https://doi.org/10.15407/animbiol26.04.049
UDC [577.15+546.22]636.52/58:636.033
Received 09.07.2024 ▪ Revision 18.12.2024 ▪ Accepted 20.01.2025 ▪ Published online 22.01.2025

Вплив екзогенних ензимів та різних форм Сульфуру в раціонах курчат-бройлерів на продуктивність і якість їх продукції

А. В. Гунчак, О. М. Стефанишин, Я. М. Сірко, Б. Я. Кирилів, І. Б. Ратич
a_hunchak@ukr.net

Інститут біології тварин НААН, вул. В. Стуса, 38, м. Львів, 79034, Україна

ORCID:
A. V. Hunchak https://orcid.org/0000-0002-7589-7081
O. M. Stefanyshyn https://orcid.org/0000-0002-2176-2245
Ya. M. Sirko https://orcid.org/0000-0002-9934-6372
B. Ya. Kyryliv https://orcid.org/0000-0001-8497-4176

Authors' Contributions:
HAV: Writing — review & editing.
SOM: Validation; Writing — original draft.
SYM: Data curation; Visualization.
KBY: Methodology. Investigation.
RIB: Conceptualization; Project administration.

Declaration of Conflict of Interests:
None to declare.

Ethical approval:
The research methodology was approved by the Bioethics Commission of the Institute of Animal Biology (protocol no. 154б from 02.09.2024).

Acknowledgements:
None.

Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

До біологічно активних чинників живлення, які позитивно впливають на перетравність і засвоєння поживних речовин кормів, належать ензимні препарати. Вони є мультиензимними і характеризуються відповідною спрямованістю на поліпшення перетравлення протеїнів, клітковини, бета-глюканів, арабіноксиланів тощо. Однак ефективне їх використання в раціонах для птиці деяких видів, певного віку і напрямку продуктивності потребує додаткових досліджень. Для забезпечення біологічної потреби птиці в поживних речовинах, дефіцит сірковмісних амінокислот частково можна компенсувати додатковим додаванням сульфатів, що сприяє підвищенню рівня компонентів сульфонових амінополісахаридів, а також може поліпшувати функціонування мукоїдного бар'єру травного тракту і стимулювати всмоктування поживних речовин корму. Перспективними є системні дослідження інтенсивності метаболічних процесів в організмі птиці за введення в раціон екзогенних ензимів у комплексі із Сульфуром у різних формах для кращого розщеплення, перетравлення і засвоєння поживних речовин корму та підвищення біологічної та харчової якості продукції птахівництва. Дослід проведено в умовах віварію Інституту біології тварин НААН на молодняку курей м'ясного напрямку продуктивності кросу РОСС-8, починаючи з 10-добового віку, поділених на чотири групи (по 20 голів у кожній). Утримання курчат-бройлерів у клітках і їх годівля відповідали технологічним вимогам. Уся птиця отримувала повнораціонний комбікорм. Курчата контрольної групи споживали комбікорм з додатковим уведенням 0,3% сульфату натрію. Птиці I дослідної групи до раціону додавали 0,3% сульфату натрію і Натузим; курчатам II дослідної групи — цитрат Сульфуру (25% від тієї кількості, яку отримавали курчата в контрольній групі, в перерахунку на Сульфур) і Натузим; курчатам III дослідної групи — цитрат Сульфуру (10% від тієї кількості, яку отримавали курчата в контрольній групі, в перерахунку на Сульфур) і Натузим. З'ясовано, що ефективність додаткового введення до раціону курчат-бройлерів Сульфуру залежить від форми й кількості елемента. Доведено доцільність заміни в раціонах птиці м'ясного напряму продуктивності мінеральної добавки Сульфур у формі неорганічної солі (Na_2SO_4) цитратом елемента нанотехнологічного походження в кількості, що становить 10% від вмісту елемента в неорганічній формі, та добавки комплексного ензимного препарату Натузим. Це підвищує продуктивність птиці (маса тіла зростає на 1,7%; маса півпатраної тушки — на 4,16%; забійний вихід — на 2,12%) та якість отриманої продукції (у грудних м'язах вірогідно знижується вміст етерифікованого і вільного холестеролу ($P<0,01$) та вільних жирних кислот ($P<0,05$) за одночасного зростання кількості триацилгліцеролів ($P<0,01$)).

Ключові слова: Сульфур, ензимна добавка, курчата-бройлери, продуктивність

Вступ

Сучасні темпи розвитку птахівничої галузі вимагають вирішення таких завдань, як розроблення ефективної концепції годівлі сільськогосподарської птиці з внесенням відповідних корективів [16]. Адже раціональна і повноцінна годівля найістотніше сприяє росту і розвитку птиці, її збереженості й високій відтворній здатності, реалізації генетично обумовленої продуктивності та виробництву продукції відповідної якості [3, 20]. Водночас важливим важелем зниження собівартості продукції птахівництва залишається розроблення й оптимізація наявних методів годівлі, що базуються на використанні повноцінних за складом і поживністю раціонів [8].

До біологічно активних чинників живлення, які позитивно впливають на перетравність і засвоєння поживних речовин кормів, належать ензимні препарати. Саме необхідність поліпшення травлення субстратів є головним обґрунтуванням використання екзогенних ензимів у птахівництві [21]. У сучасному кормовиробництві є великий вибір ензимих кормових добавок та препаратів, які здатні покращувати перетравність і засвоєння поживних речовин в інгредієнтах і кормі загалом. Ці препарати є мультиензимними і характеризуються відповідною спрямованістю на поліпшення перетравлення білків, клітковини, бета-глюканів, арабіноксиланів тощо [3]. Однак ефективне їх використання в раціонах для птиці окркмих видів, певного віку і напрямку продуктивності потребує додаткових досліджень [9].

Сульфур є важливим біогенним елементом, входить до складу амінокислот метіоніну й цистеїну і, відповідно, до складу пептидів і протеїнів. Основна його кількість надходить в організм птиці з кормом (причому близько 10% у неорганічній формі) та є важливим біогенним елементом. Джерелом сульфату стають й Сульфурумісні амінокислоти у процесі їх перетворення.

З метою забезпечення біологічної потреби птиці в поживних речовинах, дефіцит сірковмісних амінокислот частково можна компенсувати шляхом додаткового введення сульфатів, зокрема сульфату Na у кількості 0,3% [11]. Сульфат натрію сприяє підвищенню вмісту компонентів сульфонових аміно-полісахаридів, що може поліпшувати функціонування мукоїдного бар'єра травного тракту і стимулювати всмоктування поживних речовин корму [1, 3]. Отже, перспективними є системні дослідження інтенсивності метаболічних процесів в організмі птиці за введення у раціон екзогенних ензимів у комплексі із Сульфуром у різних формах з метою підвищення розщеплення, перетравлення і засвоєння поживних речовин корму та біологічної і харчової якості продукції птахівництва.

Метою роботи є з'ясування можливості введення до раціонів птиці Сульфуру саме у формі аквацитрату на заміну елемента у формі неорганічної солі [7, 14, 15].

Матеріали і методи

Дослід проведено в умовах віварію Інституту біології тварин НААН на молодняку курей м'ясного напрямку продуктивності кросу РОСС-8, починаючи з 10-добового віку, з яких сформували чотири групи (по 20 голів у кожній). Курчата, яких відібрано для досліду, були активними, зі швидкою реакцією. Пір'яний покрив — чистий, гладкий і рівномірний. Слизові оболонки цілісні, достатньо зволожені, природного кольору, без набряків. Фізіологічні показники маси й температури тіла, частоти дихання і серцебиття — в межах референтних величин. Тобто, відібрані для дослідів курчата-бройлери були клінічно здоровими, що дало підставу надалі об'єктивно оцінювати результати, отримані в експериментах.

Утримання курчат-бройлерів у клітках і їх годівля відповідали технологічним нормам. Уся птиця отримувала повнораціонний комбікорм (ПК), збалансований за поживними і біологічно активними речовинами (відповідно до схеми, поданої в табл. 1). Курчатам усіх дослідних груп (першої, другої і третьої) до раціону додавали ензимний препарат Натузим. Птиці

Таблиця 1. Схема досліду на курчатах-бройлерах
Table 1. Scheme of the experiment on broiler chickens

Група / Group	Характер живлення / Type of food
Контрольна Control	ПК+0,3 % Na_2SO_4 CF+0,3 % Na_2SO_4
Дослідна 1 Experimental 1	ПК+0,3 % Na_2SO_4+Натузим CF+0,3 % Na_2SO_4+Natuzym
Дослідна 2 Experimental 2	ПК+цитрат Сульфуру (25 % від контролю, в перерахунку на Сульфур)+Натузим CF+Sulfur citrate (25 % of the control, in terms of sulfur)+Natuzym
Дослідна 3 Experimental 3	ПК+цитрат Сульфуру (10 % від контролю, у перерахунку на Сульфур)+Натузим CF+Sulfur citrate (10 % of the control, in terms of sulfur)+Natuzym

Таблиця 2. Склад ензимного препарату Натузим
Table 2. Composition of the enzyme preparation Natuzym

Ензим Enzyme	Дія Action	Активність Activity
Целюлоза Cellulose	Перетворює клітковину на глюкозу Converts fibre to glucose	6 000 000 од./кг або 200 000 МО/кг
Протеаза Protease	Розщеплює протеїни до амінокислот Breaks down proteins into amino acids	600 000 од./кг або 700 000 МО/кг
Ксиналаза Xinalase	Гідролізує ксилан до ксилолу Hydrolyses xylan to xylene	10 000 000 од./кг або 500 000 МО/кг
α-амілаза α-amylase	Розщеплює крохмаль до простих цукрів Breaks down starch into simple sugars	400 00 од./кг або 700 00 МО/кг
β-глюконаза β-gluconase	Розщеплює глюкани Breaks down glucans	700 000 од./кг або 200 00 МО/кг
Фітаза Phytase	Вивільняє фосфор з фітатів Releases Phosphorus from phytates	600 000 од./кг або 900 000 МО/кг

другої і третьої дослідних груп вводили в раціон аквацитрат Сульфуру нанотехнологічного походження (на заміну Сульфуру у формі неорганічної солі Na_2SO_4), який нам надали для досліджень співробітники ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології» (м. Київ), відповідно до поданої схеми.

Комплексний ферментний препарат Натузим (табл. 2) утворений трьома штамами бактерій і грибів (*Trichoderma Longibrachiatum*, *Bacillus subtilis*, *Aspergillus Niger*), які продукують шість ензимних активностей, що підсилюють один одного.

Упродовж досліду спостерігали за фізіологічним станом птиці, збереженістю поголів'я і продуктивністю. У кінці досліду проведено забій птиці й відібрано для досліджень біологічний матеріал (взірці грудного м'язу і печінки).

Статистичну обробку одержаних цифрових даних проводили за допомогою програми *Statistica* для *Windows XP* з використанням *t*-критерію Стьюдента [10]. У кожному з дослідів визначали ступінь вірогідності різниці (P) між відповідними досліджуваними показниками птиці контрольних груп та відповідними досліджуваними показниками птиці дослідних груп. Результати середніх значень вважали статистично вірогідними за P<0,05 (*), P<0,01 (**) та P<0,001 (***).

Результати й обговорення

Показники підвищення продуктивності курчат-бройлерів упродовж останніх чотирьох десятиліть щороку покращувалися. Така тенденція, ймовірно, продовжиться й у майбутньому, оскільки птахівництво буде впроваджувати нові технології в генетиці, селекції, біотехнології та біології розвитку птиці. У реалізації генетичного потенціалу птиці сучасних кросів і ліній щодо її здоров'я й продуктивності важливу роль відіграє годівля, збалансована за всіма поживними та біологічно активними речовинами [11, 13].

Ми провели дослідження, щоб з'ясувати ефективність комплексного введення в раціон курчат-бройлерів мінеральної добавки Сульфур у формі аквацитрату та ензимного препарату. Збереженість поголів'я птиці в усіх групах становила 100%. Водночас, за період досліду найвищі (майже на 2%) прирости маси тіла отримано у птиці третьої дослідної групи, тобто тієї, якій випоювали Сульфур в органічній формі в кількості, що становила (в перерахунку на елемент) 10% від його вмісту у формі неорганічної солі в раціоні контрольної групи (табл. 3).

Такі ж тенденції відзначено й щодо маси напівпатраної тушки (вилучені кишківник з клоакою, яєчник, яйцепровід). А саме — у курчат дослідних груп ці показники були вищими на 2,33%; 2,61% та 4,16% (табл. 4). Забійний вихід у контрольній групі становив 84,31%, а в дослідних — перевищував цей показник на 1,3%; 1,28% та 2,12% відповідно.

Таблиця 3. Маса курчат, до раціону яких уведено ензимний препарат і різні форми Сульфуру, г (M±m, n=10)
Table 3. Weight of chickens after introduction of enzyme preparation and different forms of Sulfur into the diet, g (M±m, n=10)

Група / Group	Маса, г / Weight, g		
	постановка на дослід (10-добові курчата) / putting to the test (10-day-old chickens)	завершення досліду (42-добові курчата) / completion of the experiment (42-day-old chickens)	прирости за період досліду / growth over the period of the experiment
Контрольна Control	184,4±6,31	2460,3±95,34	2275,9±24,11
Дослідна 1 Experimental 1	181,2±5,03	2479,5±98,98	2298,3±41,18
Дослідна 2 Experimental 2	190,0±4,92	2487,0±97,22	2297,0±37,56
Дослідна 3 Experimental 3	185,3±7,17	2499,9±104,13	2314,6±28,07

Вважається, що стан печінки є дзеркалом стану організму, адже печінка виконує різноманітні функції. Зокрема відіграє значну роль як «залоза травлення» — продукує жовч, бере участь у вуглеводному обміні й регуляції рівня цукру в крові; виступає «депо» для відкладання жиру — запасного джерела енергії; бере участь в імуногенезі, процесах зсідання крові [6]. Дуже важливою є дезінтоксикаційна функція органа, за яку відповідальні клітини печінки — гепатоцити й зірчасті клітини (макрофаги) [4]. Збільшення розмірів печінки може свідчити про наявність чинників, дія яких негативно впливає на весь організм.

У курчат-бройлерів контрольної та всіх дослідних груп печінка була розташована у ділянці від другого по шостий міжреберний проміжок, права і ліва частки печінки однакові за розміром. Результати обчислення індексу маси печінки бройлерів (співвідношення маси печінки до маси тіла, виражене у відсотках) подано в табл. 4.

Варто зазначити, що в курчат контрольної групи показник індексу маси печінки наближений до верхньої межі референтних величин. Натомість показники курчат дослідних груп були нижчими. Оскільки індекс печінки пов'язаний з підвищеними енергетичними витратами, тобто його збільшення може свідчити про критичні навантаження на цей орган, а отже й на організм загалом, то отримані результати можуть свідчити про ефективність введення ензимного комплексу в раціон птиці. Водночас у курчат-бройлерів другої та третьої дослідних груп індекс маси печінки був нижчим, порівняно з контролем, на 0,25% та 0,22%. Можливо, це є наслідком дії саме цитратованої форми Сульфуру на організм птиці. На думку багатьох учених, мінеральні елементи у формі нанорозмірних часточок проявляють стимулювальний вплив на метаболічні процеси в організмі птиці виразніше, ніж їхні відомі молекулярні форми [2, 5, 18].

Таблиця 4. Показники маси тіла та печінки курчат-бройлерів, г
Table 4. Indicators of body weight and liver of broiler chickens, g

Показники /Indication	Групи курчат-бройлерів / Groups of broiler chicks			
	Контрольна Control	Дослідна 1 Experimental 1	Дослідна 2 Experimental 2	Дослідна 3 Experimental 3
Жива маса, г / Live weight, g	2460,3±95,3	2479,5±98,98	2487,0±97,22	2499,9±104,13
Маса напівпатраної тушки, г / Weight of semi-gutted carcass, g	2074,27±73,3	2122,69±82,4	2128,37±91,6	2160,66±88,6
Забійний вихід / Slaughter yield, %.	84,31	85,61	85,58	86,43
Маса печінки, г / Liver weight, g	58,81±1,14	56,27±0,23	53,32±0,44	54,37±0,64
Індекс маси печінки / Liver weight index, %	2,39	2,26	2,14	2,17

Таблиця 5. Хімічний склад грудного м'яза курчат-бройлерів, до раціонів яких вводили ензимний препарат і різні форми Сульфуру, % (M±m, n=5)
Table 5. Chemical composition of the pectoral muscle of broiler chickens after the introduction of an enzyme preparation and different forms of Sulfur into diets, % (M±m, n=5)

Показник / Indication	Група птиці / Groups of poultry			
	Контрольна Control	Дослідна 1 Experimental 1	Дослідна 2 Experimental 2	Дослідна 3 Experimental 3
Суха речовина / Dry matter	26,5±0,37	26,1±0,22	26,9±0,44	27,5±0,48
Протеїн / Protein	20,1±0,09	19,6±0,32	20,3±0,18	20,9±0,14
Жир / Fat	4,32±0,01	4,98±0,13**	5,12±0,03***	4,87±0,08**
Глікоген / Glycogen	1,2±0,07	1,1±0,09	1,3±0,04	1,3±0,03
Зола / Ash	1,7±0,07	1,7±0,06	1,6±0,05	1,7±0,07

Таблиця 6. Вміст загальних ліпідів та співвідношення їх окремих класів у тканинах печінки курчат-бройлерів, % (M±m, n=5)
Table 6. The content of total lipids and the ratio of their individual classes in liver tissues of broiler chickens, % (M±m, n=5)

Показник / Indication	Група птиці / Groups of poultry			
	Контрольна Control	Дослідна 1 Experimental 1	Дослідна 2 Experimental 2	Дослідна 3 Experimental 3
Загальні ліпіди / Total lipids	8,40±0,21	9,13±0,18	9,06±0,13	8,68±0,19
Класи ліпідів / Lipid classes: фосфоліпіди / phospholipids	30,48±1,05	31,29±1,78	30,32±1,92	29,42±1,65
моно- і диацилгліцероли / mono and diacylglycerols	9,16±0,29	8,74±0,25	9,57±0,37	8,58±0,20
вільний холестерол / free cholesterol	7,65±0,24	7,68±0,41	9,27±0,18*	8,02±0,25
вільні жирні кислоти / free fatty acids	15,74±0,10	16,54±0,15	16,42±0,21	14,10±0,09*
триацилгліцероли / triacylglycerols	19,05±0,17	19,51±0,21	20,47±0,30*	19,85±0,11*
етерифікований холестерол / esterified cholesterol	15,84±0,22	14,97±0,17	16,16±0,19	16,54±0,26*

Таблиця 7. Вміст загальних ліпідів та співвідношення їх окремих класів у грудних м'язах курчат-бройлерів, % (M±m, n=5)
Table7. The content of total lipids and the ratio of their individual classes in the pectoral muscles of broiler chickens, % (M±m, n=5)

Показник / Indication	Група / Group			
	Контрольна Control	Дослідна 1 Experimental 1	Дослідна 2 Experimental 2	Дослідна 3 Experimental 3
Загальні ліпіди/ Total lipids	4,32±0,01	4,98±0,03**	5,12±0,0 ***	4,87±0,02**
Класи ліпідів / Lipid classes: фосфоліпіди / phospholipids	33,84±0,89	34,14±1,33	34,42±1,75	35,23±1,50
моно- і диацилгліцероли / mono and diacylglycerols	14,37±0,40	12,29±0,11*	12,09±0,18*	11,61±0,26*
вільний холестерол / free cholesterol	6,56±0,09	5,13±0,05*	5,93±0,04	5,43±0,04
вільні жирні кислоти / free fatty acids	7,85±0,08	8,25±0,04	6,22±0,08*	5,31±0,05**
триацилгліцероли / triacylglycerols	28,72±0,11	35,18±0,14	35,02±0,19	36,05±0,12**
етерифікований холестерол / esterified cholesterol	8,25±0,02	5,01±0,01**	5,84±0,01**	6,37±0,02*

Щодо хімічного складу м'яса курчат-бройлерів дослідних груп, то встановлено (табл. 5), що вміст сухої речовини, протеїну і глікогену в тканинах грудного м'яза був на рівні показників птиці контрольної групи. Тоді як вміст загальних ліпідів, порівняно з контролем, був вищим у м'язах курчат другої і третьої дослідних груп (P<0,5–0,001).

Не виявлено (табл. 6) вірогідних змін кількості загальних ліпідів, фосфоліпідів, моно- і диацилгліцеролів у печінці курчат-бройлерів дослідних груп, порівняно з аналогічними показниками контролю. Щодо рівня триацилгліцеролів, то він зростав у печінці курчат другої і третьої дослідних груп відповідно на 1,42% та 0,8% (P<0,05). Уміст вільного холестеролу дещо підвищувався лише в печінці птиці другої дослідної групи (P<0,05), а етерифікованого холестеролу — третьої дослідної групи (P<0,05).

Холестерол — стабілізувальна складова біологічних мембран і вихідний матеріал для синтезу стероїдних гормонів. Він є найважливішим прекурсором жовчних кислот. Етерифікований холестерол також неполярний, гідрофобний і виконує роль резервної чи транспортної форми холестерину. Очевидно, отримані в досліді зміни зумовлені тим, що печінка вважається своєрідним «фондом» холестерину і служить одночасно як основним джерелом, так і головним центром розподілу холестерину в організмі, може використовуватися для синтезу жовчних кислот, включатися в мембрани гепатоцитів, секретуватися в жовч, а далі в кишківник, потрапляти в кров у складі ліпопротеїнів і переноситися до позапечінкових органів [19].

Встановлено, що за комплексного впливу цитрату Сульфуру в різних концентраціях та ензимного препарату в м'язах більшості тварин збільшується вміст ліпідів. Зокрема, у підсумку проведених досліджень виявлено незначне, але вірогідне збільшення рівня загальних ліпідів у тканинах грудних м'язів курчат усіх дослідних груп в 1,15; 1,18 та 1,13 раза (P<0,01–0,01) відповідно (табл. 7), порівняно з контролем. Причиною цих різниць може бути інтенсифікація обміну речовин в організмі курчат-бройлерів.

Результати визначення окремих класів ліпідів показали, що додавання цитрату Сульфуру як в кількості, еквівалентній 25% від контролю, в перерахунку на Сульфур (друга дослідна група), так і 10% (третя дослідна група), мали помітний вплив на співвідношення окремих класів ліпідів (табл. 7). Так, у грудних м'язах курчат-бройлерів усіх дослідних груп виявлено менший вміст моно- і диацилгліцеролів та вільних жирних кислот (P<0,01) і більший вміст триацилгліцеролів (P<0,01). Ці дані свідчать про посилення синтезу триацилгліцеролів і підвищення їх депонування у грудних м'язах курчат-бройлерів за умови застосування цитратів у їхньому раціоні. Підтвердженням цього є обернена залежність між вмістом триацилгліцеролів, їх попередників моно- і диацилгліцеролів та вільних жирних кислот у грудних м'язах курчат другої і третьої дослідних груп, яким згодовували комбікорм з доданням цитрату й ензимного препарату. Поряд із цим відомо, що жирнокислотний склад триацилгліцеролів значною мірою залежить від жирнокислотного складу корму. Загалом, саме триацилгліцероли є ідеальним субстратом для депонування енергії [19].

Цікавими є отримані результати про те, що на противагу динаміки аналогічних показників у печінці (табл. 6), додавання до корму курчат-бройлерів дослідних груп вказаних вище добавок сприяло деякому зниженню відносного вмісту вільного й етерифікованого холестеролу в грудних м'язах дослідних груп (P<0,01–0,05), порівняно з контролем.

Отож можемо зробити висновок, що дія цитратів Сульфуру в комплексі з ензимним препаратом Натузим на вміст ліпідів у грудних м'язах курчат-бройлерів, якщо їх додавати до комбікорму, позитивно впливає на харчову цінність м'яса внаслідок зменшення в ньому кількості холестеролу. Одержані результати також свідчать про регуляторний вплив цитратів Сульфуру на синтез триацилгліцеролів і холестеролу в грудних м'язах курчат-бройлерів.

Доведено доцільність заміни в раціонах птиці м'ясного напрямку продуктивності мінеральної добавки Сульфур у формі неорганічної солі (Na_2SO_4) цитратом елемента нанотехнологічного походження в кількості, що становить 10% від вмісту елемента в неорганічній формі та добавки комплексного ензимного препарату Натузим. Так забезпечується підвищення продуктивності птиці (маса тіла зростає на 1,7%; маса півпатраної тушки — на 4,16%; забійний вихід — на 2,12%), якості отриманої продукції (у грудних м'язах вірогідно знижується вміст етерифікованого та вільного холестеролу (P<0,01) і вільних жирних кислот (P<0,05), водночас спостерігається зростання кількості триацилгліцеролів (P<0,01)).

Ефективність додаткового введення до раціону курчат-бройлерів Сульфуру залежить від форми та кількості елемента.

Джерела

1. Babych LF, Burlaka VA. The digestibility of fodder nutrients under the use of chelates in the diets of quails. *Bull Zhytomyr Nat Agroecol Univer.* 2010; 1 (26): 274–276. http://ir.polissiauniver.edu.ua/handle/123456789/546 (in Ukrainian).
2. Borysevych VB, Borysevych BV, Kaplunenko VH. Effect of metal nanoparticles on resistance of broiler chickens. *Modern Poult.* 2009; 1: 4–5. (in Ukrainian)
3. Bratyshko NI, Ionov IA, Ibatullin II. *Efficient Feeding of Poultry*. Kyiv, Agrarna Nauka, 2013: 207 p. ISBN 978-966-540-349-4. (in Ukrainian)
4. Chudak RA, Poberezhets YM, Lotka HI, Kupchuk IM. *Modern Feed Additives in Poultry Feeding.* A monograph. Vinnytsia, Tvory, 2021: 280 p. ISBN 978-966-949-994-3. (in Ukrainian)
5. Kotsiumbas IY, Velychko VO, Kaplunenko VH. *Application of Nanomicronutrient Feed Mixtures in Poultry Farming*. Methodical recommendations. Kyiv, 2014: 15 p. (in Ukrainian)
6. Makarynska A, Vorona N. Theoretical foundations of the physiology of feeding young poultry. *Sci Works.* 2019; 82 (2): 29–34. DOI: 10.15673/swonaft.v82i2.1146. (in Ukrainian)

7. Medvid SM, Hunchak AV, Stefanyshyn OM, Pashchenko AH. The The microbiota composition of broiler chickens for action citrates bioelements. *Sci Mess LNUVMBT S. Z. Gzhytsky Ser. Agric. Sci.* 2017; 19 (74): 224–228 Available atT https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture/article/view/2333 (in Ukrainian)
8. Melnyk VV. *Scientific and organizational principles of poultry development in Ukraine in the second half of the XX — early XXI century*. A monograph. Ed. By V. Vergunov. Kyiv, SPE Interservice, 2019: 345 p. (in Ukrainian)
9. Nishchemenko MP, Poroshynska OA, Samorai MM, Stovbetska LS. Dependence of nutrient digestibility on activity of digestive enzymes during feeding a complex of essential amino acids. *Sci J Vet Med* 2014; 13: 169–172. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvvm_2014_13_49. (in Ukrainian)
10. Petrovska I., Salyha Y., Vudmaska I. *Statistical Methods in Biological Research*. An educational and methodological manual. Kyiv, Agrarian science, 2022: 172 p. (in Ukrainian)
11. Ratych I. B. *Biological Role of Sulfur and Sulfate Metabolism in Poultry*. Lviv, 1992: 171 p. (in Ukrainian)
12. Ratych IB, Hunchak AV, Sirko YM, Stefanyshyn OM, Kyryliv BY, Chomyk IO. Laying hens productivity and quality of eggs at changing the qualitative and quantitative composition of feed protein. *Biol Tvarin.* 2022; 24 (3): 27–32. DOI: 10.15407/animbiol24.03.027. (in Ukrainian)
13. Sakhatsky MI, Abdullaieva EC. Broilers productivity depending on cage growing conditions. *Anim Sci Food Technol.* 2018; 9 (1): 63–71. Available at: https://animalscience.com.ua/uk/journals/tom-9-1-2018/produktivnist-broylyeriv-zalyezhno-vid-umov-yikh-viroshchuvannya-u-klitkakh (in Ukrainian)
14. Serdiuk AM, Hulich MP, Kaplunenko VH, Kosinov MV. Nanotechnology of micronutrients: problems, prospects and ways to eliminate the deficit of macro- and microelements. *J NAMS Ukr*. 2010; 16 (3): 467–471. (in Ukrainian)
15. Stefanyshyn OM, Hunchak AV, Ratych IB, Kystsiv VO, Sirko YM. Hydrolytic enzyme activity and the state of blind gut microbiocenosis in quails under the influence of aquacitrates of microelements. *Med Clinl Chem*. 2019; 21 (3): 323–325. (in Ukrainian)
16. Venheruk NP, Vasjuk KM. State and prospects of improving the efficiency of poultry production. *Invest Pract Experience*. 2015; 21: 83–85. Availble at: http://www.investplan.com.ua/?op=1&z=4701&i=16 (in Ukrainian)
17. Vlizlo VV (ed.), Fedoruk RS, Ratych IB. *Laboratory Research Methods in Animal Biology and Veterinary Medicine*. Lviv, Spolom, 2012: 764 p. (in Ukrainian)
18. Yakubchak OM, Kovalenko LV, Busol LV. Efficiency of using a nanocomposite of ferromagnetic powder as a micro-additive to feed for broiler chickens. *Sci Bull NULES Ukr*. 2010; 151 (2): 366–370. (in Ukrainian)
19. Yaremchuk VY, Slivinska LG, Lukashchuk BO. Lipid metabolism parameters in laying hens with hepatosis. *Colloquium-journal.* 2020; 28 (80): 4–9. DOI: 10.24412/2520-2480-2020-2880-4-9.
20. Yatsiv S. State and prospects of poultry development in agricultural enterprises of Ukraine. *Agrosvit.* 2021; 16: 26–33. DOI: 10.32702/2306-6792.2021.16.26. (in Ukrainian)
21. Yehorov BV. Ways to improve the quality and productive effect of mixed fodders. *Poultry Farming.* Kharkiv, 2016; 67: 170–176. (in Ukrainian)

Influence of exogenous enzymes and different forms of Sulfur in the diets of broiler chickens on productivity and quality of poultry products

A. V. Hunchak, O. M. Stefanyshyn, Y. M. Sirko, B. Ya. Kyryliv, I. B. Ratych
a_hunchak@ukr.net

Institute of Animal Biology NAAS, 38 V. Stusa str., Lviv, 79034, Ukraine.

Biologically active feeding factors that positively influence the digestibility and absorption of nutrients from feed include enzyme preparations. These preparations are multi-enzyme and are characterized by their specific focus on improving the digestion of proteins, fiber, beta-glucans, arabinoxylans, and others. However, their effective use in the diets of certain species of poultry, of specific ages and productivity types, requires further research. At the same time, to meet the biological needs of poultry for nutrients, the deficiency of sulfur-containing amino acids can be partially compensated by the additional inclusion of sulfates, which contributes to an increase in components of sulfonated amino-polysaccharides, potentially improving the functioning of the mucosal barrier of the digestive tract and stimulating the absorption of feed nutrients. Therefore, systemic studies on the intensity of metabolic processes in the bodies of poultry when introducing exogenous enzymes in combination with sulfur in various forms are promising, aimed at enhancing the breakdown, digestion, and absorption of feed nutrients, as well as improving the biological and nutritional quality of poultry products. The study was conducted in the vivarium of the Institute of Animal Biology NAAS on young meat-type chickens of the ROSS-8 cross, starting from 10 days of age, divided into four groups (20 birds each). The broiler chicks were kept in cages and fed according to technological requirements. All poultry received a complete compound feed. The chicks in the control group consumed compound feed with an additional 0.3% sodium sulfate. The first experimental group had 0.3% sodium sulfate + Natuzym added to their diet; the second experimental group received sulfur citrate (25% of the control, calculated as sulfur) + Natuzym; and the third experimental group received sulfur citrate (10% of the control, calculated as sulfur) + Natuzym. It was shown that the effectiveness of the additional inclusion of sulfur in the diets of broiler chicks depends on the form and amount of the element. The appropriateness of replacing the mineral sulfur additive in the diets of meat-type poultry with sulfur in the form of an inorganic salt (Na_2SO_4) with sulfur citrate of nanotechnological origin in an amount constituting 10% of the content of the element in its inorganic form, along with the complex enzyme preparation Natuzym, was proven. This leads to increased poultry productivity (body weight increased by 1.7%; weight of the slaughtered carcass increased by 4.16%; slaughter yield increased by 2.12%) and improved quality of the obtained products (the content of both esterified and free cholesterol in breast muscles significantly decreased ($P<0.01$) as well as free fatty acids ($P<0.05$), while the quantity of triglycerides increased ($P<0.01$).

Key words: Sulfur, enzyme additive, broiler chicks, productivity

Hunchak AV, Stefanyshyn OM, Sirko YM, Kyryliv BY, Ratych IB. Influence of exogenous enzymes and different forms of Sulfur in the diets of broiler chickens on productivity and quality of poultry products. *Biol Tvarin*. 2024; 26 (4): 49–54. DOI: 10.15407/animbiol26.04.049.