

равління та екологічних стандартів дозволяє зменшити витрати, покращити якість продукції та забезпечити стійке зростання прибутковості.

Рациональне ціноутворення, засноване на точному обліку собівартості та ринкових чинників, сприяє зміцненню конкурентних позицій підприємств на внутрішньому й зовнішньому ринках [4]. Отже, комплексна оптимізація виробництва й ціноутворення є запорукою сталого розвитку аквакультурного сектору в умовах сучасної ринкової економіки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вдовенко Н. М. Економіка рибогосподарських підприємств : підручник. Київ : Кондор, 2017. 212 с.
 2. Сахно А. А., Салькова І. Ю., Слободянюк А. О. Особливості оцінювання рівня конкурентоспроможності підприємств // Регіональна бізнес-економіка та управління : науковий, виробничо-практичний журнал. 2018. № 1(57). С. 77—86.
 3. Рибне господарство: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід. Наук.-допом. бібліогр. покажч. / упоряд. Фесун Т. П. ; Нац. ун-т харч. технол. ; Наук.-техн. б-ка. Київ, 2021. 221 с.
 4. Вдовенко Н. М. Державне регулювання розвитку аквакультури в Україні : монографія. Київ : Кондор-Видавництво, 2013. 464 с.
-

УДК 597-115:597.442:639.3

ПРИНЦИПИ ЦИРКУЛЯРНОЇ БІОЕКОНОМІКИ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОПРОТЕЇНОВОЇ ВИСУШЕНОЇ БІОМАСИ ЗВИЧАЙНОГО ДОЩОВОГО ЧЕРВ'ЯКА (*LUMBRICUS TERRESTRIS* LINNAEUS, 1758) У ГОДІВЛІ РИБ

М. В. Продан, kryzhovamasha@gmail.com, Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ

І. М. Корнієнко, irina.kornienko.1979@gmail.com, Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ

Ю. М. Глушко, niko-yulia@ukr.net, Інститут рибного господарства Національної академії аграрних наук України, м. Київ

О. О. Кузнєцова, olena.kuznietsova@npp.kai.edu.ua, Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ

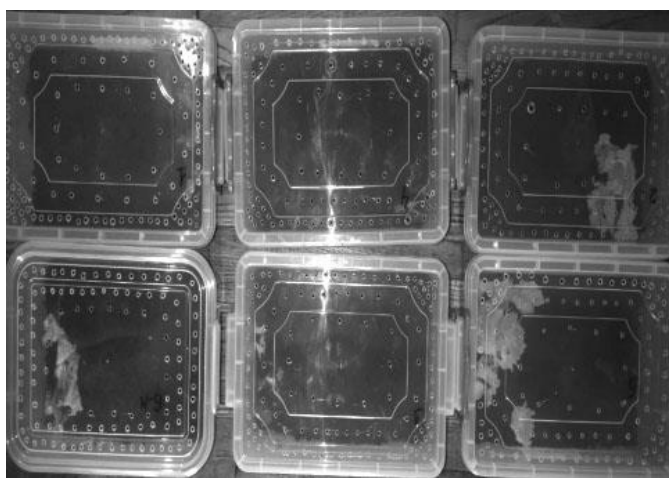
Циркулярна економіка — альтернативна економічна модель, що заснована на реалізації замкнутих циклів у процесах виробництва, обігу та споживання. Перевагами циклічної моделі є скорочення споживання сировинних і енергетичних ресурсів, зниження негативного впливу на навколишнє середовище, мінімізація відходів та стимулювання інновацій [1]. Одним із перспективних напрямів у цьому контексті є розробка технології отримання біодобрива на основі харчових відходів із застосуванням чистих культур ефективних мікроорганізмів. Джерелом чистих культур мікроорганізмів є досліджені нами ЕМ-препарати («Органік-баланс», «Байкал-ЕМ»), що здатні покращувати мікрофлору ґрунту та підвищувати його родючість. Вищезазначені ЕМ-препарати містять комплекси корисних мікроорганізмів —

Bacillus, *Azotobacter*, *Paenibacillus*, також молочнокислі, фотосинтезувальні, азотофіксувальні бактерії, сахароміцети, дріжджі та інші (загалом, понад 80 штамів). Отриманий біокомпост на основі харчових відходів, збагачений культурами ефективних мікроорганізмів, може слугувати поживним субстратом для вирощування дощових черв'яків (*Eisenia fetida*, *Lumbricus terrestris*), які здатні до переробки органічної маси. У процесі вермикомпостування субстрат додатково збагачується біологічно активними речовинами, а власне біомаса черв'яків стає цінним високобілковим продуктом, який може використовуватися як добавка в корми для тварин, птиці та риби або бути основою для виготовлення білкових кормових сумішей.

Наразі біомаса черв'яків активно використовується для вигодовування птиці та свиней [2]. Враховуючи той факт, що одним із основних компонентів харчового раціону людини є риба і левова частка собівартості під час її вирощування за інтенсивними технологіями припадає на корми, важко переоцінити актуальність використання *Lumbricus terrestris* в годівлі риб. Становлення ринкових відносин передбачає екологічну доцільність використання кормів і не виключає потреби збільшення загального обсягу виробництва риби, що зумовлює доцільність розширення сировинної бази кормів для аквакультури з урахуванням їх харчових потреб. Оптимізація процесу вирощування риби в аквакультурі потребує використання високоефективних кормових ресурсів, здатних забезпечити оптимальний ріст і розвиток хижих видів риб за одночасного зниження екологічного навантаження на водні екосистеми. Біомаса дощових черв'яків (наприклад, *Eisenia fetida*, *Lumbricus terrestris*) розглядається як перспективне альтернативне джерело білка, що характеризується високою біодоступністю поживних речовин, збалансованим амінокислотним складом та наявністю біологічно активних компонентів. Використання такої сировини у виробництві кормів сприятиме підвищенню економічної ефективності та формуванню екологічно стійких технологій у рибництві. Враховуючи вищесказане, розробка нових рецептур кормів на основі біомаси черв'яків є актуальним науковим завданням сучасної аквакультури.

Тож згідно з основними принципами циркулярної економіки, розроблено замкнений біотехнологічний процес переробки харчових відходів із застосуванням ЕМ-препаратів з подальшим біотестуванням біодобрива — дигестату (рідка та тверда фракції) на такому біоб'єкті як *Lumbricus terrestris*. Протягом експерименту (40 діб) дослідні особини вигодовувалися твердою фракцією дигестату, а вологість ґрунту підтримувалася шляхом змочування його рідкою фракцією дигестату. За результатами спостережень (вимірювання біомаси та виживаності дослідних біоб'єктів, здатність до утворення потомства), доведено безпечність отриманого біодобрива, оскільки не відмічено втрату життєздатності та зменшення приросту біомаси дослідних особин *Lumbricus terrestris* (рис. 1).

Тому, враховуючи принципи циркулярної економіки, біомасу дощового черв'яка було використано як сировину для формування високопротеїнової добавки на основі висушеної біомаси (рис. 2) *Lumbricus terrestris*. У подальшому її згодовували об'єкту декоративної аквакультури (*Trichopodus trichopterus*) та представнику осетрових риб — бестеру (*Huso huso* × *Acipenser ruthenus*). Дослід тривав 2 тижні. Дану суху біомасу використовували як протеїнову добавку до основного (стандартного) корму.



а)



б)



в)

Рис. 1. Умови проведення біотестування (а) рідкої (б) та твердої (в) фракцій біодобрива (дигестату) на живих дощових черв'яках *Lumbricus terrestris*



Рис. 2. Висушена біомаса дощових черв'яків *Lumbricus terrestris*

В роботі виконували цитогенетичний аналіз в клітинах периферійної крові трьох особин бестера із застосуванням мікроядерного тесту. Оскільки мікроядерний тест є одним із найнадійніших та доступних методів біотестування, він був застосований як ефективна скринінг-система для оцінки гомеостазу риб на основі

аналізу частот мікроядер в клітинах периферійної крові риб, індукованих сумарною дією фізичних, хімічних та біологічних мутагенів [3].

На основі результатів мікроядерного тесту (рис. 3) встановлено частоту еритроцитів з мікроядрами (ЕМЯ) ($4,3 \pm 0,5\%$), лімфоцитів з мікроядрами (ЛМЯ) ($2,3 \pm 0,5\%$) та двоядерних лімфоцитів (ДЛ) ($3,0 \pm 0,2\%$), які свідчать про відсутність генотоксичної дії на організм досліджених риб.

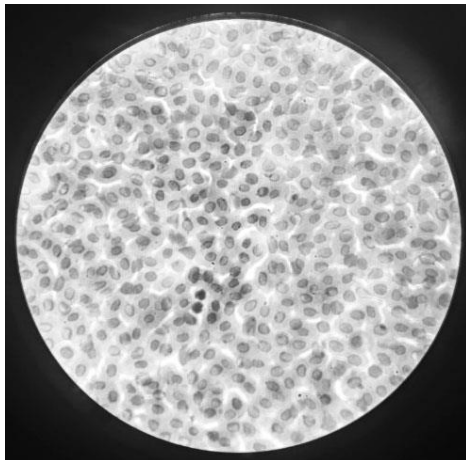


Рис. 3. Мікроядерний тест в клітинах крові досліджуваних риб

Біотестування дигестату на дощових черв'яках підтвердило його безпечність: протягом 40 діб досліджень зберігалася висока виживаність популяцій, відмічався приріст біомаси та навіть поява потомства. Це свідчить про відсутність токсичності та можливість застосування дигестату як біодобрива, яке не шкодить ґрунтовій біоті й насичує її біогенними елементами. Отримана біомаса черв'яків може бути використана як додатковий високопротеїновий компонент до корму, що забезпечує повторне ресурсне використання й знижує витрати на корми. Таким чином формується замкнений цикл виробництва, що відповідає принципам циркулярної економіки та сталого розвитку: відходи перетворюються на корисні продукти, зменшується навантаження на довкілля, оптимізуються витрати та відкриваються перспективи для агробіотехнологій і рибного господарства.

Тому дотримання концепції циркулярної біоекономіки, за умов інтенсивного виробництва, що в першу чергу ґрунтується на оптимізації годівлі риб з урахуванням видоспецифічних особливостей культивованих об'єктів, також сприятиме інтенсифікації заходів, спрямованих на оптимізацію стану навколишнього середовища.

Дослідження виконано в рамках міжнародного проєкту «Waste Management in the Context of Transition to a Circular Economy: the EU Experience» (101172378 — CIRCLEMAN — ERASMUS-JMO-2024-HEI-TCH-RSCH).



Co-funded by
the European Union

Funded by the European Union. However, the opinions and views expressed are those of the authors alone and do not necessarily reflect the views of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

ЛІТЕРАТУРА

1. Білоусько Т. Циркулярна економіка в контексті досягнення цілей сталого розвитку // Економіка та суспільство. 2024. № 65. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-65-52>.
 2. Використання вермикультури у кормовиробництві / Хоненко Л. Г. та ін. // Продовольча безпека та біотехнологія. 2022. С. 35—37. URL : https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/14528/1/prod_bezp-22-05-23-35-37.pdf (дата звернення: 20.10.2025).
 3. Глушко Ю. М., Третяк О. М., Пашко С. М. Цитогенетична оцінка сибірського осетра (*Acipenser baerii* Brandt, 1869) // Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів : VI Міжнар. наук.-практ. конф., 9–10 жовт. 2024 р. : тези доп. Київ : ПРО ФОРМАТ, 2024. С. 177. <https://doi.org/10.61976/conf.IF-2024-6>.
-
-