

Обзор: Непрерывное брожение пива

Иван Н. Криваносов ¹	krivanosov.ivan51@gmail.com	 0009-0003-2114-2526
Инна В. Новикова ¹	noviv@list.ru	 0000-0002-2360-5892
Александр С. Муравьев ¹	hnrtrun@mail.ru	 0000-0002-5989-0752

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. В данной работе отражены основные сведения, известные на данный момент касательно непрерывного брожения и дображивания пива. Рассматривается история непрерывного брожения с момента первого задокументированного упоминания технологии. Проводится сравнение зарубежных и отечественных технологий непрерывного сбраживания. Рассматривается перспектива устранения недостатков такого метода – сложность эксплуатации и дороговизна оборудования. Затрагиваются вопросы непрерывной варки пива. С появлением иммобилизованных дрожжей процесс стал более доступным в освоении. Такие дрожжи несут в себе ряд преимуществ, особенно интересных для непрерывного процесса – время брожения сокращается, а срок использования дрожжей увеличивается. Как следствие, для процесса можно использовать меньшее количество дрожжей, что уменьшает размер их колонии и позволяет сократить затраты на оборудование (т. к. для непрерывного процесса дрожжей требуется сравнительно больше). Освещается возможность использования пивной дробины, побочного продукта производства, в качестве реагента-носителя для иммобилизованных дрожжей, что сократит стоимость производства. Дрожжи самопроизвольно прилипают к поверхности такого носителя, что приводит к прямому контакту иммобилизованной массы с жидкими субстратами. Пришли к выводу, что пиво, приготовленное с использованием непрерывного брожения по органолептическим свойствам, не отличается от пива, приготовленного по классической технологии. Несмотря на то, что в настоящее время непрерывное брожение практически не освещается, материалы статьи показывают, что дальнейшие исследования в этой области являются крайне перспективными и востребованными, так как позволяют ускорить время производства пива, а также сделать процесс более эргономичным.

Ключевые слова: пивоварение, пиво, непрерывное брожение, иммобилизованные дрожжи, пивные дрожжи.

Review: Continuous fermentation of beer

Ivan N. Krivanosov ¹	krivanosov.ivan51@gmail.com	 0009-0003-2114-2526
Inna V. Novikova ¹	noviv@list.ru	 0000-0002-2360-5892
Aleksandr S. Muravev ¹	hnrtrun@mail.ru	 0000-0002-5989-0752

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. This work reflects the basic information currently known regarding continuous fermentation and post-fermentation of beer. The history of continuous fermentation since the first documented mention of the technology is examined. A comparison is made of foreign and domestic continuous fermentation technologies. The prospect of eliminating the shortcomings of this method - the complexity of operation and high cost of equipment - is being considered. The issues of continuous brewing of beer are touched upon. With the advent of immobilized yeast, the process has become more accessible to master. Such yeast has a number of advantages, especially interesting for a continuous process - fermentation time is reduced and the useful life of the yeast is increased. As a result, a smaller quantity of yeast can be used for the process, which reduces the size of the yeast colony and reduces equipment costs (since comparatively more yeast is required for a continuous process). The possibility of using brewer's grains, a by-product of production, as a carrier reagent for immobilized yeast is highlighted, which will reduce the cost of production. Yeast spontaneously adheres to the surface of such a carrier, which leads to direct contact of the immobilized mass with liquid substrates. We came to the conclusion that beer prepared using continuous fermentation does not differ in organoleptic properties from beer prepared using classical technology. Despite the fact that at present continuous fermentation is practically not covered, the materials of the article show that further research in this area is extremely promising and in demand, as it will speed up the time of beer production, as well as make the process more ergonomic.

Keywords: brewing, beer, continuous fermentation, immobilized yeast, brewer's yeast..

Введение

В пивоварении, как и в любой другой отрасли, специалисты и ученые всегда стремились к максимальной оптимизации процесса, интенсификации производства и упрощении рабочего процесса. Неудивительно, что с повсеместной автоматизацией предприятий, всё чаще можно было услышать об инновационных способах производства пива. Так, изобретенные

в начале двадцатого века цилиндрикоконические бродильные аппараты (ЦКБА) уже к 70-м годам стали широко распространены, а в настоящее время являются основными емкостями для производства пива. Кроме того, в настоящее время идет речь об использовании наноструктурированных гибридных биороботов для улучшения процесса брожения с последующим выводом их без дополнительных этапов фильтрации [8].

Для цитирования

Криваносов И.Н., Новикова И.В., Муравьев А.С. Обзор: Непрерывное брожение пива // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 1. С. 126–130. doi:10.20914/2310-1202-2024-1-126-130

For citation

Krivanosov I.V., Novikova I.V. Muravev A.S. Review: Continuous fermentation of beer. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2024. vol. 86. no. 1. pp. 126–130. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-1-126-130

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

Однако еще существует несправедливо редко упоминаемый способ интенсификации брожения – с помощью непрерывного способа брожения пива. Доказано, что непрерывный способ брожения обеспечивает ряд экономических преимуществ не только при производстве пива, но и в других сферах отрасли [4].

Развитие непрерывного способа брожения пива

Автоматизация процесса пивоварения, ускорения сроков брожения и дображивания – весьма очевидные направления для развития пивоваренной промышленности. Закономерно, что разработки в этом направлении начались сразу в нескольких странах, из-за чего выделить «первопроходцев» в непрерывном брожении достаточно проблематично. Кроме того, был ряд предшествующих аппаратов, стремящихся к выполнению данной функции. Чаще всего для непрерывного брожения пива использовали ряд аппаратов, в каждом из которых сушло находилось на той или иной стадии брожения, следовательно, в каждом танке поддерживались свои необходимые условия для постоянного поддержания заданного количества дрожжей.

В СССР в 1961 году было запатентовано устройство для непрерывного брожения за авторством М.Т. Денщикова [18]. Охмеленное холодное (22 °С) сушло вместе с дрожжами подавалось в аппарат с горизонтальными перегородками, где каждая секция располагалась под наклоном, как следствие пиво постепенно переливалось из секции в секцию, а козырьки на местах поворота потока сушла обеспечивали образование газовой подушки и перемешивании пива углекислотой. Позже, в 1964 году этим же автором было опубликовано описание способа непрерывного брожения, дополненное дрожжанкой и дрожжегенератором [19]. В 1976 году был опубликован патент установки, состоящей из ряда отдельных емкостей, каждая с оптимальными условиями для той или иной стадии, кроме того, установка включала специальный аппарат для приготовления «дрожжевой разводки» в виде вертикального сосуда с устройствами для пеногашения и аэрации. Преимущество установки заключалось в наличии между танками для дображивания устройства для удаления летучих продуктов брожения и остаточных дрожжей через сепаратор. А в 1987 году, спустя три года с момента подачи, был запатентован способ непрерывного сбраживания пивного сушла в батаре ферментеров В.Л. Яровенко. Позже этот патент будет освещен более подробно, т. к. практические знания, полученные в ходе ряда экспериментов, позволяет наиболее детально и подробно разобрать принцип непрерывного брожения.

Для полного понимания важно обратиться к зарубежным источникам. Уже в пятидесятых годах прошлого века в Новой Зеландии Мортон Куттс, пивовар в третьем поколении, по данным разных источников, изобрел и внедрил способ непрерывного брожения [7,9]. По некоторым данным, установку он изобрел в 1953 году, в 1956 она была запатентована и внедрена в производство. В августе следующего года заявка была подана в патентное ведомство США, дополнено в 1960 и опубликовано в 1966 году [10].

Мортон описал процесс ферментации и необходимые режимы, в то время как пивоварни его компании работали по этому принципу уже несколько лет. Так же автор утверждал, что установка применима не только для пивоваренной индустрии, но и для всех напитков из недистиллированного солода. За свои заслуги и прорыв в области пивоварения Куттс был назначен офицером ордена Британской империи [8].

Его метод состоял из двух «зон» пивоваренного оборудования – брожения и дображивания. Сушло непрерывно подавалось при низкой температуре вместе с дрожжами, и при постоянном перемешивании проходило через стадию брожения к дображиванию. Отмечено, что брожение могло протекать от 8 °С до точки термического уничтожения дрожжей. Сам Куттс проводил брожение при температуре 15,5 °С, что считалось довольно высокой температурой брожения. Поток был настроен с такой скоростью, чтобы постоянно добавлять не ферментированное сушло и отбирать молодое пиво. Постоянное добавление сушла поддерживает дрожжи во взвешенном состоянии в созревающем пиве. Таким образом поддерживается ферментативная активность и избегается автолиз дрожжей [10]. Основные параметры такого брожения – концентрация дрожжей в сусле не менее 12 г/л. и поддержание температуры выше 48 °F (9°). Установка предполагала, что некоторую часть дрожжей, отделившихся при брожении, можно было вернуть в систему, а также рециркулировать дрожжевое пиво в систему для получения напитка более высокой крепости. Кроме того, в патенте указана схема с прерывающимся потоком между зонами, а также схема отдельной ферментации солода и сахаристых материалов. Количество дрожжей регулировалось скоростью перемешивания, концентрацией задаваемых дрожжей и температурой.

С помощью корректировки концентрации дрожжей можно вывести закономерность – при концентрации 5 г/л. пиво получается более густым и сладким, при более быстром размножении, 15 г/л. – более сухим и горьким. Здесь необходимо

отметить, что концентрация дрожжей напрямую связана с изначальной экстрактивностью солода. Такие концентрации дрожжей справедливы для начальной экстрактивности 1,021 град. При более высокой концентрации, для получения пива с такими же органолептическими показателями, необходимо увеличить концентрацию дрожжей прямо пропорционально.

Мы так же располагаем практическими данными, полученные в ходе длительных исследований советских ученых. Учитывая различия в установках и небольшая разница в публикации патента Куттса и Советских ученых (устройство Куттса опубликовано в 1966, тогда как установка Денщикова уже в 1961), можно сказать, что работы велись параллельно и обособленно друг от друга. Эксперименты отечественных исследователей показали, что способ непрерывного брожения не только имеет теоретическую значимость, но и хорошо показывает себя на практике. Уже в семидесятых годах по данной технологии процесс брожения составлял 8,5 дней. Для сравнения, на тот момент классическая рецептура брожения и дображивания длилась от трех недель и выше. Всё это с использованием дрожжей *Saccharomyces* шт. 776. И без использования ферментных препаратов. Все показатели готового пива соответствовали стандарту, а инфицирование не произошло. Важно отметить, что батарея могла работать непрерывно 20 суток до момента дезинфекции, либо 60 суток, что так же не допускало инфицированность сусла, но срок брожения и дображивания в сумме увеличивался на 13 суток. Таким образом, при наличии двух таких линий можно осуществлять процесс брожения без остановок, переводя поток на другую линию во время дезинфекции. Либо же, для большей экономии и эргономичности установить два ферментера на одну линию, которая бы позволяла осуществлять на одной линии непрекращающийся поток регенерации дрожжевых клеток, путем мойки головного ферментера во время работы ферментера второго.

В конце XX века Нидерландский ученый Христиан Виллем Верстег опубликовал патенты, ныне принадлежащий компании Хайникен. Один из них описывал способы непрерывного приготовления сусла, второй – способ непрерывной варки сусла [16,17]. Таким образом можно было весь процесс пивоварения сделать непрерывным. Варка осуществлялась в нагревателе с помощью реактора с перекрываемым потоком, выполненным в виде колонны с вращающимися дисками. После сусло обрабатывается в противотоке пара в отпарной колонне. Хотя такой способ является более быстрым и менее энергозатратным,

существует опасность возникновения белкового осадка в трубах, поэтому способ, при котором сусло кипятится с хмелем по стандартной всё так же имеет место быть при последующем непрерывном брожении.

Иммобилизованные клетки

Иммобилизованные (от лат. *Immobilis* – неподвижный) дрожжи – это дрожжи, зафиксированные на различных носителях или наполнителях. Их исследование велось примерно в то же время, что и способов непрерывного брожения пива. Дело в том, что все способы раньше использовали интактные клетки. Исследователи отмечали, что при таких параметрах непрерывная схема уступает традиционной технологии из-за сложной конструкции и сложной эксплуатации [11]. Иммобилизованные дрожжи должны были решить проблемы и устранить недостатки непрерывного брожения [12,13]. Иммобилизация различна при выборе носителя клеток. Носители могут быть органическими и неорганическими.

В качестве носителя чаще всего используется пористое стекло *Siran*, представляющее собой стеклянный порошок, который подвергается обжигу вместе солью. Соль в последствии вымывается и получается реагент с множеством пор, в который их задерживаются дрожжи. Такой носитель можно использовать повторно, вымывая дрожжи различными реагентами и нейтрализовывая носитель [15].

Такие дрожжи несут в себе ряд преимуществ, особенно интересных для непрерывного процесса – время брожения сокращается, а срок использования дрожжей увеличивается. Как следствие, для процесса можно использовать меньшее количество дрожжей, что уменьшает размер их колонии и позволяет сократить затраты на оборудование (т. к. для непрерывного процесса дрожжей требуется сравнительно больше).

Существенно снизить затраты на производство и выделить непрерывный способ брожения на фоне традиционной схемы производства пива позволит переход на более дешевые носители для иммобилизованных клеток. Существует исследования, доказывающие, что в качестве носителя может выступать пивная дробина. Дело в том, что дрожжи самопроизвольно прилипают к поверхности такого носителя, что приводит к прямому контакту иммобилизованной массы с жидкими субстратами [12]. Так же проводились исследования по контакту дрожжей с древесной щепой и этилцеллюлозой как возможными носителями. Не смотря на очевидное преимущество дробины, как вторичного

продукта производства, а следствие, его экономическое преимущество, у этого способа был замечен недостаток – постепенное отслаивание массы. Возможны несколько путей решения этой проблемы, как составление суспензий с различными органическими реагентами (например, зернами кукурузы), либо – своевременное внесение новых суспензий дробины в меньшей концентрации.

Кроме того, пиво, приготовленное по данной технологии, хоть и имело низкое содержание высших спиртов, потребитель не смог заметить разницы с вкусо-ароматическим профилем пива, приготовленного по стандартной технологии [21].

Заключение

В настоящее время тема непрерывного брожения пива получает незаслуженно ограниченное внимание. Использование технологии непрерывного брожения с использованием иммобилизованных дрожжевых клеток имеет огромный потенциал для пивоваренной индустрии. Это позволит обеспечить выпуск большого количества пива с меньшими объемами производственных помещений и более гибкой эксплуатации оборудования. Использование пивной дробины так же позволит существенно снизить затраты на производство. Таким образом, непрерывное брожение имеет огромный потенциал в плане интенсификации процессов брожения и увеличения эргономичности технологического процесса.

Литература

- 1 Tata M., Bower P., Bromberg S., Duncombe D. et al. Immobilized yeast bioreactor systems for continuous beer fermentation // *Biotechnol Prog.* 1999. V. 15. № 1. P. 105-113. doi: 10.1021/bp980109z
- 2 Yadav B.S., Rani U., Dhamija S.S., Nigam P. et al. Process optimization for continuous ethanol fermentation by alginate-immobilized cells of *Saccharomyces cerevisiae* HAU-1 // *J Basic Microbiol.* 1996. V. 36. №3. P. 205-210. doi: 10.1002/jobm.3620360307
- 3 Казанцев Е.Н., Колпакчин А.П., Раттель Н.Н. Влияние длительной, непрерывной ферментации на морфологию и физиологию дрожжей, находящихся в носителе // *Микробиология.* 1979. V. 48. № 2. P. 296-301.
- 4 Verbelen P.J., De Schutter D.P., Delvaux F., Verstrepen K.J. et al. Immobilized yeast cell systems for continuous fermentation applications // *Biotechnol Lett.* 2006. V. 28. № 19. P. 1515-1525. doi: 10.1007/s10529-006-9132-5
- 5 Svedlund N., Evering S., Gibson B., Krogerus K. Fruits of their labour: biotransformation reactions of yeasts during brewery fermentation // *Appl Microbiol Biotechnol.* 2022. V. 106. № 13-16. P. 4929-4944. doi: 10.1007/s00253-022-12068-w
- 6 Maria-Hormigos R., Mayorga-Martinez C.C., Kinčl T., Pumera M. Nanostructured Hybrid BioBots for Beer Brewing // *ACS Nano.* 2023. V. 17. № 8. P. 7595-7603. doi: 10.1021/acsnano.2c12677
- 7 Phillips J. 'Alcohol', Te Ara – the Encyclopedia of New Zealand. 2013. URL: <http://www.TeAra.govt.nz/en/alcohol/print>
- 8 Second supplement to The London Gazette of Friday, 10th June 1983. URL: <https://www.thegazette.co.uk/London/issue/49376/supplement/34>
- 9 Gaynor B. Swallowing of DB ends bitter saga. URL: <https://www.nzherald.co.nz/business/swallowing-of-db-ends-bitter-saga/47D2XPYQ2XRURLENVOAUOWAY4/>
- 10 Patent № 234026A, US. Process for the manufacture of beer, ale and the like / Coutts M.W. Application 01.09.1960; Publication 08.02.1966.
- 11 Brányik T., Silva D.P., Vicente A.A., Lehnert R. et al. Continuous immobilized yeast reactor system for complete beer fermentation using spent grains and comcobs as carrier materials // *J Ind Microbiol Biotechnol.* 2006. V. 33. № 12. P. 1010-1018. doi: 10.1007/s10295-006-0151-y
- 12 Brányik T., Vicente A.A., Dostálek P., Teixeira J.A. Continuous beer fermentation using immobilized yeast cell bioreactor systems // *Biotechnol Prog.* 2005. V. 21. № 3. P. 653-663. doi: 10.1021/bp050012u
- 13 Brányik T., Vicente A.A., Cruz J.M., Teixeira J.A. Continuous Primary Fermentation of Beer with Yeast Immobilized on Spent Grains - The Effect of Operational Conditions // *Journal of the American Society of Brewing Chemists.* 2004. V. 62. № 1. doi: 10.1094/ASBCJ-62-0029
- 14 Brányik T., Vicente A.A., Kuncová G., Podrážký O. et al. Growth model and metabolic activity of brewing yeast biofilm on the surface of spent grains: a biocatalyst for continuous beer fermentation // *Biotechnol Prog.* 2004. V. 20. № 6. P. 1733-1740. doi: 10.1021/bp049766j
- 15 Кунце В. Технология солода и пива. СПб.: Профессия, 2001. 912 с.
- 16 Пат. № 96121364, RU, C12C 7/00, 13/00. Способ непрерывной варки суслу / Верстег Х.В., Висхер Х.Я. Патентообладатель: Хейнекен Техникал Сервисес Б.В. № 96121364/13; Заявл. 24.03.1995; Оpubл. 10.02.1999.
- 17 Пат. № 9293053044, RU. Способ непрерывной приготовления суслу (варианты) / Верстег Х.В. Патентообладатель: Хейнекен Техникал Сервисес Б.В. № 93053044/13; Заявл. 10.01.1992; Оpubл. 20.11.1997.
- 18 Авторское свидетельство № 142610, SU, C12C 11/07. Устройство для непрерывного брожения / Денщиков М.Т. № 725037; Заявл. 05.04.1961; Оpubл. 01.01.1961.
- 19 Авторское свидетельство № 182651, SU, C12C 11/07. Способ непрерывного сбраживания суслу / Денщиков М.Т. № 900104/28-13; Заявл. 14.05.1964; Оpubл. 09.06.1966.
- 20 Константинов В.Н. Изучение непрерывного процесса главного брожения при иммобилизации пивных дрожжей на пивной дробине в аэролитном реакторе. (Португалия) // *Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал.* 2005. № 4. С. 1335-1335.
- 21 Ермолаева Г.А. Основные процессы пивоварения. Получение пива с применением иммобилизованных дрожжей // *Пиво и напитки.* 2003. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-protsessy-pivovareniya-poluchenie-piva-s-primeneniem-immobilizovannyh-drozhzhey-1>

References

- 1 Tata M., Bower P., Bromberg S., Duncombe D. et al. Immobilized yeast bioreactor systems for continuous beer fermentation. *Biotechnol Prog.* 1999. vol. 15. no. 1. pp. 105-113. doi: 10.1021/bp980109z
- 2 Yadav B.S., Rani U., Dhamija S.S., Nigam P. et al. Process optimization for continuous ethanol fermentation by alginate-immobilized cells of *Saccharomyces cerevisiae* HAU-1. *J Basic Microbiol.* 1996. vol. 36. no. 3. pp. 205-210. doi: 10.1002/jobm.3620360307

- 3 Kazantsev E.N., Kolpakchin A.P., Rattel N.N. The influence of long-term, continuous fermentation on the morphology and physiology of yeast in the carrier. *Microbiology*. 1979. vol. 48. no. 2. pp. 296-301. (in Russian).
- 4 Verbelen P.J., De Schutter D.P., Delvaux F., Verstrepen K.J. et al. Immobilized yeast cell systems for continuous fermentation applications. *Biotechnol Lett*. 2006. vol. 28. no. 19. pp. 1515-1525. doi: 10.1007/s10529-006-9132-5
- 5 Svedlund N., Evering S., Gibson B., Krogerus K. Fruits of their labour: biotransformation reactions of yeasts during brewery fermentation. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2022. vol. 106. no. 13-16. pp. 4929-4944. doi: 10.1007/s00253-022-12068-w
- 6 Maria-Hormigos R., Mayorga-Martinez C.C., Kinčl T., Pumera M. Nanostructured Hybrid BioBots for Beer Brewing. *ACS Nano*. 2023. vol. 17. no. 8. pp. 7595-7603. doi: 10.1021/acsnano.2c12677
- 7 Phillips J. 'Alcohol', Te Ara – the Encyclopedia of New Zealand. 2013. Available at: <http://www.TeAra.govt.nz/en/alcohol/print>
- 8 Second supplement to The London Gazette of Friday, 10th June 1983. Available at: <https://www.thegazette.co.uk/London/issue/49376/supplement/34>
- 9 Gaynor B. Swallowing of DB ends bitter saga. Available at: <https://www.nzherald.co.nz/business/swallowing-of-db-ends-bitter-saga/47D2XPYQ2XRJRLNVOAUOWAY4/>
- 10 Coutts M.W. Process for the manufacture of beer, ale and the like. Patent US, no. 234026A, 1966.
- 11 Brányik T., Silva D.P., Vicente A.A., Lehnert R. et al. Continuous immobilized yeast reactor system for complete beer fermentation using spent grains and corncoas as carrier materials. *J Ind Microbiol Biotechnol*. 2006. vol. 33. no. 12. pp. 1010-1018. doi: 10.1007/s10295-006-0151-y
- 12 Brányik T., Vicente A.A., Dostálek P., Teixeira J.A. Continuous beer fermentation using immobilized yeast cell bioreactor systems. *Biotechnol Prog*. 2005. vol. 21. no. 3. pp. 653-663. doi: 10.1021/bp050012u
- 13 Brányik T., Vicente A.A., Cruz J.M., Teixeira J.A. Continuous Primary Fermentation of Beer with Yeast Immobilized on Spent Grains - The Effect of Operational Conditions. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 2004. vol. 62. no. 1. doi: 10.1094/ASBCJ-62-0029
- 14 Brányik T., Vicente A.A., Kuncová G., Podrazký O. et al. Growth model and metabolic activity of brewing yeast biofilm on the surface of spent grains: a biocatalyst for continuous beer fermentation. *Biotechnol Prog*. 2004. vol. 20. no. 6. pp. 1733-1740. doi: 10.1021/bp049766j
- 15 Kuntze V. Technology of malt and beer. St. Petersburg, Profession, 2001. 912 p. (in Russian).
- 16 Versteeg H.V., Viskher H.Ya. Method for continuous wort boiling. Patent RF, no. 96121364, 1999.
- 17 Versteeg H.V. Method for continuous preparation of wort (variants). Patent RF, no. 9293053044, 1997.
- 18 Denshchikov M.T. Device for continuous fermentation. Copyright certificate SU, no. 142610, 1961.
- 19 Denshchikov M.T. Method of continuous fermentation of wort. Copyright certificate SU, no. 182651, 1966.
- 20 Konstantinov V.N. Study of the continuous process of main fermentation during the immobilization of brewer's yeast on brewer's grains in an airlift reactor. (Portugal). *Food and processing industry. Abstract journal*. 2005. no. 4. pp. 1335-1335. (in Russian).
- 21 Emolaeva G.A. Basic brewing processes. Production of beer using immobilized yeast. *Beer and drinks*. 2003. no. 5. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-protsessy-pivovareniya-poluchenie-piva-s-primeneniem-immobilizovannyh-drozhzhey-1> (in Russian).

Сведения об авторах

Иван Н. Криваносов аспирант, инженер, научно-исследовательская лаборатория разработки технологий напитков, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, krivanosov.ivan51@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0003-2114-2526>

Инна В. Новикова д.т.н., профессор, кафедра технологии броидильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, noviv@list.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2360-5892>

Александр С. Муравьев к.т.н., инженер, отдел стандартизации и метрологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, hntun@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5989-0752>

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.

Information about authors

Ivan N. Krivanosov postgraduate student, engineer, research laboratory for the development of beverage technologies, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, krivanosov.ivan51@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0003-2114-2526>

Inna V. Novikova Dr. Sci. (Engin.), professor, technologies of fermentation and sugar industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, noviv@list.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2360-5892>

Aleksandr S. Muravev Cand. Sci. (Engin.), engineer, metrology and standardization department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, hntun@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5989-0752>

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 18/01/2024	После редакции 05/02/2024	Принята в печать 23/02/2024
Received 18/01/2024	Accepted in revised 05/02/2024	Accepted 23/02/2024