

УДК 534.121.2

Профессор Г. В. Агафонов, доцент Н. В. Зуева,
доцент А. И. Ключников, доцент А. Н. Яковлев
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии броидильных производств
и виноделия, тел. (473) 255-37-32

Сравнительная характеристика возможных технологий по переработке послеспиртовой барды

Исследована возможность применения инновационных технологий для разделения послеспиртовой барды.

Research of possibility of application of innovative technologies for division after-ethanol bards.

Ключевые слова: фильтрат послеспиртовой барды, мембранные технологии, керамические мембраны.

Основным отходом при эксплуатации спиртовых заводов является спиртовая барда. В настоящее время на большинстве спиртовых заводов России барду тем или иным образом перерабатывают в основном на корма. Перевозить непереработанную барду невыгодно: большое содержание жидкости и довольно низкое – ценных веществ делает транспортировку этих отходов нерентабельной.

При получении спирта (этанола) из зернового сырья ее образуется более 13 м³ на 1 т зерна. Утилизация барды является до настоящего времени актуальной проблемой. Кроме этого, имеются другие вещества (эфироальдегидные фракции, сивушные масла, спиртовой конденсат и т.д.) в условиях производства, которые привлекают внимание исследователей и практиков как сырье для переработки или в худшем случае как отходы.

Использование непосредственно послеспиртовой барды для кормления сельскохозяйственных животных неэффективно из-за низкой питательной ценности (низкого содержания белка и витаминов). Все возрастающая производительность спиртовых заводов, а значит и значительное увеличение количества жидких отходов приводит к сбросу барды в очистные сооружения и загрязнению водоемов.

Актуальность вопроса переработки или утилизации барды предприятий спиртовой отрасли уже давно ни у кого не вызывает

сомнений. Федеральный закон от 22 ноября 1995 г. № 171-ФЗ делает переработку барды обязанностью каждого предприятия отрасли. В нашей стране спиртовые заводы имеют в среднем производственную мощность от 1000 до 3000 дал/сут спирта. На каждом из них ежедневно образуется от 120 до 360 т послеспиртовой барды.

К 1 января 2008 года каждый российский спиртовой завод должен был установить у себя оборудование для переработки барды – в 2005 году была принята новая редакция закона «О госрегулировании производства и оборота этилового спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции». Заводам придется потратить на новую технику минимум 300 млн дол.

Выполнение нормы закона требует от производителей спирта значительных инвестиций. В России оборудование для производства сухой барды не производится. Европейское или американское оборудование, перерабатывающее барду по усеченной технологии – до получения DDG, для завода средней величины (мощность около 3 тыс. дал в сутки) стоит в среднем 1,3...1,7 млн дол. Китайское немного дешевле – около 1 млн дол. Оборудование для получения сухих гранулированных кормов DDGS почти втрое дороже – от 4 млн дол.

В фильтрате зерновой барды методом хроматографии определено наличие 12 аминокислот (в % к содержанию белка):

Аланин	9,8
Аргинин	6,8
Аспарагиновая кислота	3,2
Глютаминовая кислота	1,1
Изолейцин	6,2
Лейцин	6,0
Лизин	7,6
Метионин	3,4
Фенилаланин	5,6
Треонин	7,8
Тирозин	4,8
Валин	1,7
ВСЕГО:	64

Известно, что при производстве спирта из зерново-картофельного сырья только 1/3 содержащихся в нем сухих веществ превращается в спирт, а остаток несброженных веществ, составляющий также 1/3, переходит в барду. Этот остаток составляют белки, зольные вещества и жиры. Количество белков в барде увеличивается за счет азотистых веществ дрожжей, а общее содержание белков в сухом веществе барды в два раза выше, чем в исходном зерновом сырье. В зерновой барде из общего количества азота в растворимой форме находится только 15...25 %. Количество сухих веществ в жидкой барде колеблется в пределах 4...8 %.

Исходная (нативная) зерновая барда имеет кислую реакцию, высокую температуру. Около 1 % взвешенных веществ от общей массы барды в виде дробины (частички зерна и солода) представляют собой коррозионно-абразивную среду, которая при движении интенсивно разрушает трубопроводы и технологические аппараты. Для предотвращения этого барду необходимо собрать (усреднить) и дать возможность в течение 12 ч отстояться. При этом находящиеся в барде кислотогенные микроорганизмы продолжают процесс кислого сбраживания углеводов и аминокислот, осуществляя начальный гидролиз растворенного субстрата до низкомолекулярных органических кислот и других молекул малого размера. При отстаивании барды плотная ее часть осаждается на дно сборника-усреднителя и затем отфильтровывается от дробины сетчатыми барабанными фильтрами.

В отстоявшейся жидкой фазе барды находятся взвешенные вещества в виде мелкодисперсных и коллоидных взвесей с размером до 1...2 мкм, а также растворенные продукты кислого брожения, аминокислоты, растительный жир и безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ) в количестве до 50 % от общей

массы всех органических веществ, содержащихся в барде, или 3,0...4,0 % а.с.в. состава барды.

Для разделения взвешенных и абсолютно растворенных веществ жидкой фазы барды технологиями утилизации предусматривается, как правило, механическое отделение и обезвоживание плотной фазы и получение при этом фугата (филтрат) – жидкой фазы барды (ЖФБ), либо энергоемкое и высокочатратное упаривание барды с получением при этом кислого конденсата и трудноутилизируемого остатка.

Практически все оборудование, применяемое в настоящее время для разделения плотной и жидкой фаз барды (сепараторы, центрифуги, фильтр-прессы с использованием фильтровальных тканей, ленточные вакуум-фильтры и т.п.), полностью решают эту задачу. Однако при этом в фугат или филтрат переходит значительное количество мелкодисперсных и коллоидных загрязнений, что снижает эффективность последующих стадий очистки и в целом всего процесса утилизации барды.

Проанализируем этапы классических технологий, которые пытаются внедрить спиртовые заводы.

1 этап. Применение центрифуг или сепараторов. Это разделение жидкой барды на составляющие: взвешенные крупные частицы зерна (дробина) и грубый филтрат (фугат). Послеспиртовая барда содержит до 9 % сухих веществ, часть этих веществ растворена в воде, а часть находится во взвешенном состоянии. Любая центрифуга улавливает только половину сухих веществ, т.е. 4...6 % из 9 %. Чтобы уловить больше – необходимо применять флокулянты. Но флокулянты недешевы, и за год работы их стоимость составит около 3 млн. р.

На этом этапе из 120 т барды получится 20...25 т дробины с 75 %-ой влажностью и 100 т фугата, в котором осталось 4...6 % сухих веществ (ценного растворимого белка). Эти 100 т в основном утилизируют методом слива на поля. Оборудование для первого этапа стоит около 4 млн. р.

2 этап. Применение сушильных установок для сушки дробины. Сушат 20...25 т дробины, получая при этом 5 т сухой барды с содержанием белка 26...28 %. Используются дисково-трубчатые, барабанные, ленточные, пневматические сушильные установки. Стоимость таких сушильных установок в пределах 5 млн. р.

3 этап. Некоторые руководители, видя, какой вред наносят сливы фильтрата (фугата) экологии, пытаются его концентрировать до 70 % влажности с помощью выпарных установок.

В результате работы таких установок образуется чистая вода в виде пара (4 части) и концентрированный фугат («кисель») (1 часть), приблизительно 20 т от 100 т фугата. Далее по технологии концентрированный фугат пытаются смешивать с дробиною и одновременно сушить. Но эти попытки не приводят к нужному результату – высушиванию до 14 % влажности. Ни одна из сушилок не способна сушить такую вязкую смесь.

У классических выпарных установок есть большой минус. Работают только после центрифугирования с вышеперечисленными проблемами. Теплоносителем для испарения является пар, который по энергетическим затратам дороже газа, а получают его так же, сжигая газ, только в 2 раза больше. Стоят такие установки астрономически – около 50 млн р. [1].

Предлагаемая технология переработки послеспиртовой барды будет осуществляться в несколько этапов.

1. Пропускание барды через декантер с целью удаления грубых примесей.

2. Разделение густой и жидкой фаз барды на разделительной центрифуге.

3. Разделение жидкой фазы послеспиртовой барды на мембранной установке с керамическими мембранами. Мембранная установка оборудована системой периодической регенерации (промывки) мембран, что обеспечивает высокую стабильность и практичность работы оборудования.

Керамические мембраны, создаваемые обычно на основе оксидов, нитридов и карбидов ряда металлов, предназначались для микро- и ультрафильтрации различных жидкостей, агрессивных по своей природе или требующих для осуществления эффективных процессов разделения их нагрева до температур свыше 100 °С, где полимерные (органические) мембраны теряют свои свойства или разрушаются. Кроме высокой температурной стабильности, существует еще целый ряд характерных для керамических мембран свойств, которые позволяют выделить их в отдельное направление коммерческой и научно-технической деятельности, получившей за рубежом название «бизнес керамических мембран».

Среди таких свойств следует, в первую очередь, отметить: механическую стабиль-

ность, стойкость к химическому и микробиологическому воздействию, стабильность создаваемых структурных пор и возможность активного управления ими в процессе производства мембран, возможность использования обратных потоков через мембрану, высокая пропускная способность мембран, большой срок эксплуатации.

За счет перечисленных преимуществ использование керамических мембран по сравнению с полимерными позволяет снизить эксплуатационные расходы (в основном за счет большего срока эксплуатации), уменьшить габаритные размеры и металлоемкость мембранной установки, что также снижает величину капитальных затрат.

Для исследования использовалась экспериментальная мембранная установка (рисунок), состоящая из сборника для исходного раствора 1, нагнетательного насоса 2, манометров 3, расходомеров 4, мембранных модулей 5 с керамическими мембранами INSIDE CéRAM™ «TAMI Deutschland GmbH» и приемных мерных цилиндров 6 для пермеата. Данная установка может работать как при параллельном, так и при последовательном включении мембранных модулей, что позволяет решать многие технологические задачи.

В качестве керамических мембран использовали мембраны с характеристиками, приведенными в таблице [2, 3].

Т а б л и ц а

Основные рабочие характеристики керамических мембран

Мембраны INSIDE CéRAM™ «TAMI Deutschland GmbH»		
Внешний диаметр, мм (L = 1178 мм*)	10	10
Количество каналов, шт.	1	7
Гидравлический диаметр, мм	6	2
Поверхность фильтрации, м²	0,02	0,06
Назначение**	МФ, УФ, финишная УФ	

*могут выпускаться длиной 580, 850, 1000, 1020, 1178 мм.

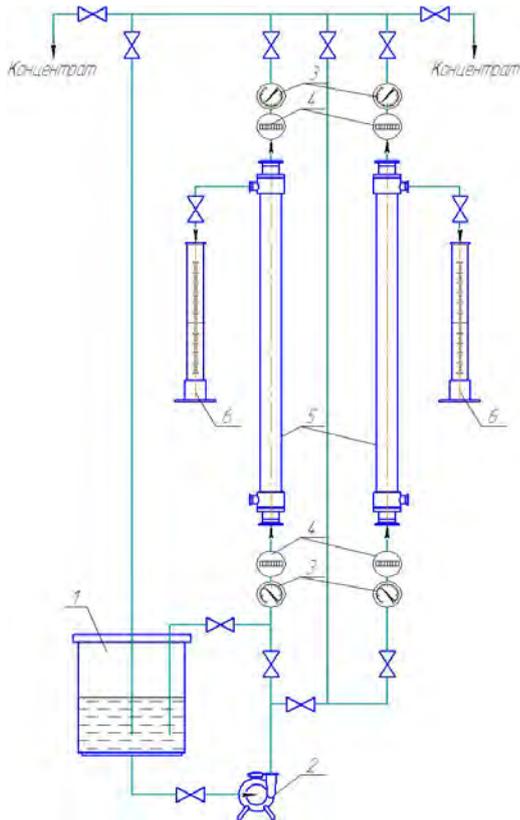


Рисунок. Схема экспериментальной установки

Внедрение данной технологии переработки послеспиртовой барды позволит получить кек влажностью до 40...50 %, глубоководноочищенный от взвешенных веществ фильтрат жидкой фазы барды с концентрацией органических загрязнений по ХПК – до 15...20 г/л.

Помимо этого, изменяя характеристики и режимы работы керамических мембран, возможно выделение и концентрирование как отдельных белковых фракций, так и аминокислот.

ЛИТЕРАТУРА

1. Востриков, С. В. Проектирование спиртового производства [Текст] / С. В. Востриков, В. А. Маринченко, А. Н. Яковлев; – Воронеж: «Полиграф», 2003. – 228 с.
2. Мулдер, М. Введение в мембранную технологию [Текст] / М. Мулдер – М.: Мир, 1999. – 513 с.
3. Брык, М. Т. Мембранная технология в промышленности [Текст] / М. Т. Брык, Е. А. Цапюк, А. А. Твердый. – Киев.: Техника, 1990. – 247 с.