



Научная статья
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)
УДК664.665

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.04.016



ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА В ТЕХНОЛОГИИ АХЛОРИДНОГО ХЛЕБА

Светлана Сергеевна Кузьмина¹, Яков Григорьевич Стецов²,
Сергей Николаевич Цыганок³

^{1,2} Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

³ Бийский технологический институт (филиал) Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, Бийск, Россия

¹ svetlana.politeh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0302-867X>

² Stetsov-Y.G@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-6608-1127>

³ grey@bti.secna.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7832-3510>

Аннотация. В технологии хлебобулочных изделий соль является не только вкусовой добавкой, но и оказывает существенное влияние на биохимические и структурно-механические свойства теста. Исключение соли из рецептуры хлеба способствует снижению вязкости и эластичности теста, с одной стороны, и повышению бродильной активности микрофлоры теста, с другой стороны, что, в свою очередь, ухудшает качество хлеба. С целью нивелирования негативных последствий исключения соли из рецептуры ахлоридного хлеба применяли ультразвук. При проведении исследований осуществляли обработку ультразвуком воду, предназначенную для приготовления дрожжевой суспензии, и непосредственно дрожжевую суспензию.

Установлено, что с повышением продолжительности воздействия ультразвука происходит увеличение температуры как дрожжевой суспензии, так и воды. При обработке ультразвуком в течение 90 секунд температура как воды, так и дрожжевой суспензии, достигла 40 °С, что является критическим для роста и размножения дрожжевых клеток. Воздействие ультразвука в течение 30–60 секунд способствует биоактивации дрожжевой суспензии, в то время как ультразвуковая обработка воды, напротив, оказывает тормозящее, а в определенный период и негативное влияние на размножение дрожжевых клеток. Полученный ахлоридный хлеб, приготовленный с применением ультразвуковой обработки дрожжевой суспензии, обладает высокими показателями качества. Результирующим эффектом выступает значительное повышение пористости мякиша хлеба, в технологии которого применяли ультразвук по сравнению с контролем.

Ключевые слова: ультразвук, дрожжи хлебопекарные, температура среды, ахлоридный хлеб, показатели качества.

Для цитирования: Кузьмина С. С., Стецов Я. Г., Цыганок С. Н. Применение ультразвука в технологии ахлоридного хлеба // Ползуновский вестник. 2024. № 4. С. 106–110. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.04.016, EDN: <https://elibrary.ru/KBVITX>.

Original article

USE OF ULTRASOUND IN ACHLORIDE BREAD TECHNOLOGY

Svetlana S. Kuzmina¹, Yakov G. Stetsov², Sergey N. Tsyganok³

^{1,2} Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

³ Biysk Institute of Technology (branch) of the Polzunov Altai State Technical University, Biysk, Russia

¹ svetlana.politeh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0302-867X>

² Stetsov-Y.G@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-6608-1127>

³ grey@bti.secna.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7832-3510>

Abstract. In the technology of bakery products, salt is not only a flavor additive, but also has a significant effect on the biochemical and structural and mechanical properties of the dough. The exclusion of salt from the bread formulation helps to reduce the viscosity and elasticity of the dough, on the one hand, and increase the fermentation activity of the microflora of the dough, on the other hand, which in turn worsens the quality of bread.

© Кузьмина С. С., Стецов Я. Г., Цыганок С. Н., 2024

Ultrasound was used to neutralize the negative effects of salt exclusion from the formulation of a chloride bread. During the research, ultrasound treatment was performed on water intended for the preparation of yeast suspension, and directly on yeast suspension.

It was found that with an increase in the duration of exposure to ultrasound, the temperature of both the yeast suspension and the water increases. When treated with ultrasound for 90 seconds, the temperature of both water and yeast suspension reached 40°C, which is critical for the growth and reproduction of yeast cells. Exposure to ultrasound for 30-60 seconds contributes to the bioactivation of the yeast suspension, while ultrasonic water treatment, on the contrary, has a retarding and, in a certain period, a negative effect on the production of yeast cells. The resulting chloride bread, prepared using ultrasonic treatment of yeast suspension, has high quality indicators. The resulting effect is a significant increase in the porosity of the bread crumb, in the technology of which ultrasound was used, compared with the control.

Keywords: *ultrasound, baking yeast, ambient temperature, a chloride bread, quality indicators.*

For citation: Kuzmina, S.S., Stetsov, Y.G. & Tsyganok, S.N. (2024). Use of ultrasound in a chloride bread technology. *Polzunovskiy vestnik*. (4), 106-110. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2024.04.016. EDN: <https://elibrary.ru/KBVITX>.

ВВЕДЕНИЕ

Хлебобулочные изделия играют ведущую роль в питании практически всех социально-демографических слоев населения. На фоне широкого ассортимента хлебобулочных изделий отмечается недостаточное или полное отсутствие изделий, рекомендуемых для лечебно-профилактического питания. Преследуя цель укрепления здоровья и предупреждения возникновения алиментарных заболеваний, из повседневного питания человека исключаются компоненты пищи, негативно влияющие на биосинтез важных веществ [1].

В технологии хлебобулочных изделий соль является не только вкусовой добавкой, но и оказывает существенное влияние на биохимические и структурно-механические свойства теста. Исключение соли из рецептуры хлеба способствует снижению вязкости и эластичности теста, с одной стороны, и повышению бродильной активности микрофлоры теста, с другой стороны. В результате тестовые заготовки подовых изделий сильно расплываются на поду, а готовый хлеб имеет мякиш с крупной неравномерной пористостью и обладает бледно окрашенной коркой. Поиск технологического решения, позволяющего исключить пищевую соль из рецептуры изделия без потери его качества, является важным аспектом технологии ахлоридного хлеба [2].

В технологии ахлоридного хлеба с целью нивелирования негативных последствий исключения соли из рецептуры применяют разные технологические приемы, позволяющие сократить продолжительность брожения теста [3–6]:

- использование хлебопекарных улучшителей,
- применение подкисляющих добавок и сырьевых компонентов, таких как молочная сыворотка, сухая закваска;
- осуществление предварительной активации хлебопекарных дрожжей, позволяющей сократить технологический процесс;

- использование интенсивного замеса теста;

- введение в состав рецептуры изделий компонентов, позволяющих улучшить вкусоароматические характеристики изделий.

Компромиссное решение в поставленной задаче может заключаться в интенсификации процесса тестоприготовления, посредством применения ультразвука. Использование ультразвуковой обработки (уз-обработки) является не новым способом воздействия на дрожжевые клетки. Данный вид активации дрожжей периодически вызывает интерес ученых, результаты исследований которых доказывают целесообразность применения данной обработки в технологии хлеба [7–10]. Несмотря на это, данная тематика сохраняет свою актуальность.

Для изучения ультразвукового воздействия при приготовлении ахлоридного хлеба, в первую очередь, необходимо определиться с тем, на какой стадии будет максимально эффективно применение ультразвуковой обработки. В связи с этим, в представленной работе рассматривали влияние ультразвуковой обработки на воду, предназначенную для приготовления дрожжевой суспензии, и непосредственно на дрожжевую суспензию.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проведения исследований применяли аппарат ультразвуковой технологической серии «Волна» (модель УЗТА-0,4/22–ОМ) при интенсивности воздействия 16 Вт/см² (100 % излучение).

Облучению подвергали водопроводную воду и дрожжевую суспензию, приготовленную из 0,2 г дрожжей хлебопекарных прессованных вида *Saccharomyces cerevisiae*, 2 г сахара, 200 мл водопроводной воды. Использование сахара обусловлено необходимостью обеспечения питательной среды дрожжевым клеткам. Расчёты количества

дрожжевых клеток в суспензии проводили с помощью метода прямого подсчета с использованием камеры Горяева. Начальная температура воды и дрожжевой суспензии составила 24 °С.

Установление эффекта воздействия УЗ-обработки на качество ахлоридного хлеба осуществляли путем исследования органолептических и физико-химических показателей с использованием стандартных методик.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Температура среды оказывает существенное влияние на процесс культивирования дрожжевых клеток. Оптимальной для размножения дрожжей считается температура 30 °С. Доказано, что предельным температурным барьером для проявления бродильной активности дрожжей является температура 40 °С [11]. Результаты влияния ультразвука на среду представлено в таблице 1.

С увеличением продолжительности ультразвуковой обработки как воды, так и дрожжевой суспензии было отмечено постепенное повышение температуры. При продолжительности воздействия в течение 90 секунд температура как обрабатываемой воды, так и дрожжевой суспензии достигла 40 °С, что,

несомненно, связано с локальным высокоинтенсивным нагревом обрабатываемой среды вследствие воздействия ультразвука.

Таблица 1 – Влияние ультразвука на температуру среды

Table 1 – Effect of ultrasound on ambient temperature

Экспозиция уз-обработки	Температура воды/дрожжевой суспензии, °С	Прирост температуры, °С
0 секунд (контроль)	24	0
30 секунд	29	+5
60 секунд	36	+12
90 секунд	40	+16

Достижение суспензией температуры 40 °С является критическим для роста и размножения дрожжевых клеток, что исключает дальнейшее увеличение продолжительности УЗ-обработки.

Исследование влияния ультразвуковой обработки воды / дрожжевой суспензии на динамику роста биомассы дрожжей проводили в течение 150 минут, что соответствует продолжительности брожения теста при безопарном способе приготовления. Результаты исследования представлены на рисунках 1–2.

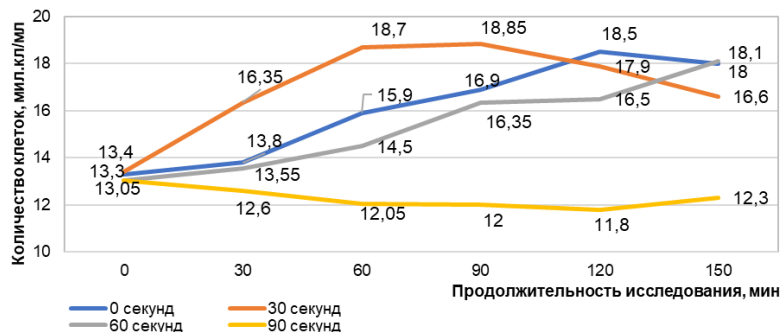


Рисунок 1 - Влияние УЗ-обработки **дрожжевой суспензии** на динамику роста биомассы дрожжей

Figure 1 – The effect of ultrasonic treatment of **yeast suspension** on the dynamics of yeast biomass growth

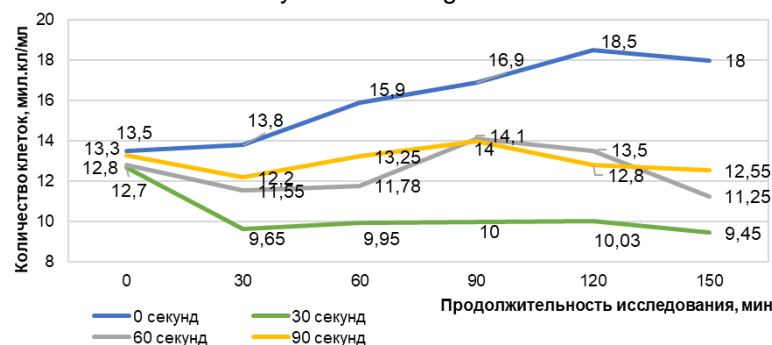


Рисунок 2 – Влияние УЗ-обработки **воды** на динамику роста биомассы дрожжей

Figure 2 – The effect of ultrasonic **water** treatment on the dynamics of yeast biomass growth

Из представленных графиков можно

сделать вывод о том, какую продолжитель-

ность роста биомассы имеют все представленные образцы. Так, у контрольного образца рост биомассы наблюдался в течение 120 минут исследования.

При обработке **дрожжевой суспензии** в течение 30 секунд наращивание биомассы происходило в течение 60 минут, с выходом на плато и через 90 минут исследования наступает фаза отмирания клеток.

Воздействие ультразвука на дрожжевую суспензию в течение 60 секунд оказало положительное влияние на динамику роста биомассы дрожжей, эффект от которого наблюдался на протяжении всего периода исследования.

Обработка дрожжевой суспензии в течение 90 секунд негативно повлияла на дрожжевые клетки, остановив их рост.

Обработка **воды** ультразвуком не способствовала активации процесса размножения дрожжей.

Приготовление ахлоридного хлеба из пшеничной муки высшего сорта осуществляли по традиционной рецептуре, из состава которой исключили соль пищевую. Для проведения экспериментальных исследований готовили следующие образцы хлеба:

- контроль – без использования ультразвука;

- образец 1 – обработка ультразвуком **дрожжевой суспензии** в течение 30 секунд;

- образец 2 – обработка ультразвуком **дрожжевой суспензии** в течение 60 секунд;

Продолжительность безопасного тестоприготовления **образца 1** и **образца 2** составила 90 минут, в то время, как приготовление теста для контроля – 120 минут.

Таблица 2 – Влияние ультразвука на качество ахлоридного хлеба

Table 2 – The effect of ultrasound on the quality of achloride bread

Наименование показателя	Контроль	Образцы хлеба	
		1	2
Влажность мякиша, %	41,6	41,8	42,0
Кислотность мякиша, град	2,4	2,6	2,6
Пористость мякиша, %	75	84	82
Удельный объем, см ³ /г	3,64	4,62	4,28
Формоустойчивость, Н/D	0,78	0,73	0,70

Все выпеченные образцы хлеба имели правильную форму, соответствующую хлебопекарной форме. Мякиш хлеба имел равномерный окрас. Эластичность мякиша всех образцов была хорошая, липкость отсутствовала.

Пористость у всех образцов хлеба была средняя, равномерная, тонкостенная. Хруст во всех образцах отсутствовал, как и комкуемость при разжевывании. Хлеб обладал вкусом и запахом, свойственными хлебу пшеничному без постороннего запаха и привкуса.

Влияние ультразвука на качество ахлоридного хлеба представлено в таблице 2.

Полученные результаты подтверждают сделанные ранее выводы, а именно: ультразвуковое воздействие на дрожжевую суспензию приводит к повышению качества хлеба. Резльтирующим эффектом выступает значительное повышение пористости мякиша хлеба, в технологии которого применяли ультразвук (**образец 1** и **образец 2**), по сравнению с контролем.

ВЫВОДЫ

Резюмируя представленные результаты, можно заключить, что воздействие ультразвука в течение 30–60 секунд способствует биоактивации дрожжевой суспензии, в то время как ультразвуковая обработка воды, напротив, оказывает тормозящее, а в определенный период и негативное влияние на размножение дрожжей.

Полученный ахлоридный хлеб обладает высокими показателями качества, при этом использование ультразвука способствовало их повышению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Резниченко И.Ю., Акопян Г.С. Использование биоактивных пептидов для обеспечения качества и хранимоспособности хлеба // Ползуновский вестник. 2023. № 1. С. 75–83. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.010. EDN: <https://elibrary.ru/YYMDDUE>.
2. Хлебные палочки повышенной пищевой ценности для ахлоридного питания / Е.И. Пономарева [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2018. Т. 48. № 1. С. 114–124. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-114-124.
3. Хохолова А.А., Лыбенко Е.С. Влияние соли с низким содержанием натрия на показатели качества батона нарезного // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2022. № 4. С. 16–22. DOI: 10.24412/2311-6447-2022-4-16-22.
4. Садыгова М.К., Иватова О.Ю., Абушаева А.Р., Турсунбаева Ш.А. Разработка рецептуры булочки «Радость» для ахлоридного питания // Вестник ВСГУ-ТУ. 2023. № 4 (91). С. 14–24. DOI: 10.53980/24131997_2023_4_14.
5. Сафина Д.Р., Халимов М.Н., Турсунов Ф.Р., Решетник О.А. Способы повышения бродильной активности хлебопекарных дрожжей // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2019. № 1. С. 94–119.
6. Кузнецова Т.А., Иванченко О.Б. Морфометрическое исследование клеток дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* как метод оценки их физиологического состояния // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Про-

цессы и аппараты пищевых производств». 2020. № 1. С. 39–46. DOI: 10.17586/2310-1164-2020-10-1-39-46.

7. Панкина И.А., Черникова Д.А. Исследование влияния ультразвуковой обработки водных суспензий на физиологическую активность хлебопекарных дрожжей // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2019. Т. 8, № 3(47). С. 152–157.

8. Карпенко Д.В. (2020). Определение рациональных параметров акустической обработки с целью активации пивных дрожжей // *Health, Food & Biotechnology*, 2(1). <https://doi.org/10.36107/hfb.2020.i1.s290>.

9. Лукина О.В., Лукина Д.В. Анализ способов и технических средств, предназначенных для активации хлебопекарных дрожжей // Вестник Курганской ГСХА. 2013. № 4. С. 82–84.

10. Красникова Е.С., Красников А.В., Бабушкин В.А., Моргунова Н.Л. Влияние низкочастотной ультразвуковой кавитации на активизацию пекарских дрожжей // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания. 2021. № 3. С. 108–114. DOI 10.24412/2311-6447-2021-3-108-114.

11. Пономарева О.И., Черныш В.Г., Борисов Е.В. Влияние условий культивирования на выход и качество хлебопекарных дрожжей // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2011. № 2(12).

REFERENCES

1. Reznichenko, I.Yu. & Akopyan, G.S. (2023). Use of bioactive peptides to ensure the quality and storage of bread. *Polzunovskiy vestnik*. (1). 75-83. (In Russ.). DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.010. EDN: <https://elibrary.ru/YYMDUE>.

2. Ponomareva, E.I., Krivosheev, A.Y., Lukina, S.I. [et al.]. (2018). Breadsticks with Enhanced Nutritional Value for Salt-free Nutrition. *Food Processing: Techniques and Technology*. Vol. 48. No. 1. pp. 114-124. (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-114-124.

3. Klopov, A.A. & Lybenko, E.S. (2022) The effect of salt with a low sodium content on the quality indicators of a sliced loaf. *Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex - products of healthy nutrition*. № 4. С. 16-22. (In Russ.). DOI: 10.24412/2311-6447-2022-4-16-22.

4. Sadygova, M.K., Ivatova, O.Yu., Abushaeva, A.R. & Tursunbaeva, Sh.A. (2023). Recipe development of bun «RADOST» for a chloride nutrition. *ESSUTM Bulletin*. № 4 (91). С. 14-24. (In Russ.). DOI: 10.53980/24131997_2023_4_14.

5. Safina, D.R., Halimov, M.N., Tursunov, F.R. & Reshetnik, O.A. (2019). Ways to improve a fermentation activity bakery yeast. *International journal of applied sciences and technology «INTEGRAL»*. № 1. С. 94-119. (In Russ.).

6. Kuznetsova, T.A. & Ivanchenko, O.B. (2020). Morphometric study of *Saccharomyces cerevisiae* yeast cells as a method for evaluating their physiological state // *Scientific journal of the ITMO Research Institute. The*

series «Processes and devices of food production». No. 1. С. 39-46. (In Russ.). DOI: 10.17586/2310-1164-2020-10-1-39-46.

7. Pankina, I.A. & Chernikova, D.A. (2019). Investigation of the effect of ultrasonic treatment of aqueous suspension on the physiological activity of baking yeast. *XXI century: results of the past and problems of the present plus*. Vol. 8. No. 3(47). pp. 152-157. (In Russ.).

8. Karpenko, D.V. (2020). Determination of Rational Parameters of Acoustic Processing in order to Activate Brewer's Yeast. *Health, Food & Biotechnology*. 2(1). (In Russ.). <https://doi.org/10.36107/hfb.2020.i1.s290>.

9. Lukina, O.V. & Lukina, D.V. (2013). Analysis of ways and technical means intended for activation of baking yeast. *Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy*. No. 4. С. 82-84. (In Russ.).

10. Krasnikova, E.S., Krasnikov, A.V., Babushkin, V.A. & Morgunova, N.L. (2021). The influence of low-frequency ultrasonic cavitation on the bakery yeast activation. *Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex-healthy food products*. No. 3. С. 108-114. (In Russ.). DOI 10.24412/2311-6447-2021-3-108-114.

11. Ponomareva, O.I., Chernysh, V.G. & Borisov, E.V. (2011). Influence of cultivation conditions on the yield and quality of baking yeast. *Scientific Journal of ITMO Research Institute. The series «Processes and devices of food production»*. No. 2 (12). (In Russ.).

Информация об авторах

С. С. Кузьмина – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология хранения и переработки зерна» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

Я. Г. Стецов – аспирант кафедры «Технология хранения и переработки зерна» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

С. Н. Цыганок – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Методы и средства измерений и автоматизации» БТИ (филиала) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

Information about the authors

S.S. Kuzmina - Ph.D. of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Grain Storage and Processing Technology, Polzunov Altai State Technical University.

Y.G. Stetsov - graduate student of the Department of Grain Storage and Processing Technology, Polzunov Altai State Technical University.

S.N. Tsyganok - Ph.D. of Engineering Sciences, Associate Professor, Department of Methods and Means of Measurement and Automation, Biysk Technological Institute of Polzunov Altai State Technical University.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 22 марта 2024; одобрена после рецензирования 20 ноября 2024; принята к публикации 04 декабря 2024.

The article was received by the editorial board on 22 Mar 2024; approved after editing on 20 Nov 2024; accepted for publication on 04 Dec 2024.