УДК 639.3.043.2:597.551.412

Недашківський В. М.
доктор сільськогосподарських наук, професор,
Білоцерківський національний аграрний університет
Біла Церква, Україна
E-mail: *profkom1967@ukr.net*
ORCID: *0000-0001-5487-6807*

Чудак Р. А.
доктор сільськогосподарських наук, професор,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна
E-mail: *romanchudak@ukr.net*
ORCID: *0000-0003-4318-6979*

Цап С. В.
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Дніпро, Україна
E-mail: *tsap.svetlana@i.ua*
ORCID: *0009-0007-1613-8273*

Кривий М. М.
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: *kryvyi.znau@gmail.com*
ORCID: *0000-0001-9428-0645*

Уманець Р. М.
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна
E-mail: *umanets_r@nubip.edu.ua*
ORCID: *0000-0003-1483-2775*

Коробань М. П.
здобувач наукового ступеня доктора філософії,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна
E-mail: *m.koroban@nubip.edu.ua*
ORCID: *0009-0003-1763-2629*

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОЛІЗОВАНОГО СОЄВОГО ШРОТУ В ГОДІВЛІ КЛАРІЄВОГО СОМА (*CLARIAS GARIEPINUS*)

Анотація

Щоб підвищити ефективність використання кормів, аквакультура рухається в сторону інтенсифікації. Основну частку витрат у промисловому рибництві становлять корми. На їх частку припадає близько 40–60% загальних витрат. Виробництво комбікормів передбачає, зокрема, контроль якості сировини, що відіграє вирішальну роль для безпеки харчової продукції, а також ефективні види високоякісних компонентів, що забезпечують оптимальний ріст різних видів риб, які вирощуються в різних умовах. Для зниження собівартості кормів та продукції аквакультури актуальними є питання заміни дорогих компонентів тваринного походження більш дешевими – рослинними. Однак така заміна призводить до зниження біологічної цінності протеїну через зниження вмісту незамінних амінокислот, зниження перетравності білка та доступно-

© Недашківський В. М., Чудак Р. А., Цап С. В., Кривий М. М., Уманець Р. М., Коробань М. П., 2023
DOI: https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-3.6

сті амінокислот. З огляду на це важливо таку заміну кормів більш дешевою сировиною проводити без зниження інтенсивності росту та якості готової продукції аквакультури.

Таким чином, одним із поточних викликів рибництва та пріоритетом міжнародних досліджень є пошук замінників рибного борошна та використання альтернативних рослинних високопротеїнових кормів у рецептурах комбікормів. Оцінка заміни рибного борошна гідролізованим соєвим шротом проводилася за показниками росту та витрат корму. Дослід було проведено на 500 особинах кларієвого сома (Clarias gariepinus), яких розділили на 5 груп (5 дослідних і контрольну) та утримували у 5 акваріумах по 100 л. Рівень введення гідролізованого соєвого шроту становив 0, 5, 10, 15 та 20%. Дослідження тривали 28 діб (зрівняльний та основний період по 14 діб). Введення гідролізованого соєвого шроту у комбікорми кларієвого сома спричинило у всіх групах вищі прирости живої маси порівняно із аналогами контролю. Відкладання білку в організмі не змінювалося. Заміна у комбікормі до 20% рибного борошна гідролізованим соєвим шротом прискорює ріст кларієвого сома (Clarias gariepinus).

Ключові слова: *альтернативний протеїн, кларієвий сом (Clarias gariepinus), амінокислотне живлення, годівля риб, жива маса, ферментований соєвий шрот.*

Вступ. За оцінкою Продовольчої та сільськогосподарської організації світове виробництво риби зросте на 29 млн тонн між 2015 та 2025 роками [9; 14]. Попит на корми для аквакультури та рибне борошно зросте відповідно до розширення галузі рибництва [8].

Рибне борошно є необхідною складовою частиною комбікормів для вирощування риби на ранніх етапах розвитку завдяки його високій засвоюваності та амінокислотному складу [18].

Більшу частину рибного борошна отримують від вилову. Таким чином, існує глобальна ініціатива, спрямована на уникнення нераціонального використання рибних ресурсів шляхом скорочення використання кормового білка на основі риби для аквакорму [11; 24]. Останнім часом індустрія кормів для аквакультури зосереджена на потенціалі використання рослинного білку задля заміни рибного борошна [24]. Інгредієнти рослинного походження мають більшу доступність і стандартизацію порівняно з рибним борошном, проте вони характеризуються нижчою засвоюваністю, містять антипоживні речовини та мікотоксини [8; 11].

Прогрес у біотехнології та переробці може покращити біодоступність цінних рослинних білків і зменшити присутність антипоживних речовин. Заміна рибного борошна гідролізатами рослинного білку в кормах для аквакультури показала покращення росту риби [5; 10]. Гідролізат пшеничного глютену, який використовують як замінник рибного борошна, показав гарні результати [16]. Ферментативний гідроліз соєвого шроту покращує його функціональні та поживні властивості [7]. Так, задовільний ріст і розвиток спостерігався у річкової камбали (*Platichthys stellatus*), яку годували комбікормами, в яких використовувався гідролізат сої як часткова заміна рибного борошна [5]. Підвищена доступність пептидів з коротким ланцюгом і покращений профіль амінокислот із гідролізованого соєвого шроту підвищують смакові властивості рецептур. Гідролізовані соєві боби також містять біоактивні пептиди, які сприяють росту та здоров'ю [23]. Кларієвий сом є всеїдним видом із високою потребою в білку [15]. У попередніх дослідженнях на сріблястому сомі (*Rhamdia quelen*) з використанням соєвого шроту на заміну рибному борошну у кількості 30% було визначено, що при цьому відбувається погіршення росту [1; 20].

Ферментативний гідроліз соєвого шроту може покращити поживність комбікорму. Таким чином, у даній статті буде описано вплив часткової заміни рибного борошна на гідролізований соєвий шрот у рецептурах для кларієвого сома на ріст, білковий обмін та антиоксидантні властивості.

Метою дослідження є визначення ефективності використання гідролізованого соєвого шроту у годівлі кларієвого сома (*Clarias gariepinus*).

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводилися в проблемній науково-дослідній лабораторії кормових добавок кафедри годівлі тварин та технології кормів ім. П.Д. Пшеничного Національного університету біоресурсів та природокористування України.

Схемою досліду було передбачене проведення основного періоду досліду на 5 групах риб 49-добового віку по 100 особин у кожній. Тривалість зрівняльного періоду становила 14 діб. Молодь сома у період з 35 до 49 доби життя адаптувалась до нових умов утримання та споживала базовий комбікорм без введення гідролізованого соєвого шроту. Кожну групу риб утримували в акваріумі об'ємом 100 л. В основний період досліджень молодь кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) контрольної групи споживала базовий комбікорм без гідролізованого соєвого шроту. Дослідні групи споживали комбікорми з різними рівнями досліджуваного компоненту – від 5 до 20% – впродовж 14 діб (табл. 1).

До складу комбікормів вводили рибне борошно, гідролізований соєвий шрот, кукурудзу, пшеницю, соєвий шрот, м'ясо-кісткове борошно, вапняк, олію соєву, сіль та премікс. Балансували поживність так, щоб при введенні більших рівнів гідролізованого соєвого шроту поживність готових комбікормів відповідала потребам кларієвого сома (*Clarias gariepinus)* та була однаковою в усіх дослідних групах (табл. 2).

Рівень сирого протеїну у комбікормі становив у середньому 36%, а жиру 8–9%. Енергетична поживність комбікорму була в межах 1,5 МДж валової енергії на 100 г.

Амінокислотний склад комбікормів наведено у таблиці 3.

Молодь годували тричі на день у розрахунку 10% від маси риб. Наприкінці експерименту впродовж 24 годин перед зважуванням корм рибі не давався. Абсолютний приріст маси тіла визначали за різницею між середньою масою риби на початку та в кінці дослідного періоду. Дві риби на акваріум випадковим чином були

Таблиця 1. Склад комбікормів, %

Сировина	Рівень введення гідролізованого соєвого шроту, %				
	0	5	10	15	20
Рибне борошно	45	40	35	30	25
Гідролізований соєвий шрот	0	5	10	15	20
Кукурудза	13,5	10,6	8,7	6,3	3
Пшениця	5	7,5	9	11	14
Соєвий шрот	15	15	15	15	15
М'ясо-кісткове борошно	15	15	15	15	15
Олія соєва	3	3,4	3,8	4,2	4,5
Вапняк	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Премікс	1	1	1	1	1
Сіль	1	1	1	1	1
Всього	100	100	100	100	100

Таблиця 2. Поживність готових комбікормів

Показник	Рівень введення гідролізованого соєвого шроту, %				
	0	5	10	15	20
Суха речовина	93,3	94,34	93,86	93,53	93,61
Сирий протеїн	35,89	36,21	36,25	35,72	35,62
Сирий жир	8,42	8,56	8,62	8,66	8,72
Валова енергія, МДж/100 г	1,488	1,500	1,502	1,494	1,495

Таблиця 3. Амінокислотний склад комбікормів з різними рівнями введення гідролізованого соєвого шроту

Сировина	Рівень введення гідролізованого соєвого шроту, %				
	0	5	10	15	20
Незамінні амінокислоти, %					
Ізолейцин	1,22	1,25	1,28	1,27	1,31
Лейцин	2,65	2,75	2,78	2,70	2,84
Фенілаланін	1,52	1,53	1,54	1,51	1,49
Лізин	1,04	0,96	1,07	1,06	1,05
Гістидин	0,24	0,24	0,27	0,29	0,28
Аргінін	3,18	3,29	3,17	3,01	2,84
Тирозин	0,89	0,98	0,98	1,06	0,99
Треонін	1,36	1,30	1,36	1,31	1,38
Метіонін	0,99	0,92	0,97	0,98	0,90
Валін	1,79	1,80	1,82	1,81	1,77
Замінні амінокислоти, %					
Цистин	0,04	0,02	0,01	0,07	0,02
Аланін	3,10	3,11	2,98	3,12	3,05
Пролін	4,10	4,02	3,73	4,05	3,61
Глутамін	5,39	5,56	6,03	6,11	6,19
Гліцин	4,77	4,90	4,49	4,18	3,75
Аспартат	1,81	1,80	1,95	1,30	2,44
Серин	1,80	1,78	1,82	1,89	1,71
Всього	35,89	36,21	36,25	35,72	35,62

Таблиця 4. Показники росту кларієвого сома за різних рівнів гідролізованого соєвого шроту

Показник	Рівень введення гідролізованого соєвого шроту, %				
	0	5	10	15	20
Початкова маса, г	6,63±0,09	6,41±0,15	6,25±0,38	6,54±0,12	6,39±0,08
Кінцева маса, г	22,69±1,18	27,62±1,24***	28,35±1,22***	28,92±1,16***	28,02±1,79***
Загальна довжина, см	15,09±0,36	14,94±0,26	14,82±0,25	15,09±0,33	14,58±0,34
Абсолютний приріст маси, г	16,09 0,64	21,27±1,04***	22,02±0,60***	22,49±1,17***	21,71±1,85***
Коефіцієнт кондиції	0,69±0,01	0,84±0,02**	0,88±0,02**	0,86±0,08**	0,93±0,03**
Кормовий коефіцієнт	1,33±0,07	1,34±0,02***	1,33±0,10***	1,37±0,04***	1,32±0,009***

Примітки: *p<0,05, **p<0,01, *** p<0,001 порівняно з контрольною групою

відібрані для збору зразків крові з каудальної вени. Аналіз хімічного складу та якості тушки проводили наприкінці досліду з використанням трьох рибин з кожного акваріума.

Кінцева жива маса кларієвого сома різнилася між групами. Так, найменший показник маси спостерігався без використання гідролізованого соєвого шроту (табл. 4).

Використання 5% гідролізованого шроту призвело до підвищення кінцевої маси на 4,93 г, або 21,7% ($p<0,001$). При введенні 10% гідролізованого соєвого шроту кінцева маса збільшилася на 5,66 г, або 24,9% порівняно з аналогами контрольної групи, де шрот не використовувався. Відмічено найвище зростання маси тіла з-поміж усіх дослідних груп при використанні 15% гідролізованого шроту – на 6,23 г (або 27,5%) від показників контролю.

Показник загальної довжини тіла варіював між групами. Найнижчі значення були отримані в групі, де використовували 20% гідролізованого соєвого шроту, що менше на 0,51 см, або 3,4%. Дещо вищими значеннями характеризувалися групи з рівнем введення 5 та 10% гідролізованого шроту, при чому різниця між ними та аналогами контрольної групи була нижчою на 0,99 та 1,79%. За використання 15% гідролізованого соєвого шроту показник загальної довжини тіла був на рівні групи, де шрот не використовувався.

Як свідчать вищенаведені дані, найвищий приріст маси тіла риб спостерігався при використанні 15% гідролізованого соєвого шроту у комбікормі. Він був вищим на 39,8% від показників контрольної групи ($p<0,001$). Введення 10% гідролізованого шроту призвело до збільшення приросту маси на 36,9% ($p<0,001$) відносно групи, де шрот не вводився. Використання 20% гідролізованого шроту у комбікормі для кларієвого сома дало зростання маси на 34,9% ($p<0,001$). Найменший приріст маси відносно аналогів контрольної групи було відзначено при використанні 5% гідролізованого соєвого шроту – на 32,2% вище ($p<0,001$).

Коефіцієнт кондиції був вищим і достовірно відрізнявся у риб дослідних груп, які споживали комбікорм з гідролізованим соєвим шротом ($p<0,05$).

Кормовий коефіцієнт був найнижчим при використанні 20% гідролізованого соєвого шроту, найвищим – при введенні 15%.

Вірогідних змін у складі філе молоді кларієвого сома не було виявлено при включенні до комбікорму до 20% гідролізованого соєвого шроту (табл. 5).

Таблиця 5. Хімічний склад філе кларієвого сома

Показник	Рівень введення гідролізованого соєвого шроту, %				
	0	5	10	15	20
Склад філе, %					
Суха речовина	26,92±0,65	26,41±0,68	29,63±0,56	26,36±1,40	26,97±0,81
Сирий протеїн	21,02±0,53	21,47±0,41	21,23±0,48	21,04±0,74	21,87±0,62
Сирий жир	1,81±0,57	1,82±0,29	1,48±0,22	2,43±0,25	1,70±0,63
Зола	1,64±0,04	1,64±0,04	1,80±0,05	1,60±0,06	1,61±0,07

Вміст сухої речовини коливався від 26,36 до 26,97%. Вміст сирого протеїну у філе становив 21,02–21,87%, жиру – 1,48–2,43%. Найвищий вміст сирого жиру відмічали у філе риб дослідної групи, у якій вивчали введення 15% соєвого шроту, – на 34,3% порівняно з контролем.

Не було виявлено суттєвих змін у сироватці та плазмі крові при введенні до 20% гідролізованого соєвого шроту. Гематологічні та біохімічні параметри крові наведені в таблиці 6.

Таблиця 6. Показники крові кларієвого сома

Показник	Рівень введення гідролізованого соєвого шроту, %				
	0	5	10	15	20
Сироватка крові, %					
Еритроцити, 10^9/л	2,15±2,56	2,47±5,59	2,20±8,80	2,27±3,41	1,99±2,85
Гематокрит, %	26,94±1,66	28,51±1,48	26,72±1,19	28,84±1,01	28,31±1,22
Гемоглобін, г/л	54,30±2,70	54,12±1,91	49,30±2,81	53,44±1,90	53,32±2,30
Сечовина, ммоль/л	8,97±0,25	8,86±0,27	8,92±0,23	8,90±0,20	8,95±0,24
Середня концентрація гемоглобіну в еритроцитах, %	20,29±1,09	19,44±0,99	18,91±1,13	18,63±0,72	19,01±0,96
Показники плазми крові					
Загальний білок, г/л	55,59±1,14	55,56±1,08	55,44±1,21	55,38±1,06	55,52±1,15
Альбумін, г/л	7,58±0,60	6,69±0,50	6,63±0,60	6,67±0,61	7,72±0,70
Холестерол , ммоль/л	2,72±0,10	2,67±0,11	2,75±0,14	2,69±0,16	2,77±0,14

Суттєвих змін загального білку у плазмі крові не відзначалося. Найвищий показник спостерігався в групі без використання ферментованого соєвого шроту – 55,59 г/л, а найнижчий за введення 15% шроту – 55,38 г/л.

Також нами було відмічено при вивченні плазми крові кларієвого сома найвищий вміст альбуміну – 7,72 г/л у групі з використанням 20% ферментованого шроту.

Використання біотехнологічних процесів, таких як ферментативний гідроліз, може покращити поживні характеристики сої та інших кормів рослинного походження [19].

Гідроліз забезпечує найефективнішу білкову фракцію з соєвого шроту і призводить до утворення біоактивних пептидів [13; 17]. Використання гідролізату з соєвих бобів може замінити рибне борошно до 85% раціону без порушення росту [6]. Ефект стимулювання росту був відмічений при заміні рибного борошна соєвим гідролізатом на рівні 20–40% [2; 5; 22].

Під час досліджень на сріблястому сомі, якому згодовували гідролізований соєвий шрот, було відмічено найвищий його ріст, який пояснюється наявністю пептидів, що діють як стимулятори росту [4; 16; 21]. Оскільки кларієвий сом є всеїдною рибою, раціони з високим вмістом інгредієнтів рослинного походження можуть спричинити проблеми із смаковими якостями у цього виду [1]. Групою вчених було доведено, що ферментативний гідроліз збільшує доступність пептидів і амінокислот для поглинання [22]. Включення 27% суміші гідролізату сої та бавовни для заміни рибного борошна в раціонах *Scophthalmus maximus* підвищило коефіцієнт ефективності протеїну [2].

Використання рослинних кормів у раціонах для риб може зменшити смакові якості та споживання корму [8]. Відмічалося, що рибне борошно, замінене соєвим гідролізатом на рівнях 15–50% у раціонах *Platichthys Stellatus*, збільшило споживання корму [5].

Інші вчені вказують, що використання високих рівнів гідролізатів до раціонів сріблястого сома може призвести до проблем з вимиванням поживних речовин та метаболічних втрат [4].

Дослідженнями було показано, що споживання кормів рослинного походження може призвести до погіршення показників крові. Включення 30% соєвого шроту до комбікорму *Takifugu rubripes* знизило гематокрит та гемоглобін [12]. Включення 34% соєвого шроту в раціон для S. Hasta викликало анемію через зниження кількості еритроцитів і гематокриту [3].

Отже, дослідженнями встановили, що застосування альтернативних білкових джерел рослинного походження у годівлі кларієвого сома є ефективним і має важливе практичне значення, оскільки його можливо використовувати як заміну рибного борошна.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Введення гідролізованого соєвого шроту у кількості від 5 до 20% вірогідно покращує кінцеву масу тіла кларієвого сома. Проте було виявлено у процесі дослідження, що заміна у комбікормі до 20% рибного борошна на гідролізований соєвий шрот для годівлі кларієвого сома найбільш ефективно забезпечує покращення росту за збереження показників хімічного складу тіла за найнижчих витрат. Завдяки цьому заміна компонентів комбікормів із високою вартістю, таких як рибне борошно, альтернативним дешевшим кормом – гідролізованим соєвим шротом – дозволяє знизити собівартість продукції без зниження її якості.

Отже, варто підкреслити, що подальші дослідження мають проводитися у напрямі вивчення ефективності використання гідролізованого соєвого шроту для годівлі інших видів риб.

Список використаних джерел

1. Desempenho e composição dos filés de jundiás (Rhamdia quelen) submetidos a diferentes dietas na fase de recria / R. Lazzari et al. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2008. Vol. 60, no. 2. P. 477–484. URL: https://doi.org/10.1590/s0102-09352008000200030.

2. Dietary inclusion of hydrolyzed soybean and cottonseed meals influence digestion, metabolic enzymes, and growth-related hormones and growth of juvenile turbot (Scophthalmus maximus) / Z. Song et al. *Aquaculture International*. 2018. Vol. 26, no. 4. P. 1017–1033. URL: https://doi.org/10.1007/s10499-018-0265-z.

3. Dietary replacement of fish meal by soy products (soybean meal and isolated soy protein) in silvery-black porgy juveniles (Sparidentex hasta) / M. Yaghoubi et al. *Aquaculture.* 2016. Vol. 464. P. 50–59. URL: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.06.002.

4. Effect of diets containing different types of sardine waste (Sardinella sp.) protein hydrolysate on the performance and intestinal morphometry of silver catfish juveniles (Rhamdia quelen) / B. Wosniak et al. *Latin American Journal of Aquatic Research.* 2016. Vol. 44. № 5. P. 957–966. URL: https://doi.org/10.3856/vol44-issue5-fulltext-8.

5. Effects of fishmeal replacement with soy protein hydrolysates on growth performance, blood biochemistry, gastrointestinal digestion and muscle composition of juvenile starry flounder (Platichthys stellatus) / Z. Song et al. *Aquaculture*. 2014. Vol. 426–427. P. 96–104. URL: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.01.002.

6. Effects of Replacement of Fish Meal by Soy Protein Isolate on the Growth, Digestive Enzyme Activity and Serum Biochemical Parameters for Juvenile Amur Sturgeon (Acipenser schrenckii) / Q. Y. Xu et al. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2012. Vol. 25. № 11. P. 1588–1594. URL: https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12192.

7. Enzymatic hydrolysis of extruded-expelled soy flour and resulting functional properties / B.P. Lamsal et al. *Journal of the American Oil Chemists' Society.* 2006. Vol. 83. № 8. P. 731–737. URL: https://doi.org/10.1007/s11746-006-5031-0.

8. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review / D. M. Gatlin et al. *Aquaculture Research*. 2007. Vol. 38. № 6. P. 551–579. URL: https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01704.x.

9. FAO. 2014. The State of World Fisheries and Aquaculture 2014. Rome. 223 pp. URL: https://www.fao.org/fishery/en/publications/66711.

10. Feed technological and nutritional properties of hydrolyzed wheat gluten when used as a main source of protein in extruded diets for rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) / T. Storebakken et al. *Aquaculture*. 2015. Vol. 448. P. 214–218. URL: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.05.029.

11. Feeding aquaculture in an era of finite resources / R. L. Naylor et al. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2009. Vol. 106. № 36. P. 15103–15110. URL: https://doi.org/10.1073/pnas.0905235106.

12. Fish meal replacement by soybean meal in diets for Tiger puffer, Takifugu rubripes / S.-J. Lim et al. *Aquaculture.* 2011. Vol. 313. № 1–4. P. 165–170. URL: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.01.007.

13. Fish protein hydrolysates: Proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: A review / M. Chalamaiah et al. *Food Chemistry.* 2012. Vol. 135. № 4. P. 3020–3038. URL: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.100.

14. Food and Agriculture Organization. Cultured Aquatic Species Information Programme. Oreochromis niloticus. In J. E. Rakocy (Ed.). Rome: FAO Fisheries and Aquaculture Department. URL: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/en.

15. Growth performance and carcass composition of African catfish (Clarias gariepinus Burchell, 1822) fed on black soldier fly (Hermetia illucens Linnaeus, 1758) larvae based diets / B.M. General et al. *African Journal of Agricultural Research*. 2023. Vol. 19. № 3. P. 216–225. URL: https://doi.org/10.5897/ajar2022.16235.

16. Hydrolysed wheat gluten as part of a diet based on animal and plant proteins supports good growth performance of Asian seabass (Lates calcarifer), without impairing intestinal morphology or microbiota / E. Apper et al. *Aquaculture*. 2016. Vol. 453. P. 40–48. URL: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.11.018.

17. Lamsal B.P., Jung S., Johnson L.A. Rheological properties of soy protein hydrolysates obtained from limited enzymatic hydrolysis. *LWT – Food Science and Technology*. 2007. Vol. 40. № 7. P. 1215–1223. URL: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.08.021.

18. Olsen R.L., Hasan M.R. A limited supply of fishmeal: Impact on future increases in global aquaculture production. *Trends in Food Science & Technology.* 2012. Vol. 27. № 2. P. 120–128. URL: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.06.003.

19. Protein hydrolysates in animal nutrition: Industrial production, bioactive peptides, and functional significance / Y. Hou et al. *Journal of Animal Science and Biotechnology.* 2017. Vol. 8. № 1. URL: https://doi.org/10.1186/s40104-017-0153-9.

20. Protein sources and digestive enzyme activities in jundiá (Rhamdia quelen) / R. Lazzari et al. Scientia Agricola. 2010. Vol. 67. № 3. P. 259–266. URL: https://doi.org/10.1590/s0103-90162010000300002.

21. Sardine (Sardinella spp.) protein hydrolysate as growth promoter in South American catfish (Rhamdia quelen) feeding: Productive performance, digestive enzymes activity, morphometry and intestinal microbiology / N. Ha et al. *Aquaculture*. 2019. Vol. 500. P. 99–106. URL: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.10.004.

22. Soy peptide inclusion levels influence the growth performance, proteolytic enzyme activities, blood biochemical parameters and body composition of Japanese flounder, Paralichthys olivaceus / R. E. P. Mamauag et al. *Aquaculture.* 2011. Vol. 321. № 3–4. P. 252–258. URL: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.09.022.

23. Study on Hydrolysis Conditions of Flavourzyme in Soybean Polypeptide Alcalase Hydrolysate / Y. S. Ma et al. *Advanced Materials Research*. 2013. Vol. 652–654. P. 435–438. URL: https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.652-654.435.

24. Tacon A.G.J., Metian M. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture.* 2008. Vol. 285. № 1–4. P. 146–158. URL: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.08.015.

Nedashkivskyi V. M.
Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Bila Tserkva National Agrarian University
Bila Tserkva, Ukraine
E-mail: *profkom1967@ukr.net*
ORCID: *0000-0001-5487-6807*

Chudak R. A.
Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Vinnytsia National Agrarian University
Vinnytsia, Ukraine
E-mail: *romanchudak@ukr.net*
ORCID: *0000-0003-4318-6979*

Tsap S. V.
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Dnipro State Agrarian and Economic University
Dnipro, Ukraine
E-mail: *tsap.svetlana@i.ua*
ORCID: *0009-0007-1613-8273*

Kryvyi M. M.
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine
E-mail: *kryvyi.znau@gmail.com*
ORCID: *0000-0001-9428-0645*

Umanets R. M.
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine
E-mail: *umanets_r@nubip.edu.ua*
ORCID: *0000-0003-1483-2775*

Koroban M. P.
PhD Student,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine
E-mail: *m.koroban@nubip.edu.ua*
ORCID: *0009-0003-1763-2629*

EFFICIENCY OF USING HYDROLYZED SOYBEAN MEAL IN FEEDING CATFISH (CLARIAS GARIEPINUS)

Abstract

To increase the efficiency of feed use, aquaculture is moving towards intensification. The main share of costs in industrial fish farming is feed. Their share accounts for about 40–60% of total costs. The production of compound feed involves, first, quality control of raw materials, which plays a decisive role in the safety of food products, as well as effective types of high-quality components that ensure optimal growth of various types of fish that are grown in different conditions. To reduce the cost of feed and aquaculture products, the issue of replacing expensive components of animal origin with cheaper ones of plant origin is urgent. However, this replacement leads to a decrease in the biological value of protein, due to a decrease in the content of essential amino acids, a decrease in protein digestibility, and the availability of amino acids. Therefore, it is important to replace feed with cheaper raw materials without reducing the intensity of growth and the quality of finished aquaculture products.

Thus, one of the current challenges of fish farming and the priority of international research is the search for substitutes for fish meal and the use of alternative plant-based high-protein feeds in compound feed formulations. Evaluation of the replacement of fish meal with hydrolyzed soybean meal was carried out based on indicators of growth and feed consumption. The experiment was conducted on 500 individuals of clary catfish (Clarias gariepinus), which were divided into 5 groups, 1 control and 5 experimental, and kept in 5 aquariums of 100 liters each. The level of introduction of hydrolyzed soybean meal was 0, 5, 10, 15 and 20%. The research lasted 28 days (comparison and main period of 14 days each). The introduction of hydrolyzed soybean meal into the compound feed of clary catfish resulted in higher live weight gains in all groups compared to the control counterparts. Deposition of protein in the body did not change. Replacing up to 20% of fishmeal with hydrolyzed soybean meal in compound feed accelerates the growth of clary catfish (Clarias gariepinus).

Key words: *alternative protein, clary catfish (Clarias gariepinus), amino acid nutrition, fish feeding, body weight, fermented soybean meal.*

References

1. Lazzari, R., Radünz Neto, J., Pedron, F. A., Veiverberg, C. A., Bergamin, G.T., Lima, R. L., Steffens, C. (2008). Desempenho e composição dos filés de jundiás (Rhamdia quelen) submetidos a diferentes dietas na fase de recria Performance and fillet composition of jundiá (Rhamdia quelen) submitted to different diets in the rearing. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 60(2), 477–484. https:// doi.org/10.1590/S0102-09352008000200030
2. Song, Z., Li, P., Wang, J., Sun, Y., & Wang, C. (2018). Dietary inclusion of hydrolyzed soybean and cottonseed meals influence digestion, metabolic enzymes, and growth-related hormones and growth of juvenile turbot (Scophthalmus maximus). Aquaculture International, 26, 1017–1033. https://doi.org/10.1007/s10499-018-0265-z
3. Yaghoubi, M., Tor, M., Marammazi, J. G., Safari, O., & Gisbert, E. (2016). Dietary replacement of fish meal by soy products (soybean meal and isolated soy protein) in silvery-black porgy juveniles (Sparidentex hasta). Aquaculture, 464, 50–59. https://doi.org/10.1016/j. aquaculture.2016.06.002
4. Wosniak, B., Melim, E. W. H., Há, N., Uczay, J., Pilatti, C., Pessatti, M. L., & Fabregat, T. E. (2016). Effect of diets containing different types of sardine waste (Sardinella sp.) protein hydrolysate on the performance and intestinal morphometry of silver catfish juveniles (Rhamdia quelen), Latin American Journal of Aquatic Research, 44(5), 957–966. https://doi.org/10.3856/vol44-issue5-fulltext-8
5. Song, Z., Li, H., Wang, J., Li, P., Sun, Y., & Zhang, L. (2014). Effects of fishmeal replacement with soy protein hydrolysates on growth performance, blood biochemistry, gastrointestinal digestion and muscle composition of juvenile starry flounder (Platichthys stellatus). Aquaculture, 426–427, 96–104. https://doi.org/10.1016/j. aquaculture.2014.01.002

6. Xu, Q. Y., Wang, C. A., Zhao, Z. G., & Luo, L. (2012). Effects of replace- ment of fish meal by soy protein isolate on the growth, digestive enzyme activity and serum biochemical parameters for juvenile Amur sturgeon (Acipenser schrenckii). Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 25(11), 1588–1594. https://doi.org/10.5713/ ajas.2012.12192

7. Lamsal, B. P., Reitmeier, C., Murphy, P. A., & Johnson, L. A. (2006). Enzymatic hydrolysis of extruded-expelled soy flour and resulting functional properties. Journal of the American Oil Chemists Society, 83(8), 731–737. https://doi.org/10.1007/ s11746-006-5031-0

8. Gatlin, D. M. III, Barrows, F. T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T. G., Hardy, R. W., ... Wurtele, E. (2007). Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: A review. Aquaculture Research, 38, 551–579. https://doi.org/10.1111/ j.1365-2109.2007.01704.x

9. FAO. (2014). The state of world fisheries and aquaculture 2014. FAO, Rome

10. Storebakken, T., Zhang, Y., Ma, J., Øverland, M., Torunn, L., Fjeld, O., ... Feneuil, A. (2015). Feed technological and nutritional properties of hydrolyzed wheat gluten when used as a main source of protein in extruded diets for rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Aquaculture, 448, 214–218. https://doi.org/10.1016/j. aquaculture.2015.05.029

11. Naylor, R. L., Hardy, R. W., Bureau, D. P., Chiu, A., Elliott, M., Farrell, A. P., ... Hua, K. (2009). Feeding aquaculture in an era of finite resources. Proceedings of the National Academy of Sciences, 106(36), 15103– 15110. https://doi.org/10.1073/pnas.09052 35106

12. Lim, S.-J., Kim, S.-S., Ko, G.-Y., Song, J.-W., Oh, D.-H., Kim, J.-D., ... Lee, K.-J. (2011). Fish meal replacement by soybean meal in diets for Tiger puffer, Takifugu rubripes. Aquaculture, 313(1–4), 165–170. https://doi. org/10.1016/j.aquaculture.2011.01.007

13. Chalamaiah, M., Dinesh kumar, B., Hemalatha, R., & Jyothirmayi, T. (2012). Fish protein hydrolysates: Proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: A review. Food Chemistry, 135(4), 3020–3038. https://doi.org/10.1016/j. foodchem.2012.06.100

14. Food and Agriculture Organization. Cultured Aquatic Species Information Programme. Oreochromis niloticus. In J. E. Rakocy (Ed.). Rome: FAO Fisheries and Aquaculture Department. Retrieved from http://www. fao.org/fishery/culturedspecies/ Oreochromis_niloticus/en

15. Growth performance and carcass composition of African catfish (Clarias gariepinus Burchell, 1822) fed on black soldier fly (Hermetia illucens Linnaeus, 1758) larvae based diets / B. M. General et al. African Journal of Agricultural Research. 2023. Vol. 19, no. 3. P. 216–225. URL: https://doi.org/10.5897/ajar2022.16235

16. Apper, E., Weissman, D., Respondek, F., Guyonvarch, A., Baron, F., Boisot, P., ... Merrifield, D. l. (2016). Hydrolysed wheat gluten as part of a diet based on animal and plant proteins supports good growth performance of Asian seabass (Lates calcarifer), without impairing intestinal morphology or microbiota. Aquaculture, 453, 40–48. https:// doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.11.018

17. Lamsal, B. P., Jung, S. A., & Johnson, L. A. (2007). Rheological properties of soy protein hydrolysates obtained from limited enzymatic hydro- lysis. LWT – Food Science and Technology, 40(7), 1215–1223. https:// doi.org/10.1016/j.lwt.2006.08.021

18. Olsen, R. L., & Hasan, M. R. (2012). A limited supply of fishmeal: Impact on future increases in global aquaculture production. Trends in Food Science & Technology, 27(2), 120–128. https://doi.org/10.1016/j. tifs.2012.06.003

19. Hou, Y., Wu, Z., Dai, Z., Wang, G., & Wu, G. (2017). Protein hydrolysates in animal nutrition: Industrial production, bioactive peptides, and functional significance. Journal of Animal Science and Biotechnology, 8, 1–13. https://doi.org/10.1186/ s40104-017-0153-9

20. Lazzari, R., Radünz Neto, J., Pedron, F. D. A., Loro, V. L., Pretto, A., & Gioda, C. R. (2010). Protein sources and digestive enzyme activities in jundiá (Rhamdia quelen). Scientia Agricola, 67(3), 259–266. https:// doi.org/10.1590/S0103-90162010000300002

21. Ha, N., Jesus, G. F. A., Goncalves, A. F. N., Oliveira, N. S., Sugai, J. K., Pessatti, M. L., & Fabregat, T. E. H. P. (2019). Sardine (Sardinella spp.) protein hydrolysate as growth promoter in South American catfish (Rhamdia quelen) feeding: Productive performance, digestive enzymes activity, morphometry and intestinal microbiology. Aquaculture, 500, 99–106. https://doi. org/10.1016/j.aquaculture.2018.10.004

22. Mamauag, R. E. P., Koshio, S., Ishikawa, M., Yokoyama, S., Gao, J., Nguyen, B. T., & Ragaza, J. A. (2011). Soy peptide inclusion levels influence the growth performance, proteolytic enzyme activities, blood biochemical parameters and body composition of Japanese flounder, Paralichthys olivaceus. Aquaculture, 321(3–4), 252–258. https://doi. org/10.1016/j

23. Ma, Y. S., Wang, L. T., Sun, X. H., Ma, B. C., Zhang, J. W., Gao, F. Q., & Liu, C. L. (2013). Study on hydrolysis conditions of flavourzyme in soybean polypeptide alcalase hydrolysate. Advances in Materials Research, 652–654, 435–438. https://doi.org/10.4028/www.scien-tific.net/AMR.652-654.435

24. Tacon, A. G. J., & Metian, M. (2008). Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. Aquaculture, 285(1–4), 146–158. https://doi. org/10.1016/j.aquaculture.2008.08.015