

УДК 573.6.086:636.086

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПШЕНИЧНЫХ ОТРУБЕЙ ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ КОНТРОЛИРУЕМОГО МЕТАНОГЕНЕЗА

Соболева О.М., Курбанова М.Г., Гаазе З.В.

ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт», Кемерово, Россия (650056, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5), e-mail: meer@yandex.ru

Проведен анализ протекания процессов метаногенеза при использовании в качестве основного сырья навоза от крупного рогатого скота в условиях термофильного режима. Рассмотрено влияние пшеничных отрубей как органического катализатора для увеличения выхода биогаза и улучшения его качественного состава. Выход биогаза максимален при добавлении 5% отрубей к массе сбраживаемого субстрата, однако содержание метана – при добавлении 10% катализатора. Показано также, что при использовании отрубей происходят незначительные колебания в составе отработанного субстрата. При этом наибольшим изменениям подвергаются такие параметры, как pH, содержание аммонийного азота и клетчатки. В результате исследований выявлено, что введение пшеничных отрубей для стимуляции метаногенеза носит положительный характер за счет их состава, что объясняется интенсификацией биохимических процессов, протекающих при синтезе биогаза.

Ключевые слова: метаногенез, пшеничные отруби, биогаз, метан, стимулятор, отходы, сырье, режимы.

USE OF WHEAT BRAN TO STIMULATE CONTROLLED METHANOGENESIS

Soboleva O.M., Kurbanova M.G., Gaaze Z.V.

Kemerovo state agricultural Institute, Kemerovo, Russia (650056, Kemerovo, street Markovtseva, 5), e-mail: meer@yandex.ru

There was held an analysis of the methanogenesis process with using as the main raw the manure from cattle in the thermophilic regime. It is considered the influence of wheat bran as organic catalyst to increase the biogas production and improve its qualitative composition. Production of biogas is on maximum by adding 5% of bran to the weight of fermentation substrate, but the concentration of methane - with adding 10% of the catalyst. It is also shown that the use of bran are entail the variations in the composition of the spent substrate. In this case, the greatest changes are in parameters such as pH, ammonia nitrogen, and fiber. Our results demonstrated that the insertion of wheat bran to stimulate methanogenesis is positive, due to their composition, due to the intensification of biochemical processes in the synthesis of biogas.

Key words: methanogenesis, wheat bran, biogas, methane, a stimulant, waste, raw materials, modes.

Введение

Потребность всех отраслей промышленности и коммунального хозяйства в энергии на настоящий момент чрезвычайно велика и с каждым днем только растет. Однако уже сейчас очевидно, что запасы невозобновляемых ее источников, к которым относится органическое топливо – нефть, уголь, газ, не бесконечны. Следовательно, человечеству необходимо более рационально подходить к вопросам энергообеспечения, и многие ученые посвящают свои научные и прикладные исследования именно этой тематике. Отдельными авторами особо подчеркивается, что возобновляемые источники энергии (биогаз, биоэтанол, биодизель), к каковым относится и биогаз, получаемый в основном из отходов животноводства, на сегодняшний день являются по отношению к традиционным энергетическим источникам уже не альтернативными, а дополнительными [5; 6]. Это ставит исследования, посвященные проблематике получения и интенсификации биогаза, в ряд наиболее актуальных. Немаловажным фактом при этом является комплексность решаемых задач – ведь помимо

получения энергии, переработка отходов животноводства с помощью метаногенеза позволяет рационально использовать получаемый шлам (в виде ценных органических удобрений), уменьшать загрязнение окружающей среды (за счет снижения химического и бактериального пресса на почву и воду), получать экономическую выгоду (в результате снижения себестоимости продукции АПК).

Однако проблема переработки различных отходов в биогаз требует решения множества актуальных вопросов. Например, большое значение имеет конструкция конкретной применяемой биогазовой установки – поскольку современные аппараты обладают, как правило, целым рядом недостатков и технических несовершенств – начиная со сложности и высокой стоимости используемых установок и заканчивая недостаточным аппаратурным оснащением [4]. Также немаловажным является состав применяемого сырья, условия, в которых протекает метаногенез (температурные, влажностные и пр.), и многие другие факторы. Возможно, именно многообразием влияющих параметров и объясняется разнородность данных разных ученых, занимающихся данной проблематикой.

Одним из важнейших вопросов, от которых зависит получение биогаза, является интенсификация процесса, то есть ускорение и увеличение выхода метана. Найдено несколько оригинальных методов решения этой задачи – электростимулирование культуры метаногенов [7], введение различных азотсодержащих соединений [8], растительных добавок [2], обработка щелочью [3] и прочие. Но поиск эффективного и вместе с тем дешевого и доступного средства активно продолжается и в настоящее время.

Известно, что химический состав отрубей, получаемых при выработке хлебопекарной муки из зерна пшеницы, остается довольно богатым. Так, при переработке зерна в сортовую хлебопекарную муку в отруби переходит основная часть целлюлозы (93,4%) и пентозанов (80,5%), более половины зародыша (51,1%), 74,2% минеральных веществ, 62,3% липидов и заметная часть общего белка (27,8%) [1]. Кроме того, отруби сохраняют некоторое количество витаминов – например, группы В и другие. Таким образом, богатый состав отрубей позволяет предположить их положительное влияние на процесс образования метана при получении биогаза.

Цель исследования

Изучить влияние пшеничных отрубей на особенности выделения и состав образующегося биогаза при сбраживании навоза крупного рогатого скота и определить их оптимальную дозировку.

Материал и методы исследования

В данной работе в качестве каталитической добавки для процесса метаногенеза использованы пшеничные отруби, полученные в результате получения хлебопекарной муки,

в разной дозировке – 5 и 10% к сырой массе закладываемого субстрата. В качестве основы для производства биогаза использован подстилочный навоз крупного рогатого скота, полученный при беспривязном содержании животных. Для улучшения трофических условий и повышения доступности ферментам микроорганизмов перед закладкой опыта солома, входящая в состав субстрата, была измельчена до размеров частиц 2-3 см. Сбраживание проводилось в экспериментальной биогазовой установке в течение 15 дней в термофильном режиме (температура 45–50 °С).

Для определения состава получаемого биогаза использовался хроматограф газовый «Газохром-2000» (Россия), для характеристики химического состава субстрата до и после сбраживания применялись следующие стандартные методики: массовая доля воды (ГОСТ 26713-85), массовая доля золы (ГОСТ 26714-85), массовая доля органического вещества (ГОСТ 27980-88), рН (ГОСТ 27979-88), массовая доля общего азота (в пересчете на сухое вещество) (ГОСТ 26715-85), массовая доля общего фосфора (в пересчете на сухое вещество) (ГОСТ 26717-85), массовая доля общего калия (в пересчете на сухое вещество) (ГОСТ 26718-85), массовая доля аммонийного азота (в пересчете на сухое вещество) (ГОСТ 26716-85), массовая доля клетчатки (ГОСТ 13496.2-91), массовая доля кальция (ГОСТ 26570-95), массовая доля магния (ГОСТ 26487-85).

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенный химический анализ навоза КРС и добавленных отрубей, а также субстрата после завершения процесса сбраживания показал, что различия между тремя вариантами эксперимента незначительны (табл. 1). Наибольшими изменениями характеризуются такие параметры, как рН, массовая доля аммонийного азота и массовая доля клетчатки. Все указанные колебания вызваны химическим составом вносимых пшеничных отрубей.

Таблица 1 – Изменение химического состава субстрата до и после метаногенеза

Показатель	До метаногенеза			После метаногенеза		
	К	1	2	К	1	2
Массовая доля воды, %	87,70	87,40	87,90	91,40	91,40	92,10
Массовая доля золы, %	12,00	11,60	11,80	11,00	10,10	10,30
Массовая доля органического вещества, %	88,00	88,40	88,60	89,00	89,90	89,70
рН	7,50	7,50	7,40	7,00	6,80	6,60
Массовая доля общего азота (в пересчете на сухое вещество), %	2,35	2,24	2,31	3,98	3,80	3,84
Массовая доля общего фосфора (в пересчете на сухое вещество), %	0,96	1,13	1,10	0,65	0,58	0,66
Массовая доля общего калия (в пересчете на сухое вещество), %	0,88	0,86	0,84	1,03	0,90	0,82
Массовая доля аммонийного азота (в пересчете	1,13	1,21	1,18	2175,00	2013,80	2028,80

на сухое вещество), %						
Отношение С : N	19,00	20,00	20,00	11,00	12,00	12,00
Массовая доля клетчатки, %	10,70	11,70	13,80	29,30	31,30	35,50
Массовая доля кальция, %	1,10	0,80	0,90	0,87	1,07	1,09
Массовая доля магния, %	0,76	0,73	0,79	0,76	0,64	0,68

Примечание: здесь и далее приняты следующие обозначения: К – контроль, без добавления отрубей; 1 – добавление отрубей в количестве 5%; 2 – добавление отрубей в количестве 10%.

В то же время даже такие незначительные колебания состава привели к значительным изменениям выхода получаемого в результате метаногенеза биогаза (рис. 1). Так, например, разница между максимальным и минимальным зарегистрированными значениями составила 20 раз – 2,3 дм³ (контроль, 2-й день) и 47,1 дм³ (опыт 1, 10-й день). При этом обращает на себя внимание и характер кривых, характеризующих все три варианта. Так, например, максимальный выход биогаза для контрольного варианта зафиксирован на 5-6-е сутки, в то время как для опытных вариантов этот срок был в два раза длиннее и составил 10-й день. Из общих черт можно отметить наличие нескольких пиков выделения биогаза – как правило, трех за все время эксперимента; однако только один из них дает наибольшее количество газа по сравнению с остальными максимумами.

Суммарное количество биогаза, выделившееся за все время эксперимента, составило 93,2 дм³ в контрольном варианте; 532,9 – при добавлении отрубей в количестве 5% и 369,2 дм³ – при добавлении отрубей в количестве 10%. Таким образом, разница между контролем и опытом 1 составила 5,7 раза, между контролем и опытом 2 – 4 раза.

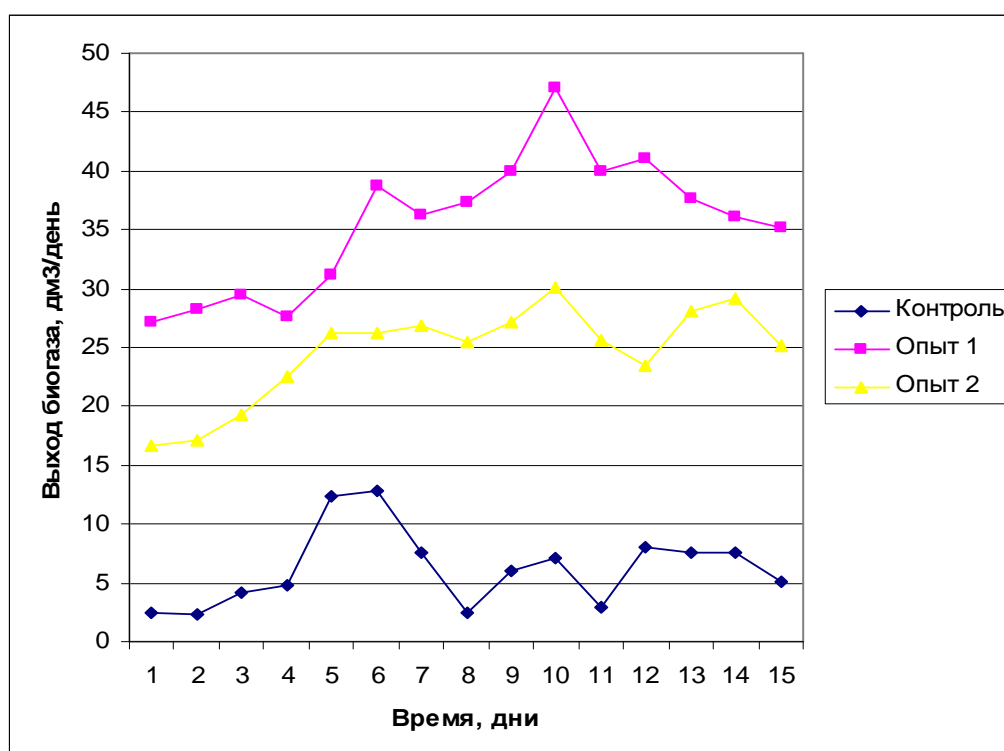


Рис. 1. Выход биогаза в течение эксперимента, дм³.

Таким образом, выход биогаза оказывается выше при добавлении отрубей в количестве 5% к массе сбраживаемого субстрата, однако качественный состав полученного газа лучше в третьем варианте опыта – при содержании катализатора 10% (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние разных доз катализатора на изменение состава биогаза (средняя порция за все время эксперимента)

Вещество	Объёмная доля вещества по вариантам опыта, %		
	К	1	2
Метан	67,29	69,26	75,04
Кислород молекулярный	0,66	0,71	0,71
Азот молекулярный	0,98	1,01	1,06
Водород молекулярный	0,02	0,02	0,02
Углекислый газ	30,99	28,96	23,12
Сероводород	0,01	0,01	0,01

Данные таблицы 2 совершенно четко свидетельствуют о нарастании доли метана в получаемом биогазе по мере увеличения вносимой дозы отрубей – разница между контрольным и первым опытным вариантом составила 2,9%, между контролем и вторым – уже 11,5%. Возрастание количества метана в вырабатываемом биогазе происходит в основном за счет пропорционального снижения доли углекислого газа: соответственно на 6,6 и 25,460% по сравнению с первоначальным вариантом.

Заключение

Наши данные подтверждают эффективность введения пшеничных отрубей для стимуляции метаногенеза, обнаруженные в других работах [9], что, видимо, объясняется интенсификацией биохимических процессов, протекающих при синтезе биогаза, за счет отдельных компонентов отрубей. В качестве дальнейших исследований необходимо выяснить, какие из этих компонентов обладают наибольшим влиянием.

Список литературы

1. Гаппаров М.Г. Пищевые волокна – необходимый «балласт» в рационе питания / М.Г. Гаппаров, А.А. Кочеткова, О.Г. Шубина // Пищевая промышленность. – 2006. – № 6. – С. 56-57.
2. Метаногенез: Биохимия, Технология, Применение / А.З. Миндубаев, Д.Е. Белостоцкий, С.Т. Минзанова и др. // Учен. зап. КГУ, Сер. естест. н. – 2010. – Т. 152. – Кн. 2. – С. 178-191.

3. Серeda Т.Г. Рекомендации по биоочистке стоков на полигонах захоронения твердых бытовых отходов / Т.Г. Серeda, С.Н. Костарев // Наука – производству. – 2002. – № 4. – С. 47-48.
4. Хамоков М.М. Разработка и обоснование параметров и режимов работы биогазовой установки для крестьянских (фермерских) хозяйств : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Нальчик, 2012. – 19 с.
5. Шахов А.В. Организационно-экономические основы реализации биоэнергетического потенциала аграрного производства : автореф. дис. ... д-ра экон. наук. – М., 2011. – 44 с.
6. Энергогенерирующие биогазовые установки / Р. Бергман, К.Е. Даенин, У.И. Смирнова и др. // V Международная Школа-семинар молодых ученых и специалистов «Энергосбережение – теория и практика». – М. : МЭИ, 2010. – С. 398-401.
7. Direct biological conversion of electrical current into methane by electromethanogenesis / S. Cheng, D. Xing, D.F. Call, B.E. Logan // Environ Sci. Technol. – 2009. – 43 (10). – P. 3953-3958.
8. Effects of different nitrogen sources on the biogas production – a lab-scale investigation / A.O. Wagner, P. Hohlbrugger, P. Lins, P. Illmer // Microbiol. Res. – 2011. – Vol. 2. – № 2. – P. 58-60.
9. Kalmár I. Experiments on the maximum biogas production / 7th international multidisciplinary conference. – Romania. – P. 309-315.

Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, государственный контракт №11.519.11.2007.

Рецензенты

Степанов Александр Федорович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой кормопроизводства, технологии хранения и переработки продукции растениеводства ФГБОУ ВПО «Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина», г. Омск.

Важов Виктор Маркович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой географии, заведующий агротехнической лабораторией ФГБОУ ВПО «Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукшина», г. Бийск.