

Научная статья

УДК 663.48

DOI: 10.36718/1819-4036-2022-3-219-226

Татьяна Германовна Короткова<sup>1✉</sup>, Александра Сергеевна Данильченко<sup>2</sup>,  
Валентина Витальевна Энговатова<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия

<sup>3</sup>Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков им. Героя Советского Союза А.К. Серова

<sup>1</sup>korotkova1964@mail.ru

<sup>2</sup>danilchenkoas@inbox.ru

<sup>3</sup>udachaevv@mail.ru

### ЛИНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПИВНОЙ ДРОБИНЫ В СУХУЮ КОРМОВУЮ ДОБАВКУ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

*Цель исследования – интенсификация процесса сушки пивной дробины путем уменьшения энергозатрат на ее переработку. Задачи: разработка линии переработки пивной дробины в сухую кормовую добавку для сельскохозяйственных животных. Объект исследования – действующие и предложенные линии переработки пивной дробины в сухую кормовую добавку для сельскохозяйственных животных. Предмет исследования – свежая пивная дробина. Метод исследования основан на анализе полученных авторами экспериментальных данных по кинетике сушки пивной дробины, являющейся отходом производства Белореченского и Майкопского пивзаводов. Пивная дробина относится к высокобелковым продуктам, отвечающим показателям безопасности. Использование протеиновой добавки в рационах животных способствует повышению питательной ценности кормов. Сырая пивная дробина не относится ни к дисперсным материалам, ни к тонкодисперсным суспензиям, а представляет собой коллоидное тело, имеющее твердую основу с высоким содержанием влаги, находящейся в клетках, порах и капиллярах, и состоит из дробленых ядер и оболочек зерна с размером частиц 6–9 мм. Влажность сырой пивной дробины зависит от пневматического или гидравлического способа транспортирования пивной дробины и варьируется в пределах 80–90 %. Выполнен анализ вариантов интенсификации процесса сушки пивной дробины. Повышение скорости или температуры сушильного агента с целью интенсификации процесса конвективной сушки пивной дробины является неприемлемым, так как может привести к денатурации белков и уносу мелкодисперсной сухой фракции. Предложено после шнекового сепаратора установить вальцовую дробилку для разрушения спрессованных зон, что способствует увеличению поверхности массообмена между сушильным агентом и высушиваемым материалом и переводу части связанной влаги в свободную при разрушении клеток материала. Разработана линия переработки пивной дробины в сухую кормовую добавку для сельскохозяйственных животных, включающая последовательно установленные шнековый сепаратор, вальцовую дробилку, декантерную центрифугу и барабанную сушилку.*

**Ключевые слова:** пивная дробина, кинетика сушки, кормовая добавка

**Для цитирования:** Короткова Т.Г., Данильченко А.С., Энговатова В.В. Линия переработки пивной дробины в сухую кормовую добавку для сельскохозяйственных животных // Вестник КрасГАУ. 2022. № 3. С. 219–226. DOI: 10.36718/ 1819-4036-2022-3-219-226.

Tatyana Germanovna Korotkova<sup>1✉</sup>, Alexandra Sergeevna Danilchenko<sup>2</sup>,  
Valentina Vitalievna Engovatova<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia

<sup>3</sup>Krasnodar Higher Military Aviation School for Pilots named after Hero of the Soviet Union A.K. Serov

<sup>1</sup>korotkova1964@mail.ru

<sup>2</sup>danilchenkoas@inbox.ru

<sup>3</sup>udachaevv@mail.ru

## LINE FOR PROCESSING BREWER'S GRAIN INTO A DRY FODDER ADDITIVE FOR FARM ANIMALS

*The purpose of the study is to intensify the process of drying brewer's grains by reducing energy consumption for its processing. Tasks: development of a line for processing brewer's grains into a dry feed additive for farm animals. The object of the study is the existing and proposed lines for processing brewer's grains into a dry feed additive for farm animals. The subject of research is fresh brewer's grains. The research method is based on the analysis of experimental data obtained by the authors on the kinetics of drying spent grains, which is a waste product of the Belorechensky and Maikop breweries. Brewer's grain is a high-protein product that meets safety standards. The use of a protein supplement in animal diets helps to increase the nutritional value of feed. Raw brewer's grains do not refer to either dispersed materials or fine suspensions, but is a colloidal body that has a solid base with a high moisture content located in cells, pores and capillaries, and consists of crushed kernels and shells of grain with a particle size of 6–9 mm. Humidity of raw spent grains depends on the pneumatic or hydraulic method of grains transportation and varies within 80–90 %. The analysis of variants of intensification of the process of drying brewer's grains is carried out. Increasing the speed or temperature of the drying agent in order to intensify the process of convective drying of brewer's spent grains is unacceptable, as it can lead to protein denaturation and carryover of the fine dry fraction. It is proposed to install a roller crusher after the screw separator to destroy the compressed zones, which contributes to an increase in the mass transfer surface between the drying agent and the material being dried and the transfer of part of the bound moisture into free moisture when the cells of the material are destroyed. A line for processing brewer's grains into a dry feed additive for farm animals has been developed, including a screw separator, a roller crusher, a decanter centrifuge and a drum dryer installed in series.*

*Keywords: brewer's grains, drying kinetics, feed additive*

**For citation:** Korotkova T.G., Danilchenko A.S., Engovatova V.V. Line for processing brewer's grain into a dry fodder additive for farm animals // Bulliten KrasSAU. 2022;(3): 219–226. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-3-219-226.

**Введение.** Дефицит протеина в кормах сельскохозяйственных животных приводит к снижению продуктивности стада. Использование протеиновой добавки в рационах животных способствует повышению питательной ценности кормов, обеспечению их сбалансированности и улучшению обмена веществ у животных [1]. Одним из высокобелковых продуктов является пивная дробина [2–5], отвечающая показателям безопасности [6]. Длительное хранение сырой пивной дробины невозможно вследствие протекания процессов гниения и выделения в биосферу ядовитых продуктов гидролиза, накопления в ней микотоксинов, вызывающих у животных гепатотоксический эффект [6, 7], поэтому

проводят ее механическое обезвоживание и сушку [8].

При механическом обезвоживании предложено удаление влаги с использованием гидроциклона-сгустителя [9], фильтр-пресса, декантора, шнекового пресса [10] или в два этапа путем двухступенчатого прессования [11], прессования и центрифугирования [12]. Качественный анализ продуктов разделения сырой пивной дробины на прессово-шнековом сепараторе и фильтр-прессе приведен в работе [8]. Влажность обезвоженной пивной дробины составляет 60–70 %, а в фильтрате, полученном на фильтр-прессе, не содержатся мелкие взвеси, он имеет меньшую мутность по сравнению с

фильтратом, полученным на пресово-шнековом сепараторе. Применение данного оборудования позволяет достаточно полно удалить свободную влагу.

Нашими исследованиями показано, что в свежей пивной дробине Белореченского пивзавода [13] и Майкопского пивзавода [14], на которых производство пива проводится по классической технологии, содержание связанной влаги превышает содержание свободной влаги. На основе анализа кривых скорости сушки предложены стадии технологии переработки свежей пивной дробины в сухую кормовую добавку, включающие отжим путем прессования, дробление, центрифугирование и сушку при температуре 55–60 °С до влажности 9–10 % [15]. Подбору аппаратов предложенных технологических стадий посвящено данное исследование.

**Цель исследования** – интенсификация процесса сушки пивной дробины путем уменьшения энергозатрат на ее переработку.

**Задачи:** разработка линии переработки пивной дробины в сухую кормовую добавку для сельскохозяйственных животных.

**Объект, предмет и методы.** Объектом исследования являются действующие и предложенные линии переработки пивной дробины в сухую кормовую добавку для сельскохозяйственных животных. Предмет исследования – свежая пивная дробина. Метод исследования основан на анализе полученных авторами экспериментальных данных по кинетике сушки пивной дробины, являющейся отходом производства Белореченского и Майкопского пивзаводов.

**Результаты и их обсуждение.** Интенсификацию процесса сушки влажных материалов проводят различными способами, выбор которых зависит от конструкции сушилки, свойств сушильного агента и влажного материала.

Сырая пивная дробина не относится ни к дисперсным материалам, ни к тонкодисперсным суспензиям. Она представляет собой коллоидное тело, имеющее твердую основу с высоким содержанием влаги, находящейся в клетках, порах и капиллярах, и состоит из дробленых ядер и оболочек зерна с размером частиц 6–9 мм. Влажность сырой пивной дробины зависит от конструкции фильтрационного аппарата, предназначенного для фильтрования затора, и

пневматического или гидравлического способа транспортирования в сборник пивной дробины и варьируется в пределах 80–90 %. Несмотря на высокую влажность, в пивной дробине практически отсутствует дисперсионная среда. Механическое обезвоживание желательно проводить в щадящем режиме с целью снижения потерь питательных веществ с жидкой фазой. Температуру сушильного агента при конвективной сушке поддерживают в диапазоне от 55 до 60 °С для исключения денатурации белков. Скорость нагретого воздуха (сушильного агента) не превышает 4 м/с, что способствует снижению уноса мелкодисперсной сухой фракции.

Таким образом, при сушке пивной дробины для использования ее в качестве сухой кормовой добавки в рационе сельскохозяйственных животных повышение скорости или температуры сушильного агента с целью интенсификации процесса конвективной сушки не представляется возможным.

Сушка характеризуется высокими энергетическими затратами. Снижение энергозатрат при сушке может быть обеспечено путем уменьшения начальной влажности пивной дробины на входе в сушилку, что приведет к снижению времени сушки за счет более глубокого съема влаги при механическом обезвоживании. Съем влаги в сушилке зависит от активной поверхности тепло- и массообмена между сушильным агентом и влажным материалом в единице объема. Нами экспериментально доказано, что содержание связанной влаги в сырой пивной дробине больше, чем свободной [13, 14]. Следовательно, с целью повышения поверхности массообмена механическое обезвоживание может быть дополнено стадией дробления, приводящей к частичному разрушению целых клеток твердой фракции пивной дробины и, как следствие, к переходу некоторого количества связанной влаги в свободную.

Экспериментальное исследование механического обезвоживания с использованием пресово-шнекового сепаратора и фильтр-пресса до влажности дробины 60–70 %, проведенное в [8], выявило сложности при утилизации фильтрата пивной дробины, содержащего тонкодисперсные частицы. На наш взгляд, это связано с жестким отжимом, выдавливающим жидкую фазу из пивной дробины, что приводит к потере пита-

тельных веществ. Отжатая пивная дробина имеет вид плотно спрессованных крупных частиц комковатой структуры с небольшой поверхностью массообмена, что может привести к увеличению продолжительности сушки при удалении связанной влаги.

Для сушки фильтрата пивной дробины, являющегося дисперсным материалом с содержанием сухих веществ 4–7 %, можно рекомендовать спиральную пневмосушилку и способ сушки, запатентованный в [16], или предварительное упаривание до содержания сухих веществ 40–50 % с последующей совместной сушкой с пивной дробинкой в барабанной сушилке. Недостатком установки является наличие однофазного смесителя, представляющего собой горизонтальную цилиндрическую емкость с мешалками (лопастями) различной формы. При контакте тепло- и массообмене частицы дисперсного материала имеют температуру около 90 °С, что может оказать негативное воздействие на качество конечного продукта. Кроме этого, масса твердых частиц лопастью прижимается к седлу корыта, что приводит к их раздавливанию и частичному перетиранию, т. е. превращению твердых частиц суспензии в порошок, это отразится на потере ценных кормовых единиц в результате уноса при сушке.

Известен метод, включающий стадию дробления исходной сырой пивной дробины на вальцовой дробилке при дополнительном ее увлажнении [17]. Однако измельчение во влажном состоянии сырой дробины приведет к значительным энергозатратам процесса дробления. В связи с этим на первой стадии целесообразно предварительно отделить свободную влагу от дробины в щадящем режиме для сохранения полезных веществ в самой пивной дробине без потери их с фильтратом (отделяемой жидкостью).

Применение механического обезвоживания для удаления свободной влаги из высоко влажного материала требует меньше энергозатрат, чем удаление свободной влаги с помощью сушильного агента при конвективной сушке в сушилке.

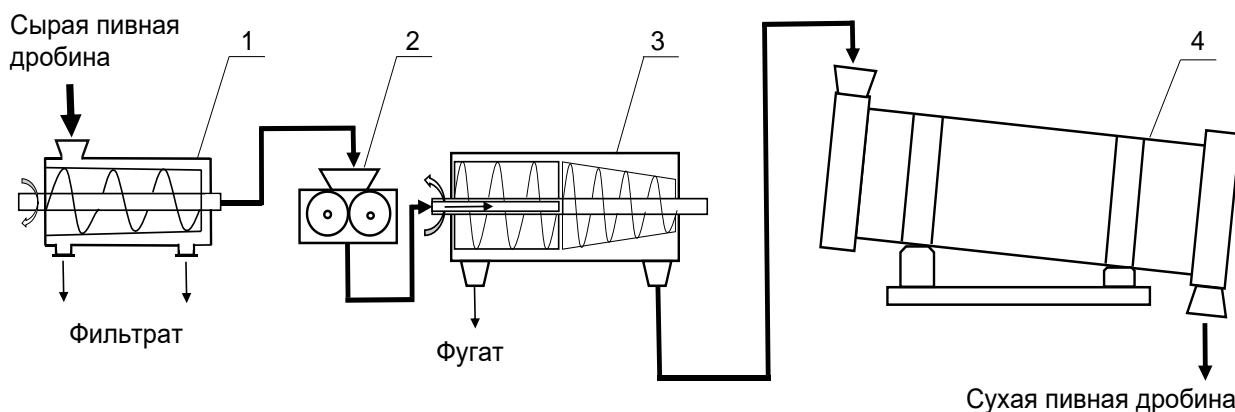
Шнековый пресс-сепаратор признан одним из лучших образцов оборудования для отжима сырой пивной дробины. Высокая производи-

тельность в сочетании с низкой стоимостью оборудования делает его доступным для использования на пивзаводах малой производительности [18].

Наибольшее распространение для сушки пивной дробины получила барабанная сушилка, перемешивание высушиваемого материала в которой осуществляется при небольшой скорости вращения барабана, что способствует сохранению структуры и питательной ценности дробины при испарении влаги.

На основе экспериментальных исследований авторов и проведенного анализа оборудования разработанная линия переработки пивной дробины в сухую кормовую добавку для сельскохозяйственных животных включает последовательно установленные шнековый сепаратор, вальцовую дробилку, декантерную центрифугу и барабанную сушилку (рис.).

Сырая пивная дробина влажностью 80–85 % (после естественного стока влаги) подается в шнековый сепаратор 1, в котором происходит ее предварительное механическое обезвоживание с образованием отсепарированной твердой фракции с размером частиц 6–9 мм и жидкой фазы, удаляемой из установки. Полученная твердая фракция поступает в вальцовую дробилку 2, где вальцы разрушают спрессованные зоны и клеточную структуру твердой фракции до размера частиц 3–5 мм, что способствует частичному высвобождению связанной влаги и увеличению поверхности массообмена между сушильным агентом и твердой фракцией пивной дробины, а также равномерному распределению влажности измельченного материала. Измельченная фракция пивной дробины, содержащая свободную влагу, подается в декантерную центрифугу 3, предназначенную для отделения фугата от измельченной твердой фракции пивной дробины под действием центробежных сил. Фугат выводится из установки, а измельченная отжатая твердая фракция пивной дробины, содержащая в основном связанную влагу, подается в барабанную сушилку 4, где происходит ее высушивание при температуре сушильного агента 55–60 °С до влажности 9–10 %. Полученная сухая дробина используется в качестве кормовой добавки для сельскохозяйственных животных.



Линия переработки пивной дробины:

1 – сепаратор; 2 – вальцовая дробилка; 3 – декантерная центрифуга; 4 – барабанная сушилка

Сокращение времени сушки достигается за счет повышения степени отжима пивной дробины, так как отделение влаги осуществляется в несколько этапов. На первом этапе в шнековом сепараторе происходит предварительное обезвоживание исходной сырой пивной дробины в щадящем режиме с выделением твердой и жидкой фракций. На втором этапе твердую фракцию подвергают дроблению на дополнительно установленной вальцовой дробилке, при котором происходит измельчение до размера частиц 3–5 мм и разрушение клеток твердой фракции, что приводит к высвобождению влаги, связанной с материалом адсорбционными и осмотическими силами, и, как следствие, к снижению конечной влажности готового продукта в режимах «щадящего отжима». Обработка сырья на вальцовой дробилке позволяет также разрушить спрессованные зоны в пивной дробине после шнекового сепаратора, тем самым увеличить поверхность массообмена между сушильным агентом и пивной дробиной при последующей сушке в сушилке. И на третьем этапе из подготовленной таким образом пивной дробины осуществляется удаление свободной влаги в декантерной центрифуге с образованием фугата и раздробленной твердой фракции. Таким образом, количество влаги в пивной дробине перед сушкой максимально уменьшается, что приводит к снижению влажности твердой фракции на входе в сушилку и высушиванию до достижения 9–10 %-й влажности.

Установка шнекового сепаратора, вальцовой дробилки и декантерной центрифуги позволяет удалить из пивной дробины до ее поступления в

барабанную сушилку не только свободную влагу, но и частично связанную, переведенную при дроблении в свободную, что способствует сокращению времени сушки и сохранению питательных веществ в конечном продукте ввиду более короткого времени температурного воздействия.

Интенсификация процесса сушки пивной дробины достигается путем снижения энергозатрат при поступлении в сушилку пивной дробины с более низкой влажностью за счет съема свободной влаги при двухступенчатом обезвоживании: на шнековом сепараторе и декантерной центрифуге, установленной после вальцовой дробилки.

**Заключение.** Выполнен анализ вариантов интенсификации процесса сушки пивной дробины. Повышение скорости или температуры сушильного агента с целью интенсификации процесса конвективной сушки пивной дробины является неприемлемым, так как может привести к денатурации белков и уносу мелкодисперсной сухой фракции. Предложено после шнекового сепаратора установить вальцовую дробилку для разрушения спрессованных зон, что способствует увеличению поверхности массообмена между сушильным агентом и высушиваемым материалом и переводу части связанной влаги в свободную при разрушении клеток материала. Разработана линия переработки пивной дробины в сухую кормовую добавку для сельскохозяйственных животных, включающая последовательно установленные шнековый сепаратор, вальцовую дробилку, декантерную центрифугу и барабанную сушилку.

## Список источников

1. Козина Е.А., Богданов В.Д. Нормированное кормление животных и птицы. Ч. 1. Кормление жвачных животных: учеб. пособие / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2012. 250 с.
2. Алферов И.В. Биохимические особенности сыворотки крови у кобыл якутской породы при введении в рацион пивной дробины // Вестник КрасГАУ. 2019. № 7. С. 169–174.
3. Борисова П.П., Алексеева Н.М., Николаева Н.А. Использование минеральных добавок из местного сырья для молодняка симментальской породы // Вестник КрасГАУ. 2019. № 7. С. 131–136.
4. Abd El-Hack M.E., Alagawany M., Patra A., Abdel-Latif Mervat, Ashour E.A., Arif M., Farag M.R., Dhama K. Use of Brewers Dried Grains as an Unconventional Feed Ingredient in the Diets of Broiler Chickens: A Review // *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 2019. Vol. 7. № 3. pp. 218–224.
5. Marcus A., Fox G. Fungal Biovalorization of a Brewing Industry Byproduct, Brewer's Spent Grain: A Review // *Foods*. 2021, 10, 2159. DOI: 10.3390/foods10092159.
6. Волотка Ф.Б., Богданов В.Д. Технологическая и химическая характеристика пивной дробины // Вестник ТГЭУ. 2013. № 1. С. 114–124.
7. Руденко Е.Ю. Современные тенденции переработки основных побочных продуктов пивоварения // *Пиво и напитки*. 2007. № 2. С. 66–68.
8. К вопросу о способах утилизации пивной дробины / С.М. Петров [и др.] // *Пиво и напитки*. 2014. № 6. С. 32–37.
9. Киров Ю.А., Батищева Н.В., Шкрабак В.С. Повышение эффективности разделения на фракции стоков пивоваренного производства в гидроциклоне-сгустителе // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2018. № 1 (50). С. 207–213.
10. Кудряшов В.Л., Кислов А.С., Преснякова О.П. Комплексная линия переработки вторичного сырья пивзаводов на основе мембранных процессов // *Пиво и напитки*. 2008. № 2. С. 22–25.
11. Патент РФ на изобретение № 2215426. Способ переработки отходов пивоваренного производства / А.Д. Рекало, А.В. Иванов. № 2002102187/13; заяв. 29.01.2002, опубл. 21.11.2003; Бюл. № 31.
12. Назаров В.И., Бичев М.А. Разработка процессов утилизации отходов пивоварения с получением гранулированного продукта // *Пиво и напитки*. 2011. № 3. С. 32–35.
13. Короткова Т.Г., Данильченко А.С., Истошина Н.Ю. Исследование кинетики сушки пивной дробины // *Известия вузов. Пищевая технология*. 2020. № 4. С. 80–83. DOI: 10.26297/0579-3009.2020.4.19.
14. Определение содержания свободной и связанной влаги в пивной дробине / А.С. Данильченко [и др.] // *Новые технологии*. 2020. Т. 15, № 4. С. 41–52. DOI: 10.47370/2072-0920-2020-15-4-41-52.
15. Короткова Т.Г., Данильченко А.С. Совершенствование технологии переработки пивной дробины в сухую кормовую добавку // *Известия вузов. Пищевая технология*. 2021. № 1. С. 59–62. DOI: 10.26297/0579-3009.2021.1.14.
16. Патент РФ на изобретение № 2258877. Способ сушки дисперсных материалов / Леденев В.П., Поляков В.А., Кононенко В.В., Ковалевский А.П., Чорбачиди П.Г., Рысин А.П.; патентообладатель ООО «Фирма «ЭТНА». № 2003137514/06; заяв. 26.12.2003, опубл. 20.08.2005, Бюл. № 23.
17. Патент US № 5702748. Method of Wet Peeling for Brewer's Spent Grain (Kishi Sohtaroh et al.) 30.12.1997.
18. Шванская И.А. Переработка отходов пищевых производств растительного происхождения на кормовые цели // *Техника и оборудование для села*. 2012. № 2. С. 27–30.

## References

1. Kozina E.A., Bogdanov V.D. Normirovanное kormlenie zhivotnyh i pticy. Ch. 1. Kormlenie zhvachnyh zhivotnyh: ucheb. posobie / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2012. 250 s.
2. Alferov I.V. Biohimicheskie osobennosti syvotki krovi u kobyly yakutskoj porody pri

- vvedenii v racion pivnoj drobinny // Vestnik KrasGAU. 2019. № 7. S. 169–174.
3. *Borisova P.P., Alekseeva N.M., Nikolaeva N.A.* Ispol'zovanie mineral'nykh dobavok iz mestnogo syr'ya dlya molodnyaka simmental'skoj porody // Vestnik KrasGAU. 2019. № 7. S. 131–136.
  4. *Abd El-Hack M.E., Alagawany M., Patra A., Abdel-Latif Mervat, Ashour E.A., Arif M., Farag M.R., Dhama K.* Use of Brewers Dried Grains as an Unconventional Feed Ingredient in the Diets of Broiler Chickens: A Review // *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 2019. Vol. 7. № 3. pp. 218–224.
  5. *Marcus A., Fox G.* Fungal Biovalorization of a Brewing Industry Byproduct, Brewer's Spent Grain: A Review // *Foods*. 2021, 10, 2159. DOI: 10.3390/foods10092159.
  6. *Volotka F.B., Bogdanov V.D.* Tehnologicheskaya i himicheskaya karakteristika pivnoj drobinny // Vestnik TG`EU. 2013. № 1. S. 114–124.
  7. *Rudenko E.Yu.* Sovremennyye tendentsii pererabotki osnovnykh pobochnykh produktov pivovarennya // *Pivo i napitki*. 2007. № 2. S. 66–68.
  8. K voprosu o sposobakh utilizatsii pivnoj drobinny / *S.M. Petrov* [i dr.] // *Pivo i napitki*. 2014. № 6. S. 32–37.
  9. *Kirov Yu.A., Batischeva N.V., Shkrabak V.S.* Povyshenie `effektivnosti razdeleniya na frakcii stokov pivovarennogo proizvodstva v gidrociklone-sgustitele // *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018. № 1 (50). S. 207–213.
  10. *Kudryashov V.L., Kislov A.S., Presnyakova O.P.* Kompleksnaya liniya pererabotki vtorichnogo syr'ya pivzavodov na osnove membrannykh processov // *Pivo i napitki*. 2008. № 2. S. 22–25.
  11. Patent RF na izobretenie № 2215426. Sposob pererabotki othodov pivovarennogo proizvodstva / *A.D. Rekalov, A.V. Ivanov*. № 2002102187/13; zayav. 29.01.2002, opubl. 21.11.2003; Byul. № 31.
  12. *Nazarov V.I., Bichev M.A.* Razrabotka processov utilizatsii othodov pivovarennya s polucheniem granulirovannogo produkta // *Pivo i napitki*. 2011. № 3. S. 32–35.
  13. *Korotkova T.G., Danil'chenko A.S., Istoshina N.Yu.* Issledovanie kinetiki sushki pivnoj drobinny // *Izvestiya vuzov. Pischevaya tehnologiya*. 2020. № 4. S. 80–83. DOI: 10.26297/0579-3009.2020.4.19.
  14. Opredelenie soderzhaniya svobodnoy i svyazannoy vlagi v pivnoj drobinne / *A.S. Danil'chenko* [i dr.] // *Novyye tehnologii*. 2020. T. 15, № 4. S. 41–52. DOI: 10.47370/2072-0920-2020-15-4-41-52.
  15. *Korotkova T.G., Danil'chenko A.S.* Sovershenstvovanie tehnologii pererabotki pivnoj drobinny v suhuyu kormovuyu dobavku // *Izvestiya vuzov. Pischevaya tehnologiya*. 2021. № 1. S. 59–62. DOI: 10.26297/0579-3009.2021.1.14.
  16. Patent RF na izobretenie № 2258877. Sposob sushki dispersnykh materialov / *Ledenev V.P., Polyakov V.A., Kononenko V.V., Kovalevskij A.P., Chorbachidi P.G., Rysin A.P.*; patentoobladatel' OOO «Firma «`ETNA». № 2003137514/06; zayav. 26.12.2003, opubl. 20.08.2005, Byul. № 23.
  17. Patent US № 5702748. Metod of Wet Peeling for Brewer's Spent Grain (Kishi Sohtaroh et al.) 30.12.1997.
  18. *Shvanskaya I.A.* Pererabotka othodov pischevykh proizvodstv rastitel'nogo proishozhdeniya na kormovye celi // *Tehnika i oborudovanie dlya sela*. 2012. № 2. S. 27–30.

Статья принята к публикации 02.02.2021 / The article accepted for publication 02.02.2022.

Информация об авторах:

**Татьяна Германовна Короткова**, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности, доктор технических наук, доцент

**Александра Сергеевна Данильченко**, ведущий инженер в управлении информатизации, ассистент кафедры безопасности жизнедеятельности, кандидат технических наук

**Валентина Витальевна Энговатова**, доцент кафедры 104 физики и электротехники, кандидат технических наук, доцент

Information about the authors:

**Tatyana Germanovna Korotkova**, Professor at the Department of Life Safety, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

**Alexandra Sergeevna Danilchenko**, Leading Engineer in Informatization Management, Assistant at the Department of Life Safety, Candidate of Technical Sciences

**Valentina Vitalievna Engovatova**, Associate Professor at Department 104 of Physics and Electrical Engineering, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

