



2025. Номер 11, С 31 – 44

Отримано: 17.03.2025 Прийнято: 22.04.2025 Опубліковано: 29.05.2025

DOI: 10.31890/vttp.2025.11.03

UDC 639.3.043.2

**EFFECTIVENESS OF THE USE OF BLACK LIONSEA LARVA (*HERMETIA ILLUCENS*) IN THE FEEDING OF AFRICAN CATFISH (*CLARIAS GARIEPINUS*)**

**D.O. Shablii<sup>1</sup>, I.V. Hnoievyi<sup>1</sup>, O.V. Novokhatko<sup>2</sup>, M.D. Bezuhlyi<sup>1</sup>, V.V. Kariaka<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine,

<sup>2</sup>LIMITED LIABILITY COMPANY CFP (LLC CFP), Kirovohrad region, Ukraine

*E-mail:* [rubovod@gmail.com](mailto:rubovod@gmail.com)

**Annotation.** This scientific article presents the results of research on the use of *Hermetia illucens* larvae (soldier fly larvae) in artificial feed for African catfish (*Clarias gariepinus*). Traditional fish feeds, mainly based on fishmeal, are expensive and the upward trend in fishmeal prices will continue. Therefore, the search for alternative sources of protein for aquaculture feed is extremely important. The aim of our research is to determine the effectiveness of using frozen and live larvae, as well as defatted meal from *H. illucens* fly larvae as a source of animal protein in feeding catfish *C. gariepinus*. This article presents research data on the nutritional potential of *H. illucens* larvae, which can be reared on organic waste, making them an environmentally friendly and cost-effective source of protein. The larvae are rich in proteins, fats and essential micronutrients, making them ideal for inclusion in aquaculture feeds. Experiments conducted at two fish farms in Ukraine have evaluated the effectiveness of including frozen black soldier fly larvae and skimmed larval meal in the diet of both juvenile and adult *C. gariepinus*. Replacing part of the regular feed with *H. illucens* larvae resulted in increased growth rates, improved feed conversion ratios. In addition, the larvae showed a positive effect on fish health by reducing stress. In particular, the larvae helped to reduce cannibalism among juvenile catfish and increase the number of fish in the medium size category. Overall, the study confirms the feasibility of using *H. illucens* larvae as a cost-effective protein alternative for *C. gariepinus* farming in recirculating systems, contributing to both economic and environmental sustainability.

**Key words:** fish feed, breeding efficiency, alternative protein source, defatted fly larva meal, zooaggression of catfish fry.

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЛИЧИНКИ ЧОРНОЇ ЛЕВИНКИ (*HERMETIA ILLUCENS*) В ГОДІВЛІ АФРИКАНСЬКОГО СОМА (*CLARIAS GARIEPINUS*)

Д.О. Шаблій<sup>1</sup>, І.В. Гноєвий<sup>1</sup>, О.В. Новохатко<sup>2</sup>, М.Д. Безуглий<sup>1</sup>, В.В. Каряка<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна,

<sup>2</sup>ТОВ «СІ ЕФ ПІ», Кіровоградська обл., Україна,

E-mail: [rubovod@gmail.com](mailto:rubovod@gmail.com)

**Анотація.** Наведено результати досліджень використання личинок *Hermetia illucens* (личинок мух-чорної левинки або солдатської мухи) у штучних кормах для африканського сома (*Clarias gariepinus*). Традиційні корми для риб, переважно на основі рибного борошна є високовартісними і тенденція на підвищення цін на рибне борошно буде продовжуватися. Тому пошук альтернативних джерел білка для кормів в аквакультурі є надзвичайно важливим. Метою наших досліджень є визначити ефективність використання заморожених та живих личинок, а також знежиреного борошна із личинок мух *H. illucens* як джерела білка тваринного походження в годівлі сомів *C. gariepinus*. Наведено дані досліджень харчового потенціалу личинок *H. illucens*, яких можна вирощувати на органічних відходах, що робить їх екологічно чистим та економічно ефективним джерелом білка. Личинки багаті на білки, жири та необхідні мікроелементи, що робить їх ідеальними для включення в корми в аквакультурі. Експерименти проведені на двох рибницьких фермах в Україні, оцінили ефективність включення заморожених личинок чорної левинки та знежиреного борошна з личинок в раціон як молоді, так і дорослих особин *C. gariepinus*. Заміна частини звичайного корму личинками мухи *H. illucens* призвела до підвищення темпів росту, покращення коефіцієнту конверсії корму. Крім того, личинки продемонстрували позитивний вплив на здоров'я риб, зменшуючи стрес. Зокрема, використання личинок у годівлі сомів допомогло зменшити канібалізм серед молоді *C. gariepinus* та збільшити кількість риб у середній розмірній категорії.

У цілому, дослідження підтверджує доцільність використання личинок *H. illucens* як економічно ефективної альтернативи білку для вирощування *C. gariepinus* в рециркуляційних системах, що сприяє як економічній, так і екологічній стійкості.

**Ключові слова:** комбікорми для риб, ефективність вирощування, альтернативне джерело білка, знежирене борошно з личинок мух, зооагресія малька сома.

**Вступ.** Африканський кларієвий сом (*Clarias gariepinus*) є однією з найбільш популярних риб для вирощування в аквакультурі через свою високу швидкість росту, стійкість до різних умов середовища та невибагливість до корму. Глобальне виробництво африканського кларієвого сома становить 231 090 т, вартістю понад 674 мільйони доларів США (<https://www.aquafeed>).

Однією з ключових складових успішного вирощування африканського кларієвого сома є ефективна годівля, що забезпечує швидке набуття маси та оптимальний рівень продуктивності. Проте традиційні корми для риб, що базуються на рибному борошні та соєвих продуктах, часто мають високу вартість і можуть спричиняти навантаження на природні ресурси, такі як рибні запаси. Це створює необхідність пошуку альтернативних джерел білка, які б могли знижувати собівартість кормів і зменшувати екологічне навантаження на довкілля (Barros et al., 2019).

Одним із перспективних варіантів є використання ентомопротеїнів, зокрема личинок чорної левинки (*H. illucens*), як компонента корму для африканського кларієвого сома (Cummins et al., 2017). Личинки чорної левинки мають високу харчову цінність і можуть бути вирощені на органічних відходах, що робить їх економічно вигідним і екологічно

безпечним джерелом білка (Jayanegara et al., 2017). Це дозволяє не лише знизити залежність від традиційних кормів, але й зменшити відходи та поліпшити стійкість аквакультур.

Пошук альтернативних джерел білка, зокрема використання личинок чорної левинки, є важливим етапом у розвитку сталого і економічно ефективного виробництва сома (Ouelere et al., 2016), що має позитивний вплив як на економіку аквакультури, так і на навколишнє середовище.

**Метою наших досліджень** є визначити ефективність використання заморожених та живих личинок, а також знежиреного борошна із личинок мух *H. illucens* як джерела білка тваринного походження в годівлі сомів *C. gariepinus*.

Для вирішення мети були поставлені завдання:

1. Дослідити ефективність використання заморожених личинок чорної левинки в годівлі дорослих сомів;
2. Дослідити ефективність використання живих личинок чорної левинки в годівлі мальків сомів;
3. Дослідити ефективність використання знежиреного борошна з личинок чорної левинки в годівлі мальків сомів;
4. Дослідити ефективність використання знежиреного борошна з чорної левинки в годівлі дорослих сомів.

Методикою дослідів передбачалась заміна частини спеціалізованого комбікорму для сомів, у склад якого входило рибне борошно, на кормові добавки з личинок чорної левинки у кількості 10 %, 15 % та 20 % за енергетичною поживністю, тобто енергетична цінність всіх раціонів була незмінною.

**Огляд літератури.** Африканський сом (*C. gariepinus*) є однією з найважливіших риб для вирощування в аквакультурі завдяки своїй високій швидкості росту, стійкості до різних умов середовища та невибагливості до кормів. За даними FAO (Продовольча та сільськогосподарська організація ООН), африканський сом вирощується на значних площах у країнах Африки, Азії та Південній Америці (Kangas, 2010; Badiola et al, 2018). Вартість виробництва африканського сома значно зростає через високу собівартість традиційних кормів, що складаються здебільшого з рибного борошна та соєвих компонентів (FAO, 2020).

З огляду на зростаючі витрати на традиційні корми, в останні роки вчені активно досліджують альтернативні джерела білка для аквакультури (Tsagkarakis et al., 2015; da Silva & Hesselberg, 2020; Maquart et al., 2020; Amrul et al., 2022). Одним із найбільш перспективних варіантів є використання інсектів, зокрема личинок чорної левинки (*H. illucens*), що можуть служити високоякісним джерелом білка для риб (Barragan-Fonseca et al., 2017; Zarantonello et al., 2019). Личинки чорної левинки мають високу харчову цінність: вони багаті на білки, жири та мікроелементи (Di Rosa et al., 2023), що робить їх перспективними для використання в кормових сумішах для риб (Nairuti et al., 2021).

Дослідження показали, що додавання личинок чорної левинки (*H. illucens*) в раціон африканського сома сприяє покращенню швидкості росту, збільшенню ефективності конверсії корму (Hervé et al., 2025). Це дозволяє знизити собівартість виробництва риби та зменшити екологічний вплив традиційних кормових добавок.

Личинки чорної левинки вирощуються на органічних відходах, що робить їх екологічно чистими та економічно вигідними. За даними досліджень Kannan et al. (2022), використання личинок може значно знизити витрати на корми та допомогти в управлінні органічними відходами. Таким чином, їх застосування не лише сприяє підвищенню ефективності аквакультури, але й має позитивний вплив на екологію, сприяючи зменшенню обсягу відходів.

Дослідження, проведене в 2021 р. Німецьким університетом аквакультури, показало, що додавання 10-20 % личинок чорної левинки в корм для африканського сома дозволяє значно покращити здоров'я риби, зберігаючи її ефективність конверсії корму на рівні

традиційних кормів (Hender et al., 2021). Крім того, риби, що отримували корм з личинками, продемонстрували більший приріст маси та кращу якість м'яса.

Окремі дослідження також показують, що включення личинок чорної левинки в раціон африканського сома може покращити загальний стан здоров'я риби (Tacon & Metian, 2009), зменшити рівень стресу та підвищити стійкість до деяких інфекційних хвороб (Melaku, 2024). За результатами дослідження, проведеного Priyadarshana et al., (2021), риби, що отримували добавки з личинок, мали менше ознак хвороб, порівняно з групами, що отримували традиційні корми (Kroeskel et al., 2012).

Дослідження економічної ефективності використання личинок чорної левинки (*H. illucens*) в кормі для африканського сома (*C. gariepinus*) показало, що вони можуть значно знизити витрати на корм без втрат у продуктивності (Kari et al, 2021). В одному з досліджень, проведених Leni et al. (2021), виявлено, що застосування личинок дозволяє знизити витрати на корм на 10-15 %, порівняно з традиційними кормами, зберігаючи при цьому високий рівень росту риб.

**Матеріал та методи досліджень.** Дослідження проводилися у двох рибних господарствах:

1. ТОВ «СІ ЕФ ПІ» Кіровоградської області, смт. Павлиш («Сом з Павлиша»).
2. ФОП Кулик Вадим Адамович Київська область, м. Ржищів.

У господарстві ТОВ «Сом з Павлиша» було проведено такі дослідження:

- ефективність додавання в дієту замороженої личинки чорної левинки для відгодівлі товарного сома;
- ефективність використання личинок чорної левинки для годівлі малька африканського сома.

У господарстві ФОП Кулик Вадим Адамович було проведено такі дослідження:

- ефективність використання борошна з личинки чорної левинки для вирощування малька африканського сома;
- ефективність додавання борошна з чорної левинки до гранульованих кормів Українського виробництва.

У господарстві «Сом з Павлиша» використовувалась рециркуляційна аквакультурна система (РАС). Система для відгодівлі товарного сома складалася із чотирьох басейнів з ПВХ мембрани об'ємом 5 м<sup>3</sup> кожен. Один басейн використовувався для контрольної групи, яку годували штучними екструдованими кормами. Три басейни використовувалися для годівлі сома екструдованими штучними кормами із зміною енергетичної частини раціону – 20 % на заморожену личинку чорної левинки. Система фільтрації складалася з:

1. барабанного фільтру максимальною продуктивністю 30 м<sup>3</sup> у год. Сітка з коміркою 63 мікрон;
2. біологічного фільтру з біозавантаженням «KAR-SIB» F2, щільність 0,92-0,98 г/см<sup>3</sup>
3. ультрафіолетового стерилізатора *SunSun CUV-7110,110w* в кількості три штуки.

Циркуляція води в системі упродовж всього дослідження була сталою на рівні 20 м<sup>3</sup> у год. Для цього використовували насос з регулятором частоти *Jebao TSP-30000S 30000* л/год потужністю 385 Вт. Аерація в басейнах та біофільтрі проводилась за допомогою компресора *ACO-016* продуктивністю 450 л/хв. Упродовж всього дослідження щоденно проводили аналізи якості води для контролю умов середовища. Обладнання для контролю якості води було таким:

1. комплект тестів для аналізу води *JBL Testlab*,
2. оксиметр *AZ-8403*,
3. рН-метр *Ezodo pH 6011A*.

Система для підрощування малька складалась із чотирьох лотків з ПВХ мембрани об'ємом 1 м<sup>3</sup> кожен. Один басейн використовували для контрольної групи, яку годували штучними екструдованими стартовими кормами. Три басейни використовувалися для годівлі сома екструдованими стартовими кормами з зміною раціону на 15 % живою

личинкою чорної левинки. Фільтрація води в лотках проводили за допомогою комбінованого фільтру *SunSun CPA-50000 AUTO UV*. Циркуляцію води проводили за допомогою насосу *SunSun HJ-6000* продуктивністю 6800 л/год. Аерацію води в басейнах проводили за допомогою компресора *Jebao PA-200* продуктивністю 200 л/хв. Упродовж всього дослідження щоденно проводили аналізи якості води для контролю умов середовища. Обладнання для контролю якості води використовували таке ж, як і для товарної системи.

У господарстві ФОП Кулик використовувалась рециркуляційна аквакультурна система (РАС). Система для відгодовлі товарного сома складалась із чотирьох басейнів з поліпропілену об'ємом 8 м<sup>3</sup> кожен. Один басейн використовували для контрольної групи, яку годували штучними гранульованими кормами. Три басейни використовували для годівлі сома гранульованими штучними кормами з заміною 10 % рибного борошна на борошно з чорної левинки. Система фільтрації складалась з:

- 1 барабанного фільтру максимальною продуктивністю 50 м<sup>3</sup> у годину. Сітка з коміркою 63 мікрон.
- 2 біологічного фільтра з біозавантаженням «*KAR-SIB*» F2 щільність 0,92-0,98 г/см<sup>3</sup>.
- 3 ультрафіолетового стерилізатора власного виробництва потужністю 550 Вт.

Циркуляція води в системі упродовж усього дослідження була сталою на рівні 40 м<sup>3</sup>/год. Для цього використовували насос *Pedrollo HFm 4* потужністю 750 Вт. Аерація в басейнах та біофільтрі проводили за допомогою компресора *SunSun HG-750C2* продуктивністю 1800 л/хв. Упродовж всього дослідження щоденно проводили аналізи якості води для контролю умов середовища. Обладнання для контролю якості води:

- 1 комплект тестів для аналізу води *JBL Testlab*,
- 2 оксиметр *Milwaukee MW600*,
- 3 портативний рН-метр *DLS-02*.

Система для підрощування малька складалась із шести лотків з поліетилену об'ємом 1,2 м<sup>3</sup> кожен. На період досліджень використовували тільки чотири басейни. Один басейн використовували для контрольної групи, яку годували штучними екструдованими стартовими кормами. Три басейни використовували для годівлі сома екструдованими стартовими кормами з введенням до раціону 15 % сухого знежиреного борошна з личинки чорної левинки. Фільтрацію води в лотках проводили за допомогою барабанного фільтру продуктивністю 15 м<sup>3</sup>/год. Циркуляція води проводилася за допомогою насосу *Pedrollo CPm 130-ST4* продуктивністю 6000 л/год. Біологічний фільтр використовували з завантаженням «*KAR-SIB*» F2, щільність 0,92-0,98 г/см<sup>3</sup>. Аерацію води в басейнах проводили за допомогою компресора *SunSun PG-550* продуктивністю 1580 л/хв. Упродовж всього дослідження щоденно проводили аналізи якості води для контролю умов середовища. Обладнання для контролю якості води використовували таке ж, як і для товарної системи.

Матеріалом для науково-господарських дослідів були мальки та дорослі особини кларієвого сома (*C. gariepinus*), яким частину енергетичної поживності спеціального корму для кларієвих сомів замінювали від 10 до 20 % на корми з личинок чорної левинки (*H. illucens*) (табл. 1).

Таблиця 1.

## Схеми науково-господарських дослідів

| Перший дослід (n=100), господарство «СІ ЕФ ПІ» («Сом з Павлиша»)  |                                                                                        |                                                            |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Група                                                             | Період та умови годівлі дорослих особин кларієвого сома                                |                                                            |
|                                                                   | Підготовчий період (15 діб)                                                            | Основний період (40 діб)                                   |
| 1                                                                 | СК* (Fishery Tech Barbel Pro) (100 %)                                                  | СК (100 %)                                                 |
| 2                                                                 | СК (Fishery Tech Barbel Pro) (100-80 %), заморожена личинка чорної левинки (0-20% ЕП*) | СК (80 % ЕП*) + заморожена личинка чорної левинки (20% ЕП) |
| Другий дослід (n=2000), господарство «СІ ЕФ ПІ» («Сом з Павлиша») |                                                                                        |                                                            |

| Група                                  | Період та умови годівлі малька кларієвого сома                                                 |                                                                    |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                                        | Підготовчий період (15 діб)                                                                    | Основний період (30 діб)                                           |
| 1                                      | СК (Advance Alltech Coppens) (100 %)                                                           | СК (100 %)                                                         |
| 2                                      | СК (Advance Alltech Coppens) (100-85 %), жива личинка чорної левинки (0-15% ЕП)                | СК (85 % ЕП) + жива личинка чорної левинки (15% ЕП)                |
| Третій дослід (n=4000), ФОП Кулик      |                                                                                                |                                                                    |
| Група                                  | Період та умови годівлі малька кларієвого сома                                                 |                                                                    |
|                                        | Підготовчий період (15 діб)                                                                    | Основний період (30 діб)                                           |
| 1                                      | СК (Advance Alltech Coppens) (100 %)                                                           | СК (100 %)                                                         |
| 2                                      | СК (Advance Alltech Coppens) (100-85 %), знежирене борошно з личинки чорної левинки (0-15% ЕП) | СК (85 % ЕП) + знежирене борошно з личинки чорної левинки (15% ЕП) |
| Четвертий дослід (n=300 кг), ФОП Кулик |                                                                                                |                                                                    |
| Група                                  | Період та умови годівлі дорослого кларієвого сома                                              |                                                                    |
|                                        | Підготовчий період (15 діб)                                                                    | Основний період (50 діб)                                           |
| 1                                      | СК (Clari-feed) (100 %)                                                                        | СК (100 %)                                                         |
| 2                                      | СК (Clari-feed) (100-90 %), знежирене борошно з личинки чорної левинки (0-10% ЕП)              | СК (90 % ЕП) + знежирене борошно з личинки чорної левинки (10% ЕП) |

\*Примітка. СК – Спеціальний корм для сомів, ЕП – енергетична поживність. Група 1 – контрольна, 2 – дослідна.

### Результати досліджень та їх обговорення.

#### Дослід № 1. Ефективність використання замороженої чорної левинки (*H. illucens*) в годівлі дорослих особин кларієвого сома (*C. gariepinus*)

У господарстві «Сом з Павлиша» були зариблені чотири басейни товарної системи африканським сомом середньою масою 450 г. В кожному басейні об'ємом 5 м<sup>3</sup> знаходилося на початок експерименту 100 кг особин кларієвого сома. Розбіг по індивідуальній масі кожної риби був майже однаковий в кожному басейні і становив 7 %.

Впродовж 40 днів риба в трьох басейнах годувалася кормом *Fishery Tech Barbel Pro* з поступовою заміною його енергетичної поживності на 20 % замороженою личинкою чорної левинки. У контрольному басейні соми годувалися тільки екструдованим кормом *Fishery Tech Barbel Pro* з вмістом протеїну 40 %, жиру – 12 %. Дані наведені на рис. 1.

Контрольні зважування проводились на початку експерименту, кожні сім днів та наприкінці дослідження. По результатам дослідження середня маса риби в дослідних групах становила:

- Басейн № 1 – 1034 г (приріст біомаси 229 кг).
- Басейн № 2 – 1022 г (приріст біомаси 226 кг).
- Басейн № 3 – 990 г (приріст біомаси 219 кг).
- Контроль 912 г (приріст біомаси 202 кг).

Кормовий коефіцієнт в дослідженні становив :

- Басейн № 1 – 0,86
- Басейн № 2 – 0,87
- Басейн № 3 – 0,9
- Контроль – 0,98.

У середньому додавання замороженої личинки чорної левинки дозволило знизити кормовий коефіцієнт в басейнах № 3; 2; 1 на 8 %, 9 % та 10 % відповідно. Важливо зазначити той факт що вартість замороженої личинки чорної левинки значно дешевша, ніж спеціальний корм. Це дозволило суттєво знизити виробничі витрати.

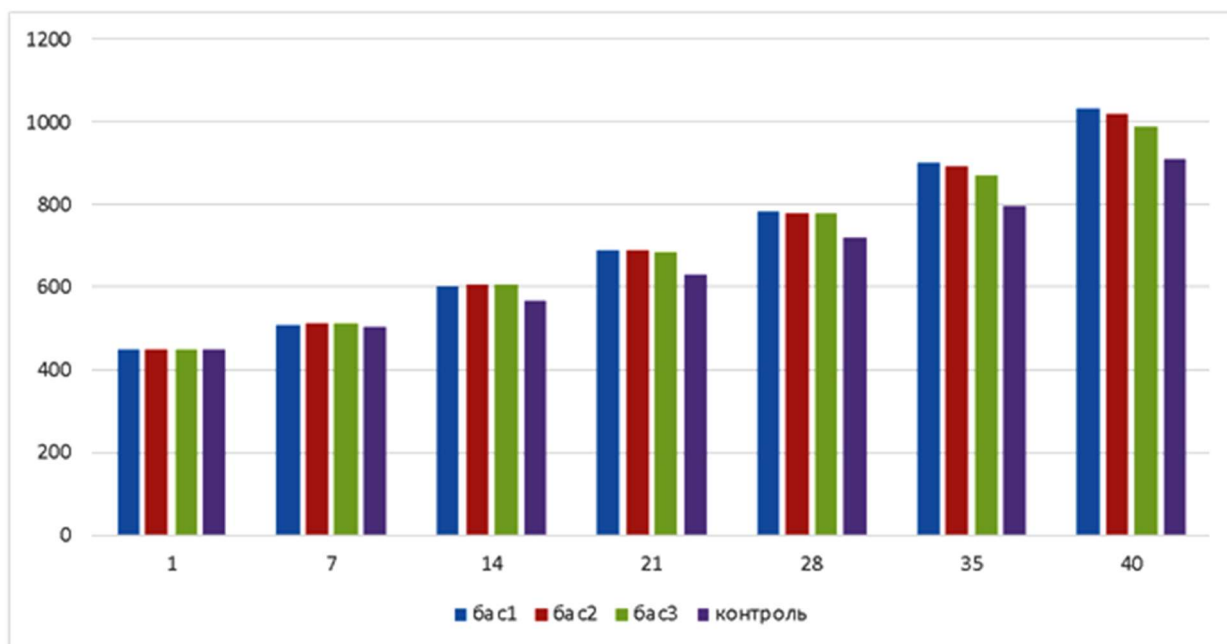


Рисунок 1. Приріст дорослих особин кларієвого сома за заміни 20 % енергетичної цінності раціону замороженими личинками чорної левинки (жива маса, г / період досліду, діб)

Заміна частини повноцінного комбікорму для сомів на 20 % за його енергетичною поживністю на заморожену личинку чорної левинки сприяло збільшенню живої маси сомів на 13,3 % у першому басейні, а також на 12,0 % та 8,5 % у двох інших дослідних басейнах, порівняно з контролем, що пояснюємо вищою біологічною повноцінністю живого корму – личинок чорної левинки, порівняно з поживними речовинами у комбікормі.

Впродовж всього терміну дослідження в басейнах не спостерігався відхід риби чи різниця в зміні поведінки риби, порівнюючи з контролем.

## Дослід № 2. Ефективність використання живої чорної левинки в годівлі малька кларієвого сома.

У господарстві «Сом з Павлиша» було зариблено чотири лотки з ПВХ мембрани малькової системи африканським сомом середньої вагою 1 грам. В кожен лоток (об'ємом 1 м<sup>3</sup>) було випущено по 2000 мальків. Кожен лоток був розділений на три частини сітчастими перегородками для зручного сортування малька впродовж експерименту.

Впродовж 30 днів риба в трьох лотках годувалася спеціальним кормом *Advance Alltech Coppens*, з частковою заміною енергії раціону живою личинкою чорної левинки в кількості 15%. В контрольному басейні соми годувалися тільки кормом *Advance Alltech Coppens*. Вміст протеїну був 56 %, жиру – 15 %. Годівля малька проводилася цілодобово кожні півтори години. Наприкінці дослідження в кожному лотку відсортували малька на три групи (лідери, середні, малі), та порахували їх кількість. Дані досліді наведені в табл. 2.

Таблиця 2.

### Результати підрощування малька кларієвого сома за заміни 15 % енергетичної поживності основного раціону живими личинками чорної левинки

|          | Початкова середня маса, г | Кінцева середня маса, г | Приріст біомаси, кг | Втрати малька гол. / % | "лідери" гол. / % | "середні" гол. / % | "малі" гол. / % |
|----------|---------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|-------------------|--------------------|-----------------|
| Лоток №1 | 1                         | 37±1,95*                | 69,7±3,23*          | 64 / 3,2               | 147 / 7,6         | 1404 / 72,5        | 385 / 19,9      |
| Лоток №2 | 1                         | 41±1,84*                | 77,88±3,27*         | 53 / 2,65              | 123 / 6,3         | 1534 / 78,8        | 290 / 14,9      |

|          |   |          |             |             |            |             |            |
|----------|---|----------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|
| Лоток №3 | 1 | 35±1,57* | 66,07±5,04* | 56 / 2,8    | 161 / 8,3  | 1454 / 74,8 | 329 / 16,9 |
| Контроль | 1 | 38±1,07* | 65,3±6,08*  | 235 / 11,75 | 306 / 17,3 | 1113 / 63   | 348 / 19,7 |

- -  $P < 0,05$

Відмічено, що більша частина втрат малька була через канібальні атаки групи лідерів. Додавання в раціон живих личинки мухи чорної левинки не призвело до суттєвих змін в швидкості росту чи кращої конверсії корму, проте це суттєво знизило канібалізм, зменшивши втрати малька. Також було виявлено збільшення відсотку кількості малька в середній групі. Метою майбутніх досліджень буде виявити причину такого впливу годуювання личинок на зооагресію малька кларієвого сома.

### Дослід № 3. Ефективність використання борошна з чорної левинки в годівлі малька кларієвого сома.

У господарстві ФОП Кулик були зареєстровані чотири лотки малькової системи африканським сомом середньою масою 1 г. У кожен лоток (об'ємом 1,2 м<sup>3</sup>) було внесено по 4000 гол. мальків.

Впродовж 30 днів риба в трьох лотках годувалася спеціальним кормом *Advance Alltech Coppens*, з частковою заміною його енергетичної поживності на 15% за рахунок сухого, знежиреного борошна з личинки чорної левинки. В контрольному басейні соми годувалися тільки кормом *Advance Alltech Coppens*. Вміст протеїну 56 %, жиру – 15 %. Годівля малька проводилася цілодобово кожні дві години. Наприкінці дослідження в кожному лотку розділили малька на три групи (лідери, середні, малі), та порахували їх кількість. Дані дослідів наведені в табл. 3.

Таблиця 3.

### Результати дослідження підрощування малька кларієвого сома за заміни 15 % енергетичної поживності основного раціону за рахунок сухого, знежиреного борошна личинки чорної левинки

|          | Початков<br>а середня<br>маса, г | Кінцева<br>середня<br>маса, г | Приріст<br>біомаси,<br>кг | Втрати<br>малька<br>гол. / % | "лідери"<br>гол. / % | "середні"<br>гол. / % | "малі"<br>гол. / % |
|----------|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|
| Лоток №1 | 1                                | 33±2,55*                      | 107,8±6,54*               | 612 / 15,3                   | 620 / 18,3           | 2134 / 63             | 634 / 18,7         |
| Лоток №2 | 1                                | 36±3,54*                      | 121±6,52*                 | 528 / 13,2                   | 632 / 18,2           | 2052 / 59,1           | 788 / 22,7         |
| Лоток №3 | 1                                | 34±2,18*                      | 111,87±5,99*              | 592 / 14,8                   | 593 / 17,4           | 2137 / 62,7           | 678 / 19,9         |
| Контроль | 1                                | 42±4,47*                      | 143,5±12,47*              | 488 / 12,2                   | 580 / 16,5           | 2300 / 65,5           | 632 / 18           |

\* $P < 0,05$

Більша частина втрат малька була через канібальні атаки. У даному досліді знежирена мука личинки чорної левинки знизила темпи приросту та не вплинула на зменшення канібальних атак. Корм з додаванням борошна личинки набагато активніше і швидше поїдався мальком, ніж в контрольній групі.

### Дослід № 4. Ефективність використання борошна з чорної левинки в годівлі дорослих особин кларієвого сома.

У господарстві ФОП Кулик були заселені чотири басейни об'ємом 8 м<sup>3</sup> африканським кларієвим сомом середньою масою 500 г. У кожному басейні знаходилося на початок експерименту 300 кг кларієвого сома. Розбіг по індивідуальній масі кожної риби був майже однаковий і становив 5 %.

Впродовж 50 дослідних днів риба в трьох басейнах годувалася спеціальним гранульованим кормом *Clari-feed* з заміною в рецептурі, тобто 10 % енергетичної поживності корму замінили введенням знежиреного борошна личинки чорної левинки. У контрольному басейні соми годувалися тільки гранульованим кормом *Clari-feed* з вмістом протеїну 45 %, жиру 12 %. Дані наведені на рис. № 2.

Контрольні зважування проводились на початку експерименту, кожні сім днів та наприкінці дослідження. За результатами дослідження середня наважка риби в дослідних групах становила:

- Басейн № 1 – 1295 г (приріст біомаси 477 кг).
- Басейн № 2 – 1235 г (приріст біомаси 441 кг).
- Басейн № 3 – 1214 г (приріст біомаси 428 кг).
- Контроль 1163 г (приріст біомаси 398 кг).

Кормовий коефіцієнт в дослідженні становив:

- Басейн № 1 – 0,93.
- Басейн № 2 – 0,97.
- Басейн № 3 – 0,98.
- Контроль 1,07

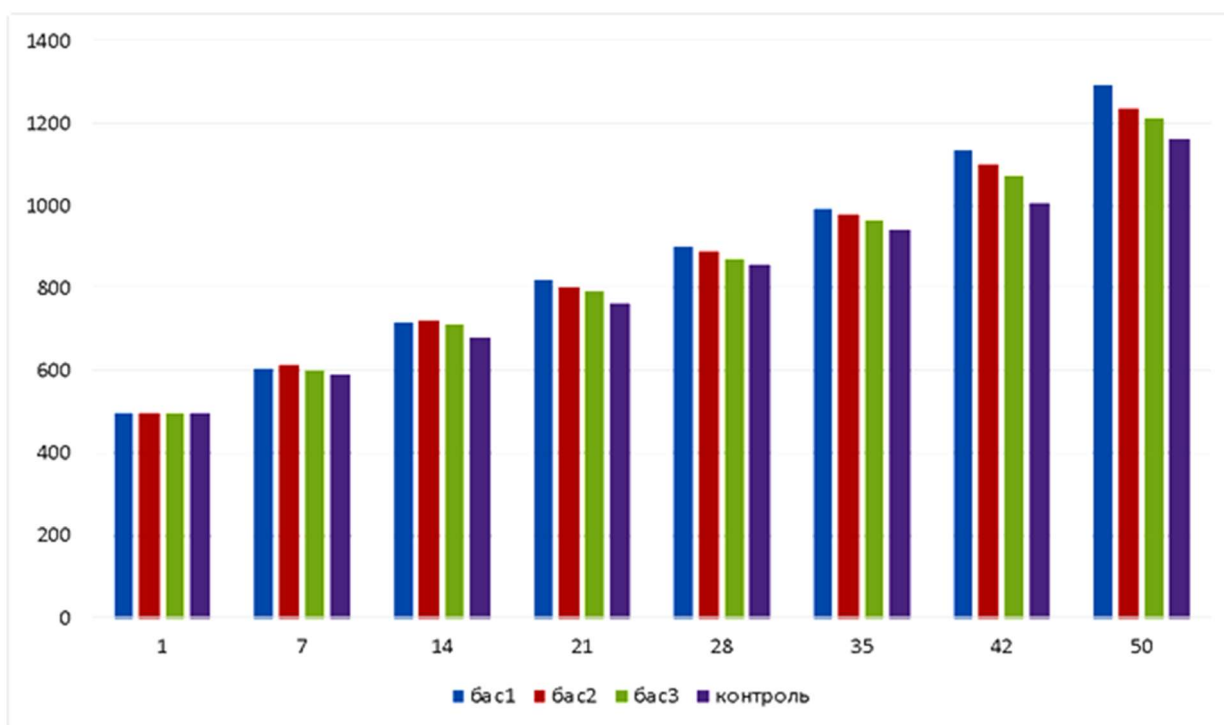


Рисунок 2. Приріст дорослих особин кларієвого сома за введення в гранульований корм 10 % за енергетичної поживності знежиреного борошна чорної левинки (жива маса, г / період досліду, діб)

Дорослі кларієві соми дослідних груп переважали за показником живої маси сомів контрольних груп, починаючи з сьомої доби досліду. На 50 добу експерименту жива маса сомів першого басейну була в середньому на 132 г більшою, ніж в контролі. Соми другого та третього басейну також переважали за масою контрольних аналогів. Впродовж проведення дослідження не спостерігалось відходу риби чи зміни в поведінці риби у всіх басейнах.

На основі результатів дослідження проведено аналіз втрат малька від канібалізму. Авторами публікації було виведено коефіцієнт втрат від канібалізму (КВК). КВК являє собою відношення втрачених мальків до кількості лідерів в піддослідних групах.

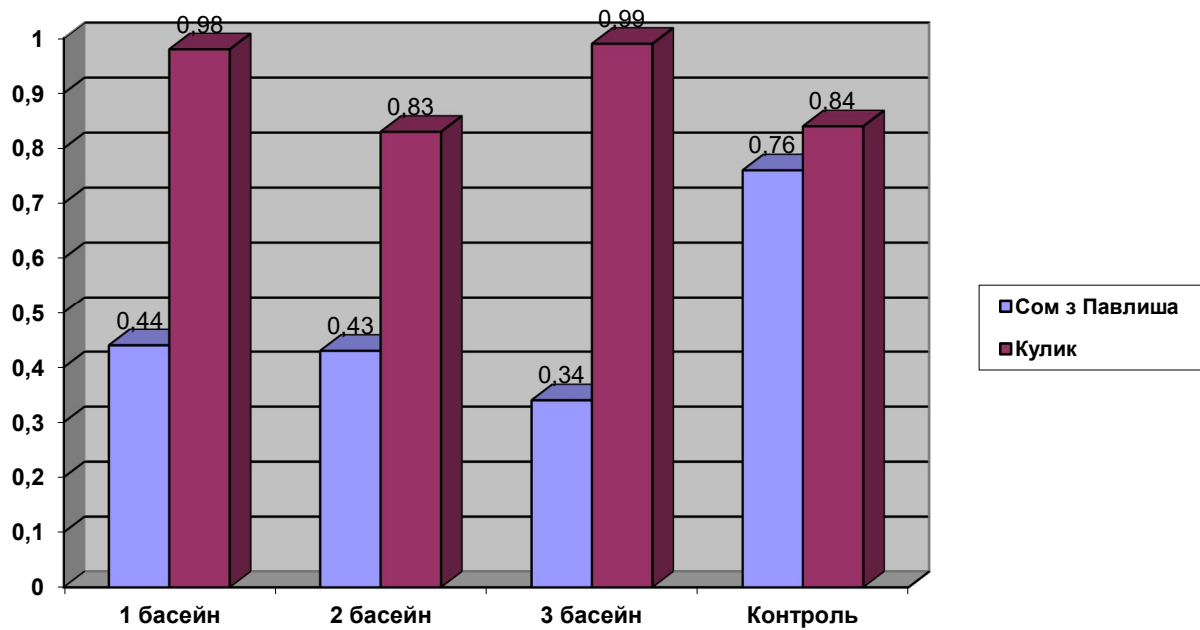


Рисунок 3. Показник коефіцієнту втрат від канібалізму малька (КВК) в двох дослідженнях.

Коефіцієнт втрат від канібалізму чітко вказує на різницю впливу корму на малька в дослідженнях. Варто зазначити, що в обох дослідженнях контроль показав схожий результат. Показники коефіцієнту втрат малька від канібалізму у чотирьох дослідних групах були нижчими, ніж у контролі, на 122,7, 93,0, 164,7 та 7,7 %, відповідно. Ми плануємо в майбутніх дослідженнях використовувати КВК як один з інструментів оцінки кормів для гідробіонтів, що мають яскраво виражений канібалізм.

Потенціал борошна з личинок чорної левинки як сталого альтернативного джерела тваринного білка в раціоні африканського кларієвого сома (*C. gariepinus*), виду, який широко вирощується в Камеруні, вивчав Kannan et al., 2025. Порівнювали п'ять раціонів: дві контрольні групи зі 100 % рибного борошна, і раціони, в яких рибне борошно замінювали на рівнях 50, 75 і 100 % борошном з чорної левинки. Личинки чорної левинки обробляли трьома різними методами: підсмажуванням, підсмажуванням у піску та кип'ятінням. Кип'ятіння личинок значно збільшило вміст сухої та органічної речовини, але знизило рівень сирого білка (СР) і жиру, тоді як підсмажування збільшило рівень СР. На рівнях 75-100 % чорних левинок у раціонах покращувалась швидкість росту сома, коефіцієнт конверсії корму та виживання, порівняно з контролем. Включення личинок чорних левинок значно підвищує потенціал аквакультури, зменшуючи залежність від виловленої в дикій природі риби для корму. Автори відзначили зникнення канібалізму в африканських сомів, коли вони споживали личинки чорної левинки, що повністю співпадає з результатами наших досліджень.

В останні роки у всьому зростає інтерес до використання чорної левинки як перетворювача органічних відходів. Як зазначають у своїх дослідженнях Amrul et al., (2022) личинки цієї мухи жадібно харчуються різними видами органічних відходів, тому зменшують початкову вагу органічних відходів за короткий період приблизно на 50 % за рахунок швидкого набору власної живої маси, перш за все накопичують у своєму тілі білок та жир, а це ми мали на увазі, коли використовували личинки, і борошно з них, у годівлі кларієвих сомів. Da Silva & Hesselberg (2020) вважають, що личинкова стадія мухи споживає органічні речовини та накопичує в собі повноцінний білок, який природним чином споживають тварини. Тому використання їх в годівлі сільськогосподарських тварин у майбутньому найбільш перспективний шлях, оскільки рибні запаси в океані вже безповоротно підірвані.

За результатами досліджень Barragan-Fonseca et al., (2017), личинки чорної левинки містять високий вміст протеїну (від 37 до 63 % у сухій речовині), також інші макро- і мікроелементи, важливі для годівлі тварин. Такий вміст протеїну тваринного походження у кормі відповідає вимогам повноцінної годівлі малька за деталізованими нормами, а також свідчить про те, що можна частково замінити традиційні корми на певну кількість корму з личинок чорної левинки, що ми зробили у всіх чотирьох дослідях. Це пов'язано також з важливими факторами нормування годівлі риб: високий вміст жиру (від 7 до 39 % у сухій речовині), зольність (від 9 до 28 % у сухій речовині). Крім того, зрозуміло, що такі фактори, як кількість і якість їжі, температура, вологість субстрату, розчинність у воді кисню або вуглецю можуть вплинути на затрати корму на одиницю рибопродукції.

У дослідях Kasun et al. (2021) рівень сирого протеїну (40,4-56,2 %) і сирого жиру (4,8-24,8 %) у личинках чорної левинки зробили їх придатними для включення в раціони широкого діапазону видів риб. Більшість їх досліджень показали, що 50 % рибного борошна можна замінити на личинки чорної левинки без негативного впливу на рибу. Помітні побічні ефекти були виявлені вище 50 % заміни рибного борошна, головним чином через високий рівень хітину на стадії лялечки та високий рівень сирого жиру. Проте знежирення личинок дозволило замінити 100 % рибного борошна без негативного впливу на рибу. Це ми враховували, оскільки в третій і четвертій дослідних групах використовували знежирене рибне борошно з личинок чорної левинки.

За результатами досліджень Cummins et al. (2017) борошном з личинок *H. illucens* можна замінювати рибне борошно у раціонах райдужної форелі, кларієвого сома та тилапії, але таке борошно не розглядалося як альтернативне джерело білка в раціонах, що складались з креветок. Раціони чотирьох дослідних груп поступово замінювались борошном з чорної левинки білок з частотою введення 7, 14, 21, 28 і 36 %, це прирівнювалося до поступової заміни 16,5 % білка рибного борошна. Порівняння амінокислотних профілів у досліджуваних раціонах дало змогу авторам запропонувати майбутні стратегії збільшення дієтичної заміни рибного борошна на борошно з личинок *Hermetia illucens*. За опублікованими даними цих авторів кларієві соми мали прирости живої маси вище у середньому на 8 % від контрольних аналогів, які споживали рибне борошно, що повністю співпадає з результатами наших досліджень.

Di Rosa et al. (2023) дослідив використання борошна з чорної левинки як нового стійкого інгредієнта для раціону риби дорада золота (*Sparus aurata*). Було вивчено вплив включення в раціон на показники росту риб, показники стресу та гістологію кишечника. Протягом 131 дня риб годували основною дієтою, що містила рибне борошно, і три дослідні раціони, що містили 25, 35 і 50 % личинок чорної левинки як часткову заміну рибного борошна. Основні результати показали, що рибне борошно можна замінити кормом з чорної левинки до 110 г/кг заміни (або 35 % у раціоні) без негативного впливу на продуктивність росту, параметри стресу або гістологічні ознаки заднього відділу кишкового тракту та з позитивним впливом ( $p < 0,05$ ) на гістологічні та морфометричні характеристики переднього відділу кишкового тракту дорада золотого.

Аналогічні дослідження провели Hender et al. (2021). Вони перевірили вплив часткової заміни протеїну рибного борошна і риб'ячого жиру на частково знежирені білки мухи чорної левинки, відповідно, на продуктивність росту, імунну відповідь, стан кишкового і шкірного бар'єрів і якість м'яса молодих баррамунді (*Lates calcarifer*). Чотири ізоазотні та ізокалорійні дієти, використані в дослідженні, були контрольною групою на основі рибного борошна, 30 % його було замінено білком *H. illucens*, 30 % риб'ячого жиру було замінено жиром *H. illucens*, а 30 % рибного борошна і 30 % риб'ячого жиру замінено білком і жиром *H. illucens*. Раціони згодовували двічі на день потрійними групами баррамунді з початковою масою тіла  $1,74 \pm 0,15$  г. Наприкінці випробування показники росту та використання корму були виявлені незначними ( $p > 0,05$ ) між експериментальними раціонами та контролем. Загальний склад аміно- та жирних кислот у м'язах баррамунді не зазнав суттєвого впливу білкової та олійної дієти *H. Illucens*, порівняно з контролем. Тобто

можна стверджувати про повноцінну заміну кормових компонентів з риби на такі ж з мухи чорної левинки.

Zarantonello et al. (2019) 25 і 50 % рибного борошна протягом шестимісячного періоду замінили на корми з чорної левинки в годівлі риби даніо (*Danio rerio*), виростивши її від личинок до дорослих особин. Окрім загального зниження росту риби та ліпідного стеатозу, шестимісячна годівля дієтами на основі чорної левинки не виявила серйозних негативних наслідків для рибок даніо.

Подібні дослідження з ефективності використання личинок чорної левинки в годівлі різних видів риб провели Oyelere et al. (2016), Abelineh et al. (2024), Kari et al. (2021) та інші у багатьох країнах світу. Змінювали показники введення *H. illucens* в раціони, стадії зрілості личинок, з яких виготовляли білково-жирові добавки, умови та режими годівлі, тощо. Всі автори зазначили, що корми з личинок чорної левинки повноцінно замінюють рибне борошно в комбікормах та кормосумішах для риб, якщо ведеться контроль за вмістом хітину в раціоні.

Tacon & Metian (2009) зазначили, що дрібні пелагічні кормові види риб (включаючи анчоуси, оселедець, скумбрію, сардини і т.д.) представляють найбільшу групу виловлюваних видів у рибальському промислі (27,3 млн т або 29,7 % від загального виловленого промислу в 2006 р.). Наразі вони складають основну групу видів, які активно виловлюються та призначені для нехарчового використання, включаючи переробку на рибне борошно та риб'ячий жир для використання в складі кормів для тварин або для прямої годівлі тварин. Незабаром запаси дрібної пелагічної кормової риби стрімко зменшаться, особливо в регіоні на південь від Сахари. Тому пошук надійного нового джерела повноцінного білка і жиру є важливою складовою наукового пошуку.

## Висновки.

За результатами досліджень встановлено, що введення в раціон личинки чорної левинки позитивно вплинуло на темпи приросту. Обезжирена мука чорної левинки негативно впливала на ріст малька сома, а жива личинка суттєво зменшувала канібалізм. В майбутніх дослідженнях потрібно дослідити причини таких відмінностей, оскільки на дорослій рибі і мука і личинка левинки показали позитивні результати.

У цілому використання заморожених личинок чорної левинки або знежиреного борошна є перспективним методом для зниження витрат на корми в аквакультурі, з підвищенням ефективності відгодівлі кларієвого сома. Подальші дослідження мають бути спрямовані на визначення оптимальних доз та вивчення додаткових переваг для здоров'я риби.

## References

1. Amrul, N.F., Kabir Ahmad, I., Ahmad Basri, N.E., Suja, F., Abdul Jalil, N.A., & Azman, N.A. (2022). A Review of Organic Waste Treatment Using Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). *Sustainability*, 14(8), 4565. <https://doi.org/10.3390/su14084565>.
2. Badiola, M., Basurko, O. C., Piedrahita, R., Hundley, P. & Mendiola, D. (2018). Energy use in Recirculating Aquaculture Systems (RAS): a review. *Aquacultural Engineering*, 81, 57–70. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2018.03.003>.
3. Barragan-Fonseca, K. B., Dicke, M., & van Loon, J. J. (2017). Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed—a review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(2), 105-120. <https://avingstan.com/wordpress/wp-content/uploads/2019/08/Barragan-Fonseca-et-al-2017-Nutritional-value.pdf>.
4. Barros, L. M., Gutjahr, A. L. N., Ferreira-Keppler, R. L., & Martins, R. T. (2019). Morphological description of the immature stages of *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Stratiomyidae). *Microscopy Research and Technique*, 82(3), 178-189. <https://doi.org/10.1002/jemt.23127/>.

5. Cummins, V. C., Rawles, S. D., & Thompson, K. R. (2017). Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as partial or total replacement of marine fish meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 473, 337–344. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.02.022>.
6. da Silva, G. D. P., & Hesselberg, T. (2020). A review of the use of black soldier fly larvae, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), to compost organic waste in tropical regions. *Neotropical entomology*, 49(2), 151-162. <https://doi.org/10.1007/s13744-019-00719-z>.
7. Di Rosa, A. R., Caccamo, L., Pansera, L., Oteri, M., Chiofalo, B., & Maricchiolo, G. (2023). Influence of *Hermetia illucens* larvae meal dietary inclusion on growth performance, gut histological traits and stress parameters in *Sparus aurata*. *Animals*, 13(3), 339. <https://doi.org/10.3390/ani13030339/>.
8. FAO. (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
9. Hender, A., Siddik, M. A. B., Howieson, J., & Fotedar, R. (2021). Black soldier fly, *Hermetia illucens* as an alternative to fishmeal protein and fish oil: impact on growth, immune response, mucosal barrier status, and flesh quality of juvenile barramundi, *Lates calcarifer* (Bloch, 1790), *Biology*, 10(6), 505. <https://doi.org/10.3390/biology10060505>.
10. Hervé, M.K., Calice, M.D., Dzepe, D., Djouaka, R.F., Chia, S.Y., Efole, T., & Ndindeng S.A. (2025). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae improve growth performance and flesh quality of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Discover Animals*. 2(9). <https://link.springer.com/article/10.1007/s44338-024-00045-8>.
11. <https://www.aquafeed.co.uk/african-catfish-an-ideal-global-tropical-aquaculture-species-54070/> (Dr Deji Adeoye, City Pond CIC, Plymouth, UK).
12. Jayanegara, A., Novandri, B., Yantina, N., & Ridla, M. (2017). Use of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) to substitute soybean meal in ruminant diet: an in vitro rumen fermentation study. *Veterinary World*, 10(12), 1436–1446. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.1439-1446>.
13. Kangas, J. (2010). Recirculating aquaculture systems for fish farming. *Aquaculture Engineering*, 43(2), 87-92.
14. Kannan, M., Rajan, D.K., Muralisankar, T., & Ganesan A.R. (2022). Use of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal in aquafeeds for a sustainable aquaculture industry: A review of past and future needs. *Aquaculture*, 553(1): 738095. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738095>.
15. Kari, Z. A., Kabir, M. A., & Mat, K. (2021). The possibility of replacing fish meal with fermented soy pulp on the growth performance, blood biochemistry, liver, and intestinal morphology of African catfish (*Clarias gariepinus*), *Aquaculture Reports*, 21, 100815. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100815>.
16. Kroeckel, S., Harjes, A. G. E., & Roth, I. (2012). When a turbot catches a fly: evaluation of a prepupae meal of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute – growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*), *Aquaculture*, 364-365. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.08.041>.
17. Maquart, P.-O., Richard, D., & Willems, J. (2020). First record of the black soldier fly, *Hermetia illucens*, in the Western regions of France (Vendée, Loire-Atlantique, Ille-et-Vilaine) with notes on its worldwide repartition (Diptera, Stratiomyidae). *Bulletin de la Société entomologique de France*, 125(1), 13-18. [http://dx.doi.org/10.32475/bsef\\_2104](http://dx.doi.org/10.32475/bsef_2104).
18. Melaku, A.Y. (2024). Growth Performance and Survival of African Catfish (*Clarias gariepinus*) Larvae Fed on Locally Formulated Feed. *Biology and Life Sciences – Aquatic Science*. July 2024. <http://dx.doi.org/10.20944/preprints202407.1102.v1>.
19. Nairuti, R.N., Musyoka, S.N., Yegon, M.J., & Opiyo, M.A. (2022). Utilization of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* Linnaeus) Larvae as a Protein Source for Fish Feed: A Review. *Aquaculture Studies*, 22(2), AQUAST697. <http://dx.doi.org/10.4194/AQUAST697>.
20. Oyelere, E.A., Balogun, J.K., & Abubakar Bashir Yusuf (2016). Growth and nutrient utilization of African catfish (*Clarias gariepinus burchell*) fed varying levels of Albizia lebbeck (benth) leaf meal. *Agrosearch*, 16(1): 13. <http://dx.doi.org/10.4314/agrosh.v16i1.2>.
21. Pillay, T.V.R. (2007). *Aquaculture and the environment*. Blackwell Publishing. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470995730>.

22. Priyadarshana K.C., Walpita C.N., Naveenan M., & Magamage M.P.S. (2021). Substitution of Fishmeal with Black Soldier Fly *Hermetia illucens* Linnaeus, 1758 Larvae in Finfish Aquaculture – A Review. *Asian Fisheries Science*. 34(2). <http://dx.doi.org/10.33997/j.afs.2021.34.2.001>.
23. Tacon, A.G.J., & Metian, M. (2009). Fishing for feed or fishing for food: Increasing global competition for small pelagic forage fish. *Ambio*, 38(6), 294-302. <https://doi.org/10.1579/08-a-574.1>.
24. Tsagkarakis, A. E., Arapostathi, E., & Strouvalis, G. (2015). First record of the black soldier fly, *Hermetia illucens*, in Greece. *Entomologia Hellenica*, 24(2), 27-30. <http://dx.doi.org/10.12681/eh.10893>.
25. Zarantoniello, M., Randazzo, B., Truzzi, C. & (2019). A six months study on black soldier fly (*Hermetia illucens*) based diets in zebrafish, *Scientific Reports*, 9(1), 8598. <https://www.nature.com/articles/s41598-019-45172-5>.