

УДК 620.92

Л.А. КОБРИНЕЦ, Н.П. НИКОНЧУК

Брест, БрГТУ

ВЛИЯНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ НА ПОЛУЧЕНИЕ ЭТАНОЛА ФЕРМЕНТАЦИЕЙ

Известно, что в течение длительно времени этанол получали путем переработки продуктов сельского хозяйства [1]. Технологии дрожжевой ферментации крахмала и сахарозы известны давно, и найдены оптимальные режимы производства пива, вина и этилового спирта. Однако, только к середине XX века, были разработаны рентабельные технологии производства этанола из нефтепродуктов. Но уже во второй половине 1970-х годов,

страны зависимые от импорта нефти, вынуждены были заново изучать традиционные способы производства этанола из биомассы в связи с возможностью использования его в качестве компонента альтернативного топлива [2]. К этому времени изучение механизма ферментации достигло определенных успехов, однако технология промышленного производства этанола ферментацией практически отсутствовала. Для рентабельного производства этанола ферментацией биомассы необходимо целенаправленно влиять на параметры ферментации, поддерживать оптимальный режим производства, обеспечивать максимальную конверсию субстрата в этанол, а также понижать себестоимость его производства.

В качестве субстрата для производства этанола методом анаэробной ферментации может быть использована любая сельскохозяйственная культура с высоким содержанием крахмала или сахаров (пшеница, рожь, кукуруза, картофель, сахарная свекла и др.) или целлюлозные материалы (древесина, солома, бумага, отходы лесозаготовительной промышленности и др.). Очевидно, что самым значительным источником углеводов, из которых может быть получен этанол, являются целлюлозные материалы. Так, древесина содержит целлюлозу, гемицеллюлозу (смешанные гексозы и пентозы) и ксилан (полимер ксилозы), которые при соответствующей предварительной обработке могут быть субстратом для промышленного производства этанола ферментацией. Для этого также могут быть использованы отходы производства пищевых производств, в частности молочная сыворотка [2].

Общая кинетика процесса и эффективность превращения субстрата в этанол существенным образом зависят от предварительной подготовки субстрата для ферментации. Некоторые микроорганизмы расщепляют крахмал на сахар – мальтозу и глюкозу, которые затем могут быть превращены в этанол. Однако используемая в таких процессах дрожжевая культура *Saccharomyces* неспособна непосредственно превращать крахмал в ферментирующиеся сахара. Поэтому перед ферментацией крахмал подвергают гидролизу, в результате которого образуется мальтоза и глюкоза. Так, например, при производстве пива, гидролиз ячменного крахмала осуществляется с помощью растительных ферментов (амилаза), получаемых из прорастающих семян в процессе образования солода. В других процессах подобный эффект достигается добавлением грибковых амилаз [2]. В случае жидких отходов, получаемых из продуктов пищевой промышленности, требуется предварительная подготовка иного рода. Так молочная сыворотка содержит легко ферментирующиеся субстраты – казеин и лактозу, однако их концентрация слишком мала, для промышленного получения этанола ферментацией этого сырья.

Предварительная обработка субстрата является важным, но не единственным показателем эффективности процесса. Если в анаэробной ферментации участвуют два или более видов сахаров, то один из них может ингибировать процесс по отношению к другим. Такое явление получило название катаболитной репрессии и оно может влиять на выход этанола.

Ни один из известных микроорганизмов не является универсальным для эффективной конверсии всех из перечисленных субстратов в этанол. Наиболее интенсивно используются дрожжевые культуры, особенно *Saccharomyces*. При высоких температурах этанольная ферментация происходит с участием бактериальных культур *Bacillus* и *Clostridium*.

Для промышленного производства этанола используют в основном два типа дрожжевых культур, которые относятся к *Saccharomyces*. Одну из них называют верхним ферментатором, т.к. большая часть дрожжевых клеток остается в верхней части ферментационной жидкой среды, а другую – нижним ферментатором, так как дрожжевые клетки в период активной ферментации оседают на дно реактора. Наибольшая эффективность превращения сахаров в этанол [2] достигается при использовании *Saccharomyces*. Эти процессы, кроме того, слабо поддаются ингибированию при высоких концентрациях этанола, по сравнению с другими микроорганизмами. Теоретически из 1 моль глюкозы можно получить 2 моль этанола (511 кг этанола из 1000 кг глюкозы).

Использование бактериальных культур для производства этанола объясняется их высокой стойкостью к повышению температуры. Например, некоторые виды *Bacillus* и *Clostridium* способны развиваться при температурах выше 50°C, уменьшая расходы на ферментацию. Однако выход этанола при использовании этих бактериальных культур значительно ниже, чем при дрожжевой ферментации.

Таким образом, на сегодняшний день наиболее эффективным способом получения этанола из биомассы является дрожжевая ферментация. Однако стоимость энергии, содержащейся в этаноле, несопоставима со стоимостью энергии, затраченной на его производство, что связано с проблемами технологического характера, прежде всего, с необходимостью отгонки этанола. Для того чтобы такой этанол стал конкурентоспособным по стоимости с бензином, для его производства необходимо более дешевое сырье и эффективный процесс биохимической переработки субстрата в этанол. Одним из наиболее перспективных методов, позволяющих достичь этой цели, является вакуумная перегонка и ферментация с участием микроорганизмов, практически лишенных подвижности, позволяющая значительно уменьшить затраты на отгонку образующегося этанола [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Похлёбкин, В.В. История водки (IX – XX в.в.) / В.В.Похлебкин ; под ред. Л. Малова. – М. : Международные отношения, 1991. – 287с.
2. Биомасса как источник энергии : пер. с англ. под ред. С. Соуфера, О. Заборски. – М. : Мир, 1985. – 368 с.