

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ БІОПАЛИВА БІОТЕХНОЛОГІЧНИМ МЕТОДОМ

**Вступ.** На сьогоднішній день гостро постає проблема збереження навколишнього середовища від шкідливого впливу з боку людства. Найбільш негативним фактором є забруднення навколишнього середовища відходами та шкідливими викидами важкої промисловості та автомобільного транспорту.

Оскільки екологічною інспекцією ведеться постійний контроль за дотриманням усіх показників шкідливих речовин в атмосфері і, як наслідок, встановлено значні відхилення від нормативів, то у підприємств є зобов'язання впроваджувати новітні способи очищення газових викидів за рахунок сучасного фільтруючого обладнання. Це в свою чергу зменшує кількість промислових викидів в атмосферу та робить підприємства більш екологічно безпечними.

На жаль, усього цього не можна сказати відносно постійного зростання кількості застарілого автомобільного транспорту, оскільки відсутність фільтрів, неякісне пальне та дефекти самого двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) спричиняють суттєве забруднення атмосферного повітря. В даній ситуації присутній ще людський фактор, який полягає в тому, що багато водіїв проводять несвочасну заміну фільтруючих матеріалів та самовільне удосконалення ДВЗ з втручанням у роботу вихлопної системи. Це розповсюджене явище негативно позначається на стані навколишнього середовища внаслідок перевищення норм якісних показників забруднюючих речовин в атмосфері за рахунок продуктів горіння палива, погіршуючи загальну картину екологічної ситуації [1].

На сьогоднішній день існує класифікація класичних видів палива (92, 95, ДЗ) з додаванням у різній кількості до їх складу етанолу, а точніше біоетанолу. Таке паливо є найефективнішим, економічно доцільним як для виробника, так і для покупця, а найголовніше – воно в разі зменшує викиди шкідливих речовин в атмосферу і робить це паливо екологічно безпечним. Виходячи з наведеного вище, сформульовано мету роботи, яка полягає в розробці технології отримання біопалива біотехнологічним методом [2].

**Постановка задачі.** Сутність методології дослідження полягає у використанні активної біомаси в процесі біодеградації рослинної сировини для отримання біопалива. У якості біопалива можуть виступати біометанол, біобутанол, біодизель. В нашому випадку це біоетанол, отриманий з рослинної сировини та рослинних відходів шляхом їх біодеградації активною біомасою. Біоетанол є найкращим варіантом для України в умовах сьогоднішнього дефіциту джерел енергії. Основною проблемою цього палива є те, що воно може використовуватись двигунами визначеної конструкції зі своїми особливостями та виготовленням за іншими технологіями. Найоптимальнішим варіантом є використання палива Е5, 7, 10 (5, 7, 10 % етанолу та залишок % бензину та стабілізуючих речовин). Дану суміш можна використовувати в якості пального на звичайних двигунах.

Встановлено, що при цьому видаляється не тільки бензин, а й токсична небезпечна речовина МТБЕ. Головними складовими біопалива є елементи палива, отримані біологічним шляхом за рахунок живої біомаси (дріжджів, бактерій). У якості активної біомаси використовують гетероферментативні молочнокислі бактерії (рис.1). Позитивною ознакою цього процесу є те, що отриманий біоетанол можна використовувати не тільки як пальне, а й як джерело вуглецю при культивуванні мікроорганізмів. Цей вид палива є екологічно безпечним, що дозволяє вирішити поставлені екологічні проблеми.

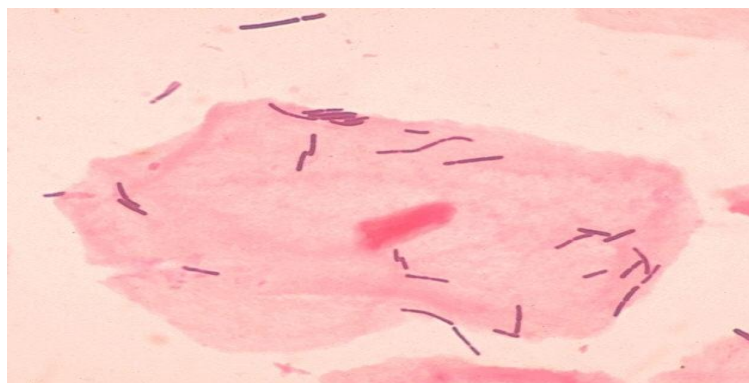


Рисунок 1 – Загальний вигляд зразка молочнокислих бактерій (забарвлення за Грамом)

попередньо вирощеного у поживному середовищі. В якості посівного матеріалу використовувалася закваска фірми TM GOOD FOOD, а саме біфідокомплекс симбіозу молочнокислих бактерій.

Силосування проводили протягом 7 діб. Час силосування визначався такими параметрами, як ступенем подрібненості матеріалу, періодичністю перемішування культуральної рідини при підтримці температури на рівні 45°C. рН в свою чергу становив від 3,5 до 4,3 за рахунок кислоти, яка виділяється культурою. Загальний вигляд рослинного матеріалу після подрібнення представлено на рис.2.



Рисунок 2 – Подрібнений рослинний матеріал амброзії, полину та подорожнику

бактерій, в результаті підвищується концентрація молочної кислоти, забезпечуючи зниження втрат поживних речовин і поліпшення поживних властивостей отриманого корму.

По закінченню процесу силосування проводили виділення етанолу з рідини шляхом перегонки. Концентрація етанолу в середовищі з зазначеним біотехнологічним підходом склала 12%, що дає підстави вважати обрані умови культивування для визначеної рослинної сировини економічно обґрунтованими та доцільними для подальшого використання на практиці.

Перегінна установка, представлена на рис.3, складається з колби Вюрца, холодильника та збірника. За умови використання отриманого етанолу у харчовій чи медичній практиці, необхідним є застосування додаткового ступеня очистки з використанням активованого вугілля для видалення сивушних масел та інших домішок.

Сам процес силосування рослинних відходів проводили у круглодонних колбах об'ємом 5 л. У якості досліджуваного матеріалу використовували такі рослини, як подрібнені амброзія та полин. Після стадії подрібнення рослинної біомаси проводили процес термічної стерилізації у співвідношенні рослинної біомаси з розчинником 1 до 3. Наступним етапом було внесення посівного матеріалу,

Для підвищення продуктивності процесу силосування можна використовувати ферментні препарати Амілорізін, Протосубтілін, Глюкаваморин та ін., з яких доцільніше використовувати Глюкаваморин. Під дією Глюкаваморину забезпечується частковий гідроліз полісахаридів – клітковини, крохмалю, пектинових речовин, геміцелюлоз – і утворюється більше цукрів для життєдіяльності молочнокислих

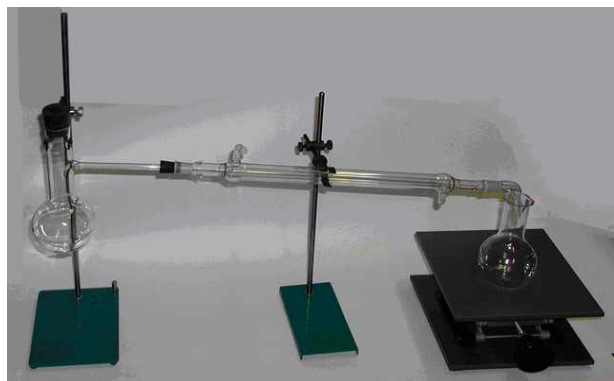


Рисунок 3 – Перегінний апарат

**Результати роботи.** В результаті дослідження процесу бродіння рослинної сировини отримано кількісні залежності зміни концентрації водневих іонів від часу проведення дослідження, наведені у табл.1.

Після ректифікації дистилляту з досліджуваних зразків отримано етилових спирт густиною  $0,793 \text{ кг/м}^3$ . Кількісні показники виходу спирту занесено до табл.2.

Силос, отриманий після відгонки спирту, відповідає органолептич-

Таблиця 1 – Зміна концентрації водневих іонів від часу зброджування рослинної сировини

час, хв. № зразка	0	180	360	1000	1240	1480	1660	1780	1880	1920	1960	2000	2100	2140	2240	2540
1	6,4	6,4	6,3	6,2	6,1	6	5,9	5,4	5,3	5,2	4,4	4,2	4,1	4,1	4	4
2	6,4	6,4	6,2	6,1	5,9	5,6	5,1	4,8	4,8	4,8	4,2	4,1	4	4	4	4
3	6,5	6,4	6,4	6	5,9	5,7	5,3	4,8	4,8	4,8	4,2	4,2	4,2	4,1	4	4
4	6,8	6,8	6,8	6,8	6,7	6,7	6,6	6,5	6,4	6,4	6	5,8	5,6	4,7	4,2	4
5	5,8	5,8	5,7	5,7	5,6	5,5	5,3	5,2	5,1	4,9	4,4	4,2	4,1	4,1	4	4
6	5,9	5,9	5,8	5,7	5,7	5,7	5,6	5,6	5,4	5	4,3	4,2	4,1	4	4	4

Таблиця 2 – Вихід отриманого етанолу з досліджуваних субстратів

Субстрат	Вихід етанолу без ферментів, г/л	Вихід етанолу з використанням ферментного препарату Глюкаваморину, г/л	Вихід етанолу без використання посівного матеріалу м-к бактерій, г/л
Шрот полину	2,55	3,26	1,86
Шрот подорожнику	15,62	17,3	9,52
Шрот амброзії		11,9	7,12

ним показникам якості, що надало можливість його використання для вигодовування тварин (рис.4).

Спостереження: при культивуванні молочнокислих бактерій на субстратах з полину та амброзії спостерігається інтенсивне утворення газу.

Встановлено оптимальний строк силосування рослинного матеріалу з використанням молочнокислих бактерій, який склав 7 діб. При такому терміні силосування силос набуває приємного коричневого кольору, що свідчить про можливість його використання у якості корму для вигодовування домашніх тварин.

Визначено, що при перебільшенні вказаного терміну бродіння рослинної сировини (до трьох тижнів) відбувається значне газоутворення, підкислення силосу до рН 4,0 внаслідок високого вмісту молочної кислоти. При таких якісних показниках неможливо використовувати силос для вигодовування тварин. Тому при силосуванні необхідною умовою є постійний контроль силосу на відповідність значення рН.



Рисунок 4 – Використання силосу в якості корму для крупної рогатої худоби

При збільшенні терміну процесу силосування (до 3 тижнів) рослинний субстрат набуває темного кольору, неприємного запаху, що робить неможливим його використання в подальшому для годування тварин.

При годуванні худоби даним силосом у тварин підвищився приріст маси, зменшилось використання антибіотичних препаратів за рахунок поліпшення здоров'я худоби. У курей спостерігалось збільшення несучості в 1,5 рази.

Виходячи з отриманих даних, можна зробити висновок, що використання ферментів збільшує вихід етанолу для полину на 37,1%, амброзії – на 42,8%. Визначено, що при використанні молочнокислих бактерій відбувається інтенсифікація процесу біодеградації досліджених субстратів, збільшується вихід етанолу для полину на 27,8%, для амброзії – на 16,7%. Отримання біоетанолу базується на переробці сільськогосподарських відходів. За вказаною технологією отримано високоякісний продукт, який виступає у якості енергетичного джерела, котре може частково компенсувати нестачу рідких горючих джерел енергії. Крім того, процес проходить у простих умовах, не потребує додаткових витрат на дорогі якісні культури або добавки до поживного середовища, оскільки сільськогосподарські відходи містять усі поживні елементи, необхідні для росту та розвитку культури-продуцента.

Біоетанол є не тільки економічно вигідним рішенням та екологічно безпечним паливом, а й може використовуватися в біотехнологічній промисловості в якості джерела вуглецю. Але, крім етанолу, в результаті силосування рослинної сировини можна отримувати високоякісний корм для тварин, збагачений усіма необхідними біологічно-активними речовинами. Це повністю гідролізована за рахунок молочнокислих бактерій, збагачена рослинним білком кашоподібна маса. Цей продукт можна використовувати як повноцінний корм або як додаток до корму.

**Висновки.** В результаті безвідходної технології силосування рослинної сировини отримано два продукти, які мають важливе значення для країни: біоетанол та силос. Досліджено технологію отримання біопалива шляхом біодеградації рослинного матеріалу – амброзії, полину та подорожника. Запропоновано інтенсифікацію процесу силосування рослинної сировини проводити з використанням ферментів та симбіозу молочнокислих бактерій. За результатами експериментів встановлено, що найбільший вихід біоетанолу можливо отримати зі шроту подорожника в комплексі з ферментним препаратом Глюкаваморин у кількості 17,3 г/л. Щільність біоетанолу становить 0,793 кг/м<sup>3</sup>. Результати експериментів свідчать, що вихід біоетанолу неможливий зі шроту амброзії без додаткових методів інтенсифікації, а саме без використання ферментів та молочнокислих бактерій. Встановлено, що під час процесу біодеградації рослинних матеріалів відбувається постійна зміна концентрації водневих іонів з 6,8 до 4,0, тобто під час силосування відбувається підкислення середовища. Виходячи з отриманих даних, можна зробити

висновок, що завдяки використанню ферментного препарату вихід біоетанолу для полину збільшено на 37,1%, для амброзії – на 42,8%, а при використанні молочнокислих бактерій вихід біоетанолу для полину збільшено на 27,8%, а для амброзії – на 16,7%.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Гуреев А.А. Производство высокооктановых бензинов [Текст] / А.А.Гуреев, Ю.М.Жоров, Е.В.Смидович. – М.: Химия, 1981. – 224с.
2. Чирик Д.П. Биологоагрономические аспекты возделывания овсяно-люпиновых смесей на зеленую массу и силос: монография / Чирик Д.П., Степанова Н.В. – Минск: Белорусская наука, 2011. – 136с.

*Надійшла до редколегії 03.05.2017*

УДК 661.152.4

ІВАНЧЕНКО А.В., к.т.н., доцент

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

### **ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ БІОМІНЕРАЛЬНОГО ДОБРИВА З ВІДХОДІВ**

**Вступ.** У даний час великого значення в державі набувають питання економії матеріалів і паливно-енергетичних ресурсів, охорони навколишнього середовища [1]. Світовий досвід використання технології анаеробної переробки осадів та інших органічних відходів для одержання добрив і біогазу свідчить про рентабельність та перспективність її реалізації в промислових умовах [2].

Розвинені країни світу мають величезні досягнення у розвитку та використанні біотехнологій [3]. Сьогодні країни Європи (Австрія, Данія, Голландія, Норвегія, Фінляндія та Швеція) використовують від 40 до 65 відсотків екологічно чистої біоенергетики, вирощують до 50% екологічно безпечної продукції і планують до 2015-2020 років мати 100% [3]. В Україні екологічно чиста енергія складає близько 3 відсотків [3].

Одними з невирішених питань впровадження установок анаеробного зброджування в Україні є те, що середня тривалість перебування сировини у реакторі коливається на рівні 30-55 діб, що ускладнює можливість їх масового застосування в державі. Крім того, експлуатація таких реакторів супроводжується великими капітальними та експлуатаційними затратами, а міжремонтна тривалість роботи триває декілька років.

Застосування ферментативного каталізу у технології отримання біоінеральних добрив є новим науковим напрямком. Ферменти – біологічні каталізатори білкової природи. Таке загальне визначення підкреслює хімічну природу практично всіх існуючих ензимів, тобто всі ферменти – білки [4-7].

Для пояснення деталей будови та функціонування ферментів вводять такі поняття, як «субстрат» та «продукт» реакції. Субстратом (S) називають молекулу, яка під дією ферменту перетворюється на кінцевий продукт реакції (P): S→P. Для утворення продукту фермент може зв'язувати один або декілька субстратів [4-7].

Кожний фермент має функціонально активну ділянку – активний центр (для зв'язування та перетворення субстрату). Як правило, субстрат приєднується до функціональних груп в активному центрі нековалентно, іноді можуть утворюватися короткотривалі ковалентно зв'язані комплекси [6].

Ферменти прискорюють біохімічні реакції за рахунок зниження енергії активації. Фермент знижує енергію активації шляхом збільшення числа активованих молекул, які стають більш реакційно здатними на нижчому енергетичному рівні.