

**Сокол Н.В., Атрощенко Е.А.**  
**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ**  
**АКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**  
**ТЕСТА И КАЧЕСТВО ХЛЕБА**

Сокол Наталья Викторовна, доктор технических наук, профессор кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции факультета перерабатывающих технологий

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

Тел.: 8(918)4144020

Атрощенко Евгения Анатольевна, аспирант факультета перерабатывающих технологий ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина»; Россия, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13

*В хлебопекарной отрасли острой остается проблема получения качественных хлебобулочных изделий из муки с пониженными хлебопекарными свойствами. Решению проблемы может способствовать воздействие ряда факторов физической природы на отдельные компоненты, входящие в состав рецептурных ингредиентов. В связи с этим, изучение и применение электрохимической активации (ЭХА) воды в качестве приема интенсификации процессов хлебопечения является перспективным и актуальным направлением, что и предопределило цель настоящей работы – изучение электрохимической активации воды на реологию теста и качество хлеба.*

*Для достижения цели в исследованиях были использованы общепринятые в хлебопекарной отрасли физические, химические и инструментальные методы. Активированную воду получали путем электролиза. Результаты испытаний на приборе «Фаринограф» показали, что вода анолит и католит по-разному влияют на структурно-механические свойства теста такие как время замеса, время устойчивости, пластичность, разжижение теста, валориметрическая оценка и как следствие изменение качества хлеба.*

*Установлено, что вода анолит оказывает окислительное действие на протеолитические ферменты муки, католит – восстановительное, что позволяет ЭХА воду использовать по специальному назначению. При переработке муки из проросшего зерна пшеницы или со слабой клейковиной рекомендуется использовать воду анолит для укрепления структуры клейковинных белков. А при замесе теста из муки морозобойного или подвергшегося сильной сушке зерна – католит.*

**Ключевые слова:** *клейковина, белок, фаринограф, реология теста, пробная выпечка, качество хлеба, электрохимически активированная вода, анолит, католит.*

**Для цитирования:** Сокол Н.В., Атрощенко Е.А. Исследование влияния электрохимически активированной воды на реологические свойства теста и качество хлеба // Новые технологии. 2019. Вып. 1(47). С. 170-177. DOI: 10.24411/2072-0920-2019-10117

**Sokol N.V., Atroshchenko E.A.**  
**STUDY OF THE EFFECT OF ELECTROCHEMICALLY  
ACTIVATED WATER ON RHEOLOGICAL PROPERTIES  
OF DOUGH AND QUALITY OF BREAD**

Sokol Natalya Victorovna, Doctor of Technical Sciences, professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Plant Products of the Faculty of Processing Technologies

FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin»;

Russia, 350044, Krasnodar, 13 Kalinin str.

Tel.: 8 (918) 4144020

Atroshchenko Evgenia Anatolyevna, a post graduate student of the Faculty of Processing Technologies

FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin»;

Russia, 350044, Krasnodar, 13 Kalinin str.

*In baking industry the problem of obtaining high-quality bakery products from flour with reduced baking properties remains acute. The solution of the problem can be facilitated by the impact of a number of physical factors on the individual components that make up the recipe ingredients. In this regard, the study and application of electrochemical activation (ECHA) of water as a method of intensifying the processes of baking is a promising and relevant direction, which predetermined the purpose of this work - investigation of electrochemical activation of water on dough rheology and bread quality.*

*In order to achieve the goal of research, physical, chemical and instrumental methods generally accepted in baking industry were used. Activated water was obtained by electrolysis.*

*The test results on the Farinograph instrument showed that water anolyte and catholyte affect the structural and mechanical properties of dough in different ways, such as kneading time, stability time, plasticity, thinning dough, valorimetric evaluation and, as a result, changes in bread quality. It has been established that water anolyte has an oxidizing effect on proteolytic enzymes of flour, catholyte – reducing effect, which allows to use ECA water for special purposes.*

*When processing flour from sprouted wheat grains or with weak gluten, it is recommended to use water anolyte to strengthen the structure of gluten proteins. And when kneading dough from frost flour or subjected to strong drying of grain - catholyte.*

**Key words:** *gluten, protein, farinograph, dough rheology, test baking, bread quality, electrochemically activated water, anolyte, catholyte.*

**For citation:** Sokol N.V., Atroshchenko E.A. Study of the effect of electrochemically activated water on rheological properties of dough and quality of bread // *Novye tehnologii (Majkop)*. 2019. Iss. 1(47). P. 170-177. (In Russ., English abstract). DOI: 10.24411/2072-0920-2019-10117

В хлебопечении вода играет важную роль, являясь дисперсионной средой сырья, полуфабрикатов и готовых изделий. Она определяет течение коллоидных, биохимических и микробиологических процессов в полуфабрикатах хлебопекарного производства и в значительной мере определяет их технологические свойства. Поэтому актуальной задачей

отрасли является разработка способов специализированной водоподготовки, так как использование в технологическом процессе активированной воды, может способствовать повышению качества продукции, не прибегая к использованию пищевых добавок – улучшителей, сокращению продолжительности технологических процессов.

Имеются данные о целесообразности применения при замесе опары и теста воды, предварительно активированной ионизацией серебром, дегазацией, термообработкой, акустическими и оптическими воздействиями [1, 4, 5].

Электрохимическая активация воды, как способ совершенствования технологических процессов в хлебопечении, стала использоваться сравнительно недавно, применяется весьма ограниченно и требует дополнительных исследований.

Униполярное воздействие на воду приводит ее в неравновесное состояние и в течение определенного времени релаксации вода проявляет аномально высокую химическую активность. Такое состояние оказывает влияние на интенсификацию процессов приготовления полуфабрикатов хлебопекарного производства, биотехнологические свойства бродильной микрофлоры, реологические характеристики теста, качество и пищевую ценность продуктов, так как вода и продукты ее диссоциации – водородные и гидроксильные ионы определяют структуру и биологические свойства клейковинных белков, нуклеиновых кислот, липидов, мембран и многих других компонентов [3, 4]. От pH среды в значительной степени зависит каталитическая активность ферментов, поэтому представляло интерес изучение структурно-механических характеристик теста замешанного на электрохимически активированной воде и качества готового продукта.

В связи, с чем целью наших исследований стало изучение влияния электрохимически активированной воды на реологические свойства теста и качество хлеба.

В качестве объектов исследований использовали воду электрохимически обработанную с разделением анодного и катодного пространств диафрагмой, с получением двух фракций активированной жидкости: анолита и католита, дистиллированную и водопроводную воду. Для определения реологических характеристик теста и пробной лабораторной выпечки использовали муку пшеничную хлебопекарную высшего сорта ГОСТ 26574-2017 «Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия».

Для определения структурно-механических свойств теста, приготовленного на различных водах, использовали прибор «Фаринограф» фирмы Брабендер согласно методическим рекомендациям [2]. Хлеб готовили в соответствии с методом пробной лабораторной выпечки с получением трех хлебцев – два формовых и один подовый, в которых определяли органолептические и физико-химические показатели качества [2].

Реологические свойства имеют большое значение для выбора способа приготовления теста, его разделки, формования тестовых заготовок, а также качества готовых изделий.

При замесе прибор фаринограф регистрирует образование и поведение теста в условиях непрерывной механической обработки в виде кривой. Через 12 минут после начала падения кривой прибор выключают. Из полученной кривой рассчитывают время образования теста, устойчивость, разжижение и валориметрическую оценку

Результаты инструментальных испытаний на приборе фаринограф представлены в таблице 1.

Вода, активированная у катода (католит), имеет повышенную активность электронов и имеет свойства восстановителя, активированная у анода (анолит), имеет пониженную активность электронов и проявляет свойства окислителя. Следовательно, в зависимости от воды, используемой при замесе теста, будет изменяться и ферментативная атакуемость белковых веществ. При окислении происходит уменьшение количества SH-групп в белковом веществе муки с образованием поперечных – S – S-дисульфидных связей. Структурные изменения клейковинных белков муки приводят к уплотнению и упорядочению структуры белка и уменьшению его податливости протеолизу.

Таблица 1 - Реологические характеристики теста

| Вариант                              | Фаринограф                                    |                               |                                  |                  |                                      |
|--------------------------------------|---|-------------------------------|----------------------------------|------------------|--------------------------------------|
|                                      | Водопоглотительная способность теста (ВПС), % | Время образования теста, мин. | Время устойчивости и теста, мин. | Разжижение, е.ф. | Общая валориметрическая оценка, е.в. |
| Замес теста на водопроводной воде    | 71,1  | 8,0                           | 12,5                             | 110              | 66                                   |
| Замес теста на дистиллированной воде | 71,7  | 8,0                           | 11,0                             | 130              | 66                                   |
| Замес теста на ЭХА воде (анолит)     | 71,4  | 8,5                           | 13,0                             | 105              | 72                                   |
| Замес теста на ЭХА воде (католит)    | 71,3  | 9,5                           | 11,0                             | 120              | 62                                   |

Окислительное воздействие анолита на компоненты белково-протеиназного комплекса муки хорошо согласуется с экспериментальными данными, полученными на фаринографе. При замесе теста на ЭХА воде (анолит) наблюдается укрепление белково-протеиназного комплекса муки, о чем говорит показатель время устойчивости теста – 13 минут, что больше по сравнению с другими вариантами опыта. Показатель разжижение теста в этом варианте равен 105 единицам фаринографа, что ниже в сравнении с другими вариантами эксперимента, тесто характеризуется как более упругое. При замесе теста на водопроводной воде показатель разжижения был 110 единиц фаринографа, дистиллированной – 130 единиц, ЭХА (католит) – 120 единиц, что говорит о более слабой структуре теста. Валориметрическая оценка теста, замешанного на воде – анолите согласно данным фаринограммы, была 72 е. в., самый высокий показатель по сравнению с другими вариантами эксперимента. В случае использования католита при замесе теста этот показатель был 62 е. в., что говорит о расслаблении структуры теста и подтверждает его действие как восстановителя.

Таким образом, исследование реологических свойств теста, приготовленного на различной воде, показало, что вода анолит оказывает окислительное действие на

протеолитические ферменты муки, католит – восстановительное, что позволяет ЭХА воду использовать по специальному назначению. При переработке муки из проросшего зерна пшеницы или муки слабой по качеству рекомендуется использовать воду анолит для укрепления структуры клейковинных белков. А при замесе теста из муки морозобойного или подвергнутого сильной сушке зерна – католит, что позволит избежать получения неэластичного короткорвущегося теста.

На основе полученных результатов по реологии теста было принято решение о проведении пробных лабораторных выпечек.

Тесто готовили безопасным способом. Расстойку теста проводили до готовности в термостате с постоянной температурой  $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$  и относительной влажностью воздуха 75...80 %. Выпекали хлеб формовой и подовый в течении 20 минут при температуре  $230 \pm 5^{\circ}\text{C}$ . После остывания пробные образцы хлеба оценили по органолептическим и физико-химическим показателям качества. Органолептическую оценку хлеба проводили по пяти бальной шкале, таблица 2.

По органолептическим показателям выделился образец хлеба, приготовленный на ЭХА воде – анолит, где общая хлебопекарная оценка составила 4,9 балла.

Результаты оценки качества по физико-химическим показателям опытных образцов хлеба представлены в таблице 3.

Из полученных данных видно, что по физико-химическим показателям также выделился образец хлеба с использованием ЭХА воды анолит. Высокое качество хлеба объясняется хорошей реологией теста в этом варианте и как следствие высокое качество хлеба.

Таблица 2 - Оценка внешнего вида и мякиша хлеба, балл

| Показатели качества                            | Варианты замеса теста, оценка балл |   |   |                                    |
|--|------------------------------------|---|---|------------------------------------|
|  | Водопроводная вода                 | Дистиллированная вода   | ЭХА вода (анолит)   | ЭХА вода (католит)                 |
| Внешний вид хлеба: поверхность                 | гладкая, глянцевая – 5             | ровная, слегка шероховатая - 4  | гладкая, глянцевая - 5  | шероховатая, бугристая - 3         |
| форма и цвет корки                             | овальная, светло-коричневый - 4    | куполообразная, светло-коричневый - 4,5                                 | куполообразная, коричневый с румяным оттенком - 5                       | полуовальная, желто-золотистый - 3 |
| Характеристика мякиша: пористость эластичность | мелкая, ажурная, неравномерная - 4 | мелкая, ажурная, неравномерная - 4                                      | мелкая, ажурная, равномерная - 4,5                                      | мелкая, ажурная, неравномерная – 4 |
|  | мякиш мягкий, нежный - 4           | мякиш мягкий нежный, при нажатии легко восстанавливается первоначальная | мякиш мягкий, нежный при нажатии легко восстанавливается первоначальная | мякиш мягкий, нежный - 4           |

|                                  |   |   |               |                                       |
|----------------------------------|---|---|---------------|---------------------------------------|
| цвет мякиша                      |   | структура -5.                             | структура -5. |                                       |
|                                  | светлый<br>с желтоватым<br>оттенком – 4,5 | светлый<br>с желтоватым<br>оттенком – 4,5 | белый - 5     | белый<br>с желтоватым<br>оттенком - 5 |
| Общая<br>хлебопекарная<br>оценка | 4,3                                       | 4,4                                       | 4,9           | 3,8                                   |

Таблица 3 - Физико-химические показатели качества хлеба

| Наименование<br>показателя  | Варианты опыта        |                          |                    |                     |
|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------|---------------------|
|                             | Водопроводная<br>вода | Дистиллированная<br>вода | ЭХА вода<br>анолит | ЭХА вода<br>католит |
| Объем хлеба, мл.            | 500                   | 500                      | 640                | 460                 |
| Титруемая<br>кислотность °Н | 2,4                   | 2,8                      | 3,8                | 3,2                 |
| Пористость %                | 83,0                  | 82,7                     | 85,3               | 80,8                |

Таким образом, применением электрохимической активации воды можно регулировать качество теста и получать хлеб высокого качества.

#### ***Литература:***

1. Электрохимическая активация: история, состояние, перспективы / Бахир В.М. [и др.]; под ред. В.М. Бахира. Москва: ВНИИИМТ, 1999. 256 с.
2. Василенко И.И., Комаров В.И. Оценка качества зерна: справочник. Москва: Агропромиздат, 1987. 208 с.
3. Орлов Б.Ю., Степанова Е.Г., Зайцев А.С. Исследование реологических свойств пищевых материалов, обработанных методами электротехнологии // Альманах мировой науки. 2017. №2-1(17). С. 65-66.
4. Сокол Н.В., Курченко Н.Ю., Атрощенко Е.А. Применение электрохимически активированной воды для улучшения биохимических процессов в технологии хлебопечения // Итоги научно-исследовательской работы за 2017 год: сборник статей по материалам научно-практической конференции преподавателей. 2018. С. 365-366.
5. Злобина И.В., Дунаев С.А. Применение СВЧ-обработки в приготовлении мясных кулинарных изделий с использованием белков растительного происхождения // Вопросы электротехнологии. 2014. №2(3). С. 37.

#### ***Literature:***

1. Electrochemical activation: history, state, prospects / Bakhir V.M. [and etc.]; ed. by V.M. Bakhir. Moscow: ARSRIMT, 1999. 256 p.
2. Vasilenko I.I., Komarov V.I. Grain quality assessment: a reference book. Moscow: Agropromizdat, 1987. 208 p.
3. Orlov B.Yu., Stepanova E.G., Zaitsev A.S. Investigation of rheological properties of food materials processed by methods of electrical technology // Almanac of world science. 2017. No. 2-1 (17). P. 65-66.

4. Sokol N.V., Kurchenko N.Yu., Atroshchenko E.A. The use of electrochemically activated water to improve biochemical processes in baking technology // Results of the research work in 2017: a collection of articles on the materials of the Scientific-practical conference of teachers. 2018. P. 365-366.

5. Zlobina I.V., Dunaev S.A. The use of microwave processing in the preparation of meat culinary products using proteins of plant origin // Questions of electrotechnology. 2014. №2 (3). P. 37.