

## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ В СПИРТОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ И ПУТИ ЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Тимонин П.Н.

Научный руководитель – доцент Давыдова Е.В.

*Тульский государственный университет*

На сегодняшний день этиловый спирт является весьма востребованным продуктом и его применение не ограничивается только производством ликероводочной продукции. Этиловый спирт широко используют при производстве парфюмерной продукции в качестве растворителя, в медицине, в химической промышленности, а так же может служить в качестве топлива для автомобилей (биоэтанол).

Технология получения спирта состоит из следующих этапов:

- подготовка сырья к переработке,
- осахаривание,
- сбраживание сусле,
- выделения спирта из бражки и его очистка.

Вне зависимости от назначения спирта сырье проходит все эти этапы. Различия возникают в основном на последнем этапе, так как для разных целей требуется разная степень очистки спирта.

Для производства спирта, как правило, используется крахмалосодержащее сырье (пшеница, кукуруза, картофель). Однако дрожжи не смогут сбродить сам крахмал. Для этого его необходимо осахарить до сбраживаемых сахаров. Для осахаривания крахмала используют солод - продукт, получаемый при проращивании семян злаков. Проращивание необходимо, чтобы вызвать в семени связанные с этим процессом химические изменения одно из важнейших образование  $\alpha$ -амилазы (фермент, осахаривающий крахмал). После проращивания солод сушат, измельчают, затем смешивают с водой, получают солодовое молоко и добавляют в процессе осахаривания. Однако недостатками этого способа являются:

- большие потери сбраживаемых веществ,
- низкая активность и концентрация  $\alpha$ -амилазы,
- для изготовления солода применяется самое лучшее, отборное зерно.

Однако  $\alpha$ -амилаза образуется не только при проращивании зерна, так же она выделяется в процессе жизнедеятельности плесневых грибов. Применение препаратов полученных путем выращивания плесневых грибов позволяет сократить расходы высококачественного солодового зерна и, тем самым, снизить потери крахмала в процессе солодоращения. Вследствие высокой активности амилолитических ферментов плесневых грибов гидролиз крахмала до сбраживаемых сахаров проходит глубже, чем при осахаривании солодом, в результате чего повышается выход спирта из единицы перерабатываемого сырья.

Существует два способа культивирования микроорганизмов, продуцирующих ферменты: поверхностный и глубинный.

Поверхностный способ, применяемый для культивирования микроскопических грибов, характеризуется развитием мицелия (вегетативное тело грибов) на поверхности твердого или жидкого субстрата. Недостаток поверхностного способа - необходимость устанавливать множество кювет (емкости для выращивания плесневых грибов), работу

с которыми трудно механизировать. Себестоимость культуры гриба-продуцента высока, причем в основном из-за затраты большого количества ручного труда.

При глубинном культивировании микроорганизмы развиваются во всем объеме жидкой питательной среды. Так как подавляющее большинство продуцентов ферментов — строгие аэробы, среду интенсивно аэрируют. В микроорганизмах протекают два связанных процесса — синтез биомассы и синтез ферментов. Глубинную культуру микроорганизмов выращивают на жидкой питательной среде при энергичной аэрации в герметически закрытых аппаратах и в стерильных условиях. Процесс полностью механизирован. Стерильность глубинной культуры микроорганизма — продуцента ферментов положительно отражается на результатах сбраживания суслу дрожжами. Для глубинного культивирования используют жидкие среды, содержащие твердые компоненты. Жидкую часть питательной среды (воду или фильтрат барды) обогащают питательными солями, гидролизатами белков, аминокислотами, источниками витаминов, различными углеводами. Содержание сухих веществ в жидких средах может колебаться от 1,5 до 20 % в зависимости от продуцента и принятого режима культивирования.

Наиболее целесообразным является способ глубинного выращивания, так как грибы растут во всем объеме питательной среды, а не только на поверхности.

В качестве питательной среды выгодно использовать барду, так как она является отходом при производстве спирта

Процесс глубинного выращивания продуцентов ферментов состоит из следующих основных этапов:

- выращивание посевной чистой культуры в лабораторных условиях,
- приготовление питательной среды для посевных и производственных ферментаторов,
- выращивание производственной посевной культуры в маточнике,
- выращивание производственной грибной культуры в ферментаторах.

На выходе из ферментатора получаем культуральную жидкость. Однако культуральная жидкость используется крайне редко для производства спирта.

Глубинные культуры микроскопических грибов в жидком виде не могут сохраняться длительный срок без потери активности, перевозить их на большие расстояния вследствие значительного содержания в них воды (до 85...90 %) также экономически не всегда оправдано. Поэтому при организации снабжения культурой спиртовых заводов целесообразно ее предварительно концентрировать.

По этой причине применяют способ концентрирования глубинных культур ультрафильтрацией. Способ основан на проведении процесса фильтрации через ряд полупроницаемых мембран, в результате чего ферменты и другие высокомолекулярные вещества задерживаются или выводятся из аппарата в виде ультраконцентрата (концентрированного сиропа). Вода и часть низкомолекулярных веществ (пермеат) проходят через мембраны и также удаляются.

В процессе выращивания основным оборудованием влияющим на качество препаратов и производительность процесса является ферментатор.

Ферментаторы разделяются на две основные группы:

- с механическим перемешиванием,
- с пневматическим перемешиванием.

В процессе глубинного выращивания плесневых грибов в ферментаторе необходимо обеспечить интенсивное аэрирование, перемешивание.

В ферментаторах с механическим перемешиванием установлена механическая мешалка, которая содержит уплотнения, не обеспечивающие необходимой герметичности и стерильности. В ферментаторах с пневматическим перемешиванием отсутствуют

уплотнения. Поэтому в аппаратах с пневматическим перемешиванием достигается высокая стерильность.

Рассмотрим конструкцию ферментатора с пневматическим перемешиванием, представленного на рис.1.

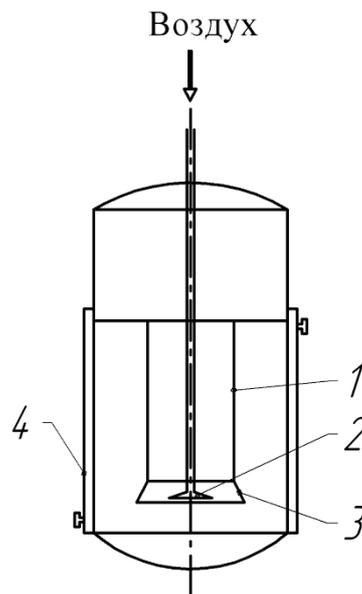


Рис.1. Схема ферментатора с пневматическим перемешиванием: 1 - рециркулятор, 2 - аэратор, 3 - раструб, 4 –водяная рубашка

По осевой линии аппарата расположен аэратор 2, представляющий собой трубопровод, заканчивающийся распиливающей розеткой. Воздух, поступающий в аэратор под давлением, при проходе через розетку под воздействием направляющих лопаток получает одностороннее направление, касательное к окружности розетки. При этом создается вихревое движение воздуха, под влиянием которого обеспечивается турбулентно-вихревое движение жидкости, находящейся внутри направляющего цилиндра. Образующаяся воздушно-жидкостная эмульсия поднимается вверх, переливается через верхние кромки цилиндра, затем по кольцевому пространству между внутренней стенкой корпуса аппарата и внешней стенкой цилиндра – рециркулятора 1 опускается вниз. После этого жидкость поступает через раструб 3 в рециркулятор и снова поднимается вверх. Таким образом, осуществляется непрерывная рециркуляция среды с энергичным перемешиванием и аэрированием.

Для отвода биологического тепла, выделяемого растущей культурой, в рубашки 4 корпуса аппарата и рециркулятора подают охлаждающую воду.

После изучения конструкции данного ферментатора стало ясно, что достичь высокой равномерности распределения воздуха и мелко дисперсности пузырей очень трудно по тому, что после выхода из аэратора пузырьки воздуха не чем не перемешиваются и не разбиваются по этому может происходить их агломерация. Кроме того, если возникнет необходимость изменения степени перемешивания среды, то осуществить это будет крайне трудно, так как интенсивность перемешивания зависит от расхода воздуха. Если его уменьшить, то замедлится рост грибов, а если увеличить, то чрезмерное количество воздуха так же замедлит их рост.

Это ставит перед нами задачу необходимости модернизации существующего или разработки нового устройства, способного обеспечить равномерность распределения воздуха внутри циркуляционной трубы и позволяющего изменять степень перемешивания в зависимости от используемой среды и продуцента ферментов. Кроме этого, в связи с тем, что в процессе выращивания продуцентов вязкость культуральной жид-

кости изменяется, необходимо изменять интенсивность ее перемешивания по ходу процесса.

Для оптимизации процесса было предложено устройство, позволяющее регулировать эти параметры (рис. 2).

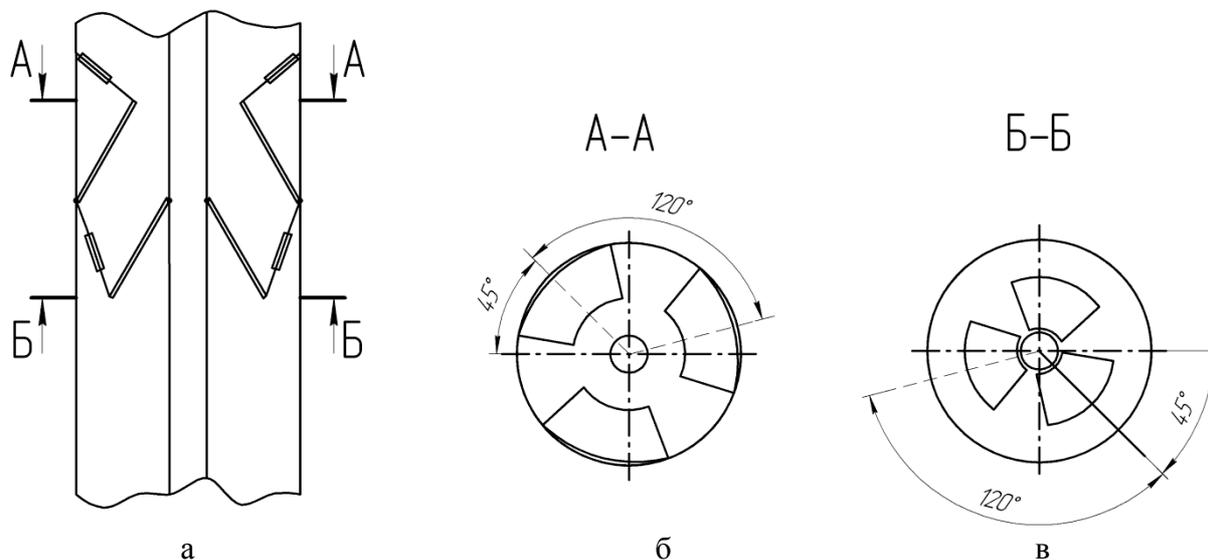


Рис.2. Схема устройства устанавливаемого в рециркулятор: а – рециркуляционная труба; б – схема расположения верхнего уровня заслонок (разрез А-А); в – схема расположения нижнего уровня заслонок (разрез Б-Б)

Устройство состоит из двух уровней заслонок трапецеидальной формы. Верхний и нижний уровень приводится в движение пневмоприводом, которым также осуществляется регулировка угла открытия. Принцип действия заключается в том, что чем выше подняты заслонки, тем путь жидкости становится сложнее и больше. Кроме этого происходит увеличение скорости, и, как следствие, улучшение массообмена. При подъеме вверх по такой траектории будет обеспечена равномерная насыщаемость поднимающегося потока, так как воздух, обтекая эти заслонки, будет равномерно распределен по всей площади поперечного сечения. Так же при соударении о поверхность заслонок пузырьки будут разрушаться и делиться на более мелкие, что увеличит насыщаемость культуральной жидкости кислородом.

Выбор углов обусловлен тем, что бы после попадания на первый уровень заслонок и обтекая их, пузыри воздуха попадали на второй и так же обтекали заслонки. На рис. 2 показано 2 уровня заслонок, однако их может быть любое количество: как больше, так и меньше.

Материалом для заслонок может служить как листовая сталь, так и перфорированные листы, можно так использовать различные сетки.

Помимо материалов можно пересмотреть форму и движение заслонок: они могут, как регулироваться от пневмопривода, так и приводиться в движение. Движение могут совершать возвратно вращательное это обеспечит дополнительное перемешивание. Можно обеспечить их вибрацию за счет того же гидропривода или с помощью электро катушек которые обеспечивают большую частоту колебания, что поможет разбивать пузырьки и увеличить насыщение кислородом.

В дальнейшем планируется проведение исследований, направленных на подтверждение необходимости предложенных совершенствований данной конструкции с целью практического применения этого устройства.