

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КОМПОСТУВАННЯ ЗА НАЯВНОСТІ ДРІЖДЖОВИХ КУЛЬТУР

ТИХОМИРОВА Т. С. – кандидат технічних наук, доцент

orcid.org/0000-0001-9124-9757

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

РАЗНО М. Р. – аспірант

orcid.org/0009-0004-9721-7210

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Постановка проблеми. Поширення процесу компостування серед всіх верств населення вимагає не тільки інформаційно-роз'яснювальної роботи щодо переваг цього методу поводження з органічними відходами, а й розробки чітких рекомендацій щодо оптимальних способу проведення процесу компостування в залежності від морфологічного складу відходів та наявних умов й технічних можливостей. Від способу компостування буде залежит, в першу чергу, термін дозрівання компосту, а отже перспективи його використання впродовж першого чи другого року після закладки, що є важливим для домогосподарств. Необхідність складних операцій компостування – додаткове зволоження, ворушіння, неможливість швидкого використання, знижують готовність населення до компостування та власно кількість домогосподарств, які займаються компостуванням.

Окремі складові органічних відходів є, на думку пересічних громадян та чисельних публікацій у соціальних мережах, не бажаними для компостування та вимагають окремого сортування та вилучення, що також знижує готовність населення до компостування. До переліку таких небажаних складових найчастіше відносяться відходи цитрусових, вироби з високим вмістом цукру та вироби, які містять дріжджі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Можливість та доцільність використання відходів, які містять дріжджові культури, досліджена авторами [1] на прикладі аеробного процесу компостування з додаванням дріжджових культур, які містяться у стічних водах хлібопекарських підприємств. При улаштуванні компостуванні органічних відходів на шкільному подвір'ї автори [2] аналізують можливість сумісного компостування відходів, які містять дріжджі та кисломолочні проаналізовані авторами. Частково анаеробний процес компостування у ямах з подальшим безтрансферним використанням утвореного компосту для вирощування ягідних куців [3].

Значна кількість досліджень присвячена питанню використання спеціальних біологічних або мікробіологічних доданок при компостуванні з метою зменшення терміну дозрівання компосту та збільшення повноти перетворень органічної фракції: у [4] автори дослідили позитивний вплив мікробіологічної добавки на основі екстракту з ґрунту (чорнозему південного), який містить целюлозолітичні мікроорганізми й бактеріальні колонії на процес компостування харчових відходів; у [5] досліджено процес побутового компостування за умови додавання штучних біопрепаратів типу ЕМ-препарат

«Байкал», «Водограй плюс»; у [6] досліджено вплив ЕМ Біоактив на руйнування лігнінового шару солом'яних відходів вирощування гриба Гливи звичайної для подальшого компостування за участю дощових черв'яків з метою впровадження технології сумісного компостування відпрацьованих грибних блоків та відходів тваринницьких ферм; у [7, 8] детально проаналізовано позитивний вплив мікробів на процес компостування та наслідки для екосистем від введення додаткових мікробіологічних препаратів.

Аналіз останніх публікацій свідчить про початок дослідження впливу дріжджів на швидкість дозрівання компосту та його властивості, проте мало дослідженими та невивченим є питання організації процесу оптимального компостування при наявності значної кількості відходів, які містять дріжджі, у побутових умовах.

Мета статті. Метою статті є дослідження аеробних та анаеробних процесів компостування органічних відходів при наявності дріжджових культур.

Матеріали та методика досліджень. Компост формувався з побутових органічних відходів, які утворились в індивідуальних домогосподарствах в родин, що проживають у сільській місцевості (табл.1, рис.1). Послідовність укладання складових компосту була наступна: дрібні гілки (малина) → зелені трав'янисті відходи → залишки овочів та фруктів → печиво → хліб або дріжджі → тирса → зелені відходи. Модельні суміш не містили гною свійських тварин чи мікробіологічних препаратів.

Для моделювання анаеробного процесу готували модельну суміш компосту об'ємом 1 дм³, яку поміщали у пластиковий контейнер (рис. 2, а), закривали кришкою та у місці з'єднання контейнеру з кришкою кришки обробляли герметичним клеєм (рис. 2, б). Для досліджень анаеробного процесу готувались 10 ідентичних зразків компосту для відбору проб у різні моменти часу.

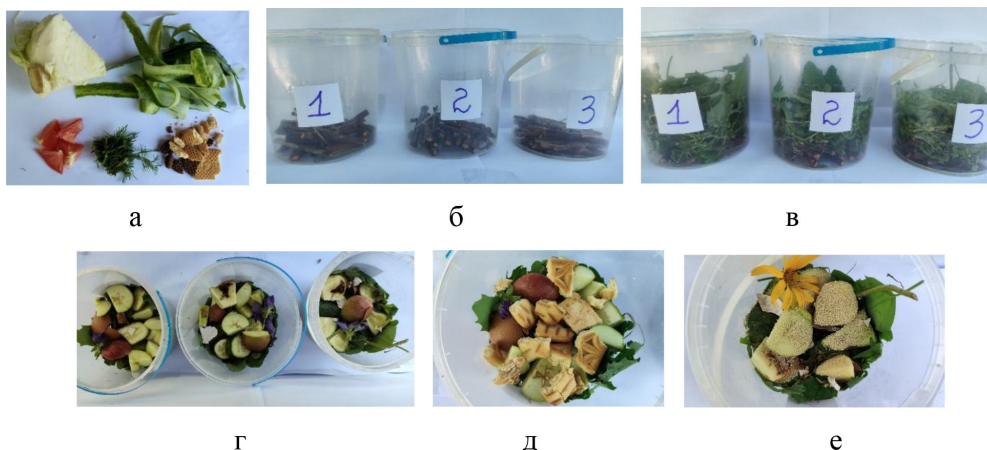
В якості дріжджових культур використовувались пекарські сухі дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*. Компост додаткового не зволожувався. При моделюванні аеробного процесу компостування у відкритих пластикових контейнерах зволоження відбувалось тільки за рахунок атмосферних опадів.

Вологість компосту визначали ваговим методом та з використанням портативного приладу, вміст окремих хімічних елементів у компості визначався експрес методом з використанням портативного приладу YG-09, значення рН – портативним приладом Inteligent soil detector згідно методикам, описаним у [3].

Таблиця 1

Склад компосту

Зразок	Вміст компонентів, мас.%						
	дрібні гілки	трав'яністі рослини	хліб	печиво	дріжджі	овочі та фрукти	інші
1	10	20	0	15	5	35	15
2	10	20	0	15	5	35	15
3	10	20	15	15	0	35	15

**Рис. 1. Послідовність формування компосту у пластиковому контейнері**

а – складові харчових відходів; б – укладання першого шару; в – укладання другого шару; г – укладання третього шару; д – укладання четвертого шару; е – укладання дріжджів шару

**Рис. 2. Моделювання анаеробного процесу компостування**

Експериментальні дослідження проводились у Харківській області впродовж 2024 – 2025 років. Початок процесів компостування – червень 2024 р.

Результати досліджень. Для характеристики процесу компостування було орано такий параметр, як вологість. У першу, мезофілну стадію компостування спостерігається найбільше збільшення вологості компосту [1, 3], якщо компостування проходить в оптимальних умовах. Тривалість мезофільної стадії складає 14–21 добу за оптимальних температурних умов та вологості компосту до 60–120 діб у несприятливих умовах.

Наявність у складі компосту дріжджів та хлібу, який є джерелом так званих вторинних дріжджових культур, уповільнює процес компостування у перші 20 діб (табл.1) при анаеробному процесі компостування. На противагу процесу компостування, процес бродіння дріжджів в принципі є анаеробним процесом, під час якого відбувається процес перетворення вуглеводів на вуглекислий газ та спирти, які з підвищенням температури розкладаються [9, 10]. Якщо процес компостування

здійснюється в анаеробних або за нестачі кисню (псевдоанаеробних) умовах, наприклад в ямах, накритих шаром ґрунту чи поліетиленовою плівкою, то швидкість компостування нижча за аеробні умови в 3–4 рази [2, 4]. Наявність дріжджових культур компостування призводить до наближення швидкості протікання мезофільної стадії в анаеробних та аеробних умовах. Для зразків 1 та 2 вологість компосту через 20 діб відрізняється на 5,4 мас.%, зі збільшення часу різниця у вологості не перевищує 2 мас.% (табл.1).

Анаеробний процес компостування за наявності вторинних дріжджових культур – у зразку 3, де присутній хліб пшеничний дріжджовий у кількості 15 мас.%. протікає повільніше, ніж для зразку 1, де присутні первинні дріжджові культури. Через 100 діб від початку процесу вологість зразка 3 на 22,9 мас.% менша за вологість зразку компосту 2 та на 21,9 мас.% менша за вологість зразку компосту 1 (табл.1). Для зразку 3 вологість на рівні 56 мас.% досягається лише через 150 діб від початку процесу компостування, далі вологість залишається не змінною.

Таблиця 2

Вологість компосту в залежності від методу компостування

Зразок	Метод компостування	Вологість, мас.% через діб від закладки				
		10	20	40	70	100
1	Анаеробний	22,2	24,2	36,4	54,2	65,3
2	Аеробний	26,6	29,6	37,6	55,9	66,3
3	Анаеробний	19,4	21,7	30,2	35,8	43,4

Збільшення вмісту неорганічної речовини у компості також є параметром, який свідчить про повноту протікання процесу компостування, оскільки під час компостування перетворенню піддається органічна частина відходів [3]. Вміст калію (K), фосфору (P) та нітрогену (N) у різний момент часу в компості дозволяє оцінити швидкість процесу компостування. У перші 40 діб від початку компостування для всіх трьох зразків спостерігається не значна різниця у вмісті N та K (рис. 2). Наприклад, для різниці між вмістом K для зразків 1 (анаеробний процес) та 2 (аеробний процес) через 40 діб становить 1 мг/кг; тоді як через 100 діб – вже 5 мг/кг (рис. 2, а, 2, б). У проміжок часу 150–300 різниця між вмістом K та N у зразках 1, 2, 3 зростає. В цілому вміст калію зростає у 5,5 разів, а вміст нітрогену у 9 разів за 360 діб здійснення процесу компостування (рис. 2). Для анаеробного процесу компостування за відсутності первинних дріжджових культур (зразок 3) збільшення вмісту калію та нітрогену відбувається повільніше, ніж для зразку 2. Через 100 діб вміст K для зразка 3 на 12 мг/кг менший, ніж для зразка 2; вміст нітрогену менший на 9 мг/кг.

Вміст фосфору змінюється у даних зразках компосту від 9 до 30 мг/кг, тобто всього у 3 рази, що пов'язано з відсутністю гною у компості, який, в даному випадку, був би головним джерелом фосфору [3].

Через рік здійснення процесів компостування в анаеробних та аеробних умовах за наявності дріжджових культур вміст K, N, P відрізняється, але не суттєво: вміст K найменший у зразку 3 – на 10 мг/кг менший ніж у зразку 2 та на 7 мг/кг менший ніж у зразку 1; вміст N у зразку 3 менший на 8 мг/кг ніж у зразку 2 та на 6 мг/кг ніж у зразку 1. В цілому вміст калію лежить в діапазоні 170–180 мг/кг; вміст нітрогену – 122–130 мг/кг; вміст фосфору – 29–30 мг/кг.

Отриманий компост у всіх трьох зразках є дозрілим, про що можна зробити висновок за рівнем pH. Для всіх зразків він становить 7,1–7,3, що є ознакою формування компосту, готового для подальшого використання [11, 12].

Висновки. Процес компостування за наявності первинних дріжджових культур в анаеробних або псевдоанаеробних умовах відбувається повільніше, ніж в аеробних умовах, виключно в перші 20 діб. Зі збільшенням часу різниця між швидкістю компостування нівелюється, про що свідчить вологість компосту. Процес компостування в анаеробних умовах за наявності вторинних дріжджових культур в цілому протікає повільніше, ніж аеробний процес.

Таким чином, маючи можливість обирати метод компостування – анаеробний чи аеробний – в індивідуальних домогосподарствах необхідно приділяти увагу вмісту первинних та вторинних дріжджових культур та співвідношенню витрат праці та матеріалів на улаштування компостних куп, ям чи контейнерів. За невеликих обсягів утворення органічної фракції твердих побутових відходів та наявності в них дріжджовісних відходів можна проводити процес компостування у анаеробних умовах (наприклад, у ямах), оскільки через 1 рік властивості компосту, утвореного в таких умовах, наближаються до властивостей компосту отриманого анаеробним методом (наприклад, у купах з постійним перемішуванням). Такий підхід може поширити практику анаеробного пришвидшеного компостування за умови додавання до нього дріжджових культур, адже на відміну від традиційного анаеробного компостування, процес дозрівання компосту буде тривати 1 рік, а не 3.

Сформований в анаеробних умовах компост може бути використаний в якості добрива для підвищення родючості ґрунтів, в тому числі безтрансферним методом.

Подальшого дослідження потребує встановлення зв'язку між вмістом первинних або вторинних дріжджів та швидкістю компостування.

Результати дослідження можуть бути використані для розробки процесу утилізації осадів стічних вод, які містять дріжджові культури; для розробки процесу утилізації відходів, які містять значну кількість дріжджів або дріжджовісних продуктів; для поширення практики простого з точки зору реалізації анаеробного компостування у ямах.

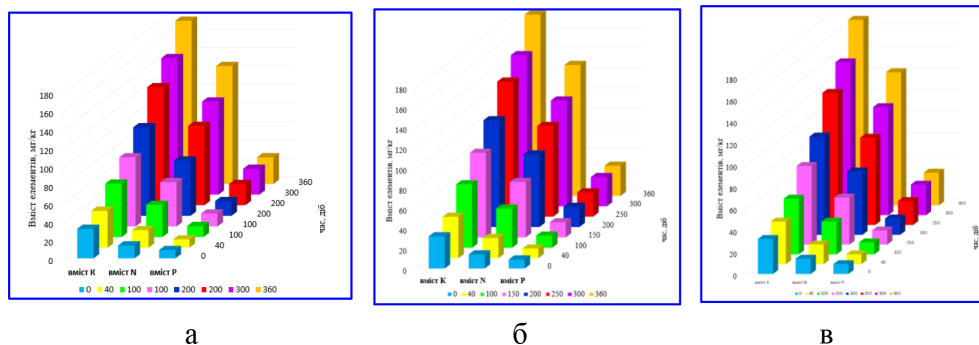


Рис. 3. Зміна вмісту калію, нітрогену та фосфору у компостах за різних методів компостування

а – зразок 1; б – зразок 2; в – зразок 3

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Пасенко А. В., Солошич І. О., Дігтяр С. В., Івасенко Ю. Д. Інноваційний напрямок комплексного використання відходів дріжджового виробництва та біопрепарату «Радород» в процесі компостування листового опаду. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. Т.27(2). С 54–60.
2. Брич К. А., Василенко І. А. Розробка ефективної рецептури дозрівання компосту. *Молодий вчений*. 2020. № 4(80). С.217–220.
3. Тихомирова Т. С., Разно М. Р. Дослідження процесу мікрокомпостування з подальшим безтрансферним використанням компосту. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2025. № 144. С. 348–355.
4. Сагдєєва О. А., Крусір Г. В., Цикало А. Л., Лойенбергер Г. Дослідження процесів компостування харчової складової твердих побутових відходів. *Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека»*. 2018. № 4. С. 13–21.
5. Білецька Г. А., Матюшенко І. В. Компостування органічних відходів у побутових умовах. *Природничий альманах*. 2019. № 26. С.16–24.
6. Ковальов М. М., Мостіпан М. І., Кулик Г. А. Отримання біокомпосту за попередньою обробкою сировини ЕМ-препаратами. *Аграрні інновації*. 2020. №. 3. С. 39–44.
7. Roy D., Gunri S.K., Neogi S. A, Ali O., Sharma J., Bhadu A., Singh B. Effect of Microbes in Enhancing the Composting Process: A Review. *International Journal of Plant and Soil Science*. 2022. № 34. P.630–641.
8. Duan Z., Wang Q., Wang T., Kong X., Zhu G., Qiu G., Yu H. Application of microbial agents in organic solid waste composting: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2024. Vol.104. Iss.10. P. 5647–5659.
9. Зінченко М. Г., Тихомирова Т. С. Біохімічні і мікробіологічні основи харчової та бродильної технології: навч. посібник. Харків, 2023. 202 с. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/63371> (дата звернення 10.10.2025).
10. Соломон А. М., Казмірук Н. М., Тузова С. Д. Мікробіологія харчових виробництв: навчальний посібник для студентів напряму підготовки «Харчові технології». Вінниця: РВВ ВНАУ, 2020. 312 с.
11. Mengistu, T., Gebrekidan, H., Kibret, K. *et al.* Comparative effectiveness of different composting methods on the stabilization, maturation and sanitization of municipal organic solid wastes and dried faecal sludge mixtures. *Environmental System Research*. 2018. № 5. P.1–8. URL: <https://doi.org/10.1186/s40068-017-0079-4>
12. Margaritis M., Dimos V., Malamis D., Loizidou M. An experimental investigation of the composting process in an innovative home composting System: The influence of additives. *Cleaner Materials*. 2023. Vol. 8. P. 1–8. URL: <https://doi.org/10.1016/j.clema.2023.100185>
13. litter]. *Scientific Progress & Innovations*, 27(2), 54–60 [in Ukrainian].
14. Brych, K. A., Vasilenko, I. A. (2020) Rozrobka efektyvnoi retseptury dozrivannia kompostu [Development of an effective recipe for compost maturation]. *Molodyi vchenyi*, 4(80), 217–220 [in Ukrainian].
15. Tykhomyrova, T. S., Razno, M. R. (2025). Doslidzhennia protsesu mikrokompoustuvannia z podalshym beztransfernym vykorystanniam kompostu [Research on the microcomposting process with subsequent transfer-free use of compost]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriya: Silskohospodarski nauky*, 144, 348–355 [in Ukrainian].
16. Sahdieieva, O. A., Krusir, H. V., Tsykalo, A. L., Loiienberher, H. (2018) Doslidzhennia protsesiv kompostuvannia kharchovoi skladovoi tverdykh pobutovykh vidkhodiv [Research on composting processes of the food component of solid household waste]. *Naukovo-tekhnichnyi zhurnal "Tekhnogenno-ekolohichna bezpeka"*, 4, 13–21 [in Ukrainian].
17. Biletska, H. A., Matiushenko, I. V. (2019) Kompostuvannia orhanichnykh vidkhodiv u pobutovykh umovakh [Composting of organic waste in domestic conditions]. *Pryrodnychiy almanakh*, 26, 16–24 [in Ukrainian].
18. Kovalov, M. M., Mostipan, M. I., Kulyk, H. A. (2020) Otrymannia biokompostu za poperednoiu obrobkoiu syrovyny EM-preparatamy [Obtaining biocompost by pre-treatment of raw materials with EM preparations]. *Ahrarni innovatsii*, 3, 39–44 [in Ukrainian].
19. Roy D., Gunri S. K., Neogi S. A, Ali O., Sharma J., Bhadu A., Singh B. (2022). Effect of Microbes in Enhancing the Composting Process: A Review. *International Journal of Plant and Soil Science*, 34, 630–641. doi: 10.9734/ijpss/2022/v34i232469
20. Duan Z., Wang Q., Wang T., Kong X., Zhu G., Qiu G., Yu H. (2024). Application of Microbial Agents in Organic Solid Waste Composting: A Review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104(10), 5647–5659. doi:10.1002/jsfa.13323
21. Zinchenko, M. H., Tykhomyrova, T. S. (2023). Biokhimichni i mikrobiolohichni osnovy kharchovoi ta brodynnoi tekhnolohii: navch. Posibnyk [Biochemical and microbiological foundations of food and fermentation technology: a textbook]. 202s. Retrieved from URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/63371> [in Ukrainian].
22. Solomon, A. M., Kazmiruk, N. M., Tuzova, S. D. (2020). Mikrobiolohiia kharchovykh vyrobnytstv: navchalnyi posibnyk dlia studentiv napriamu pidhotovky "Kharchovi tekhnolohii" [Microbiology of food production: a textbook for students of the direction of training "Food technologies"]. Vinnytsia: RVV VNAU, 312 s. [in Ukrainian].
23. Mengistu, T., Gebrekidan, H., Kibret, K. (2018). Comparative effectiveness of different composting methods on the stabilization, maturation and sanitization of municipal organic solid wastes and dried faecal sludge mixtures. *Environmental System Research*, 5, 1–8. URL: doi: 10.1186/s40068-017-0079-4
24. Margaritis, M., Dimos, V., Malamis, D., Loizidou, M. (2023). An experimental investigation of the composting process in an innovative home composting System: The influence of additives. *Cleaner Materials*, 8, 1–8. doi:10.1016/j.clema.2023.100185

REFERENCES:

1. Pasenko A. V., Soloshych I. O., Dihtiar S. V., Ivashenko Yu. D. (2024) Innovatsiyni napriamok kompleksnoho vykorystannia vidkhodiv drizhdzhovoho vyrobnytstva ta biopreparatu «Radorod» v protsesi kompostuvannia lystianoho opadu [Innovative direction of integrated use of yeast production waste and biological preparation "Radorod" in the process of composting leaf

Тихомирова Т. С., Разно М. Р. Дослідження процесу компостування за наявності дріжджових культур.

Комплексний підхід до підвищення або відновлення родючості ґрунту, в тому числі деокупованих територій, полягає у поєднанні ефективних та в водночас доступних методів. Компост, який утворюється з органічних відходів в індивідуальних домогосподарствах, є головним елементом комплексного підходу до підвищення родючості ґрунтів та управління відходами в країнах, які будують економіку на засадах сталого розвитку. В залежності від способу проведення процесу компостування утворення зрілого компосту триває 1–3 роки, бажаним терміном є 1 рік.

Від поінформованості населення про ефективність різних методів та способів компостування та використання компосту для підвищення родючості ґрунтів залежить поширеність даного підходу до управління органічною фракцією твердих побутових відходів. Різноманітна та недостовірна інформація про тривалість кожного способу компостування, заборону на включення певних складових до компосту значно знижують готовність та практичну реалізацію компостування. Особливо це стосується анаеробного та псевдоанаеробного методу компостування, яке є менш витратним з точки зору трудових та матеріальних ресурсів, проте вимагає більшого терміну до утворення зрілого компосту.

Мета. Дослідження аеробних та анаеробних процесів компостування органічних відходів при наявності дріжджових культур.

Методи. Вологість компосту визначали ваговим методом та з використанням портативного приладу, вміст окремих хімічних елементів у компості визначався експрес методом з використанням портативного приладу YG–09, значення рН – портативним приладом Intellegent soil detector.

Результати. Наявність дріжджових культур компостування призводить до наближення швидкості протікання мезофільної стадії в анаеробних та аеробних умовах з плином часу. У перші 40 діб від початку компостування, не залежно від методу здійснення процесу, спостерігається не значна різниця у вмісті N та K. В цілому вміст калію зростає у 5,5 разів, а вміст нітрогену у 9 разів за 360 діб здійснення процесу компостування не залежно від того, анаеробний чи аеробний метод компостування.

Висновки. Процес компостування за наявності первинних дріжджових культур в анаеробних або псевдоанаеробних умовах відбувається повільніше, ніж в аеробних умовах, виключно в перші 20 діб. Зі збільшенням часу різниця між швидкістю компостування нівелюється, про що свідчить вологість компосту. Процес компостування в анаеробних умовах за наявності вторинних дріжджових культур в цілому протікає повільніше, ніж аеробний процес.

Ключові слова: компост, анаеробний, аеробний, дріжджі, родючість, ґрунт, органічні відходи.

Tykhomyrova T. S., Razno M. R. Research on the composting process in the presence of yeast cultures

An integrated approach to increasing or restoring soil fertility, including deoccupied territories, consists in combining effective and at the same time affordable methods. Compost, which is formed from organic waste in individual households, is the main element of an integrated approach to increasing soil fertility and waste management in countries that build an economy on the sustainable development principles. Depending on composting process methods, the formation of mature compost lasts 1–3 years, the preferred period is 1 year.

The prevalence of this approach to managing the solid household waste organic fraction depends on the population's awareness about the various composting methods effectiveness and the compost use to increase soil fertility. Diverse and unreliable information about the composting method duration, the ban on the inclusion of certain components in compost significantly reduce the readiness and composting practical implementation. This is especially true for the anaerobic and pseudo-anaerobic method of composting, which is less expensive in terms of labor and material resources, but requires a longer period of time to form mature compost.

Purpose. Research into aerobic and anaerobic composting processes of organic waste in the yeast cultures presence.

Methods. Compost moisture was determined by weight and using a portable device, the content of individual chemical elements in the compost was determined by the express method using a portable device YG–09, the pH value was determined by a portable device Intellegent soil detector, and the pH level was determined by a portable device.

Results. The yeast cultures presence in composting leads to an approximation of the rate of the mesophilic stage in anaerobic and aerobic conditions over time. In the first 40 days from the composting start, regardless of the method, there is a small difference in the N and K content. In general, the content of potassium increases by 5.5 times, and the content of nitrogen by 9 times over 360 days of the composting process, regardless of whether the composting method is anaerobic or aerobic.

Conclusions. The composting process in the presence of primary yeast cultures in anaerobic or pseudoanaerobic conditions occurs more slowly than in aerobic conditions, only in the first 20 days. With increasing time, the difference between the composting speeds is leveled, as evidenced by the moisture content of the compost. The composting process in anaerobic conditions in the presence of secondary yeast cultures generally proceeds more slowly than the aerobic process.

Key words: compost, anaerobic, aerobic, yeast, fertility, soil, organic waste.

Дата першого надходження рукопису до видання: 21.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 14.12.2025