

Барда в законе

В.Б. Новиков, С.В. Зверев

ООО «НПК «Резонанс» — Московский государственный университет пищевых производств, Москва

Вопрос утилизации предприятиями такого отхода спиртового производства, как зерно-картофельная барда с небольшим содержанием в ней сухих веществ (3,0–8,4%), десятилетиями не находит устойчивого приемлемого решения, несмотря на обилие различных предлагаемых схем и даже комплектов оборудования. Так что же не устраивает производителей в такой на первый взгляд простейшей операции?

Барда в жидком виде существовала всегда, обладала одной и той же кормовой ценностью и требовала переработки в течение 12 ч с момента выхода с основной технологической линии выработки спирта, так как является скоропортящимся продуктом. В советский период времени ее большей частью планомерно скармливали животным откормочных хозяйств, т.е. работал централизованно-плановый механизм, которого в настоящее время нет, а барда осталась и вошла в конфликт с окружающей средой. Отсутствие ее переработки приводит к серьезным экологическим проблемам вокруг спиртзаводов, так как показатель биохимической потребности в кислороде для полной ассимиляции с природой (сокращенно БПК₅) составляет почти фантастическую величину — 25 000–29 000 мг-экв./л. Сравним: хозяйственно-фекальные стоки по этому показателю находятся в диапазоне 250–500 мг-экв./л, или в сотни раз меньше. Очистка 1 м³ стоков с содержанием барды приравнивается к очистке 400 м³ типичных промышленных сточных вод. Ситуация с утилизацией барды в целом стала хуже. Такое годами не изменяемое и нетерпимое положение привело к появлению Федерального закона № 102 от 25.07.05 г., в директивном порядке предписывающего расправиться с этой проблемой до 1 января 2008 г., иначе в действие включается административный ресурс вплоть до закрытия предприятий. Другими словами, барда попала в закон, а заводы — под воздействие сильнейшего внешнего раздражителя их спокойствия. Дальнейший прогноз проблематичен, так как производственная жизнь не всегда строго предсказуема.

Выбор стартовой позиции

Мутную неоднородную жидкость светло-коричневого цвета с некоторым содержанием сухих веществ, рН 4,6, остаточным содержанием спирта 0,008 %, называемую бардой, хорошо знают работники спиртзаводов. Барда содержит белки, клетчатку, дрожжи, углеводы, жиры, витамины, зольные вещества (табл.1).

Таблица 1

Показатели	Барда	
	зерновая	картофельная
Сухое вещество, %, всего	6,7–8,4	3,0–4,0
В том числе, %:		
сырой протеин	1,8–2,2	0,6–0,4
клетчатка	0,9–1,7	0,3–0,4
зола	0,6–0,7	0,4–0,5
Безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ), %	3,4–3,8	1,7–2,3

Особенно важно отметить, что сложность работы с ней и круг применяемых способов (технологий) обусловлены наличием растворимых в воде несбраживаемых компонентов исходного природного сырья. Отсюда равноценными можно считать два пути:

- Считать барду объективно неизменным во времени началом для переработки, под которое следует подстраивать все варианты утилизации ее полезных компонентов и нейтрализации вредных. Такой подход наиболее приемлем для действующих производств.
- Пересмотреть с самого начала всю технологию спиртового производства и найти варианты, при которых в идеале барда не образуется совсем. Такой подход рассчитан на перспективу с применением как для создания новых предприятий, так и для коренной реконструкции существующих заводов на принципиально иной основе, с предварительной их полной остановкой.

Проблема и ее история

Вернемся к истокам проблемы лет на 30–40 назад. Вопрос утилизации барды рассматривался и в учебниках, но лишь в существовавшей системе централизованного планирования всего народного хозяйства и только по варианту А. Сколько получилось барды — столько и планировалось распределять главным образом директивно. А если не получается, сушить ее и даже сжигать отходящими дымовыми газами до состояния минерального удобрения либо использовать, скажем, для гранулирования суперфосфата! Не будем критиковать, таков был технический уровень с соответствующим хозяйственным подходом к решению проблем в целом.

Изучение передового опыта различных стран давало значительный разброс направлений, учитывающих и особенности в них спиртового сырья, и местные традиции, и территориально-климатические варианты. Наиболее продуктивным и экономически целесообразным с методической точки зрения, по-видимому, был взгляд на барду, как на обычные загрязненные стоки. В самом деле, когда в жидкой фазе растворено около 10 % сухих веществ, то надо ориентироваться на приведение основного объема обрабатываемой жидкости в соответствие с требованиями экологии. А уж при выделении полезного концентрата в значительно меньшем объеме переходить на продуктовую линию его обработки и доводить начатое дело до конца. Именно так и было предложено специалистами [1, 2].

Недостаток всех ранее предлагавшихся схем состоял в том, что на тот период не существовало высоконадежной элементной базы для очистки стоков-суспензий со стартовой температурой около 100 °С, содержащих в водной среде растворимые белковые вещества и соли. Такие воды не могут быть очищены до БПК₅ = 6–10 мг-экв./л исключительно дешевыми и традиционными способами.

Конечно же, зависшая проблема заставляла постоянно думать об экономически выгодных схемах утилизации барды.

Вот только предлагаемые технологические процессы ее переработки, как правило, *представляют главным образом научно-исследовательский интерес поиска вариантов, но не дают отечественному производству практического решения экологической проблемы в полном объеме*, так как ориентированы исключительно на осуществление продуктовых схем с выделением из раствора основной массы сухих веществ любой ценой, с досушиванием их до сухого товарного состояния. Почему любой ценой? А посмотрите-ка на экономические показатели работы дорогих выпарных установок с огромным потреблением пара среднего давления на входе и сбросом тепла в атмосферу через парящие градирни в хвосте процесса, да на содержание сухих веществ в том концентрате, который направляется на сушилку. Невольно возникает вопрос: следует ли так напрягаться, чтобы получить главным образом воду с высокими затратами на ее фазовые превращения? Не следует. Вот и ждут производственники чего-то получше.

Сложный выбор

Все предлагаемые способы переработки барды можно условно разделить на два типа схем:

1. С использованием биотехнологических операций:
 - схемы с получением кормовых дрожжей;
 - схемы с получением биогаза в метантенках.
2. Основанных только на физических методах:
 - схемы с выпарными станциями и сушилкой для получения сухой барды;
 - схемы с физико-химическим осаждением;
 - схемы с сепарированием и фильтрацией.

Комбинирование позиций из этих типовых схем лежит в основе многочисленных предложений, которые та или иная фирма направляет производственникам, пытаясь заинтересовать ключевыми фразами «принципиально новое», «исключительно выгодное» и т.п.

Анализируя способы переработки, получаем следующее: биотехнологические операции в реализации не так просты и «перебивают» кажущиеся выгоды своей сложностью в реализации с необходимостью постоянного квалифицированного управления процессами. Простейший вопрос производственника «что про-

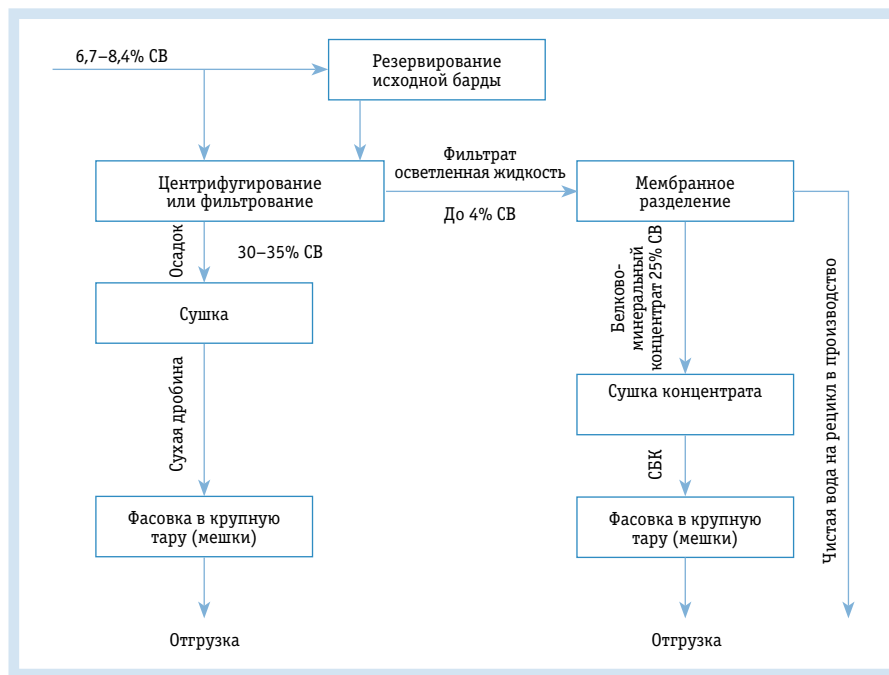


Схема утилизации спиртовой барды

ще — получение основной продукции или вспомогательные процессы утилизации?» способен поставить в тупик многих приверженцев продвижения биотехнологий в жизнь. Иначе бы за последние годы не появилось множества патентов, в основу которых положены физико-химические методы.

Директора спиртзаводов получают присылаемые им предложения, но никто из предлагающих схематику не в состоянии облегчить им реальную производственную жизнь. Это ведь у директора и главных специалистов заводов дилемма: либо они победят барду, либо неукрошенная барда восторжествует и победит их, а завод закроют в соответствии с вышеупомянутым Федеральным законом. Попробуем немного побыть на месте директора и понять, что же он может считать критериями удовлетворительной переработки барды. Скорее всего, критерии будут примерно такими:

• обеспечение безусловной экологической чистоты в результате применения технологии;

• соблюдение правил взрыво- и пожарной безопасности;

• простота и надежность дополнительного технологического процесса утилизации;

• разработка технологии с замкнутым циклом получения продукта внутри самого производства;

• отсутствие необходимости завоза каких-либо компонентов со стороны, использование уже имеющихся ресурсов тепла, энергии, производственных площадей с организацией технологических

процессов переработки барды на территории спиртзавода;

• переработка всего объема поступившей барды прямо в потоке, притом не более суток с момента ее выхода из основного производства;

• хорошее качество получаемых продуктов переработки;

• малый объем дополнительно возводимых зданий;

• минимальный срок окупаемости капитальных вложений.

Изложенным критериям будет удовлетворять золотая середина: что-то взять от имеющихся технологий переработки барды, что-то от очистки сточных вод. Наиболее разумным с учетом вышеперечисленных ограничений следует признать путь по предлагаемой схеме (см. рисунок) (считаем материальный баланс на 100 т жидкой исходной барды):

1. Механическими способами разделяют барду на влажный осадок нерастворимых веществ (дробину) и фильтрат с растворенными в нем веществами. С этим хорошо справляются сепараторы и центрифуги. Получают 10 т дробины с влажностью 65 % и 90 т горячего фильтрата с содержанием растворенных в нем сухих веществ, солей и кислот около 4 %.
2. Дробину сушат простыми и надежными способами, желательнее без дополнительных затрат пара, так как не все котельные осилят дополнительную нагрузку. Есть соответствующее оборудование, так что удалить 6 т влаги (6 % к общей исходной массе) вполне реально. Процесс будет более легким,

если дробину предварительно смешать с отшелушенными сухими зерновыми оболочками, которые часть влаги «оттянут» на себя за счет своей капиллярно-пористой структуры [3]. Эту влагу легче извлечь с общей увеличенной поверхности при сниженной относительной влажности.

3. Жидкий фильтрат разделяют мембранными (тоже механогидравлическими) способами на 25%-ный сметанообразный коричневый концентрат растворенных веществ (16 т) и чистую горячую воду (74 т). Современные двухступенчатые установки с керамическими мембранами позволяют надежно выполнить такое разделение даже при высоких температурах фильтрата — до 100 °С включительно. Вода до того чиста, что солесодержание в ней в два раза ниже, чем в водопроводной воде, поэтому ее выгодно вернуть в самое начало процесса производства спирта. Эта технология пока не стала массовой, однако иного пути нет, так как механическое отделение влаги в 20 с лишним раз дешевле по текущим затратам, чем испарение при сушке и в 5 раз дешевле упаривания в выпарных установках.
4. Белковый концентрат также подлежит сушке на ином типе сушильного устройства с более высокой напряженностью пространства сушилки по влаге. Удаление влаги сушкой в объеме около 12 т (12% к общей исходной массе) — тоже не подарок, но размеры оборудования и энергозатраты будут на порядок меньше, чем это предлагается сейчас.

Итог: на выходе получаем два сухих продукта с разной биологической ценностью и разной стоимостью. Если кто пожелает составить смесь, то перемешивание сухих составляющих не выльется в проблему.

Основы производства спирта могут измениться

Резонно предположить: чем меньше продуктов переработки содержится в спиртовой барде, тем должна быть проще и дешевле ее утилизация. Некоторые попробовали поискать такие способы производства спирта, при которых барда, как таковая, почти не образуется. Выражаясь конкретнее, при извлечении зерен крахмала в максимально чистом виде из крахмалистого сырья до того, как эти зерна в водном растворе подвергнутся известному процессу осахаривания, зерновые остатки отделяют и не допускают к брожению. В этом направлении работы тоже велись, к настоящему времени предложено несколько схем переработки с предварительным удалением несбраживаемых компонентов зерна. Самое радикальное: оболочки с белковой составляющей отделяются без разваривания от зерен крахмала еще на первой стадии подготовки исходного спиртового сырья методами гидродинамики [4]. После разделения на сепараторе крахмальное молочко поступает на переработку, а дробина сушится. Облегчается и удешевляется мембранная фильтрация. Но и это еще не предел для решения основной производственной задачи — получения спирта с высочайшими его показателями качества.

В последнее время отрабатывается почти космическая технология с протеканием брожения в условиях вакуума [5]. Такой тип брожения характеризуется целым рядом отличительных особенностей, делающих новую технологию весьма привлекательной, особенно для получения высококачественного спирта:

- в условиях вакуума, дистилляция спирта происходит непосредственно в бродильном чане при температуре брожения, продукт отводится из жидкой фазы сразу по мере его образования.

Таким образом, брожение протекает практически при нулевой концентрации спирта в бражке;

- скорость образования спирта (следовательно, и производительность оборудования) повышается в 2–3 раза;
- жизнеспособность дрожжей и их активность сохраняются на первоначальном уровне на протяжении всего цикла брожения;
- выход спирта на 1 т крахмала получают в пределах не ниже установленных норм. При этом накопление биомассы дрожжей значительно увеличивается;
- гидромодуль замеса становится возможным увеличить до уровня 1:1;
- в бродильном чане при работе с такими гидромодулями отсутствуют посторонняя микрофлора и примеси, характерные для загрязняющей микрофлоры, например изопропанол;
- на выходе из бродильного чана концентрация спиртового дистиллята составляет 35%, что дает возможность направить его непосредственно на эспирацию, исключив из состава установки ректификации бражную колонну.

Нормативный выход спирта из 1 т условного крахмала перерабатываемого сырья не снижается, а конечный продукт обладает существенно более высокими качественными показателями. Сравнительные физико-химические показатели спирта-ректификата приведены в табл. 2.

Конечно же, сухие вещества в барде все равно будут присутствовать. В конце цикла брожения за счет испарения воды содержание сухих веществ в жидкой фазе бродильного чана возрастает до 26–30%. Такая напоминающая сметану текучая жидкость, содержащая 32–36% сырого протеина (в пересчете на АСВ), по существу, является сконцентрированной бардой, готовой для окончательной сушки. Если кто желает предварительно выделить дрожжи для возврата в процесс или для получения отдельной товарной позиции, это будет нетрудно сделать

В процессе обработки ни на одной из стадий технологического процесса обрабатываемое сырье не подвергается воздействию температуры, превышающей 85 °С. А такие мягкие термические режимы, в свою очередь, обеспечивают минимум потерь аминокислот в после-спиртовой барде.

Результаты анализа сушеной после-спиртовой пшеничной барды и ее аминокислотного состава, что было получено в одном из испытаний (табл. 3), показали, что по своим кормовым свойствам она не

Таблица 2

Показатель	Спирт-ректификат	
	«Альфа», ГОСТ Р 51562–2000	По технологии прямой отгонки
Массовая концентрация (в пересчете на безводный спирт) мг/дм ³ , не более:		
альдегиды	2	0,3
сивушные масла: 1-пропанол, 2-пропанол, изобутанол и изоамилол, 1-бутанол	6	0,4
изоамилол и изобутанол	2	0
Метанол в пересчете на безводный спирт, об. %, не более	0,03	0,001
Массовая концентрация в безводном спирте эфиров, мг/дм ³ , не более	10	0

Таблица 3

Показатель	Сушеная барда	
	пшеничная	кукурузная (международный номер корма 5-28-236)
Массовая доля, %:		
влага	7,9	9,0
протеин	30,22	27
клетчатка	5,11	9,1
жир	9,45	4,55
зола	6,23	—
крахмал	1,25	—
сахар	3,27	—
кальций	0,07	0,14
фосфор	1,05	0,66
токсичность	Не установлена	Не токсична
Витамины, тыс. МЕ/кг:		
A	4,5	—
D	Отсутствует	—
E	18,8	—
Витамины группы B, мг/кг:		
B ₁	7,3	—
B ₂	34	—
B ₄	170	—
B ₅	72	—
Обменная энергия:		
для свиней, МДж/кг	9,7	—
для КРС, МДж/кг	8,3	—
для птицы, ккал/кг	2280	—

уступает сушеной послеспиртовой барде из кукурузы.

Изложенное выше называется технологией прямой отгонки спирта и является новым этапом в развитии технологий спиртовой промышленности. С ее применением решается ряд весьма актуальных проблем отрасли (в первую очередь утилизация и использование послеспиртовой) барды, интенсификация процесса брожения; сокращение производственных расходов.

Методы интенсификации

Заглянув в начало и конец технологического процесса производства спирта, коротко пройдемся по методам интенсификации этого производства в ходе превращения исходного сырья в продукт.

Об активирующем воздействии ультразвука (УЗ) различных частоты и амплитуды на многие технологические процессы, в том числе и в пищевой промышленности, известно довольно давно [6]. В последнее время интерес к этому явлению и возможностям его использования в спиртовой промышленности оживился [7]. Интенсивное (порядка 1 Вт/см²) воздействие ультразвука в течение 5 мин на крахмалсодержащее сырье существенно ускоряет процесс сбраживания. Сам процесс сокращается с 72 до 62–64 ч, т.е. на 11–14%. Содержание спирта в бражке увеличивается на 0,7%, что немного поднимает и его выход. Резко (в 1,6 раза) сокращается содержание примесей в спирте. Очевидно, это связано с деструктивным воздействием ультразвука на молекулы крахмала, а точнее, эффекта кавитации в УЗ поле. В результате воздействия в сусле существенно возрастает содержание редуцирующих сахаров и декстринов, что стимулирует эффективность процесса осахаривания. Аналогичные результаты дает ультразвук и в процессе получения крахмального молочка с отделением в самом начале неосахариваемых компонентов, также содействуя более полному выделению крахмала и его частичной деструкции. В больших объемах жидкости кавитационный эффект рациональнее получать гидродинамическим способом [8].

К нетрадиционным методам воздействия на зерно можно отнести процесс высокотемпературной микронизации — аналог известного всем гриля с быстрым нагревом зерна в потоке инфракрасного излучения при затратах в среднем 170 кВт·ч/т [9]. В этом случае еще в предстартовой стадии спиртового производства в зерне наблюдается деструкция

крахмала [10]. Кроме того, происходит обеззараживание зерна, что немаловажно при механико-ферментативном способе получения сусла [11].

Заключение

Сопоставляя различные варианты утилизации барды, наглядно видим: проблема имеет не одно, а несколько решений, в том числе выходящих за рамки собственно барды. Заводы, которые по различным причинам не сумеют выполнить требования Федерального закона № 102 в установленные сроки, могут прекратить свое существование, открывая тем самым жизненное пространство для реализации современных способов производства спирта. Таким образом, очевидно: через закон идет своеобразное российское стимулирование научно-технического прогресса — производственники вынуждены делать выбор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рудницкий П. В., Кравец Ю. М., Кац В. М., Каранов Ю. А. Пути утилизации и обезвреживания сточных вод в спиртовой промышленности. Киев, 1969. — 40 с.
2. Польгуев В. В., Сумароков М. В. Утилизация промышленных отходов. — М.: Стройиздат, 1990. — 352 с.
3. Калошина Е. Н. Ресурсосберегающие технологии кормопродуктов на базе вторичного сырья спиртового и пивоваренного производства.

Монография. — М.: Издат. комплекс МГУПП. 2006. — 278 с.

4. Получение нативной пшеничной клейковины в спиртовом производстве//Производство спирта и ликероводочных изделий. № 1, 2004. С. 29–30.
5. Арсеньев Д. В., Красницкий В. М., Кузмичев А. В., Ежков А. А., Ежков А. В., Пекарев В. Я. Новые технологии для спиртовой отрасли и кормового производства//Производство спирта и ликероводочных изделий. 2001. № 4. С. 24–25.
6. Беззубов А. Д., Гарлинская Е. И., Фридман В. М. Ультразвук и его применение в пищевой промышленности. — М.: Пищевая промышленность, 1964.
7. Смирнова И. В., Кречетникова А. Н. Ультразвуковая обработка сусла на стадии осахаривания//Производство спирта и ликероводочных изделий. 2006. № 1. С. 29–30.
8. Заявка (Ru) № 2006116555. Гидродинамический генератор акустических колебаний / А. А. Рухман, А. И. Николаев, В. Д. Плюснин, О. А. Мастеров, 2006.
9. Зверев С. В., Зверева Н. С. Функциональные зернопродукты. — М.: ДеЛи-принт, 2006. — 120 с.
10. Патент (Ru) № 2048512 Способ подготовки зерна к осахариванию/Е. П. Тюрев, О. В. Цыгулев, С. В. Зверев, А. Е. Мовчиков. Опубл. 20.11.95, Бюл. № 32.
11. Крикунова Л. Н. ИК-обработка — перспективный способ повышения микробиологической чистоты сырья//Производство спирта и ликероводочных изделий. 2006. № 3. С. 31–34. □