



Научная статья

05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального, и специализированного назначения и общественного питания (технические науки)

УДК 004.82:663

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.020

## ПРИМЕНЕНИЕ ОТХОДОВ ПИВОВАРЕНИЯ В РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Андрей Иванович Орлов <sup>1</sup>, Ирина Юрьевна Резниченко <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

<sup>1</sup> kskom.akk1604.01@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3478-6745>

<sup>2</sup> Irina.reznichenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7486-4704>

**Аннотация.** В статье представлены данные по комплексной переработке производственных отходов пивоварения как актуального направления ресурсосберегающих технологий в отраслях пищевой и комбикормовой промышленности. Обобщены основные направления применения отходов пивоварения, также освещена интеграция пивной дробины в пищевые продукты для употребления в пищу и добавки в корм для животных. Новизной исследования является систематизация результатов научных исследований отечественных и зарубежных ученых, обобщение экспериментальных данных по применению пивной дробины в производстве комбикормов и пищевых продуктов для обоснования ее применения в нанотехнологиях. Ресурсосберегающее обращение с вторичными материальными ресурсами позволяет предприятию не только внедрить «чистые технологии», снизить вредное воздействие на окружающую среду, повысить экологические преимущества, но и увеличить рентабельность. В работе применяли методы анализа, систематизации и обобщения научной отечественной и зарубежной литературы за последние десять лет. Оперировали научными поисковыми базами данных (Elibrary.ru, Scimago Journal Country Rank, Scopus, Scielo, Publisher Site, Google Scholar). Показано, что пивная дробина на сегодняшний день используется как источник углерода для микроорганизмов при производстве амилаз, как сырье для производства биоэтанола, как добавка в комбикорма сельскохозяйственных животных, птиц и промысловых рыб, как органический стимулятор в производстве солодовых напитков, как сырьевой ингредиент в рецептурах пищевых продуктов повышенной пищевой ценности. Полученные результаты могут быть полезны производителям и разработчикам пищевых продуктов на основе пивной дробины как обоснование целесообразности ее применения в инновационных биотехнологиях.

**Ключевые слова:** пивная дробина, состав, биологическая ценность, биотехнологии переработки, применение в пищевых продуктах.

**Для цитирования:** Орлов А. И., Резниченко И. Ю. Применение отходов пивоварения в ресурсосберегающих технологиях // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 146–152. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.020.

Original article

## APPLICATION OF BREWING WASTE IN RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES

Andrey I. Orlov <sup>1</sup>, Irina Yu. Reznichenko <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

<sup>1</sup> kskom.akk1604.01@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3478-6745>

<sup>2</sup> Irina.reznichenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7486-4704>

© Орлов А. И., Резниченко И. Ю., 2021

**Abstract.** *The article presents data on the complex processing of industrial waste from brewing, as an important area of resource-saving technologies in the food and feed industries. The main directions of the use of brewing wastes are summarized, and the integration of brewer's grains into food products for consumption and additives to animal feed is also highlighted. The novelty of the research is the systematization of the results of scientific research of domestic and foreign scientists, the generalization of experimental data on the use of brewer's grains in the production of feed and food products to substantiate its use in nanotechnology. Resource-saving handling of secondary material resources allows the company not only to introduce "clean technologies", reduce the harmful impact on the environment, increase environmental benefits, but also increase profitability. The work used methods of analysis, systematization and generalization of scientific domestic and foreign literature over the past ten years. Operated with scientific search databases (Elibrary.ru, Scimago Journal Country Rank, Scopus, Scielo, Publisher Site, Google Scholar). It has been shown that brewer grains are currently used as a source of carbon for microorganisms in the production of amylases, as a raw material for the production of bioethanol, as an additive in feed for farm animals, birds and commercial fish, as an organic stimulant in the production of malt drinks, as a raw material. Ingredient in food formulations with increased nutritional value. The results obtained can be useful for manufacturers and developers of food products based on brewer's grain as a justification for the expediency of its use in innovative biotechnologies.*

**Keywords:** *brewer's grain, composition, biological value, processing biotechnology, application in food products.*

**For citation:** Orlov, A. I. & Reznichenko, I. Yu. (2021). Application of brewing waste in resource-saving technologies. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 146-152. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.020.

На протяжении многих лет пиво всегда было популярным напитком. С каждым годом объёмы производства пива увеличиваются. При интенсивном росте объемов производства растёт и спрос на данную продукцию. Только лишь за 2019 год во всем мире было произведено более 25 миллиардов дал (250 миллиардов литров) пива и пивной продукции [1].

В России же за 2019 год было выработано почти 768 млн. дал или 7,68 млрд. литров всей пивной продукции. Потребление пива на душу населения за тот же год составило 65,3 литра. Исходя из данных статистики и многолетних наблюдений потребителей и экспертов, можно с уверенностью сказать, что пиво, безусловно, является самым популярным напитком не только на территории России, но и во всем мире [2].

Как и на любом производственном предприятии, так и на пивзаводах, имеется проблема с утилизацией производственных отходов, а именно огромного количества пивной дробины. На каждую 1000 тонн произведенной продукции приходится порядка 170 тонн твердых отходов в виде дробины и переработанных дрожжей, которые относятся к вторичным материальным ресурсам (ГОСТ Р 57702-2017 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Требования к малоотходным технологиям»). Согласно ГОСТ Р 53358-2009

«Продукты пивоварения. Термины и определения», пивная дробина – вторичный продукт пивоварения, состоящий из дробленых зернопродуктов и солода, оставшихся после фильтрования затора.

Экологичное пивоварение сегодня – это умение получать выгоду из отходов производства. Переработать дробину и дрожжи несложно, а значит этим могут (и обязаны) заниматься даже небольшие крафтовые пивоварни. Анализ и систематизация данных результатов исследований по применению отходов пивоваренной промышленности свидетельствуют о широком практическом их использовании [3, 4].

Отходы пивоварения, в частности пивную дробину, на современном этапе применяют как в свежем, так и в сушеном виде для приготовления корма для животных, корма для рыб, для отчистки почв при загрязнении нефтепродуктами, для производства биогаза, как пищевую добавку в производстве продуктов питания (рисунок 1).

В регионе Кузбасс действует 16 пивзаводов, наиболее известные «Бавария», «Пикем», «Золотая сова», «Славянка», более 20 пивоварен, 5 минипивоварен. За 2019 год индекс производства пищевых продуктов составил 107,9 процента; производства напитков – 114,1 процента [5].

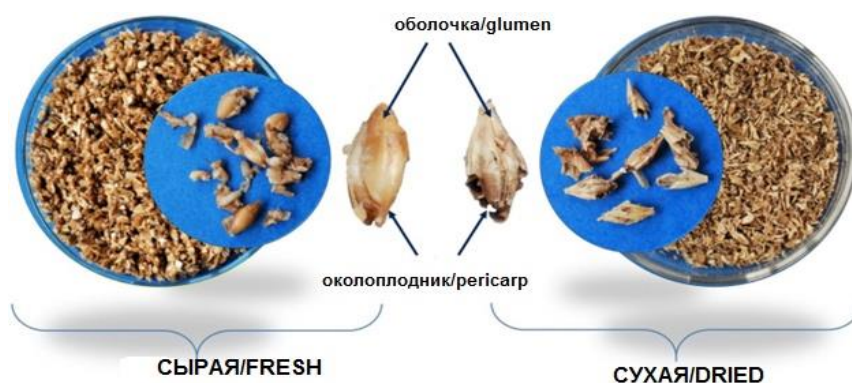


Рисунок 1 – Пивная дробина

Figure 1 - Beergrain

В связи с вышеизложенным определена **цель исследования** – анализ и обобщение данных по основным направлениям использования отходов пивоварения, обоснование применения пивной дробины в технологиях пищевых продуктов на предприятиях региона.

Новизной исследования является систематизация научных данных отечественных и зарубежных ученых, обобщение экспериментальных сведений по применению пивной дробины в производстве комбикормов и пищевых продуктов.

В качестве материалов использовали научные статьи ученых по теме исследования за последние десять лет, нормативные и законодательные документы. В качестве методов применяли методы анализа, систематизации и обобщения. Оперировали научными поисковиками (Elibrary.ru, Scimago Journal Country Rank, Scopus, Scielo, Publisher, Google Scholar).

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В России проблема утилизации отходов производства пищеперерабатывающих предприятий, наряду с другими проблемами загрязнения окружающей среды, является весьма актуальной. Задача утилизации отходов в рамках ресурсосбережения стоит и перед предприятиями пивоварения. Большая часть отходов пивоварения сливается в канализацию. Количество отработанных дрожжей и дробины, а также качество вод в точках сброса зачастую не подлежит контролю. При этом многие пивные предприятия на территории России очень тщательно относятся к проблемам окружающей среды и подходят к их решению с большой ответственностью.

Например, компания «Heineken», в распоряжении которой находится 7 заводов по всей стране и общий объем выпускаемой продукции в год составляет около 21 млн. гигалитров, почти все свои отходы (97 %) либо перерабатывает, либо повторно использует. Она ведет тщательный экологический мониторинг уровня загрязнения сточных вод, куда сбрасывает уже очищенные производственные отходы. Почти 93 % сточных вод после очистки возвращается на предприятия. Компания «Балтика» выпускает около 40 миллионов гигалитров пива в год, отработанные дрожжи с заводов направляются организациям для использования в качестве корма для животных. Глобальная цель «Балтики» – уход от утилизации и переход к вторичному использованию всего объема побочных продуктов пивоварения.

Установлено, что пивная дробина (ПД) и отработанный кизельгур (отход пивоварения) ускоряют очистку почвы, загрязненной сырой нефтью. Их применение уменьшает концентрацию полициклических углеводородов, стимулирует их удаление, способствует очистке нефтезагрязненной черноземной почвы [3]. Обоснована и экспериментально доказана возможность использования для очистки высококонцентрированных буровых сточных вод, содержащих полисахариды, пивной дробины как источника микроорганизмов, провоцирующих гидролиз полисахаридов [6].

Разработана энергоэффективная технологическая схема получения биогаза из дробины путем сбраживания ее веществ метанобактериями с одновременной обработкой ультразвуком с целью повышения выхода биогаза и метана до 65 % [7].

В рамках концепции биопереработки исследованы процессы дегидратации и регенерации отработанного масла, биоэтанола и

биогаза из ПД. На основе их анализа созданы технологии производства биодизеля, биоэтанола и биогаза. Показано, что ПД может обеспечить производство «зеленой» энергии в диапазоне 4,5–7,0 млн МДж / год, если европейский потенциал ПД будет полностью задействован, она может внести существенный вклад в энергетическую стратегию биотоплива [8].

Пивная дробина нашла широкое практическое применение в производстве кормовых рационов для животных. Получены положительные результаты при добавлении сухой гранулированной пивной дробины (20 %) как источника протеина и энергии в рацион бычков. Установлен среднесуточный прирост живой массы молодняка бычков на 14,3 %. По энергетической ценности сухая пивная дробина почти эквивалентна зерну кукурузы, способствует утилизации мочевины и служит профилактическим средством против кератоза рубца и абсцессов печени [9]. Показано, что включение сухой ПД в рацион молодняка коз вместо части овса и льняного жмыха повышает обменные процессы в организме животных [10]. Установлено, что частичная замена рыбной муки и соевого шрота экстрактом ПД в рационе свиней на откорме увеличила скорость роста, улучшила конверсию корма и не повлияла на качество туши [11, 12]. Показано, что применение гранулированной кормовой добавки на основе сухой ПД в количестве 1000 г на 1 лактирующую корову в сутки позволяет увеличить надои и повысить рентабельность производства на 0,96 % [12]. Добавление ПД в корм для животных приводит к увеличению надоев, более высокому содержанию жира в молоке и является хорошим источником незаменимых аминокислот [13, 14].

Предложены технологии производства кормовой добавки для сельскохозяйственных животных и птиц из ПД, микроорганизмов рода азотобактер и пропионовокислых микроорганизмов, приведены данные анализа совместного и отдельного культивирования и добавления заквасок различных штаммов микроорганизмов: пропионовокислых, азотобактера и их смеси в побочный субстрат [15]. Отмечено, что продукты биоконверсии ПД базидиальными дереворазрушающими грибами относятся к числу наиболее доступных источников кормового белка и биологически активных веществ (БАВ). Твердофазная ферментация пивной дробины мицелием гриба *Pleurotostreatus* позволила произвести грибную биомассу с высоким содержанием БАВ. По содержанию протеина, сырого жира, клетчатки и БАВ новый продукт приближа-

ется к требованиям, предъявляемым к кормам для карпа. Добавление биологически-активных экстрактов, полученных из грибной биомассы, в воду содержания рыбы карпа стимулировало пищевое поведение молоди рыбы карпа, обеспечило 15–20 % увеличение выживаемости и 11–15 % прибавку живого веса молоди рыбы по отношению к контролю [16].

Проведены исследования по применению пивной дробины в технологиях пищевых продуктов, в том числе функционального назначения. Показано, что ПД является хорошим источником водорастворимых витаминов, протеина, клетчатки, фенольных соединений [17, 18]. Обосновано применение ПД в технологиях рубленых полуфабрикатов, диетических колбасных изделиях [19]. Разработаны рецептуры колбасного изделия из мяса индейки и телятины с добавлением пивной дробины, проведена оценка органолептических и физико-химических показателей изделия. Установлено соответствие требованиям нормативных документов [20].

В рамках решения задачи по применению сырьевых отходов и безотходных технологий разработаны образцы хлебобулочных изделий с ПД. Установлены оптимальные количественные соотношения рецептурных компонентов. Предложена рецептура хлеба ржаного диабетического формового с внесением 20 % порошка из сухой пивной дробины от массы пшеничных отрубей. На новые изделия разработана вся необходимая технологическая документация [21].

Исследована возможность введения в рецептуру пряничных изделий тонкоизмельченной путем механоактивации до размеров частиц 60–70 мкм пивной дробины. Предложенная технология позволила повысить пищевую ценность готовых изделий [22].

Предложена инновационная технология сушки пивной дробины для дальнейшего ее применения в запеченных чипсах. Изучена кинетика обезвоживания ПД и влияние трех различных методов сушки: сушки в печи (OD), сублимационной сушки (FD) и вакуумной микроволновой сушки (VMD) на содержание белка и функциональность ПД. Анализ качественных характеристик чипсов показал, что микроволновая сушка наиболее приемлема с точки зрения сенсорных характеристик продукта [23].

Пивная дробина на сегодняшний день используется как источник углерода для микроорганизмов при производстве амилаз, источник углерода для промышленного производства молочной кислоты, естественный продуцент каротиноидов, как сырье для про-

изводства биоэтанола, как добавка в комбикорма сельскохозяйственных животных, птиц и промысловых рыб, как органический стимулятор в производстве солодовых напитков,

как сырьевой ингредиент в рецептурах пищевых продуктов повышенной пищевой ценности (рисунок 2) [24–30].

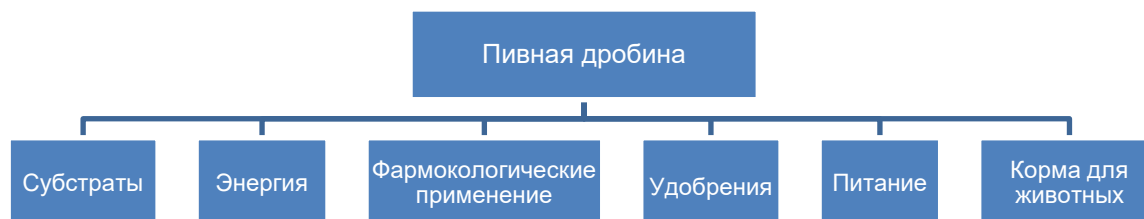


Рисунок 2 – Применение пивной дробины

Figure 2 - Application of brewer's grains

Наряду с достоинствами применения пивной дробины существуют и ограничения, связанные с ее недостатками как сырья. Например, среди недостатков по применению ПД в технологиях кормов для животных отмечены:

- хранение сырого продукта невозможно из-за развития нежелательных микроорганизмов;
- недостаток белка;
- избыток клетчатки;
- незначительный уровень жира, фосфора и кальция.

В рамках устранения данных недостатков ведутся экспериментальные исследования. В ходе исследований по хранению пивной дробины в ворохах было обнаружено быстрое, а именно в течение 3–7 суток развитие патогенных микромицетов – продуцентов микотоксинов (афлатоксин, дезоксиниваленон, Т-2 токсин и др.) и гнилостной бактериальной микрофлоры. Дынные процессы препятствуют эффективной переработке дробины на нужды животноводства [24].

По результатам лабораторных экспериментов отобран штамм молочнокислых бактерий *Streptococcus faecium* 50, эффективно подавляющий патогенную микрофлору и способствующий сохранению кормового продукта на основе пивной дробины на уровне исходного сырья в течение 3 месяцев. На основе штамма, не подвергавшегося генно-инженерным модификациям, изготовлен опытный образец биоконсерванта для пивной дробины.

Проведены испытания кормового продукта на основе консервированной пивной дробины, установлен срок годности не менее 3-х месяцев. Показано отсутствие токсичности. Молочнокислые бактерии эффективно препятствовали развитию гнилостной микрофлоры и грибов – продуцентов микотоксинов [21, 24, 30].

В заключение можно отметить, что использование отходов пивоварения – важное направление не только с точки зрения сбережения сырьевых органических ресурсов и обеспечения экологической безопасности, но и одно из направлений ресурсосбережения. Пивная дробина – интересное сырье, богатое ценными соединениями и питательными веществами, а также доступное для его стабилизации. Это ключевые факторы для разработки различных вариантов: от биотехнологического производства товаров с добавленной стоимостью, функциональных пищевых продуктов и кормов для животных до производства других товаров, представляющих интерес для фармацевтического и сельскохозяйственного секторов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бекбаев К.С., Төлеуғазықызы А. Перспективные пути переработки пивной дробины и спиртовой барды // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. 2019. С. 607–611.
2. Рынок пива в России. 2020. Показатели и прогнозы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://marketing.rbc.ru/research/36366/>. (дата обращения 02.02.2021).
3. Руденко Е.Ю. Применение отходов пивоварения для очистки почв, загрязненных нефтью // Экология и промышленность России. 2012. № 10. С. 32–34.
4. Скрипина В.В., Павлов И.Н. Экологические аспекты отходов пивоваренной промышленности с практическим применением в качестве пищевой добавки // Ползуновский альманах. – 2020. – № 1. – С. 189–193.
5. Пивзаводы Кемеровской области. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://allbrewery.ru/places/rossija/kemerovskaja-oblast>. (дата обращения 02.02.2021).
6. Масленникова Е.В., Ермаков В.В. Интенсификация очистки высококонцентрированных буровых сточных вод с использованием биохими-

ческих стимуляторов // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. № 9. С. 1274–1284.

7. Житков В.В., Ермолаев С.В. Энергоэффективная переработка пивной дробины в биогаз // Пиво и напитки. 2020. № 4. С. 25–28.

8. Kavalopoulos M., Stoumpou V., Christofi A., Mai S., Barampouti E.M. Moustakas Sustainable valorisation pathways mitigating environmental pollution from brewers' spent grains // Environmental Pollution. 2021. Т. 270. С. 116069.

9. Жетписбаева Х.Ш., Чернигов Ю.В. Гранулированная пивная дробина в кормлении молодняка крупного рогатого скота // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2018. № 4. С. 29–37.

10. Рационы молодняка коз с сухой пивной дробинкой / В. Зотеев [и др.] // Сфера : Технологии. Корма. Ветеринария. 2018. № 1. С. 28–30.

11. Effects of replacement of fish meal and soybean meal by brewers' yeast extract on growth and feed conversion of Landrace x Yorkshire pigs / Во Н.Х. [et al.] // Liv. Res. Rur. Dev. 2020. Т. 32. № 6. С. 85.

12. Киреева К.В., Владимиров Н. Эффективность использования гранулированной смеси на основе сухой пивной дробины в рационах лактирующих коров // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 5 (175). С. 92–95.

13. Negash D. Use of Brewery by-Products as Animal Feeds // J Nutr Food Sci 4: 027. Henry Publishing Groups Negash D. 2021. Т. 4. № 1. С. 100027.

14. Ikram S. [et al.]. Composition and nutrient value proposition of brewers spent grain // Journal of food science. 2017. Т. 82. № 10. С. 2232–2242.

15. Волобуева Е.С., Анискина М.В. Технология выработки кормовой добавки из пивной дробины // Новости науки в АПК. 2018. № 2–1. С. 48–50.

16. Терещенко Н.Н., Кравец А.В., Минаева О.М. Биоконверсия отходов пивоваренной промышленности в кормовое сырье – перспективный путь повышения эффективности аквакультуры // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2020. № 4 (171). С. 47–59.

17. Composition and functional profiling of the microbiota in the casts of Eiseniafetida during vermicomposting of brewers' spent grains / Budroni M. [et al.] // Biotechnology Reports. 2020. Т. 25. С. e00439.

18. Ikram S. Composition and nutrient value proposition of brewers spent grain // Journal of food science. 2017. Т. 82. № 10. С. 2232–2242.

19. Цикин С.С. Использование пивной дробины при производстве мясных продуктов // Фундаментальные научные исследования : теоретические и практические аспекты. 2017. С. 395–398.

20. Разработка технологии диетического колбасного изделия с использованием отходов пивоваренного производства / Е.А. Горнич [и др.] // Аграрный вестник Верхневолжья. 2020. № 3 (32). С. 65–71.

21. Расширение ассортимента хлебобулочных изделий за счет использования вторичных сырьевых ресурсов / Ю.С. Рыбаков [и др.] // Аграрный вестник Урала. 2016. № 7 (149). С. 51–56.

22. Лесникова Н.А., Лаврова Л.Ю., Борцова Е.Л. Использование пивной дробины в произ-

водстве пряничных изделий // Хлебопродукты. 2015. № 7. С. 44–46.

23. Hejna A., Marć M., Kowalkowska-Zedler D., Pladzyk A., Barczewski M. Insights into the Thermo-Mechanical Treatment of Brewers' Spent Grain as a Potential Filler for Polymer Composites // Polymers. 2021. Т. 13. № 6. С. 879.

24. Bougrier C., Dognin D., Laroche C. Use of trace elements addition for anaerobic digestion of brewer's spent grains // Journal of environmental management. 2018. Т. 223. С. 101–107.

25. Исследование возможности применения органического стимулятора в производстве нетрадиционных солодов / Т.Ф. Киселева [и др.] // Пищевая промышленность. 2019. № 10. С. 32–36.

26. Резниченко И.Ю., Орлов А.И. Инструменты управления качеством в пивоварении // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2020. № 3 (62). С. 113–118.

27. Микробиология для животных. [Электронный ресурс]. Режим доступа : [https://biotrof.ru/isledovaniya/tehnologiya\\_pererabotki\\_pivnoj\\_drobiny\\_v\\_korma/](https://biotrof.ru/isledovaniya/tehnologiya_pererabotki_pivnoj_drobiny_v_korma/) (дата обращения 02.02.2021).

28. Cooray S.T., Chen W.N. (2018). Valorization of brewer's spent grain using fungi solid-state fermentation to enhance nutritional value. J Funct Foods 42: 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.12.027>.

29. Mussatto Sl. (2014). Brewers' spent grain: a valuable feedstock for industrial applications. J Sci Food Agric 94 (7) : 1264–1275.

30. Короткова Т.Г., Данильченко А.С., Истошина Н.Ю. Исследование кинетики сушки пивной дробины // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2020. № 4. С. 80–83.

### Информация об авторах

А. И. Орлов – аспирант кафедры управления качеством Кемеровского государственного университета.

И. Ю. Резниченко – д.т.н., профессор, зав. кафедрой управления качеством Кемеровского государственного университета.

### REFERENCES

1. Bekbaev, K.S. & Tuleuryazykyzy, A. (2019). Promising ways of processing brewer's grain and alcohol stillage. *Modern aspects of production and processing of agricultural products*. P. 607-611. (In Russ.).

2. The beer market in Russia. (2020). *Indicators and forecasts*. Retrieved from <https://marketing.rbc.ru/research/36366/>. (In Russ.).

3. Rudenko, E.Yu. (2012). The use of beer brewing waste for cleaning soils contaminated with oil. *Ecology and Industry of Russia*, (10), 32-34. (In Russ.).

4. Skripina, V.V. & Pavlov, I.N. (2020). Environmental aspects of wastes from the brewing industry with practica, 189-193. (In Russ.).

5. Breweries of the Kemerovo region. (2020). Retrieved from <https://allbrewery.ru/places/rossija/kemerovskajaoblast>. (In Russ.).

6. Maslennikova, E.V. & Ermakov, V.V. (2020). Intensification of highly concentrated drilling

- wastewater treatment using biochemical. *Bulletin of MGSU*, 15(9), 1274-1284. (In Russ.).
7. Zhitkov, V.V. & Ermolaev, S.V. (2020). Energy efficient processing of brewer's grain into biogas. *Beer and drinks*, (4), 25-28. (In Russ.).
  8. Kavalopoulos, M. Stoumpou, V., Christofi, A., Mai, S. & Barampouti, E.M. (2021). Moustakas Sustainable valorisation pathways mitigating environmental pollution from brewers' spent grains. *Environmental Pollution*, (270), 116069.
  9. Zhetpisbaeva, Kh.Sh. & Chernigov Yu.V. (2018). Granulated brewer's grain in feeding young cattle. *Feeding farm animals and fodder production*, (4), 29-37. (In Russ.).
  10. Zoteev, V., Simonov, G., Zoteev, S. & Zakhrova, D. (2018). Rations of young goats with dry brewer's grain. *Sphere: Technologies. Stern. Veterinary medicine*, (1), 28-30. (In Russ.).
  11. Bo, H.X. & al. (2020). Effects of replacement of fish meal and soybean meal by brewers' yeast extract on growth and feed conversion of Landrace x Yorkshire pigs. *Liv. Res. Rur. Dev*, 32 (6), 85.
  12. Kireeva, K.V. & Vladimirov, N. (2019). Efficiency of using a granular mixture based on dry brewer's grain in the diets of lactating cows. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 5 (175), 92-95. (In Russ.).
  13. Negash, D. (2021). Use of Brewery by-Products as Animal Feeds. *J Nutr Food Sci* 4. 027. *Henry Publishing Groups Negash D*, 4(1), 100027.
  14. Ikram, S. & [et al.] (2017). Composition and nutrient value proposition of brewers spent grain. *Journal of food science*, 82 (10), 2232-2242.
  15. Volobueva, E.S. & Aniskina, M.V. (2018). Technology of production of feed additive from brewer's pellet. *Science news in the agro-industrial complex*, (2-1), 48-50. (In Russ.).
  16. Tereshchenko, N.N., Kravets, A.V. & Minaeva, O.M. (2020). Bioconversion of wastes from the brewing industry into feed raw materials - a promising way to increase the efficiency of aquaculture. *Fish farming and fish farming*, 4 (171), 47-59. (In Russ.).
  17. Budroni, M. & [et al.] (2020). Composition and functional profiling of the microbiota in the casts of Eiseniafetida during vermicomposting of brewers' spent grains. *Biotechnology Reports*, (25), e00439.
  18. Ikram, S. (2017). Composition and nutrient value proposition of brewers spent grain. *Journal of food science*, 82 (10), 2232-2242.
  19. Tsikin, S.S. (2017). Use of beer drobina in the production of meat products. *Fundamental scientific research: theoretical and practical aspects*, pp. 395-398.
  20. Housekeeper, E.A., Melnikova, L.E., Soldatkina, N.T. & Kosterin, D.Yu. (2020). Development of technology for a dietetic sausage product using brewing waste. *Agrarian Bulletin of the Upper Volga Region*. 3 (32), 65-71. (In Russ.).
  21. Rybakov, Yu.S., Lavrova, L.Yu., Bortsova, E.L. & Lesnikova, N.A. (2016). Expansion of the range of bakery products through the use of secondary raw materials. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 7 (149), 51-56. (In Russ.).
  22. Lesnikova, N.A., Lavrova, L.Yu. & Bortsova, E.L. (2015). The use of brewer's grain in the production of gingerbread. *Bread products*, (7), 44-46 (In Russ.).
  23. Hejna, A. Marć, M., Kowalkowska-Zedler, D., Pladzyk, A., & Barczewski, M. (2021). Insights into the Thermo-Mechanical Treatment of Brewers' Spent Grain as a Potential Filler for Polymer Composites. *Polymers*, 13(6), 879.
  24. Bougrier, C., Dognin, D. & Laroche, C. (2018). Use of trace elements addition for anaerobic digestion of brewer's spent grains. *Journal of environmental management*, (223), 101-107.
  25. Kiseleva, T.F., Grebennikova, Yu.V., Reznichenko, I.Yu., Miller, Yu.Yu. & Vereshchagin, A.L. (2019). Research of the possibility of using an organic stimulant in the production of non-traditional malts. *Food industry*, (10), 32-36. (In Russ.).
  26. Reznichenko, I.Yu. & Orlov, A.I. (2020). Quality management tools in brewing. *Technology and commodity science of innovative food products*, 3 (62), 113-118. (In Russ.).
  27. Microbiology for animals. Retrieved from [https://biotrof.ru/issledovaniya/tehnologiya\\_pererabotki\\_pivnoj\\_drobiny\\_v\\_korma/](https://biotrof.ru/issledovaniya/tehnologiya_pererabotki_pivnoj_drobiny_v_korma/). (In Russ.).
  28. Cooray, S.T. & Chen, W.N. (2018). Valorization of brewer's spent grain using fungi solid-state fermentation to enhance nutritional value. *J Funct Foods*, (42), 85-94. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.12.027>.
  29. Mussatto, S.I. (2014). Brewers' spent grain: a valuable feedstock for industrial applications. *J Sci Food Agric*, 94 (7), 1264-1275.
  30. Korotkova, T.G., Danilchenko, A.S. & Istoshina, N.Yu. (2020). Study of the kinetics of drying brewer's pellet. *News of higher educational institutions. Food technology*, (4), 80-83. (In Russ.).

#### Information about the authors

A. I. Orlov – post-graduate student of the Department of Quality Management, Kemerovo State University.

I. Yu. Reznichenko – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head. Department of Quality Management, Kemerovo State University.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 04.04.2021; одобрена после рецензирования 14.05.2021; принята к публикации 24.05.2021.

The article was submitted to the editorial board on 04 Apr 21; approved after review on 14 May 21; accepted for publication on 24 May 21.