



Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов / The author declares no conflict of interests

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

Оптимизация технологии производства зернового хлеба с применением электроактивированной воды

Надежда С. Санжаровская*, Наталья В. Сокол

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина»;
ул. Калинина, д. 13, Краснодар, 350044, Российская Федерация

Аннотация. Производство зернового хлеба имеет большое практическое значение для обеспечения потребителей качественными пищевыми продуктами. Зерновой хлеб является источником углеводов, белка, витаминов и минеральных веществ, необходимых для здорового питания. В данном исследовании рассматриваются вопросы оптимизации технологии производства зернового хлеба с применением электроактивированной воды. Электроактивированная вода является эффективным инструментом, позволяющим регулировать качество готового продукта. В связи с этим, цель работы заключалась в оптимизации технологии производства зернового хлеба с применением электроактивированной воды, оценке его качественных характеристик и показателей безопасности в процессе хранения. Объектами исследования стали: зерно пшеницы сорта «Табор»; фракции электроактивированной воды (анолит и католит); полуфабрикаты; готовые образцы зернового хлеба. По результатам комплексной оценки выделен образец хлеба, изготовленный из диспергированного зерна на основе опары из композитной смеси с предварительным замачиванием зерна в электроактивированной воде (анолит). Разработана технологическая схема производства зернового хлеба. Установлено, что использование электроактивированной воды способствует снижению крошковатости мякиша в процессе хранения.

Ключевые слова: зерновой хлеб, электроактивированная вода, технология, качество, хранение хлеба, показатели безопасности

Для цитирования: Санжаровская Н.С., Сокол Н.В. Оптимизация технологии производства зернового хлеба с применением электроактивированной воды. *Новые технологии / New technologies*. 2023; 19(4): 150-156. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-4-150-156>

Optimization of grain bread production technology using electrically activated water

Nadezhda S. Sanzharovskaya*, Natalya V. Sokol

FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin»;
13 Kalinin str., Krasnodar, 350044, the Russian Federation

Abstract. The production of grain bread is of great practical importance for providing consumers with quality food products. Whole grain bread is a source of carbohydrates, protein, vitamins and minerals necessary for a healthy diet. This study examines the optimization of the production technology of grain bread using electrically activated water. Electroactivated water is an effective tool that allows you to regulate the quality of the finished product. In this regard, the goal of the research was to optimize the technology for the production of grain bread using electrically activated water, assessing its quality characteristics and safety indicators during storage. The objects of the study were wheat grain of the «Tabor» variety; fractions of electroactivated

water (anolyte and catholyte); semi-finished products; ready-made grain bread samples. On the basis of a comprehensive assessment a sample of bread was selected, made from dispersed grain based on a dough made from a composite mixture with preliminary soaking of the grain in electrically activated water (anolyte). A technological scheme for the production of grain bread was developed. It has been established that the use of electrically activated water helps to reduce crumbling during storage.

Keywords: grain bread, electroactivated water, technology, quality, bread storage, safety indicators

For citation: Sanzharovskaya N.S., Sokol N.V. Optimization of grain bread production technology using electrically activated water. *Novye tehnologii / New technologies*. 2023; 19(4): 150-156. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-4-150-156>

Введение. Согласно данным, предоставленным ФАО ВОЗ, более трети всего продовольственного сырья в мире теряется, что влечет за собой истощение трудовых, экологических, материальных и энергетических ресурсов. Кроме того, потери зернового сырья, такого как пшеница, рожь и овес, почти на 10% превышают соответствующие потери масличных культур. Наибольшие потери по пищевой цепочке происходят на ее заключительном этапе, т.е. в процессе потребления пищевых продуктов [1].

Разработкой ресурсосберегающих технологий занимается пищевая промышленность. В то же время этот эффект может быть достигнут за счет комплексного подхода и снижения потерь на разных стадиях приготовления пищевого продукта [2]. Производство зернового хлеба позволяет исключить стадию переработки зерна для получения муки и сохранить все полезные биологически активные вещества в готовом продукте. Разработка и совершенствование технологических аспектов производства зернового хлеба рассматривались большим количеством авторов [1-4]. Однако вопрос обеспечения свежести таких продуктов и, как следствие, снижения потерь на этапе потребления хлеба по-прежнему актуален.

Хлеб относится к пищевым продуктам с высоким содержанием влаги, что сокращает продолжительность периода стабильности его потребительских свойств. Кроме того, потеря качественных характеристик хлебобулочных изделий – неизбежный процесс, поскольку черствение, наряду с микробиологическими повреждениями, ограничивает жизненный цикл хлебобулочных изделий. Исследователями предпринимаются различные попытки продлить период сохранения свежести хлеба. Известно, что показатели свежести хлебной продукции зависят от сырья, используемого для его изготовления. В настоящее время продление сроков хранения продуктов является приоритетной задачей для хлебопекарной промышленности, поэтому для решения этого вопроса ученые проводят активные исследования в этом направлении.

Снижение качества хлеба связано с частичной потерей влаги, развитием негативной микрофлоры и черствением изделий. Черствение хлеба приводит

к ухудшению потребительских свойств готовых изделий, т. е. к увеличению крошковатости, потере вкуса и аромата. В свою очередь, этот процесс сочетает ряд преобразований в структуре биополимеров: снижение гидрофильных свойств хлеба, изменение микроструктуры продукта, переход крахмала из аморфного в кристаллическое состояние.

Сегодня существует множество технологических подходов к увеличению срока свежести хлеба, которые включают: замораживание, упаковку в условиях газовой среды определенного состава, интенсификацию биоконверсии мучного сырья, использование различных добавок химического происхождения и многие другие. Однако, современные тенденции в здоровом питании направлены на исключение искусственных добавок. Поэтому могут представлять интерес попытки использования различных методов обработки сырья.

Вода является одним из основных ингредиентов в рецептурах хлебных изделий [5]. Благодаря обработке воды физико-химическими методами достигается направленное регулирование ее свойств [6]. В частности, использование активированной электрохимическим способом (ЭХА) воды зарекомендовано в качестве эффективного метода ускорения производственных процессов и повышения качества хлеба, традиционно изготавливаемого из пшеничной сортовой муки и хлеба из пророщенного зерна [7-10].

Несмотря на ряд преимуществ, производство хлеба из пророщенного зерна требует изучения процессов потери качества продукта при хранении. Поэтому актуально изучить изменения качества зернового хлеба, приготовленного с использованием ЭХА воды, и оценить его безопасность, поскольку наряду с большим количеством периферийных частиц конечный продукт подвергается риску загрязнения тяжелыми металлами и микотоксинами.

Объекты и методы исследования. Цель работы заключалась в оптимизации технологии производства зернового хлеба с применением ЭХА воды и оценке его качественных характеристик и показателей безопасности в процессе хранения.

Объектами исследования стали: зерно озимой мягкой пшеницы сорта «Табора» селекции

ФГБНУ «НЦЗ» им. П.П. Лукьяненко; фракции электроактивированной воды (анолит и католит); полуфабрикаты хлебопекарного производства; готовые образцы зернового хлеба.

Экспериментальные исследования проводили в 3-5 кратных повторностях по общепринятым методам.

Результаты исследований. По результатам ранее проведенных исследований была разработана технология зернового хлеба на спонтанной закваске. Тесто готовили с применением зерновой диспергированной массы и закваски спонтанного брожения с рисовой мукой [11].

Схема производства включала: этапы подготовки зерна пшеницы, набухание, проращивание, измельчение, приготовление теста из полученной массы с соблюдением правильной последовательности внесения компонентов, его дальнейшее выбраживание, разделку и выпечку.

Немаловажным этапом при производстве цельнозернового хлеба являлись непосредственно подготовка сырья, его замачивание в целях набухания и размягчения оболочек. Замачивание зерна проводили в течение 12 ч, затем зерно пшеницы диспергировали до образования однородной зерновой массы.

Недостатком изделий, изготовленных по данной технологии, был уплотненный, крошащийся мякиш хлеба и ограниченное время хранения, что проявлялось в появлении плесени через 20 ч. Оптимизированная схема производства

зернового хлеба на основе ЭХА воды представлена на рис. 1.

По усовершенствованной схеме была проведена пробная лабораторная выпечка. Оценку качества выпеченных изделий проводили по органолептическим и физико-химическим показателям согласно требованиям стандарта. В качестве контроля использовали зерновой хлеб на закваске спонтанного брожения. Сравнительные данные пробных лабораторных выпечек опытных образцов с использованием при замочке зерна и приготовлении опары зернового хлеба водопроводной воды и ЭХА воды (анолит и католит) в сравнении с технологией на спонтанной закваске по показателям качества представлены в табл. 1.

По органолептическим показателям, таким как вкус, аромат, цвет мякиша, поверхность хлеба, форма и цвет корки, пористость и эластичность был выделен образец хлеба, приготовленный на ЭХА воде-анолит, где общий показатель выпечки составил 4,95 балла.

Физико-химические показатели качества хлеба являются обязательными на производстве и нормируются техническими условиями для вновь разработанных изделий. Образец хлеба с использованием ЭХА воды (анолит) отличался лучшими физико-химическими показателями. Хлеб на спонтанной закваске имел самую высокую кислотность из всех опытных образцов. Лучшим по пористости был хлеб на ЭХА (анолите) воде, он имел самый высокий удельный объем хлеба.

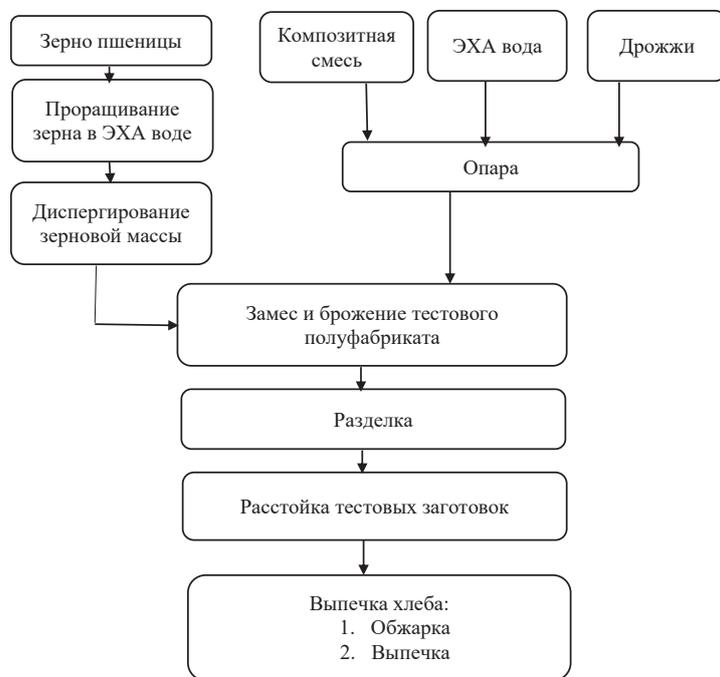


Рис. 1. Схема приготовления зернового хлеба

Fig. 1. Scheme for preparing grain bread

Таблица 1

Показатели качества опытных образцов зернового хлеба

Table 1

Quality indicators of experimental samples of grain bread

Показатель	Способ приготовления хлеба			
	на закваске	на питьевой воде	ЭХА вода (анолит)	ЭХА вода (католит)
Пористость, %	73±0,9	75±1,1	84,7±1,2	80,8±0,8
Кислотность, град	3,5±0,2	1,5±0,1	1,9±0,2	1,7±0,1
Влажность, %	45,0±0,6	46,5±0,7	48,1±0,2	48,0±0,5
Удельный объем формового хлеба, см ³ /100 г	335±1,2	350±2,3	370±1,8	355±1,5

Таким образом, предварительная электрохимическая активация воды позволяет регулировать качество теста и получать качественный зерновой хлеб. Следовательно, принятые технологические решения обеспечили положительный результат. Хлеб, полученный из целого пророщенного зерна на основе опары из муки пшеничной хлебопекарной первого сорта с предварительным замачиванием в ЭХА воде (анолит), получил название «Здравица».

При длительном хранении хлеба происходит его черствение и усыхание, сопровождающиеся снижением влажности, а также уменьшением эластичности и повышением жесткости мякиша. Эти метаморфозы обусловлены сложным комплексом процессов ретроградации крахмала, денатурации белка, изменением форм связи и перераспределения влаги между ними, а также тепло- и массообменными процессами между корочкой, мякишем и внешней средой.

Хранение хлеба сопровождается постепенной потерей его влаги, что обусловлено достаточно высоким содержанием воды в продукте. Пророщенный хлеб, в отличие от пшеничных сортов хлеба, отличается более высоким содержанием

оболочек, которые вызывают увеличение водопоглощающей способности теста и, соответственно, увеличение содержания влаги в конечном продукте, табл. 2 [10].

В ходе анализа сделан вывод, что потери влаги за 72 ч хранения для всех исследуемых образцов варьируются в пределах 0,63–1,51%. Контрольные образцы пророщенного хлеба характеризуются большей потерей влаги при меньшем времени замачивания зерна (уменьшилось с 24 до 16 ч). В то же время по сравнению с контрольными образцами потери влаги замедляются почти вдвое при замачивании зерна в течение 16 ч и замешивании теста с использованием ЭХА воды.

Наряду с потерей влаги, наблюдается снижение потребительских характеристик хлеба из-за изменения структуры биополимеров мякиша. Эти изменения провоцируют появление дополнительных пробелов в крахмально-белковой матрице хлеба. Показатель крошковатости важен для потребителя и считается определяющим, поскольку напрямую связан с характеристиками текстуры. Установлено, что использование ЭХА воды оказывает свое влияние на крошковатость хлебного мякиша, рис. 2.

Таблица 2

Влияние продолжительности замачивания зерна на содержание влаги в пророщенном хлебе при хранении

Table 2

The influence of the duration of grain soaking on the moisture content in sprouted bread during storage

Продолжительность хранения хлеба, ч	Способ приготовления хлеба		
	на питьевой воде	ЭХА вода (анолит)	ЭХА вода (католит)
<i>Замачивание зерна в течение 16 ч</i>			
24	46,3	47,9	47,6
48	45,9	47,7	47,5
72	45,6	47,6	47,2
<i>Замачивание зерна в течение 24 ч</i>			
24	45,6	46,3	46,0
48	45,2	46,1	45,8
72	45,1	45,8	45,6

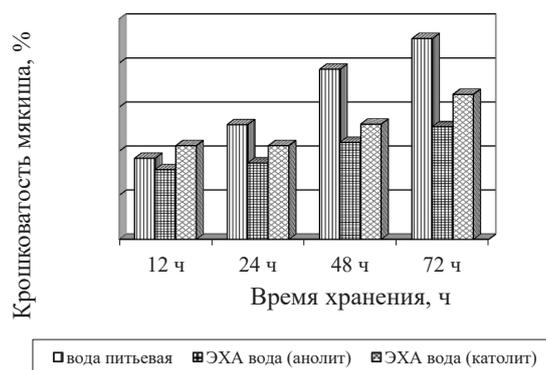


Рис. 2. Изменение крошковатости мякиша в процессе хранения

Fig. 2. Changes in crumbliness during storage

Таблица 3

Микробиологические показатели хлеба

Table 3

Microbiological indicators of bread

Микробиологические показатели		Сроки хранения, ч	
		24	48
Количество МАФАМ, КОЕ/г	Питьевая, вода	$1,3 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^6$
	ЭХА (анолит)	$8,1 \cdot 10^3$	$2,1 \cdot 10^5$
Количество плесневых грибов, КОЕ/г	Питьевая, вода	$2,6 \cdot 10^1$	$10,7 \cdot 10^2$
	ЭХА (анолит)	–	$1,7 \cdot 10^2$

Использование ЭХА воды в технологии приготовления зернового хлеба способствует снижению крошковатости мякиша.

Использование нетрадиционных методов обработки сырья обычно вызывает вопросы обеспечения безопасности конечного продукта для потребителя. Следует отметить, что при производстве хлеба из цельного зерна, исключающего удаление оболочек, наряду с существующими биологическими преимуществами потребления, может столкнуться с экологическими проблемами настоящего времени. Уровень загрязнения тяжелыми металлами, в частности, в промышленных регионах страны достаточно высок. Это может отрицательно сказаться на безопасности пищевых продуктов, которые не требуют удаления внешних оболочек из растительного сырья, способных накапливать токсичные элементы.

В результате исследований установлено, что содержание токсичных элементов в пророщенном хлебе, приготовленном с использованием активированной электрохимическим способом воды, находится в пределах количеств, допустимых ТР ТС 021/2011.

Риски загрязнения пищевых продуктов микотоксинами привлекают большое внимание, особенно когда технологические условия производства благоприятны для развития негативной микрофлоры. В условиях избытка влаги,

создаваемого при замачивании зерна в технологии приготовления зернового хлеба, микробиологические риски возрастают. С точки зрения содержания микотоксинов, являющихся вторичными метаболитами плесневых грибов, а именно – афлатоксина В-1 и зеараленона, тестируемые образцы безопасны для употребления. Это создает предпосылки для расширения нишевого сегмента рынка хлебобулочных изделий за счет безопасного и полезного зернового хлеба.

Микробиологические исследования показали, что использование ЭХА воды (анолит) приводит к повышению уровня безопасности хлеба по микробиологическим показателям, табл. 3.

Экспериментальный образец с использованием активированной воды (анолит) содержал меньше КОЕ/г анаэробных и факультативно анаэробных мезофильных микроорганизмов по сравнению с контролем, а плесневые грибы отсутствовали после 24 ч хранения. Появление грибков плесени после 48 ч хранения в тестовом образце было в 6,5 раз ниже по сравнению с контролем.

Выводы. Таким образом, применение электрохимически активированной воды в производстве зернового хлеба представляет собой перспективное направление, способствующее повышению качества готового продукта. Применение ЭХА воды помогает снизить риск контаминации продукта и повышает его безопасность для потребителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Агапкин А.М., Золотова С.В. Пищевая ценность, оценка качества и ассортимент зернового хлеба. Экономика и предпринимательство. 2022; 1(138): 1445-1448.
2. Алехина Н.Н. Влияние способов замораживания на качество зернового хлеба. Хлебопродукты. 2022; 11: 32-36.
3. Чугунова О.В., Панкратьева Н.А., Пономарев А.С. Использование комплексной зерновой добавки в технологии пшеничного хлеба на закваске спонтанного брожения. Хлебопродукты. 2023; 1: 43-47.
4. Хмелева Е.В., Березина Н.А., Сатцаева И.К. Технология зернового хлеба из полбы. Известия Дагестанского ГАУ. 2022; 4(16): 321-329
5. Ding T., Oh D-H., Liu D. Electrolyzed water in food: Fundamentals and applications. Singapore: Springer; 2019.
6. Johansson B. Functional water – in promotion of health beneficial effects and prevention of disease. Internal Medicine Review. 2017; 3(2).
7. Краснова Т.А. Водоподготовка в пищевой промышленности. Техника и технология пищевых производств. 2018; 1(48): 15-30.
8. Сокол Н.В., Атрощенко Е.А. Исследование влияния электрохимически активированной воды на реологические свойства теста и качество хлеба. Новые технологии. 2019; 1: 170-177.
9. Сокол Н.В., Санжаровская Н.С., Воронин В.В. Практическое применение активированной воды в технологии пшеничного хлеба. Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2023; 2(40): 130-137.
10. Погорелов А.Г. и др. Влияние электрохимически активированной воды на показатели качества теста и изделий из пшеничной муки. Техника и технология пищевых производств. 2022; 52(1); 156-167.
11. Науменко Н.В. Влияние активированной воды на формирование качества и сохраняемость хлеба из пшеничной муки: автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб.; 2007.
12. Способ производства зерновых хлебобулочных изделий: патент на изобретение 2786539 С2 Рос. Федерация / Сокол Н.В., Ольховатов Е.А., Казакова В.С. и др.; № 2021117673, заявл. 16.06.2021, опубл. 21.12.2022.

REFERENCES:

1. Agapkin A.M., Zolotova S.V. Nutritional value, quality assessment and assortment of grain bread. Economics and entrepreneurship. 2022; 1(138): 1445-1448.
2. Alekhina N.N. The influence of freezing methods on the quality of grain bread. Bakery products. 2022; 11: 32-36.
3. Chugunova O.V., Pankratieva N.A., Ponomarev A.S. The use of a complex grain additive in the technology of wheat bread with spontaneous fermentation sourdough. Bakery products. 2023; 1:43-47.
4. Khmeleva E.V., Berezina N.A., Satsaeva I.K. Technology of spell grain bread. News of the Dagestan State Agrarian University. 2022; 4(16): 321-329
5. Ding T., Oh D-H., Liu D. Electrolyzed water in food: Fundamentals and applications. Singapore: Springer; 2019.
6. Johansson B. Functional water – in promotion of health beneficial effects and prevention of disease. Internal Medicine Review. 2017; 3(2).
7. Krasnova T.A. Water treatment in food industry. Equipment and technology of food production. 2018; 1(48): 15-30.
8. Sokol N.V., Atroshchenko E.A. Study of the influence of electrochemically activated water on the rheological properties of dough and the quality of bread. New technologies. 2019; 1: 170-177.
9. Sokol N.V., Sanzharovskaya N.S., Voronin V.V. Practical application of activated water in wheat bread technology. News of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after. V.M. Kokov. 2023; 2(40): 130-137.
10. Pogorelov A.G. et al. The influence of electrochemically activated water on the quality indicators of dough and products made from wheat flour. Equipment and technology of food production. 2022; 52(1); 156-167.
11. Naumenko N.V. The influence of activated water on the formation of quality and shelf life of bread made from wheat flour: abstract of thesis. dis. ...PhD (Eng.). St. Petersburg; 2007.
12. Method for the production of grain bakery products: patent for invention 2786539 C2 Russ. Federation / Sokol N.V., Olkhovатов E.A., Kazakova V.S. et al.; No. 2021117673, application 16.06.2021, publ. 21.12.2022.

Информация об авторах / Information about the authors

Надежда Сергеевна Санжаровская, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»

hramova-n@mail.ru

Наталья Викторовна Сокол, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»

sokol_n.v@mail.ru

Nadezhda S. Sanzharovskaya – PhD (engineering), Associate Professor, the Department of Storage Technology and Processing of Plant Growing Products, FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin»

hramova-n@mail.ru

Natalia V. Sokol, Dr Sci. (Engineering), Professor, the Department of Storage Technology and Processing of Plant Growing Products, FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin»

sokol_n.v@mail.ru

Поступила в редакцию 11.10.2023; поступила после рецензирования 24.11.2023; принята к публикации 25.11.2023

Received 11.10.2023; Revised 24.11.2023; Accepted 25.11.2023