

УДК 66.048.6, 66.099.2, 66.047

ТЕПЛОМАСООБМІННА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА КОНЦЕНТРАТІВ МЕТАНОГЕНІВ

Костик С. І

Ободович О. М

Інститут технічної теплофізики НАН України

Kostyk S.

Obodovych A.

Institute of Engineering Thermophysics, NAS of Ukraine

Анотація: розглянуті основні переваги та недоліки технології метанового зброджування вторинних ресурсів, які накопичуються в агропромисловому комплексі України. Запропоновано тепломасообмінну технологію створення концентратів метаногенів та апаратурну лінію їх виробництва. Концентрати метаногенів дозволяють інтенсифікувати та контролювати процес метаноутворення. Технологія та апаратурна лінія пройшли випробування в промислових умовах.

Ключові слова: тепломасообмін, метаноген, апаратурна лінія, концентрати метаногенів.

Зменшення споживання природного газу і заміщення традиційного палива відновлювальними джерелами енергії – це актуальні задачі, які стоять перед народним господарством України. Енергетичний потенціал біомаси по даним Держкомстату України складає 23 млн. тон на рік. Основними складовими відновлювального потенціалу в країні є відходи тваринницьких ферм, сільського господарства, харчової промисловості та інші. Одним з шляхів використання відходів є технології анаеробного метанового зброджування. Така технологія дозволяє отримувати високоякісне газове пальне в результаті переробки фактично будь яких органічних відходів тваринництва та рослинництва. Процес метанового зброджування відбувається шляхом розщеплення біомаси мікроорганізмами (метаногенами) в анаеробних умовах[1, 4, 5].

В результаті використання зазначеної технології одночасно вирішуються проблеми: знезараження гнійних стоків; нейтралізація насіння бур'янів; підвищується біологічна активність азотних сполук [2, 5]; одержання нетрадиційного джерела енергії – біогазу.

Біогаз, який утворюється в процесі зброджування надалі можна використовувати: для заправки газових балонів та автомобілів, за умови його очищення; спалювання в котельні; використання біогазу у когенераційних установках для комбінованого видобутку теплової та електричної енергії[2].

За даними, які наводить компанія ЗОРГ-Україна, біогазовий комплекс на посліді великої рогатої худоби продуктивністю 60 т/добу з вологістю 85%, дає можливість одержати 3230 м³ біогазу на добу, твердого перебродженого осаду з вологістю 70% - 17 т/добу, рідкої фракції, з вологістю 99% – 39 т/добу[2, 5].

По даним досліджень академіка Халявко Н.П. потенціал одержання біогазу в Україні із відходів рослинництва та тваринництва складає приблизно 18 млрд. м³ на рік.

Однак біогазова технологія володіє і певними недоліками, які пов'язані із значним терміном окупності, великими капітальними витратами, неможливістю досконально

керувати технологічним процесом. Тому виникає необхідність пошуку шляхів оптимізації та інтенсифікації процесу метанового зброджування.

На даний час основними відомими методами інтенсифікації процесу є системи підігріву біореакторів, перемішування в об'ємі біореакторів, а також використання спеціальних ферментів - ензимів. Ензими каталізують більшість хімічних реакцій, інтенсифікують процес розщеплення стійких молекулярних ланцюгів вуглеводів в субстраті з високим вмістом волокон, лігніну, пектину та целюлози. Таким чином, молекулярні ланцюги стають коротшими, в результаті чого утворення молочної та оцтової кислоти (стадія гідролізу) набуває більш інтенсивного характеру, це в свою чергу сприяє можливості підвищення виходу біогазу з одиниці субстрату[2,4,5].

Недоліком вищезазначених методів інтенсифікації є не достатня можливість контролювати та оптимізувати процес. Одержання біогазу відбувається за допомогою певних колоній мікроорганізмів, які утворюються за певний період часу, та в залежності від складу субстрату. Тому ефективність використання ензимів по літературним даним становить 5-7%, хоча є інформація про показник до 30%, але це не є системою[2, 5].

Отже необхідно створення нових методів та підходів, які б давали можливість більшого контролю процесу метанового зброджування, сприяли його інтенсифікації, здешевлювали технологічний процес і відповідно зменшували період окупності.

Вирішення вищезазначених проблем можливе за рахунок: створення технології одержання сухих концентратів метаноутворюючих мікроорганізмів, які можливо вносити в біореактор в пусковий період, а також в процесі анаеробного зброджування. Внесення відповідних груп мікроорганізмів, які більш ефективно розщеплюють субстрат на відповідних стадіях (під час стадії гідролізації та стадії безпосереднього анаеробного розщеплення).

Таким чином штучне збільшення концентрації метаногенів в біореакторі дасть змогу: зменшення капітальних затрат на процес метанового зброджування; зменшення площ та об'ємів біогазових установок; зменшення періоду протікання процесу; збільшення виходу біогазу; можливість контролю та керування ферментаційним процесом.

В Інституті технічної теплофізики НАН України запропоновано технологію створення концентратів метаногенів, яку можливо реалізувати за схемою, представленою на Рис. 1.

Технологічний процес одержання концентратів мікроорганізмів відбувається наступним чином.

1. Захолодження культуральної рідини.

1.1. Вирощену в ферментері (поз. Ф1, Ф2) культуральну рідину передають в збірник (поз. ЗБ1) та заходжують до 8°C.

1.2. Захолоджену культуральну рідину порційно із збірника (поз. ЗБ1) передають в збірник (поз. ЗБ2) для усереднення культуральної рідини та внесення захисних добавок.

2. Усереднення культуральної рідини та внесення захисних добавок проводиться за регламентом.

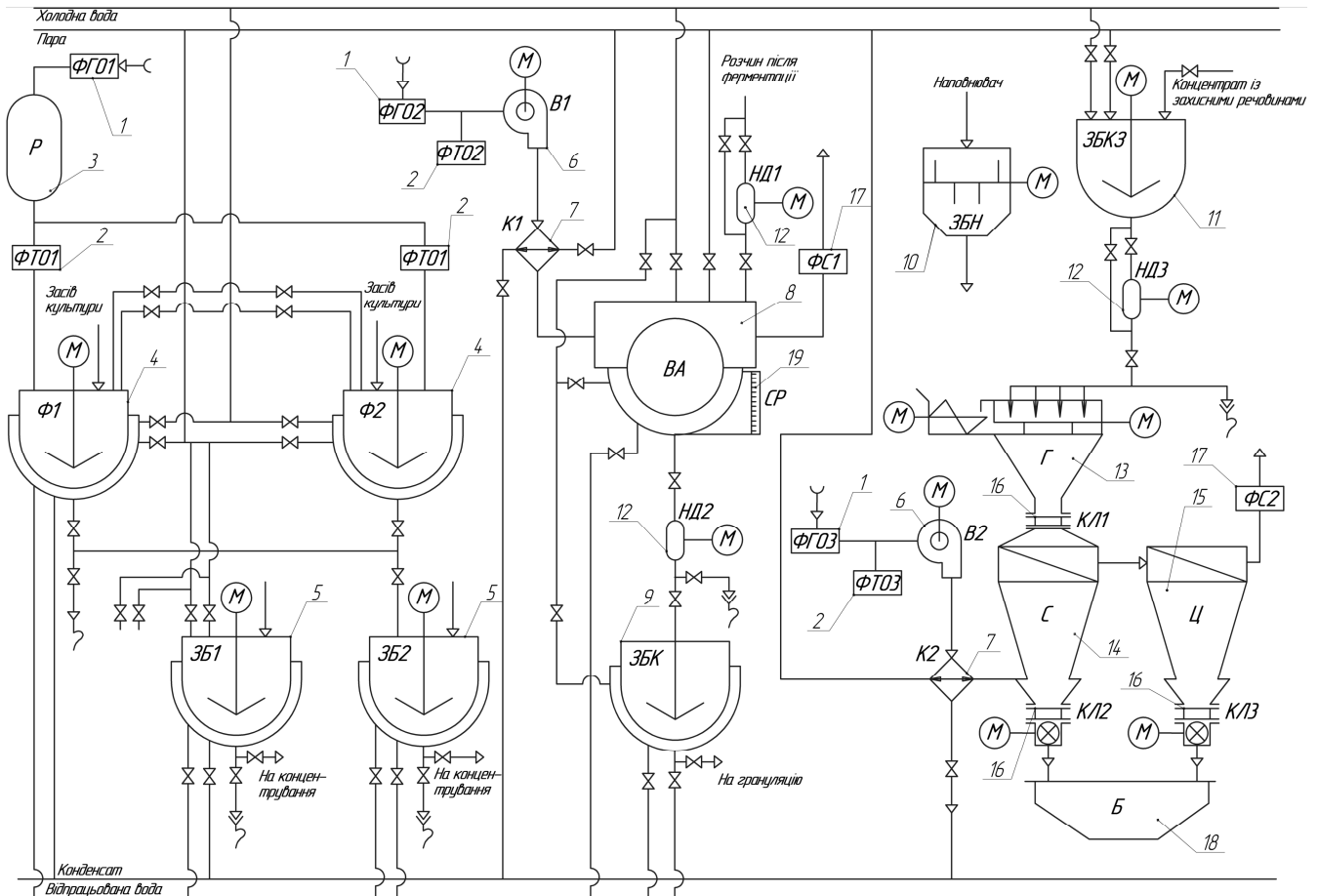


Рис. 1. Схема лінії виробництва мікробіологічних концентратів метаногенів.

1. ФГО – фільтр грубої очистки; 2. ФТО – фільтр тонкої очистки; 3. Р - ресивер; 4. Ф – ферментер; 5. ЗБ – збірник вирощеної культури; 6. В – вентилятор; 7. К – калорифер; 8. ВА – випарний апарат; 9. ЗБК – збірник концентрату; 10. ЗБН – збірник наповнювача; 11. ЗБКЗ – збірник концентрату із захисними речовинами; 12. НД – насос-дозатор; 13. Г – гранулятор; 14. С – сушарка; 15. Ц – циклон; 16. КЛ – клапан; 17. ФС – фільтр самоочищення; 18. Б – бункер готової продукції; 19. СР – сигналізатор рівня.

3. Концентрування культуральної рідини.

3.1. Усереднену із захисними добавками культуральну рідину з збірника (поз. ЗБ2) по матеріалопроводу передають в базовий об'єм випарного апарату (ВА).

3.2. Концентрування культуральної рідини відбувається в плівковому роторно-дисковому випарному (поз. ВА) апараті з нержавіючої сталі. У випарному апараті на валу змонтовані диски, які при обертанні виносять в зону випаровування, розчин у вигляді плівки. Теплоносій вентилятором (поз. В1) через фільтр грубої очистки (поз. ФГО2) та фільтр тонкої очистки (поз. ФТО2) подається через паровий калорифер (поз. К1) в зону випаровування.

3.3. Для підтримки робочого рівня розчину, що знаходиться в базовому об'ємі апарату встановлюються датчики сигналізатора рівня (поз. СР), який контролює робочий рівень розчину в апараті. Долив розчину культуральної рідини здійснюється насосом-дозатором (поз. НД1) за командою сигналізатора рівня (поз. СР). Розчин концентрату культуральної рідини з базового об'єму випарного апарату передається в збірник концентрату (поз. ЗБК) насосом-дозатором (поз. НД2).

4. Охолодження концентрату культуральної рідини.

4.1. Розчин концентрату культуральної рідини після передачі в збірник (поз. ЗБК-1) охолоджують до 8°C.

5. Гранулювання.

5.1. Наповнювач з мішків засипають в прийомний бункер (поз. ЗБН).

5.2. Наповнювач подається порціями шнеком в робочу камеру гранулятора (поз. Г) з одночасною подачею суміші розчину концентрату з захисними добавками з збірника (поз. ЗБК) за допомогою насоса-дозатора (поз. НДЗ). Дозування подачі компонентів до гранулятора, гранулювання суміші наповнювача та концентрату з захисними добавками здійснюється в автоматичному режимі.

5.3. Вологий гранульований продукт при вивантаженні одразу потрапляє через клапан (поз. КЛ) в камеру сушки.

6. Сушка.

6.1. Вологий гранульований продукт порціями, через клапан гранулятора (поз. КЛ-1), подається в камеру сушки (поз. С).

6.2. Гранули зневоднюються за допомогою теплоносія, який подається вентилятором (поз В2) через фільтр грубої очистки (поз. ФГОЗ), фільтр тонкої очистки (поз. ФТОЗ), та паровий калорифер (поз. К2).

6.3. Висушений продукт через клапан (поз.КЛ2) передається в бункер готової продукції (поз. Б), де охолоджується.

6.4. Повітря (теплоносій) після сушарки проходить очистку в циклоні-осаджувачі (поз. Ц) та потім, через фільтр самоочистки (поз. ФС2), викидається в атмосферу.

7. Фасування, пакування, складування готового продукту.

Одна з найважливіших проблем технології переробки продуктів мікробіологічного синтезу є термолабільність та ксерочутливість [5, 6, 7]. В початкових розчинах культурального середовища знаходиться до 92 – 98 % вологи, а зневоднення в даному виробництві ведуть до 6 – 12 % вологи в кінцевому продукті. При виготовленні чистих концентратів, або композиційних сумішей на наповнювачах необхідно враховувати дію навантажень технологічних операцій (концентрування, гранулювання та сушки) на збереження основних морфологічних та фізіологічних властивостей культури, її життєздатність.

Публікація [8] з аналізом впливу способу зневоднення на збереження активності термолабільних матеріалів вказують на необхідність при термічному зневодненні враховувати не тільки температуру, але й час обробки. Зневоднення в інертних умовах в більшості випадків дозволяє отримати продукт, який по своїм якісним показникам мало відрізняється від продукту, виготовленого, наприклад, лабораторним сублімаційним способом. При цьому спрощується експлуатаційне устаткування, значно скорочуються енерговитрати.

Такі умови при концентруванні продуктів лабільного класу пропонується реалізувати в роторно-плівковому випарному апараті (ВА) з дисковою насадкою, що дозволяє вести процес випаровування вологи з плівки рідини, яка постійно відновлюється. Метод випарувального зневоднення рідини з плівки при безпосередньому контакті її з газовим теплоносієм дозволяє вести процес концентрування так, що температура рідини на дискових насадках ротора та концентрату в базовому об'ємі апарата не перевищує температури мокрого термометра та

знаходиться в межах температури ферментації. Конструкція апарата дозволяє знизити температуру розчину в базовому об'ємі апарату[9, 10].

Основна перевага ВА полягає в тому, що в невеликих об'ємах апарату розвинена велика поверхня контакту, при цьому його гідравлічний опір невеликий.

Висновки

1. Біогазова технологія дозволяє отримувати високоякісне газове пальне в результаті переробки фактично будь яких органічних відходів тваринництва та рослинництва.

2. Доцільно використовувати концентрати метаногенів для інтенсифікації процесу виробництва біогазу.

3. Використання комплексних методів інтенсифікації біогазового процесу, дозволить надійніше контролювати процес, прогнозовано підвищити вихід біогазу, та зменшити період протікання процесу.

4. Для реалізації способу одержання концентрованих препаратів метаногенів необхідно використовувати тепломасообмінну технологію виробництва мікробіологічних концентратів, яка представлена в даній статті.

Список літератури

1. В. Баадер, Е.Доне, М. Бренндерфер. *Биогаз. Теория и практика*. Москва, «КОЛОС», 1982.-148 с.
2. Бурга Геммеке, Криста Ригер, Петер Вайланд. *Биогаз на основе возобновляемого сырья. Хофплатц Специальное агентство возобновляемых ресурсов (FNR)*, 2010.-115 с.
3. У.Е.Виестур, Дубровский. *Метановое сбраживание в сельском хозяйстве*. Рига.. Синатне, 1988.-204 с.
4. Барбара Эдер, Хайнц Шульц «Биогазовые установки. Практическое пособие», Мюнхен, 1996.
5. Бекер М.Е., Дамберг Б.Э., Рампопорт А.И. *Анабиоз мікроорганізмів*, Рига, Зинатне, 1981. – 253 с.
6. Колесов С.Г. *Высушивание микроорганизмов и биопрепаратов*. М.: Сельхозгиз, 1952. – 221 с.
7. Бекер М.Е. *Обезвоживание микробной биомассы*. Рига, Зинатне, 1967. – 361 с.
8. Долинский А.А., Малецкая К.Д., Шморгун В.В. *Кинетика и технология сушки распылением*. Киев: Наук. Думка. – 1987. – 224 с.
9. Михалевич В.В., Процишин Б.Н. *Исследование процессов обезвоживания и гранулирования щелочной протеазы, щелочеустойчивой липазы*.//Пром. Теплотехника, 2000, т 22. №5-6. С.54-58.
10. Михалевич В.В., Процишин Б.Н., Хорунжая Л.В. *Эффективная технология производства концентрата пищевых красителей из растительного сырья*. //Пром. Теплотехника, 2003, т 25. №4.- С. 57-60.

Spisok literatury

1. V. Baader, E.Done, M. Brennderfer. *Biogaz. Teoriya i praktika*. Moskva, «KOLOS», 1982.-148 s.
2. Burga Gemmeke, Krista Riger, Peter Vayland. *Biogaz na osnove vobnovlyaemogo syrya. Hofplatts Spetsialnoe agentstvo vobnovlyaemyih resursov (FNR)*, 2010.-115 s.
3. U.E.Viestur, Dubrovskiy. *Metanovoe sbrzhivanie v selskom hozyaystve*. Riga.. Sinatne, 1988.-204 s.
4. Barbara Eder, Haynts Shults «Biogazovyye ustanovki. Prakticheskoe posobie», Myunhen, 1996.
5. Beker M.E., Damberg B.E., Rampoport A.I. *Anabioz mikroorganizmiv*, Riga, Zinatne, 1981. – 253 s.
6. Kolesov S.G. *Vyisushivanie mikroorganizmov i biopreparatov*. M.: Selhozgiz, 1952. – 221 s.
7. Beker M.E. *Obezvozhivanie mikrobnoy biomassyi*. Riga, Zinatne, 1967. – 361 s.
8. Dolinskiy A.A., Maletskaya K.D., Shmorgun V.V. *Kinetika i tehnologiya sushki raspyleniem*. Kiev: Nauk. Dumka. – 1987. – 224 s.
9. Mihalevich V.V., Protsishin B.N. *Issledovanie protsessov obezvozhivaniya i granulirovaniya shelochnoy proteazyi, shelocheustoychivoy lipazyi*.//Prom. Teplotehnika, 2000, t 22. 5-6. s.54-58.
10. Mihalevich V.V., Protsishin B.N., Horunzhaya L.V. *Effektivnaya tehnologiya proizvodstva kontsentrata pischevyyih krasiteley iz rastitelnogo syrya*. //Prom. Teplotehnika, 2003, t 25. 4.- s. 57-60.

ТЕПЛОМАССОБМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА КОНЦЕНТРАТОВ МЕТАНОГЕНОВ

Аннотация: рассмотрены основные преимущества и недостатки метанового сбраживания вторичных ресурсов, которые накапливаются в агропромышленном комплексе Украины. Предложено теплообменную технологию получения концентратов метаногенов и аппаратную линию их производства. Концентраты метаногенов позволяют интенсифицировать и контролировать процесс метанообразования. Технология и аппаратная линия прошли испытания в промышленных условиях.

Ключевые слова: теплообмен, метаноген, аппаратная линия, концентраты метаногенов.

HEAT AND MASS TECHNOLOGY FOR CONCENTRATE METHANOGENS PRODUCTION

Summari: the main advantages and disadvantages of methane fermentation technology of secondary resources, which accumulate in the agricultural sector of Ukraine. Heat-and-mass technology of concentrated methanogens and instrumental line of production. Concentrates methanogens can intensify and monitor the process of methanogenesis. Technology and hardware line were tested in industrial conditions.

Keywords: Heat and Mass Transfer, methanogens, instrumental line, concentrates methanogens.