

УДК 663.85+664.87  
[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-2\(56\)-56-61](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-2(56)-56-61)

Поступила в редакцию 12.05.2022  
Received 12.02.2022

**А. А. Шепшелев, В. В. Соловьев, В. И. Кулаковская**

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ ГИДРОЛИЗ БЕЛКОВО-ХМЕЛЕВОГО ОТСТОЯ**

**Аннотация.** В настоящее время в Республике Беларусь особое внимание уделяется проблеме переработки побочных продуктов пищевой промышленности. Отходы пивоваренного и солодовенного производства являются дешевой и широко распространенной кормовой добавкой в сельскохозяйственной промышленности, а их использование дает возможность в определенной степени восполнить дефицит протеина и значительно снизить затраты на единицу продукции.

В данной работе проведены комплексные исследования ферментативного гидролиза белково-хмелевого отстоя и определены оптимальные параметры ведения процесса с целью получения продуктов кормового и пищевого назначения.

**Ключевые слова:** отходы пивоваренного производства, отходы солодовенного производства, ферментные препараты, белково-хмелевой отстой.

**A. A. Shepsheliev, V. V. Soloviev, V. I. Kulakovskaya**

*RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, Minsk,  
Republic of Belarus*

## **ENZYMATIC HYDROLYSIS OF PROTEIN-HOP SLUDGE**

**Abstract.** Currently, in the Republic of Belarus, special attention is paid to the problem of processing by-products of the food industry. Waste from brewing and malt production is a cheap and widespread feed additive in the agricultural industry, and their use makes it possible to compensate for protein deficiency to a certain extent and significantly reduce unit costs. In this work, comprehensive studies of the enzymatic hydrolysis of protein-hop sludge have been carried out and optimal parameters of the process have been determined in order to obtain feed and food products.

**Keywords:** brewing production waste, malt production waste, enzyme preparations, protein-hop sludge

Современное состояние пищевой промышленности требует комплексного решения вопросов утилизации отходов при переработке сельскохозяйственной продукции во всех отраслях промышленности. Предприятия пивоваренной и солодовенной промышленности являются источником значительного количества отходов органического происхождения. К отходам пивоваренной и солодовенной промышленности относятся зерновые отходы, солодовые ростки, аспирационные отходы (дробленый солод, шелуха, пыль), промывные воды, белково-хмелевой отстой, остаточные пивные дрожжи, пивная (солодовая) дробина. Указанные отходы являются ценным кормовым продуктом. Это объясняется в первую очередь возможностью использования отходов производства пива и солода в качестве высококалорийных кормовых белково-активных добавок к рациону скота и птицы. [1–2]. Необходимость локальной переработки отходов с выделением и использованием содержащихся в них ценных композитов обуславливается экономической и экологической целесообразностью. Для устранения загрязнения окружающей среды на пивоваренных заводах постоянно ведутся поиски путей уменьшения количества отходов производства, полного устранения их образования или их рационального использования [3].

В настоящее время широкое применение нашло использование пивной дробины и избыточных пивных дрожжей.

Пивную дробину используют в качестве кормовой добавки для производства комбикормов на ее основе, при выпечке мучной продукции диетического назначения, при производстве мясных продуктов и полуфабрикатов, в качестве топливного компонента и удобрения при выращивании культурных растений [4–11]. Сегодня пивная дробина используется как источник углерода для микро-

организмов при производстве амилаз, как сырье для производства биоэтанола, при производстве комплексных пищевых добавок с пробиотическими свойствам [11].

Отпрессованные пивные дрожжи содержат значительное количество витаминов - группы В, РР, Е, D и др. Они значительно богаче витаминами, чем пекарские, в них имеется глутатион, регулирующий процессы окисления и восстановления. Пивные дрожжи с высоким содержанием белка (50–70 % на сухое вещество) оказывают благоприятное действие при введении их в рацион свиней, крупного рогатого скота и птиц [6].

Большое значение имеет использование пивных дрожжей в фармакологии. В качестве лечебных препаратов пивные дрожжи могут быть использованы в жидком, прессованном и сухом виде. Кроме того, их можно использовать как продукт, улучшающий обмен веществ. Очищенные пивные дрожжи могут быть рекомендованы для детского питания. Наибольшая часть пивных дрожжей используется в сыром виде на корм скоту в животноводческих хозяйствах. [4, 12].

В настоящее время исследования в области изучения возможности использования белково-хмелевого отстоя в качестве кормового и пищевого продукта практически отсутствуют.

Белково-хмелевой отстой образуется во время осветления сула в вирпуле, на дно которого оседают скоагулированные высокомолекулярные белки и выделяющиеся белково-дубильные вещества. Белково-хмелевой отстой состоит из воды (до 80 %), белка (7 %), безазотистых веществ, клетчатки, золы. В нем содержатся минеральные вещества и хмелевые смолы. Хмелевые вещества придают белковому отстою горький вкус, что обуславливает невозможность использования его в чистом виде на кормовые цели. Однако этот отход пивоваренного производства может применяться на корм скоту в смеси с другими кормами. Кроме того, белково-хмелевой отстой может быть использован как удобрение, а также как связывающее вещество при выработке гранулированных комбикормов [4, 13, 14].

**Цель** данного исследования — установление возможности использования белково-хмелевого отстоя в качестве продукта кормового и пищевого назначения.

**Методы исследования.** В качестве объекта исследования использовали белково-хмелевой отстой, образующийся в процессе приготовления пивного сула на ОАО «Криница». В ходе работы использовали следующие ферментные препараты протеолитического действия ПротоМакс (производство Республика Беларусь), Brewers Clarex (производство Франция) и Альфааза AFP (производство Россия).

Исследования по органолептическим показателям проведены специалистами отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». В ходе исследовательских работ применены следующие методы исследований:

- ♦ массовая доля сухих веществ по ГОСТ 13496.3-92 [15];
- ♦ массовая доля сырого протеина по ГОСТ 13496.4-93 [16];
- ♦ массовая доля клетчатки ГОСТ 13496.2-91 [17];
- ♦ массовая доля сырой золы ГОСТ 26226-95 [18];
- ♦ минеральный состав МУК 4.1.1482-2003 [19];
- ♦ массовая доля аминокислот по МВИ.МН 1363-2000 [20];
- ♦ массовая концентрация фенольных и фурановых соединений по ГОСТ 33407-2015 [21];
- ♦ органолептические показатели по ГОСТ 21055-2019 [22].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Проведены исследования по органолептическим и физико-химическим показателям качества исходного белково-хмелевого отстоя. На рис. 1 показан внешний вид исходного белково-хмелевого отстоя.

Белково-хмелевой отстой представляет собой жидкую полидисперсную систему, состоящую из высокомолекулярных белков и белково-дубильных веществ. Результаты исследований по органолептическим и физико-химическим показателям качества представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Органолептические характеристики исходного белково-хмелевого отстоя  
Table 1. Organoleptic characteristics of the original protein-hop sediment

Наименование показателя	Характеристика показателя
Органолептические характеристики	
Цвет	Кремовый
Консистенция	Густая
Вкус	Горький
Запах	Слабый хмелевой

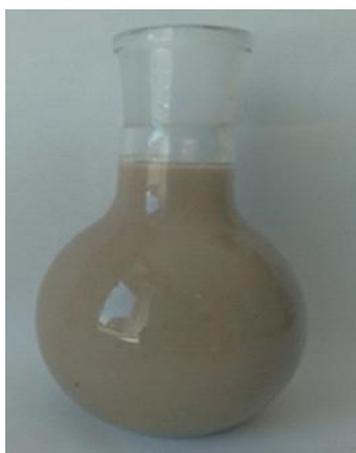


Рис. 1. Внешний вид исходного белково-хмелевого отстоя  
 Fig. 1. The appearance of the original protein-hop sediment.

Стоит отметить, что белково-хмелевой характеризуется горьким вкусом, в связи с чем в дальнейших исследованиях необходимо проводить предварительное обезгорчивание. На основании анализа органолептических показателей белково-хмелевого отстоя по цвету, консистенции, запаху и вкусу (после проведения предварительного обезгорчивания) можно сделать вывод о возможности использования в кормовой и пищевой промышленности.

Таблица 2. Физико-химические показатели исходного белково-хмелевого отстоя  
 Table 2. Physicochemical parameters of the initial protein-hop sediment

Наименование показателя	Характеристика показателя
Массовая доля сухих веществ, %	3,9
Массовая доля сырого протеина, %	2,76
Массовая доля клетчатки, %	0,1
Массовая доля сырой золы, %	0,2
<b>Минеральный состав, мг/кг</b>	
Массовая доля кальция	258
Массовая доля магния	214
Массовая доля фосфора	718
Массовая доля калия	304
Массовая доля натрия	23
Массовая доля марганца	3,4
Массовая доля железа	11,3
Массовая доля меди	4,7
Массовая доля цинка	5,6
Массовая доля бора	0,21
Массовая доля селена	менее 0,05
<b>Массовая доля аминокислоты, мг/100 г</b>	
Аспарагиновая кислота	2,0
Глутаминовая кислота	7,7
Серин	3,3
Гистидин	2,8
Глицин	5,5
Треонин	2,8
Аргинин	5,9
Аланин	2,0
Тирозин	1,0
Цистин	1,6

Окончание табл. 2

Наименование показателя	Характеристика показателя
Валин	2,9
Метионин	н/о
Фенилаланин	10,7
Изолейцин	2,8
Лейцин	8,2
Лизин	4,2
Сумма аминокислот	63,4

Анализ данных, представленных в табл. 2, позволил отметить, что:

- ♦ массовая доля сухих веществ — 3,9 %. 70,8 % от общего состава сухих веществ составляет сырой протеин, массовая доля которого составляет 2,76 %.
- ♦ в минеральном составе в большом количестве содержится такие элементы как фосфор — 718 мг/кг, калий — 304, кальций — 258 мг/кг, магний — 214 мг/кг и др.;
- ♦ аминокислоты представлены: глутаминовой кислотой в количестве 7,7 мг/100 г, серин — 3,3 мг/100 г, фенилаланин — 10,7 мг/100 г и др.

Так как белково-хмелевой отстой имеет горький вкус, что затрудняет его использование в кормовой и пищевой промышленности, проводили процесс обезгорчивания. Обезгорчивание осуществляли с помощью внесения раствора бикарбоната натрия. Для этого суспензию белково-хмелевого отстоя обрабатывали 0,2 % раствором бикарбоната натрия в течение 30 минут при постоянном перемешивании. По истечении времени белково-хмелевой отстой промывали от раствора бикарбоната натрия. С целью максимального накопления аминного азота в густой и жидкой фазе белково-хмелевого отстоя был проведен процесс ферментативного гидролиза.

Выбор ферментных препаратов был обусловлен наличием в белково-хмелевом отстое значительного количества высокомолекулярных белковых соединений. Процесс гидролиза с использованием ферментных препаратов ПротоМакс и Brewers Clarex проводили при pH = 5,5 — 5,6, t = 55,0 — 56,0 °C, τ = 90 мин, Альфаказы AFP при pH = 4,0 — 4,1, t = 50,0 — 51,0 °C, τ = 90 мин. Все ферментные препараты исследовали в заданных параметрах при различных концентрациях. Белково-хмелевой отстой, подвергнутый процессу ферментативного гидролиза, представляет собой полидисперсную систему, состоящую из мелкодисперсных частиц и коллоидных веществ (густая фаза — рис. 2) и жидкости светло-желтого оттенка (жидкая фаза — рис. 3).



Рис. 2. Густая фаза  
белково-хмелевого отстоя

Fig. 2. Thick phase of protein-hop sediment



Рис. 3. Жидкая фаза  
белково-хмелевого отстоя

Fig. 3. Liquid phase of protein-hop sediment

На следующем этапе исследований была изучена жидкая фаза прогидролизованного белково-хмелевого отстоя. Так как белково-хмелевой отстой рассматривается в качестве источника аминокислот для производства продуктов кормового и пищевого назначения, изучено содержание аминокислот, входящих в состав жидкой фазы белково-хмелевого отстоя. Результаты исследований по аминокислотному составу, представлены на рис. 4.

Анализ рис. 4. показал, что при использовании ферментного препарата Brewers Clarex массовая концентрация аспарагиновой кислоты, глутаминовой кислоты, серина, гистидина, глицина и др. превышает значения массовых концентрации вышеназванных аминокислот с использованием ферментных препаратов ПротоМакс и Альфаказа.

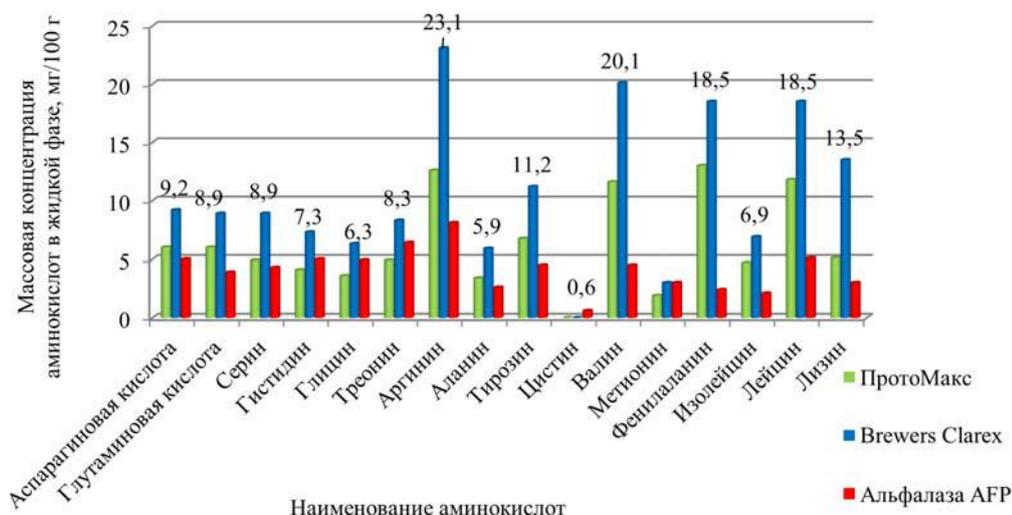


Рис. 4. Массовая концентрация аминокислот в жидкой фазе белково-хмелевого отстоя  
 Fig. 4. Mass concentration of amino acids in the liquid phase of protein-hop sediment

**Заключение.** В результате проведенных исследований по применению ферментативных препаратов для гидролиза протеинов белково-хмелевого отстоя установлены следующие оптимальные технологические параметры: температура — 50 °С, время — 90 мин, pH = 5,5. Использование препарата Brewers Clarex для ферментативного гидролиза белково-хмелевого отстоя позволяет провести наиболее полное гидролитическое расщепление белков до аминокислот, в том числе незаменимых (массовая доля аминокислот с применением ФП Brewers Clarex в 1,7 раза больше по сравнению с ФП ПротоМакс в дозировке 0,67 мг/л и 2,6 раза больше по сравнению с ФП Альфафаза AFP в дозировке 0,3 мл/л).

#### Список использованных источников

1. *Большаков, В. Н.* Микробиологический способ консервирования пивной дробины: автореф. дис. ...канд. с/х наук : 06.02.02; В.Н. Большакова / Санкт Петербург, 2009 г. — 21 с.
2. *Лазаревич, А. Н.* Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов: автореф. дис. ...канд. с/х наук: 06.02.08 / А.Н. Лазаревич; Красноярск, 2012 г. — 16 с.
3. *Батищева, Н. В.* Инновационные способы утилизации пивной дробины Материалы международной научно-практической конференции, посвященная 80-летию со дня рождения профессора Рыбалко А.Г. / Н.В. Батищева. — Саратов, 2016. — С. 3–7.
4. Методы утилизации пивной дробины [Электронный ресурс] — Москва, 2005. — Режим доступа : <http://cbio.ru/page/45/id/1303>. — Дата доступа : 12.03.2021.
5. *Кунце, В.* Технология солода и пива [Текст]: пер. с нем. / В Кунце. — СПб.: Профессия, 2009. — 1064 с.
6. *Руденко, Е. Ю.* Современные тенденции переработки основных побочных продуктов пивоварения / Е. Ю. Руденко // Пиво и напитки. — 2007. — № 2. — С. 66–68.
7. *Минзанова, С. Т.* Получение ксилитозы из пивной дробины / С.Т. Минзанова [и др.] // Тезисы докладов Всероссийской научной конференции «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства» (Краснодар, 18–19 марта 2009 года). — Краснодар, 2009. — С. 161.
8. Стимулирующее влияние фитомассы амаранта на биометаногенез в трудноферментируемых субстратах / А.З. Миндубаев [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. — 2009. № 4. — С. 220–226.
9. *Пономарев, В. Я.* Использование вторичного растительного сырья в технологии мясных продуктов / В.Я. Пономарев, Э. Ш. Юнусов, Г.О. Ежкова // Вестник Казанского технологического университета. — 2011. — № 18. — С. 156 – 158.
10. Практические аспекты использования нативной пивной дробины при производстве мясопродуктов / В.Я. Пономарев [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. — 2014. — Т.17, № 18. — С. 177–179.

11. Технология получения многофункциональных кормовых добавок на основе биоконверсии целлюлозосодержащего сырья: Материалы международной научно-практической конференции, Саратов, 2013 г. / Саратов Издательство «КУБиК», 2013. — 286 с.
12. Способ приготовления корма для сельскохозяйственных животных: пат. RU2075298C1 / В. Ф. Фомичев, А. И. Шевчук, А. С. Егорова, С.Г. Кузнецов, В.В. Базик. — Оpubл. 20.03.1997.
13. Кормовая добавка для крупного рогатого скота: а.с. № 1389743 — 1987 / Б. Л. Герасимов, Б. Х. Галиев, В. Д. Прибылов, Я. В. Прис. — Оpubл. 26.12.1985.
14. Белковый отстой — средство для повышения питательной ценности пищевых продуктов / А.П. Колпакчи [и др.] // Ферментная и спиртовая промышленность. — 1976. — № 8. — С. 20–22.
15. Комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения влаги: ГОСТ 13496.3-92. — Введ. 01.01.93. — Москва: Стандартинформ, 2011. — 38 с.
16. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина: ГОСТ 13496.4-93. — Введ. 01.01.96. — Минск: Госстандарт, 2010. — 15 с.
17. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения сырой клетчатки : ГОСТ 13496.2-91. — Введ. 01.07.92. — Минск: Госстандарт, 2010. — 6 с.
18. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой золы : ГОСТ 26226-95. — Введ. 01.07.97. — Минск: Госстандарт, 2017. — 5 с.
19. Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, поливитаминных препаратах с микроэлементами, в биологически активных добавках к пище в сырье для их изготовления методом атомной эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргонной плазмой: МУК 4.1.1482-03. — Введ. 30.06.2003. — Москва. — 7 с.
20. Метод определения аминокислот в продуктах питания с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии: МВИ.МН 1363-2000. — Введ.: 14.07.2000. — Минск: ГП «Центр эталонов, стандартизации и метрологии», 2000. — 24 с.
21. Коньяки, дистилляты коньячные, бренди. Определение содержания фенольных и фурановых соединений методом высокоэффективной жидкостной хроматографии : ГОСТ 33407-2015. — Введ.: 01.08.2016. — Минск: Госстандарт, 2016. — 12 с.
22. Комбикорма полнорационные. Технические условия : ГОСТ 21055- 2019. — Введ. 01.01.10.2020. — Минск: Госстандарт, 2020. — 12 с.

#### Информация об авторах

*Шепшелев Александр Анатольевич* — кандидат технических наук, заместитель генерального директора по научной работе РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 22037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: ashepshelev@tut.by

*Соловьев Виталий Владимирович* — и.о. начальника отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 22037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: solovyov@belproduct.com

*Кулаковская Виктория Игоревна* — аспирант, младший научный сотрудник отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 22037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: kvv88@mail.ru

#### Information about the authors

*Shepshelev Alexander Anatolevich* — PhD (Engineering), Deputy General Director for Research of RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (Kozlova str., 29, 22037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ashepshelev@tut.by

*Solovyov Vitaly Vladimirovich* — Acting Head of the Department of Technologies of alcoholic and non-alcoholic products of RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (Kozlova str., 29, 22037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: solovyov@belproduct.com

*Kulakovskaya Victoria Igorevna* — post-graduate student, junior researcher of the Department of Technologies of Alcoholic and non-alcoholic products of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (Kozlova str., 29, 22037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kvv88@mail.ru