

БІОКОНВЕРСІЯ РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТАНОВОЇ ФЕРМЕНТАЦІЇ

У процесі дослідження було досліджено процеси біотрансформації відходів сільського господарства та розроблено принципову технологічну схему обробки та утилізації відходів. Також, визначено, що проведення ферментації при запропонованих параметрах дозволить само забезпечити процес бродіння необхідною енергією та отримати додаткову енергію.

Досліджено вихід біогазу, та його енергетичну цінність залежно від параметрів ферментації та характеристики стоків. Досліджено вплив параметрів процесу на накопичення вітамінів кобаламінової групи. Показаний вплив фізико-хімічних характеристик субстрату на інтенсивність процесу ферментації, що в виробничих умовах дає можливість підібрати оптимальний режим обробки відходів. За результатами дослідження пропонується простий спосіб інтенсифікації біосинтезу вітаміну В₁₂ у процесі метанової обробки стоків, що дозволить поряд із очищеною водою та біогазом отримати цінний кормовий продукт у вигляді мікробної біомаси.

Ключові слова: біотрансформація, метанова ферментація, хімічне споживання кисню (ХСК), відходи сільського господарства, біогаз.

Постановка проблеми

На сучасному етапі науково-технічного прогресу проблему ефективного функціонування продовольчого комплексу країни неможливо розглядати без врахування наслідків його впливу на навколишнє середовище і раціонального використання природних ресурсів. Зараз проблема охорони навколишнього середовища набуває особливої гостроти.

У цьому плані особливу увагу привертають стічні води тваринництва, підприємств харчової та мікробіологічної промисловості. На сьогоднішній день немає єдиної технології переробки відходів органічного походження. В нашій країні, як правило, використовують екстенсивні та аераційні методи, що не можуть забезпечити необхідного зниження концентрації забруднень.

У багатьох країнах світу для утилізації та знешкодження органічних відходів використовують метанову ферментацію. Відомо, що відходи сільського господарства легко піддаються метановому бродінню і є значним резервом сировини для отримання метану. Для переробки цих відходів запропоновано різне апаратурне оформлення залежно від того, в якому вигляді рекомендується їх використання. Відходи можуть бути в твердому або рідкому вигляді залежно від способу прибирання приміщень. Деякі спеціалісти схиляються до методу переробки відходів у твердому вигляді, що має недоліки пов'язані з необхідністю перемішування матеріалу, складністю безперервної його подачі у метантенк та ін. [2].

Ми вважаємо доцільним використовувати для обробки сільсько-господарських відходів універсальну технологію, що застосовується для утилізації рідких відходів, тобто стічних вод підприємств харчової промисловості. Для цього потрібне деяке розбавлення твердих відходів, однак цей недолік перебивається перевагами, які дає безперервне бродіння рідких відходів, а саме: забезпечення рівномірної швидкості потоку субстрату в бродильний нітрит і стійкості процесу бродіння, покращення можливості регулювання умов ферментації, уникнення необхідності постійного перемішування, повної автоматизації процесу. Крім того, на комплексах де для прибирання приміщень використовують гідрозмив, гнойова маса вже має рідкий стан і готова для ферментації.

Для вирішення проблеми ефективного очищення та утилізації стоків з високою концентрацією забруднень необхідно розробити комплексну технологію, що поєднує переваги всіх відомих зараз методів. Основу такої технології має скласти метанова ферментація, як попередня стадія очищення.

У зв'язку з цим актуальним є вивчення ряду проблем, пов'язаних з особливостями проведення процесу метанового бродіння. Для ефективного застосування цього процесу та впровадження його в практику необхідні дослідження технологічних режимів, впливу параметрів бродіння на синтез цільових продуктів метаболізму та процеси очищення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідження стосовно переробки тваринних відходів сільського господарства із застосуванням метанової ферментації досить ґрунтовно висвітлені у наукових працях вітчизняних та іноземних вчених (Нікітін Г. О., Бублієнко В. В., Ковальов Д. А. та інші). Питання біотрансформації рослинних відходів агропромислового комплексу із застосуванням анаеробно-аеробної технології та вивчення інтенсивності утворення біогазу потребує більш детального дослідження.

Мета, завдання та методика дослідження

Мета роботи – дослідження процесів біотрансформації висококонцентрованих стоків деяких підприємств агропромислового комплексу та розробка на цій основі універсальної технологічної схеми і рекомендацій по її використанню, що дозволяє одночасно отримувати очищену воду, горючий газ та мікробну біомасу, збагачену вітамінами кобаламінової групи.

Об'єктом дослідження є процес біоконверсії відходів АПК, за рахунок процесів метанової ферментації.

Основними завданнями були: дослідження режимів анаеробної ферментації відходів сільського господарства різної вологості; вивчення інтенсивності утворення біогазу та визначення його потенційної енергетичної цінності; дослідження процесу накопичення вітамінів групи В₁₂ залежно від режимів, умов культивування та характеристики субстратів; вивчення впливу параметрів бродіння на процеси очищення; вивчення впливу солей кобальту на інтенсивність біосинтезу вітамінів кобаламінової групи, вихід біогазу та процеси очищення; розробка апаратурно-технологічної схеми та рекомендації щодо її використання.

Результати досліджень

Метановому бродінню піддавалися відходи з вологістю 96,10%, 93,80% та 91,12 %. Вміст сухих речовин в стоках складав 39,15 г/дм³ 61,92 г/дм³ та 88,63 г/дм³ відповідно. Процес проводився при температурі 45°C, що, з одного боку, забезпечує необхідну інтенсивність процесу ферментації в порівнянні з мезофільним режимом, з іншого – потребує менших енергозатрат, порівнюючи з термофільним.

Для дослідження періодичного процесу були вибрані дози завантаження, що відповідають 30 та 50% від загального об'єму культуральної рідини. При кількості субстрату 30% залежно від вологості процес тривав 5, 7 та 9 діб. а при 50 %-вій дозі — 7, 9 та 12 діб відповідно. Показано, що при збільшенні дози завантаження та зменшенні вологості субстрату, загальний об'єм утвореного біогазу зростає. Так, при проведенні процесу бродіння з субстратом вологістю 96,10 % та зміною дози завантаження з 30 % на 50%, загальна кількість

утвореного газу зростає на 38,7 %. Це є характерним і для процесів з вологістю 93,80 та 91,12 %, де при збільшенні дози завантаження кількість біогазу зростає на 35,6 та 35,4% відповідно. Результати дослідів по газу та ХСК культуральної рідини наведені в таблицях 1–2.

Таблиця 1. Вплив вологості субстрату та дози завантаження на об'єм біогазу

Вологість субстрату, %	Доза завантаження, %	Об'єм біогазу $\text{дм}^3/\text{дм}^3\text{КР}$	Об'єм біогазу $\text{дм}^3/\text{кгСР}_{\text{зав.}}$	Об'єм біогазу $\text{дм}^3/\text{кгСР}_{\text{збр.}}$
96,10	30	3,210	273	525
	50	5,240	260	578
93,80	30	5,202	280	588
	50	8,125	262	629
91,12	30	7,521	283	646
	50	11,750	265	694

Таблиця 2. Вплив вологості субстрату та дози завантаження на показники бродіння

Вологість субстрату, %	Доза завантаження, %	Вміст CH_4 , %	pH кінцеве	ХСК кінцеве $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$	Ефективність очищення по ХСК, %
96,10	30	83,2	8	1047	91,5
	50	80,1	8,2	1220	90,3
93,80	30	80,9	8	1480	88,9
	50	74,5	8,2	1686	87,4
91,12	30	75,3	8,3	2445	87,8
	50	68,4	8,5	2680	86,2

Для визначення максимальної активності популяції метаноутворюючих мікроорганізмів, проводилося щоденне вимірювання ХСК, кількості утвореного біогазу, вміст метану в ньому [1]. Динаміка утворення біогазу та зниження ХСК при зброджуванні субстрату однієї з вологостей (93,80%) представлена на рисунку 1.

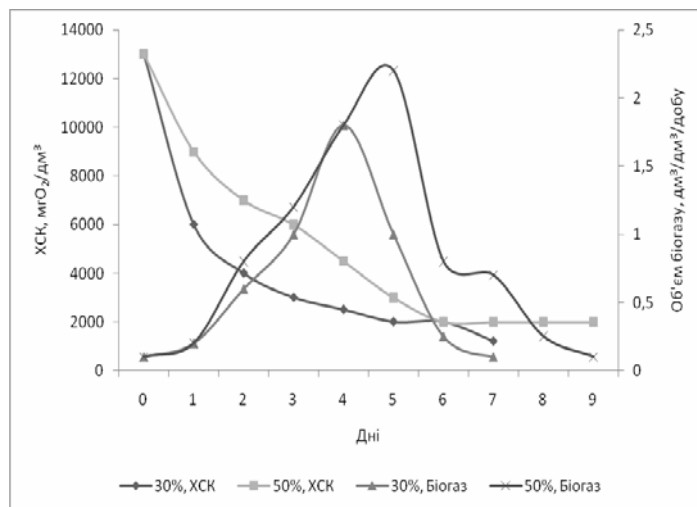


Рис. 1. Зміна об'єму біогазу та ХСК при вологості субстрату 93,8 %

Одночасно показано (табл. 1–2), що питомий вихід біогазу на одиницю завантажених сухих речовин зменшується при збільшенні дози завантаження при однаковій вологості субстрату. Це свідчить про те, що підвищена кількість сухих речовин в культуральній рідині не дає змогу популяції мікроорганізмів здійснювати повну їх асиміляцію. Це, в свою чергу, впливає на тривалість бродіння та підтверджується кінцевими значеннями ХСК.

Встановлено, що більші дози завантаження та концентрації сухих речовин субстрату негативно впливають на процеси метанотворення, що проявляється в зменшенні кількості метану в біогазі. Так, максимальна кількість метану в біогазі (83,3 %) була отримана при найбільшій вологості та дозі завантаження 30 %, а мінімальна (68,4 %) – при найменшій вологості та 50 %-ному завантаженні.

Дослідження процесів очищення показало, що збільшення концентрації сухих речовин в культуральній рідині веде до подовження тривалості адаптації культури, збільшення часу бродіння та зниження ефекту очистки (табл. 1–2). Це, очевидно, пояснюється тим, що деякі компоненти субстрату проходять неповний шлях трансформації в гази, що спричиняє їх накопичення в культуральній рідині [3].

Встановлено вплив концентрації субстрату та його дози на якісний та кількісний склад вітамінів кобаламінової групи. Виявлено, що при метановому бродінні стоків, кількість вітамінів зростає в порівнянні з початковими значеннями в 3,1–6,6 разів. Результати досліджень вітамінного складу наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Кількісний та якісний склад кобаламінів в культуральній рідині

Вологість субстрату, %	Доза завантаження, %	Загальна кількість вітамінів, мкг/г СР	Фактор В, %	Фактор В, мкг/г СР	В ₁₂ , %	В ₁₂ , мкг/г СР	Фактор ІІІ, %	Фактор ІІІ, мкг/г СР
96,1	30	30,4	38,2	11,61	53,2	16,17	8,6	2,61
	50	36,7	32,4	11,89	47,4	17,40	20,2	7,41
93,8	30	35,8	29,1	10,42	45,7	16,36	25,2	9,02
	50	43,4	24,5	10,63	41,3	17,92	34,2	14,84
91,12	30	38,5	23,7	9,12	40,8	15,71	35,5	13,67
	50	47,6	19,8	9,42	38,5	18,33	41,7	19,85

Доведено, що зростання загальної кількості вітамінів при зменшенні вологості субстрату та підвищенні дози завантаження іде, в основному, за рахунок накопичення активної форми вітаміну (фактор ІІІ), тоді як приріст неактивної форми (фактор В) та істинного вітаміну В₁₂ незначний. Найбільш результативним в цьому плані є використання субстрату з вологістю 91–94 % при 50 %-ній дозі завантаження.

Висновки та перспективи подальших досліджень

1. Метанова ферментація концентрованих відходів рослинного походження є найбільш ефективним методом для їх очищення та біотрансформації.

2. Періодичне метанове бродіння рекомендується для обробки відходів невеликих об'єктів агропромислового комплексу. Збродження дає можливість одержати 11–25 м³ біогазу на 1 м³ субстрату, а ефект очищення складає 86–91%. Для оптимального вилучення біогазу рекомендується використовувати стоки з підвищеною концентрацією та 30-ною дозою завантаження.

3. Встановлено, що збільшення швидкості потоку прямопропорційно впливає на вихід газу, але призводить до зменшення в ньому метану, та знижує глибину очищення.

4. При метановому збродженні стоків синтезуються значна кількість вітамінів кобаламінової групи. Встановлено, що більшість кобаламінів знаходиться у вигляді активних форм. Показано, що змінюючи швидкість потоку та концентрацію субстрату, є можливість регулювати вміст активних форм в суміші кобаламінів.

5. На основі проведених досліджень розроблено принципову технологічну схему обробки та утилізації висококонцентрованих стоків. Визначено, що проведення ферментації при запропонованих параметрах дозволить самозабезпечити процес бродіння необхідною енергією та отримати додаткову енергію.

6. Для доочищення зброджених стоків рекомендується двоступенева схема аерації з регенерацією активного мулу.

Подальші дослідження будуть базуватися на визначенні показників метанової ферментації стоків тваринницьких ферм в безперервному режимі.

Література

1. Гелетуха Г. Впровадження біогазових установок в сільському господарстві / Г. Гелетуха // Пропозиція. – 2000. – № 6. – С. 26–27.

2. Запольський А. К. Екологізація харчових виробництв : підручник / А. К. Запольський. – К. : Вища шк., 2005. – 423 с.

3. Перспективи виробництва біогазу з сумішей гнойових відходів тваринництва та рослинної сировини в Україні / П. П. Кучерук, Ю. Б. Матвеев, Т. В. Ходаківська, М. Б. Грабовський // Пром. теплотехніка. – 2013. – Т. 35, № 1. – С. 107–113.

4. Мельничук М. Д. Основи біотехнології рослин : підручник / М. Д. Мельничук, Т. В. Новак, Б. О. Левенко. – К. : НАУ, 2000. – 248 с.