

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, unactivated 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 α -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 ⁷ 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 ³ /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 заварке / 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.