

## РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ БРОДИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

М.А. Прищепов, докт. техн. наук, доцент, Л.А. Расолько, канд. биол. наук, доцент, М.В. Бренч, ст. препод., П.В. Рублик, студент (БГАТУ)

### Аннотация

*Для интенсивного развития спиртовой промышленности необходимы современные ресурсосберегающие технологии, позволяющие повысить качественные и количественные показатели броидильного производства. Ресурсоэффективность включает в себя такое понятие, как энергоэффективность, а также сокращение потерь сырья и вспомогательных материалов при производстве конечной продукции.*

*The modern resource-saving technologies are necessary for intensive development of the alcohol industry, allowing to raise qualitative and quantitative indicators of fermentation production. Resource efficiency includes such concepts as energy efficiency, thermal efficiency, reducing wastage of raw and auxiliary materials of final products.*

### Введение

Сбережение ресурсов сырья, вспомогательных материалов, электрической и тепловой энергии в настоящее время актуально, так как на мировом рынке эти ресурсы очень дорогие.

Схема любого производства учитывает технологический этап входа сырья, вспомогательных материалов и выхода готовой продукции [1, 2]. На входе – стоимость всех ресурсов: сырьевых, энергетических, денежных. На выходе – конечный продукт, в который переходит основная часть ресурсов, и он продается в виде товара. Остальная часть – это потери, отходы, нерациональное использование энергии – может достигать 30% и более, и это не продается. Поэтому проблему ресурсоэффективности надо решать, сокращая потери и отходы, эффективно перерабатывая вторичное сырье, уменьшая расход энергии на производство конечной продукции.

### Основная часть

На перерабатывающем предприятии необходимо анализировать возможности сокращения издержек. Анализ затрат на изготовление продукции броидильного производства, в частности спирта этилового, показывает, что наибольшими являются затраты на сырье и вспомогательные материалы, а также энергоресурсы, что составляет значительную часть всех расходов.

Практический выход спирта всегда ниже теоретического, так как часть сбраживаемых углеводов сырья и образующегося из него спирта теряется в процессе производства. Под потерями понимается количество условного крахмала, которое выбывает из технологического процесса и теряется безвозвратно. Причина неизбежных технологических потерь лежит в самой сущности процесса производства спирта, совершенно избежать этих потерь нельзя, однако необходимо свести их до минимума. К неизбежным тех-

нологическим потерям по отдельным этапам переработки сырья при производстве спирта относят:

- потери сырья и условного крахмала при подготовке сырья к брожению;
- потери условного крахмала при обрушивании овса, размоле ячменя и проса;
- потери сбраживаемых углеводов в процессе водно-тепловой обработки крахмалсодержащего сырья;
- потери сбраживаемых углеводов при осахаривании;
- потери при брожении, а также потери спирта при удалении из броидильного чана диоксида углерода, образующегося во время процесса брожения.

Нарушение технологического процесса производства спирта-сырца приводит к достаточно ощутимым потерям сбраживаемых углеводов (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что повышение содержания несброженных углеводов в зрелой бражке уже на  $0,01\text{г/см}^3$  приводит к самым большим потерям спирта-сырца. Данные таблицы показывают, что особое внимание следует уделять таким технологическим операциям, как разваривание и осахаривание разваренной массы, спиртовое брожение, перегонка зрелой бражки.

Это – своеобразные критические контрольные точки в технологическом процессе переработки сельскохозяйственного пищевого сырья [3].

Процесс производства спирта состоит из следующих технологических операций: хранение, очистка, измельчение зерна, приготовление растворов ферментных препаратов, приготовление замеса, гидроферментативная обработка замеса, разваривание массы, приготовление дрожжевого суслу, приготовление производственных дрожжей, охлаждение осахаренного суслу до температурной «складки», спиртовое брожение, перегонка бражки.

Разваривание предназначено для перевода крахмалсодержащего сырья в сахара, легко доступные для сбраживания в спирт дрожжами.

**Таблица 1. Технологические потери сбраживаемых углеводов при нарушении технологии производства спирта-сырца**

Показатель, за счет которого могут быть получены потери, и его величина	Потери сбраживаемых углеводов	
	В % к введенным в производство	В дал на тонну условного крахмала переработанного
Нарастание кислотности на 0,1°С	0,313	0,202
Повышение содержания несброженных углеводов в зрелой бражке на 0,01г/см <sup>3</sup>	0,769	0,450
Не уловлено спирта из газов брожения 0,1%	0,092	0,060
Увеличение содержания спирта в барде на 0,005%	0,060	0,039

На Хотовском спиртзаводе до недавнего времени использовали периодическое и непрерывное разваривание. Периодическое (одноступенчатое) разваривание использовали только на линии приготовления дрожжей. В этом способе основным аппаратом является разварник Генце, корпус которого состоит из цилиндрической и конической частей. Такая форма разварника при подаче пара в одну точку обеспечивает его равномерное распределение, а также быструю и полную выдувку разваренного сырья. Однако способ имеет ряд существенных недостатков: низкая производительность оборудования, связанная с периодичностью его действия, а также большой расход пара на разваривание сырья; большие потери сбраживаемых веществ, обусловленные необходимостью применять жесткий режим варки; неравномерное потребление пара (пиковые нагрузки на котельную).

В связи с вышеназванными недостатками, повышающими себестоимость конечной продукции, завод перешел на более совершенную схему разваривания – непрерывную. Несмотря на разнообразие установок для непрерывного разваривания, задача у них одна: хорошо подготовить крахмалсодержащее сырье к осахариванию, при минимальных потерях сбраживаемых компонентов, минимальных затратах пара, электроэнергии и труда. На Хотовском спиртзаводе была выбрана Мичуринская схема непрерывного разваривания крахмального сырья. Установка непрерывного разваривания в этой схеме нуждается в определенных технологических требованиях к предварительному измельчению сырья. Необходимость предварительного измельчения сырья обусловлена тем, что подача его в целом виде в варочный аппарат значительно затруднена. Смесь целого зерна с водой быстро расслаивается, поэтому в трубопровод, питающий аппарат, может

поступать или почти одна вода, или большое количество неравномерно распределенного зерна. Неоднородность смеси оказывает отрицательное влияние на результат разваривания. Перекачивание измельченного и смешанного с водой зерна в соотношении 1:2,5-3 практически затруднений не вызывает. Перекачивая измельченное сырье, можно смягчить режим варки и тем самым снизить потери сбраживаемых веществ и увеличить выход спирта. Продолжительность осахаривания – не менее 10 минут. Раствор ферментного препарата дозируется [4, 5].

Большинство исследований и технических предложений по энергосбережению в технологии производства пищевого спирта посвящены анализу процессов разваривания, осахаривания, брожения, брагоректификации и упаривания фильтрата барды. Многие исследователи высказывают идеи о способах снижения количества технологической воды в производстве спирта, которые сводятся к следующему:

- исключить использование острого пара;
- повысить концентрацию сушла, а, следовательно, крепость бражки;
- часть фильтрата бражки (до 30%) подавать на стадию разваривания;
- использовать работу бражной колонны под вакуумом [1, 5, 6].

Современный уровень технических решений по дроблению, развариванию, ферментации, брагоректификации позволяет поднять крепость бражки до 12% об., вместо 8% об. Это означает пропорциональное сокращение удельных теплоэнергос затрат, водопотребления на основных стадиях производства. Этому способствует непрерывный способ разваривания и осахаривания. Энергосбережение отмечается на стадиях брагоректификации, выпаривания фильтрата бражки и ферментативного разваривания.

Возможен еще один резерв снижения теплоэнергос затрат за счет внедрения низкотемпературных схем тепловой обработки крахмального сырья. Современные исследования показали возможность ведения этого процесса при температуре 60°С, при этом весь крахмал сырья переходит в растворимое состояние. Это позволяет совместить процессы разжижения и осахаривания, то есть осуществить подготовку сырья к брожению в одном аппарате гидроферментативной обработки.

Умелая переработка послеспиртовой барды – вторичного продукта в процессе производства спирта-сырца, также немаловажный фактор снижения себестоимости конечной продукции за счет экономии сырья и вспомогательных материалов. Барда – основной отход производства пищевого спирта. Послеспиртовая барда содержит полезные для корма скота ценные питательные вещества, насыщенные биомассой дрожжей и продуктов их метаболизма. В настоящее время на большинстве спиртовых заводов барду перерабатывают в основном на корма. Предлагаемые технологии переработки барды условно делят на четыре технологические схемы [6]:

- схемы с выпарными станциями;

– схемы с аэробной микробиологической переработкой жидкой фазы с получением кормовых дрожжей;

- схемы с метантенками с получением биогаза;
- комбинированные схемы.

В их основу положены технологические приемы по разделению жидкой и твердой фаз на центрифугах, выращиванию кормовых дрожжей на субстрате, сушке продукции.

Схемы с выпарными станциями отличаются значительными энергозатратами и достаточно высокой стоимостью вспомогательного оборудования. Схемы с получением кормовых дрожжей используются в различных хозяйствах – это местное производство небольшими партиями конечной продукции. Схемы с получением биогаза в метантенках требуют дополнительное оборудование (метантенки), а также значительные земельные участки для их размещения. Кроме того, недостатком этой схемы является весьма длительный период выхода конечной продукции – до 6 месяцев. Комбинированная схема переработки барды предусматривает получение сухого дрожжевого кормового концентрата (ДКК). ДКК – это смесь твердой фазы барды с выращенными на основе фугата кормовыми дрожжами. Такая схема позволяет в значительной степени экономить энергоресурсы в процессе переработки барды. Экономия энергоресурсов производится, в основном, за счет «механического» выделения воды из фугата и применения для сушки роторно-трубчатых сушильных печей, имеющих энергопотребление в 4-6 раз ниже, чем распылительные сушилки.

Сушка предварительно обезвоженного осадка барды – один из наиболее энергоемких процессов. Снизить энергозатраты на сушку можно за счет применения ИК- и СВЧ-излучений [7].

### Выводы

В бродильном производстве проблема ресурсосбережения, комплексного использования сырья и отходов производства особенно важна, так как при переработке исходного сырья для получения основной продукции (спирта-сырца) оно может быть использовано на 60-70%, а остальная часть переходит в отходы и вторичные ресурсы. Рациональное использование именно этой части и составляет задачу, которую могут решить малоотходные ресурсоэффективные технологии. Здесь необходимо уточнить, что сегодня энергоэффективность рассматривается как часть более общей системы – ресурсоэффективности.

Внедрение непрерывной ресурсосберегающей схемы низкотемпературного разваривания сырья позволила Хотовскому спиртзаводу снизить себестоимость и повысить рентабельность производства спирта-сырца. При всех равных затратах на сырье, вспомогательные материалы, налоги, цеховые и общезаводские расходы по сравнению с традиционной тех-

нологией, введенные на предприятии инновации, сократили потребление электроэнергии на 20%, расход пара сократился с 6,2 усл. ед. на 1 дал готовой продукции до 4,9 усл. ед. Использование непрерывной схемы разваривания потребовало изменений в технологии подготовки крахмального сырья, конкретнее – к его предварительному измельчению. Кроме того, требуется подбор соотношения измельченного и смешанного с водой сырья для последующего перекачивания. Дальнейший подбор режимов может смягчить режим варки, снизить потери сбраживаемых веществ и увеличить выход спирта.

Для снижения потерь и повышения качества конечной продукции на предприятии внедрена система ХАССП, где определена критическая контрольная точка (ККТ) для мониторинга температуры разваривания. Целесообразно также контролировать стадии осахаривания и спиртового брожения (табл. 1) с помощью ККТ. Для обеспечения безопасности продукции по всей пищевой цепочке на предприятии необходимо внедрить СТБ ИСО 22000.

Снижению себестоимости и повышению рентабельности производства будет способствовать освоение предприятием комбинированной схемы переработки послеспиртовой барды в сухой дрожжевой кормовой концентрат.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Орехов, А.И. Спиртовая промышленность Республики Беларусь: современное состояние и перспективы развития/ А.И. Орехов //Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2011. – № 1. – С. 3-6.
2. Фецкова, В. Ресурсосбережение начинается с простого счетчика/ В. Фецкова // Молочная промышленность. – 2011. – № 9. – С. 5-7.
3. Расолько, Л.А. Критические контрольные точки в переработке сельскохозяйственного пищевого сырья/Л.А. Расолько, М.В. Бренч, Н.В. Маруда // Молочный продукт. – 2009. – № 2. – С. 39-40.
4. Материалы производственной деятельности Хотовского спиртового завода РУП «Минск. Кристалл» за 2009-2011 г.г.
5. Тананайко, Т.М. Оптимизация процесса дрожжегенерации с целью интенсификации процесса производства этилового спирта/ Т.М. Тананайко, А.А. Пушкарь// Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2010. – №3. – С. 34-40.
6. Новые технологии в пищевой промышленности / З.В. Ловкис [и др.]; под общ. ред. З.В. Ловкиса. – Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2011. – 142 с.
7. Сушка послеспиртовой барды за счет комбинированного энергоподвода/ О.Л. Сороко [и др.]/ Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2011. – № 4. – С. 72-76.