

## ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА БИОЭТАНОЛА

Производство спирта было известно человечеству с давних времен. Более чем 8000 лет тому назад древние шумеры, сирийцы и вавилоняне применяли ферментацию при производстве пива и вина.

Ранее спирт производился, прежде всего, для изготовления алкогольных напитков, однако в течение последних 25 лет значительно возросло применение спирта в качестве альтернативного топлива. Повышенный спрос обусловил развитие заводов по производству этанола во многих развитых странах. С увеличением объемов и повышением эффективности производства возникли возможности использования большого количества послеспиртовой барды в кормовом хозяйстве и в качестве источника тепловой энергии.

В процессе ферментации зерна приблизительно одна треть сухого вещества переходит в побочные продукты. В конце процесса ферментации возникают два основных вида отходов – неферментативные зерна и жидкий материал, известный как жидккая барда, содержащая неболь-

шие частицы зерна, дрожжи и растворимые питательные вещества. В целом послеспиртовая барда является ценным источником энергии в процессе сжигания, а также источником ценных минеральных веществ, белков и целлюлозы не зависимо от того обрабатывается ли зерно кукурузы, пшеницы, ячменя, жита или риса.

Послеспиртовая барда характеризуется высоким содержанием воды, которую необходимо устранить. Состав барды с одной стороны представляет определенную угрозу рентабельности производства биоэтанола. Угрозу для окружающей среды представляет, прежде всего, высокий уровень BSK 5 (от 15 000 до 60 000 мг/л). При объеме производства 1 миллион гектолитров биоспирта в год соответствует загрязнению от жизнедеятельности города с 1,4 миллиона жителей.

Состав барды зависит от использованного сырья, способа подготовки затора ферментации и способа производства биоэтанола стадии дистилляции.

Из числа углеводов в барде содержится больше всего солодкового сахара, из полисахаридов – пеклородные декстрины и не преобразованный крахмал, целлюлоза и гемицеллюлоза,

Из суммарного азота растворимый азот составляет 15-20%, нерастворимый азот составляет 80-85%, из этого количества 12-15% приходится на азот чистых белков и 55-73% на остальные нерастворимые формы азота. Белки в барде отличаются более высокой калорийностью, как очевидно из повышения содержания незаменимых аминокислот по сравнению с исходным сырьем.

Из остальных органических веществ в барде содержатся, прежде всего, жиры, органические кислоты (молочная, янтарная) и глицерин.

Калорийность барды обусловлена также довольно высоким содержанием витаминов, ферментов и других факторов роста продуктивности. Из барды необходимо выпарить почти 85% воды. Мокрой барды почти невозможно по причине быстрой биологической деградации массы.

В некоторых странах, особенно в Европе, которые отличаются высокими ценами электроэнергии. Все больше распространения находит получение тепловой энергии или электрической энергии из барды. Предполагающееся в дальнейшем увеличение продукции биоэтанола повлечет за собой возникновение такого огромного количества отходов – барды, которое будет просто невозможно применить в кормовой промышленности.

Уникальность данного решения состоит в применении высокоспециализированных технологий мирового уровня.

Сухая барда может быть также использована в качестве одной из составляющих промышленных кормов. Кроме того, применение специальной технологии позволяет часть нечистот из загрязненной воды после центрифугирования превратить в биогаз, используемый для энергетических целей.

На сегодня самым эффективным способом получения этанола из растительного сырья (лигноцеллюлозы) считается одновременный ферментативный гидролиз целлюлозы и гемицеллюлозы с последующей ферментацией получаемых свободных сахаров до этанола. Описаны грибные целлюлозы и гемицеллюлозы, которые эффективно гидролизуют измельченную лигноцеллюлозу. Однако эти ферменты оптимально

функционируют при высокой температуре (45°C), тогда как известные на это время дрожжи сбраживают сахара лишь при 30°C.

Этанол – древнейший продукт биотехнологии, зародившейся не менее 4000 лет до нашей эры в Древнем Египте и Вавилоне. В этой технологии сахара (глюкоза, сахароза и некоторые другие) сбраживаются (ферментируются) в бескислородной среде пекарскими (спиртовыми) дрожжами. Еще до недавнего времени почти весь этанол, полученный путем дрожжевого сбраживания сахаров, использовался для производства алкогольных напитков.

Чрезвычайно важным, можно сказать глобальным, является положительный эффект использования биоэтанола в качестве топлива, ведь выделяемый при его сжигании углекислый газ имеет первичное атмосферное происхождение, т. е. его могут опять ассимилировать растения, которые в будущем станут источником получения топливного этанола. А при использовании ископаемого топлива выделяется CO<sub>2</sub>, являющийся дополнительным источником парникового эффекта.

Есть несколько видов транспортного топлива, которые можно получить из биомассы, биогаз (преимущественно метан), биодизель и биоэтанол.

Схемы с получением биогаза не нашли широкого применения ни за рубежом, ни в России. Технология переработки барды на биогаз основана на анаэробном брожении (брожении без доступа кислорода). Барда подается в специальные емкости, в которые вводятся анаэробные бактерии. Бактерии, поедая содержащиеся в барде питательные вещества, вырабатывают биогаз. Биогаз может утилизироваться в заводских котельных, а выпадающий осадок может быть использован в качестве удобрений.

Считается, что именно топливный этанол имеет наибольший потенциал, учитывая неисчерпаемые источники его получения. Ими могут быть травянистые растения и древесина, отходы сельского хозяйства и деревообрабатывающей промышленности, а также бытовой мусор.

При производстве спирта из зернового сырья традиционной считается технология, по которой зерно подвергается очистке от примесей и подается на измельчение. Дробленое сырье смешивается с водой и в полученный зерновой замес для снижения вязкости добавляют препарат термоустойчивой бактериальной а-амилазы. Затем

замес при температуре 100-150°C направляется на разваривание в специальные аппараты. В результате такой обработки получают полупродукт – разваренную массу. После охлаждения разваренной массы до 57-58°C с целью гидролиза крахмала до сбраживаемых сахаров проводят ее обработку амилопитическими ферментами. Для этого в массу добавляют солодовое молоко или раствор ферментных препаратов. В результате осахаривания разваренной массы получают сусло – зреющую бражку разделяют на браго-ректификационных установках и получают спирт этиловый (ректификат 1 сорта высшей очистки или экстра) эфиро-альдегидную фракцию, сивучные масла, а также отходы барду (остаток после отгонки этилового спирта из зреющей бражки) и лютерную воду (остаток после выделения этилового спирта и примесей из спирта – сырца, который получают при перегонке зреющей бражки).

Очевидно важнейшей проблемой спиртовой промышленности является утилизация отходов, в частности послеспиртовой барды.

Барда является ценным кормовым продуктом, обогащенным белком и различными биологически активными соединениями, образующимися в процессе брожения. В барду переходит до 30-40% питательных веществ переработанного сырья. Если при полной загрузке спиртовых заводов России на производство спирта расходуется более 2 млн т зерна. То барда полученная из этого количества зерна, по своей калорийности соответствует 0,7 млн т зерна, а по усвоемому белку превосходит его. При стоимости 1 т зерна 100 дол. США – стоимость 1 т сухой барды возрастает до 180 дол. США.

В барду переходят все питательные вещества используемого сырья, за исключением сахаров и крахмала. Зерновая барда представляет собой водянистый продукт, содержание сухого вещества, в котором колеблется от 5-12, с незначительным количеством протеина (1,8-3,4 %), жира – 0,4-1,2%, клетчатки – от 0,6-1,1%, а также включает полный набор аминокислот и минеральных веществ, находящихся в зерне.

Недостаток использования барды – высокая стоимость перевозок. Из-за высокого содержания воды (до 88-95%) транспортировка на дальние расстояния, связанная с большим расходом горючего, является не рентабельной. Поэтому барду

до недавнего времени скармливали в откормочных хозяйствах, расположенных вблизи спиртовых заводов, куда она подавалась по трубопроводам в горячем состоянии.

Отсутствие очистных сооружений должного уровня приводит к тому, что отходы сливаются в окружающую среду. Усиливая экологическую напряженность регионов.

Поэтому утилизация барды в новых условиях представляет сложную проблему особенно учитывая, что в силу процессов разложения и окислительных процессов, протекающих с высокой скоростью, сохранность барды и дробины, согласно действующих регламентов не превышает 24 часов в летнее и 48 часов в зимнее время. Более длительное хранение сопровождается накоплением токсинов, опасных для животных.

Используют специальные дрожжи кормовые видов *Torula utilis*, *Monilia turmanica* и др. Выращивают их на отходах древесины, кукурузных кочерыжках, лузге подсолнечника, соломе, камыша, а также на отходах сульфитно-целлюлозного и спиртового производства. На 1 т отходов древесины можно получить 200-250 кг дрожжи кормовые, на 1 т кукурузных кочерыжек 250-280 кг. Дрожжи кормовые – ценный белково-витаминный корм для всех видов сельскохозяйственных животных. Химический состав сухих дрожжей кормовых (%): воды 9,7; протеина 45,6; жира 1,5; клетчатки 0,2; безазотистых экстрактивных веществ 35,2; золы 7,8. В 100 кг корма 113,7 кормовых единиц и 42,4 кг перевариваемого протеина. Белок отличается высокой переваримостью и биологической полноценностью (содержит все незаменимые аминокислоты). В дрожжах кормовых содержатся витамины группы В, провитамин D<sub>2</sub> (эргостерин), минеральные вещества, разнообразные ферменты, гормоны, способствующие усвоению белков и углеводов. Дрожжи кормовые используют в качестве белково-витаминной добавки к рациону.

В связи с этим, решение проблемы утилизации отходов спиртовых заводов носит комплексный характер – технологический, экологический, ресурсосберегающий.

В мировой практике используется, как правило, технология «выпаривания фугата» в выпарных станциях. Однако стоимость выпарных станций и соответственно всего оборудования для

утилизации достаточно высокая (свыше 3 млн Евро), процесс выпарки требует значительных энергетических затрат. Не полностью решаются экологические проблемы. Все это отрицательно сказывается на себестоимости готовой продукции – сухой барды.

Существенное снижение стоимости оборудования с одновременным снижением эксплуатационных затрат можно получить, если применить вместо выпаривания технологию аэробной микробиологической переработки жидкой фазы с получением концентрированных кормовых дрожжей. В России построен ряд заводов по выпуску сухих кормовых дрожжей работающих на послеспиртовой барде.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьевич М.Б., Немировская М.Г. Инженерное сырье для промышленности строй материалов и его оценка при геологоразведочных. М.: Недра, 1974.
2. Лагутин В.Д., Борисов Д.И. Способ получения этанола.
3. Халькин Ю.В. Технология гидролизных производств. М.: Лесная промышленность, 1989.
4. Лебедев Б.Н. Труды Всесоюз. науч. исслед. конференции по комплексной переработке сырья. М.: Металлургия, 1965.

## Резюме

Спирт заводтарының қалдығын комплексті пайдаланудың, технологиялық, экологиялық, энергиялық көзін ұтымды пайдалану табу жолы баяндалады.

КазНУ им. аль-Фараби

Поступила 23.04.08г.