

## РАЗРАБОТКА БИОТЕХНОЛОГИИ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛЕБА

### Development of gluten-free bread biotechnology

**Парахина О. И.**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник,  
**Савкина О. А.**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник,  
**Кузнецова Л. И.**, доктор технических наук, главный научный сотрудник,  
**Гаврилова Т. А.**, научный сотрудник,  
Санкт-Петербургский филиал Научно-исследовательского института  
хлебопекарной промышленности  
(Санкт-Петербург)

#### Аннотация

В статье представлены результаты исследования по влиянию разработанного неинактивированного полуфабриката длительного хранения на качество, сроки годности безглютеновых хлебобулочных изделий. Представлены экспериментальные данные по изменению физико – химических показателей полуфабрикатов в процессе хранения, установлен рекомендуемый срок хранения в течение 30 суток при температуре  $6\pm 2^\circ\text{C}$ . Показано, что использование полуфабриката при производстве хлебобулочных изделий оказывает положительное влияние на их физико – химические и органолептические показатели качества, на сроки годности за счет замедления процесса черствения и повышения микробиологической стойкости к плесневению и картофельной болезни.

**Ключевые слова:** безглютеновый хлеб, неинактивированный полуфабрикат длительного хранения, молочнокислые бактерии, картофельная болезнь.

#### Summary

The article presents the results of the study on the effect of the developed non-inactivated semi-finished product of long-term storage on the quality and shelf life of gluten-free bakery products. Experimental data on the change in physical and chemical parameters of semi-finished products during storage are presented, the recommended shelf life for 30 days at  $6\pm 2^\circ\text{C}$  temperature is established. It has been shown that use of the semi-finished product in bakery products production has a positive effect on their physicochemical and organoleptic quality indices, on shelf life due to slowing down the stale process and increasing microbiological resistance to moulding and potato disease.

**Key words:** gluten-free bread, uninactivated semi-finished product of long-term storage, lactic acid bacteria, potato disease.

**Введение.** Разработка специализированной продукции, в т. ч. хлебобулочных изделий, является одним из приоритетных направлений в реализации государственных задач по формированию здоровья населения. На современном отечественном рынке кроме традиционных продуктов массового потребления необходим широкий ассортимент специализированных продуктов лечебного и профилактического назначения, поскольку в связи с ухудшением экологической ситуации в мире, привычки питаться «на ходу», производством рафинированных продуктов с высокой калорийностью и низкой пищевой ценностью увеличивается количество алиментарно-зависимых заболеваний. Большое значение приобретает выпуск продукции на основе отечественных разработок, поскольку в сегодняшних условиях вопрос импортозамещения является актуальным и своевременным [1].

Уже более трёх десятилетий разработка ассортимента и технологий хлебобулочных изделий для потребителей с целиакией и глютеноассоциированными заболеваниями является одним из важных направлений исследований ФГАНУ НИИХП. Разработан ассортимент смесей, хлебобулочных и мучных кондитерских изделий на их основе.

Однако такие изделия уступают по потребительским свойствам изделиям из традиционных видов муки. В частности, для безглютеновых хлебобулочных изделий

характерен ряд недостатков, таких как невыраженный вкус и запах, крошащийся и быстро черствеющий мякиш, высокая уязвимость к микробной порче (плесневению и картофельной болезни) [2].

При производстве хлеба из традиционных видов муки использование биологических заквасок является наиболее востребованным и надежным способом улучшения вкуса, запаха, повышения устойчивости к микробной порче и замедления процесса черствения при хранении хлеба [3, 4, 5]. В нашей стране разработаны различные технологии: на возобновляемых заквасках, выведенных с использованием стартовых микробных композиций, на готовых заквасках длительного хранения (живых и инактивированных), которые вносятся при замесе теста при ускоренном способе производства. На сегодняшний день многие российские производители ингредиентов предлагают натуральные (живые) и инактивированные закваски, позволяющие улучшить вкус и запах, повысить устойчивость к микробной порче, сохранить свежесть, для использования на индустриальном производстве, в пекарнях и в домашнем хлебопечении. При этом ассортимент таких заквасок для производства безглютеновых изделий ограничен.

ФГАНУ НИИХП представляет широкий ассортимент бакконцентратов для выведения различных видов заквасок из ржаной и пшеничной муки: «Лактобактерин», «Вита», «Грантум». Для выведения безглютеновой закваски разработана технология на сухой микробной композиции бакконцентрате «Вита» из безглютенового сырья» на основе новых штаммов микроорганизмов с высокой антагонистической, кислотообразующей активностью МКБ и бродильной активностью дрожжей, выделенных в рамках темы госзадания из безглютеновых заквасок хорошего качества и внесённых в Коллекцию культур микроорганизмов «Молочнокислые бактерии и дрожжи для хлебопекарной промышленности» Санкт-Петербургского филиала ФГАНУ НИИ хлебопекарной промышленности. Безглютеновая закваска способствует улучшению потребительских свойств хлебобулочных изделий, сохранению свежести и микробиологической безопасности в процессе их хранения [6].

Однако спрос на безглютеновые изделия постоянно растет, при этом активно развивается направление ремесленного и домашнего хлебопечения, что особенно актуально для отдаленных уголков страны, где снабжение населения такими продуктами находится на низком уровне, и потребители, страдающие целиакией, вынуждены самостоятельно в домашних условиях заниматься выпечкой хлебобулочных изделий. Поэтому для удобства производства безглютеновых изделий в промышленном и домашнем хлебопечении, необходимо разработать безглютеновый полуфабрикат длительного хранения на основе закваски с направленным культивированием микроорганизмов.

**Цель работы** – исследовать влияние срока годности полуфабриката длительного хранения на физико-химические, органолептические показатели безглютенового хлеба, сохранение его свежести и микробиологической безопасности.

**Материалы и методы исследований.** Материалы исследований - неинактивированные полуфабрикаты, безглютеновый хлеб.

Неинактивированный полуфабрикат длительного хранения разрабатывали на основе технологии комплексной закваски [7, 8]. Для приготовления заварки использовали муку из зеленой гречки, в качестве осаживающих агентов - ячменный солод (опыт 1) и ферментный препарат альфалифт на основе грибковой  $\alpha$ -амилазы и ксиланазы (опыт 2) в количестве 5 % и 0,36% соответственно к массе завариваемой муки.

В качестве чистых культур при приготовлении полуфабрикатов использовали штаммы молочнокислых бактерий *L. brevis* E139 и *L. plantarum* в сочетании со штаммов дрожжей *S. cerevisiae* Y205 (опыт 1) и *L. brevis* E139 в сочетании с *S. cerevisiae* Y205 (опыт 2).

Физико-химические показатели полуфабрикатов производственного цикла (влажность, кислотность, содержание летучих кислот и спирта, количество микроорганизмов) контролировали в начале хранения, через 7, 14, 21, 30 и 60 суток хранения при температуре  $6 \pm 2^\circ\text{C}$ . Определяли количество заквасочных микроорганизмов (дрожжей и МКБ) в

соответствии с ГОСТ 10444.12-2013 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов» и с ГОСТ 10444.11-2012 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества мезофильных молочнокислых микроорганизмов».

Исследовали влияние срока годности полуфабрикатов на физико-химические и органолептические показатели хлеба, сохранение его свежести и микробиологической устойчивости к плесневению и картофельной болезни.

Для этого тесто замешивали влажностью 54,5 % из смеси хлебопекарной мучной, состоящей из муки рисовой, муки из зеленой гречки, крахмала кукурузного, крахмала картофельного, псиллиума, гидроксипропилметилцеллюлозы и ксантановой камеди, с добавлением соли пищевой, сахара белого, хлебопекарных прессованных дрожжей, растительного масла и воды. При замесе опытного теста с полуфабрикатом вносили 20% муки из зеленой гречки от общего ее количества в тесте. Для определения картофельной болезни при замесе теста в опытные образцы вносили хлебную крошку, зараженную спорами картофельной палочки, в количестве 1% к массе смеси. Замешанное тесто формовали на тестовые заготовки массой 270 г, укладывали в формы и растаивали до готовности в расстойном шкафу в течение 36 – 60 мин при температуре 36 - 38°C и относительной влажности воздуха 75-85%. Расстоявшиеся тестовые заготовки выпекали в увлажненной пекарной камере при 210°C в течение 25 мин с подачей пара в течение 5 с.

В хлебе через 16 ч после выпечки определяли влажность мякиша, кислотность, пористость, удельный объем общепринятыми методами [10, 11].

Влияние полуфабрикатов длительного хранения на интенсивность плесневения хлеба исследовали методом принудительной контаминации готовых изделий чистой культурой плесени *Penicillium chrysogenum* [12, 13, 14].

Для определения влияния полуфабриката на подавление спор картофельной палочки использовался метод закладки готовых изделий в условия, провоцирующие развитие *B. subtilis* [15].

**Результаты исследования.** Исследования показали, что в процессе хранения полуфабрикатов кислотность постепенно увеличивалась. Причем в течение 21 сут хранения кислотность обоих полуфабрикатов была сопоставимой. Затем спустя 30 и 60 суток у опытного образца №1 кислотность накапливалась медленнее, чем в образце №2 (таблица 1).

Содержание летучих кислот также было выше в полуфабрикате №2, а спирта (таблица 1) ниже по сравнению с полуфабрикатом № 1. При этом, в процессе хранения содержание летучих кислот в обоих образцах снизилось незначительно, а спирта – повысилось, особенно в полуфабрикате №1. При этом содержание живых клеток МКБ и дрожжей в процессе хранения полуфабрикатов снижалось. Существенное падение количества клеток МКБ наблюдалось в полуфабрикате №1 через 7 суток, в полуфабрикате №2 - от 30 до 60 суток хранения. В полуфабрикате № 1 количество клеток МКБ на протяжении всего срока хранения было ниже, чем в полуфабрикате №2.

Количество клеток дрожжей в процессе хранения полуфабрикатов было выше в образце № 1 (таблица 1), при этом существенное падение их количества наблюдалось в обоих полуфабрикатах через 7 суток хранения.

**Влияние продолжительности хранения  
на физико-химические свойства полуфабрикатов**

Наименование показателей	Значение показателей полуфабрикатов											
	№1						№2					
	со сроком хранения, сут											
	0	7	14	21	30	60	0	7	14	21	30	60
Кислотность, град	11,1	13,1	13,6	14,5	14,9	16,4	11,2	13,1	13,7	14,4	116,3	18,4
Содержание летучих кислот, % к общей кислотности	17,2	17,6	16,9	16,1	15,3	15,0	32,8	31,7	31,9	28,8	28,5	27,6
Содержание спирта, % СВ	18,04	24,92	24,08	29,85	31,36	43,6	13,3	13,34	14,46	15,91	15,59	18,4
Содержание микроорганизмов, 10 <sup>7</sup> кл/г:												
МКБ	61	44,5	37	39	39	28	111,7	110	120	120	100	40
дрожжей	7,2	5,2	4,9	4,4	4,3	4,0	4,9	3,2	4,1	3,2	1,8	1,6

Исследование физико-химических показателей качества хлеба, приготовленного с использованием полуфабрикатов №1 и №2 в начале хранения, через 7, 14, 21, 30 и 60 суток хранения в количестве 15% муки из зеленой гречки от общего количества смеси хлебопекарной мучной показали, что повышалась кислотность хлеба по сравнению с контрольным образцом. Образцы хлеба на полуфабрикате №1 со сроком хранения до 30 суток имели наибольшие показатели удельного объема и лучшую сжимаемость (таблица 2), что вероятно связано с большим содержанием дрожжевых клеток в данном образце полуфабриката. Образцы хлеба на полуфабрикате №2 отличались большей кислотностью, что объясняется повышенным количеством МКБ в полуфабрикате, которые подавляют дрожжевое брожение, в результате чего удельный объем хлеба снижается.

Таблица 2

**Влияние продолжительности хранения полуфабрикатов  
на физико-химические показатели качества безглютенового хлеба**

Наименование показателей	Значение показателей для хлеба безглютенового													
	контрольный	опытных на полуфабрикатах:												
		№1						№2						
		со сроком хранения, сут												
	0	7	14	21	30	60	0	7	14	21	30	60		
Кислотность, град	0,8	2,0	2,2	2,2	2,4	2,6	3,0	2,4	2,6	2,8	3,0	3,4	3,6	
Пористость, %	74	74	72	72	73	71	70	72	70	69	71	72	72	
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	3,0	3,4	3,3	3,1	3,3	2,7	2,5	2,7	2,5	2,5	3,0	2,6	2,4	
Сжимаемость, ед. прибора	50	63	66	62	55	52	40	44	48	48	44	39	33	

Анализ органолептических показателей качества хлеба показал, что опытные образцы имели более темный цвет корки, что связано с тем, что 15% муки вносили в виде заварки, содержащей высокое количество усвояемых углеводов. Пористость мякиша у всех образцов хлеба была мелкая неравномерная с отдельными крупными порами. Вкус и запах стали более выраженными, с приятной легкой кислинкой по сравнению с контрольным образцом.

Исследования показали, что использование полуфабрикатов положительно повлияло на устойчивость хлеба к плесневению. Установлено, что при принудительной контаминации чистой культурой плесени *Penicillium chrysogenum* признаки плесневения на ломтике появились через 37 ч у контрольного образца, через 41 ч у опытного образца хлеба, приготовленного с использованием полуфабриката №1, через 60 ч - с использованием полуфабриката №2.

Исследование влияния полуфабрикатов на устойчивость хлеба к картофельной болезни показало, что у контрольного образца хлеба появление первых признаков картофельной болезни в виде неприятного запаха и липкости мякиша наблюдалось через 24 ч. При этом опытные образцы хлеба картофельной болезнью не заболели.

**Выводы.** Рекомендуемый срок хранения неинaktivированного полуфабриката - 30 суток при температуре  $6\pm 2^\circ\text{C}$ . Установлено, что использование полуфабриката способствует улучшению физико – химических (повышение кислотности) и органолептических (улучшается вкус и запах) показателей качества хлеба, повышению его микробиологической стойкости к плесневению и полностью инактивирует споры картофельной палочки.

### Библиографический список

1. Тутельян, В.А. «Роль науки созидательная» / В.А. Тутельян // Хлебопечение России - 2022, № 1, С. 10-13.
2. Савкина, О.А. Производство безглютеновых изделий. Состояние и перспективы вопроса / О.А. Савкина, О.И. Парахина, Л.И. Кузнецова, Т.А. Гаврилова // Хлебопродукты – 2019 г, № 12, С. 40-45.
3. Кузнецова, Л.И. Роль биологических заквасок в технологии безглютеновых хлебобулочных изделий / Л.И. Кузнецова, О.А. Савкина, Н.О. Дубровская, О.И. Парахина, Т.А. Гаврилова // Хлебопродукты – 2020г, № 9, С. 43-47.
4. Galle, S. Influence of instituts synthesized exopolysaccharides on the quality of gluten-free sorghum sourdough bread / S.Galle, C. Schwab, F. Dal Bello, A. Coffey, M. G. Gänzle, E. K. Arendt // International Journal of Food Microbiology. – 2012. -№ 155 (3). – P. 105-112.
5. Дубровская, Н.О. Способ повышения микробиологической устойчивости безглютенового хлеба / Н.О. Дубровская, Л.И. Кузнецова, О.И. Парахина // Хлебопечение России - 2017. № 4. С. 22-24.
6. Парахина, О.И. Разработка биотехнологии безглютеновых хлебобулочных изделий на закваске с новой микробной композицией О.И. Парахина, М.Н. Локачук, Л.И. Кузнецова, Е.Н. Павловская, О.А. Савкина, Т.А. Гаврилова // Хлебопродукты – 2020г, № 12, С. 59-63.
7. Парахина, О.И. Технология безглютенового хлеба на сброженной закваске / О.И. Парахина, О.А. Савкина, Л.И. Кузнецова, Т.А. Гаврилова, М.А. Нутчина, Ю.М. Фролова // Хлебопечение России - 2022. - № 4. С. 26-31.
8. Сборник современных технологий хлебобулочных изделий/ под общ. ред. А.П. Косована. - М.: Московская типография №2, 2008.-268 с.
9. Парахина, О.И. Разработка технологии безглютеновой термофильной сброженной закваски / О.И. Парахина, Л.И. Кузнецова, О.А. Савкина О.А., Т.А. Гаврилова, М.Н. Локачук, М.А. Нутчина // Хлебопечение России – 2022г, № 2, С. 27-32.
10. Пучкова, Л. И. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий. Часть 1. Технология хлеба/ Л. И. Пучкова, Р. Д. Поландова, И. В. Матвеева // СПб: Гиорд. – 2005. – 560 с.
11. Чижова, К.Н. Технохимический контроль хлебопекарного производства /К.Н. Чижова, Т.И. Шкваркина, Н.В. Запенина и др.– М.: Пищевая промышленность, 1975. – 479 с.
12. Кузнецова, Л.И. О плесневении хлеба / Л.И. Кузнецова [и др.] // Хлебопечение России.-2014. - № 5. - С. 24-26.
13. Дубровская, Н.О. Влияние новой подкисляющей смеси на качество ржано-пшеничного хлеба, вырабатываемого по ускоренной технологии /Н.О. Дубровская [и др.] // Хлебопечение России. - 2014. - № 2. - С. 21-22.
14. Кузнецова, Л.И. Разработка биотехнологии пшеничного хлеба высокого качества и микробиологической стойкости для условий дискретного производства / Л.И. Кузнецова, О.А. Савкина, О.И. Парахина, М.Н. Локачук, Е.Н. Павловская, Л.В. Усова // Хлебопродукты. - 2018. - № 12. - С. 38-41.
15. Афанасьева О.В. Микробиология хлебопекарного производства / О.В. Афанасьева; СПб Ф ГосНИИХП – СПб.: Береста, 2003. – 221 с.