

КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ФЕРМЕНТАЦИИ И ФЕРМЕНТЕРОВ

Ключевые слова: анализ, классификация, процесс, тип, ферментация, ферментеры.

Аннотация. Проведен анализ и предложена классификация существующих способов ферментации и аппаратов для их осуществления.

В процессе приготовления ферментированных кормов одной из стадий является первичная ферментация, в результате которой получают, в так называемых первичных ферментерах, жидкую рабочую закваску.

С целью выбора вида ферментации и соответствующего оборудования проведен анализ и на его основании нами классифицированы существующие виды ферментации (рис. 1) и ферментеров (рис. 2).

Ферментация – это совокупность процессов, результатом которых является культуральная жидкость [1].

Ферментация (культивирование) может протекать как в аэробных, так и в анаэробных условиях (рис. 1).

Аэробное культивирование применяют в тех случаях, когда в процессе задействованы аэробные микроорганизмы-продуценты. Аэрацию смеси осуществляют подачей воздуха или других газов через газоподводящие трубки, форсунки и т. д.

Анаэробные процессы протекают в герметичных емкостях либо посредством продувания культивируемой среды инертными газами. Конструкция ферментера при анаэробной ферментации проще, чем при аэробной.

По времени протекания процесса можно выделить следующие виды ферментации: периодическая, периодическая подпиткой, объемно-доливочная и непрерывная (рис. 1).

При периодической ферментации перед началом процесса вносятся все необходимые ингредиенты. Далее ферментер закрывают, создают оптимальные условия для протекания процесса. Ферментация

проводится определенное время. После завершения полученный продукт выгружают, чистят ферментер и далее процесс повторяется.

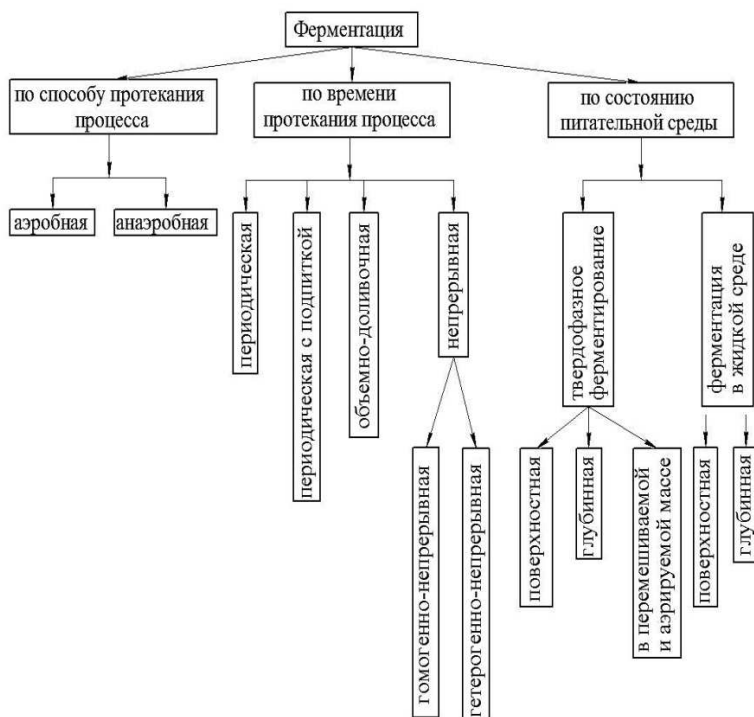


Рисунок 1 – Классификация процессов ферментации

Широкое применение получила периодическая ферментация с подпиткой. Этот процесс более контролируемый по сравнению с периодической ферментацией. Кроме того, появляется возможность регулировать скорость роста клеток.

Также нашла применение объемно-доливочная ферментация, когда часть объема из ферментера периодически изымается, а вместо нее добавляется эквивалентный объем среды. Второе название данного процесса – полунепрерывная ферментация.

При непрерывной ферментации в ферментере создаются оптимальные условия для протекания процесса, подача и вытекание питательной среды в ферментер происходит непрерывно. Такая ферментация позволяет получать большие объемы продукта.

Непрерывный процесс ферментации, в свою очередь, разделяется на гомогенный и гетерогенно-непрерывный (рис. 1).

Гомогенно-непрерывный процесс протекает в аппарате при интенсивном перемешивании и постоянных параметрах.

Гетерогенно-непрерывный процесс протекает в соединенных вместе нескольких ферментерах, причем в первый аппарат подают питательную жидкость, а готовый продукт выходит из последнего.

Ферментацию можно проводить как в жидкой, так и в твердофазной среде.

Культивирование на жидких средах можно разделить на поверхностную и глубинную ферментацию. Поверхностная протекает в кюветах со средой. Кюветы располагают в вентилируемые воздухом камеры. В результате процесса на поверхности среды образуется биомасса в виде пленки или твердого слоя.

Глубинная ферментация происходит во всем объеме жидкой среды. Данный вид ферментации осуществляется как периодическим, так и непрерывным способами.

Твердофазная ферментация, в твердой, сыпучей либо пастообразной среде влажностью от 30 до 80 % осуществляется тремя способами (рис. 1):

- 1) субстрат при поверхностных процессах располагают на подносах тонким слоем (3...7 мм);
- 2) глубинную твердофазную ферментацию проводят в глубоких открытых сосудах, субстрат при этом не перемешивают;
- 3) твердофазная ферментация производится перемешиванием в аэрируемой массе субстрата.

Несмотря на то, что в твердофазной ферментации с увеличением слоя субстрата затруднено обеспечение микроорганизмов кислородом и возникают проблемы с отводом теплоты при постоянной температуре во всей ферментационной среде, такие процессы имеют и преимущества по сравнению с ферментацией в жидкой среде: меньшие затраты на оборудование и эксплуатацию; более легкое отделение и очистка продукта; невозможность заражения культуры продуцента посторонней микрофлорой; отсутствие сбросов в окружающую среду большого количества сточных вод.

Для каждого вида процесса ферментации разработаны различные конструкции ферментеров (рис. 2).

Так, например, разработаны аппараты аэробной поверхностной ферментации, которые широко применяются для производства органических кислот. Поверхностная жидкофазная ферментация протекает в бродильных вентилируемых камерах с размещенными на стел-

лажах кюветами. В таких же камерах, но с размещенными на стеллажах лотками, в которые насыпают сыпучую твердую среду слоем 10...15 мм, проводят твердофазную ферментацию. С целью лучшей аэрации среды днище лотков выполнено перфорированным [1].

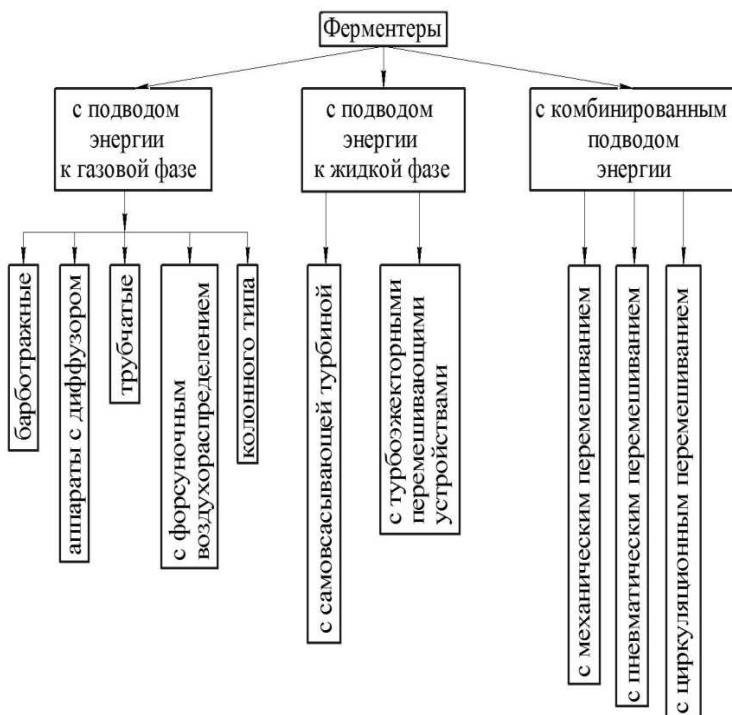


Рисунок 2 – Классификация ферментеров

С целью интенсификации массо- и энергообмена клеток со средой разработаны аппараты аэробной глубинной ферментации. Но эти аппараты имеют более сложную конструкцию.

С точки зрения конструктивных особенностей ферментеры различаются способами подвода энергии и аэрации среды [1]:

- 1) ферментеры с подводом энергии к газовой фазе;
- 2) ферментеры с подводом энергии к жидкой фазе;
- 3) ферментеры с комбинированным подводом энергии (рис. 2).

В ферментерах с подводом энергии к газовой фазе аэрация и перемешивание субстрата происходит сжатым воздухом.

К таким аппаратам относятся:

1) барботажные ферментеры. Подача воздуха в них осуществляется через барботажные устройства, которые расположены в нижней части аппарата;

2) аппараты с диффузором. Смешивание субстрата с воздухом, который поступает по распределительным трубам, в данных ферментерах происходит в нижней части аппарата посредством внутреннего цилиндра-диффузора;

3) трубчатые ферментеры. Под действием потока воздуха жидкость циркулирует по реактору и сепаратору;

4) ферментеры с форсуночным распределением воздуха. Воздух в таких ферментерах подается через форсунки, расположенные в нижней части аппаратов;

5) ферментеры колонного типа выполнены в виде цилиндрической колонны, которая разделена горизонтальными перегородками на несколько секций. В таких устройствах воздух барботирует через слой жидкости каждой тарелки, за счет движения жидкости через кольцевую щель обеспечивается противоточное движение двух фаз – газовой и жидкой.

К ферментерам с подводом энергии к жидкой фазе относятся:

1) аппараты с самовсасывающей турбиной состоят из цилиндрического диффузора и мешалки с полыми лопастями и валом. При вращении мешалки создается разрежение, которое приводит к подъему жидкости в кольцевом зазоре между диффузором и стенками аппарата с последующим ее возвращением в диффузор;

2) ферментер с турбоэжекторными перемешивающими устройствами. Эти устройства разделены вертикальными перегородками на несколько секций. В каждой секции имеется эжектор и диффузор. Перемещение жидкости из одной секции в другую происходит через окна в перегородках.

Ферментеры с комбинированным подводом энергии представляют собой цилиндрический сосуд, внутри которого расположена механическая мешалка и барботер. В аппаратах этого типа подвод энергии к газовой фазе осуществлен для аэрации, а к жидкой фазе – для перемешивания. Перемешивание в данных ферментерах осуществляется тремя способами.

Аппараты с механическим перемешиванием снабжены механической мешалкой. Аэрация осуществляется путем барботажа. С целью разбрызгивания воздуха рядом с барботером установлен механический вибратор.

Аппараты с пневматическим перемешиванием. Перемешивание и аэрацию усиливают с помощью вращающихся дисков с отверстиями или придонных пропеллеров. Такие аппараты могут быть также дополнены диффузором.

В аппаратах с циркуляционным перемешиванием жидкость циркулирует по замкнутому контуру. Движение субстрату придает насос или другое аналогичное устройство. Ферментеры выполнены в виде цилиндра.

Вывод. Проведенный анализ позволил изучить виды ферментации и типы ферментеров, а также определиться с конструкционным решением устройства для приготовления ферментированных кормов в условиях мелких (фермерских) сельскохозяйственных организаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ферментация. Типы ферментеров и биореакторов.
<http://www.agro-mashnpo.ru/alfavit/fermenter-fermentator>

CLASSIFICATION OF THE FERMENTATION PROCESS AND FERMENTS

Keywords: *analysis, classification, process type, fermentation, ferments.*

Annotation. *Article contains the analysis and proposes a classification of existing fermentation processes and devices for their implementation.*

СВИСТУНОВ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ – аспирант, Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, (kng_almas@mail.ru).

SVISTUNOV ALEXANDER IVANOVICH – aspirant, Nizhny Novgorod State Engineering and Economic Institute, Russia, Knyaginino, (kng_almas@mail.ru).
