

Научная статья

УДК 664.661

doi: 10.55196/2411-3492-2023-2-40-130-137

Практическое применение активированной воды в технологии пшеничного хлеба

Наталья Викторовна Сокол^{✉1}, Надежда Сергеевна Санжаровская²,
Владимир Владимирович Воронин³

Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, улица Калинина,
д. 13, Краснодар, Россия, 350044

^{✉1}sokol_n.v@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9051-8190>

²hramova-n@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8403-7892>

³vovavoronin2000@mail.ru

Аннотация. Вода является необходимым ингредиентом в рецептуре хлебобулочных изделий. Предприятия хлебопекарной отрасли в России чаще всего используют воду при производстве хлебных изделий без дополнительной обработки. Известно, что структура и химический состав воды оказывают существенное влияние на интенсивность микробиологических, биохимических, коллоидных процессов при приготовлении теста и качество готовых изделий. Поэтому разработка методов предварительной обработки воды является неотложной задачей для решения таких отраслевых проблем, как интенсификация производства, улучшение качества продукции, продление срока годности и микробиологической безопасности. В связи с этим цель исследования заключалась в практическом обосновании усовершенствованной технологии хлебобулочных изделий из пшеничной муки с использованием электроактивированной воды. В качестве объектов исследования использовали: фракции электроактивированной воды (католит и анолит), дистиллированную воду, питьевую магистральную воду, полуфабрикаты (тесто), готовые образцы хлеба. Использован ускоренный способ тестоведения с введением при замесе теста 10% молочной сыворотки. Показано, что внесение молочной сыворотки стимулирует работу дрожжевых клеток и приводит к значительному возрастанию кислотности теста. Установлено влияние электроактивированной воды на показатели качества пшеничного хлеба. По комплексу качественных показателей выделили образец, изготовленный с использованием воды анолит. Разработана технологическая схема производства хлеба. Полученные результаты подтвердили, что использование электроактивированной воды в технологии пшеничного хлеба повышает безопасность готовых изделий и способствует производству экологически чистых продуктов.

Ключевые слова: электроактивированная вода, технология, хлеб, показатели качества, микробиологические показатели

Для цитирования. 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). С. 130–137. doi: 10.55196/2411-3492-2023-2-40-130-137

Original article

Practical application of activated water in wheat bread technology

Natalia V. Sokol^{✉1}, Nadezhda S. Sanzharovskaya², Vladimir V. Voronin³

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Kalinin Street, 13, Krasnodar, Russia, 350044

^{✉1}sokol_n.v@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9051-8190>

²hramova-n@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8403-7892>

³vovavoronin2000@mail.ru

Abstract. Water is a necessary ingredient in the recipe of bakery products. Enterprises of the baking industry in Russia most often use water in the production of bread products without additional processing. It is known that the structure and chemical composition of water have a significant impact on the intensity of microbiological, biochemical, colloidal processes in the preparation of dough and the quality of finished products. Therefore, the development of water pretreatment methods is an urgent task to solve such industry problems as intensification of production, improvement of product quality, extension of shelf life and microbiological safety. In this regard, the purpose of the study was to provide practical justification for the improved technology of bakery products made of wheat flour using electroactivated water. The following were used as objects of research: fractions of electroactivated water (catholyte and anolyte); distilled water; drinking main water; semi-finished products (dough); ready-made bread samples. An accelerated method of testing was used with the introduction of 10% of whey during the kneading of the dough. It is shown that the introduction of whey stimulates the work of yeast cells and leads to a significant increase in the acidity of the dough. The effect of electroactivated water on the quality indicators of wheat bread has been established. According to a set of qualitative indicators, a sample made using anolyte water was isolated. The technological scheme of bread production has been developed. The obtained results confirmed that the use of electroactivated water in wheat bread technology increases the safety of finished products and contributes to the production of environmentally friendly products.

Keywords: electroactivated water, technology, bread, quality indicators, microbiological indicators

For citation. Sokol N.V., Sanzharovskaya N.S., Voronin V.V. Practical application of activated water in wheat bread technology. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2023;2(40):130–137. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2023-2-40-130-137

Введение. Хлеб является одним из важнейших продуктов питания, который обеспечивает организм человека витаминами, минералами, белковыми веществами и имеет высокую энергетическую ценность. Однако производство хлебопекарной продукции приемлемого качества и микробиологической безопасности требует использования муки с высокими хлебопекарными свойствами, количество которой на мировом рынке постоянно снижается [1].

Основные факторы такого явления – неблагоприятные климатические условия производства зерновой продукции, несоблюдение агротехнических мероприятий и технологических особенностей хранения и переработки зерна. Поэтому для корректировки хлебопекарных свойств муки широкое распространение в хлебопечении получило применение улучшителей различного происхождения. Однако такие добавки могут негативно влиять на здоровье потребителей, особенно учитывая то, что хлебобулочные изделия являются продуктами массового потребления и присутствуют в ежедневном рационе человека [2].

Необходимым компонентом в рецептуре хлебобулочных изделий является вода. В на-

стоящий момент в России хлебопекарные предприятия для производства продукции чаще всего используют воду без дополнительной обработки. Известно, что от ее структуры и химического состава зависят интенсивность микробиологических, биохимических, коллоидных процессов во время приготовления теста и качество готового продукта. Поэтому актуальной является разработка способов предварительной подготовки воды для решения таких проблем отрасли, как интенсификация производства, повышение качества продукции, продление срока хранения ее свежести и микробиологической безопасности.

Перспективный метод технологической подготовки воды – использование электрических разрядов. Электрохимически активированная (ЭХА) вода обладает высокой проницаемостью и антисептическими свойствами за счет наличия специфической мелкокластерной структуры и пероксидных соединений [3, 4].

Вода, подвергнутая действию обработки, не содержит в своем составе дополнительно привнесенных химических веществ, что обеспечивает ей преимущества в использовании для производства хлебопекарной продук-

ции [5]. Поэтому актуальными являются научные исследования в направлении разработки технологии хлебобулочных изделий на электроактивированной воде и определение механизмов ее влияния на свойства биополимеров и состояние микрофлоры на различных технологических стадиях производства хлебопекарной продукции. Это способствует повышению производительности, улучшению качества и микробиологической безопасности хлебобулочных изделий. Поэтому разработка рецептур новых хлебобулочных изделий на основе электроактивированной воды является обоснованной и актуальной.

Цель исследования заключалась в практическом обосновании усовершенствованной технологии хлебобулочных изделий из пшеничной муки с использованием ЭХА воды.

В соответствии с поставленной целью были сформулированы следующие задачи:

- исследовать влияние ЭХА воды на характеристики тестовых полуфабрикатов;
- разработать математические модели и оптимизировать технологические параметры производства хлебопекарной продукции с использованием ЭХА воды;
- установить влияние технологических факторов и отдельных рецептурных компонентов на качество хлебобулочных изделий, изготовленных с использованием ЭХА воды;
- исследовать влияние ЭХА воды на микробиологическую устойчивость хлебобулочных изделий и степень сохранения их свежести.

Методы и объекты исследований. Объектами исследований стали: фракции ЭХА воды (католит и анолит), дистиллированная вода, питьевая магистральная вода, полуфабрикаты (тесто), готовые образцы хлеба.

Определение основных показателей качества осуществляли общепринятыми методами, регламентированными соответствующими ГОСТ в 3-х повторностях.

Результаты исследований. Комплексный анализ научных публикаций и результаты ранее проведенных исследований [6] показали, что при замесе теста на ЭХА воде существенно увеличивается скорость накопления кислотности и углекислого газа в тесте, возрастают водопоглощение и пластичность. Поэтому при разработке технологии хлеба улучшенного качества с применением ЭХА воды учитывали результаты, получен-

ные ранее. При выборе способа тестоведения принимали во внимание, что пробную лабораторную выпечку проводили безопарным способом, как следствие этого, показатель кислотности мякиша у всех образцов был в диапазоне 1,2-1,9 град., что нежелательно для длительного хранения хлеба.

На основании данных показателей фаринографа при замесе теста на активированной воде при разработке технологии хлеба с ЭХА водой за основу взяли ускоренный способ приготовления теста. Учитывая, что брожение теста по времени занимает свыше 70% длительности производственного цикла приготовления хлебобулочных изделий, то его сокращение также представляет актуальную проблему на производстве.

Было принято решение использовать ускоренный способ с введением при замесе теста молочной сыворотки. Введение сыворотки будет способствовать повышению ферментативной активности дрожжей (путем обеспечения рациональной кислотности для их метаболизма сразу после замеса) и улучшению азотного питания [7].

Кроме того, с сывороткой в тесто вносятся дополнительные питательные вещества, благодаря чему создаются благоприятные условия для бродильной микрофлоры и происходит интенсификация биохимических процессов. В результате этого уменьшается пенообразование и увеличивается подъемная сила активированных дрожжей. Дозировку вносимой сыворотки выбрали, ориентируясь на литературные данные – 10% к массе муки.

Для уточнения времени брожения теста, замешанного на различных модификациях рецептурной воды с совместным введением при замесе 10% сыворотки, определяли динамику кислотонакопления, рисунок 1.

Внесение молочной сыворотки стимулирует работу дрожжевых клеток, и кислотность в тесте значительно возрастает по сравнению с кислотностью теста при безопарном способе приготовления. В образцах теста с активированной водой она была достаточной для хлеба пшеничного из муки высшего сорта через 60 мин от начала брожения теста.

Была получена зависимость титруемой кислотности теста от pH электроактивированной воды, используемой для замеса, рисунок 2.

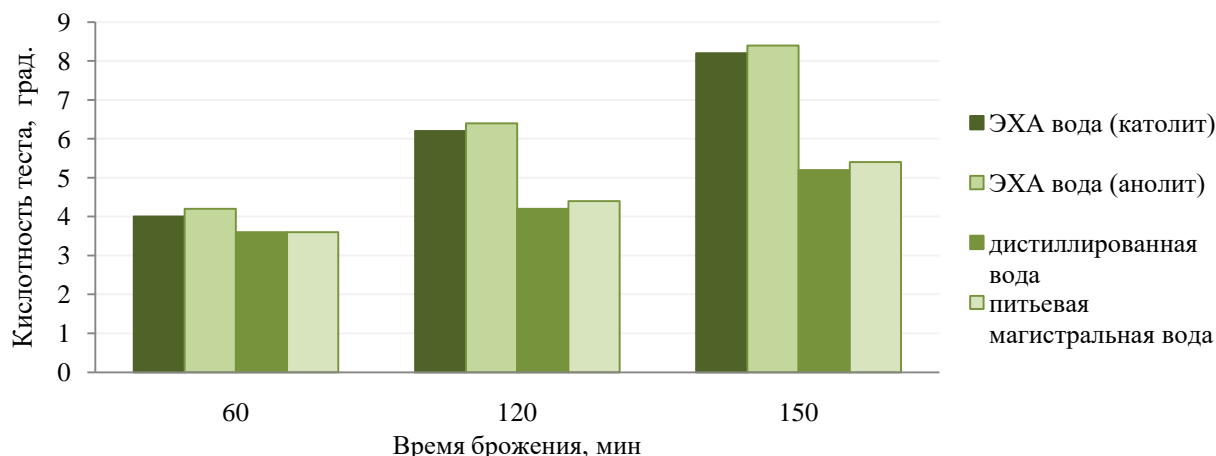


Рисунок 1. Влияние молочной сыворотки на кислотность теста
Figure 1. The effect of whey on the acidity of the dough

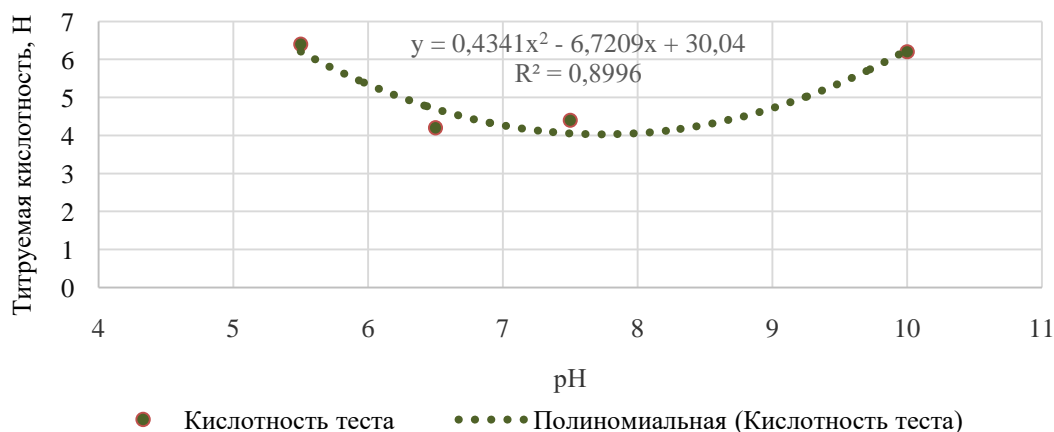


Рисунок 2. Зависимость титруемой кислотности от рН активированной воды, используемой для замеса теста

Figure 2. Dependence of titrated acidity on the pH of activated water used for kneading dough

Зависимость титруемой кислотности от рН активированной воды, используемой для замеса теста, описывается полиномом второй степени и имеет высокий коэффициент аппроксимации $R = 0,8996$, что подтверждает активность размножения дрожжевых клеток при активации воды анолитом с рН 5,5.

При разработке технологии время замеса теста было принято согласно данным, полученным на приборе фаринограф – 9 мин, затем отлежка теста от механических напряжений – 10 мин, 60 мин – брожение теста, расфасовка, расстойка до готовности и выпечка [6]. Технологическая схема представлена на рисунке 3.

По разработанной технологии были выпечены образцы хлеба с использованием при замесе теста всех экспериментальных моделей воды. Предварительно была проведена

активация дрожжей молочной творожной сывороткой.

Данные органолептической оценки качества хлеба отражены на рисунке 4.

По комплексу показателей выделился образец с ЭХА водой (анолит). В разрезе он отличался и более равномерной структурой пористости.

Экспериментальные данные, полученные при оценке качества хлеба, подвергались математической обработке. В результате было получено уравнение зависимости пористости хлеба от рН используемой воды при замесе теста, рисунок 5.

Взаимосвязь показателей описывается уравнением полинома третьей степени и имеет высокий коэффициент аппроксимации, что подтверждает положительное влияние активированной воды на качество хлеба из сортовой пшеничной муки [8].

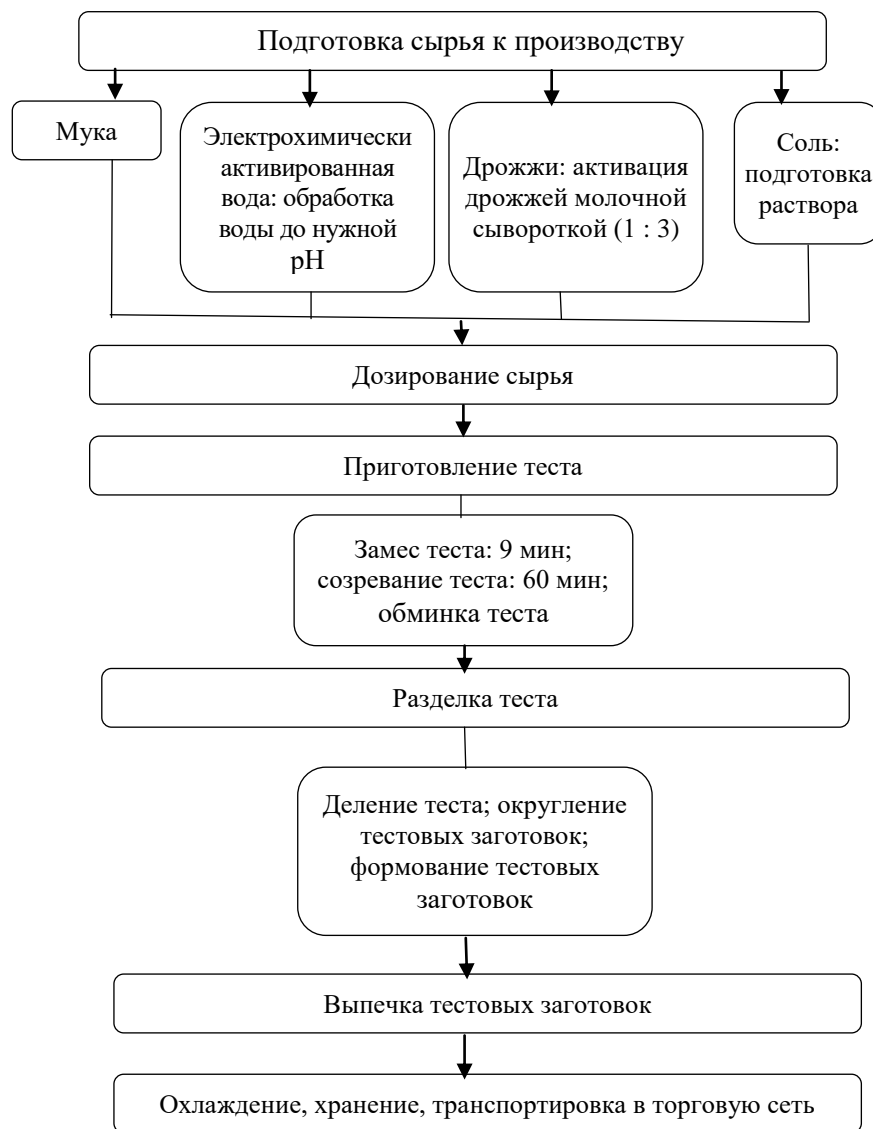


Рисунок 3. Схема производства хлеба по разработанной технологии
Figure 3. Bread production scheme according to the developed technology

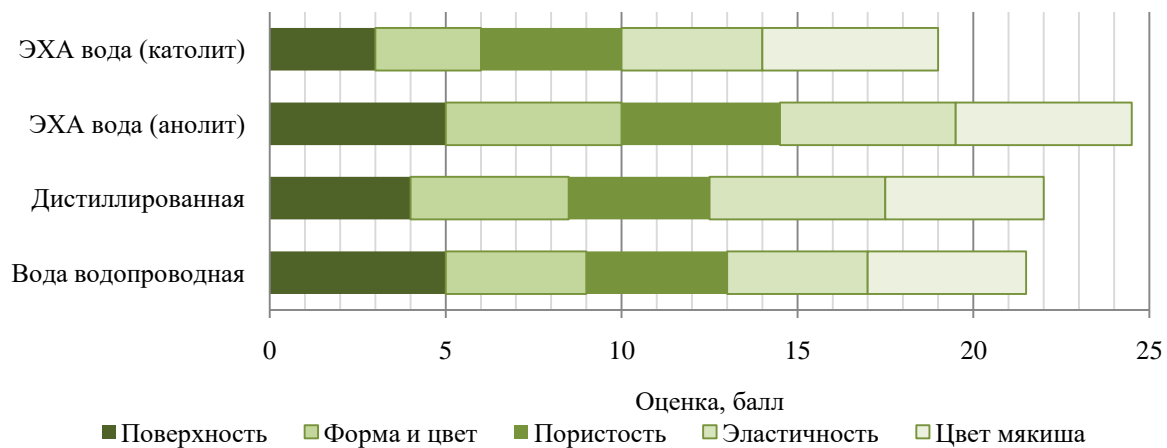


Рисунок 4. Балльная оценка опытных образцов хлеба
Figure 4. Scoring of bread prototypes

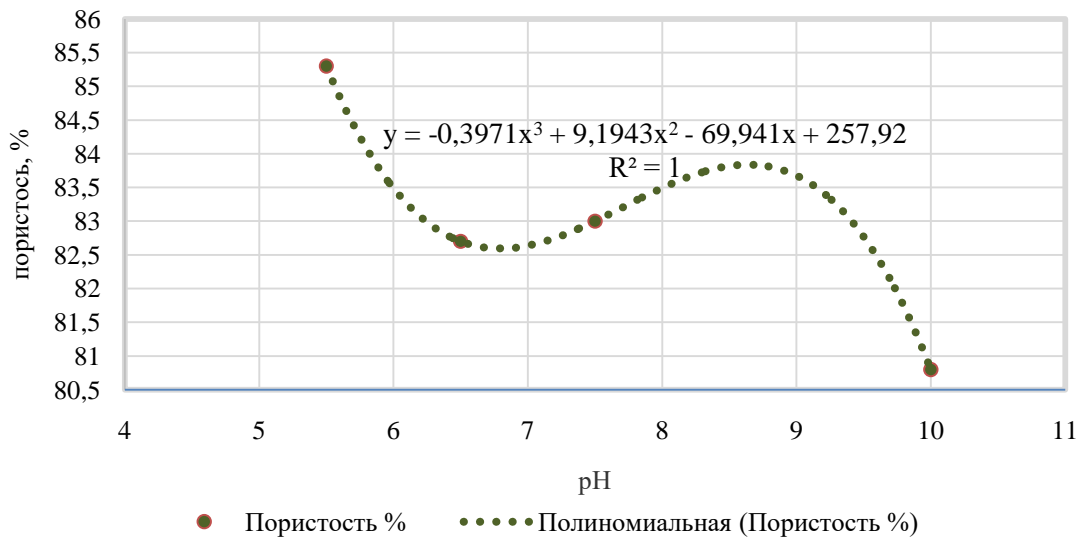


Рисунок 5. Взаимосвязь показателя пористость хлеба от pH воды при замесе теста
Figure 5. The relationship between the porosity of bread and the pH of water when kneading dough

Использование нетрадиционных методов обработки сырья обычно вызывает вопросы обеспечения безопасности конечного продукта для потребителя [9]. Для определения картофельной болезни использовали экспресс-метод ее диагностики по определению активности спорных бактерий в хлебопекарном сырье и готовой продукции. Используемый метод относится к группе биохимических и основан на определении протеолитической желатиназной активности спорных бактерий.

Было установлено, что при выработке хлебных изделий из пшеничной муки высшего сорта на питьевой магистральной воде признаки развития картофельной болезни проявились через 105 мин. На поверхности пленки была образована зона разжижения, что соответствует средней степени поражения хлеба картофельной болезнью через 36 ч.

У образца с использованием при замесе теста ЭХА воды (анолит) легкие признаки разжижения появились через 150 мин, что свидетельствует об устойчивости данного образца хлеба к картофельной палочке.

Полученные данные указывают на то, что активированная вода с pH 5,5, взятая для замеса теста, подавляет жизнедеятельность спорообразующих бактерий и тем самым сдерживает развитие картофельной болезни хлеба. Это можно объяснить антисептическим воздействием ЭХА воды (анолит) на

негативную микрофлору муки при тестоведении в результате наличия в воде устойчивого пероксида водорода.

Микробиологическими исследованиями, проведенными с образцами пшеничного хлеба, приготовленного по разработанной и традиционной технологии, установлено, что предварительная активация воды приводит к повышению уровня безопасности хлеба по микробиологическим показателям. Исследования проводили через 24 и 48 ч хранения, таблица 1.

Таблица 1. Микробиологические показатели образцов хлеба

Table 1. Microbiological parameters of bread samples

Показатель		Сроки хранения, ч	
		24	48
Количество МАФАМ, КОЕ/г	Питьевая, магистральная вода	$1,1 \times 10^5$	$1,2 \times 10^6$
	ЭХА (анолит)	$7,6 \times 10^3$	$1,6 \times 10^5$
Количество плесневых грибов, КОЕ/г	Питьевая, магистральная вода	$2,0 \times 10^1$	$9,1 \times 10^2$
	ЭХА (анолит)	–	$1,4 \times 10^2$

В опытном образце с применением ЭХА воды (анолит) содержалось меньшее количество КОЕ/г мезофильных анаэробных и

факультативно анаэробных микроорганизмов по сравнению с контролем, где при замесе использовали магистральную питьевую воду и после 24 ч хранения отсутствовали плесневые грибы. Появление плесневых грибов через 48 ч хранения в опытном образце было в 6,5 раз ниже по сравнению с контролем.

Выводы. Таким образом, предварительная электрохимическая активация воды позволяет регулировать качество теста и получать качественный хлеб из пшеничной сор-

товой муки. Внедрение процесса подготовки воды с применением электролиза актуально для хлебопекарных предприятий разной мощности и предусматривает введение в аппаратурно-технологическую схему производства хлеба установки ЭХА воды CHANSON REVOLUTION PL-A902.

Использование электрохимически активированной воды в технологии пшеничного хлеба повышает безопасность готовых изделий и способствует производству более экологически чистых продуктов.

Список литературы

1. Думанишева З. С., Доткулова К. Х. Формирование качества хлебобулочных изделий с продуктами переработки растительного сырья // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 1(39). С. 143–149. <https://doi.org/10.55196/2411-3492-2023-1-39-143-149>.
2. Бориева Л. З. Влияние нетрадиционного сырья на качество хлеба и сохранение свежести в процессе его хранения // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2021. № 3(39). С. 41–45.
3. Ding T, Oh D-H, Liu D. Electrolyzed water in food: Fundamentals and applications. Singapore: Springer; 2019. 274 p. https://doi.org/10.1007/978-981-13-3807-6_2.
4. Johansson B. Functional water – in promotion of health beneficial effects and prevention of disease. *Internal Medicine Review*. 2017;3(2). <https://doi.org/10.18103/imr.v3i2.321>
5. Краснова Т. А. Водоподготовка в пищевой промышленности // Техника и технология пищевых производств. 2018. № 1(48). С. 15–30.
6. Сокол Н. В., Атрощенко Е. А. Исследование влияния электрохимически активированной воды на реологические свойства теста и качество хлеба // Новые технологии. 2019. № 1. С. 170–177. <https://doi.org/10.24411/2072-0920-2019-10117>
7. Масалова В. В., Оботурова Н. П., Додыгина С. В. Перспективы использования молочной сыворотки для оптимизации реологических свойств безглютенового сырья в модельных тестовых системах // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2016. № 3(54). С. 31–38.
8. Погорелов А. Г. [и др.]. Влияние электрохимически активированной воды на показатели качества теста и изделий из пшеничной муки // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 1. С. 156–167. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-156-167>
9. Науменко Н. В. Влияние активированной воды на формирование качества и сохраняемость хлеба из пшеничной муки: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2007. 18 с.

References

1. Dumanisheva Z.S., Dotkulova K.H. Formation of the quality of bakery products with vegetable raw materials processing products. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2023; 1(39):143–149. <https://doi.org/10.55196/2411-3492-2023-1-39-143-149>. (In Russ.)
2. Borieva L.Z. The influence of non-traditional raw materials on the quality of bread and the preservation of freshness in the process of its storage. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2021;3(33):41–45. (In Russ.)
3. Ding T, Oh D-H, Liu D. Electrolyzed water in food: Fundamentals and applications. Singapore: Springer; 2019. 274 p. https://doi.org/10.1007/978-981-13-3807-6_2.
4. Johansson B. Functional water – in promotion of health beneficial effects and prevention of disease. *Internal Medicine Review*. 2017;3(2). <https://doi.org/10.18103/imr.v3i2.321>
5. Krasnova T.A. Water treatment in the food industry. *Food processing: techniques and technology*. 2018;1(48):15–30. (In Russ.)

6. Sokol N.V., Atroschenko E.A. Investigation of the effect of electrochemically activated water on the rheological properties of dough and the quality of bread. *New technologies*. 2019;1:170–177. <https://doi.org/10.24411/2072-0920-2019-10117>. (In Russ.)

7. Masalova V.V., Oboturova N.P., Dodygina S.V. Prospects of using whey to optimize the rheological properties of gluten-free raw materials in model test systems. *Vestnik Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta*. 2016;3(54):31–38. (In Russ.)

8. Pogorelov A.G., Panait A.I., Kuznetsov A.L., Molchanova E.N., Suvorov O. N., Ipatova L. Effect of electrochemically activated water on the quality indicators of dough and wheat flour products. *Food processing: techniques and technology*. 2022;1(55): 56–167. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-156-167>. (In Russ.)

9. Naumenko N.V. *Vliyaniye aktivirovannoy vody na formirovaniye kachestva i sokhranyayemost' khleba iz pshenichnoy muki* [Influence of activated water on the formation of the quality and preservation of bread from wheat flour]: *avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk*. Saint Petersburg, 2007. 18 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Сокол Наталья Викторовна – 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», SPIN-код: 1488-4080, Author ID: 144392, Scopus ID: 57216852506, Researcher ID: ABC-7301-2021

Санжаровская Надежда Сергеевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», SPIN-код: 4016-4986, Author ID: 176542, Scopus ID: 57217177533

Воронин Владимир Владимирович – магистрант направления подготовки 19.04.02 – Продукты питания из растительного сырья, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Information about the authors

Natalia V. Sokol – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Storage Technology and Processing of Plant Growing Products of Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, SPIN-code: 1488-4080, Author ID: 144392, Scopus ID: 57216852506, Researcher ID: ABC-7301-2021

Nadezhda S. Sanzharovskaya – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Storage Technology and Processing of Plant Growing Products of Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin. SPIN-code: 4016-4986, Author ID: 176542, Scopus ID: 57217177533

Vladimir V. Voronin – Master's student of the Direction of Training 19.04.02 "Food products from vegetable raw materials", Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 16.05.2023;
одобрена после рецензирования 01.06.2023;
принята к публикации 09.06.2023.

The article was submitted 16.05.2023;
approved after reviewing 01.06.2023;
accepted for publication 09.06.2023.