

**НЕТРАДИЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА ПРОТЕЇНУ У ГОДІВЛІ АФРИКАНСЬКОГО
СОМА *CLARIAS GARIEPINUS***

Р. М. УМАНЕЦЬ, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0003-1483-2775>

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: umanets_r@nubip.edu.ua

Л. В. БАЛАНЧУК, молодший науковий співробітник,

<https://orcid.org/0000-0003-0989-5886>

Державний науково-дослідний інститут з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи

E-mail: balanchuk_lv@ukr.net

В. М. НЕДАШКІВСЬКИЙ, доктор сільськогосподарських наук, професор,

<https://orcid.org/0000-0001-5487-6807>

Білоцерківський національний аграрний університет

E-mail: profkom1967@ukr.net

Р. А. ЧУДАК, доктор сільськогосподарських наук, професор,

<https://orcid.org/0000-0003-4318-6979>

Вінницький національний аграрний університет

E-mail: romanchudak@ukr.net

С. В. ЦАП, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

<https://orcid.org/0009-0007-1613-8273>

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

E-mail: tsap.svetlana@i.ua

М. М. КРИВИЙ, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0001-9428-0645>

Поліський національний університет

E-mail: kryvvi.znau@gmail.com

М. П. КОРОБАНЬ, здобувач наукового ступеня доктор філософії,

<https://orcid.org/0009-0003-1763-2629>

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: m.koroban@nubip.edu.ua

[https://doi.org/10.31548/dopovid6\(106\).2023.010](https://doi.org/10.31548/dopovid6(106).2023.010)

Анотація. Аквакультура є однією з галузей у світі, що найбільш швидко розвивається. Вона постачає половину рибної продукції, яка щорічно споживається у світі. Тому майбутній світовий попит можна задовольнити лише за рахунок розширення та інтенсифікації виробництва продукції аквакультури, що у свою чергу, потребує збільшення виробництва кількості повнораціонних комбікормів. Це спонукає до необхідності дедалі частіше

Уманець Р. М., Баланчук Л. В., Недашківський В. М., Чудак Р. А., Цап С. В., Кривий М. М., Коробань М. П. використовувати альтернативні кормові інгредієнти для забезпечення значної потреби риб у протеїні та енергії, що з одного боку є викликом для виробників кормів, а з іншого актуальною темою для дослідників. Нині на жаль, не достатньо досліджень стосовно нових кормів для риби, особливо щодо можливості використання нетрадиційних джерел протеїну у комбікормах. Як відомо, одним із альтернативних способів забезпечення високої продуктивності та зниження собівартості продукції аквакультури є заміна рибного борошна більш дешевим рослинним протеїном. Основною проблемою є збереження його біологічної цінності. Рослинний білок відрізняється нижчим вмістом окремих амінокислот, зокрема незамінних, а потреба риби у них у кілька разів перевищує потребу теплокровних тварин. Отже, така заміна не повинна призвести до зниження біологічної цінності раціону. У статті висвітлені узагальнені результати світових наукових досліджень, щодо можливості заміни рибного борошна різноманітними джерелами протеїну у комбікормах для африканського сома *Clarias gariepinus*. Застосування альтернативних джерел білка та заміна ними дефіцитного та досить вартісного рибного борошна, зараз поступово набуває актуальності в галузі аквакультури.

Ключові слова: аквакультура, годівля риб, африканський сом, *Clarias gariepinus*, комбікорми, нетрадиційні джерела протеїну

Актуальність. Аквакультура – це бізнес з виробництва продуктів харчування у світі, який найдинамічніше розвивається, через великий попит на рибу та морепродукти. Починаючи з 1970 року обсяг вирощування водних організмів в усьому світі зростає із середнім показником у 8,9% на рік [28, 37].

Середньорічний обсяг аквакультури у світі у період 1990–2020 років зріс на 609 %. При цьому спостерігалось поступове зниження середньорічних темпів зростання: у 1990–2000 роках вони становили 9,5 %, а у 2011–2020 роках – лише 4,6 %. У 2015–2020 роках темпи зростання скоротилися до 3,3 % на рік. Важливо, що з тенденцією до уповільнення темпів зростання світового виробництва продукції

аквакультури, у відносному вираженні останні три десятиліття спостерігалось зростання її виробництва у абсолютних цифрах [30].

Риба є однією з важливих частин раціону людини, але не зважаючи на те, що потреба у ній різко зросла, запаси дикої риби залишалися незмінними протягом останніх чотирьох десятиліть, як показано на рисунку 1 [30]. Тому однією з потенційних галузей, яка може вирішити проблему ростучого попиту на рибу, є галузь аквакультури [19]. З огляду на це виробництво аквакультури різко зросло за останні шість десятиліть, і Продовольча та сільськогосподарська організація (FAO) класифікує аквакультуру як галузь виробництва харчових

Уманець Р. М., Баланчук Л. В., Недашківський В. М., Чудак Р. А., Цап С. В., Кривий М. М., Коробань М. П.
 продуктів, що найшвидше
 розвивається [10, 28].



Рисунок 1: Світове рибальство та виробництво аквакультури

Глобальне виробництво водних тварин оцінювалося в 178 мільйонів тон у 2020 році, що є незначним зниженням порівняно з історичним рекордом у 179 мільйонів тон у 2018 році (рис. 1). Виллов риби склав 90 мільйонів тон (51 %), а аквакультура – 88 мільйонів тон (49 %). Із загального обсягу виробництва 63 % (112 мільйонів тон) було видобуто в морських водах (70 % від рибальства та 30 % від аквакультури) і 37 % (66 мільйонів тон) у внутрішніх водах (83 % від аквакультури та 17 % від рибальства). Загальна вартість світових продажів оцінювалася в 406 млрд. доларів США, у тому числі 141 млрд. доларів від рибальства та 265 млрд. доларів від аквакультури. Окрім водних тварин, у 2020 році було вироблено 36 мільйонів тон

(натуральної вологості) водоростей, з яких 97 % походять з аквакультури, переважно марікультури [30].

Разом з тим в останні роки у світі відбувається різке збільшення виробництва комбікормів для аквакультури, що супроводжувалось інтенсивними дослідженнями біології різних видів риби, що вирощуються на фермах. Основним джерелом білка у комбікормах є рибне борошно, яке має високу вартість та характеризується нестабільними поставками в останні роки, тому рослинний протеїн наразі привертає увагу в усьому світі [60]. Він використовується як заміна рибного борошна, у якості джерела білка та енергії для забезпечення росту риби та збереження її здоров'я. Рослинні білки збільшують економічні

Уманець Р. М., Баланчук Л. В., Недашківський В. М., Чудак Р. А., Цап С. В., Кривий М. М., Коробань М. П. прибутки у бізнесі аквакультури [59, 67]. Добре відомі обмеження, пов'язані з використанням рослинних білків у комбіормах для аквакультури. Основним з них є наявність антипоживних факторів (АПФ), таких як фітат, який є основною формою фосфору (P) у рослинних кормах [44]. Відомо, що наявність АПФ, таких як інгібітори трипсину та лектини, пригнічують активність травних ферментів [31]. Розробка біологічних процесів біовідновлення та біологічної детоксикації агропромислових відходів була основним напрямком досліджень твердофазної ферментації (бродиння) (SSF) з метою усунення або зменшення вмісту антипоживних факторів. Ферментація є одним із багатообіцяючих підходів до зменшення антипоживних факторів та підвищення поживної цінності білка рослинного походження, таких як соєвий шрот та інші рослинні корми [11, 39, 60]. Наприклад, за останні роки в ряді досліджень повідомлялося про використання ферментованого соєвого шроту в кормах для аквакультури [11, 39, 78] з метою заміни рибного борошна, оскільки він вважається новим джерелом білка зі знизеним вмістом антипоживних факторів та покращеною поживною цінністю [60].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Зараз у світі проживає більше восьми мільярдів людей, а до

2050 року за прогнозами їх кількість перевищить дев'ять мільярдів. Це ставить перед нами серйозний виклик, зі збереження запасів риби світового океану та виробництва продукції аквакультури відповідно до збільшення чисельності населення. Рибі та іншим морепродуктам, останнім часом частіше, визначається одна із ключових ролей у продовольчій безпеці та харчуванні людини не лише як джерелі білка, але й як унікальних і надзвичайно різноманітних постачальників незамінних омега-3 жирних кислот і біодоступних мікроелементів. Пріоритет та краща інтеграція продуктів рибальства та аквакультури в глобальних, регіональних та національних стратегіях та політиці продовольчої системи має бути життєво-важливою частиною необхідної трансформації наших агропродовольчих систем.

Використання водних харчових продуктів в світі зростало в середньому на 3,0 % з 1961 по 2019 роки, що майже вдвічі перевищує річний приріст населення (1,6 %) за той самий період. Споживання риби та морепродуктів на душу населення зростало приблизно, з 9,0 кг на рік (в еквіваленті живої маси) у 1961 році до 20,5 кг у 2019 році. Дані за 2020 рік вказують на незначне зниження цього показника – до 20,2 кг. У тому ж році на аквакультуру припадало 56 % обсягу виробництва їжі, доступної для споживання людиною [30].

У світовому виробництві аквакультури Китай і Азія все ще займають перші місця з виробництва риби, моллюсків, водних рослин, ракоподібних та інших водних тварин, включаючи земноводних, у прісноводному, солонуватому і морському середовищі. Згідно з даними ФАО, вирощувалося 580 видів, серед яких переважали риби, в загальній кількості 362 з 580 видів, серед яких відомі культивовані види риб: тілапія, короп, лосось і сом [29]. Серед сомів, найбільш культивованими та затребуваними споживачами є сом канальний (*Ictalurus punctatus*), сом смугастий (*Pangasius hypophthalmus*), сом амурський (*Silurus asotus*) та сом африканський (*Clarias gariepinus*) з часткою продукції 0,53%, 0,52% , 0,62% і 0,33% відповідно [29].

Традиційними об'єктами аквакультури України незмінно залишаються коропові види риб: звичайний короп та далекосхідні коропові (рослиноїдні) – білий та строкатий товстолобики, їх гібриди, білий амур. Крім коропових, українські аквафермери вирощують райдужного пструга (форель), європейського сома, щуку, судака, лина, кларієвого сома, тілапій, стерлядь, російського та сибірського осетрів, бестера, веслоноса тощо.

Спектр культивованих видів великий і продовжує розширюватись. Одним з таких перспективних видів є

африканський (кларієвий) сом (*Clarias gariepinus*), що належить до родини *Clariidae* та є всеїдною, прісноводною рибою, що дихає атмосферним повітрям. Африканський сом є найбільш привабливим видом для аквакультури через його високу витривалість, здатність споживати різноманітні корми, швидкий ріст і високий рівень виживання у воді з низьким вмістом кисню [52]. Цей вид має велике економічне значення в багатьох країнах світу.

За останніми доступними (2021 рік) статистичними даними, в Україні загалом було вирощено товарної риби – 16882 тон. Короп і далекосхідні рослиноїдні риби склали понад 79,7 % від загальної продукції аквакультури. Виробництво інших видів риб (щука, судак звичайний, форель, інші лососеві, осетрові, сомові види риб, веслоніс) сумарно не перевищувало 20,3 % (Рис. 2).

Останніми роками в Україні з'явилися сучасні рециркуляційні господарства, діяльність яких спрямована на ефективне виробництво і переробку власної продукції (створення ланцюжків доданої вартості). Як правило, такі господарства мають інфраструктуру переробки та реалізації власної продукції. За останні роки усе це призвело до зростання виробництва сомових видів риб на 8,2 %.

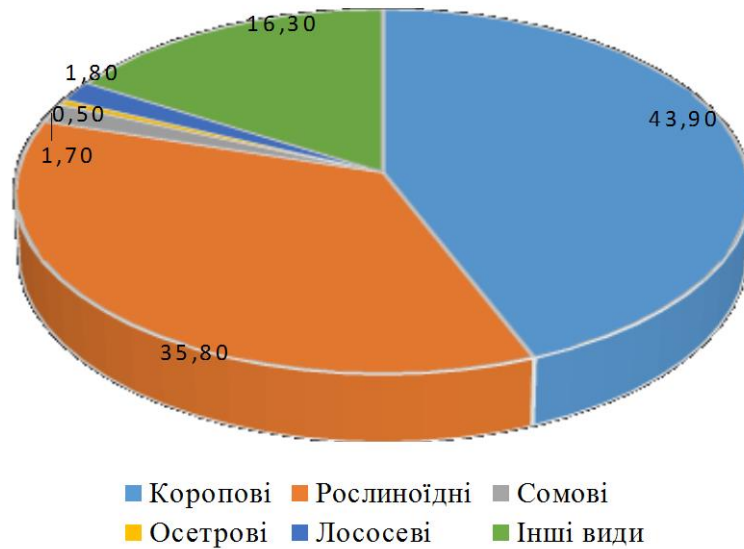


Рисунок 2. Структура вирощування риби в Україні у 2021 р. за видами, %

Мета досліджень – аналіз, на світовому рівні, сучасних даних щодо можливості заміни рибного борошна різноманітними нетрадиційними джерелами протеїну у комбікормах для африканського сома *Clarias gariepinus*.

Матеріали і методи дослідження. За використання системного підходу, контент-аналізу, бібліосемантичного та наукометричного методів проведено аналіз та узагальнення даних сучасних наукових джерел, статистичних даних Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО) та ін. баз даних із питань використання нетрадиційних джерел протеїну у комбікормах для африканського сома *Clarias gariepinus*.

Результати дослідження та їх обговорення. Африканський сом *Clarias gariepinus* є еврифагічною

твариною, це означає, що він споживає широкий спектр кормів для живлення [13, 55, 57, 66]. Африканський сом також відомий як всеїдна тварина, яка живиться різноманітними кормами: комахами, планктоном, молюсками та рослинами у природних водоймах, але іноді він виявляє ознаки хижого зоофага, в результаті чого у нього відносно висока потреба у кормовому білку, зазвичай 40–50 % сирого протеїну у сухій речовині [13, 72].

Личинкам і молоді цього виду зазвичай потрібен вміст у раціоні сирого протеїну 55 % та ліпідів 9 %. Були проведені певні дослідження щодо питання потреби личинок у амінокислотах [16], але кількісні показники потреби личинок, за винятком метіоніну [73] досі мало вивчені. Потреба в амінокислотах у молоді з вагою понад 10 г досліджені краще. Аналогічно, потреби цього

виду в жирних кислотах досі мало досліджені, за винятком того, що співвідношення жирних кислот омега-6 і омега-3 має бути 1:1 для їх оптимального росту. За даними К. Kerdchuen [41], для мальків *Heterobranchus longifilis* рекомендований мінімальний рівень 0,5–1% омега-3 жирних кислот у раціоні. Але кількісної інформації щодо *Clarias gariepinus* все ще не достатньо, W. Uys [72] припустив, що він буде рости краще, якщо принаймні 10 % від загального вмісту ліпідів у раціоні буде становити риб'ячий жир. На сьогодні рекомендовано у кормі для мальків кларієвого сому підтримувати мінімальний рівень омега-3 жирних кислот який був запропонований К. Kerdchuen [41] для *Heterobranchus longifilis*. Що стосується вуглеводів, то їх рівень становить 21% раціону. Uys W. та Necht T. [73] вивчали активність амілази підшлункової залози та передньої кишки у личинок *Clarias gariepinus* при споживанні вуглеводів. Їх результати були аналогічні даним [4], які виявили, що активність кишкової амілази збільшується зі збільшенням рівня вуглеводів у раціоні.

На етапі росту, були докази того, що потреба у поживних речовинах змінювалася приблизно до маси 5 г і після цього залишається незмінною. На цьому етапі основні потреби у поживних речовинах корму, що використовуються у годівлі

кларієвого сому становлять від 40 до 43% протеїну, 10-12% ліпідів і 15-32% вуглеводів. У цього виду добре засвоюються як тваринні, так і рослинні білки і будь-який з них можна використовувати для заміни рибного борошна в раціоні. За даними [75], вміст протеїну в межах 35-38% може знизити вартість корму та апетит риби, що призводить до збільшення прибутку для фермерів. В іншому дослідженні використання риб'ячого жиру як джерела ліпідів може негативно вплинути на ріст риби [46, 47], що вказує на те, що цей вид має певну потребу в омега-6 жирних кислотах. Проте джерело ліпідів не впливає на склад усього тіла або рівень ліпідів у м'язах сома, хоча рівні жирних кислот і альфа-токоферолу, як правило, відображають профіль жирних кислот і концентрацію альфа-токоферолу в кормових ліпідах, які використовуються [46].

На підставі попередніх дослідження було зроблено висновок, що середній допустимий рівень вуглеводів для цього виду становить близько 27 %, і M.Z. Ali [3] припускає, що цей вид не може використовувати рівень вуглеводів в раціоні більше 35 %. З іншого боку, P.A. Pantazis [50] виявив, що рівень вуглеводів від 26 до 32% має значний вплив на збереження білка (процес, за допомогою якого організм отримує енергію з джерел, небілкової природи), і він рекомендує, щоб

рівень вуглеводів у раціоні для сома був більше, ніж зазвичай. Ці результати показують, що африканський сом здатний перетравлювати вуглеводи з ранньої стадії до досягнення зрілої стадії [72, 74, 77].

Потреба у валовій і перетравній енергії, необхідна для цього виду, становить приблизно 14-19 кДж/кг відповідно, при цьому середнє значення співвідношення білка до енергії становить приблизно 27 мг/кДж. Співвідношення білка до енергії залежить від температури і зростає від 25,4 мг/кДж при 24°C до 34,7 мг/кДж при 29°C [36]. Дослідження показали, що на склад тіла *Clarias gariepinus* не впливає зміна співвідношення кормового білка та енергії (Р/Е) [4]. При вмісті білка в раціоні 40 %, оптимальне співвідношення ліпідів і вуглеводів становить в межах 1:2,5.

Станом на сьогодні, точна потреба у вітамінах і мінералах, яких потребує *Clarias gariepinus*, вивчена недостатньо. У природних умовах риба зазвичай отримує поживні речовини з навколишнього середовища. Дослідження W.K. Ng та ін. [45] показали, що мінеральні добавки до корму, що містить 27 % рибного борошна, не впливають на ріст молоді *Clarias gariepinus*. Вони вважають, що не варто включати мінеральні суміші в раціони, які містять велику частку рибного борошна.

Наведена вище інформація показала, що африканський сом має здатність перетравлювати рослинні білки та використовувати вуглеводи як джерело енергії [15, 75]. З точки зору сільського господарства, еврифагія дає переваги, оскільки такі тварини можуть використовувати різноманітні кормові інгредієнти, у тому числі тваринного та рослинного походження, у складі комбікормів, які будуть задовольняти потреби риб.

Рибне борошно є найдорожчим інгредієнтом комерційних кормів, оскільки воно добре засвоюється, має високий вміст амінокислот і використовується багатьма виробниками кормів в аквакультурі. За даними [5], рибне борошно зараз є одним із основних джерел білка в галузі аквакультури через свої властивості. У наш час проблема негативного впливу виробництва рибного борошна, висока вартість привертає увагу вчених і спонукає їх до пошуку найкращого інгредієнта у якості альтернативи та його заміни для галузі аквакультури світу [14, 32, 51]. Деякі вчені не рекомендують використовувати рибне борошно в кормах для аквакультури через низку факторів і проблем [12, 21, 23, 54]. Найбільш оптимальною альтернативою рибного борошна є джерела рослинного білка через їхні характеристики, описані вище, і найважливіше те, що їх можна використовувати, до тих пір поки немає негативного впливу на

показники росту та здоров'я тварини [18, 26, 35, 43, 79].

Проблеми, пов'язані з використанням рослинного білка в кормах для риби, добре описані попередніми дослідниками. Серед обмежень основним є наявність антипоживних факторів (АПФ) у більшості джерел рослинного білка. За даними [61] АПФ є сполуками, які можуть зменшувати поживну цінність рослинних продуктів, які використовуються як у харчуванні людей, так і годівлі тварин. Наявність АПФ є дуже важливим показником який дозволяє визначити, чи можна використовувати рослину у якості корму, чи ні. Основні АПФ у рослинах: танін, фітат, оксалат, сапоніни, лектини, алкалоїди, інгібітори протеази та ціаногенні глікозиди [33]. За даними F.G Nabtani та R. Negussie [33] низька кількість АПФ може сприятливо впливати на здоров'я тварин, наприклад фітати, лектини, таніни, інгібітори амілази та сапоніни призводять до зниження рівня глюкози та інсуліну в крові. Крім того, є також сполуки АПФ, які можуть зменшити ймовірність онкологічних хвороб, такі як фітати, дубильні речовини (таніни), сапоніни, інгібітори протеази, гетрогени та оксалати. Фітинова кислота, лектини, дубильні речовини, сапоніни, інгібітори амілази та інгібітори протеази можуть знижувати доступність поживних речовин і

викликати затримку росту. Welker T. та ін. [76] виявили, що сполуки АПФ іноді призводять до дефіциту цинку у риби. Крім того, відомо, що інгібітори трипсину та лектини, пригнічують активність травних ферментів [31].

Збільшення кількості сільськогосподарських відходів сприяло підвищенню цікавості з боку різних вчених щодо, способів видалення або зменшення кількості АПФ у рослинному білку. За даними H Hamid та ін. [34] існує кілька методів, які використовуються для видалення АПФ: замочування, пророщування, кип'ятіння, автоклавування, ферментація, генетичні маніпуляції та інші методи обробки без зміни кормової цінності. Станом на сьогодні живлення водних тварин ферментованими кормами вивчено недостатньо [25], але кілька авторів рекомендували обробку рослинних інгредієнтів шляхом ферментації *in vitro* для зменшення антипоживних факторів і підвищення доступності поживних речовин [7, 54, 56]. На стадії дослідження перебуває біологічний метод детоксикації соєвого шроту з використанням процесу бродіння. Цей метод зумовлює підвищення біодоступності поживних речовин завдяки дії ферментів, що виробляються самими мікроорганізмами [42].

Вченими проведено багато досліджень щодо використання джерел рослинного білка в якості добавки до корму. Багато

Уманець Р. М., Баланчук Л. В., Недашківський В. М., Чудак Р. А., Цап С. В., Кривий М. М., Коробань М. П. модифікацій було зроблено для нетрадиційних білкових кормів, які досягнення оптимальних показників росту тварин, особливо в галузі аквакультури. Інформація, щодо та наведена у таблиці 1.

1: Дослідження щодо використання нетрадиційних білкових кормів, у годівлі африканського сома, *Clarias gariepinus*.

Основне джерело протеїну	Короткий результат	Джерело
Прісноводні мікрододорості: <i>Spirulina Platensis</i> і <i>Chlorella vulgaris</i>	<i>S. platensis</i> і <i>C. vulgaris</i> можуть покращити ефективність годівлі, а також показники росту та стан здоров'я африканського сома.	[53]
Шрот бамбарського горіху <i>Vambara nut</i>	До 45% вмісту рибного борошна у раціоні <i>Clarias gariepinus</i> можна замінити на шрот бамбарського горіху, що сприяє покращенню показників росту та стану здоров'я.	[70]
Шрот бамбарану <i>Voandzeia subterranea</i> і шрот соєвий <i>Glycine max</i>	Результати показують, що шрот бамбарського горіху може частково замінити рибне борошно та повністю замінити соєвий шрот в раціоні африканського сома.	[71]
Олія ядра кешью, <i>Anacardium occidentale</i>	Як і інші рослинні олії, олія з кісточок кеш'ю може замінити дорогий риб'ячий жир у кормах для риб без негативного впливу на показники їх росту та може знизити собівартість виробництва риби.	[8]
Екстракт листя шовковиці	Екстракт листя шовковиці в концентрації 7 г/кг сухої речовини є потенційною дієтичною антиоксидантною добавкою яка рекомендована для покращення якості м'яса риби.	[58]
Борошно із цвіркунів <i>Gryllus bimaculatus</i>	Раціон, що містить борошно з цвіркунів, забезпечує необхідні показники росту риби.	[68]
Замочений голубиний горіх <i>Sajanus sajan (L.) Millsp.</i>	Замочування насіння <i>S. sajan</i> протягом 24 годин покращувало його поживність, що дозволяло замінити 20% білка сої в раціоні <i>S. gariepinus</i> без негативного впливу на його ріст і використання поживних речовин.	[64]
Підсмажений голубиний горіх <i>Sajanus sajan</i>	Ріст <i>Clarias gariepinus</i> був значно покращений завдяки різним рівням включення підсмаженого <i>S. sajan</i> у раціони; Аналіз витрат показав, що економічно дешевше вирощувати африканського сома, використовуючи підсмажений <i>S. sajan</i>	[63]
Сухі пивні дріжджі <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Ріст риби зменшувався за збільшення частки сухих пивних дріжджів. Найкращий коефіцієнт конверсії корму був отриманий у раціоні без сухих пивних дріжджів.	[62]
Порошок з насіння папаї <i>Carica papaya</i>	Борошном з насіння папаї можна замінити до 80% рибного борошна у раціоні молодняку <i>Clarias gariepinus</i> .	[38]

Раціон на основі нутрощів морської риби	Борошно з нутрощів морської риби може включатись у комбікорми для <i>Clarias gariepinus</i> в кількості до 30%	[49]
Зелені макроводорості <i>Ulva lactuca</i>	Раціони з 20% і 30% зелених макроводоростей (<i>U. lactuca</i>) призвели до зниження використання корму та темпу росту риби порівняно з контролем та групою у складі раціону якої було 10% <i>U. lactuca</i>	[1]
Червоні морські водорості <i>Gracilaria arcuata</i>	Африканські соми, яких годували раціоном з вмістом 20% і 30% червоних морських водоростей (<i>G. arcuata</i>), продемонстрували кращий ріст і використання корму, ніж контрольна та дослідна групи які споживала 0 та 10% екстракту червоних водоростей.	[2]
Борошно з гусениць <i>Cirina butyrospermi</i>	50% рибного борошна можна успішно замінити борошном гусениць <i>Cirina butyrospermi</i> в раціоні молодняку <i>C. gariepinus</i> без негативного впливу на ріст або використання корму. Його використання зумовлює зниження вартості виробництва риби.	[9]
Порошок з листя гарбуза рифленого <i>Telfairia occidentalis</i>	Кормові добавки з порошка листя <i>T. occidentalis</i> покращили ріст, використання корму та виживання молодняку <i>C. gariepinus</i>	[17]
Соевий шрот з шротом з індійського кунжуту <i>Sesamum indicum</i>	Рекомендується включення у раціон <i>Clarias gariepinus</i> до 25% кунжутного шроту, оскільки цей рівень не впливає негативно на здоров'я риб.	[48]
Борошно з насіння кунжуту <i>Sesamum indicum</i> і шрот бамбарану (воандзея підземна)	Собівартість 1 кг виробництва корму збільшилась із включенням насіння кунжуту. Результати показують, що кунжутне насіння та шрот бамбарану окремо або в комбінації є задовільними рослинними білками для риб. Включення кунжутного насіння підвищувало вміст ліпідів в організмі.	[24]
Борошно з листя моринги олійної <i>Moringa oleifera</i>	Гематологічне дослідження показало, що введення 10% борошна з листя <i>M. oleifera</i> в раціон сома (<i>C. gariepinus</i>), не має негативного впливу на кров і сироваткові ферменти.	[22]
М'ясне борошно з ящірки <i>Agama</i>	М'ясне борошно ящірки агами можна додавати на будь-якому рівні, але найкращим є вміст 20%.	[69]
Варений і механічно знежирений кунжут <i>Sesamum indicum</i>	Порівняльні показники використання поживних речовин раціону, росту та відкладення сирого протеїну в туші <i>Clarias gariepinus</i> , яким згодували раціони з 25 і 50% кунжутної макухи/шроту, показали, що ці корми можуть бути ефективним засобом зниження витрат на годівлю риби	[40]
Арахісова макуха	У якості корму для риб рекомендується арахісова макуха з додаванням щонайменше 0,45 кг лізину та метіоніну на кожні 100 кг корму.	[20]
Бамбуковий субстрат	Бамбукові стовпи як субстрат для перифітону є чудовою альтернативою для покращення продуктивності сома в умовах ставка.	[6]

Екстракти мангустіна <i>Garcinia mangostana L.</i>	Згодовування риbam 0,5 % екстракту мангустіну протягом 35 днів не має негативного впливу на ріст і покращує гематологічні показники молоді африканського сома.	[65]
Соевий білковий концентрат	Результати показали, що 75% білка рибного борошна в раціоні сома можна замінити концентратом соєвого білка для підвищення ефективності росту та стану здоров'я.	[27]
Борошнистий черв'як <i>Tenebrio molitor</i>	Борошняний черв'як був прийнятним альтернативним джерелом білка для африканського сома.	[45]

Висновки і перспективи. У галузі аквакультури корми становлять близько 50-60% у структурі собівартості продукції. У кормах для риб поживна цінність раціону залежить від якості білкових інгредієнтів. Протеїн є найдорожчим компонентом кормів для риб, а рибне борошно є основним джерелом білка в кормах для риб. На сьогоднішній день рибне борошно має не тільки високу вартість, але й є обмеженим джерелом, через великий попит на

нього в галузі тваринництва. Одним із альтернативних способів оптимізації росту та стану здоров'я риби є забезпечення її нетрадиційними джерелами протеїну. У перспективі є актуальним дослідження пов'язані із відходами підприємств харчової галузі та сільського господарства, які можуть бути використані як джерела протеїну для аквакультури, з одночасним вирішенням питання безпечності їх утилізації.

Список використаних джерел

1. Abdel-Warith A.-W.A., Younis E.-S. M.I., Al-Asgah N.A. Potential use of green macroalgae *Ulva lactuca* as a feed supplement in diets on growth performance, feed utilization and body composition of the African catfish, *Clarias gariepinus*. Saudi Journal of Biological Sciences. 2016. Vol. 23. №. 3. P. 404-409. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.11.010>

2. Al-Asgah N.A., Younis E.-S.M., Abdel-Warith A.-W.A., Shamlol F.S. Evaluation of red seaweed *Gracilaria arcuata* as dietary ingredient in African catfish, *Clarias gariepinus*. Saudi Journal of Biological Sciences. 2016. Vol. 23. №. 2. P. 205-210. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.11.006>

3. Ali M.Z. Dietary protein and energy interactions in African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822): doctoral dissertation / University of Stirling. Stirling, 2001. 273 p.

4. Ali M.Z., Jauncey K. Effect of dietary lipid to carbohydrate ratios in body composition, digestive enzyme activities and blood plasma components in African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). Journal of Aquaculture in the Tropics. 2005. Vol. 20. №. 1. P. 57-70.

5. Amaya E., Davis D.A., Rouse D.B. Alternative diets for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture. 2007. Vol. 262. №. 2-4. P. 419-425. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.11.001>

6. Amisah S., Adjei-Boateng D., Afianu D. Effects of bamboo substrate and supplementary feed on growth and production of the African catfish, *Clarias gariepinus*. Journal of Applied Sciences and Environmental Management. 2008. Vol. 12. №. 2. P. 25-28. DOI:10.4314/jasem.v12i2.55521

7. Antony U., Chandra T.S. Antinutrient reduction and enhancement in

protein, starch and mineral availability in fermented flour of finger millet (*Eleusine coracana*). Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1998. Vol. 46. №. 7. P. 2578-2582. <https://doi.org/10.1021/jf9706639>

8. Anvo M.P.M., Aboua B.R.D., Compaore I, Sissao R., Zoungrana-kabore C.Y., Kouamelan E. P., Toguyeni A. Fish meal replacement by *Cirina butyrospermi* caterpillar's meal in practical diets for *Clarias gariepinus* fingerlings. Aquaculture Research. 2017. Vol. 48. №. 4. P. 5243-5250. <https://doi.org/10.1111/are.13337>

9. Anvo M.P.M., Toguyeni A., Otchoumou A.K., Zoungrana-Kaboré C.Y., Kouamelan E.P. Evaluation of *Cirina butyrospermi* caterpillar's meal as an alternative protein source in *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) larvae feeding. International Journal of Fisheries & Aquatic Studies. 2016. Vol. 4. №. 6. P. 88-94.

10. Atanda A.N. Fish species diversification in Agriculture for the success of the agriculture transformation agenda: The role of tilapia production; Fisheries Society of Nigeria (FISON) annual public lecture, Lagos, Nigeria, 2012. 172 p.

11. Azarm H.M., Lee S.M. Effects of partial substitution of dietary fish meal by fermented soybean meal on growth performance, amino acid and biochemical parameters of juvenile black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli*. Aquaculture Research. 2014. Vol. 45. P. 994-1003. <https://doi.org/10.1111/are.12040>

12. Bonaldo A., Luca P., Luciana M., Rubina S., Ramon F., et al. Increasing dietary plant proteins affects growth performance and ammonia excretion but not digestibility and gut histology in turbot (*Psetta maxima*) juveniles. Aquaculture. 2011. Vol. 318. №. 1. P. 101-108. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.05.003>

13. Bruton M.N. The food and feeding behavior of *Clarias gariepinus* (Pisces: Clariidae) in Lake Sibaya, South Africa, with emphasis on its role as a predator of cichlids. Transactions of the Zoological Society of London. 1979. Vol. 35. P. 47-114. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1979.tb00057.x>

14. Cheng W., Chiu C.S., Guu Y.K., Tsai S.T., Liu C.H. Expression of recombinant phytase of *Bacillus subtilis* E20 in *Escherichia coli* HMS 174 and improving the growth performance of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, juveniles by using phytase-pretreated soybean meal - containing diet. Aquaculture Nutrition. 2013. Vol. 19. P. 117-127. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2012.00946.x>

15. Clay D. Population biology, growth and feeding of African catfish (*Clarias gariepinus*) with special reference to juveniles and their importance in fish culture. Archiv fur Hydrobiologie. 1979. Vol. 87. №. 4. P. 453-482.

16. Conceição L.E.C, Ozório R.O.A., Suurd E.A., Verreth J.A.J. Amino acid profiles and amino acid utilization in larval African catfish (*Clarias gariepinus*): Effects of ontogeny and temperature. Fish Physiology and Biochemistry. 1998. Vol. 19. P. 43-48.

17. Dada A. Use of fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis*) leaf powder as feed additive in African catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings. International Journal of Applied Animal Research. 2017. Vol. 45. №. 1. P. 566-569. <https://doi.org/10.1080/09712119.2016.1233108>

18. Daniel N. Status of aquaculture with respect to nutrition and feed. International Journal of Fisheries & Aquatic Studies. 2017. Vol. 5. №. 1. P. 333-345.

19. Dauda A.B., Folorunso L.A., Dasuki A. Use of Probiotics for Sustainable Aquaculture Production in Nigeria. Journal of Agriculture & Social Research. 2013. Vol. 13. №. 2. P. 35-45.

20. Davies O.A., Ezenwa N.C. Groundnut cake as alternative protein source in the diet of *Clarias gariepinus* fry. International Journal of Natural Sciences. 2010. Vol. 1. №. 1. P. 73-76.

21. De Francesco M., Parisi G., Médale F., Lupi P., Kaushik S.J., Poli B.M. Effect of long-term feeding with a plant protein mixture-based diet on growth and body/fillet quality traits of large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture. 2004. Vol. 236. №. 1. P. 413-429.

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.01.006>

22. Dienne H.E., Olumuji O. K. Growth performance and haematological response of African mud catfish *Clarias gariepinus* fed dietary levels of *Moringa oleifera* leaf meal. Net Journal of Agricultural Science. 2014. Vol. 2. №. 2. P. 79-88.

23. Engin K., Carter C.G. Fish meal replacement by plant and animal by-products in diets for the Australian short-finned eel, *Anguilla australis australis* (Richardson). Aquaculture Research. 2005. Vol. 36. №. 5. P. 445-454. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.01224.x>

24. Enyidi U.D., Pirhonen J., Vielma J. Effects of sesame seed meal and bambaranut meal on growth, feed utilization and body composition of juvenile African catfish *Clarias gariepinus*. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 2014. Vol. 13. №. 4. P. 98-1013.

25. Esakkiraj P., Immanuel G., Sowmya S.M., Iyapparaj P., Palavesam A. Evaluation of protease-producing ability of fish gut isolate *Bacillus cereus* for aqua feed. Food Bioprocess Technology. 2009. Vol. 2. №. 4. P. 383-390.

26. Espe M., Lemme A., Petri A., El-Mowafi A. Assessment of lysine requirement for maximal protein accretion in *Atlantic salmon* using plant protein diets. Aquaculture. 2007. Vol. 263. №. 1. P. 168-178. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.10.018>

27. Fagbenro O.A., Davies S.J. Use of high percentages of soy protein concentrate as fish meal substitute in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). Journal of Applied Aquaculture. 2004. Vol. 16. №. 1-2. P. 113-124. https://doi.org/10.1300/J028v16n01_10

28. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture-Contributing to food security and nutrition for all. Fisheries and Aquaculture Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome: FAO, 2016. 200 p.

29. FAO. Fishery and Aquaculture Statistics. Global aquaculture production 1950-2015 (Fish stat J). In: FAO Fisheries and Aquaculture Department. Rome: FAO, 2017. 234 p.

30. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome: FAO, 2022. 266 p. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>

31. Gemed H. F., Ratta N. Anti-nutritional factors in plant foods: potential health benefits and adverse effects. International Journal of Nutrition and Food Sciences. 2014. Vol. 3. №. 4. P. 284-289.

32. Goda A.M.A.S., Saad A., Wafa M., Sharawy Z. Complete substitution of dietary wheatbran with Duckweed Lemna species supplemented with exogenous digestive enzymes for freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man 1879) postlarvae /The International Conference and Exposition of Aquaculture Europe 2014. Kursaal in San Sebastian, 2014.

33. Habtamu F.G., Negussie R. Antinutritional factors in plant foods: Potential health benefits and adverse effects. International Journal of Nutrition & Food Sciences. 2014. Vol. 3. №. 4. P. 284-289. DOI: 10.11648/j.ijnfs.20140304.18

34. Hamid H., Thakur N.S., Pradeep K. Anti-nutritional factors, their adverse effects and need for adequate processing to reduce them in food. AgricINTERNATIONAL. 2017. Vol. 4. №. 1. P. 56-60. DOI:10.5958/2454-8634.2017.00013.4

35. Hansen A.C., Hemre G., Karlsen Ø., Koppe W., Rosenlund G. Do plant-based diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) need additions of crystalline lysine or methionine? Aquaculture Nutrition. 2011. Vol. 17. №. 2. P. 362-371. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2010.00770.x>

36. Henken A.M., Machiels M.A.M., Dekker W., Hogendoorn H. The effect of dietary protein and energy content on growth rate and feed utilization of the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). Aquaculture. 1986. Vol. 58. №. 1-2. P. 55-74. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(86\)90156-0](https://doi.org/10.1016/0044-8486(86)90156-0)

37. Huang K., Nitin N. Edible bacteriophage based antimicrobial coating on fish feed for enhanced treatment of bacterial infections in aquaculture industry. Aquaculture. 2019. Vol. 502. P. 18-25. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.026>

38. Irabor A.E., Ekokotu P.A., Nwachi O.F. Effects of pawpaw seed powder as an additive on growth of catfish fingerlings reared in an indoor tank. *Journal of Northeast Agricultural University*. 2016. Vol. 23. №. 4. P. 55-60. [https://doi.org/10.1016/S1006-8104\(17\)30007-7](https://doi.org/10.1016/S1006-8104(17)30007-7)
39. Jiang Y., Zhao P.F., Lin S.M., Tang R.J., Chen Y.J., Luo L. Partial substitution of soybean meal with fermented soybean residue in diets for juvenile largemouth bass, *Micropterus salmoides*. *Aquaculture Nutrition*. 2018. Vol. 24. №. 5. P. 1213-1222. <https://doi.org/10.1111/anu.12659>
40. Jimoh W.A., Aroyehun H.T. Evaluation of cooked and mechanically defatted sesame (*Sesamum indicum*) seed meal as a replacer for soybean meal in the diet of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2011. Vol. 11. №. 2. P. 185-190. DOI: 10.4194/trjfas.2011.0202
41. Kerdchuen K. L'alimentation artificielle d'un silure africain, *Heterobranchus longifilis* (Teleostei: Clariidae). Incidence du mode d'alimentation et première estimation des besoins nutritionnels: doctoral dissertation Dissertation Abstract International / University Paris. Paris, 1992. 182 p.
42. Khan A., Ghosh K. Evaluation of phytase production by fish gut bacterium, *Bacillus subtilis* for processing of Ipomea aquatic leaves as probable aquafeed ingredient. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 2012. Vol. 22. №. 5. P. 508-519. <https://doi.org/10.1080/10498850.2012.669032>
43. Lund I., Dalsgaard J., Rasmussen H.T., Holm J., Jokumsen A. Replacement of fish meal with a matrix of organic plant proteins in organic trout (*Oncorhynchus mykiss*) feed, and the effects on nutrient utilization and fish performance. *Aquaculture*. 2011. Vol. 321. №. 3. P. 259-266. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.09.028>
44. National Research Council. *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. Washington DC: National Academy Press, 2011. 392 p.
45. Ng W.K., Liew F.L., Ang L.P., Wong K.W. Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture Research*. 2001. Vol. 32. №. 1. P. 273-280. <https://doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00024.x>
46. Ng W.K., Lim P.K., Boey P.L. Dietary lipid and palm oil source affects growth, fatty acid composition and muscle alpha-tocopherol concentration of African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture*. 2003. Vol. 215. №. 1-4. P. 229-243. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00067-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00067-4)
47. Ng W.K., Wang Y., Ketchimenin P., Yuen K.H. Replacement of dietary fish oil with palm fatty acid distillate elevates tocopherol and tocotrienol concentrations and increases oxidative stability in the muscle of African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture*. 2004. Vol. 233. №. 1-4. P. 423-437. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.10.013>
48. Ochang S.N., Ugbor O.N., Ezeonwu K.C. Effect of replacement of soybean meal with beniseed (*Sesamum indicum*) meal on the growth and haematology of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Nigerian Journal of Fisheries*. 2014. Vol. 11. №. 1-2. P. 762-769.
49. Oké V., Abou Y., Adité A., Kabré J.A.T. Growth performance, feed utilization and body composition of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) fed marine fish viscera-based-diet in earthen ponds. *Fish Aquaculture*. 2016. Vol. 7. №. 4. P. 2-7. DOI:10.4172/2150-3508.1000183
50. Pantazis P.A. Protein to energy ratios in African catfish fed purified diets is *Clarias gariepinus* an ordinary carnivore. *Archives of Polish Fisheries*. 2005. Vol. 13. №. 2. P. 157-170.
51. Peres H., Oliva Teles A. The effect of dietary protein replacement by crystalline amino acid on growth and nitrogen utilization of turbot *Scophthalmus maximus* juveniles. *Aquaculture*. 2005. Vol. 250. №. 3-4. P. 755-764. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.04.046>

52. Pillay T.V.R. *Aquaculture Principles and Practices*. Oxford: Fishing News Books, 1990. 575 p.
53. Raji A.A., Junaid Q.O., Oke M.A., Taufek N.H.M., Muin H., Bakar N.H.A., Alias Z., Milow P., Simarani K., Razak S.A. Dietary *Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris* effects on survival and haemato-immunological responses of *Clarias gariepinus* juveniles to *Aeromonas hydrophila* infection. *AAFL Bioflux*. 2019. Vol. 12. №. 5. P. 1559-1577.
54. Ramachandran S., Ray A.K. Nutritional evaluation of fermented black gram (*Phaseolus mungo*) seed meal in compound diets for rohu, *Labeo rohita* (Hamilton), fingerlings. *Journal of Applied Ichthyology*. 2007. Vol. 23. №. 1. P. 74-79. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00772.x>
55. Richter C.J.J. The African catfish, *Clarias lazera* (C. and V.), a new possibility for fish culture in tropical regions? *Miscellaneous papers / Landbouwhogeschool Wageningen*. Vol. 13. P. 51-71.
56. Sahu A.K., Sahoo S.K., Giri S.S. Efficacy of water hyacinth compost in nursery ponds for larval rearing of Indian major carp, *Labeo rohita*. *Bioresource Technology*. 2002. Vol. 85. №. 3. P. 309-311. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00100-1](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00100-1)
57. Schoonbee H.J. Notes on the food habits of fish in Lake Baberspan, western Transvaal, South Africa. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*. 1969. Vol. 17. №. 2. P. 689-701. <https://doi.org/10.1080/03680770.1968.11895904>
58. Sheikhlari A., Goh Y.M., Alimon R., Ebrahimi M. Antioxidative effects of mulberry foliage extract in African catfish diet. *Aquaculture Research*. 2017. Vol. 48. №. 8. P. 4409-4419. <https://doi.org/10.1111/are.13266>
59. Shimeno S., Mima T., Yamamoto O., Ando Y. Effects of fermented defatted soybean meal in diet on the growth, feed conversion, and body composition of juvenile yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 1993. Vol. 59. №. 11. P. 1883-1888.
60. Shiu Y.L., Wong S.L., Guei W.C., Shin Y.C., Liu C.H. Increase in the plant protein ratio in the diet of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone), using *Bacillus subtilis* E20-fermented soybean meal as a replacement. *Aquaculture Research*. 2013. Vol. 46. №. 2. P. 382-394. <https://doi.org/10.1111/are.12186>
61. Soetan K., Oyewol O. The need for adequate processing to reduce the antinutritional factors in plants used as human foods and animal feeds: A review. *African Journal of Food Science*. 2009. Vol. 3. №. 9. P. 223-232.
62. Solomon S.G., Ataguba G.A., Itodo G.E. Performance of *Clarias gariepinus* fed dried brewer's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) slurry in replacement for soybean meal. *Journal of Nutrition & Metabolism*. 2017. Vol. 2017. №. 1. P. 1-8. DOI: 10.1155/2017/8936060
63. Solomon S.G., Okomoda V.T., Oda S.O. Nutritional value of toasted pigeon pea, *Cajanus cajan* seed and its utilization in the diet of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings. *Aquaculture Reports*. 2017. Vol. 7. P. 34-39. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.05.005>
64. Solomon S.G., Okomoda V.T., Onah R.E. Nutritional profile of soaked *Cajanus cajan* (L.) Millsp. and its utilization as partial replacement for soybean meal in the diet of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings. *Journal of Applied Ichthyology*. 2017. Vol. 33. №. 3. P. 450-457. <https://doi.org/10.1111/jai.13280>
65. Soosean C., Marimuthu K., Sudhakaran S., Xavier R. Effect of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) extracts as a feed additive on growth and hematological parameters of African catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings. *European Review for Medical & Pharmacological Sciences*. 2010. Vol. 14. №. 7. P. 605-611.
66. Spataru P., Viveen W., Gophen M. Food composition of *Clarias gariepinus* (*Clarias lazera*) (Cypriniformes, Clariidae) in Lake Kinneret (Israel). *Hydrobiologia*. 1987. Vol. 144. P. 77-82.
67. Sun M., Kim Y.C., Okorieo O.E., Lee S., Devnath S., Yoo G., Jo Y.K., Bai S.C.

Use of fermented fisheries by-products and soybean curd residues mixture as a fish meal replacer in diets of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. Journal of World Aquaculture Society. 2007. Vol. 38. №. 4. P. 543-549. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2007.00128.x>

68. Taufek N.M., Muin H., Raji A. A., Md Yusof H., Alias Z., Razak S.A. Potential of field crickets meal (*Gryllus bimaculatus*) in the diet of African catfish (*Clarias gariepinus*). Journal of Applied Animal Research. 2017. Vol. 46. №. 1. P. 541-546. <https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1357560>

69. Tihamiyu L.O., Ataguba G.A., Jimoh J.O. Growth Performance of *Clarias gariepinus* Fed Different Level of Agama agama meal diets. Pakistan Journal of Nutrients. 2013. Vol. 12. №. 5. P. 510-515. DOI:10.3923/pjn.2013.510.515

70. Uchechukwu E., Gift O. Effects of Substitution of Fishmeal with Bambaranut Meal on Growth and Intestinal Microbiota of African Catfish (*Clarias gariepinus*). Aquaculture Studies. 2019. Vol. 19. №. 1. P. 09-23. DOI:10.4194/2618-6381-v19_1_02

71. Uchechukwu E., Juhani P., Juhani K., Jouni V. Effect of feed protein: Lipid ratio on growth parameters of African catfish, *Clarias gariepinus* after fish meal substitution in the diet with bambaranut (*Voandzeia subterranea*) meal and soybean (*Glycine max*) meal. Fishes. 2017. Vol. 2. №. 1. P. 2-11. DOI:10.3390/fishes2010001

72. Uys W. Aspects of the nutritional physiology and dietary requirements of juvenile and adult sharptooth catfish, *Clarias gariepinus* (Pisces; Clariidae): Doctoral dissertation / Rhodes University. Grahamstown, 1989. 190 p.

73. Uys W., Hecht T. Assays on the digestive enzymes of sharptooth catfish, *Clarias gariepinus* (Pisces: Clariidae). Aquaculture. 1987. Vol. 63. №. 1-4. P. 301-313. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(87\)90080-9](https://doi.org/10.1016/0044-8486(87)90080-9)

74. Uys W., Hecht T., Walters M. Changes in digestive enzyme activities of *Clarias gariepinus* (Pisces: Clariidae) after feeding. Aquaculture. 1987. Vol. 63. №. 1-4. P.

243-250. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(87\)90076-7](https://doi.org/10.1016/0044-8486(87)90076-7)

75. Van Weerd J.H. Nutrition and growth in *Clarias* species – a review. Aquatic Living Resources. 1995. Vol. 8. №. 4. P. 395–401. <https://doi.org/10.1051/alr:1995046>

76. Welker T., Barrows F, Overturf K., Gaylord G., Sealey W. Optimizing zinc supplementation levels of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed practical type fishmeal-and plant-based diets. Aquaculture nutrition. 2016. Vol. 22. №. 1. P. 91-108. <https://doi.org/10.1111/anu.12232>

77. Wilson R.P., Moreau Y. Nutrient requirements of catfish (Siluroidei). Aquatic Living Resources. 1996. Vol. 9. №. 5. P. 103-111. <https://doi.org/10.1051/alr:1996045>

78. Yamamoto T., Iwashita Y., Matsunari H., Sugita T., Furuita H., Akimoto A., Okamoto K., Suzuki N. Influence of fermentation conditions for soybean meal in a non-fish meal diet on the growth performance and physiological condition of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture. 2010. Vol. 309. №. 1-4. P. 173–180. DOI:10.1016/j.aquaculture.2010.09.021

79. Yun B., Ai Q., Mai K., Xu W., Qi G., Luo Y. Synergistic effects of dietary cholesterol and taurine on growth performance and cholesterol metabolism in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.) fed high plant protein diets. Aquaculture. 2012. Vol. 324. P. 85-91. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.10.012>

References

1. Abdel-Warith, A.-W.A., Younis, E.-S. M.I., & Al-Asgah, N.A. (2016). Potential use of green macroalgae *Ulva lactuca* as a feed supplement in diets on growth performance, feed utilization and body composition of the African catfish, *Clarias gariepinus*. Saudi Journal of Biological Sciences, 23(3), 404-409. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.11.010>

2. Al-Asgah, N.A., Younis, E.-S.M., Abdel-Warith, A.-W.A., & Shamlol, F.S. (2016). Evaluation of red seaweed *Gracilaria arcuata* as dietary ingredient in African catfish, *Clarias gariepinus*. Saudi Journal of Biological Sciences, 23(2), 205-210. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.11.006>

3. Ali, M.Z. (2001). Dietary protein and energy interactions in African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). Doctoral dissertation, University of Stirling, 273 pp.
4. Ali, M.Z., & Jauncey, K. (2005). Effect of dietary lipid to carbohydrate ratios in body composition, digestive enzyme activities and blood plasma components in African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Journal of Aquaculture in the Tropics*, 20(1), 57-70.
5. Amaya, E., Davis, D.A., & Rouse, D.B. (2007). Alternative diets for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 262 (2-4), 419-425. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.11.001>
6. Amisah, S., Adjei-Boateng, D., & Afianu, D. (2008). Effects of bamboo substrate and supplementary feed on growth and production of the African catfish, *Clarias gariepinus*. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 12(2), 25-28. DOI:10.4314/jasem.v12i2.55521
7. Antony, U., & Chandra, T.S. (1998). Antinutrient reduction and enhancement in protein, starch and mineral availability in fermented flour of finger millet (*Eleusine coracana*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(7), 2578-2582. <https://doi.org/10.1021/jf9706639>
8. Anvo, M.P.M., Aboua, B.R.D., Compaore, I., Sissao, R., Zoungrana-kabore, C.Y., Kouamelan, E.P., & Toguyeni, A. (2017). Fish meal replacement by *Cirina butyrospermi* caterpillar's meal in practical diets for *Clarias gariepinus* fingerlings. *Aquaculture Research*, 48(4), 5243-5250. <https://doi.org/10.1111/are.13337>
9. Anvo, M.P.M., Toguyéni, A., Otchoumou, A.K., Zoungrana-Kaboré, C.Y., & Kouamelan, E.P. (2016). Evaluation of *Cirina butyrospermi* caterpillar's meal as an alternative protein source in *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) larvae feeding. *International Journal of Fisheries & Aquatic Studies*, 4(6), 88-94.
10. Atanda, A.N. (2012). Fish species diversification in Agriculture for the success of the agriculture transformation agenda: The role of tilapia production; Fisheries Society of Nigeria (FISON) annual public lecture, Lagos, Nigeria.
11. Azarm, H.M., & Lee, S.M. (2014). Effects of partial substitution of dietary fish meal by fermented soybean meal on growth performance, amino acid and biochemical parameters of juvenile black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli*. *Aquaculture Research*, 45, 994-1003. <https://doi.org/10.1111/are.12040>
12. Bonaldo, A., Luca, P., Luciana, M., Rubina, S., Ramon, F., et al. (2011). Increasing dietary plant proteins affects growth performance and ammonia excretion but not digestibility and gut histology in turbot (*Psetta maxima*) juveniles. *Aquaculture*, 318(1), 101-108. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.05.003>
13. Bruton, M.N. (1979). The food and feeding behavior of *Clarias gariepinus* (Pisces: Clariidae) in Lake Sibaya, South Africa, with emphasis on its role as a predator of cichlids. *Transactions of the Zoological Society of London*, 35, 47-114. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1979.tb00057.x>
14. Cheng, W., Chiu, C.S., Guu, Y.K., Tsai, S.T., & Liu, C.H. (2013). Expression of recombinant phytase of *Bacillus subtilis* E20 in *Escherichia coli* HMS 174 and improving the growth performance of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, juveniles by using phytase-pretreated soybean meal - containing diet. *Aquaculture Nutrition*, 19, 117-127. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2012.00946.x>
15. Clay, D. (1979). Population biology, growth and feeding of African catfish (*Clarias gariepinus*) with special reference to juveniles and their importance in fish culture. *Archiv für Hydrobiologie*, 87(4), 453-482.
16. Conceição, L.E.C, Ozório, R.O.A., Suurd, E.A., & Verreth, J.A.J. (1998). Amino acid profiles and amino acid utilization in larval African catfish (*Clarias gariepinus*): Effects of ontogeny and temperature. *Fish Physiology and Biochemistry*, 19, 43-48.
17. Dada, A. (2017). Use of fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis*) leaf powder as feed additive in African catfish (*Clarias*

- Уманець Р. М., Баланчук Л. В., Недашківський В. М., Чудак Р. А., Цап С. В., Кривий М. М., Коробань М. П. *garipepinus*) fingerlings. International Journal of Applied Animal Research, 45(1), 566-569. <https://doi.org/10.1080/09712119.2016.1233108>
18. Daniel, N. (2017). Status of aquaculture with respect to nutrition and feed. International Journal of Fisheries & Aquatic Studies, 5(1), 333-345.
19. Dauda, A.B., Folorunso, L.A., & Dasuki, A. (2013). Use of Probiotics for Sustainable Aquaculture Production in Nigeria. Journal of Agriculture & Social Research, 13(2), 35-45.
20. Davies, O.A., & Ezenwa, N.C. (2010). Groundnut cake as alternative protein source in the diet of *Clarias gariepinus* fry. International Journal of Natural Sciences, 1(1), 73-76.
21. De Francesco, M., Parisi, G., Médale, F., Lupi, P., Kaushik, S.J., & Poli, B.M. (2004). Effect of long-term feeding with a plant protein mixture-based diet on growth and body/fillet quality traits of large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 236(1), 413-429. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.01.006>
22. Dienenye, H.E., & Olumuji, O.K. (2014). Growth performance and haematological response of African mud catfish *Clarias gariepinus* fed dietary levels of *Moringa oleifera* leaf meal. Net Journal of Agricultural Science, 2(2), 79-88.
23. Engin, K., & Carter, C.G. (2005). Fish meal replacement by plant and animal by-products in diets for the Australian short-finned eel, *Anguilla australis australis* (Richardson). Aquaculture Research, 36(5), 445-454. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.01224.x>
24. Enyidi, U.D., Pirhonen, J., & Vielma, J. (2014). Effects of sesame seed meal and bambaranut meal on growth, feed utilization and body composition of juvenile African catfish *Clarias gariepinus*. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 13(4), 998-1013.
25. Esakkiraj, P., Immanuel, G., Sowmya, S.M., Iyapparaj, P., & Palavesam, A. (2009). Evaluation of protease-producing ability of fish gut isolate *Bacillus cereus* for aqua feed. Food Bioprocess Technology, 2(4), 383-390.
26. Espe, M., Lemme, A., Petri, A., & El-Mowafi, A. (2007). Assessment of lysine requirement for maximal protein accretion in *Atlantic salmon* using plant protein diets. Aquaculture, 263(1), 168-178. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.10.018>
27. Fagbenro, O.A., & Davies, S.J. (2004). Use of high percentages of soy protein concentrate as fish meal substitute in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). Journal of Applied Aquaculture, 16(1-2), 113-124. https://doi.org/10.1300/J028v16n01_10
28. FAO (2016). The State of World Fisheries and Aquaculture-Contributing to food security and nutrition for all. Fisheries and Aquaculture Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome pp: 200.
29. FAO (2017). Fishery and Aquaculture Statistics. Global aquaculture production 1950-2015 (Fish stat J). In: FAO Fisheries and Aquaculture Department. Rome.
30. FAO (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO. 266 p. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
31. Gemedede, H. F., & Ratta, N. (2014). Anti-nutritional factors in plant foods: potential health benefits and adverse effects. International Journal of Nutrition and Food Sciences, 3(4), 284-289.
32. Goda, A.M.A.S., Saad, A., Wafa, M., & Sharawy, Z. (2014). Complete substitution of dietary wheatbran with Duckweed Lemna species supplemented with exogenous digestive enzymes for freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man 1879) postlarvae. In: The International Conference and Exposition of Aquaculture Europe 2014. Kursaal in San Sebastian, SPAIN.
33. Habtamu F.G., & Negussie, R. (2014). Antinutritional factors in plant foods: Potential health benefits and adverse effects. International Journal of Nutrition & Food Sciences, 3, (4), 284-289. DOI: 10.11648/j.ijnfs.20140304.18

34. Hamid, H., Thakur, N.S., & Pradeep, K. (2017). Anti-nutritional factors, their adverse effects and need for adequate processing to reduce them in food. *AgricINTERNATIONAL*, 4(1), 56-60. DOI:10.5958/2454-8634.2017.00013.4
35. Hansen, A.C., Hemre, G., Karlsen, Ø., Koppe, W., & Rosenlund, G. (2011). Do plant-based diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) need additions of crystalline lysine or methionine? *Aquaculture Nutrition*, 17(2), 362-371. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2010.00770.x>
36. Henken, A.M., Machiels, M.A.M., Dekker, W., & Hogendoorn, H. (1986). The effect of dietary protein and energy content on growth rate and feed utilization of the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *Aquaculture*, 58(1-2), 55-74. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(86\)90156-0](https://doi.org/10.1016/0044-8486(86)90156-0)
37. Huang, K., & Nitin, N. (2019). Edible bacteriophage based antimicrobial coating on fish feed for enhanced treatment of bacterial infections in aquaculture industry. *Aquaculture*, 502, 18-25. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.026>
38. Irabor, A.E., Ekokotu, P.A., & Nwachi, O.F. (2016). Effects of pawpaw seed powder as an additive on growth of catfish fingerlings reared in an indoor tank. *Journal of Northeast Agricultural University*, 23 (4), 55-60. [https://doi.org/10.1016/S1006-8104\(17\)30007-7](https://doi.org/10.1016/S1006-8104(17)30007-7)
39. Jiang, Y., Zhao, P.F., Lin, S.M., Tang, R.J., Chen, Y.J., & Luo, L. (2018). Partial substitution of soybean meal with fermented soybean residue in diets for juvenile largemouth bass, *Micropterus salmoides*. *Aquaculture Nutrition*, 24(5), 1213-1222. <https://doi.org/10.1111/anu.12659>
40. Jimoh, W.A., & Aroyehun H.T. (2011). Evaluation of cooked and mechanically defatted sesame (*Sesamum indicum*) seed meal as a replacer for soybean meal in the diet of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11(2), 185-190. DOI: 10.4194/trjfas.2011.0202
41. Kerdchuen, K. (1992). L'alimentation artificielle d'un silure africain, *Heterobranchus longifilis* (Teleostei: Clariidae). Incidence du mode d'alimentation et première estimation des besoins nutritionnels. (Doctoral dissertation University Paris). *Dissertation Abstract International*, 6, 182 pp.
42. Khan, A., & Ghosh, K. (2012). Evaluation of phytase production by fish gut bacterium, *Bacillus subtilis* for processing of Ipomea aquatic leaves as probable aquafeed ingredient. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 22(5), 508-519. <https://doi.org/10.1080/10498850.2012.669032>
43. Lund, I., Dalsgaard, J., Rasmussen, H.T., Holm, J., & Jokumsen, A. (2011). Replacement of fish meal with a matrix of organic plant proteins in organic trout (*Oncorhynchus mykiss*) feed, and the effects on nutrient utilization and fish performance. *Aquaculture*, 321(3), 259-266. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.09.028>
44. National Research Council (2011). *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. Washington DC: National Academy Press, 392 pp.
45. Ng, W.K., Liew, F.L., Ang, L.P., & Wong, K.W. (2001). Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture Research*, 32(1), 273-280. <https://doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00024.x>
46. Ng, W.K., Lim, P.K., & Boey, P.L. (2003). Dietary lipid and palm oil source affects growth, fatty acid composition and muscle alpha-tocopherol concentration of African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture*, 215(1-4), 229-243. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00067-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00067-4)
47. Ng, W.K., Wang, Y., Ketchimenin, P. & Yuen, K.H. (2004). Replacement of dietary fish oil with palm fatty acid distillate elevates tocopherol and tocotrienol concentrations and increases oxidative stability in the muscle of African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture*, 233(1-4), 423-437. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.10.013>
48. Ochang, S.N., Ugbor, O.N., & Ezeonwu, K.C. (2014). Effect of replacement of

- soybean meal with beniseed (*Sesamum indicum*) meal on the growth and haematology of African catfish (*Clarias gariepinus*). Nigerian Journal of Fisheries, 11(1-2), 762-769.
49. Oké, V., Abou, Y., Adité, A., & Kabré, J.A.T. (2016). Growth performance, feed utilization and body composition of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) fed marine fish viscera-based-diet in earthen ponds. Fish Aquaculture, 7(4), 2-7. DOI:10.4172/2150-3508.1000183
50. Pantazis, P.A. (2005). Protein to energy ratios in African catfish fed purified diets is *Clarias gariepinus* an ordinary carnivore. Archives of Polish Fisheries, 13(2), 157-170.
51. Peres, H., & Oliva Teles, A. (2005). The effect of dietary protein replacement by crystalline amino acid on growth and nitrogen utilization of turbot *Scophthalmus maximus* juveniles. Aquaculture, 250(3-4), 755-764. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.04.046>
52. Pillay, T.V.R. (1990). Aquaculture Principles and Practices. Oxford: Fishing News Books.
53. Raji, A.A., Junaid, Q.O., Oke, M.A., Taufek, N.H.M., Muin, H., Bakar, N.H.A., Alias, Z., Milow, P., Simarani, K., & Razak, S.A. (2019). Dietary *Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris* effects on survival and haemato-immunological responses of *Clarias gariepinus* juveniles to *Aeromonas hydrophila* infection. AACL Bioflux, 12(5), 1559-1577.
54. Ramachandran, S., & Ray, A.K. (2007). Nutritional evaluation of fermented black gram (*Phaseolus mungo*) seed meal in compound diets for rohu, *Labeo rohita* (Hamilton), fingerlings. Journal of Applied Ichthyology, 23(1), 74-79. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00772.x>
55. Richter, C.J.J. (1976). The African catfish, *Clarias lazera* (C. and V.), a new possibility for fish culture in tropical regions? Miscellaneous papers / Landbouwhogeschool Wageningen, 13, 51-71.
56. Sahu, A.K., Sahoo, S.K., & Giri, S.S. (2002). Efficacy of water hyacinth compost in nursery ponds for larval rearing of Indian major carp, *Labeo rohita*. Bioresource Technology, 85(3), 309-311. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00100-1](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00100-1)
57. Schoonbee, H.J. (1969). Notes on the food habits of fish in Lake Baberspan, western Transvaal, South Africa. Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie, 17(2), 689-701. <https://doi.org/10.1080/03680770.1968.11895904>
58. Sheikhlar, A. Goh, Y.M., Alimon, R., & Ebrahimi, M. (2017). Antioxidative effects of mulberry foliage extract in African catfish diet. Aquaculture Research, 48(8), 4409-4419. <https://doi.org/10.1111/are.13266>
59. Shimeno, S., Mima, T., Yamamoto, O., & Ando, Y. (1993). Effects of fermented defatted soybean meal in diet on the growth, feed conversion, and body composition of juvenile yellowtail. Nippon Suisan Gakkaishi. 59(11), 1883-1888.
60. Shiu, Y.L., Wong, S.L., Guei, W.C., Shin, Y.C., & Liu, C.H. (2013). Increase in the plant protein ratio in the diet of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone), using *Bacillus subtilis* E20-fermented soybean meal as a replacement. Aquaculture Research, 46(2), 382-394. <https://doi.org/10.1111/are.12186>
61. Soetan K., & Oyewol O. (2009). The need for adequate processing to reduce the antinutritional factors in plants used as human foods and animal feeds: A review. African Journal of Food Science, 3(9), 223-232.
62. Solomon, S.G., Ataguba, G.A., & Itodo, G.E. (2017). Performance of *Clarias gariepinus* fed dried brewer's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) slurry in replacement for soybean meal. Journal of Nutrition & Metabolism, 2017(1), 1-8. DOI: 10.1155/2017/8936060
63. Solomon, S.G., Okomoda, V.T., & Oda, S.O. (2017). Nutritional value of toasted pigeon pea, *Cajanus cajan* seed and its utilization in the diet of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings. Aquaculture Reports, 7, 34-39. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.05.005>
64. Solomon, S.G., Okomoda, V.T., & Onah, R.E. (2017). Nutritional profile of soaked *Cajanus cajan* (L.) Millsp. and its utilization as partial replacement for soybean meal in the diet

- Уманець Р. М., Баланчук Л. В., Недашківський В. М., Чудак Р. А., Цап С. В., Кривий М. М., Коробань М. П. of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings. *Journal of Applied Ichthyology*, 33(3), 450–457. <https://doi.org/10.1111/jai.13280>
65. Soosean, C., Marimuthu, K., Sudhakaran, S., & Xavier, R. (2010). Effect of mangosteen (*Garcinia mangostana L.*) extracts as a feed additive on growth and hematological parameters of African catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings. *European Review for Medical & Pharmacological Sciences*, 14(7), 605-611.
66. Spataru, P., Viveen, W., & Gophen, M. (1987). Food composition of *Clarias gariepinus* (*Clarias lazera*) (Cypriniformes, Clariidae) in Lake Kinneret (Israel). *Hydrobiologia*, 144, 77-82.
67. Sun, M., Kim, Y.C., Okorieo, O.E., Lee, S., Devnath, S., Yoo, G., Jo, Y.K., & Bai, S.C. (2007). Use of fermented fisheries by-products and soybean curd residues mixture as a fish meal replacer in diets of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Journal of World Aquaculture Society*, 38(4), 543-549. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2007.00128.x>
68. Taufek, N.M., Muin, H., Raji, A. A., Md Yusof, H., Alias, Z., & Razak, S.A. (2017). Potential of field crickets meal (*Gryllus bimaculatus*) in the diet of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 541–546. <https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1357560>
69. Tihamiyu, L.O., Ataguba, G.A., & Jimoh, J.O. (2013). Growth Performance of *Clarias gariepinus* Fed Different Level of Agama agama meal diets. *Pakistan Journal of Nutrients*, 12(5), 510-515. DOI:10.3923/pjn.2013.510.515
70. Uchchekwu, E., & Gift, O. (2019). Effects of Substitution of Fishmeal with Bambaranut Meal on Growth and Intestinal Microbiota of African Catfish (*Clarias gariepinus*). *Aquaculture Studies*, 19(1), 09-23. DOI:10.4194/2618-6381-v19_1_02
71. Uchchekwu, E., Juhani, P., Juhani, K., & Jouni, V. (2017). Effect of feed protein: Lipid ratio on growth parameters of African catfish, *Clarias gariepinus* after fish meal substitution in the diet with bambaranut (*Voandzeia subterranea*) meal and soybean (*Glycine max*) meal. *Fishes*, 2(1), 2-11. DOI:10.3390/fishes2010001
72. Uys, W. (1989). Aspects of the nutritional physiology and dietary requirements of juvenile and adult sharptooth catfish, *Clarias gariepinus* (Pisces; Clariidae). (Doctoral dissertation Rhodes University) Grahamstown, South Africa, Rhodes University, 190 pp.
73. Uys, W., & Hecht, T. (1987). Assays on the digestive enzymes of sharptooth catfish, *Clarias gariepinus* (Pisces: Clariidae). *Aquaculture*, 63(1-4), 301-313. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(87\)90080-9](https://doi.org/10.1016/0044-8486(87)90080-9)
74. Uys, W., Hecht, T., & Walters, M. (1987). Changes in digestive enzyme activities of *Clarias gariepinus* (Pisces: Clariidae) after feeding. *Aquaculture*, 63 (1-4), 243-250. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(87\)90076-7](https://doi.org/10.1016/0044-8486(87)90076-7)
75. Van Weerd, J.H. (1995). Nutrition and growth in *Clarias* species – a review. *Aquatic Living Resources*, 8(4), 395–401. <https://doi.org/10.1051/alr:1995046>
76. Welker, T., Barrows, F, Overturf, K., Gaylord, G., & Sealey, W. (2016). Optimizing zinc supplementation levels of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed practical type fishmeal- and plant- based diets. *Aquaculture nutrition*, 22(1), 91-108. <https://doi.org/10.1111/anu.12232>
77. Wilson, R.P., & Moreau, Y. (1996). Nutrient requirements of catfish (Siluroidei). *Aquatic Living Resources*, 9(5), 103-111. <https://doi.org/10.1051/alr:1996045>
78. Yamamoto, T., Iwashita, Y., Matsunari, H., Sugita, T., Furuita, H., Akimoto, A., Okamoto, K., & Suzuki, N. (2010). Influence of fermentation conditions for soybean meal in a non-fish meal diet on the growth performance and physiological condition of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 309(1-4), 173–180. DOI:10.1016/j.aquaculture.2010.09.021
79. Yun, B., Ai, Q., Mai, K., Xu, W., Qi, G., & Luo, Y. (2012). Synergistic effects of dietary cholesterol and taurine on growth performance and cholesterol metabolism in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus L.*) fed high plant protein diets. *Aquaculture*, 324, 85-91.

NON-TRADITIONAL SOURCES OF PROTEIN IN THE FEEDING OF AFRICAN CATFISH *CLARIAS GARIEPINUS*

R. M. Umanets, L. V. Balanchuk, V. M. Nedashkivskyi, R. A. Chudak,
S. V. Tsap, M. M. Kryvyi, M.P. Koroban

Abstract. *Aquaculture is one of the fastest-growing industries in the world. It supplies half of the world's fish products consumed annually. Therefore, the future global demand can be satisfied only by expanding and intensifying aquaculture production, which, in turn, requires an increase in the production of complete ration compound feeds. This prompts the need to increasingly use alternative feed ingredients to satisfy the significant protein and energy needs of fish, which is a challenge for feed producers on the one hand and a relevant topic for researchers on the other. Currently, unfortunately, there's not enough research on new fish feeds, especially with the possibility of using non-traditional protein sources in compound feeds. It's well known that one of the alternative ways to ensure high productivity and reduce the cost of aquaculture products is to replace fish meal with cheaper vegetable protein. The main problem is to preserve its biological value. Vegetable protein is characterized by a lower content of certain amino acids, including irreplaceable ones, and fish necessity for them in several times higher than warm-blooded animals. Therefore, such a replacement shouldn't lead to a decrease in the biological value of the diet. The article summarizes the results of global scientific research on the possibility of replacing fish meal with various sources of protein in compound feeds for African catfish, *Clarias gariepinus*. The use of alternative protein sources and their replacement of deficient and rather expensive fish meal are now gradually gaining relevance in the aquaculture industry.*

Key words: *aquaculture, fish feeding, African catfish, *Clarias gariepinus*, compound feeds, non-traditional sources of protein*