

Кузнецов И.Н., кандидат технических наук  
Ручай Н.С., кандидат технических наук, доцент

УО «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА БЕЛОКСОДЕРЖАЩЕГО КОРМОВОГО ПРОДУКТА НА ОСНОВЕ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ ПРИ ФЕРМЕНТАТИВНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

### Резюме

Послеспиртовая барда является отходом производства этанола. Уровень накопления барды в Республике Беларусь составляет около 1,3 млн. т в год. Использование барды в качестве жидкой кормовой добавки ограничивается сроками хранения и остаточным содержанием этилового спирта. Актуальным является глубокая комплексная переработка барды с получением импортозамещающей белоксодержащей кормовой добавки. Традиционная сухая барда (DDGS) имеет невысокое содержание истинного белка и усвояемость на уровне 50–55%. Актуальным является повышение качества сухого кормового продукта за счет ферментативного расщепления полисахаридных компонентов барды (клетчатки) с целенаправленным культивированием специальных штаммов дрожжей.

Исследования направлены на изучение эффективности ферментативного расщепления взвешенных веществ барды с целью повышения качества готового продукта. В исследованиях были использованы комплексные ферментные препараты различных производителей, присутствующие на рынке Республики Беларусь. Все ферментные препараты показали хорошую эффективность с расщеплением клетчатки на уровне 25–39%.

### Summary

Alcohol stillage is a waste of ethanol production. Level of stillage production in Belarus is near 1,3 million ton per year. The using od this waste as a feed are limited by shelf life and residual alcohol content. The complex processing of stillage with protein containing feed additive production is an actual. Traditional DDGS has not high protein content with low digestability on the level of 50–55%.

The actual question is to increase of quality of dry feed additive by carbohydrates of stillage (first of all cellulose) zymolysis with purposeful cultivation of special strains of yeasts.

The research is aimed at studying the efficiency of enzymatic degradation stillage of suspended solids to improve the quality of the finished product. In the study used complex enzymes from different manufacturers which present in the market of the Republic of Belarus. All enzymes have shown good performance with splitting cellulose at 25–39%.

Поступила в редакцию 03.08.2015 г.

### ВВЕДЕНИЕ

Послеспиртовая барда является отходом производства этилового спирта. Производство этанола – самое крупнотоннажное биотехнологическое производство в мире. В Республике Беларусь спиртовая отрасль бурно развивается, практически все спиртовые заводы модернизируются, что позволяет не только повысить качество конечного продукта, но и увеличить производственные мощности. Однако увеличение объемов производства основного продукта – этилового ректификованного спирта – приводит к

накоплению значительных объемов отхода – послеспиртовой барды, которой на сегодняшний день в Беларуси вырабатывается около 1,3 млн. т в год. Барда является продуктом переработки зерна злаковых (рожь, тритикале, пшеница).

Крахмал зерна подвергается микробиологической переработке в ходе спиртового брожения с получением этанола, в то время как остальные компоненты, в том числе растительный белок, остаются в неизменном виде и переходят в барду. Данный отход представляет собой густую жидкость, содержащую остатки зерна,

имеющую влажность 92–94% и содержащую, кроме белка, биомассу клеток спиртовых дрожжей, биологически активные вещества, клетчатку. Традиционно, барда используется в качестве жидкой кормовой добавки, однако высокая влажность ограничивает сроки хранения (до 2 суток), а остаточное содержание этилового спирта неблагоприятно влияют на здоровье сельскохозяйственных животных.

В мировой практике наибольшее распространение получила технология сухой

барды (DDGS). Схема процесса представлена на рисунке 1. Взвешенные вещества барды отделяются центрифугированием. Фугат упаривается в 3-х или 4-хкорпусной выпарной установке до концентрации сухих веществ 30–35 %. Концентрат смешивается с кеком и высушивается в сушилке. Технология требует значительных энергетических затрат на обезвоживание барды, при этом усвояемость продукта составляет 50–55% [1].

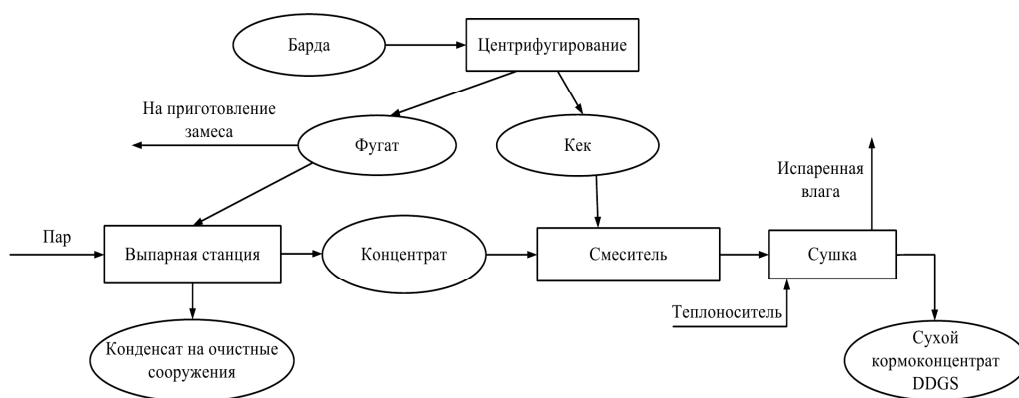


Рисунок 1 – Технология сухой барды

Существенной проблемой является высокое содержание клетчатки (13–18%) при невысокой доле истинного белка (до 20%). Этот показатель может быть увеличен до 45–50 % обогащением барды белком в результате аэробного культивирования на барде дрожжей рода *Candida*. При этом резко возрастает кормовая ценность барды из-за обогащения ее, кроме белка, витаминами группы В и другими биологически активными веществами. Появляется возможность получения полноценной кормовой белково-витаминной добавки. Однако технология получения кормового белка одноклеточных является энергозатратным производством и по стоимости не может конкурировать с соевым белком.

Таким образом, в условиях Республики Беларусь целесообразным является не только комплексное использование зернового сырья, но и импортозамещение соевого белка за счет местных белковых

компонентов.

На кафедре биотехнологии и биоэкологии Белорусского государственного технологического университета была разработана технология комплексной переработки послеспиртовой барды с получением обогащенного белком сухого кормового продукта [2], включающая ферментативную обработку послеспиртовой барды комплексным ферментным препаратом с целью расщепления полисахаридных компонентов (прежде всего клетчатки), целенаправленное культивирование специального термотолерантного штамма дрожжей рода *Lachancea* в анаэробных условиях с последующим отделением и сушкой обогащенных одноклеточным белком взвешенных веществ барды с получением белоксодержащей кормовой добавки.

Лабораторное моделирование процессов ферментативно-микробиологической переработки барды показало существен-

ное повышение качества сухого кормового продукта на основе взвешенных веществ послеспиртовой бардой в сравнении с традиционной сухой бардой. Доля истинного белка увеличилась с 20 до 30% [3].

**Целью** настоящего исследования являлось сравнение активности различных ферментных препаратов по отношению к клетчатке взвешенных веществ барды с выбором наиболее эффективного.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Объектом исследования являлись ржаная послеспиртовая барда ОСП ПЦ «Березинский спиртовой завод» ОАО «Минск Кристалл». Проведенные исследования состава послеспиртовой барды показали, что сухие вещества барды на 57% представлены взвешенными веществами, содержащими, главным образом, протеин (31,3%) и клетчатку (18,1%). Высокое содержание клетчатки обусловило целесообразность изучения эффективности ферментативного расщепления полисахаридных компонентов барды с использованием различных ферментных препаратов, обладающих целлюлазной активностью. Технология комплексной переработки послеспиртовой барды должна обеспечить максимальное использование сухих веществ барды для получения кормового продукта, качество которого значительно выше в сравнении с традиционной сухой бардой.

Эффективность ферментативной обработки анализировали на накоплению редуцирующих веществ в фугате барды и по степени биотрансформации клетчатки.

Для расщепления полисахаридных компонентов барды использовали следующие кормовые ферментные препараты:

- «Rovabio Excel AP» (производитель «Adisseo» (Франция)), основные ферменты – глюканоаза, ксиланаза, целлюлаза;

- «Фекорд-2004» (производитель ООО «Фермент» (Беларусь)), основные

ферменты – ксиланаза, целлюлаза, амилаза;

- «Целлолюкс А» (производитель ООО «Сиббиофарм» (Россия)), основные ферменты – целлюлаза, ксиланаза, глюканоаза;

- «Натузим» (производитель «BIO-PROTON» (Австрия)), основные ферменты – целлюлаза, фитаза, протеаза, амилаза.

Ферментный препарат в виде 1%-го раствора вносили в послеспиртовую барду в количестве 0,25–1,0 мл на 100 мл барды с последующей выдержкой в течение суток при температуре 42°C. Степень ферментативного расщепления полисахаридов барды оценивали по содержанию редуцирующих веществ в растворе и доле клетчатки во взвешенных веществах (кеке).

В таблице 1 и 2 представлены результаты ферментативной обработки барды по изменению содержания клетчатки в кеке и накоплению редуцирующих веществ в фугате барды соответственно.

По результатам исследования эффективности расщепления клетчатки различными ферментными препаратами (таблица 1) наилучший результат был достигнут при использовании Rovabio Excel AP с достижением степени биотрансформации 39%. Все остальные ферментные препараты дали сравнительно одинаковые результаты (25–27%), что также является хорошим показателем.

Накопление редуцирующих веществ в фугате барды (таблица 2) также свидетельствует об эффективности ферментативного расщепления компонентов взвешенных веществ барды. Наилучший результат был получен при использовании ферментных препаратов Rovabio Excel AP и Целлолюкс-А. При этом стоит отметить, что редуцирующие вещества накапливаются не только за счет расщепления клетчатки, но и других компонентов ввиду комплексной ферментативной активности ферментных препаратов.

Таблица 1 – Изменение содержание клетчатки в кеке барды

Фермент	Объем 1%-го раствора ферментного препарата, мл	Содержание клетчатки, %	Изменение содержания клетчатки по сравнению с исходной бардой, %
Rovabio Excel AP	0,25	13,4±0,1*	26
	0,50	12,8±0,1*	29
	0,75	12,1±0,1*	33
	1,00	11,1±0,1*	39
Фекорд - 2004	0,25	15,5±0,1*	14
	0,50	14,4±0,1*	20
	0,75	14,3±0,1*	21
	1,00	13,3±0,1*	27
Целлолюкс-А	0,25	16,4±0,1*	10
	0,50	15,9±0,1*	12
	0,75	14,5±0,1*	20
	1,00	13,4±0,1*	26
Натузим	0,25	16,1±0,1*	11
	0,50	15,8±0,1*	13
	0,75	14,7±0,1*	19
	1,00	13,6±0,1*	25
Исходная барда	0,00	18,1±0,1*	–

Примечание – \* P < 0,05; R<sup>2</sup> > 0,95

Таблица 2 – Содержание редуцирующих веществ в фугате барды

Фермент	Объем 1%-ого раствора ферментного препарата, мл	Содержание редуцирующих веществ, %
1	2	3
Rovabio Excel AP	0,25	0,40±0,01**
	0,50	0,45±0,02**
	0,75	0,52±0,01**
	1,00	0,53±0,01**
Фекорд - 2004	0,25	0,37±0,02**
	0,50	0,39±0,01**
	0,75	0,43±0,01**
	1,00	0,44±0,01**
Целлолюкс-А	0,25	0,38±0,01**
	0,50	0,42±0,01**
	0,75	0,47±0,01**
	1,00	0,55±0,01**
Натузим	0,25	0,34±0,01**
	0,50	0,35±0,01**
	0,75	0,37±0,01**
	1,00	0,38±0,01**
Исходная барда	0,00	0,27±0,01**

Примечание – \*\*P < 0,01; R<sup>2</sup> > 0,95

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Значительное расщепление полисахаридных компонентов (в первую очередь клетчатки) позволяет не только повысить удельную долю белка в готовом кормовом продукте на основе взвешенных веществ барды, но и позволяет за счет перевода взвешенных веществ в растворенное состояние осуществлять целенаправленное культивирование специальных штаммов дрожжей. Вещества, находящиеся в растворенном состоянии, являются питанием для микроорганизмов и дают возможность накопить биомассу, что не только повышает долю истинного белка в готовом продукте, но и дает возможность использовать труднорасщепляемые компоненты (клетчатку) с переводом за счет микробиологических процессов в более ценные компоненты. Различия в эффективности ферментативной обработки взвешенных

веществ барды связаны, в первую очередь, не с качеством комплексных ферментных препаратов, а с активностью конкретных ферментов в их составе, обусловлены спецификой задач, под которые они производятся. Кроме этого, характеристики послеспиртовой барды на разных спиртовых предприятиях существенно отличаются в зависимости от технологий производства суслу для получения этанола и используемых видов зернового сырья. Результаты исследований показали, что для разработанной на кафедре биотехнологии и биоэкологии БГТУ технологии можно использовать различные кормовые ферменты с подбором оптимальных вводимых доз. Взаимозаменяемость препаратов, обладающих комплексной ферментативной активностью, дает возможность их выбора в зависимости от стоимости и наличия на рынке.


## ЛИТЕРАТУРА

1 Кузнецов, И.Н. Анализ мирового опыта в технологии переработки послеспиртовой барды / И.Н. Кузнецов, Н.С. Ручай // Труды БГТУ. Сер. 4, Химия, технология органических веществ и биотехнология. – 2010 – Вып. 18. – С.294–301.

2 Кузнецов, И.Н. Технология переработки послеспиртовой барды с получением кормового продукта и биогаза / И.Н. Кузнецов, Н.С. Ручай, А.И. Лембович, М.А. Сазановец // Известия НАН Беларуси. Сер. Физ.-техн. наук. – 2012. – №4. – С. 119–124.

3 Кузнецов, И.Н. Микробиологическая переработка послеспиртовой барды / И.Н. Кузнецов, Н.С. Ручай // Производство спирта и ликероводочных изделий – 2013. – №3. – С. 7–10.

**Средство антисептическое**  
**«ЭКСТРАФИТОМАСТ»**  
для санитарной обработки вымени лактирующих коров  
и профилактики маститов



содержит жидкие экстракты лекарственных трав - цветы ромашки, календулы и листья крапивы

оказывает антимикробное действие на грамположительные и грамотрицательные бактерии (эшерихии, стафилококки, стрептококки), дрожжи

не раздражает кожу, не обладает аллергенными свойствами, оказывает смягчительное действие