

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Представництво Польської академії наук в Києві
Польська академія наук Відділення в Любліні
Академія інженерних наук України
Українська асоціація аграрних інженерів



122 річниці НУБіП України присвячується

ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
XVI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ В ТЕХНІЦІ»
з нагоди 89-ї річниці від дня народження
МОМОТЕНКА
Миколи Петровича
(1931-1981)

TechEnergy 2020

19-22 травня 2020 року
м. Київ

УДК 631.1.268

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ АЕРОБНОЇ
ТВЕРДОФАЗНОЇ ФЕРМЕНТАЦІЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ**

В. В. Чуба, к.т.н., доц., Н. М. Цивенкова, к.т.н., доц.,

М. Б. Терещук, здобувач, Я. Л. Лесь, магістр

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна*

Серед численних процесів твердофазної ферментації, заснованих на трансформуючій діяльності мікробіоти, найбільш перспективною є аеробна

твердофазна ферментація гною і посліду з різними вуглецевісткими матеріалами рослинного походження [1].

Аеробна твердофазна ферментація можлива за умови присутності в суміші, яка ферментується, відходів сільськогосподарського виробництва з початковою біологічною активністю (гній, послід). Біологічна активність забезпечується присутністю в складі суміші різних груп мікроорганізмів, здатних: використовувати органічні і мінеральні форми азоту, розкладати целюлозу, мобілізувати органічні фосфати, мікроскопічні гриби, тощо.

Іншим важливим компонентом вихідних сумішей є вуглецевісткі складові, зокрема, листя та деревна тирса, здатні забезпечити розвиток мікроорганізмів необхідною енергією [2].

Існує два варіанти реалізації процесу аеробної твердофазної ферментації: методом пасивної аерації на відкритих майданчиках для компостування та методом активної аерації (використовуються спеціальні камери-ферментери) [3]. В порівнянні з традиційною, аеробна твердофазна ферментація забезпечує скорочення терміну приготування продуктів з 120...180 до 7 діб при активній аерації, і до 36 діб – при посівній [2, 3].

Найкраща ефективність процесу аеробної твердофазної ферментації забезпечується шляхом використання спеціальних реакторів-ферментаторів [4–6].

На рис. 1 представлено реактор-ферментатор барабанного типу, створений на базі факультету інженерії та енергетики Поліського національного університету.

Метою роботи було оцінити фізико-хімічні показники процесу аеробної твердофазної ферментації субстрату з органічної сировини.

Субстрат з органічної сировини складався із 50% суміші свинячого гною та січки соломи (загальною вологістю 45%), 20% пташиного посліду та 30% рослинних матеріалів (15% торфу та 15% тирси листяних порід дерев). Загальна вологість субстрату перед компостування складала 65%.

В процесі дослідження реактор (рис. 1) на 50% заповнювався субстратом для ферментації. Для забезпечення саморозігрівання субстрату, що підлягав ферментації, здійснювалося його періодичне перемішування (тривалістю 5 хвилин кожні 55 хвилин) з одночасною подачею повітря для аерації. Кількість повітря на аерацію була у 4 рази більшою за об'єм субстрату, що ферментувався. Тривалість одного експерименту складала 7 діб. Було проведено серію з 10 експериментів.

В процесі ферментації аналізувалися наступні фізико-хімічні показники субстрату з органічної сировини: температура (T , °C), вміст кисню в субстраті ($V[O_2]$, об. %), його кислотність (pH), вологість (W , %) та зольність (A , %). Результати представлено в таблиці 1.

Аналіз даних таблиці 1 показує, що протягом перших чотирьох діб ферментації спостерігалось активне зростання температури з 22 до 62 °C. На п'яту добу рівень температури залишався практично незмінним і складав 59 °C.

Однак, вже на кінець шостої доби ферментації температура субстрату почала знижуватися і на кінець процесу ферментації (кінець 7 доби) склала 36 °С.



Рис. 1. Реактор барабанного типу: 1 – електродвигун; 2 – редуктор планетарний; 3 – рама; 4 – опора підшипникова; 5 – ємність; 6 – люк завантажувальний; 7 – вісь; 8 – стійка регульована; 9 – муфта з'єднувальна; 10 – штуцер із внутрішньою різьбою.

Таблиця 1

Фізико-хімічні показники процесу аеробної твердофазної ферментації субстрату з органічної сировини

Час ферментації, годин	Показник				
	T, °C	V[O ₂], об. %	pH	W, %	A, %
0	22	20,29	6,6	65	13,05
24	31	14,01	5,9	64	13,21
48	49	12,04	6,0	62	13,31
72	57	10,68	6,6	60	13,52
96	62	10,47	6,8	60	14,65
120	59	13,82	7,0	59	15,13
144	45	18,12	7,1	59	16,05
168	38	20,09	7,1	59	16,58
192	36	20,24	7,2	58	17,31
216	34	20,33	7,2	58	17,43

В даному процесі було відмічено антибатну температурну періодичність зміни вмісту кисню. Протягом перших 3–4 діб ферментації об'ємний вміст кисню монотонно знижувався з 20,29 % до 10,68–10,47%. В той же час вже на п'яту добу спостерігалось зростання вмісту кисню в субстраті, що

ферментувався. На кінець процесу ферментації концентрація кисню в субстраті наближалася до атмосферного рівня.

В часовому інтервалі від 0 до 36 годин відбувалася кислотна фаза ферментації, яка характеризувалася зниженням кислотності субстрату до pH 5,9 і нижче. В подальшому процесі ферментації кислотність субстрату поступово підвищувалася та досягала нейтрального значення в кінці процесу, досягаючи значення pH 5,9 на 216 годині.

Протягом усього процесу ферментації вологість субстрату монотонно зменшувалася з 65 до 58 %, що пов'язано з поверхневим випаровуванням вологи, яка прискорювалася періодичною аерацією.

В протигагу динаміці вологості спостерігалася поступове зростання зольності. Зміна зольності субстрату вказувала на перебіг розщеплення біосировини в процесі аеробної твердофазної ферментації. Аналіз табл. 1 дозволяє зробити висновок, що чим вище температура термофільного режиму ферментації, тим активніше і повніше відбувається процес перетворення органічної сировини.

Висновок. В процесі ферментації динаміка зміни вмісту кисню в субстраті є антибатною температурній. Відмічено монотонність зниження рівня вологи (дане явище прискорювалося періодичною аерацією та поверхневим випаровуванням), а також первинне зниження рівня pH суміші (в кислотну фазу) з подальшим зростанням до нейтральних значень. Це свідчить про схожість досліджуваного типу процесу з численними типами процесів твердофазної ферментації, представленими в [2–8], і, як наслідок, про можливість екстраполяції на даний процес відомих фізико-хімічних закономірностей.

Подальші дослідження доцільно виконувати в напрямку підвищення ефективності реактору барабанного типу за рахунок пошуку оптимальної форми внутрішніх лопатей та пошуку ефективного складу компонентів субстрату.

Список літератури

1. Golub G., Kukharets S., Yarosh Y., Zavadzka O. Structural models of agroecosystems and calculation of their energy autonomy. Engineering for Rural Development 2019 : Proceedings of the 18th International Scientific Conference Rural Development. Elgava: Latvia, 2019. P. 1344–1350. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N073.
2. Lazcano C., Domínguez J. The use of vermicompost in sustainable agriculture: Impact on plant growth and soil fertility. Soil Nutrients. 2011, chapter 10, P. 230–254.
3. Sharma K., Garg V.K. Solid-State Fermentation for Vermicomposting. Current Developments in Biotechnology and Bioengineering. 2018. P. 373–413.
4. Campuzano R., Gonzalez-Martinez S. Start-up of dry semi-continuous OFMSW fermentation for methane production. Biomass and Bioenergy. 2020. Vol. 136. 105544. DOI: 10.1016/j.biombioe.2020.105544.

5. Golub G., Pavlenko S., Kukharets S. Analytical research into the motion of organic mixture components during formation of compost clumps. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. 3, №1 (87). P. 30–35. DOI: 10.15587 / 1729-4061.2017.101097

6. Epstein E. Industrial composting: Environmental engineering and facilities management. Industrial Composting: Environmental Engineering and Facilities Management. Elsevier, 2011. 340 p.

7. Bajko J., Fišer J., Jícha M. Temperature measurement and performance assessment of the experimental composting bioreactor. EPJ Web of Conferences 2018. DOI: 10.1051 / epjconf / 201818002003.

8. Alkarimiah R., Suja F. Effects of technical factors towards achieving the thermophilic temperature stage in composting process and the benefits of closed reactor system compared to conventional method – A mini review. Applied Ecology and Environmental Research, 2019. Vol. 17(4). P. 9979–9996. DOI: 10.15666/aeer/1704_99799996.