

29. Ruiz-Albarran M., Balocchi O., Wittwer F., Pulido R. Milk production, grazing behavior and nutritional status of dairy cows grazing two herbage allowances during winter. *Chil. J. Agric. Res.* 2016. № 76. 34–39.
30. Schobitz J., Ruiz-Albarran M., Balocchi O.A., Wittwer F., Noro M., Pulido R.G. Effect of increasing pasture allowance and concentrate supplementation on animal performance and microbial protein synthesis in dairy cows. *Archivos de Medicina Veterinaria.* 2013. № 45. P. 247–258.
31. Stakelum G., Maher J., Rath M. Effects of daily herbage allowance and stage of lactation on the intake and performance of dairy cows in early summer. *Irish Journal of Agricultural and Food Research.* 2007. № 46 (1). P. 47–61.
32. Stakelum G., Dillon P. The effect of grazing pressure on rotationally grazed pastures in spring/early summer on subsequent sward characteristics. *Irish Journal of Agricultural and Food Research.* 2007. № 46. P. 15–28.
33. Wims C.M. Effect of pregrazing herbage mass on methane production, dry matter intake, and milk production of grazing dairy cows during the mid-season period. 2010. Vol. 93. Is. 10. P. 4976–4985.
34. Wittwer, F. Manual de patologia clínica veterinaria. 2ª ed. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile, 2012. 200 p.
35. Zubieta A.S., Savian J.V., de Souza Filho W., Wallau M.O., Gomez A.M., Bindelle J., de Faccio Carvalho P.C. Does Grazing Management Provide Opportunities to Mitigate Methane Emissions by Ruminants in Pastoral Ecosystems? *Science of the Total Environment.* 2020. № 754. Article ID. P. 142029.

УДК 636.086:639.3.043:597.551.411

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.33>

ЕНЕРГЕТИЧНА ПОЖИВНІСТЬ ТА ПЕРЕТРАВНІСТЬ ПОЖИВНИХ РЕЧОВИН СОЄВОГО ФЕРМЕНТОВАНОГО ШРОТУ EP500 ДЛЯ КЛАРІЄВОГО СОМА (*CLARIAS GARIEPINUS*)

Вознюк Р.Р. – аспірант кафедри годівлі тварин та технологія кормів імені П.Д. Пшеничного,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Сичов М.Ю. – д.с.-г.н., професор,

завідувач кафедри годівлі тварин та технології кормів імені П.Д. Пшеничного,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

У статті наведено результати досліджень щодо визначення енергетичної поживності та перетравності поживних речовин соєвого ферментованого шроту EP500 для кларієвого сома (*Clarias gariepinus*). З метою встановлення можливості використання ферментованого соєвого шроту EP500 у годівлі кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) було проведено фізіологічний дослід, за методом інертних речовин, основний період якого тривав 10 діб. Інертною речовиною слугував лігнін, який не перетравлюється та не засвоюється організмом риби.

Для дослідження було відібрано 20 голів (10 самок – 10 самців) молоді кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) середньою масою 500 г., які були вивчені в лабораторних умовах. Зрівняльний період тривав 7 днів під час якого рибу годували вручну 2 рази на добу (зранку і ввечері) виключно ферментованим соєвим шротом EP500. Контроль за поїданням корму проводився візуально. Дослідних риб утримували в скляному акваріумі об'ємом 100 літрів, який оснащений системою механічної, біологічної, та бактеріологічної фільтрації.

Під час проведення дослідження було визначено вміст лігніну в ферментованому соєвому шроті EP500, який становив 1,36 % в сухій речовині, а в екскрементах – 5,85 % в сухій речовині.

Було встановлено, що коефіцієнт перетравності сирого протеїну в ферментованому соєвому шроті EP500 становить – 89,6 %, жиру – 91,74 %, клітковини – 20,1 % та БЕР – 71,1 %.

Також було проведено розрахунок енергетичної поживності ферментованого соєвого шроту EP500 для кларієвого сома (*Clarias gariepinus*). Обрахунки проводилися з використанням коефіцієнтів для розрахунку фізіологічної калорійності кормів у риб за Філіпсом та Щербиною. В результаті було встановлено, що рівень обмінної енергії в ферментованому соєвому шроті EP500 для кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) становить – 10,8 МДж/кг за Філіпсом, та 13,2 МДж/кг за Щербиною. При цьому рівень перетравної енергії становить 14,7 МДж/кг.

Ключові слова: ферментований соєвий шрот, кларієвий сом (*Clarias gariepinus*), перетравність поживних речовин, обмінна енергія, EP500, лігнін.

Vozniuk R.R., Sychov M.Yu. Energy and nutrient digestibility of fermented soybean meal EP500 for clary catfish (*Clarias Gariepinus*)

The article presents the results of research on the determination of the energy content and digestibility of nutrients of soybean fermented meal EP500 for clary catfish (*Clarias gariepinus*). In order to establish the possibility of using fermented soybean meal EP500 in annual clary catfish (*Clarias gariepinus*), a physiological experiment was conducted using the method of inert substances, the main period of which lasted 10 days. lignin, which cannot be digested and assimilated by the fish organism, served as an inert substance.

For the study, 20 heads (10 females – 10 males) of young clary catfish (*Clarias gariepinus*) with an average weight of 500 g, which were grown in laboratory conditions, were selected. The equalization period lasted 7 days, during which the fish were fed by hand 2 times a day (morning and evening) with the help of fermented soybean meal EP500. Control over feed was carried out visually. Experimental fish were kept in a glass aquarium with a volume of 100 liters, which is equipped with a system of mechanical, biological and bacteriological filtration.

During the research, the content of lignin in the fermented soy solution EP500 was found, which was 1.36 % in dry matter, and in excrement – 5.85 % in dry matter.

It was established that the tolerance coefficient of crude protein in fermented soybean meal EP500 is 89.6 %, fat is 91.74 %, fiber is 20.1 %, and BER is 71.1 %.

The energy nutrition of fermented soybean meal EP500 for clary catfish (*Clarias gariepinus*) was also calculated. The calculations were carried out using the coefficients for calculating the physiological caloric content of feed in fish according to Phillips and Shcherbina. As a result, it was established that the level of exchangeable energy in fermented soybean meal EP500 for clary catfish (*Clarias gariepinus*) is 10.8 MJ/kg in Phillips, and 13.2 MJ/kg in Shcherbin. At the same time, the level of digestible energy is 14.7 MJ/kg.

Key words: fermented soybean meal, clary catfish *Clarias gariepinus*, digestibility of nutrients, exchangeable energy, EP500, lignin.

Постановка проблеми. В порівнянні з іншими секторами виробництва кормів для тварин, вартій уваги сектор аквакультури, із за його швидкого розвитку [7, с. 112]. Слід зазначити, що кожна третя риба яку споживає людина, є продуктом індустріальної аквакультури. Штучне вирощування риби залежить від багатьох факторів, головним з яких є вартість кормів. На даний час, більше 60 % в собівартості вирощеної риби, припадає на корми. Відомо, що найдорожчим компонентом комбікорму є протеїн, основним джерелом якого є рибне борошно, в якому міститься високий рівень сирого протеїну, та відсутні антипоживні речовини. Його кількість в комбікормі для мирних риб становить близько 30–40 %, а для хижих, – більше 40 % [3, с. 164]. Однак, із за зниження диких популяцій риб, які є сировиною для виготовлення рибного борошна, та підвищення попиту на нього, зростає і ціна даного продукту [9, с. 770]. Таким чином, є потреба в пошуку альтернативних джерел протеїну для заміни рибного борошна в комбікормах для риб, одними з яких, є рослинні білкові інгредієнти [6, с. 551; 8, с. 1]. Рослинні компоненти є відносно дешевшими у порівнянні з рибним борошном, але кількість

введення в комбікорм для риб є обмеженою, через високий рівень клітковини та наявність антипоживних факторів, які знижують засвоюваність корму [1, с. 1068].

Одним із джерел рослинного протеїну є соєвий шрот – продукт ферментований молочнокислими бактеріями (*Enterococcus faecium* (NCIMB 10415)). Даний продукт, містить метаболіти ферментації у тому числі молочну кислоту, а також містить молочнокислі бактерії, які стабілізують кишковий мікробіом. Процес ферментації соєвого шроту забезпечив високу засвоюваність поживних речовин продукту за рахунок зниження рівня антипоживних речовин. Ферментований соєвий шрот допомагає підтримувати здоровий та функціональний стан кишечника і характеризується наступним хімічним складом: сирий протеїн – 50,5 %, сирий жир – 2,0 %, сира зола – 6,5 %, сира клітковина – 3,5 %, а також вміст молочної кислоти – 6 %, та молочно-кислих бактерій (*Enterococcus faecium*) > 10⁶ КУО/г.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження Z.A. Kari та ін., показало, що при заміні 50 % рибного борошна на соєвий шрот, що був ферментований кисломолочними бактеріями *Lactobacillus acidophilus*, значно покращилися прирости і стан здоров'я кларієвого сома (*Clarias gariepinus*). Ця риба мала найбільшу живу масу на кінець досліду 397,66 ± 3,52 г (p < 0,05). При цьому перетравність протеїну становила 92,33 ± 2,19 % [4, с. 1].

У своїх дослідженнях Hang Yang та ін., визначили, що при вирощуванні великоротого окуня (*Micropterus salmoides*), в раціоні якого містилося 350 г/кг рибного борошна, соєвий ферментований шрот, може замінити до 100 г/кг рибного борошна шляхом включення 150 г/кг даного продукту без істотних змін в показниках живої маси, та коефіцієнті конверсії корму (P > 0,05) [5, с. 2]. Також, Azarm, H.M. та ін., при вивченні росту молоді далекосхідного морського карася (*Acanthopagrus schlegeli*) встановив, що за рахунок соєвого шроту, який був ферментований *Bacillus subtilis*, та із додаванням синтетичного метіоніну, лізину та таурину, можна замінити до 40 % рибного борошна в раціоні даних риб без суттєвого впливу на кінцеву живу масу, питому швидкість росту та вгодованість риби (P > 0,05) [2, с. 994].

X.F. Liang та ін. в дослідженнях на японському сібасі (*Lateolabrax japonicus*) довели, що ферментований соєвий шрот, виготовлений за технологічній лінії Yin-Hua Biological Technology Co., Ltd., Guang Dong, China, з додаванням мікробних штамів, може замінити 25 % рибного борошна в комбікормі без шкоди для здоров'я риби, за рахунок зниження антипоживних речовин в порівнянні зі звичайним соєвим шротом. Також в ході дослідження вчені встановили, що за 8 тижнів проведення досліду, сібас пристосувався до споживання корму, в якому було замінено 50 % рибного борошна на соєвий ферментований шрот [11, с. 1].

Мета досліджень – встановити перетравність поживних речовин та енергетичну поживність соєвого ферментованого шроту EP500 для кларієвого сома (*Clarias gariepinus*).

Матеріал та методика дослідження. З метою встановлення можливості використання ферментованого соєвого шроту EP500 у годівлі кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) було проведено фізіологічний дослід, за методом інертних речовин.

Для досліду було відібрано 20 голів (10 самок – 10 самців) молоді кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) середньою масою 500 г, які були вирощені в лабораторних умовах. Зрівняльний період тривав 7 днів під час якого рибу годували вручну 2 рази на добу (зранку і ввечері) виключно ферментованим соєвим шротом EP500. Контроль за поїданням корму проводився візуально. Дослідних риб утримували в скляному акваріумі об'ємом 100 літрів, який оснащений системою механічної, біологічної, та бактеріологічної фільтрації.

Дослідних риб утримували в скляному акваріумі об'ємом 100 літрів, які оснащені системою механічної, біологічної, і бактеріологічної фільтрації. Температура води підтримувалась в межах 28,0–28,2 °С, за рахунок побутового нагрівача повітря. Гідрохімічний контроль води проводився двічі на добу при якому визначали: рівень рН та температуру води, рівень NH_3 та NH_4 , NO_2 , NO_3 . Рівень рН визначали за допомогою лабораторного рН-метра моделі SX-620, температуру – електронним термометром, рівень NH_3 та NH_4 , NO_2 , NO_3 – набором ліцензійних тестів контрольно якості води торгової марки Ptero.

Добова даванка корму становила 3 % від загальної маси риби, до повного його поїдання.

Сосвий ферментований шрот EP500 має світло-жовтий колір, та був виготовлений на основі HiPro сої і ферментований кисломолочними бактеріями (*Enterococcus faecium*), на потужностях компанії ТОВ «Європейський протеїн Україна» смт. Рокитне, Київської області, Україна. Екструдуванням з подальшим виготовленням гранул підвищеної водостійкості проведено в компанії “Shencop LLC”, Фастівський район, Київської обл., Україна.

Під час проведення досліду, основний період якого становив 10 днів, проводився відбір екскрементів шляхом натискання на черевце риби в сторону анального отвору. Перед цим, рибу виловлювали з акваріуму і ретельно витирали, паперовими серветками в зоні анального отвору, щоб уникнути потрапляння води. Екскременти збирали у пронумеровані чашки Петрі. Забір зразків проводився раз у 2 дні. Для цього, за 8 годин по початку відбору зразків проводилась годівля риби. Після проведення маніпуляцій, рибу не годували. В день, коли маніпуляцій з рибою не проводили, рибу годували двічі на день (зранку і ввечері).

Після відбору екскрементів зразки переносили в фарфорові чашки і висушували при температурі 65 °С. Висушені зразки зберігали у пластикових емкостях у темному місці.

Визначення хімічного складу шроту та екскрементів проводились в лабораторії кафедри годівлі тварин та технології кормів Національного університету біоресурсів та природокористування України за класичним арбітражним методом. Визначення амінокислотного складу ферментованого соєвого шроту EP500 проводився в ТОВ ЕЦ «Біолайтс». Дослідження проводилось на аналізаторі амінокислот SYKAM в якому застосовується іонообмінна колонка. За методом ДСТУ ISO 13903:2009. Метод визначення вмісту амінокислот.

Результати досліджень. Дослідженнями було визначено хімічний та амінокислотний склад ферментованого соєвого шроту EP500 (табл. 1, 2).

Таблиця 1

Хімічний склад ферментованого соєвого шроту EP500, г/кг

Показник	Вміст у сухій речовині	Вміст на натуральну вологу
Волога	100	
Сирий протеїн	505,0	454,5
Сирий жир	20,0	18,0
Сира клітковина	35,0	31,5
Сира зола	65,0	58,5
Кислотно-детергентний лігнін	13,6	11,3
Кальцій	2,6	2,3
Фосфор	7,2	6,5

Таблиця 2
**Амінокислотний склад ферментованого соєвого шроту EP 500
 в перерахунку на суху речовину, г/кг**

Показник	Вміст	Показник	Вміст
Лізин	30,7	Аргінін	37,1
Метіонін	7,2	Лейцин	13,9
Метіонін+цистин	14,3	Валін	40,7
Треонін	21,5	Фенілаланін	25,1
Триптофан	7,0	Тірозин	27,3
Ізолейцин	23,9	Гістидин	18,3

Визначення перетравності поживних речовин ферментованого соєвого шроту EP500 проводили методом інертних речовин, у якості індикатора був використаний лігнін, вміст якого у ферментованому соєвому шроті EP500 був на рівні 1,36 % в сухій речовині. Після проведення хімічного аналізу екскрементів, було встановлено, що кількість лігніну в досліджуваному продукті становив 5,85 % в сухій речовині.

При визначенні коефіцієнту перетравності (КП) поживних речовин використовується математична формула для перерахунку:

$$\text{КП} = 100 - \frac{\text{Пе}}{\text{Пк}} * \frac{\text{Ік}}{\text{Іе}} * 100 \%, \quad (1)$$

де, Пе, Пк – вміст поживних речовин в кормі та екскрементах, %;

Іе, Ік – вміст інертної речовини в кормі та екскрементах, %.

Після проведення усіх розрахунків було встановлено, що коефіцієнт перетравності сирого протеїну в ферментованому соєвому шроті EP500 становить – 89,6 %, жиру – 91,74 %, клітковини – 20,1 % та БЕР – 71,1 %.

За результатами досліджень було проведено розрахунок енергетичної поживності ферментованого соєвого шроту EP500 для кларієвого сома (*Clarias gariepinus*). Який проведено з використанням коефіцієнтів для розрахунку фізіологічної калорійності кормів у риб за Філіпсом (табл. 3).

Таблиця 3
**Розрахунок енергетичної поживності ферментованого соєвого шроту EP500
 за Філіпсом**

Показник	Сирий протеїн	Сирий жир	Сира клітковина	БЕР	Енергетична поживність 1 кг, МДж/кг
Хімічний склад EP500, г/кг	454,5	18,0	31,5	396,0	
Енергетичний коефіцієнт для розрахунку валової енергії, кДж/г	18,4	39,8	17,6	17,6	
Валова енергія EP500, кДж/кг	8362,8	716,4	554,4	6969,6	16,6
Хімічний склад калу, г/кг	26,13	0,8	13,9	62,8	
Енергетична поживність калу, кДж/кг	480,8	31,8	244,6	1105,3	1,9
Перетравна енергія EP500, кДж/кг	7882,1	684,6	309,8	5864,3	14,7
Енергетичний коефіцієнт для розрахунку обмінної енергії, кДж/г	16,3	33,5	6,7	6,7	
Обмінна енергія EP500, кДж/кг	7408,4	603,0	211,1	2653,2	10,9

Використання коефіцієнтів фізіологічної калорійності за Філіпсом є широко поширене, але у нього є певні недоліки. Дані коефіцієнти є застарілими і вимірюються в Ккал/г. Також, в коефіцієнтах за Філіпсом не має розділення між сирією клітковиною та БЕР, хоча ці складові корму мають різну засвоюваність і як наслідок різні енергетичні коефіцієнти. Ще одним недоліком є відсутність коефіцієнтів фізіологічної калорійності для екструдованих кормів, хоча відомо, що екструдований корм засвоюється рибою ефективніше (табл. 4).

Таблиця 4

Розрахунок енергетичної поживності ферментованого соєвого шроту EP500 за Щербиною

Показник	Сирий протеїн	Сирий жир	Сира клітковина	БЕР	Енергетична поживність 1 кг, МДж/кг
Хімічний склад EP500, г/кг	454,5	18,0	31,5	396,0	–
Енергетичний коефіцієнт для розрахунку валової енергії, кДж/г	18,4	39,8	17,6	17,6	–
Валова енергія EP500, кДж/кг	8362,8	716,4	554,4	6969,6	16,6
Хімічний склад калу, г/кг	26,13	0,8	13,9	62,8	–
Енергетична поживність калу, кДж/кг	480,8	31,8	244,6	1105,3	1,9
Перетравна енергія EP500, кДж/кг	7882,1	684,6	309,8	5864,3	14,7
Енергетичний коефіцієнт для розрахунку обмінної енергії, кДж/г	14,7	35,8	8,8*	14,1*	–
Обмінна енергія EP500, кДж/кг	6694,8	644,0	276,9	5567,8	13,2

Примітка: * – для екструдованих кормів.

Тому, було вирішено провести розрахунки по коефіцієнтам фізіологічної калорійності кормів за Щербиною, які є більш сучасними, і враховують усі недоліки, які виникають при використанні коефіцієнтів фізіологічної поживності кормів за Філіпсом.

Висновки. 1. В дослідях на кларієвому сомі (*Clarias gariepinus*) було встановлено, що коефіцієнти перетравності поживних речовин ферментованого соєвого шроту EP500 мають наступні рівні: сирий протеїн – 89,6, сирий жир – 91,74, сира клітковина – 20,1, БЕР – 71,1.

2. Вміст обмінної енергії в ферментованому соєвому шроті EP500 для кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) становить – 10,8 МДж/кг за Філіпсом, та 13,2 МДж/кг за Щербиною. При цьому рівень перетравної енергії становить 14,7 МДж/кг.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. An evaluation of replacing fishmeal with rapeseed meal in the diet of pseudobagrus ussuriensis : growth, feed utilization, nonspecific immunity, and growth-related gene expression / X.-Y. Bu et al. *Journal of the world aquaculture society*. 2017. Vol. 49. № 6. P. 1068–1080. URL: <https://doi.org/10.1111/jwas.12470> (date of access: 12.08.2023).
2. 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*. 2012. Vol. 45. № 6. P. 994–1003. URL: <https://doi.org/10.1111/are.12040> (date of access: 12.08.2023).

3. Daniel N. A review on replacing fish meal in aqua feeds using plant protein sources. *International journal of fisheries and aquatic studies*. 2018. Vol. 6. № 2. P. 164–179.
 4. Effect of fish meal substitution with fermented soy pulp on growth performance, digestive enzyme, amino acid profile, and immune-related gene expression of African catfish (*Clarias gariepinus*) / Z. A. Kari et al. *Aquaculture*. 2022. Vol. 546. P. 737418. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737418> (date of access: 12.08.2023).
 5. Effects of replacing fish meal with fermented soybean meal on the growth performance, intestinal microbiota, morphology and disease resistance of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) / H. Yang et al. *Aquaculture reports*. 2022. Vol. 22. P. 100954. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100954> (date of access: 12.08.2023).
 6. 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> (date of access: 12.08.2023).
 7. Food and Agriculture Organization (FAO). State of world fisheries and aquaculture: 2016. Food & Agriculture Organization, 2016. 200 p.
 8. Hardy R. W. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. *Aquaculture research*. 2010. Vol. 41. № 5. P. 770–776. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02349.x> (date of access: 12.08.2023).
 9. Partial substitution of soybean meal with fermented soybean residue in diets for juvenile largemouth bass, *Micropterus salmoides* / Y. Jiang et al. *Aquaculture nutrition*. 2018. Vol. 24. № 4. P. 1213–1222. URL: <https://doi.org/10.1111/anu.12659> (date of access: 12.08.2023).
 10. Phillips A. M. Nutrition, digestion, and energy utilization. *Fish physiology*. 1969. P. 391–432. URL: [https://doi.org/10.1016/s1546-5098\(08\)60088-6](https://doi.org/10.1016/s1546-5098(08)60088-6) (date of access: 12.08.2023).
 11. Substitution of fish meal by fermented soybean meal affects the growth performance and flesh quality of Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*) / X. F. Liang et al. *Animal feed science and technology*. 2017. Vol. 229. P. 1–12. URL: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.03.006> (date of access: 12.08.2023).
-