

Влияние ультразвука на пивоваренные дрожжи

Олеся Ю. Калужина	¹	216322705@mail.ru
Кристина С. Яковлева	¹	kriss.yakovleva.28@mail.ru
Резеда А. Кашапова	¹	r.kashapova96@mail.ru
Евгений Н. Черненко	¹	chernenkov.1990@mail.ru
Альфия А. Черненко	¹	timasheva-1991@mail.ru
Александр Ю. Бодров	¹	bodrovAu@mail.ru

¹ Башкирский государственный аграрный университет, 50-летия Октября, 34, г. Уфа, 450005, Россия

Аннотация. Важной задачей производства пива является повышение физиологической активности дрожжей с целью интенсификации процесса брожения. Для исследования были выбраны сухие пивные дрожжи верхового брожения *Saccharomyces cerevisiae*, Fermentis, Safale T-58, France. Рассмотрен способ активации пивных дрожжей ультразвуком с частотой колебания 44 кГц. Ультразвуковые технологии позволяют резко интенсифицировать технологический процесс и повысить качество готовых изделий. Исследования проводились в лаборатории Башкирского государственного аграрного университета на приборе ультразвуковой обработки VGT-800. Для исследования готовили дрожжевую суспензию, которую помещали в ультразвуковую установку и подвергали ультразвуковому воздействию при частоте колебаний 44 кГц. В процессе воздействия каждую минуту с 1 по 20, и 25, 30, 35 мин измеряли температуру и изучали выживаемость клеток дрожжей по проценту мертвых клеток. Установили, что при воздействии ультразвука идет нагрев среды на 1 °C в 1 мин и к 40-й мин обработки среда достигает температуры 57 °C. Изучали процент мертвых клеток в обработанной среде. Одновременно из каждого образца выводили чистую культуру путем высева на сусло-агар для проведения дальнейших исследований по сохранности приобретенных свойств. Дрожжи, обработанные ультразвуком, служили в качестве засевных на этапе сбраживания пивного сула. Брожение проводили при температуре 22 °C. В процессе брожения контролировали морфологические признаки дрожжей: общее количество клеток, количество почкующихся клеток, клеток с гликогеном. При сбраживании пивного сула бродительная активность увеличилась на 36% в опыте 2 при обработке засевных дрожжей ультразвуком в течение 2 мин. Остальные образцы незначительно отличались от контроля первые 72 ч брожения и теряли бродительную активность после 80 ч брожения. Физико-химические показатели готовых образцов пива были изучены на приборе «Колос-2».

Ключевые слова: дрожжи, ультразвук, брожение, пиво

The effect of ultrasound on brewing yeast

Olesya Yu. Kaluzhina	¹	216322705@mail.ru
Kristina S. Yakovleva	¹	kriss.yakovleva.28@mail.ru
Reseda A. Kashapova	¹	r.kashapova96@mail.ru
Evgeny N. Chernenkov	¹	chernenkov.1990@mail.ru
Alfiya A. Chernenkova	¹	timasheva-1991@mail.ru
Alexander Yu. Bodrov	¹	bodrovAu@mail.ru

¹ Bashkir State Agrarian University, 50th Anniversary of October, 34, Ufa, 450005, Russia

Abstract. An important task of beer production is to increase the physiological activity of yeast to intensify the fermentation process. Dry top-fermented brewer's yeast *Saccharomyces cerevisiae*, Fermentis, Safale T-58, France were selected for the investigation. The method of activation of brewer's yeast by ultrasound with a vibration frequency of 44 kHz was studied in the work. Ultrasonic technologies can dramatically intensify the process and improve the finished products quality. The studies were carried out in the laboratory of the Bashkir State Agrarian University on the ultrasonic processing device VGT-800. A yeast suspension was prepared for the study. It was placed in the ultrasonic device and subjected to ultrasonic treatment at a vibration frequency of 44 kHz. During exposure, the temperature was measured every minute from 1 to 20, and 25, 30, 35 min, and the yeast cells survival by the dead cells percentage was studied. It was found out that under the influence of ultrasound, heating of the medium at 1 °C for 1 min takes place, and the medium reaches the temperature of 57 °C by the 40th min of treatment. The percentage of dead cells in the treated medium was also studied. At the same time, a pure culture was selected from each sample by plating on wort agar for further research on the safety of acquired properties. Ultrasound-treated yeast served as inoculum at the fermentation stage of beer wort. Fermentation was carried out at a temperature of 22 °C. Morphological characteristics of yeast were monitored during fermentation: the total number of cells, the number of budding cells, cells with glycogen. When fermenting beer wort, the fermentation activity increased by 36% in experiment 2 during the treatment of sowing yeast with ultrasound for 2 min. The remaining samples differed slightly from the control during the first 72 hours of fermentation and lost their fermentation activity after 80 hours of fermentation. The physicochemical parameters of the finished beer samples were studied on the "Kolos-2" device.

Keywords: yeast, ultrasound, fermentation, beer.

Для цитирования

Калужина О.Ю., Яковлева К.С., Кашапова Р.А., Черненко Е.Н., Черненко А.А., Бодров А.Ю. Влияние ультразвука на пивоваренные дрожжи // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 103–109. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-103-109

For citation

Kaluzhina O.Yu., Yakovleva K.S., Kashapova R.A., Chernenkov E.N., Chernenkova A.A., Bodrov A.Yu. The effect of ultrasound on brewing yeast. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 103–109. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-103-109

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Дрожжи являются удобным объектом для исследования. Основными требованиями к дрожжам в бродильной промышленности является высокая бродильная активность, скорость размножения и глубокая степень сбраживания. Одной из важных задач производства пива – повышение физиологической активности дрожжей с целью сокращения сроков брожения.

Активирование дрожжей перед введением в сусло осуществляется двумя методами: физическим и химическим. *Химическая активация дрожжей*, включает использование антимикробных препаратов, ферментных препаратов, специальных подкормок для дрожжей, минеральных веществ (Zn, Fe, Cu, Se), витаминов. *Физическая активация дрожжей* включает: воздействие температурой, оптическое излучение, ультрафиолет, магнитное поле, постоянный электрический ток, электромагнитное поле, электролиз, гидроионизацию, аэроионизацию, комплексную электронно-ионную обработку, ультразвук [1–3, 6–8].

Ультразвук – это звуковые волны, имеющие частоту выше 20 000 Гц. Частота ультразвуковых колебаний, применяемых в промышленности и биологии, чаще всего лежит в диапазоне от нескольких десятков кГц до единиц МГц.

Ультразвук обладает широким спектром действия на микроорганизмы: от стимулирующего до дезинтегрирующего. Дезинтеграция клеток дрожжей ультразвуком способствует выходу в экстракт биологически активных

веществ [4]. Применение ультразвуковых установок на пивоваренных заводах позволяет значительно сократить расход хмеля. Кроме всего прочего пастеризацию пива и соков можно также выполнять с использованием ультразвука – как один из видов холодной пастеризации [5, 9–12].

Материалы и методы

Для исследования были выбраны сухие пивные дрожжи верхового брожения *Saccharomyces cerevisiae*, Fermentis, Safale T-58, France.

На первоначальном этапе исследования 1 г сухих дрожжей разводили в 200 мл лабораторного сусла, приготовленного по стандартной технологии. Выдерживали 30 мин при температуре 20 °С. Количество живых клеток составило 1×10^6 /1 мл. Полученную дрожжевую суспензию помещали в ультразвуковую установку и подвергали ультразвуковому воздействию при частоте колебаний 44 кГц. В процессе воздействия каждую минуту с 1 по 20, и 25, 30, 35 мин измеряли температуру и изучали выживаемость клеток дрожжей по проценту мертвых клеток. Одновременно из каждого образца выводили чистую культуру путем посева на сусло-агар.

Обработку после 20 мин проводили с шагом в 5 мин, так как температура среды превысила 37 °С.

Результаты

В полученных образцах проводили замер температуры каждую минуту (таблица 1).

Из таблицы 1 видно, что при воздействии ультразвука идет нагрев среды на 1 °С в 1 мин, и к 40-й мин обработки среда достигает температуры 57 °С. Изучали процент мертвых клеток в обработанной среде (рисунок 1).

Таблица 1.
Влияние продолжительности воздействия ультразвука (УЗ) на температуру дрожжевой суспензии

Table 1.
The effect of the duration of exposure to ultrasound (US) on the temperature of the yeast suspension

Продолжительность воздействия УЗ, мин Duration of exposure US, minutes	Температура, °С Temperature, °С	Продолжительность воздействия УЗ, мин Duration of exposure US, minutes	Температура, °С Temperature, °С
1	18	12	29
2	19	13	30
3	20	14	31
4	21	15	32
5	22	16	33
6	23	17	34
7	24	18	35
8	25	19	36
9	26	20	37
10	27	30	47
11	28	40	57

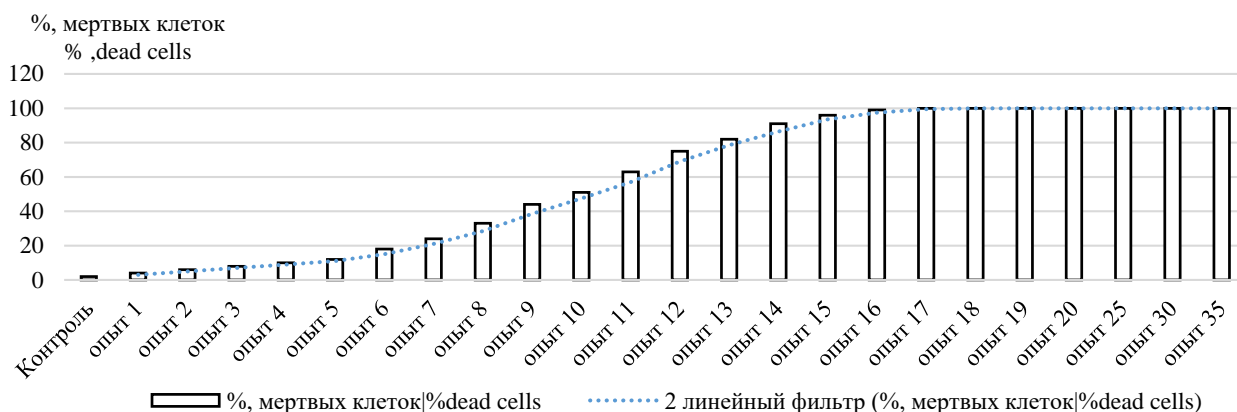


Рисунок 1. Влияние продолжительности ультразвукового воздействия на выживаемость дрожжей

Figure 1. Effect of duration of ultrasonic exposure on yeast survival

В результате проведенного эксперимента установлено, что начиная с 5-й мин обработки процент мертвых клеток превышает допустимые нормы. Для стадии выращивания дрожжей процент мертвых клеток не должен превышать 10%.

Дрожжи, обработанные ультразвуком в течение 1-10 мин (опыт 1–10), служили в качестве засевных на этапе сбраживания пивного сусла. Брожение проводили при температуре 22 °С. В процессе брожения контролировали убыль CO₂ весовым методом (рисунок 2) и изучали морфологические признаки дрожжей: общее количество клеток, количество почкующихся клеток, клеток с гликогеном (рисунки 3–5).

При сбраживании пивного сусла бро- дильная активность увеличилась на 36%

в опыте 2 при обработке засевных дрожжей ультразвуком в течение 2 мин. Остальные образцы незначительно отличались от контроля первые 72 ч брожения и теряли бро- дильную активность после 80 ч брожения.

Ультразвуковая обработка дрожжей в течение 2 мин способствует максимальному приросту биомассы, почкующихся клеток и клеток с гликогеном.

Массовую долю этилового спирта, массо- вую долю экстракта, экстрактивность начального сусла в готовых образцах пива изучали на анали- заторе спиртосодержащих напитков «Колос-2» (таблица 2).

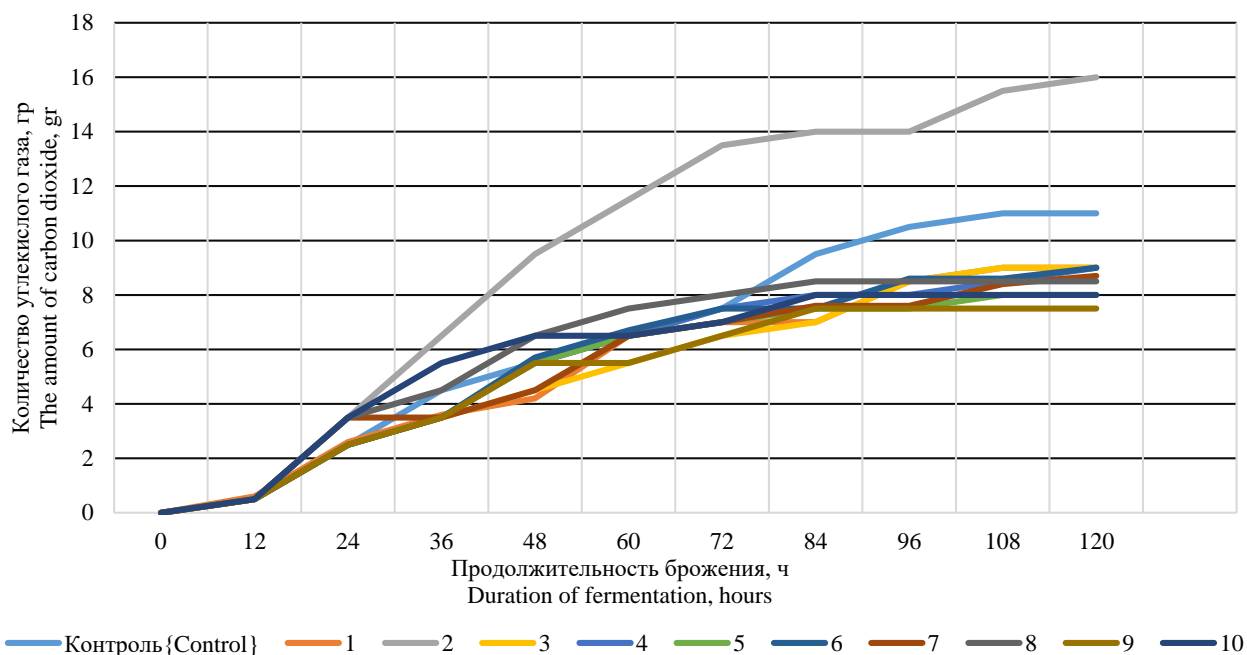


Рисунок 2. Изменение бро- дильной активности дрожжей в процессе сбраживания пивного сусла дрожжами, обработанными ультразвуком

Figure 2. Change in the fermentative activity of yeast during fermentation of beer wort with ultrasound-treated yeast

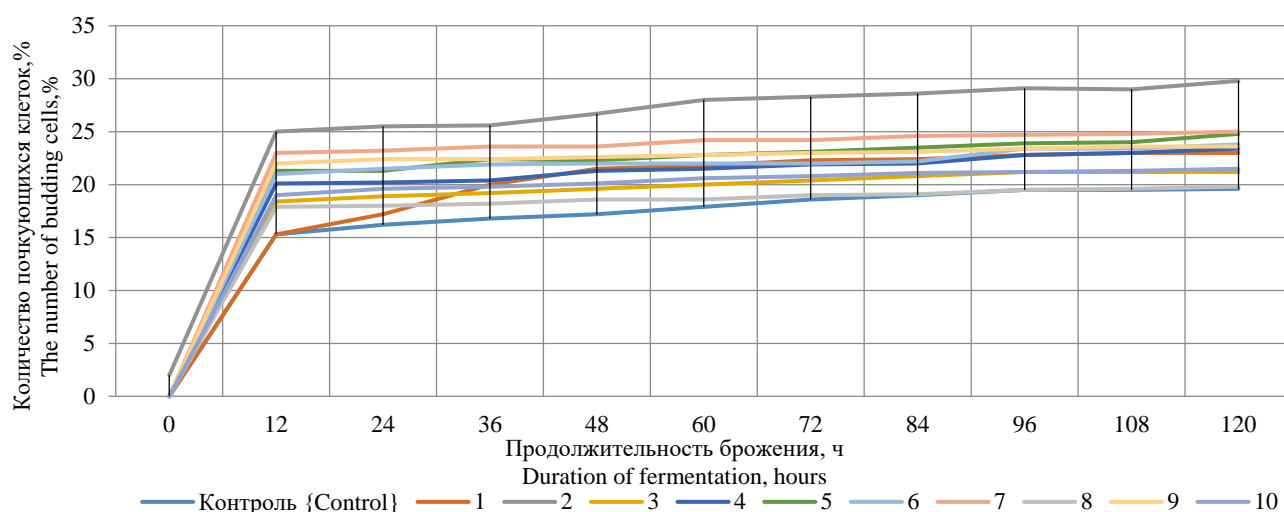


Рисунок 3. Изменение количества почкующихся клеток в процессе сбраживания пивного сусла дрожжами, обработанными ультразвуком

Figure 3. Change in the number of budding cells during fermentation of beer wort with ultrasound-treated yeast

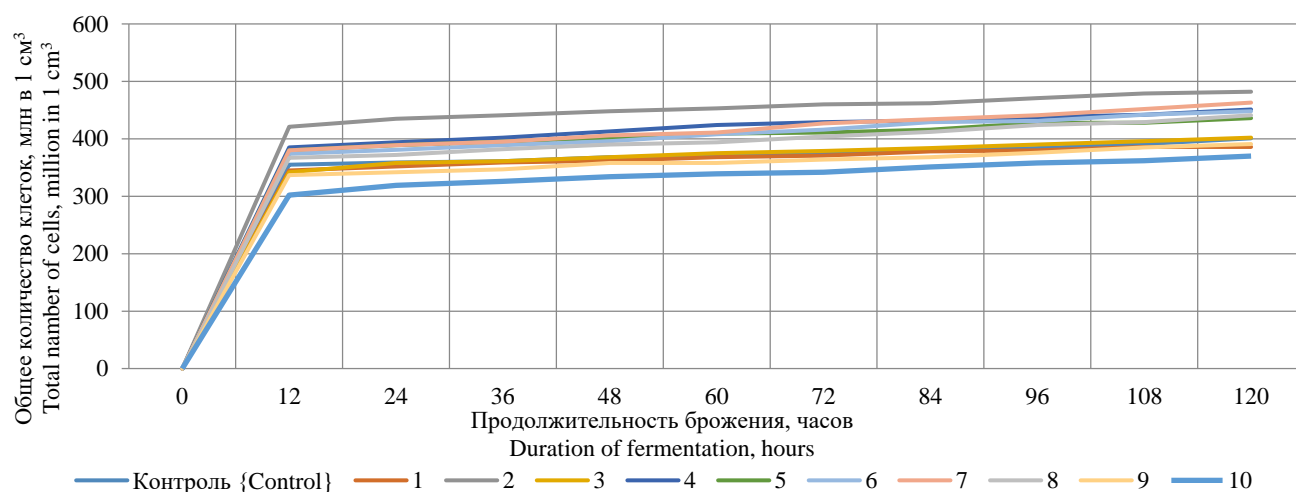


Рисунок 4. Изменение общего количества клеток в процессе сбраживания пивного сусла дрожжами, обработанными ультразвуком

Figure 4. Change in the total number of cells during the fermentation of beer wort by ultrasound-treated yeast

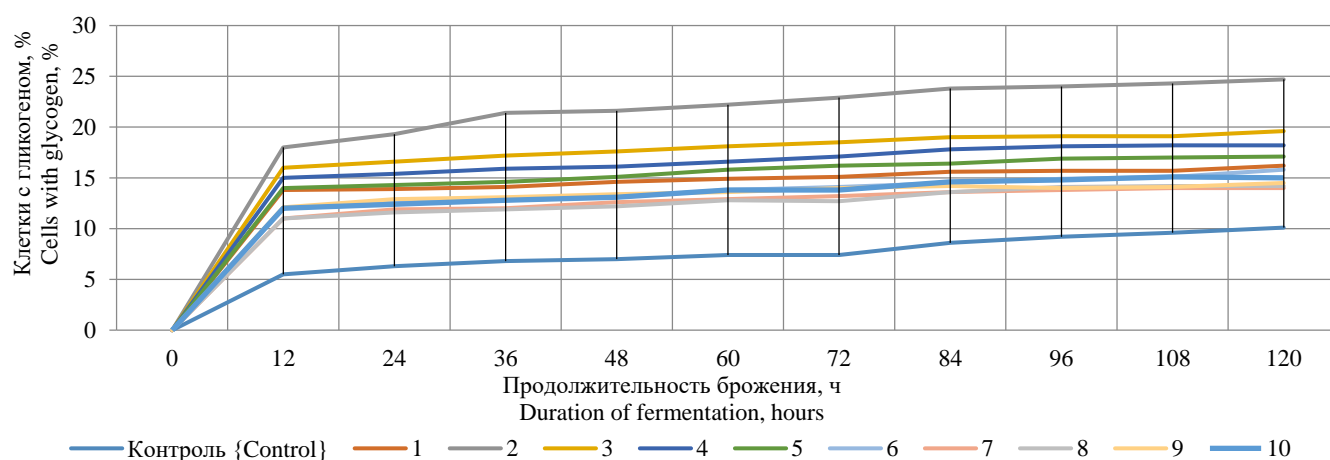


Рисунок 5. Изменение количества клеток с гликогеном в процессе сбраживания пивного сусла дрожжами, обработанными ультразвуком

Figure 5. Change in the number of cells with glycogen during the fermentation of beer wort with ultrasound-treated yeast

Таблица 2.

Физико-химические показатели готовых образцов пива

Table 2.

Physico-chemical characteristics of finished beer samples

Образец Sample	Температура Temperature	Спирт, % Alcohol, %	Экстракт, % Extract, %	Плотность Density	Спирт, об% Alcohol, vol%	ЭНС ENS	Дейст. ст. сбраж. Deyst. st. brazh
Контроль Control	21	3,29	7,35	1,0214	4,26	13,7	46,2
1	21	3,30	7,35	1,0206	4,27	12,8	46,3
2	21	3,60	7,35	1,0205	4,31	12,8	46,9
3	21	3,28	7,36	1,0220	4,24	13,6	46,1
4	21	3,17	7,35	1,0207	4,14	12,8	46,0
5	21	2,95	7,35	1,0164	3,92	13,7	45,7
6	21	2,86	7,35	1,0220	3,83	13,6	45,1
7	21	2,83	7,35	1,0222	3,80	13,6	44,9
8	21	2,11	7,36	1,0023	3,07	13,7	43,9
9	21	2,02	7,35	1,0221	3,00	13,5	42,7
10	21	1,98	7,35	1,0218	2,96	13,2	41,5

Одновременно из каждого образца выводили чистую культуру путем посева на сусл-агар. На рисунках 6, 7 представлены результаты

контрольного и опытного образца с использованием дрожжей, обработанных ультразвуком в течение 2 мин.



Рисунок 6. Контрольный образец засевных дрожже
Figure 6. Control sample of seed yeast



Рисунок 7. Образец 2 засевных дрожжей
Figure 7. Sample 2 seed yeast

Закключение

В результате проведенных исследований установлено, что содержание мертвых клеток в образцах, обработанных ультразвуком, достигает 100% на 17-й мин воздействия ультразвука, а температура к 40-й мин обработки достигает 57 °С. Таким образом, проводить обработку более 5 мин нецелесообразно. В результате проведенных исследований становлено, что ультразвуковая обработка дрожжей в течение

2 мин способствует максимальному приросту биомассы, почкующихся клеток и клеток с гликогеном и улучшает органолептические и физико-химические показатели готового пива.

Благодарности

Исследования проведены на приборе ультразвуковой обработки модели VGT-800, а также на приборе «Колос-2» в лаборатории Башкирского государственного аграрного университета.

Литература

- 1 Павлов А.А., Помозова В.А., Пермякова Л.В., Верещагин А.Л. Активация пивных дрожжей смесью органических кислот // Научное обозрение. Технические науки. 2014. № 2. С. 96.
- 2 Паньковский Г.А. Активация пивных дрожжей // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. 2003. № 4. С. 1455.
- 3 Маслова О.В., Харламова Т.А., Малофеева Л.С. Применение электрохимических методов в пищевой промышленности // Хранение и переработка сельхозсырья. 2007. № 10. С. 28–32.
- 4 Янкевич С.В., Афанасьев В.А., Иритков С.А. Холодная пастеризация жидкостей высокоинтенсивным ультразвуком // Динамика нелинейных дискретных электротехнических и электронных систем: материалы XIII всероссийской научно-технической конференции. 2019. С. 418–422.

- 5 Кретов И.Т., Шахов С.В., Потапов А.И., Попов С.Е. и др. Ультразвуковой мембранный элемент для отделения жидкой фракции от пивных дрожжей // *Техника и оборудование для села*. 2009. № 3. С. 30–31.
- 6 Косминский Г.И., Моргунова Е.М. Особенности сбраживания пивного сусла многоштаммовыми комбинациями дрожжей // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2005. № 1 (284). С. 53–55.
- 7 Павлов А.А., Помозова В.А., Пермякова Л.В., Верещагин А.Л. Активация пивных дрожжей смесью органических кислот // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 127.
- 8 Гарькина П.К., Блинохватов А.А., Шабурова Г.В. Жизнедеятельность дрожжей при сбраживании пивного сусла с применением экструдированного зерна // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2019. Т. 8. № 3 (47). С. 171–176.
- 9 Глущенко Н.А. О некоторых эффектах влияния электронно-ионной обработки на дрожжевые микроорганизмы // *Вестник Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого*. 2013. № 71–2. С. 36–40.
- 10 Гернет М.В., Борисенко О.А., Грибкова И.Н. Комплексный активатор брожения в технологии пива // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2019. Т. 8. № 3 (47). С. 134–138.
- 11 Al Daccache M., Koubaa M., Salameh D., Maroun R.G. et al. Ultrasound-assisted fermentation for cider production from Lebanese apples // *Ultrasonics Sonochemistry*. 2020. V. 63. P. 104952.
- 12 Huang G., Chen S., Tang Y., Dai C. et al. Stimulation of low intensity ultrasound on fermentation of skim milk medium for yield of yoghurt peptides by *Lactobacillus paracasei* // *Ultrasonics sonochemistry*. 2019. V. 51. P. 315–324.

References

- 1 Pavlov A.A., Pomozova V.A., Permyakova L.V., Vereshchagin A.L. Activation of brewer's yeast with a mixture of organic acids. *Scientific Review. Technical science*. 2014. no. 2. pp. 96. (in Russian).
- 2 Pankovsky G.A. Activation of brewer's yeast. *Food and processing industry. Abstract journal*. 2003. no. 4. pp. 1455. (in Russian).
- 3 Maslova O.V., Kharlamova T.A., Malofeeva L.S. The use of electrochemical methods in the food industry. *Storage and processing of agricultural raw materials*. 2007. no. 10. pp. 28–32. (in Russian).
- 4 Yankevich S.V., Afanasyev V.A., Iritkov S.A. Cold pasteurization of liquids by high-intensity ultrasound. *Dynamics of nonlinear discrete electrical and electronic systems: materials of the XIII All-Russian Scientific and Technical Conference*. 2019. pp. 418–422. (in Russian).
- 5 Kretov I.T., Shakhov S.V., Potapov A.I., Popov S.E. et al. Ultrasonic membrane element for separating the liquid fraction from brewer's yeast. *Machinery and equipment for the village*. 2009. no. 3. pp. 30–31. (in Russian).
- 6 Kosminsky G.I., Morgunova E.M. Features of fermentation of beer wort by multi-stemmed yeast combinations. *Izvestiya vysshevykh uchebnykh zavedeniy. Food technology*. 2015. no. 1 (284). pp. 53–55. (in Russian).
- 7 Pavlov A.A., Pomozova V.A., Permyakova L.V., Vereshchagin A.L. Activation of brewer's yeast with a mixture of organic acids. *Modern problems of science and education*. 2013. no. 5. pp. 127. (in Russian).
- 8 Garkina P.K., Blinokhvatov A.A., Shaburova G.V. Vital activity of yeast during fermentation of beer wort using extruded grain. *XXI century: results of the past and problems of the present plus*. 2019. vol. 8. no. 3 (47). pp. 171–176. (in Russian).
- 9 Glushchenko N.A. About some effects of the influence of electron-ion processing on yeast microorganisms. *Bulletin of Yaroslav the Wise Novgorod State University*. 2013. no. 71–2. pp. 36–40. (in Russian).
- 10 Gernet M.V., Borisenko O.A., Gribkova I.N. Complex activator of fermentation in beer technology. *XXI century: results of the past and problems of the present plus*. 2019. vol. 8. no. 3 (47). pp. 134–138. (in Russian).
- 11 Al Daccache M., Koubaa M., Salameh D., Maroun R.G. et al. Ultrasound-assisted fermentation for cider production from Lebanese apples. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2020. vol. 63. pp. 104952.
- 12 Huang G., Chen S., Tang Y., Dai C. et al. Stimulation of low intensity ultrasound on fermentation of skim milk medium for yield of yoghurt peptides by *Lactobacillus paracasei*. *Ultrasonics sonochemistry*. 2019. vol. 51. pp. 315–324.

Сведения об авторах

Олеся Ю. Калужина к.т.н., доцент, кафедра технологии общественного питания и переработки растительного сырья, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, 216322705@mail.ru

Кристина С. Яковлева магистр, кафедра технологии общественного питания и переработки растительного сырья, Башкирский государственный аграрный университет, 50-летия Октября, 34, г. Уфа, 450005, Россия, kriss.yakovleva.28@mail.ru

Резеда А. Кашапова магистр, кафедра технологии общественного питания и переработки растительного сырья, Башкирский государственный аграрный университет, 50-летия Октября, 34, г. Уфа, 450005, Россия, r.kashapova96@mail.ru

Евгений Н. Черненко к.с.-х.н., доцент, кафедра технологии общественного питания и переработки растительного сырья, Башкирский государственный аграрный университет, 50-летия Октября, 34, г. Уфа, 450005, Россия, chernenkov.1990@mail.ru

Information about authors

Olesya Yu. Kaluzhina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, catering and plant raw materials technologies department, Bashkir State Agrarian University, 50th Anniversary of October, 34, Ufa, 450005, Russia, 216322705@mail.ru

Kristina S. Yakovleva master student, catering and plant raw materials technologies department, Bashkir State Agrarian University, 50th Anniversary of October, 34, Ufa, 450005, Russia, kriss.yakovleva.28@mail.ru

Reseda A. Kashapova master student, catering and plant raw materials technologies department, Bashkir State Agrarian University, 50th Anniversary of October, 34, Ufa, 450005, Russia, r.kashapova96@mail.ru

Evgeny N. Chernenkov Cand. Sci. (Agric.), associate professor, catering and plant raw materials technologies department, Bashkir State Agrarian University, 50th Anniversary of October, 34, Ufa, 450005, Russia, chernenkov.1990@mail.ru

Альфия А. Черненко ст. преподаватель, кафедра технологии общественного питания и переработки растительного сырья, Башкирский государственный аграрный университет, 50-летия Октября, 34, г. Уфа, 450005, Россия, timasheva-1991@mail.ru

Александр Ю. Бодров ст. преподаватель, кафедра технологии общественного питания и переработки растительного сырья, Башкирский государственный аграрный университет, 50-летия Октября, 34, г. Уфа, 450005, Россия, bodrovAu@mail.ru

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Alfiya A. Chernenkova senior lecturer, catering and plant raw materials technologies department, Bashkir State Agrarian University, 50th Anniversary of October, 34, Ufa, 450005, Russia, timasheva-1991@mail.ru

Alexander Yu. Bodrov senior lecturer, catering and plant raw materials technologies department, Bashkir State Agrarian University, 50th Anniversary of October, 34, Ufa, 450005, Russia, bodrovAu@mail.ru

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 29/01/2020	После редакции 12/02/2020	Принята в печать 21/02/2020
Received 29/01/2020	Accepted in revised 12/02/2020	Accepted 21/02/2020