

УДК-57

СПЕЦИФИКА КУЛЬТИВИРОВАНИЯ БАКТЕРИЙ НА ГАЗООБРАЗНЫХ УГЛЕВОДОРОДАХ

Разумкова Галина Михайловна

ст. преподаватель

Решетникова Ольга Васильевна

кандидат биологических наук

ФГБОУ ВО «Ленинградский государственный
университет им. А.С. Пушкина»

(Лужский институт филиал)

Аннотация: рассмотрены вопросы культивирования бактерий на газообразных углеводородах. Поглощение метана культурой *Methanomonas carbonatophila*. Использование метана для получения белка одноклеточных. Выращивание смешанной культуры метанооксиляющих бактерий рода *Pseudomonas* и *Mycobacterium*.

Ключевые слова: метан, газообразные углеводороды, биореактор, микобактерии, метанооксиляющие бактерии, ферментация.

THE SPECIFICS OF THE CULTIVATION OF BACTERIA ON GASEOUS HYDROCARBONS

Razumkova Galina Mikhailovna

Reshetnikova Olga Vasilyevna

Abstract: the issues of bacterial cultivation on gaseous hydrocarbons are considered. Methane uptake by *Methanomonas carbonatophila* culture. The use of methane to produce unicellular protein. Cultivation of a mixed culture of methane-oxidizing bacteria of the genus *Pseudomonas* and *Mycobacterium*

Key words: methane, gaseous hydrocarbons, fermenter. mycobacteria, methane-oxidizing bacteria, fermentation.

Специфика микробного культивирования для газообразных углеводородов заключается в перемещении питательных веществ (газа и

кислорода) в газообразном состоянии в виде пузырьков, рассеянных по всей жидкой фазе, к стенкам растущих клеток для дальнейшего перемещения к месту локализации ферментов, осуществляющих метаболические реакции

Отдельные культуры микобактерий, которые ассимилируют газообразные углеводороды, имеют начальный диапазон кислотности от 4 до 10. Например, *M. rubrum var propanicum* и *M. lacticolora* растут интенсивно при pH 7-8,5, культура *M. flavum v. methanicum* хорошо растет при pH 9,5 так и при pH 7 [4].

Оптимальная температура для роста бактерий зависит от физиологических особенностей этого штамма и условий его обитания. Среди микроорганизмов, окисляющих газообразные и жидкие углеводороды, есть термостойкие виды, которые размножаются при температуре 32.-35°C, кратковременное прогревание выдерживают до 70-80°C.

Культуры смешанных микроорганизмов рода *Pseudomonas* и *Mycobacterium* культивируют в производственных биореакторах. Процесс ферментации происходит непрерывно с рециркуляцией газовой фазы через жидкую фазу (суспензия бактерий в питательных растворах). Ферментер выполнен в виде вертикального цилиндрического контейнера с эллипсоидальным дном, обычно работающего под давлением. Метан и кислород подаются в устройство в нижней части колонны. В ферментере постоянно идет перемешивание суспензий микробных клеток в жидких питательных средах и оптимальные условия аэрации. Температурный режим поддерживается постоянный, для этого предусмотрена система, отводящая избыточное тепло от конструкции ферментера [3].

Биомасса выращивается при $t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и pH 6,7...7,1. Культивирование биомассы происходит при $t=30\text{ }^{\circ}\text{C}$, pH 6,7...7,1. Перед посевом осушитель подается в биореактор из стерилизатора непрерывного действия (смесь дымовых газов и атмосферного воздуха).

В биореакторах предусмотрена рециркуляция газовых смесей для наилучшего использования сырья микроорганизмами. Чтобы обеспечить аэрацию бактериальных культур в биореактор подают воздух или кислород. В большинстве случаев бактерии рода *Methylococcus* выращиваются в газовой питательной среде, могут использоваться при оптимальных условиях в газовой питательной среде до 85-90%.

Во всех технических линиях, связанных с выращиванием бактерий в газовой среде, точно контролируется состав среды, производственная установка обеспечивается герметичным взрывозащищенным оборудованием. После ферментации бактериальные клетки проходят ту же технологию обработки, что и клетки дрожжей.

Так как газообразные среды метана и воздуха взрывоопасны и требуют непрерывной рециркуляции для наилучшего использования метана бактериями, производство кормовых белков с использованием газа является очень сложным и дорогостоящим [2].

Использование метана для получения белков в отдельных клетках имеет множество преимуществ перед жидкими углеводородами: большие запасы природного газа, хорошая транспортабельность, возможность получения готовых продуктов без дополнительной очистки от субстрата.

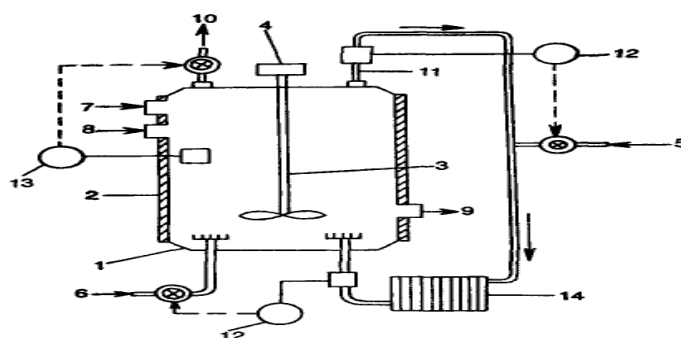
Предложены современные методы выращивания микроорганизмов на газообразных углеводородах, которые безопасны и с низкими энергозатратами.

Этот способ предусматривает культивирование микроорганизмов в условиях непрерывной циркуляции жидких культур в замкнутых контурах, непрерывное насыщение газообразными углеводородами и кислородом, подачу питательных минеральных сред и удаление полученной биомассы.

Аэрация осуществляется при однократном контакте с культуральной жидкостью. Насыщение газовыми углеводородами осуществляется путем повторного контакта с культуральными жидкостями за счет рециркуляции газовых углеводородов в замкнутых контурах до полного растворения.

Оптимальная температура роста микроорганизмов зависит от физиологических особенностей данного штамма и условий его обитания. Среди микроорганизмов, окисляющих газообразные и жидкие углеводороды, есть термостойкие виды, которые культивируются при температуре 32...35⁰С. Они выдерживают кратковременный прогрев до 70...80⁰С.

Культивирование смешанных культур рода *Pseudomonas* и *Mycobacterium* проводят в ферментерах (рис. 1) [2;3].



**Рис. 1. Ферментер для выращивания микроорганизмов
на газообразных углеводородах**

1- корпус ферментера; 2- рубашка охлаждения; 3- размешивающее устройство; 4-привод мешалки; 5- подача газообразных углеводородов; 6- подача кислородсодержащего газа; 7- подача жидкой питательной среды; 8- подача посевной культуры; 9- выход дрожжевой суспензии после ферментации; 10- выпуска газ из ферментера; 11- выход газовой смеси на рециркуляцию; 12- подача сигнала газоанализатором на регулирующее устройство клапана; 13- регуляция давления внутри ферментера; 14- улавливатель углекислого газа.

Происходит процесс ферментации непрерывно при рециркуляции газовой фазы через жидкую фазу (суспензия бактерий в питательных растворах). Ферментер выполнен в виде вертикального цилиндрического контейнера с эллипсоидальным дном, обычно работающего под давлением. Метан и кислород подаются в устройство с нижней части колонны.

Биомасса выращивается при $t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $\text{pH } 6,7 \dots 7,1$. В ферментер перед посевом подают стерильный сушильный агент (смесь дымовых газов и атмосферного воздуха).

Для лучшего использования сырья микроорганизмами в ферментере предусмотрена рециркуляция газовых смесей. В ферментер подается воздух или кислород, чтобы обеспечить аэрацию, необходимую для культивирования бактерий. В большинстве случаев бактерии рода *Methylococcus* выращиваются в газовых питательных средах и могут использовать до 86-90% метана, подаваемого в ферментеры при оптимальных условиях [4].

Следовательно, биотехнологические методы выращивания микроорганизмов, содержащих белки в клетках, требуют меньше времени, труда, оборудования не зависят от сезонности и климатических условий.

Бактерии не являются патогенными и не претерпевают генетические изменения. Белки, синтезируемые микроорганизмами, имеют состав, аналогичный животным белкам, не оказывают канцерогенного и кумулятивного действия на животных и человека.

Список литературы

1. Алешина Е.С. Культивирование микроорганизмов как основа биотехнологического процесса. Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2017. 192 с.
2. Беляев С.А. Микробиология. СПб.: Лань П, 2016. 496 с.
3. Гальченко В.Ф. Метанотрофные бактерии. М.: Академия, 2001. 186 с.
4. Глик Б., Дж. Пастернак Молекулярная биотехнология. Принципы и применение. М.: Мир, 2012. 592 с.