

ОПТИМИЗИРАНЕ НА МЕТАНОВАТА ФЕРМЕНТАЦИЯ НА ГОВЕЖДИ ТОР С ПОВИШЕНО СЪДЪРЖАНИЕ НА СУХО ВЕЩЕСТВО

СТОЯН ХАДЖИЕВ

Тракийски университет - Стара Загора

При предишни проучвания на различни учени (**Байков**, 1987; **Baykow & Tyrawska**, 1991; **Захаринов**, 2013) е приложено математическо моделиране при оптимизиране на технологии за производство на биогаз от тор, получен при промишлено отглеждане на селскостопански животни, с акцент постигане на максимален добив на произведения биогаз. През последните години все по-голям интерес представлява биошламът като ресурс за повишаване на плодородието на почвата, което е свързано с друг критерий, постиган също с математически модели – степен на разграждане на органичните вещества в субстрата. Проведените проучвания (**Байков**, 1987) показват, че биошламът, получен от метанова ферментация на органични торове, е източник на биогенни химични елементи в оптимално съотношение в достъпна за растенията форма (като минерални соли). В Наредбата за производство на биологична продукция (Наредба №1/2013 и Наредба № 22/2001 на МЗГ) се изисква и да се използва тор, получен от относително малко ферми за повишаване на почвеното плодородие след съответна преработка (компостиране). По отношение на биоразградимите отпадъци от бита се препоръчва компостиране или ферментация. Изискването да се оползотворява торът от малки ферми е основание да насочим вниманието си към тях, тъй като технологията на отглеждане на животните се различава съществено от промишлените технологии. В този тип ферми почистването на тора става най-често с механични устройства (скрепери, транспортъри и др), които осигуряват относително високо съдържание на сухо вещество в получавания тор (сравнен с този при хидравличното почистване, прилагано в големите ферми).

МАТЕРИЛ И МЕТОДИ

Проучено бе количеството на получавания тор от ферма за 12 млечни крави от породата Черношарено холандско говедео, отглеждани в преустроена сграда за свободно-боксово отглеждане. Животните се отглеждат съгласно изискванията на Наредба №44/2007 на МЗХ и се хранят с балансирана дажба. Количеството на сухото, органичното и летливото органично вещество на тора бяха определяни по стандартните лабораторни методи, описани от **Байков** (1987). Метановата ферментация бе реализирана в лабораторен ферментатор с микропроцесорно управление, разработен от колектив на ЛТУ под ръководството на **Байков** (2012), а математическото

моделиране беше осъществено по алгоритъм, който е описан от **Baykow & Tyrawska** (1991).

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

За оптимизиране на метановата ферментация приложихме модела на **Chen** и **Hashimoto** (1978), който е използван от редица автори при работа с лабораторни, пилотни и индустриални биогазови инсталации. Прилаган е при много широк диапазон на стойности на отделните променливи, както и при различни субстрати (**Chen & Varel**, 1980). В тези изследвания не намерихме данни за оптимизиране на метановата ферментация на тор от говеда, отглеждани безпосредствено и получаване на тор с повишено съдържание на сухо вещество.

Уравнението, изразяващо технологичния добив на метан, т.е. добива на метан от единица обем на ферментатора на ден има следния вид:

$$Y_V = \frac{B_0 \cdot S_0}{\theta} \left(1 - \frac{K}{\mu m \theta - 1 + K} \right)$$

където:

Y_V - технологичният добив на метан - $\text{dm}^3 \text{CH}_4/\text{dm}^3$ на фермент;

B_0 - максималният добив на метан при минерализиране на единица органична материя на субстрата $\text{dm}^3 \text{CH}_4/\text{gV}_S$;

S_0 - концентрацията на органичната материя на субстрата - gV_S/dm^3 ;

θ - периодът на обмен, дни;

K - кинетичната константа без дименсия;

μm - максималната специфична скорост на растеж на микробната популация - ден^{-1} .

Съгласно модела технологичният добив на метан при дадено S_0 и θ се определя от биодegradиремостта на субстрата и кинетичните константи μm и K . Физикохимичните параметри, които им влияят са: за B_0 - видът на субстрата, за μm - температурата на процеса, а за K - концентрацията на органична материя в субстрата.

При този модел кинетичната константа K отразява различните форми на инхибиране на процеса и зависи изключително от химичните характеристики на субстрата.

Анализът на модела показва, че при постоянни стойности на периода на обмен, температурата на процеса и химичната характеристика на субстрата, стойността на K е функция от концентрацията на субстрата, като по-

Таблица 1. Изходни величини за математически модел за оптимизиране на метановата ферментация на тор от крави за мляко, отглеждани без постеля

Table 1. Source parameters for the mathematical model for optimize methane fermentation of fertilizer achieved from cows, grown without litter

Параметър/ Parameter	Единици /Units	Количество/ Quantity
Количество на тора/Fertilizer quantity	kg/ден ; kg per day	533
Сухо вещество – TS/Solid substabces	kg/ден ; kg per day	106
Летливо органично вещество –VS/Volatile organic compound – VS	kg/ден ; kg per day	87

Таблица 2. Резултати от оптимизационния анализ

Table 2. Results from optimizing analysis

Параметър /Parameter	Единици /Units	Критерии /Criteria	
		P	Y _v
Температура – T/Temperature – T	°C	33	55
Период на обмен – θ /Period exchange – θ	Дни Days	15	6
Конц. на субстрата – S ₀ /Conc. Substrate – S ₀	GVS/l GVS/l	39	45
Натоварване / Loading	GVS/ден GVS per day	2.6	9.0
Работен обем – V/Working volume – V	m ³	32.5	9.7
Общ добив на метан – P/Total yield of methane– P	m ³ /ден m ³ /per day	21.4	15.5
Технол. добив на метан -Y _v /Technological methane yield - Y _v	l CH ₄ /денl CH ₄ per day	0.65	1.6
Степен на разграждане – Q Degradation rate- Q	%	49.27	32.76

вишаването на концентрацията над определена стойност води до поява на различни форми на инхибиране и понижаване на газовия добив.

На базата на моделите на **Chen** и **Hashimoto** (1979) и на **Chen & Varel** (1980) и при използване на посочените кинетични зависимости ние разработихме модифицирана форма на модела и програма за оптимизационен анализ, като уравнението има следния вид;

$$P = B_0 \cdot 2,6 \cdot 10^3 \left(1 - \frac{K}{\mu \theta - 1 + K} \right)$$

$$Y_v = \left(\frac{P}{2,6 \cdot 10^3} \right) \cdot \left(\frac{S_0}{\theta} \right)$$

$$V = \theta \cdot \frac{2,6 \cdot 10^3}{S_0}$$

$$Q = B_0 \cdot 2 \cdot 10^2 \left(1 - \frac{K}{\mu \theta - 1 + K} \right)$$

където, означенията са както в описания модел, а освен това:

P е общият добив на метан във ферментор, преработващ тора. V - обемът на ферментора;

Q - степента на разграждане на органичната материя, % .

Модифицираната форма на модела, която приложихме и програмата за оптимизационен анализ дава възможност да се установи общият добив на метан – dm³ CH₄/ден, технологичният добив на метан - dm³ CH₄/dm³/ден, степента на разграждане на органичната материя на субстрата (в %), както и обемът на реактора в m³ при различни стойности на променливите в технологичния режим, отнесени към ферма за отглеждане на 12 крави. Програмата за компютърен анализ дава възможност за оптимизиране проектирането на инсталацията и разработване на оптимален технологичен режим.

В програмата са заложили следните стойности на технологичните променливи:

B₀ – отворена;

T – от 20° до 60°C през 1°C;

S₀ – от 20 до 80 gV_s/dm³ през 1 gV_s/dm³;

θ – от 3 до 35 дни през 1 ден.

Данните за количеството на тора и за неговите качествени показатели, посочени в табл. 1, са получени при физикохимично изследване на млечни крави от малка ферма, като идеята е да се направи или малка биогазова инсталация, или какъвто е опитът в Дания да се събере тора от 10 ферми в промишлена биогазова инсталация.

Като критерий за оптимизиране приемаме: постигане на максимално минерализиране на органичните вещества в субстрата, (екологичен критерий = критерий P) съответно максимален общ газов добив или максимален

технологичен добив на метан (икономически критерий или критерий Y_v) За оптимални стойности на S_0 , T и θ приемаме тези, при които повишаването им с $1 \text{ gVS}/\text{dm}^3$, 1°C и 1 ден води до повишаване ефективността на процеса с не по-малко от 1%.

Резултатите от оптимизационния анализ са представени в табл. 2

ИЗВОДИ

Анализът с помощта на модела показва, че при концентрация на органичното вещество в субстрата от 20 до $60 \text{ gVS}/\text{dm}^3$, максимална ефективност по критерия Y_v се постига при обмен 5-8 дни, докато максимален общ добив се постига при двойно по-продължителен престой на субстрата във ферментора.

По-продължителният период на обмен при технологичен режим, оптимизиран по критерий Q се отразява благоприятно върху екологичната ефективност на процеса.

При по-продължителна метанова ферментация на-

стъпва и по-пълно разграждане на органичната материя, като сухият остатък от ферментационния процес представлява стабилизирана тиня с много добри качества с оглед повишаване на почвеното плодородие.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Байков, Б.**, 1987. Екологични проучвания в промишленото птицевъдство с оглед екологизация на технологиите, Дисертация за присъждане на научната степен доктор на ветеринарномедицинските науки, София, 860 стр.
2. **Захаринов, Б.**, 2013. Биомаса, биогаз, биошлам в енергетиката на антропогенни екосистеми., С., НБУ, 559 стр
3. **Baykow, B., & D. Tyrawska**, 1991. Ecological studies on anthropogenic ecosystems for production of poultry meat and eggs, W-wa, IE,
4. **Chen, Y. R., A. Hashimoto**, 1979. Kinetic of methane fermentation, Biotech. Bioenerg. Symp., 8, 209-281,
5. **Chen, Y. R., V. H. Varel**, 1980. Effect of temperature on methane fermentation Biotech. Bioenerg. Symp., 10:325-348.

Благодарности: Настоящата разработка е осъществена благодарение на финансовата помощ на ФНИ при изпълнение на научноизследователски проект „Екологизация на анаеробни биотехнологии чрез комбиниране на енергийни култури и отпадъчна биомаса,, Договор № ДДВУ 02/3 от 07.10.2011г.

OPTIMIZE METHANE FERMENTATION OF CATTLE MANURE WITH INCREASED CONTENT OF SOLID SUBSTANCES

S. Hadziev

Thracian University - Stara Zagora

SUMMARY

The restructuring of farming in Bulgaria include the organization of relatively small farms for conventional and organic farming, which receives fertilizer increased dry matter content. The studies provide information on the content of dry and organic matter in fertilizer produced by farm 12 dairy cows conventionally. In view of using compost as a soil improver in feed production is applied a mathematical model to identify the optimum parameters of anaerobic digestion of fertilizer judged by two criteria: maximum degradation rate of the substrate (environmental) and the maximum degree of efficiency using fermentor /economic/. On the basis of laboratory test results in the installation of biogas plants are set optimal parameters of the technology (environmental): temperature, pH, content of dry and organic matter, time of stay.