар, Россия) – $173,90 \pm 0,01$ мкм при коэффициенте

вариации, равном 12,38%, существенного отклонения эмпирического распределения от нормального не выявлено. Разница, наблюдаемая между средним размером частиц изучаемых проб муки, объясняется в применении различных схем отбора отрубей производителями, что для цельнозерновой муки позволяет прогнозировать более высокие хлебопекарные свойства, чем требует стандарт на хлебопекарную обойную муку.

Определение цвета муки по ГОСТ 27558–87 по сухой и мокрой пробе существенных различий, свидетельствующих о ферментативном окислении, не обнаружило. Свежесть проб пшеничной муки, косвенно определяемая по титруемой кислотности согласно ГОСТ 27493–87, отвечала нормам: для хлебопекарной муки – не более $3,8 \pm 0,1$ град, для цельнозерновой муки – не более $2,3 \pm 0,1$ град.

В качестве закваски-стартера использовали густую ржаную закваску спонтанного брожения, сохраняемую до освеживания в охлажденном виде. Ввод закваски в производство осуществляли путем ее согревания и освеживания четыре раза подряд через каждые 5,5–6 ч при температуре $28\text{--}30^\circ\text{C}$. Физико-химические свойства заквасок оценивали общепринятыми методами [11]: влажность (в%) экспресс-методом на приборе Чижовой, кислотность (в град) методом титрования, подъемную силу (в мин) методом всплывания шарика.

Ранее изучали количество 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, 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 в объектах исследования, указанных в таблице 5 [19].

Таблица 5.

Результаты исследования микробиологических показателей сырья и закваски

Table 5.

The results of the study of microbiological parameters of raw materials and starter culture

Образец Sample	КМАФАнМ, КОЕ/г Mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms, CFU/g	БГКП (колиформы) в 1 г продукта Bacteria of the E. coliform group (coliforms) in 1 g of the product	Молочнокислые микроорганизмы Lactic acid microorganisms	Плесени, КОЕ/г Mold, CFU/g	Дрожжи, КОЕ/г Yeast, CFU/g
Зерно пшеницы Wheat grain	$1,2 \times 10^3$	–	$1,0 \times 10^3$	$<1,0 \times 10$	$<1,0 \times 10$
Мука пшеничная Цельнозерновая Whole grain wheat flour	$1,8 \times 10^3$	–	$3,0 \times 10^2$	$6,0 \times 10$	$<1,0 \times 10$
Мука пшеничная первого сорта Wheat flour of the first grade	$1,2 \times 10^3$	–	$<1,0 \times 10$	$2,4 \times 10^2$	$<1,0 \times 10$
Стартер-закваска из ржаной муки Starter made of rye flour	$6,8 \times 10^5$	–	$3,8 \times 10^7$	$<1,0 \times 10$	$6,4 \times 10^8$
Стартер-закваска из пшеничной муки Starter made of wheat flour	$8,0 \times 10^5$	–	$4,6 \times 10^7$	$<1,0 \times 10$	$6,8 \times 10^8$

В предыдущей работе [19] отмечается, что 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). Очевидно, что переработка зерна в цельнозерновую муку приводит к снижению обсемененности сырья молочнокислыми микроорганизмами, плесенями и дрожжами за счет удаления загрязненных частиц оболочек в результате специальной схемы отбора отрубей, снижая 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 может при неблагоприятных условиях оказывать отрицательное влияние на сохранность хлебопекарной продукции. 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 кишечной палочки (колиформы), формируя специфический для броульного полуфабриката микробиом [19].

Результаты и обсуждение

Для проведения экспериментальных исследований процесса изготовления пшеничного хлеба из цельнозерновой муки, получаемой из зерна яровой мягкой пшеницы сорта «Тулайковская 10», разрабатывали способы производства хлеба пшеничного из обойной муки и пшеничного из муки первого сорта по ГОСТ Р 58233–2018 [4].

В опытных условиях хлеб пшеничный из обойной муки и пшеничный из муки первого сорта изготавливали из муки пшеничной цельнозерновой жернового помола ТМ «Хомяков-Хлеб» (г. Краснодар, Россия) при полной замене в рецептуре пшеничной хлебопекарной обойной муки. Форма изделия прямоугольная, соответствующая хлебопекарной овальной форме Л11 по ГОСТ 17327–95, масса штучного изделия 0,4 кг. Рецептура изделий представлена в таблице 6.

Таблица 6.

Рецептура (на 100 кг муки) хлеба из пшеничной муки

Table 6.

Recipe (per 100 kg of flour) of wheat flour bread

Сорт хлеба Sort of bread	ГОСТ GOST	Мука пшеничная обойная Dark wheat flour	Мука пшеничная первого сорта Wheat flour of the first grade	Дрожжи прессованные хлебопекарные Pressed baking yeast	Соль поваренная пищевая Table salt
Хлеб пшеничный из обойной муки Wheat bread made from dark flour	58233–2018	100	–	0,5	1,3
Хлеб пшеничный из муки первого сорта Wheat bread made from first grade flour	То же The same thing	–	100	1,0	1,3

По технологической инструкции [15] хлеб пшеничный из обойной муки вырабатывают весовым, штучным, в формах и на поду. Масса весового хлеба не более 3 кг, штучного хлеба формового – 0,8–1,3 кг, подового – 0,7–1,0 кг. Подовый хлеб выпекают округлой и продолговато-овальной формы с размером круглого изделия массой 1,0 кг – 15–20 см. Тесто готовят опарным способом, преимущественно на жидкой опаре, на пшеничной закваске или на концентрированной

молочнокислой закваске. Закваску получают путем двух-трех освежений ржаной закваски пшеничной обойной мукой с последующим накоплением до количества, необходимого производству (таблица 7).

Для замеса теста в тестомесильную машину дозируется закваска, солевой раствор, вода, при перемешивании сыпается мука и производится замес до получения однородной массы (таблица 8).

Таблица 7.

Рецептура и режим приготовления пшеничной закваски в разводочном цикле

Table 7.

The formulation and mode of preparation of wheat sourdough in the breeding cycle

Наименование сырья, полуфабрикатов и показателей процесса The name of raw materials, semi-finished products and process indicators	Стадии разводочного цикла Stages of the breeding cycle			
	I	II	III	IV
Закваска из ржаной обойной муки кислотностью 12–13 град, кг Sourdough of rye whole flour with an acidity of 12–13 degrees, kg	2,5	–	–	–
Закваска предыдущей стадии, кг Sourdough of the previous stage, kg	–	11,0	32,0	56,0
Мука пшеничная хлебопекарная обойная, кг Baking whole wheat flour, kg	5,0	17,0	47,0	67,0
Дрожжи хлебопекарные прессованные, кг Pressed baking yeast, kg	0,1	–	–	–
Вода, кг Water, kg	3,5	12	33	47
Влажность, % Moisture, %	49–50	49–50	49–50	49–50
Температура начальная, °С Initial temperature, °С	27–29	27–29	27–29	27–29
Продолжительность брожения, мин Duration of fermentation, min	210–240	210–240	210–240	210–240
Кислотность конечная, град Final acidity, deg	9–10	10–11	11–12	11–12

Таблица 8.

Рецептура и режим приготовления теста на пшеничных заквасках

Table 8.

The recipe and the mode of preparation of the dough on wheat starter cultures

Наименование сырья, полуфабрикатов и показателей процесса The name of raw materials, semi-finished products and process indicators	Расход сырья и параметры процесса по стадиям Raw material consumption and process parameters by stages
	тесто dough
Мука пшеничная хлебопекарная обойная, кг Baking dark wheat flour, kg	71
Закваска, кг Sourdough, kg	49
Соль поваренная пищевая, кг Table salt, kg	1,3
Вода питьевая, кг Drinking water, kg	по расчету by calculation
Температура начальная, °C Initial temperature, °C	29–31
Продолжительность брожения, мин Duration of fermentation, min	60–90
Кислотность конечная закваски, град Final sourdough acidity, deg	11,0
Кислотность конечная теста, град, не более Final acidity of the dough, deg, no more	7,0

В опыте процесс приготовления теста для хлеба пшеничного из обойной муки включал три стадии: разводочный цикл закваски, производственный цикл закваски, замес и брожение хлебопекарного теста. Для выведения закваски по разводочному циклу использовали вариант IV фазы разводочного цикла пшеничной густой закваски на стартере из ржаной муки согласно рекомендациям [15]. Рецептuru IV фазы разводочного цикла пшеничной закваски (на 170 кг) следующая: закваска предыдущей фазы (стартер из ржаной муки) – 56 кг, мука пшеничная цельнозерновая – 67 кг, вода – 47 кг. Влажность фазы – 49–50%, температура начальная – 27–29 °C, кислотность конечная 11–12 град, продолжительность брожения – 210–240 мин.

Закваска густая из пшеничной цельнозерновой муки в производственном цикле отличалась влажностью $46,8 \pm 0,1\%$, титруемой кислотностью

$12,3 \pm 0,1$ град, подъемной силой методом «шарика» 30 ± 1 мин. Рецептuru и режим приготовления теста для хлеба пшеничного из цельнозерновой муки взяты аналогичными как для хлеба пшеничного из обойной муки и приведены в таблице 8.

По органолептическим показателям опытные образцы хлеба пшеничного из цельнозерновой муки не отличались от характеристик стандартного образца. Сравнительная характеристика физико-химических показателей качества хлеба пшеничного из обойной муки, взятых из стандарта [4] и результатов опыта, приведена в таблице 9. Очевидно, что значительное отличие в качественных характеристиках «пробы по стандарту» и пробы в опыте наблюдается только в показателе кислотности, не превышающем верхний предел по норме стандарта.

Таблица 9.

Сравнительная характеристика физико-химических показателей качества хлеба пшеничного из обойной муки, взятых из стандарта и результата опыта

Table 9.

Comparative characteristics of the physico-chemical quality indicators of wheat dark bread, taken from the standard and the result of the experiment

Показателя Indicator	Стандартный образец Standard sample	Опытный образец The prototype
Влажность мякиша, %, не более Moisture content of the crumb, %, no more	50,0	46,2
Кислотность мякиша, град, не более Acidity of the crumb, deg, no more	8,0	5,8
Пористость, %, не менее Porosity, %, not less	54,0	54,2

Хлеб из пшеничной муки первого сорта вырабатывают подовым и формовым массой 0,5–1,1 кг для штучного и не более 3,0 кг для весового. Подовый хлеб имеет продолговато-овальную или округлую форму с наколами или с 4–6 косыми надрезами на поверхности. Диаметр круглого хлеба массой 1,0 кг из муки пшеничной первого сорта – 23–26 см. Формовой хлеб выпекают в формах хлебопекарных в соответствии с массой выпекаемого изделия. По традиционной технологии тесто готовят любым из способов, применяемых для производства изделий из пшеничной муки первого сорта,

предпочтительным является опарный способ: на большой густой и жидкой опаре [15].

Специалисты Санкт-Петербургского филиала НИИХП для выработки хлебобулочных изделий из муки пшеничной хлебопекарной высшего или первого разработали новый вид закваски – пшеничную густую закваску пониженной температуры с повышенной антибиотической активностью. Влажность – 40–42%, кислотность – 8–10 град из муки пшеничной первого сорта, подъемная сила «по шарикy» до 25 мин.

Приготовление густой закваски в разводочном цикле осуществляют с применением

чистых культур молочнокислых бактерий и заквасочных дрожжей в жидком виде, а также сухого лактобактерина и чистых культур дрожжей. В производственном цикле пшеничную густую закваску, выведенную по разводочному циклу, накапливают до нужного количества и далее

поддерживают путем освежений при соотношении спелая закваска: питание – 1:1 или 1:2 с последующим брожением до требуемой кислотности. Рецепт и режимы приготовления пшеничной густой закваски в производственном цикле приведены в таблице 10.

Таблица 10.

Рецептура и режимы приготовления пшеничной густой закваски в производственном цикле

Table 10.

The formulation and modes of preparation of thick wheat sourdough in the production cycle

Наименование сырья, полуфабрикатов и показателей процесса Name of raw materials, semi-finished products and process indicators	Расход сырья и параметры процесса Raw material consumption and process parameters			
	на 100 кг закваски per 100 kg of sourdough		на 100 кг муки в закваске per 100 kg of flour	
Закваска, кг Sourdough, kg	50,0	33,3	73,5–74,5	48,3–49,3
Количество муки в закваске, кг The amount of flour in the sourdough, kg	33,5	22,0	50,0	33,3
Мука пшеничная первого сорта, кг Wheat flour of the first grade, kg	33,5	45,4	50,0	66,7
Вода питьевая, кг Drinking water, kg	16,5	21,3	23,5–24,5	30,0–32,0
Масса закваски, кг Sourdough weight, kg	100,0	100,0	147–149	145–148
Соотношение закваски и питательной смеси The ratio of sourdough and nutrient mixture	1:1	1:2	1:1	1:2
Влажность, % Moisture, %	40,0–42,0		40,0–42,0	
Температура начальная, °C Initial temperature, °C	18–22		18–22	
Кислотность конечная, град Final acidity, deg	6,5–8,0	6,5–10,0	6,5–8,0	6,5–10,0
Подъемная сила, мин Strength of the sourdough, min	12–20	12–20	12–20	12–20
Продолжительность брожения, ч Duration of fermentation, h	6–8	12–18	6–8	12–18

Приготовление теста на густой пшеничной закваске производят в две стадии: закваска – тесто. При замесе теста с пшеничной густой закваской вносят 10–20% пшеничной муки от

общей массы муки в тесте. Рецепт и режимы приготовления теста для хлебобулочных изделий из пшеничной муки приведены в таблице 11.

Таблица 11.

Рецептура и режимы приготовления теста для хлебобулочных изделий на пшеничной густой закваске

Table 11.

The formulation and modes of preparation of dough for bakery products on wheat thick sourdough

Наименование сырья, полуфабрикатов и показателей процесса Name of raw materials, semi-finished products and process indicators	Расход сырья и параметры процесса для хлебобулочных изделий из муки пшеничной первого сорта Raw material consumption and process parameters for bakery products made of wheat flour of the first grade
Закваска, кг Sourdough, kg	22,9–29,6
Количество муки в закваске, кг* The amount of flour in the sourdough, kg*	15,0–20,0
Мука пшеничная хлебопекарная, кг Baking wheat flour, kg	85–80
Дрожжи хлебопекарные прессованные, кг** Pressed baking yeast, kg**	по рецептуре according to recipe
Улучшитель хлебопекарный «Лецитокс», кг*** Bread improver «Lecitox», kg***	0,5
Вода питьевая, кг Drinking water, kg	by calculation
Влажность, % Moisture, %	$W_{\text{хл}} + 1,0; W_{\text{бр}} + 1,0$
Температура начальная, °C Initial temperature, °C	27–28
Кислотность конечная, град Final acidity, deg	3,0–5,0
Продолжительность брожения, мин Duration of fermentation, min	30

*При использовании пшеничной закваски 15–20% мукой допускается полностью исключить из рецептуры хлебопекарные дрожжи, при этом продолжительность расстойки тестовой заготовки до готовности увеличивается до 1,5–2 ч |

*When using wheat sourdough with 15–20% flour, it is allowed to completely exclude baking yeast from the recipe, while the duration of proofing the dough piece until ready increases to 1,5–2 hours

**Допускается изменять дозировку хлебопекарных дрожжей в зависимости от условий производства |

**It is allowed to change the dosage of baking yeast depending on the production conditions

***Допускается замес теста без применения улучшителя | ***It is allowed to knead the dough without using an improver

В опыте согласно рекомендациям [14] процесс приготовления теста состоял из двух стадий: производственный цикл закваски и тесто. В производственном цикле пшеничной густой закваски использовали рецептуру и режим приготовления полуфабриката, представленные в таблице 10.

Закваску в производственном цикле получали путем двух-трех освежений пшеничной густой закваски из цельнозерновой муки жернового помола ТМ «Хомяков-Хлеб» (г. Краснодар, Россия) пшеничной мукой первого сорта

ТНВ «Пугачевское» (г. Пенза, Россия) с последующим накоплением до количества, необходимого производству при соотношении спелая закваска: питание – 1: 1 с последующим брожением до требуемой кислотности.

Закваска густая из пшеничной муки первого сорта в производственном цикле отличалась влажностью $43,0 \pm 0,1\%$, титруемой кислотностью $10,5 \pm 0,1$ град, подъемной силой методом «шарика» 25 ± 1 мин. Рецептура и режим приготовления теста для хлеба пшеничного из муки первого сорта приведены в таблице 12.

Таблица 12.

Рецептура и режим приготовления теста для хлеба пшеничного из муки первого сорта на пшеничной густой закваске

Table 12.

The recipe and the mode of preparation of the dough for wheat bread from flour of the first grade on wheat thick sourdough

Наименование сырья, полуфабрикатов и показателей процесса Name of raw materials, semi-finished products and process indicators	Расход сырья и параметры процесса приготовления теста на закваске The consumption of raw materials and the parameters of the dough preparation process on sourdough	
	закваска sourdough	тесто dough
Закваска пшеничная густая, кг Thick wheat sourdough, kg	50	33,3
Мука пшеничная первого сорта, кг Wheat flour of the first grade, kg	33,5	45,4
Соль поваренная пищевая, кг Table salt, kg	–	1,8
Вода питьевая, кг Drinking water, kg	16,5	по расчету calculation
Влажность, % Moisture, %	43,0	45,0
Температура начальная, °C Initial temperature, °C	22–25	27–28
Продолжительность брожения, мин Duration of fermentation, min	480	60
Кислотность конечная, град Final acidity, deg	10,5	4,0

В целом, по органолептическим показателям опытные образцы хлеба пшеничного из муки первого сорта не отличались от характеристик стандартного образца. Сравнительная характеристика физико-химических показателей качества хлеба пшеничного из муки первого

сорта, взятых из стандарта [4] и результатов опыта, приведена в таблице 13. Отметим, что качественные характеристики «пробы по стандарту» и пробы в опыте практически не отличаются между собой, что свидетельствует о высоком качестве разработанных изделий.

Таблица 13.

Сравнительная характеристика физико-химических показателей качества хлеба пшеничного из муки первого сорта, взятых из стандарта и результата опыта

Table 13.

Comparative characteristics of the physico-chemical quality indicators of wheat bread from first-grade flour, taken from the standard and the result of the experiment

Наименование показателя Name of the indicator	Стандартный образец Standard sample	Опытный образец The prototype
Влажность мякиша, %, не более The moisture content of the crumb, %, no more	47,0	44,2
Кислотность мякиша, град, не более The acidity of the crumb, deg, no more	4,0	3,3
Пористость, %, не менее Porosity, %, not less	65,0	65,3

Рекомендации по улучшению качества хлеба пшеничного при выявлении его недостатков в опыте можно свести к продолжению исследований, посвященных разработке способов приготовления

биологических заквасок, обеспечивающих улучшение вкуса, аромата изделий, их микробиологическую безопасность при переработке цельнозерновой муки взамен пшеничной обойной.

Заключение

Проведенные теоретические исследования посвящены изучению особенностей пшеничного теста, состава микроорганизмов его бродильной микрофлоры и современных способов его приготовления, в том числе на заквасках с направленным культивированием микроорганизмов. Экспериментальные исследования процесса изготовления пшеничного хлеба из цельнозерновой и сортовой муки позволили произвести культивирование густой закваски из закваски спонтанного брожения, разработать схему ее разводочного

и производственного циклов, предложить технологические режимы приготовления хлеба пшеничного из обойной муки и муки первого сорта. Рекомендуем проведение дальнейших теоретических и экспериментальных исследований для разработки технологии приготовления пшеничного хлеба при совершенствовании способов тестоприготовления и при полной замене хлебопекарной пшеничной обойной муки в рецептуре изделия пшеничной цельнозерновой мукой, получаемой из зерна яровой мягкой пшеницы сорта «Тулайковская 10».

Литература

- 1 Брыксина К.В., Толстова Н.Ю. Применение муки пшеничной цельнозерновой при производстве хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности // Наука и образование. 2022. Т. 5. № 2. С. 87.
- 2 Гартованная Е.А., Ермолаева А.В. Особенности химического состава цельнозерновой муки из селекционных сортов яровой пшеницы // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: мат. всероссийск. науч.-практ. конф. в 4-х томах. Т. 4. Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет. 2022. С. 36–42. doi: 10.22450/9785964205517_4_5
- 3 ГОСТ 26574–2017 Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия. М.: Стандартинформ. 2018. 16 с.
- 4 ГОСТ Р 58233–2018 Хлеб из пшеничной муки. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2018. 18 с.
- 5 Зуева А.Г., Мартиросян В.В., Невская В.В., Дорофеева И.А. Влияние цельнозерновой муки на биотехнологические свойства заквасок в технологии хлебобулочных изделий // Хлебопечение России. 2021. № 4. С. 43–50. doi: 10.37443/2073–3569–2021–1–4–43–50
- 6 Котова А.Г., Боровикова В.В., Ладнова О.Л. Особенности технологических свойств муки пшеничной цельнозерновой. Изучение технологических свойств цельнозерновой муки // Горизонты биотехнологии: сборник статей Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Орел: Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева. 2024. С. 146–151.
- 7 Маслов И.Н., Чижова К.Н., Шкваркина Т.И., Запенина Н.В. и др. Технохимический контроль хлебопекарного производства. изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Пищевая промышленность. 1966. 396 с.
- 8 Позднякова О.Г., Курбанова М.Г., Назимова Е.М. Влияние пробиотической закваски на потребительские свойства хлеба из смеси пшеничной и цельнозерновой муки // Хлебопродукты. 2017. № 9. С. 56–59.
- 9 Zharkova I.M., Roslyakov Yu. F., Ivanchikov D.S., Sourdoughs of spontaneous (natural) fermentation in modern bakery production. Food Processing: Techniques and Technology. 2023. V. 53. № 3. P. 525-544.
- 10 Правила организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах. М.: ВНПО «Зернопродукт». 1991.
- 11 Đapčević-Hadnadev T., Tomić J., Škrobot D., Šarić B. et al. Processing strategies to improve the breadmaking potential of whole-grain wheat and non-wheat flours // Discover Food. 2022. V. 2. № 1. P. 11.
- 12 Пучкова Л.И., Поляндова Р.Д., Матвеева И.В. Технология хлеба. СПб.: ГИОРД, 2005. 559 с.
- 13 Савкина О.А., Локарчук М.Н., Кузнецова Л.И., Павловская Е.Н. и др. Классификация заквасок, применяемых в отечественном и зарубежном хлебопечении // Хлебопечение России. 2022. № 5. Т. 66. С. 22–28. doi: 10.37443/2073–3569–2022–1–5–22–28
- 14 Косован А.П. Сборник современных технологий хлебобулочных изделий. М.: ГНУ ГОСНИИ хлебопекарной промышленности, 2008. 272 с.
- 15 Сборник технологических инструкций для производства хлеба и хлебобулочных изделий. М.: Прейскурантиздат, 1989. 494 с.
- 16 Скурихин И.М., Тутельян В.А. Химический состав российских пищевых продуктов. Справочник. М.: ДеЛи принт, 2002. 236 с.
- 17 Шантыко С.С. Технология производства пшеничного хлеба из цельнозерновой муки // Инновации в пищевой промышленности: образование, наука, производство: мат. V всероссийск. (нац.) науч.-практ. конф. Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2022. С. 158–163.
- 18 Шмалько Н.А., Кудрявцева Л.А. Сортовые особенности и хлебопекарные свойства зерна яровой мягкой пшеницы «Тулайковская 10» // Молодой ученый. 2024. № 18 (517). С. 49–53. URL: <https://moluch.ru/archive/517/113515/>
- 19 Шмалько Н.А., Мацакова Н.В., Демченко С.В., Ваницкая Т.В. и др. Микробиологическая безопасность хлеба из цельнозерновой муки ремесленного изготовления // Хлебопечение России. 2023. № 67(1). С. 55–64.
- 20 Elsahookie M. M., Cheyed S. H., Dawood A. A. Characteristics of whole wheat grain bread quality // Systematic Reviews in Pharmacy. 2021. V. 12. №. 1. P. 593-597.

References

- 1 Bryksina K.V., Tolstova N. Yu. The use of whole wheat flour in the production of bakery products of increased nutritional value // Science and Education, 2022. no. 2. Vol. 5. pp. 87. (in Russian).
- 2 Gartovannaya E.A., Ermolaeva A.V. Features of the chemical composition of whole grain flour from breeding varieties of spring wheat // Agro-industrial complex: problems and prospects of development: materials of the All-Russian scientific and practical conference in 4 volumes. Vol. 4. Blagoveshchensk: Far Eastern State Agrarian University 2022. pp. 36–42. doi: 10.22450/9785964205517_4_5 (in Russian).
- 3 State Standart 26574–2017. Baking wheat flour. Technical specifications. M.: Standartinform, 2017, 2018. 16 p. (in Russian).
- 4 State Standart 26574–2017. Baking wheat flour. Technical specifications. M.: Standartinform, 2017, 2018. 16 p. (in Russian).
- 5 Zueva A.G., Martirosoyan V.V., Nevskaya V.V., Dorofeeva I.A. The influence of whole grain flour on the biotechnological properties of starter cultures in bakery technology // Bakery of Russia, 2021. no. 4. pp. 43–50. doi: 10.37443/2073–3569–2021–1–4–43–50 (in Russian).
- 6 Kotova A.G., Borovikova V.V., Ladnova O.L. Features of technological properties of whole wheat flour. Studying the technological properties of whole grain flour // Horizons of biotechnology: collection of articles of the International Scientific and practical Conference of students, postgraduates and young scientists. Orel: I.S. Turgenev Oryol State University. 2024. pp. 146–151. (in Russian).
- 7 Maslov I.N., Chizhova K.N., Shkvarkina T.I., Zapenina N.V. et al. Technochemical control of bakery production. ed. 4th, reprint. and additional M.: Food industry, 1966. 396 p. (in Russian).
- 8 Pozdnyakova O.G., Kurbanova M.G., Nazimova E.M. The effect of probiotic starter culture on the consumer properties of bread from a mixture of wheat and whole grain flour // Bread products, 2017. no. 9. pp. 56–59. (in Russian).
- 9 Ponomareva E.I., Voropaeva O.N., Storkh L.V. Investigation of the effect of the dosage of the starter culture "Evitalia" on the properties of dough and bread // Bakery of Russia. 2013. no. 6. pp. 35–36. (in Russian).
- 10 Rules for the organization and management of the technological process at flour mills. M.: VNPO "Zernoproduct", 1991. (in Russian).
- 11 Dapčević-Hadnadev T., Tomić J., Škrobot D., Šarić B. et al. Processing strategies to improve the breadmaking potential of whole-grain wheat and non-wheat flours // Discover Food. 2022. Vol. 2. no. 1. pp. 11.
- 12 Puchkova L.I., Polandova R.D., Matveeva I.V. Bread technology. St. Petersburg: GIOR, 2005. 559 p. (in Russian).
- 13 Savkina O.A., Lokarchuk M.N., Kuznetsova L.I., Pavlovskaya E.N. et al. Classification of starter cultures used in domestic and foreign bakery // Bakery of Russia, 2022. Vol. 66. no. 5. pp. 22–28. doi: 10.37443/2073–3569–2022–1–5–22–28 (in Russian).
- 14 Kosovan A.P. Collection of modern bakery technologies. M.: GNU State Research Institute of the bakery industry. 2008. 272 p. (in Russian).
- 15 Collection of technological instructions for the production of bread and bakery products. Moscow: Pricelist, 1989. 494 p. (in Russian).
- 16 The chemical composition of Russian food products. Guide / Edited by I.M. Skurikhin, V.A. Tutelyan. M.: Delhi Print, 2002. 236 p. (in Russian).
- 17 Shantyko S.S. Technology of production of wheat bread from whole grain flour // Innovations in the food industry: education, science, production: materials of the V All-Russian (national) scientific and practical conference. Blagoveshchensk: Far Eastern State Agrarian University, 2022. pp. 158–163. (in Russian).
- 18 Shmalko N.A., Kudryavtseva L.A. Varietal features and baking properties of spring soft wheat grain "Tulaykovskaya 10" // Young scientist. 2024. no. 18 (517). pp. 49–53. URL: <https://moluch.ru/archive/517/113515> (in Russian).
- 19 Shmalko N.A., Matsakova N.V., Demchenko S.V., Vanitskaya T.V., et al. Microbiological safety of bread from wholegrain flour of artisan manufacture // Bakery of Russia. 2023. no. 67(1). pp. 55–64. (in Russian).
- 20 Elshahookie M. M., Cheyed S. H., Dawood A. A. Characteristics of whole wheat grain bread quality // Systematic Reviews in Pharmacy. 2021. Vol. 12. no. 1. pp. 593–597.

Сведения об авторах

Наталья А. Шмалько к.т.н., доцент, кафедра пищевой инженерии, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Россия, kafedra-tith@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8939-0265>

Тамара В. Ваницкая зав. лабораторией, микробиологическая лаборатория ИЦ «КубГТУ», Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Россия, vanitskaya.toma@ya.ru

Лидия А. Кудрявцева студент бакалавриата, кафедра пищевой инженерии, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Россия, lida.kudryavtseva.02@mail.ru

Игорь А. Никитин д.т.н., доцент, зав. кафедрой, кафедра пищевых технологий и биоинженерии, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, 115054, Россия, nikito.igor@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8988-5911>

Information about authors

Natalya A. Shmal'ko Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, Department of Food Engineering, Kuban State Technological University, Moskovskaya St., 2, Krasnodar, 350072, Russia, kafedra-tith@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8939-0265>

Tamara V. Vanitskaya head of the laboratory, microbiological laboratory of the KubSTU Research Center, Kuban State Technological University, Moskovskaya St., 2, Krasnodar, 350072, Russia, vanitskaya.toma@ya.ru

Lidiya A. Kudryavtseva undergraduate student, Department of Food Engineering, Kuban State Technological University, Moskovskaya St., 2, Krasnodar, 350072, Russia, lida.kudryavtseva.02@mail.ru

Igor A. Nikitin Dr. Sci. (Engin.), assistant professor, head of Department of Food Technology and Bioengineering, Plekhanov Russian University Of Economics, Stremyanny lane, 36, Moscow, 115054, Russia, nikito.igor@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8988-5911>

Лилия Ф. Пономарева к.б.н., зав. кафедрой, кафедра технологии пищевых производств, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, l.ponomareva@mgutm.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2931-7074>

Елена А. Соловьева к.т.н., доцент, доцент, кафедра технологии пищевых производств, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, solovyeva@mgutm.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4894-8477>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Liliya F. Ponomareva Cand. Sci. (Biological), assistant professor, head of department, Department of Food production technologies, K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (The First Cossack University), Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004, Russia, l.ponomareva@mgutm.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2931-7074>

Elena A. Solov'eva Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, Department of Food production technologies, K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (The First Cossack University), Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004, Russia, solovyeva@mgutm.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4894-8477>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 21/10/2024	После редакции 18/11/2024	Принята в печать 25/11/2024
Received 21/10/2024	Accepted in revised 18/11/2024	Accepted 25/11/2024