

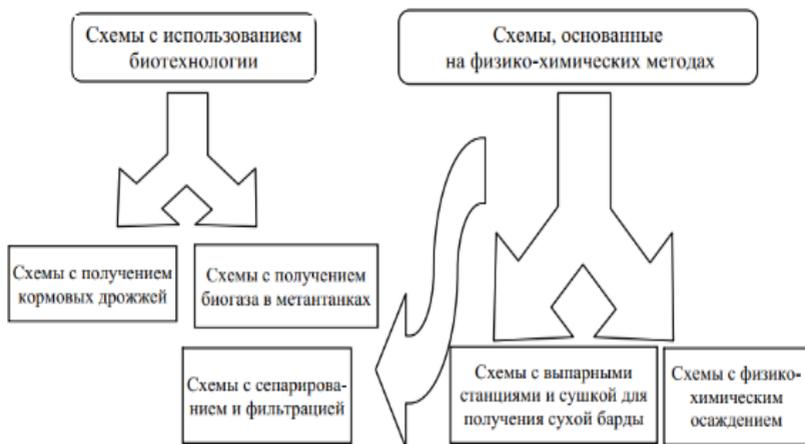
## **ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА СУСЛА ДЛЯ БРОДИЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ СПИРТОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Одним из основных направлений развития спиртовой промышленности является внедрение комплексной переработки сырья в целях ресурсосбережения. В настоящий момент, несмотря на достижения в области биотехнологии по решению вопроса переработки послеспиртовой барды, проблема утилизации этого отхода до сих пор актуальна по объективным причинам – при производстве 1 дал спирта образуются большие объемы до 12...13 дал барды с высокими значениями ХПК. И поэтому свежую барду по степени воздействия на окружающую среду относят к отходам 4-го класса опасности, и ее утилизация регламентируется и строго контролируется.

В соответствии с положениями федерального закона № 171-ФЗ «О государственном регулировании производства и оборота этилового спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции» предписывается спиртовым предприятиям иметь линии по полной утилизации или переработке послеспиртовой барды.

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВО «ТГТУ» О. В. Зюзиной.



**Рис. 1. Схемы утилизации послеспиртовой барды [1]**

В зависимости от исходного сырья различают зерновую, зернокартофельную, мелассную барду, каждой из которых свойственен определенный химический состав и физико-химические свойства. Свежая послеспиртовая барда представляет собой водную суспензию с небольшим количеством растворенных и взвешенных сухих веществ: в ней содержится 6...8% сухих веществ, из которых 3...4% составляют растворенные вещества, а остальное – нерастворимые взвешенные частицы [1]. При соблюдении определенных условий – непродолжительное пребывание в сборниках, биологическая чистота транспортных устройств и коммуникаций – барда не вызывает закисания бражки.

Практикуется несколько способов использования послеспиртовой барды для получения экономической выгоды и решения экологических проблем: схемы, основанные на физико-химических методах и с использованием биотехнологии.

Известны технологии переработки барды путем извлечения из нее отдельных ценных компонентов. Так, широко применяется биотехнологический прием, основанный на использовании микроорганизмов как биологических агентов, способных избирательно потреблять ряд химических соединений барды в качестве питательных веществ для жизнедеятельности [2]. Кроме того, послеспиртовая барда содержит разнообразные биологически активные соединения как продукты метаболизма дрожжевых клеток, поэтому ее можно рассматривать как сырье, для дальнейшей переработки в целевые продукты, такие как БВК путем

выращивания биомассы микроорганизмов, концентратов для непосредственного использования в агротехнических мероприятиях. В статье [2] приведены сведения о положительном эффекте применения барды для твердофазных систем выращивания базидиальных грибов и вермикультивирования.

Благодаря высокому содержанию полисахаридов в зерновой барде, низкой цене и широкой доступности, перспективным направлением является ее использование в качестве источника сырья для производства этанола второго поколения.

Альтернативным методом использования отходов спиртовой промышленности является прием возврата барды в производство этанола. Так, в США действуют предприятия с возвратом до 40% фугата в производство путем добавления его к мелассе до сбраживания, достигается снижение величины рН до уровня 4,8...5,0 без использования специальных титрантов, также повышается буферность затора. При брожении дрожжи обеспечиваются дополнительными питательными веществами [2].

Предположительным механизмом воздействия фильтрата барды на дрожжи может быть влияние минеральных веществ, витаминов и аминокислот на ферменты зимазного комплекса дрожжей. Известно, что большинство ферментов цикла брожения содержат металлы, витамины и витаминopodobные вещества в качестве простетических групп. Можно предположить, что обработка бардой повышает устойчивость клеток дрожжей к ингибирующему действию продуктов обмена дрожжей за счет ассимиляции ими азотистых, ростовых веществ, а также частично липидных компонентов из автолизированных дрожжей, содержащихся в барде. Из литературы известно, что цитоплазматическая мембрана дрожжевых клеток состоит главным образом из липидов. Дополнительное поглощение липидных компонентов из барды позволяет укрепить липидную мембрану клеток. Активация дрожжей фильтратом барды позволяет увеличить их бродильную активность, активности ферментных систем дрожжей, стимулирует размножение дрожжевых клеток в процессе брожения в пределах допустимого уровня и ускорить процесс сбраживания суслу на 8...12 ч [2].

При производстве спирта на зерновом сырье также практикуется возврат барды в производственный цикл. Отмечено, что в этом случае содержание в заторе сухих веществ возрастает от 2,5 до 3,5%. Помимо этого, при возврате барды снижается вязкость заторов, в результате чего ускоряется их расхолодка в теплообменнике.

Кроме того, экспериментальные данные показывают, что если использовать для приготовления замеса смесь 70% фугата и 30% воды, возможен рециклинг в количестве 10 раз, если же на 100 % использовать только фугат, то кратность рециклинга уменьшается до 7 раз. При дальнейшем рециклинге в сусле накапливается значительное количество ингибирующих рост дрожжей веществ, увеличивается содержание сухих веществ и глицерина как побочного продукта ферментации. Для решения проблемы накопления ингибирующих веществ и продуктов метаболизма дрожжей рассматривают различные способы очистки фугата – экстракция, ионный обмен, коагуляция и флокуляция, мембранные методы, глубокая нейтрализация фугата до pH 7...7,5 с отделением образовавшегося осадка.

Использование барды как компонента питательной среды практикуется в ацетоно-бутиловом производстве, изготовлении кормовых дрожжей и витамина B<sub>12</sub>. Из 1 м<sup>3</sup> возвращаемой в производство барды можно получить 2,5...2,8 кг растворителей: из них более половины этилового спирта, а остальное – ацетон [3].

Известны приемы возврата послеспиртовой барды как технической жидкости. Так, в целях сокращения расхода артезианской воды и количества производственных стоков для разбавления мелассы можно частично использовать послеспиртовую мелассную барду, а также воду после промывки сивушного масла и конденсаты паров мелассной барды [4].

Сотрудниками ВНИИППД установлено, что использование конденсатов паров первичной и вторичной мелассной барды для разбавления мелассы не оказывает отрицательного влияния на процесс спиртового брожения, размножение дрожжей и выход спирта [4].

Таким образом, расширение поисковых работ по возможности возврата барды в производственный оборот позволит снизить расходы воды, стимулировать жизнедеятельность биологических систем, уменьшить экологическую нагрузку.

### Список литературы

1. Андросов, А. Л. Промышленные технологии переработки послеспиртовой барды / А. Л. Андросов, И. А. Елизаров, А. А. Третьяков // Вестник ТГТУ. – 2010. – Т. 16, № 4. – С. 954 – 963.
2. Зюзина, О. В. Комплексный способ переработки сельскохозяйственных отходов / О. В. Зюзина, Н. А. Стримова, В. Н. Татаринцева // Приоритетные направления развития садоводства (I Потаповские

чения) : материалы Национальной науч.-практ. конф., посвященной 85-й годовщине со дня рождения профессора, доктора сельскохозяйственных наук, лауреата Государственной премии Потапова Виктора Александровича (г. Мичуринск 11 – 13 декабря 2019 г.) / под ред. Л. В. Григорьевой – Мичуринск : Изд-во Мичуринского ГАУ, 2019. – 319 с.

3. Effect of Recycling Distillers' Solubles on Alcohol and Feed Production from Corn Fermentation // Rodney J. Bothast, Adolph A. Lagoda, Kenneth R. Sexson, and Ying V. Wu // Journal of Agricultural & Food Chemistry. – 1983. – 770 p.

4. Зуева, Н. В. Разработка комплексных ресурсосберегающих технологий утилизации отходов бродильных производств / Н. В. Зуева, А. Н. Долгов, Г. В. Агафонов // Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство : материалы Междунар. науч.-техн. конф., 3–4 декабря 2013 г. – С. 565 – 570.

*Кафедра «Технологии и оборудование пищевых  
и химических производств» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*