

Можливість підвищення продуктивності установки для видобутку біогазу з бурякової стружки

Боженна Полець, доктор, відділ цукроваріння Інституту біотехнології сільськогосподарської і харчової промисловості (Польща)

Анджей Барига, доктор інженер, відділ цукроваріння Інституту біотехнології сільськогосподарської і харчової промисловості (Польща)

Томаш Шиманьскі, доктор інженер, відділ цукроваріння Інституту біотехнології сільськогосподарської і харчової промисловості (Польща)

Проведено порівняльне технологічне дослідження метанового бродіння цукрової стружки, заквашеною традиційним способом, заквашеною з бактеріально-ферментним препаратом «LACTACEL-W» і заквашеною без додавання бактеріально-ферментного препарату «LACTACEL-W», але з додаванням гною. Визначено основні параметри і результати процесу метанового бродіння всіх досліджуваних вихідних речовин, а також продуктивність і якість одержуваного біогазу. Дослідження продемонстрували, що використання ферментного препарату «LACTACEL-W» при метановому бродінні бурякової стружки, є більш корисним, ніж використання стружки, заквашеною традиційним шляхом. Додавання гною до стружки в процесі бродіння дає кращі результати, ніж бродіння тільки однієї стружки.

Враховуючи склад біогазу та його характеристики, всі отримані типи можна віднести, згідно з діючими нормативами, до підгрупи Ls групи азотованих природних газів.

Ключові слова: бурякова стружка, метанове бродіння, біогаз, закваска стружки, препарат «LACTACEL-W», гній.

Проведено сравнительное технологическое исследование метанового брожения свекольной стружки, заквашенной традиционным способом, заквашенной с бактериально-ферментным препаратом «LACTACEL-W» и заквашенной без добавления бактериально-ферментного препарата «LACTACEL-W», но с добавлением навоза. Определены основные параметры и результаты процесса метанового брожения всех исследуемых исходных веществ, а также производительность и качество получаемого биогаза. Исследования продемонстрировали, что использование ферментного препарата «LACTACEL-W» при метановом брожении свекловичной стружки, является более полезным, чем использование стружки, заквашенной традиционным путем. Добавление навоза до стружки в процессе брожения дает лучшие результаты, чем брожения только одной стружки.

Учитывая состав биогаза и его характеристики, все полученные типы можно отнести, согласно действующим нормативам, к подгруппе Ls группы азотированных природных газов.

Ключевые слова: свекловичная стружка, метановое брожение, биогаз, закваска стружки, препарат «LACTACEL-W», навоз.

Вступ

Бурякова стружка на протязі багатьох років була цінним кормом для жуйних, але за останні роки потреба у таких побічних виробах цукрових заводів радикально зменшилася. В багатьох цукрових заводів виникла проблема із освоєнням стружки. Це відбувається внаслідок значного зменшення поголів'я свійських тварин у Польщі та застосування для їх вигодовування інших видів кормів. Розробка інших методів використання стружки, крім виготовлення кормів, має для цукрової промисловості велике економічне значення.

Видобуток біогазу з біомаси, крім економічних результатів (виробництво високоенергетич-

ного біогазу) та результатів для навколишнього середовища (керуванням відходами) може принести також соціальні вигоди [1, 4, 5]. Створення установки для видобутку біогазу з невикористаної стружки дає можливість використовувати виробниче обладнання, яке не працює, та працевлаштувати певну кількість працівників, які на даний момент не мають роботи.

Зацікавлені у будівництві такого типу установки для видобування біогазу як цукрові заводи, що входять до складу концерну «Польський цукор», так і заводи, що входять до складу німецьких концернів, які діють на території Польщі («Suedzucker» і «Pfeifer und Langen»).

У літературі є небагато інформації щодо переробки на біогаз цукрових буряків, які вирощують з метою використання не для виробництва цукру, а для вироблення енергії [2]. Небагато інформації в літературі також щодо установки для видобутку біогазу із стружки [3, 9, 10, 11].

Також відсутня інформація щодо приготування відходів до бродіння, у тому числі оптимального способу їх закваски.

Існують публікації стосовно способів закваски стружки, яка призначена для виготовлення кормів, але відсутня інформація, які із способів були відповідними для приготування стружки до метанового бродіння [6, 7].

З літературних джерел відомо, що бактеріально-ферментний препарат «LACTACEL-W» з хорошим результатом застосовується для закваски стружки, яка призначена для виготовлення кормів [12].

Також в літературі відсутня інформація щодо ефективності установки для видобування біогазу бурякової стружки з додаванням гною. Натомість з'являються повідомлення щодо застосування гною для збагачення складу бродильної суміші різних відходів із станції очищення стічних вод [8].

Відділ цукроваріння Інституту біотехнології сільськогосподарської і харчової промисловості, йдучи назустріч потребам цукрової промисловості, на протязі кількох останніх років здійснював науково-дослідні роботи під назвою: «Розробка способу метанового бродіння бурякової стружки та інших відходів цукрового виробництва з видобутком високоенергетичного біогазу та способу його використання для енергетичних цілей, а також проектування пілотної установки». У результаті цих робіт була створена технологія періодичного, напівбезперервного і безперервного метано-

вого бродіння бурякової стружки та інших відходів (хвостиків і уламків цукрового буряку та бурякового листа) [9, 10, 11].

Мета дослідження

Метою досліджень, результати яких становлять предмет даної статті, було перевірити можливість підвищити продуктивність установки для видобутку біогазу з бурякової стружки шляхом застосування бактеріально-ферментного препарату для закваски стружки, призначеної для видобутку біогазу, а також використання тваринного гною як додатку, який збагачує ферментоване середовище метановими бактеріями. Запланованим результатом дослідження була розробка вказівок щодо проекту пілотної установки для видобутку біогазу, яка гарантує вироблення високоенергетичного біогазу, із вмістом метану у розмірі понад 50%, та зниження вмісту органічних речовин у стружці до рівня нижче 40% сухої маси.

Матеріал для досліджень

Матеріал для досліджень – бурякова стружка:

- заквашена традиційним способом,
- заквашена із додаванням бактеріально-ферментного препарату «LACTACEL-W» у кількості 1г/1 кг стружки,
- заквашена традиційним способом із додаванням гною у розмірі 10% сухої маси стружки.

Хімічна якість бурякової стружки, використаної як матеріал для дослідження бродіння, наведена у **таблиці 1**.

Дослідна апаратура і перебіг досліджень

Дослідження безперервного бродіння здійснювалося у мікротехнічному масштабі, у бродильно-

Таблиця 1

Якість стружки, використаної як матеріал для дослідження метанового бродіння

Назва	Одиниці	Кількості		
		Стружка, заквашена традиційним способом	Стружка, заквашена з препаратом «LACTACEL-W»	Стружка, заквашена традиційним способом із додаванням гною
Суша маса	% см	19,90	18,90	13,40
Сира зола	% см	3,8	5,7	6,0
Органічні речовини	% см	96,2	94,3	94,0
Загальний білок	г/кг см	96,5	127,5	111,9
Сирий жир	г/кг см	8,0	10,1	9,7
Сире волокно	г/кг см	228,0	202,0	203,0
Безазотні екстрактні речовини	г/кг см	655,3	577,2	620,4
Білок, який засвоюється	г/кг см	55,0	72,7	63,8
Жири, які засвоюються	г/кг см	7,0	8,8	8,4
Вуглеводи, які засвоюються	г/кг см	603,8	583,8	611,8

му чані, робочий об'єм якого становить 40 дм³. Реактор був оснащений тихохідною лопатковою мішалкою.

Безперервну подачу пульпи з сировини забезпечено за допомогою перистальтичного насосу. Відведення з бродильного чану (у кількості бурякової пульпи, яка подається) до відповідного резервуару також за допомогою перистальтичного насосу.

Бродильний чан був розміщений у водяній оболонці об'ємом 80 дм³, в якому вода підігрівалася за допомогою водяних нагрівачів. Температура у бродильному чані автоматично утримувалася на рівні 37 °С шляхом відповідного регулювання температури води у водяній оболонці (включення – виключення нагрівачів).

Реакція у бродильному чані автоматично регулювалася на рівні 6,8 рН шляхом введення в дію перистальтичного насосу, який дозував розчин каустичної соди для заданого значення рН.

Кількість біогазу, який виділяється у процесі бродіння, безперервно вимірювалася із застосуванням лічильника біогазу.

Підготовка окремих речовин для здійснення проб метанового бродіння полягала на створенні з них рідкої пульпи. Для цього відмірювали визначену кількість окремих видів сировини і додавали зброжені стічні води. Утворену суміш старанно подрібнювали у міксері.

Дослідження безперервного бродіння проведено для навантажень бродильного чану у перерахунку на суху масу відповідно: 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25; 1,50; 1,75, 2,0 і 2,2 г см/дм³ × д.

Перед початком відповідних досліджень бродильний чан (після щеплення активним осадом бродіння у концентрації 30 г см/дм³ і доповнення зброженими стічними водами з хімічною потребою у кисні 250 мг О₂/дм³ до загального об'єму 40 дм³) нагрівали і перемішували його вміст. Після встановлення температури на рівні 37 °С і реакції на рівні вище 6,8 рН починали дозувати речовини. Пульпу безперервним способом подавали за допомогою перистальтичного насосу. Навантаження бродильного чану змінювали кожні 5 днів.

Перебіг процесу контролювали на підставі вимірювань температури, реакції та кількості біогазу, який виділяється, а також значення хімічної потреби у кисні, сухого залишку, вмісту органічних і мінеральних речовин, вмісту біогенних речовин (аміачного, нітратного та нітритного азоту, органічного і загального азоту, а також загального фосфору), вмісту летючих жирних кислот, лужність і кислотність.

Під час проведення досліджень безперервного бродіння брали проби біогазу, який виділявся, та в Інституті нафти і газу у Варшаві проводили дослідження його якості (вміст СН₄, N₂, СО₂, О₂, Н₂S, насичених вуглеводних С₂–С₆, а також щіль-

ність, теплоту згоряння, теплотворну здатність, число Воббе).

Методика досліджень

- Реакція згідно з власною дослідною процедурою РВ-РWГ і ОЅ-02 (2011),
- Хімічна потреба у кисні згідно з РN-ISO 6060:2006,
- Загальний фосфор згідно з власною дослідною процедурою РВ-РGWiOЅ-03: 2011,
- Загальний азот згідно з власною дослідною процедурою РВ-РGW і ОЅ -01: 2011,
- Азот К'ельдаля згідно з РN – EN 25663:2001,
- Нітратний азот згідно з власною дослідною процедурою РВ – РGWiOЅ – 04: 2011,
- Нітритний азот згідно з власною дослідною процедурою РВ – РGWiOЅ – 05: 2011,
- Аміачний азот згідно з РN-ISO 5664:2002,
- Суха речовина загалом, мінеральні і органічні речовини згідно з РN-С-04541:1978,
- Летючі органічні кислоти згідно з Германовічем і іншими – метод безпосередньої дистиляції,
- Лужність згідно з Германовічем і іншими - титрометричний метод,
- Кислотність згідно з Германовічем і іншими - титрометричний метод,
- Сирий жир згідно з Германовічем і іншими - ваговий метод (метод Сокслета),
- Загальний білок згідно з Германовічем і іншими - метод К'ельдаля,
- Сире волокно згідно з Германовічем і іншими - ваговий метод (Віденський метод),
- Безазотні екстрактні речовини: згідно з Германовічем і іншими - ваговий метод,
- Хімічний склад біогазу (СН₄, N₂, СО₂, О₂, Н₂, насичені вуглеводні С₂ – С₆): метод газової хроматографії із застосуванням апарату Hewlett Packard 5890,
- Сірководень у біогазі згідно з ВN-59/0541-03/05,
- Характеристики біогазу (щільність, теплота згоряння, теплотворна здатність, число Воббе): розрахунковий метод на підставі хімічного складу біогазу.

Обговорення результатів досліджень

Дослідження впливу препарату «LACTACEL W» на результати метанового бродіння бурякової стружки

Порівняння ефективності перебігу процесу бродіння стружки, заквашеної традиційним способом, та заквашеної з препаратом «LACTACEL-W», з погляду на ступінь збродження стружки, концентрації патоки, яка утворюється після бродіння, та продуктивності біогазу, наведено на рис. 1–4.

Як видно з **рис. 1**, у зброженій біомасі вміст

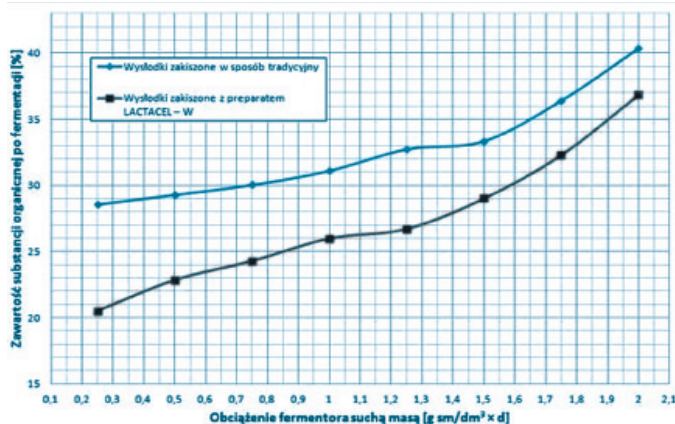


Рис. 1. Залежність вмісту органічних речовин у продуктах бродіння від навантаження реактора сухою масою вихідних речовин.

Підписи до рисунку: Стружка, заквашена традиційним способом. Стружка, заквашена з препаратом «LACATEL-W». Вміст органічних речовин після бродіння [%]. Навантаження бродильного чану сухою масою [г см/дм³ × д]/.

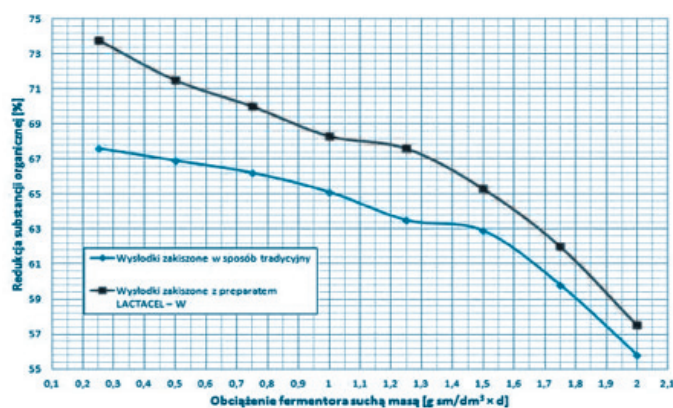


Рис. 2. Залежність зменшення вмісту органічних речовин у вихідних речовинах бродіння від навантаження реактора сухою масою вихідних речовин.

Підписи до рисунку: Стружка, заквашена традиційним способом. Стружка, заквашена з препаратом «LACATEL-W». Зменшення вмісту органічних речовин [%]. Навантаження бродильного чану сухою масою [г см/дм³ × д]/.

органічних речовин у сухій масі збільшувався по мірі збільшення навантаження реактора, але при схожих навантаженнях кращі результати отримували у процесі бродіння стружки, заквашеної з бактеріально-ферментним препаратом (20,49-36,85%), ніж при бродінні стружки, заквашеної традиційним способом (28,56-40,36%).

Зменшення органічних речовин відносно сирих, незброджених вихідних речовин, відзначали із збільшенням навантаження реактора (рис. 2). При бродінні традиційно заквашеної стружки воно коливалося у межах від 55,8 до 67,6% відносно вмісту

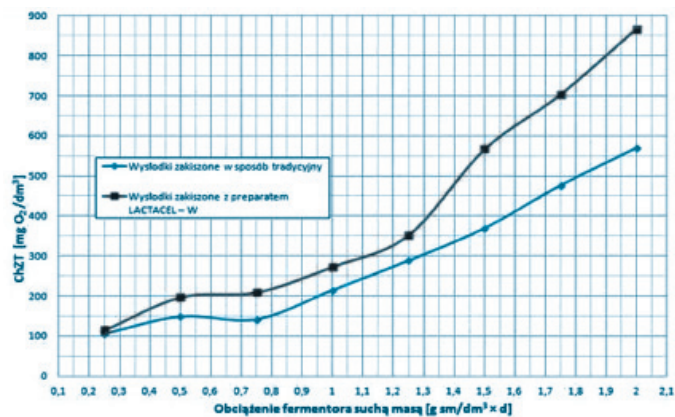


Рис. 3. Залежність хімічної потреби у кисні потоки, яка утворюється після бродіння, від навантаження сухою масою вихідних речовин.

Підписи до рисунку: Стружка, заквашена традиційним способом. Стружка, заквашена з препаратом «LACATEL-W». Хімічна потреба у кисні [мг О₂/дм³]. Навантаження бродильного чану сухою масою [г см/дм³ × д]/.

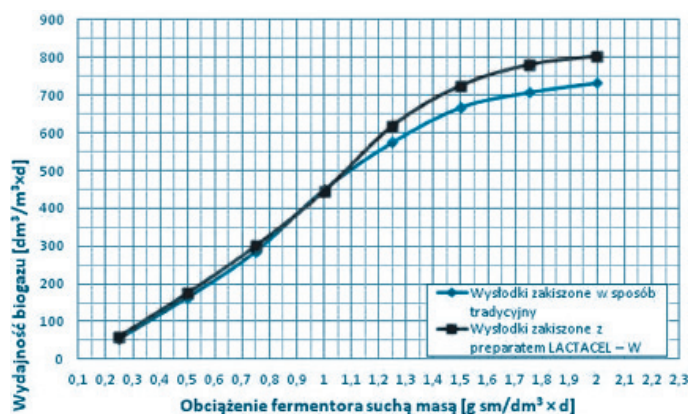


Рис. 4. Залежність продуктивності біогазу від навантаження реактора сухою масою вихідних речовин.

Підписи до рисунку: Стружка, заквашена традиційним способом. Стружка, заквашена з препаратом «LACATEL-W». Продуктивність біогазу [дм³/м³ × д]. Навантаження бродильного чану сухою масою [г см/дм³ × д]/.

96,20% органічних речовин у незбродженої вихідній речовині. У разі бродіння стружки, заквашеної з бактеріально-ферментним препаратом, де частка органічних речовин становила 94,30%, зменшення утримувалося на рівні від 57,5 до 73,8%.

Середня концентрація забруднень (хімічна потреба у кисні) у відведенні з бродильного чану збільшувалася по мірі збільшення навантаження для обох видів вихідних речовин (рис. 3): до 570 мг О₂/дм³ при бродінні стружки, заквашеної традиційним способом, та до 876 мг О₂/дм³ при бродінні стружки, заквашеної з бактеріально-

Хімічний склад та енергетична якість біогазу, отриманого в результаті процесу безперервного метанового бродіння бурякової стружки, заквашеної з бактеріально-ферментним препаратом і без нього

Тип ферментованої вихідної речовини	CH ₄	Вуглеводні C ₂ -C ₆	CO ₂	N ₂	H ₂	H ₂ S	Теплота згоряння	Теплотворна здатність
	% об.	% об.	% об.	% об.	% об.	мг/м ³	МДж/м ³	МДж/м ³
Бурякова стружка, заквашена без препарату	57,61	< 0,001	40,36	2,02	0,01	205	23,04	20,71
Бурякова стружка, заквашена з препаратом «LACTACEL – W»	56,66	< 0,001	42,52	0,82	0	136	22,66	20,37

ферментним препаратом.

Як видно з даних, наведених на **рис. 4**, продуктивність виділення біогазу у разі бродіння стружки, заквашеної з бактеріально-ферментним препаратом, була вищою, ніж під час бродіння стружки, заквашеної традиційним способом.

Вимірювання біогазу, який виділяється, показали, що його продуктивність, яка визначена в одиниці об'єму біогазу з одиниці ємності реактора за одиницю часу, лежить у межах від 53 до 733 дм³/м³×д під час бродіння стружки, заквашеної традиційним способом, та від 60 до 803 дм³/м³×д - під час бродіння стружки, заквашеної з бактеріально-ферментним препаратом.

Дані щодо складу і характеристик біогазу наведені у **таблиці 2**.

Вміст метану в досліджуваному біогазі об'ємно перевищував 50% (**таблиця 2**).

У біогазі, отриманому внаслідок бродіння бурякової стружки, заквашеної без препарату, він становив 57,61% об'єму, натомість у біогазі, отриманому в результаті процесу бродіння з препаратом «LACTACEL – W» - 56,66% об'єму.

У жодному з типів біогазу, отриманого в результаті бродіння досліджуваних вихідних речовин, не виявлено присутності вуглеводних C₂ – C₆ у кількості понад 0,001% об'єму.

Отриманий у результаті досліджень біогаз відрізнявся вмістом азоту, водню і сірководню.

Менш азотованим був біогаз, отриманий в результаті процесу бродіння бурякової стружки, заквашеної з препаратом «LACTACEL–W» – 0,82% об'єму, більш азотованим – отриманий в результаті процесу бродіння бурякової стружки, заквашеної без препарату – 2,02% об'єму.

Біогаз, отриманий в результаті бродіння бурякової стружки, заквашеної без препарату «LACTACEL–W», характеризувався присутністю водню в кількості 0,01% об'єму. Присутності водню не виявлено у складі біогазу, отриманого в результаті бродіння з препаратом «LACTACEL–W».

Вміст сірководню був нижчим у біогазі, отриманому з бурякової стружки, заквашеної з препара-

том «LACTACEL–W», і становив 136 мг/м³, натомість вищим – 205 мг/м³ – у біогазі, отриманому в результаті бродіння бурякової стружки, заквашеної традиційним способом, без препарату «LACTACEL – W».

Для біогазу, отриманого в результаті бродіння обох досліджуваних вихідних речовин, теплота згоряння становила приблизно 23 МДж/м³, а теплотворна здатність - понад 20 МДж/м³.

Дослідження впливу додавання тваринного гною на результат метанового бродіння бурякової стружки

Порівняння результату перебігу бродіння стружки, заквашеної традиційним способом, без та з додаванням гною, з погляду на збродження стружки, продуктивності біогазу і концентрації патоки, яка утворюється після бродіння, наведено на малюнках 5–7.

У збродженій біомасі вміст органічних речовин у сухій масі зростав по мірі збільшення навантаження реактора, і становив: від 28,56 до 40,36% у процесі бродіння стружки, та від 14,12 до 45,20% - у процесі бродіння стружки з додаванням гною (**рис. 5**).

Вміст органічних речовин відносно сирих незброджених вихідних речовин зменшувався із зростанням навантаження реактора і коливався в діапазоні: від 55,8 до 67,6% в процесі бродіння стружки, де частка органічних речовин становила 96,20%, та від 48,8 до 79,9% в процесі бродіння стружки з додаванням гною, де частка органічних речовин становила 94,00% (**рис. 6**).

Середня концентрація забруднення (потреба у кисні) у відведенні з бродильного чану по мірі зростання навантаження зростала для всіх типів вихідних речовин: від 108 до 560 мг O₂/дм³ у процесі бродіння стружки, та від 110 до 1040 мг O₂/дм³ - в процесі бродіння стружки з додаванням гною (**рис. 7**).

Вимірювання біогазу, який виділяється, виявили його продуктивність, яка визначалася в одиниці об'єму виділеного біогазу з одиниці ємності реактора за одиницю часу, у межах: від 53 до

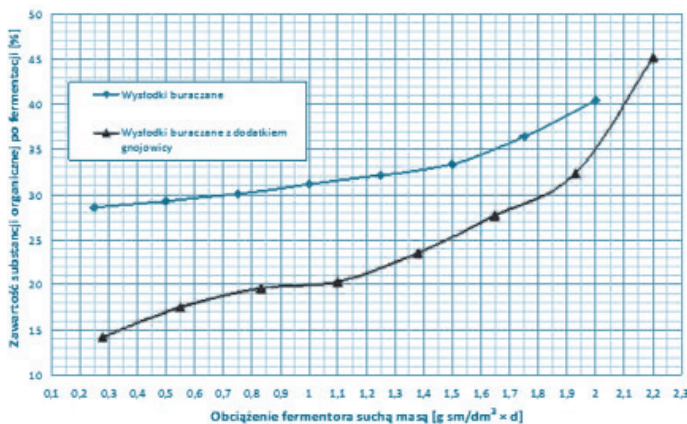


Рис. 5. Залежність вмісту органічних речовин у продуктах бродіння від навантаження реактора сухою масою вихідних речовин.

Підписи до рисунку: Буякова стружка. Буякова стружка з додаванням гною. Вміст органічних речовин після бродіння [%]. Навантаження бродильного чану сухою масою [г см/дм³ х д]/.

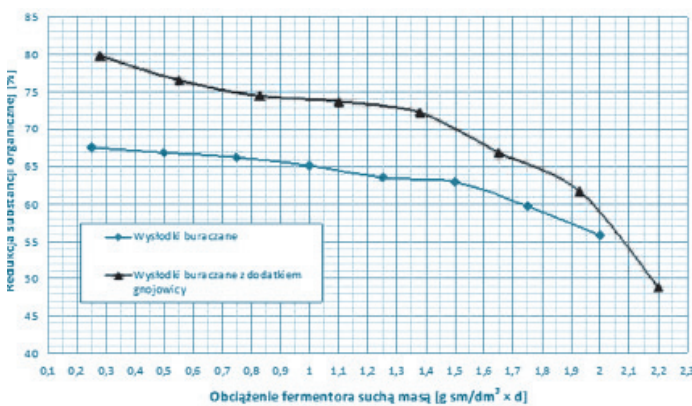


Рис. 6. Залежність зменшення вмісту органічних речовин у вихідних речовинах бродіння від навантаження реактора сухою масою вихідних речовин.

Підписи до рисунку: Буякова стружка. Буякова стружка з додаванням гною. Зменшення вмісту органічних речовин [%]. Навантаження бродильного чану сухою масою [г см/дм³ х д]/.

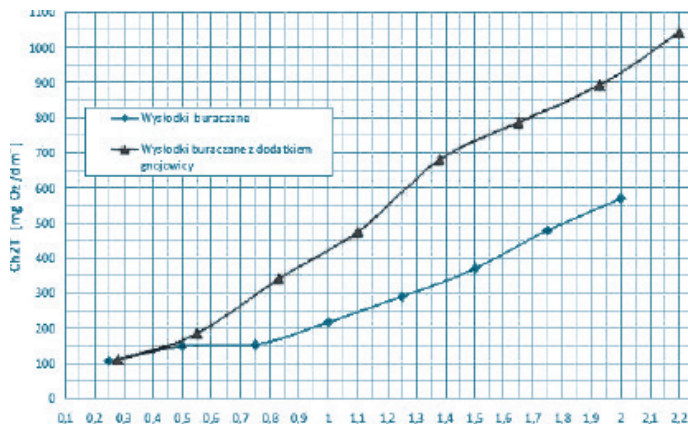


Рис. 7. Залежність хімічної потреби у кисні потоки, яка утворюється після бродіння, від навантаження реактора сухою масою вихідних речовин.

Підписи до рисунку: Буякова стружка. Буякова стружка з додаванням гною. Хімічна потреба у кисні [мг О₂/дм³]. Навантаження бродильного чану сухою масою [г см/дм³ х д]/.

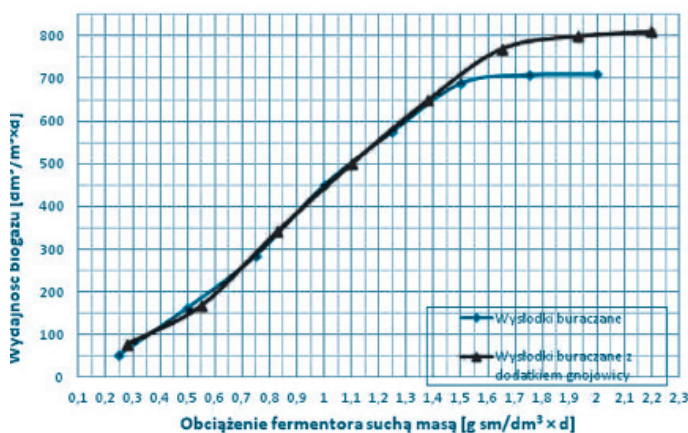


Рис. 8. Залежність продуктивності біогазу від навантаження реактора сухою масою вихідних речовин.

Підписи до рисунку: Буякова стружка. Буякова стружка з додаванням гною. Продуктивність біогазу [дм³ /м³ х д]. Навантаження бродильного чану сухою масою [г см/дм³ х д]/.

Таблиця 3

Хімічний склад та енергетична якість біогазу, отриманого в результаті процесу безперервного метанового бродіння буякової стружки, заквашеної без і з додаванням гною

Тип ферментованої вихідної речовини	CH ₄	Вуглеводні C ₂ -C ₆	CO ₂	N ₂	H ₂	H ₂ S	Теплота згоряння	Теплотворна здатність
	% об.	% об.	% об.	% об.	% об.	мг/м ³	МДж/м ³	МДж/м ³
Буякова стружка без додавання гною	57,61	< 0,001	40,36	2,02	0,01	205	23,04	20,71
Буякова стружка з додаванням гною	57,97	< 0,001	37,19	4,84	0	265	23,18	20,84

713 $\text{дм}^3/\text{м}^3 \times \text{д}$ у процесі бродіння стружки, та від 78 до 810 $\text{м}^3/\text{дм}^3 \times \text{д}$ – у процесі бродіння стружки з додаванням гною (рис. 8).

Дані щодо порівняння складу і характеристик отриманого біогазу наведені у таблиці 3.

Об'ємний вміст метану у досліджуваному біогазу (таблиця 3) перевищував 50%.

Серед досліджуваних вихідних речовин більш високий вміст метану (57,97% об'єму) демонстрував біогаз, отриманий з бурякової стружки з додаванням гною. У біогазі, отриманому в результаті бродіння бурякової стружки без додавання гною, він становив 57,61% об'єму.

У жодному з видів біогазу, отриманого в результаті бродіння досліджуваних вихідних речовин, не виявлено присутності вуглеводних $\text{C}_2 - \text{C}_6$ у кількості понад 0,001% об'єму.

У біогазі, отриманому в результаті бродіння бурякової стружки без додавання гною, виявлено присутність водню у кількості 0,01% об'єму. Присутності водню не виявлено у складі біогазу, отриманого в результаті бродіння бурякової стружки з додаванням гною.

Діоксид вуглецю зустрічався у кількості 37,19 – 40,36% об'єму.

Біогаз, отриманий в результаті бродіння бурякової стружки без додавання гною, був менш азотованим (2,02% об'єму), ніж отриманий в результаті бродіння стружки з додаванням гною - 4,84% об'єму.

Вміст сірководню був нижчим у біогазі із стружки без додавання гною (205 $\text{мг}/\text{м}^3$), ніж у біогазі, отриманому в результаті процесу бродіння бурякової стружки з додаванням гною (265 $\text{мг}/\text{м}^3$).

Для біогазу, отриманого в результаті процесу бродіння обох досліджуваних вихідних речовин, теплота згоряння становила приблизно 23 $\text{МДж}/\text{м}^3$, а теплотворна здатність – понад 20 $\text{МДж}/\text{м}^3$.

Висновки

Підсумовуючи результати дослідження безперервного метанового бродіння бурякової стружки, можна сформулювати наступні висновки:

1) Незалежно від типу вихідних речовин бродіння, навантаження, яке забезпечує ефективний перебіг процесу, становить приблизно 2 $\text{г см}/\text{дм}^3 \times \text{д}$, а час витримки – приблизно 20 діб, за умови щеплення реактора біологічним матеріалом, багатим на метанові бактерії, утримання температури приблизно 36°C і регулювання реакції на рівні $\geq 6,8$ рН.

2) З порівнянні безперервного метанового бродіння бурякової стружки, заквашеної традиційним способом і заквашеної з бактеріально-ферментним препаратом, слідує, що:

- продукт бродіння стружки, заквашеної з бактеріально-ферментним препаратом, краще зброджений (частка органічної речовини ста-

новить приблизно 37%), ніж продукт бродіння стружки, заквашеної традиційним способом (частка органічної речовини становить приблизно 40%),

- у процесі бродіння стружки, заквашеної з бактеріально-ферментним препаратом, продуктивність біогазу є вищою (803 $\text{дм}^3/\text{м}^3 \times \text{д}$), ніж в процесі бродіння стружки, заквашеної традиційним способом (733 $\text{дм}^3/\text{м}^3 \times \text{д}$),

- вміст метану у досліджуваних видах біогазу, теплота згоряння і теплотворна здатність коливалися у вузьких межах, незалежно від типу вихідної речовини,

- біогаз, отриманий в результаті процесу бродіння бурякової стружки, заквашеної із додаванням бактеріально-ферментного препарату «LACTACEL-W», містив менше азоту (0,82% об'єму), ніж біогаз, отриманий в результаті процесу бродіння бурякової стружки, заквашеної без додавання препарату (2,02% об'єму),

- вміст сірководню у біогазі, отриманому з бурякової стружки, заквашеної з додаванням бактеріально-ферментного препарату «LACTACEL-W», був нижчим (136 $\text{мг}/\text{м}^3$), ніж у біогазі з процесу бродіння бурякової стружки, заквашеної без препарату (205 $\text{мг}/\text{м}^3$),

- у складі біогазу, отриманого в результаті бродіння бурякової стружки, заквашеної з препаратом «LACTACEL-W», не виявлено водню; у біогазі, отриманому в результаті процесу бродіння бурякової стружки, заквашеної без препарату, виявлено присутність цього газу у кількості 0,01% об'єму,

3) З порівняння безперервного метанового бродіння бурякової стружки без та із додаванням гною слідує, що:

- краще зброджений продукт можна отримати у процесі бродіння стружки з додаванням гною (частка органічної речовини становить приблизно 40%), гірше зброджений – у процесі бродіння тільки стружки (частка органічної речовини становить приблизно 45%),

- менш концентровану патоку після бродіння можна отримати у процесі бродіння стружки (хімічна потреба у кисні - 600 $\text{мг O}_2/\text{дм}^3$), а більш концентровану – у процесі бродіння стружки з додаванням гною (хімічна потреба у кисні - близько 1000 $\text{мг O}_2/\text{дм}^3$),

- більшу продуктивність біогазу можна отримати у процесі бродіння з додаванням гною 1000 $\text{дм}^3/\text{м}^3 \times \text{д}$, а меншу – у процесі бродіння однієї стружки (713 $\text{дм}^3/\text{дм}^3 \times \text{д}$),

- вміст метану, теплота згоряння і теплотворна здатність в обох досліджуваних видах біогазу коливалися у вузьких межах,

- для біогазу, отриманого в результаті процесу бродіння обох типів досліджуваних вихідних речовин, теплота згоряння становила приблизно 23 $\text{МДж}/\text{м}^3$, а теплотворна здатність – по-

БІОЕТАНОЛ

над 20 МДж/м³,

- біогаз, отриманий в результаті процесу бродіння бурякової стружки без додавання гною, був менш азотований (2,02% об'єму), ніж отриманий в результаті процесу бродіння стружки з додаванням гною - 4,84% об'єму,

- вміст сірководню був нижчим у біогазі, отриманому із стружки без додавання гною (205 мг/м³), ніж у біогазі, отриманому в результаті процесу бродіння бурякової стружки з додаванням гною (265 мг/м³),

- У біогазі, отриманому в результаті бродіння стружки, виявлено присутність водню у кількості 0,01% об'єму. Присутності водню не виявлено у складі біогазу, отриманого внаслідок бродіння бурякової стружки з додаванням гною.

Список використаних джерел

1. *Brzeziński A.* (2011). Małe biogazownie rolnicze - czy to się opłaca? *Polska Wieś*, 5, 6.

2. *Felde A.* (2008). Potenziale der Züchtung von Rüben (Zucker- und Futterrüben) für die Erzeugung von Bioenergie. Międzynarodowa Konferencja - Aktualne problemy w przemyśle cukrowniczym i sposoby ich rozwiązywania, Leszno, 2008.

3. *Gancarz Z.* (2007). Alternatywne metody zagospodarowania wysłódków. *Burak Cukrowy - Gazeta dla plantatorów*, 4, 37-38.

4. *Jabłoński W., Wnuk J.* (2009). Zarządzanie odnawialnymi źródłami energii, aspekty ekonomiczne – techniczne. Sosnowiec: Oficyna wydawnicza Humanista.

5. *Janczur K.* (2009). Biogazownia rolnicza –

inwestycja chroniąca klimat. *Czysta Energia*, 1, 25-27.

6. *Kowalska M.* (2006). Zagadnienia mikrobiologiczne procesu produkcji cukru z buraka cukrowego. Warszawa: Ośrodek Wydawniczo-Poligraficzny „SIM”.

7. *Kowalska M., Mossakowska K., Gozdek K.* (1999). Zakiszenie wysłódków o zawartości suchej substancji powyżej 18%. Warszawa: IPC.

8. *Magrel L.* (2004). Prognozowanie procesu fermentacji metanowej mieszaniny osadów ściekowych oraz gnojowicy. Białystok: WPB .

9. *Poleć B., Gozdek K., Baryga A., Szymański T.* (2009). Możliwość wytwarzania biogazu w procesie fermentacji metanowej wysłódków buraczanych. Cz. 1. Fermentacja statyczna wysłódków buraczanych. *Gazeta Cukrownicza*, 11-12, 278-283, 289, 293, 305.

10. *Poleć B., Baryga A., Szymański T., Wołyńska W., Toboła A.* (2010). Możliwość wytwarzania biogazu w procesie fermentacji metanowej wysłódków buraczanych. Cz. II. Fermentacja półciągła wysłódków buraczanych. *Gazeta Cukrownicza*, 5, 120-125.

11. *Poleć B., Baryga A., Szymański T., Wołyńska W., Toboła A.* (2011). Możliwość wytwarzania biogazu w procesie fermentacji metanowej wysłódków buraczanych. Cz. III. Fermentacja ciągła wysłódków buraczanych. *Gazeta Cukrownicza*, 4, 107-112 .

12. *Zielińska K., Miecznikowski A.* (1996). Lactacel – biopreparat przeznaczony do kiszenia i podniesienia strawności wysłódków buraczanych. *Gazeta Cukrownicza*, 11, 209 – 210.

ЦІКАВІ НОВИНИ

135 років тому був отриманий штучний підсолондживач сахарин

Сахарин (saccharine) - низькокалорійне підсолондживальних речовин в 400 разів солодше цукру. Він широко використовується в якості підсолондживача для хворих на цукровий діабет та осіб, які дотримуються дієти з низьким вмістом калорій. При нагріванні сахарин руйнується, тому він не використовується в приготуванні їжі.

Речовина була відкрито випадково 27 лютого 1879 при дослідженні окиснення 2 - толуолсульфонаміда, яке проводив К.Фальберг в лабораторії професора А. Ремсена в університеті Джона Хопкінса.

У 1884 році Фальберг запатентував спосіб отримання сахарину і почав його промислове виробництво, проте первинний метод був неефективним. Лише в 1950 році в американській компанії "Maumee Chemical Company" (Толедо, Огайо) був розроблений метод, що дозволяє виробляти сахарин в промислових масштабах.

У харчовій промисловості сахарин зареєстрований в якості харчової добавки E954, як підсолондживач.

У 1960-х роках з'явилися повідомлення про те, що сахарин нібито є канцерогеном. У тому ж році американська FDA запропонувала заборонити використання сахарину в харчовій промисловості, як це зробили Канада і СРСР. Однак Конгрес США замість заборони наклав вимогу, щоб всі продукти, що містять сахарин, містили на упаковці попередження про можливість захворювання раком.

Пізніше припущення про канцерогенність сахарину були спростовані. У 1991 році FDA відкликала свою пропозицію щодо заборони сахарину, і в 2000 році Конгрес скасував закон про зазначення можливої шкоди, що завдається здоров'ю, на упаковках.

Джерело: *Calend.Ru*