

Scientific and technical journal
«Technogenic and Ecological Safety»



RESEARCH ARTICLE
OPEN ACCESS

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ ДОБАВКИ «БАЙКАЛ ЕМ» НА ПРОЦЕС
КОМПОСТУВАННЯ СУМІШІ ХАРЧОВИХ ВІДХОДІВ

В. І. Соколова¹, Г. В. Крусір¹, О. А. Сагдєєва¹, І. В. Коваленко¹, І. О. Кузнецова¹

¹Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, Україна

УДК 502.34:579.26

DOI: 10.5281/zenodo.3780092

Отримано: 20 березня 2020

Прийнято: 22 квітня 2020

Cite as: Sokolova V., Krusir G., Sagdeeva O., Kovalenko I., Kuznetsova I. (2020). Research of the impact of the Baikals EM microbiological supplement on the composting of mixed food waste. Technogenic and ecological safety, 7(1/2020), 57–63. doi: 10.5281/zenodo.3780092

Анотація

Дослідження процесу компостування є досить актуальним завданням. Швидкий ріст виробництва харчових продуктів призводить до утворення відходів, які доцільно і безпечно утилізувати природним способом – компостуванням. Компостування рослинної складової харчових відходів дозволяє значно зменшити частку відходів, що потрапляють на полігони, та утилізувати харчові відходи підприємств готельно-ресторанної галузі.

Додаткове збагачення компостної суміші харчових відходів мікробіологічною добавкою «Байкал ЕМ» прискорює процес дозрівання та посилює ефективність готового компосту. Такий компост не містить життєздатного насіння бур'янів і патогенної мікрофлори і може використовуватись, як добриво. На відміну від контролю для досліджуваних зразків спостерігається достатній рівень індексу пророщування і вони не є фітотоксичними. Готовий компост може застосовуватись, як добриво у сільському господарстві при вирощуванні агрокультур.

Отримані результати свідчать про те, що зі збільшенням тривалості зброджування компостованої суміші індекс пророщування насіння редису збільшується. Колонії мікроорганізмів, що містились у препараті «Байкал ЕМ» прискорюють природний процес – компостування, приймаючи активну участь у деструкції компонентів рослинної суміші. Значення рН середовища готового компосту, як у термофільних, так і в мезофільних умовах наближені до нейтральних показників. Найвищі значення емісії CO₂ із реакторів зафіксовані на другому тижні у термофільних та на третьому тижні у мезофільних умовах.

Готовий компост, що зброджувався у термофільних та мезофільних умовах, може використовуватись як добриво, але враховуючи, що для створення термофільних умов необхідні додаткові енергетичні витрати, доцільно компостувати суміш харчових відходів із додаванням мікробіологічного препарату «Байкал ЕМ» у мезофільних умовах.

Ключові слова: компостування, мікробіологічна добавка, фітотоксичність, деструкція, харчові відходи, Байкал ЕМ, мезофільний та термофільний режим, емісія, рН.

Постановка проблеми. Щоденно людство зіштовхується з проблемою переробки відходів, значну частину яких складають саме харчові відходи. Щоденно один середньостатистичний українець виробляє приблизно 1–1,5 кг відходів, де близько 40–70% складають харчові відходи або їх пакування.

Одним із простих та безпечних методів утилізації харчових відходів є компостування, яке в природних умовах досить довготривале, а його прискорення – доволі енергомістке та призводить до економічних витрат і додаткових впливів на навколишнє середовище. Такі впливи не є бажаними для довкілля, тому актуальним є пошук нових способів прискорення процесу компостування та його поліпшення.

Одним із таких методів є додавання мікробіологічних добавок та підтримка температурного режиму [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Компостування, як спосіб поводження з рослинною складовою відходів, є досить перспективним напрямом утилізації та поводження з відходами. Дослідженню протікання та прискорення процесу компостування приділено багато уваги, як вітчизняних, так і іноземних науковців [1, 2, 3, 4]. У

дослідженнях компостування розглядалось, як природоохоронна технологія, в процесі якої відбувається деструкція відходів, а результатом є компост, який можна використовувати як добриво та стимулювати відновлення ґрунтового шару.

Компостування є природним та безпечним процесом для навколишнього середовища, але має ряд недоліків, основними з яких є:

- довготривалість процесу;
- складність дотримання постійних умов на протязі протікання усього процесу;
- нестабільна якість вихідного продукту, тощо.

Усі ці недоліки негативно впливають на популярність застосування цього методу на практиці та привертають увагу науковців, які в свою чергу, досліджують способи прискорення процесу компостування. Багато досліджень присвячено розробці спеціалізованих апаратів для компостування, зміні біотичних та абіотичних факторів. [5, 6, 7].

Актуальним залишається питання оптимального співвідношення біотичних та абіотичних факторів при компостуванні, серед яких наявність колоній мікроорганізмів, вермикомпостування, температура, вологість, рН, аерація, емісія CO₂, витрата загального Карбону та Нітрогену. Усі ці фактори

впливають на можливість протікання процесу компостування. Так, від температури залежить швидкість протікання процесу, чим вища температура – тим активніші термофільні мікроорганізми. У мезофільних умовах, активність переважає у мезофільних мікроорганізмів.

Ще одним важливим показником при компостуванні є значення рН середовища, яке в процесі компостування під дією мікроорганізмів змінюється від слабокислих до слаболужних значень.

При компостуванні суміші, контролювали аерацію, яка є одним із чинників прискорення процесу при аеробному компостуванні та вміст води у суміші, що компостувалась, задля ефективності перебігу процесу.

Компостуванню, як процесу утилізації відходів, присвячено багато уваги, але невирішеним є питання накопичення рослинної складової харчових відходів готельно-ресторанної галузі на звалищах та перетворення вихідного компосту у високоякісне добриво. Дослідження саме харчової складової рослинних відходів допоможе скоротити накопичення цих відходів. Тому доцільно дослідити процес компостування харчових відходів з додаванням мікробіологічної добавки «Байкал ЕМ».

Постановка завдання та його вирішення.

Метою роботи є дослідження процесу компостування харчових відходів в мезофільному та термофільному температурних режимах з додаванням мікробіологічної добавки «Байкал ЕМ».

Завданням роботи було:

- дослідження зміни швидкості втрат загального Карбону та Нітрогену;
- дослідження динаміки зміни співвідношення C/N;
- порівняльна характеристика мезофільного та термофільного режимів;
- дослідження динаміки змін індексу пророщування насіння;
- дослідження динаміки зміни рН харчової суміші;
- дослідження зміни емісії CO₂ із реактору.

Експериментальні дослідження проводили при постійній вологості та перемішуванні в мезофільному та термофільному режимах. Суміш харчових відходів, що вивчалась, складається з очистків картоплі, моркви, кабачків та листя капусти в ваговому співвідношенні 1:1:1:1. Дослідження проводилось з додаванням до харчової суміші ґрунту – чорнозему південного малогумусного. Температуру суміші, що компостується, визначали за допомогою спиртового термометру, кінець якого було занурено у досліджувану суміш.

Кожного тижня проводили відбір газової суміші об'ємом 50 см³ за допомогою одноразових пластикових шприців. Шприц приєднували до трубки для відводу газів із реакторів. Відбір газової суміші проводили через 5 хвилин після струшування реактора. Для визначення кількості вуглекислого

газу у відібраній пробі використовували газовий хроматограф «Хроматек Кристал 5000.2» [7].

Вологість сировини, загальний Карбон та загальний Нітроген визначали шляхом висушування проб суміші до постійної маси. Висушені зразки суміші, що компостується, подрібнювали у фарфоровій ступці та просіювали через сито з розміром отворів 0,25 мм.

Визначення загального Карбону проводили за методикою Тюріна, а загальний Нітроген визначали за методом Кальєдаля. Проби суміші масою 5 г розміли в колби об'ємом 250 см³, додали 50 см³ дистильованої води та струшували на протязі 1 години. Фільтрували за допомогою складчастого фільтру для визначення рН, мезо- та термофільних мікроорганізмів та коефіцієнтів пророщування [8].

Значення рН водної витяжки суміші визначали, використовуючи лабораторний рН-метр «Testo 206-pH3».

Визначення чисельності мікроорганізмів проводили за методом Коха [9], а саме шляхом посіву на тверде поживне середовище в чашки Петрі.

Активність мікроорганізмів можна оцінити за інтенсивністю споживання кисню та виділення вуглекислого газу.

Методом посіву на щільне середовище, а саме м'ясо-пептонний агар, визначали кількість бактерій при вирощуванні співтовариств мікроорганізмів, а також динаміку процесу компостування. Підрахунок чисельності мікроорганізмів проводили через добу.

Кількість міксоміцетів отримали через 7 діб після посіву на щільне середовище Чапека (гл-1). Це середовище використовується для виділення, визначення та культивування сапрофітних видів дріжджових і цвілевих грибів.

Методом граничних розведень отримали кількість целюлозоруйнівних мікроорганізмів, які вирощували на протязі 10 діб на середовищі Гетчинсона [10].

Для дослідження було обрано суміш харчових відходів у ваговому співвідношенні компонентів 1:1:1:1, у такому складі:

- очистки картоплі;
- очистки моркви;
- очистки кабачків;
- листя капусти.

Додатково у харчову суміш додавали ґрунт – чорнозем південний малогумусний та мікробіологічну добавку – препарат «Байкал ЕМ», що містить в складі понад 80 штамів мікроорганізмів, які знаходяться в ґрунтах. Вибір даного препарату обумовлений тим, що в його складі не міститься генетично змінених мікроорганізмів.

Особливістю «Байкал ЕМ» є те, що він включає стійку асоціацію як аеробних, так і анаеробних мікроорганізмів. Всі вони, незважаючи на відмінність умов життєдіяльності, співіснують в одному середовищі в режимі активного взаємообміну джерелами живлення, коли продукти життєдіяльності однієї групи служать харчуванням

для іншої, і при цьому відбувається акумуляція позитивних властивостей об'єднаних мікроорганізмів.

До переваг використання препарату «Байкал ЕМ» відносяться:

- прискорення процесу гумусоутворення;
- підвищення температури ґрунту на 2-5 °С;
- стимулювання стійкості рослини до захворювань;
- стимулювання природної аерації ґрунтів;
- покращення водопроникності родючого шару ґрунту;
- стимулювання підвищення врожайності агрокультур;
- сприяння нейтралізації солей важких металів, тощо.

До складу препарату входять фотосинтезуючі, азотфіксуючі, молочнокислі бактерії, дріжджі, актиноміцети, ферментують гриби і продукти їх життєдіяльності. Названі мікроорганізми при внесенні в ґрунт активізують місцеву сапрофітну мікрофлору, яка переробляє органіку в легкодоступну для рослин форму. При цьому виробляються різноманітні фізіологічно активні речовини – ферменти, амінокислоти, вітаміни, біофунгіциди, тощо. Вони надають як прямий, так і непрямий позитивний вплив на ріст і розвиток рослин, а також виконують весь спектр функцій для захисту рослин від хвороб і поліпшення стану ґрунту.

При внесенні в ґрунт препарат «Байкал ЕМ» радикально впливає на біоценоз ґрунту, пригнічуючи патогенну мікрофлору[5].

Для приготування компосту суміш попередньо подрібнили до розмірів 10–15 мм та просушили протягом 2 годин на повітрі. Процес зброджування здійснювався протягом 40 днів в мезофільному температурному режимі при 18–20 °С та в термофільному режимі при температурі 50–60 °С. Під час дослідження реактори було ізольовано від впливів навколишнього середовища. Постійно підтримувалась вологість 72 % і здійснювалось перемішування суміші.

На початкових стадіях компостування відбувається активне розкладання мікроорганізмами легкодоступних сполук, що супроводжується визволенням CO₂. В цей період відбувається активна мінералізація органічних речовин та зниження вмісту розчиненого органічного Карбону[11].

Зміну швидкості втрати загального Карбону в суміші, що компостується з мікробіологічною добавкою в мезо- та термофільному режимах в порівнянні з контролем зображено на рис. 1.

З даних, представлених на рис. 1, можна зробити висновок, що при використанні мікробіологічної добавки як в мезо-, так і в термофільному режимах загальні витрати та швидкість витрат загального Карбону більше виражені, ніж в контрольному зразку, що збільшує ефективність процесу компостування, яку стимулюють мезофіли та термофіли – бактеріальні колонії біодобавки – «Байкал ЕМ».

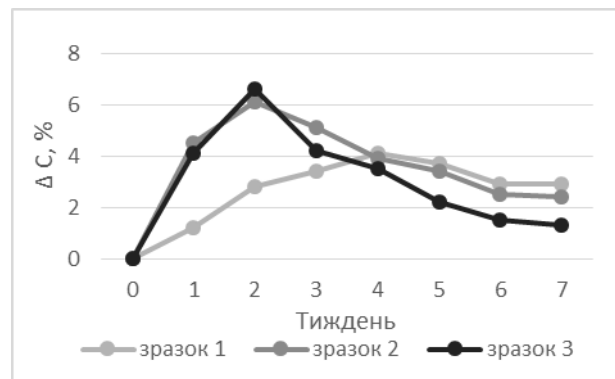


Рисунок 1 – Зміна швидкості втрат загального Карбону: зразок 1 – контроль; зразок 2 – мезофільний режим; зразок 3 – термофільний режим

Мінералізація Нітрогеновмісних речовин супроводжується зміною вмісту загального Нітрогену (рис. 2).

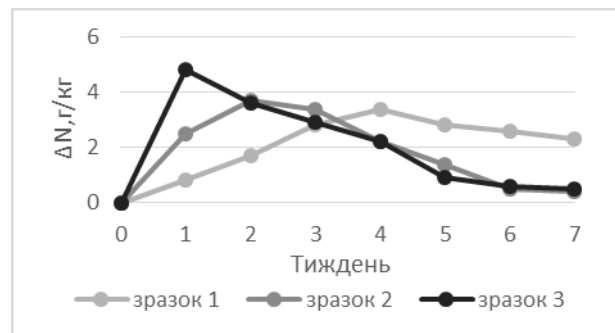


Рисунок 2 – Зміна швидкості втрат загального Нітрогену: зразок 1 – контроль; зразок 2 – мезофільний режим; зразок 3 – термофільний режим

На рис. 2 наведено зміну швидкості втрат загального Нітрогену компостованої суміші в мезо- та термофільному режимах в порівнянні з контролем із додаванням мікробіологічної добавки «Байкал ЕМ».

Після другого тижня спостереження зафіксовано максимальні швидкості втрати загального Нітрогену, яке пов'язано з присутністю лабільних речовин та активним розкладанням Нітрогеновмісних сполук в суміші на початку процесу компостування.

Зрілість компосту визначали за індексом пророщування [12] та співвідношенням вмісту загального Карбону і Нітрогену в суміші, яка компостувалась (рис. 3).

У літературних джерелах [1, 13] оптимальним значенням співвідношення вмісту загального Карбону і Нітрогену (C/N) прийнято 25, значення вище означають, що суміш не досягла достатнього ступеню зрілості та вважається фітотоксичною.

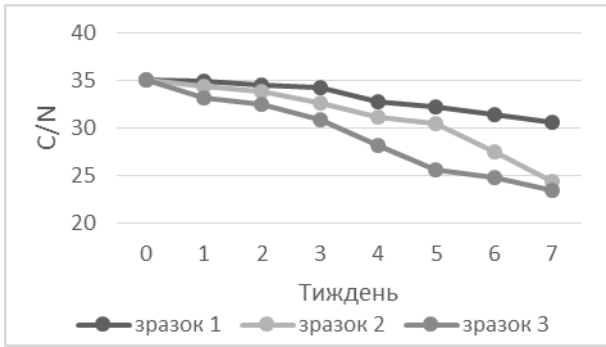


Рисунок 3 – Динаміка зміни співвідношення C/N:
зразок 1 – контроль;
зразок 2 – мезофільний режим;
зразок 3 – термофільний режим

Аналіз результатів експериментальних досліджень свідчить про те, що мікробіологічна добавка «Байкал ЕМ» впливає на інтенсивність деструкції суміші харчових відходів, збільшуючи її в мезо- (зразок 2) та термофільному (зразок 3) режимах в порівнянні з контролем (зразок 1). З рис. 3 видно, що термофільні організми є більш активними, але для підтримки температурного режиму необхідна додаткова витрата енергетичних ресурсів, тому, дотримуючись ресурсозберігаючого підходу при компостуванні харчових відходів, доцільно додавати мікробіологічну добавку «Байкал ЕМ» та проводити процес компостування в мезофільних умовах.

Основні параметри, за якими проводилось дослідження, та показники суміші, яка компостується, а також їх значення представлено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняльна таблиця основних показників суміші, яка компостується

Показники	Контрольний зразок (зразок 1)	Мезофільний режим (зразок 2)	Термофільний режим (зразок 3)
Температура, °C	19	19	55
Вологість, %	72	72	72
Тривалість, діб	40	40	40
C/N	30,6	24,4	23,4
pH (початкова), од. pH	6,4	6,4	6,4
pH (кінцева), од. pH	7,1	6,8	7,6
Маса вихідного компосту (з 1 кг компостованої суміші), г	176	150	120

За результатами досліджень виявлено, що зразки 2 та 3 проявляють високий рівень зрілості компосту. Контрольний зразок, в якому замість мікробіологічної добавки використовували дистильовану воду, виявився незрілим та фітотоксичним.

Вивчення індексу пророщування насіння овочевих культур на компостах, одержаних у зразках 2 і 3, проведено шляхом визначення кількості пророщеного насіння редису посівного (*Raphanussativus*) і довжини проростків у водних витяжках із компосту порівняно з контролем (зразок 1). Динаміку зміни індексу пророщування наведено на рис. 4.

Отримані результати дослідження свідчать про те, що індекс пророщування насіння редису поступово збільшується зі збільшенням тривалості зброджування. В результаті пророщування насіння редису компост у зразку 1 відноситься до фітотоксичних, тому що його індекс пророщування складає менше, ніж 80%, в його складі міститься життєздатне насіння бур'янів і патогенної мікрофлори. Зразки 2 та 3 мають індекс пророщування більше, ніж 80%, і тому відносяться до зрілих.

Важливою характеристикою компостних сумішей є спектр колоній мікроорганізмів та кількісні показники кожного виду мікроорганізмів.

Найвища активність мікроорганізмів спостерігалась у зразку 3 в термофільних умовах при додаванні мікробіологічного препарату «Байкал ЕМ». Але, у зразку 2, що знаходився в мезофільних умовах, також зафіксовано підвищену активність колоній.

В зразках 2 та 3 при додаванні мікробіологічної добавки спостерігалась підвищена активність мікроорганізмів в період з 12-ї по 20-у добу. Це дозволяє зробити висновок, що препарат «Байкал ЕМ» стимулює активність мікроорганізмів в порівнянні з контрольним зразком.

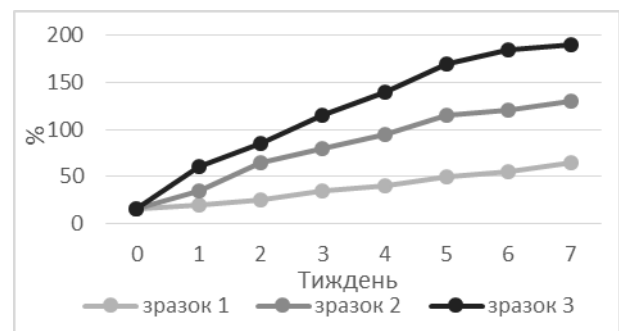


Рисунок 4 – Динаміка зміни індексу пророщування насіння:
зразок 1 – контроль;
зразок 2 – мезофільний режим;
зразок 3 – термофільний режим

У зразку 2 спостерігалось прискорене зростання мезофільної мікрофлори, що пов'язано зі зброджуванням у мезофільних умовах при температурі 19°C.

На відміну від зразка 2, у зразку 3, що зброджувався в термофільному режимі, термофіли набули значно більшої чисельності завдяки більш сприятливим температурним умовам, а саме температурі (55 °C).

Порівняно зі зразком 2 та 3, контроль, який не містив мікробіологічної добавки «Байкал ЕМ», характеризувався вдвічі меншою чисельністю мезо- та термофільних мікроорганізмів.

При компостуванні рослинної сировини параметром, що зазнає значних змін в процесі перебігу біохімічних реакцій, є рН середовища.

В процесі дослідження відслідковували динаміку зміни рН сировини, результати якої зображено на графіку (рис. 5).

Початкове значення рН середовища досліджуваної сировини змінювалось в діапазоні значень, близьких до нейтрального і складало 6,4 од. рН. В реакторах, що знаходились в мезофільному режимі і з додаванням мікробіологічної добавки, на початку дослідження спостерігалось відхилення рН в бік слабкокислих (зразок 2) значень рН. У зразку 3, що досліджувався в термофільному режимі, рН середовища набував слаболужних значень.

У контрольному зразку значення рН були наближені до слабкокислих, але кінцеві значення рН у контрольному та досліджуваних зразках варіювались в межах від 6,8 до 7,1 од. рН.

Компостування супроводжується деструкцією біополімерних речовин та перетвореннями сполук в напрямку низько-молекулярних.

В процесі дослідження визначались зміни вмісту органічних речовин в харчовій суміші при додаванні мікробіологічної добавки «Байкал ЕМ» [14]. Основні результати наведені на рис. 6.

Дослідження представлені на рис. 6, аналіз яких дозволяє констатувати, що ріст активності мікроорганізмів зафіксовано, починаючи з другого та третього тижнів дослідження в термо- та мезофільних умовах, відповідно. Також слід зазначити, що у термофільних умовах мікроорганізми більш активні, але, порівнюючи з мезофільними умовами, різниця є незначною.

Висновки

Таким чином, аналізуючи властивості отриманого компосту, можна зробити висновок, що внесення мікробіологічної добавки – препарату «Байкал ЕМ» – є доцільним при зброджуванні у мезофільному та термофільному режимах. Мікроорганізми активно беруть участь у деструкції харчових відходів та прискорюють природний процес компостування.

Витрата загального Карбону у досліджуваних зразках більш виражена, ніж у контролі, що пов'язано з додатковою стимуляцією процесу мезофілами та термофілами.

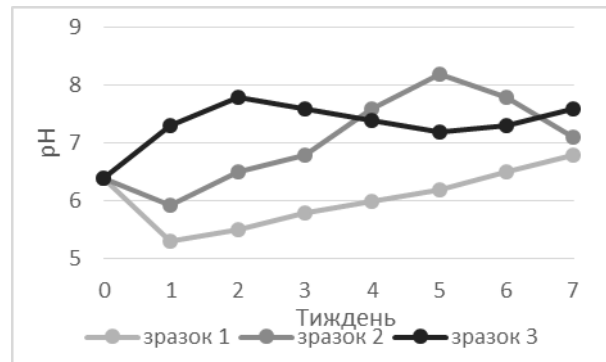


Рисунок 5 – Динаміка зміни рН харчової суміші: зразок 1 – контроль; зразок 2 – мезофільний режим; зразок 3 – термофільний режим

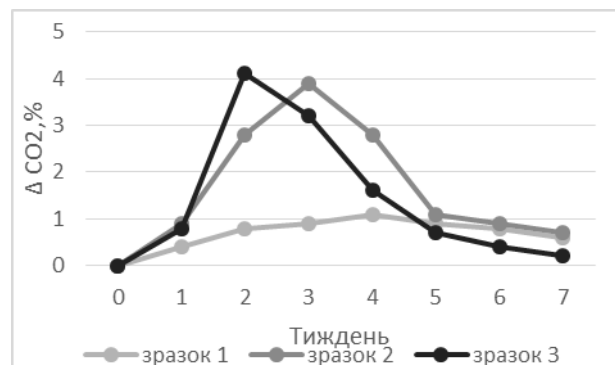


Рисунок 6 – Зміна емісії CO₂ із реактору в процесі компостування: зразок 1 – контроль; зразок 2 – мезофільний режим; зразок 3 – термофільний режим

Витрата загального Нітрогену стимулювалась активним розкладанням Нітрогеновмісних сполук та присутністю лабільних речовин у зразках, що досліджували.

Співвідношення C/N у зразках, що компостувались у мезофільних та термофільних умовах, на відміну від контролю, наближені до оптимальних значень та складають 24,4 та 23,4 відповідно.

При визначенні індексу пророщування насіння редису виявлено, що обидва досліджувані зразки, в порівнянні з контролем, є зрілими і не містять патогенної мікрофлори та насіння бур'янів.

В процесі компостування важливим показником, що досліджувався, було значення рН, яке в мезофільних умовах відхилялось до слабкокислих, а в термофільних – до слаболужних значень рН середовища. Але, наприкінці процесу компостування були зафіксовані приблизно однакові значення рН середовища готового компосту у всіх трьох зразках.

При дослідженні динаміки емісії CO₂ з реакторів зафіксовано підвищену активність колоній мікроорганізмів у термофільних умовах в порівнянні з контролем, але за мезофільних умов різниця є незначною.

Узагальнюючи вищенаведені висновки, можна констатувати, що суміші, які досліджувались у мезо- та термофільних умовах, можна використовувати як добриво, оскільки компост є зрілим та не містить насіння шкідливих бур'янів і патогенних організмів.

Компост, який дозрівав за термофільних умов, характеризувався високою чисельністю термофілів,

що обумовлено більш комфортними умовами життєдіяльності мікроорганізмів. Однак враховуючи, що для створення термофільних умов необхідна додаткова витрата енергетичних ресурсів, та зважаючи на економічну складову, доцільніше проводити компостування у мезофільних умовах з додаванням мікробіологічної добавки «Байкал ЕМ».

ЛІТЕРАТУРА

1. Сагдєєва О. А., Крусір Г. В., Цикало А. Л. Дослідження процесів компостування харчової складової твердих побутових відходів. *Техногенно-екологічна безпека*, 2018. № 4(2). С. 13-23. doi: 10.5281/zenodo.1244572.
2. Соколова В., Крусір Г., Шпирко Т., Кузнєцова І., Коваленко І. Розробка ключових елементів системи ресурсо- та енергоефективності. *Scientific Works*, 2019. Том 83, № 1. С. 21-26. doi: 10.15673/swonaft.v83i1.1412.
3. Koloskov V. Identification of significant indicators for environmental reserve criterion of territories adjoined to wastes storage places based. *Техногенно-екологічна безпека*, 2018. № 3(1/2018). С. 44-51. doi: 10.5281/zenodo.1182841.
4. Vambol V., Rashkevich N. Analysis of methods of identification of ecologically danger substances in atmospheric air. *Техногенно-екологічна безпека*, 2017. Вип. 2. С. 73-78. doi: 10.5281/zenodo.1182894.
5. Сухамєра С. А. ЭМ-технология – биотехнология XXI века. Сборник материалов по практическому применению «Байкал ЭМ-1». Алматы, 2006. 70 с.
6. Tognetti C., Mazzarino M. J., Laos F. Improving the quality of municipal organic waste compost. *Bioresource Technology*, 2007. Vol. 98(5). Pp. 1067-1076. doi: 10.1016/j.biortech.2006.04.025.
7. Risse L. M., Faucette B. Food Waste Composting: Institutional and Industrial Applications. *University of Georgia Bulletin*, 2009. No. 1189. URL: <http://hdl.handle.net/10724/12102> (access date: 20.03.2020).
8. Павленко С. І., Ляшенко О. О., Лисенко Д. М., Харитонов В. І. Аналіз і обґрунтування технологічних процесів компостування сільськогосподарських органічних відходів тваринного походження. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*, 2011. № 9(2). С. 94-104. URL: <http://econjournal.vsau.org/files/pdfa/172.pdf> (дата звернення: 20.03.2020).
9. Xiao Y., Zeng G.-M., Yang Z.-H. Continuous thermophilic composting (CTC) for rapid biodegradation and maturation of organic municipal solid waste. *Bioresource Technology*, 2009. Vol. 100, No. 20. Pp.4807-4813. doi: 10.1016/j.biortech.2009.05.013.
10. Manios T. The composting potential of different organic solid wastes: experience from the island of Crete. *Environment International*, 2004. №29. Pp. 1079-1089.
11. Harrison B. I. Seed deterioration in relation to storage conditions and its influence upon seed germination, chromosomal damage and plant performance. *Journal of National Institute of Agriculture and Botany*, 1966. Vol. 10, No. 3. Pp. 644-633.
12. Blair G., Lefroy R., Whitbread A., Blair N., Conteh A. The development of the KMnO₄ oxidation technique to determine labile carbon in soil and its use in a carbon management. *Assessment methods for soil carbon*, Lewis publishers, Boca Raton, 2001. № 1. Pp. 323-337.
13. Нетрусов А. И. Практикум по микробиологии: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. М.: Академия, 2005. 608 с.
14. Теппер Е. З., Шильникова В. К. Практикум по микробиологии. Учебное пособие для ВУЗов. М.: Дрофа, 2004. 275 с.

Sokolova V., Krusir G., Sagdeeva O., Kovalenko I., Kuznetsova I.

RESEARCH OF THE IMPACT OF THE BAIKAL EM MICROBIOLOGICAL SUPPLEMENT ON THE COMPOSTING OF MIXED FOOD WASTE

Researching the composting process is a very topical task. The rapid growth of food production leads to the generation of waste, which is appropriate and safe to dispose of in a natural way - by composting. Composting the plant component of food waste can significantly reduce the share of landfill waste and recycle food waste from hotel and restaurant businesses.

The additional enrichment of the compost mixture of food waste with the microbiological additive Baikal EM accelerates the ripening process and increases the efficiency of the finished compost. Such compost does not contain viable weed seeds and pathogenic microflora and can be used as a fertilizer. In contrast to the controls, there is a sufficient level of germination index for the test specimens and they are not phytotoxic. Ready-made compost can be used as a fertilizer in agriculture for growing agricultural crops.

The results indicate that as the duration of fermentation of the composted mixture increases, the index of germination of radish seeds increases. The colonies of microorganisms contained in Baikal EM accelerate the natural process of composting, taking an active part in the destruction of the components of the plant mixture. The pH of the finished compost medium, both in thermophilic and mesophilic conditions, is close to neutral. The highest values of CO₂ emission from the reactors were recorded in the second week in thermophilic and in 3 weeks in mesophilic conditions.

Prepared fermentation under thermophilic and mesophilic conditions can be used as fertilizer, but given that additional energy costs are required to create thermophilic conditions, it is advisable to compost the food waste mixture with the addition of the microbiological preparation Baikal EM in mesophilic conditions

Key words: composting, microbiological additive, phytotoxicity, destruction, food waste, Baikal EM, mesophilic and thermophilic mode, emission, pH.

REFERENCES

1. Sagdeeva, O. A., Krusir, H. V., Tsykalo, A. L. Doslidzhennya protsesiv kompostuvannya kharchovoyi skladovoyi tverdykh pobutovykh vidkhodiv. *Technogenic and ecological safety*, 4(2), 13-23. doi: 10.5281/zenodo.1244572.
2. Sokolova, V., Krusir, H., Shpyrko, T., Kuznyetsova, I., Kovalenko, I. (2019). Rozrobka klyuchovykh elementiv systemy resurso- ta enerhoefektyvnosti. *Scientific Works*, 83(1), 21-26. doi: 10.15673/swonaft.v83i1.1412.
3. Koloskov, V. (2018). Identification of significant indicators for environmental reserve criterion of territories adjoined to wastes storage places based. *Technogenic and ecological safety*, 3(1/2018), 44-51. doi: 10.5281/zenodo.1182841.
4. Vambol, V, Rashkevich, N. (2017). Analysis of methods of identification of ecologically danger substances in atmospheric air. *Technogenic and ecological safety*, 2, 73-78. doi: 10.5281/zenodo.1182894.
5. Sukhamera, S. A. (2006). EM-tehnologiya –biotekhnologiya XXI veka. Sbornik materialov po prakticheskomu primeneniyu «Baykal EM-1», Almaty, 70.
6. Tognetti, C., Mazzarino, M. J., Laos, F. (2007). Improving the quality of municipal organic waste compost. *Bioresource Technology*, 98(5), 1067-1076. doi: 10.1016/j.biortech.2006.04.025.
7. Risse, L. M., Faucette, B. (2009). Food Waste Composting: Institutional and Industrial Applications. *University of Georgia Bulletin*, 1189. Available: <http://hdl.handle.net/10724/12102>.
8. Pavlenko, S. I., Ljashenko, O. O., Lysenko, D. M., Harytonov, V. I. (2011). Analiz i obgruntuvannya tekhnolohichnykh protsesiv kompostuvannya sil'skohospodars'kykh orhanichnykh vidkhodiv tvarynnoho pokhodzhennya. *Zbirnyk naukovykh prats' Vinnyts'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu*, 9(2), 94-104. Available: <http://econjournal.vsau.org/files/pdfa/172.pdf>.
9. Xiao, Y., Zeng, G.-M., Yang, Z.-H. (2009). Continuous thermophilic composting (CTC) for rapid biodegradation and maturation of organic municipal solid waste. *Bioresource Technology*, 100(20), 4807-4813. doi: 10.1016/j.biortech.2009.05.013.
10. Manios, T. (2004). The composting potential of different organic solid wastes: experience from the island of Crete. *Environment International*, 29, 1079-1089.
11. Harrison, B. I. (1966). Seed deterioration in relation to storage conditions and its influence upon seed germination, chromosomal damage and plant performance. *Journal of National Institute of Agriculture and Botany*, 10(3), 644-633.
12. Blair, G., Lefroy, R., Whitbread, A., Blair, N., Conteh, A. (2001). The development of the KMnO₄ oxidation technique to determine labile carbon in soil and its use in a carbon management. *Assessment methods for soil carbon*, Lewis publishers, Boca Raton, 1, 323-337.
13. Netrusov, A. I. (2005). *Praktikum po mikrobiologii: uchebnoye posobiye dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedeniy*. Moscow, Akademiya, 608.
14. Tepper, Ye. Z., Shil'nikova, V. K. (2004). *Praktikum po mikrobiologii. Uchebnoye posobiye dlya VUZov*. Moscow, Drofa, 275.