

УДК 636.5.033:661.74

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.56>

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ОРГАНІЧНИХ КИСЛОТ ТА ЇХ СОЛЕЙ У ГОДІВЛІ ПТИЦІ

Мандрига М.В. – аспірант кафедри годівлі тварин та технології кормів
імені П.Д. Пшеничного,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Сичов М.Ю. – д.с.-з.н., професор,

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

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Одним з актуальних завдань виробників птахівницької продукції є максимізація економічних прибутків шляхом зниження вартості корму. Протеїн вважається найдорожчою поживною речовиною в раціоні птиці. Однак існує біологічна межа, до якої можна знизити рівень сирого протеїну в раціоні птиці без шкідливих впливів на її продуктивність. Наукові дані щодо спроб знизити рівень сирого протеїну без негативного впливу на продуктивність курчат-бройлерів досить суперечливі. У ряді досліджень швидкість росту, ефективність використання корму та м'ясні якості тушки погіршувалися за зниження в раціоні птиці рівня сирого протеїну, незважаючи на додавання певних незамінних амінокислот та інших поживних речовин. Доповнення кормових добавок до раціонів з низьким вмістом сирого протеїну може бути альтернативним підходом до покращення продуктивності курчат-бройлерів. Серед альтернатив для заміни стимуляторів росту антибіотиків органічні кислоти та солі органічних кислот, незалежно від того, чи використовуються вони окремо чи як суміші, отримали міжнародне визнання як потенційні заміники антибіотиків. Тому метою роботи був поглиблений аналіз літературних даних щодо перспектив та проблем застосування в годівлі птиці раціонів зі зниженим вмістом протеїну збагачених органічними кислотами або їх солями. Виявлено, що раціони зі зниженим вмістом сирого протеїну мають потенціал для зменшення витрат на інгредієнти корму, підвищення благополуччя птиці за рахунок покращення якості підстилки та зменшення випадків пододерматиту, а також зниження розповсюдженню потенційних патогенів. Водночас, використання органічних кислот та їх солей отримали міжнародне визнання як потенційні стимулятори росту, які можуть використовуватись для підвищення поглинання поживних речовин за використання раціонів зі зниженим рівнем сирого протеїну. Однак, незважаючи на здатність органічних кислот покращувати здоров'я кишківника, збільшувати поглинання поживних речовин і діяти як заміна антибіотикам, їх практичне застосування у раціонах для птиці потребує додаткових досліджень для точного визначення найкращих поєднань для різних виробничих потреб.

Ключові слова: сирій протеїн, раціон, органічні кислоти, курчата-бройлери, жива маса, інтенсивність росту, технологія.

Mandryha M.V., Sychov M.Yu. Prospects of using organic acids and their salts in poultry feeding

One of the current challenges for poultry producers is to maximize economic returns by reducing feed costs. Protein is considered the most expensive nutrient in poultry diets. However, there is a biological limit to which crude protein levels in poultry diets can be reduced without detrimental effects on performance. The scientific evidence on attempts to reduce crude protein levels without negatively affecting performance in broiler chickens is quite contradictory. In a number of studies, growth rate, feed efficiency and carcass quality were impaired when crude protein levels were reduced in poultry diets, despite the addition of certain essential amino acids and other nutrients. Supplementing low crude protein diets with feed additives may be an alternative approach to improving broiler chicken performance. Among the alternatives to antibiotic growth promoters, organic acids and salts of organic acids, whether used singly or in mixtures, have gained international recognition as potential antibiotic substitutes. The aim of the

work was to conduct an in-depth analysis of the literature on the prospects and problems of using reduced protein diets enriched with organic acids or their salts in poultry feeding. It was found that diets with a reduced crude protein content have the potential to reduce feed ingredient costs, improve bird welfare by improving litter quality and reducing the incidence of pododermatitis, as well as reduce the spread of potential pathogens. At the same time, the use of organic acids and their salts has gained international recognition as potential growth promoters that can be used to increase nutrient absorption when using diets with a reduced crude protein level. However, despite the ability of organic acids to improve intestinal health, increase nutrient absorption and act as a replacement for antibiotics, their practical application in poultry diets requires additional research to accurately determine the best combinations for different production needs.

Key words: *crude protein, diet, organic acids, broiler chickens, live weight, growth rate, technology.*

Постановка проблеми. Основним завданням виробників птахівницької продукції є максимізація економічних прибутків шляхом зниження вартості корму, яка становить близько 70 % від загальної вартості виробництва. Протеїн вважається найдорожчою поживною речовиною в раціоні птиці і упродовж останніх років спроби знизити рівень харчового протеїну були предметом різноманітних досліджень [1, 2]. Існує біологічна межа, до якої можна знизити рівень сирого протеїну в раціоні птиці без шкідливих впливів на продуктивність. Були зроблені деякі спроби знизити рівень сирого протеїну без негативного впливу на продуктивність курчат-бройлерів [3, 4, 5]. Проте в інших дослідженнях швидкість росту, ефективність використання корму та м'ясні якості тушки погіршувалися за зниження в раціоні птиці рівня сирого протеїну, незважаючи на додавання певних незамінних амінокислот та інших поживних речовин [6]. Доповнення кормових добавок до раціонів з низьким вмістом сирого протеїну може бути альтернативним підходом до покращення продуктивності курчат-бройлерів. Серед альтернатив для заміни стимуляторів росту антибіотиків органічні кислоти та солі органічних кислот, незалежно від того, чи використовуються вони окремо чи як суміші, отримали міжнародне визнання як потенційні замітники антибіотиків [7]. Така підвищена увага зумовлена зростаючим світовим попитом на органічне та безантибіотикове м'ясо, оскільки органічні кислоти продемонстрували здатність покращувати здоров'я та підвищувати продуктивність курей [8].

Постановка завдання. Метою роботи був поглиблений аналіз літературних даних щодо перспектив та проблем застосування в годівлі птиці раціонів зі зниженим вмістом протеїну збагачених органічними кислотами або їх солями.

Виклад основного матеріалу дослідження. Рядом досліджень [3, 4, 5] показано, що застосування раціонів зі зниженими рівнями сирого протеїну не чинить негативного впливу на інтенсивність росту, ефективність використання корму та вихід грудного м'яза у курей. Зокрема, зниження рівня сирого протеїну у раціонах бройлерів з 19 до 17 % не погіршило інтенсивності їх росту та ефективності використання корму, водночас не знизивши виходу грудного м'яза за незначного збільшення вмісту абдомінального жиру [3]. Подібні висновки також були отримані Lambert W. з колегами [4], які використовували експериментальні раціони з вмістом сирого протеїну у діапазоні 18,9–17,1 % у фазі вирощування та 17,1–15,3 % у фазі завершення росту курчат-бройлерів та повідомили про відсутність їх значного впливу на інтенсивність росту чи вихід тушки.

У недавньому мета-аналізі de Rauglaudre T. з колегами [9] показали, що зниження рівня сирого протеїну в середньому на 1,62 % і максимум до 3,22 %, за належного дотримання норм амінокислот, забезпечує збереження рівня інтенсивності росту курей. За даними Benahmed S. і ін. [5], продуктивність курей,

включаючи приріст маси тіла та коефіцієнт конверсії корму до 35-добового віку не зазнавала впливу експериментальних раціонів. Подібні результати, які доводять, що зниження рівнів сирого протеїну у раціонах, до яких належним чином додано необхідні амінокислоти, не чинить негативного впливу на інтенсивність росту бройлерів, були підтверджені рядом інших досліджень [10, 11, 12].

Водночас, за даними інших авторів [13, 14], приріст живої маси та коефіцієнт конверсії корму все ж таки зменшуються зі зниженням рівня сирого протеїну у раціонах птиці. Зокрема, зниження рівня сирого протеїну у кормах призводить до надмірного катаболізму амінокислот і накопичення токсичного аміаку внаслідок амінокислотного дисбалансу в раціоні, що знижує споживання корму та прирости живої маси у бройлерів [15]. Крім того, кури, яких годували раціонами, що містять менше 19 % сирого протеїну, зберігаючи рівень незамінних амінокислот, характеризуються зниженням інтенсивності росту та швидкості конверсії корму. І чим молодші курчата, тим чутливіші вони до поживних речовин, тому низькі рівні сирого протеїну можуть мати більший вплив [11]. Відомо, що бройлери споживають корм, поки не задовольнять свої потреби в поживних речовинах. Однак, у випадку використання раціонів з низьким рівнем сирого протеїну малий об'єм шлунку та низький об'єм слини молодих курчат можуть бути завадою для достатнього споживання ними поживних речовин і, як наслідок, зниження інтенсивності росту [16].

Зниження рівня сирого протеїну в раціонах суттєво впливає на засвоюваність поживних речовин і ефективність утилізації азоту у бройлерів [14]. Зниження рівня сирого протеїну в раціонах знижує засвоюваність протеїну в організмі птиці, зменшує екскрецію азоту приблизно на 10 % [17]. Крім того, використання раціонів з низьким вмістом білка знижує загальну перетравність корму та загальний коефіцієнт утримання азоту у бройлерів [18].

Однак інші дослідження показали, що рівні сирого протеїну в раціоні не впливають на засвоюваність корму у птиці [19]. Крім того, було показано, що раціони з надмірно низьким вмістом сирого протеїну зменшують площу поверхні епітеліальних клітин ворсинок у тонкій кишці бройлерів і сприяють накопиченню абдомінального жиру, потенційно погіршуючи використання поживних речовин [18]. Якщо рівень сирого протеїну у раціоні знизити на 3 %, використання азоту покращиться, а втрата маси тіла зменшилася [20]. Таким чином, раціони з низьким вмістом сирого протеїну знижують засвоюваність поживних речовин і знижують споживання та виділення азоту, але не чинять негативного впливу на загальний ріст курей, ймовірно, через покращену ефективність використання азоту [14].

Якість м'яса є фактором, який впливає на економічну ефективність галузі птахівництва [21]. Такі характеристики тушок, як зовнішній вигляд, консистенція, соковитість, водянистість, твердість, ніжність, запах і смак, сприяють прийняттю споживачем рішення про покупку продукту [22]. Крім того, вологоутримуюча здатність, втрати при варінні, рН і ін. є важливими характеристиками курятини для переробних підприємств, які беруть участь у виробництві м'ясних продуктів із доданою вартістю [22]. На ці показники якості м'яса впливає і раціон птиці, тому велика увага приділяється встановленню рівня поживності раціону [21, 22]. Yaşın S.U.Z.A.N. та ін. [23] виявили, що різні рівні сирого протеїну у раціоні для бройлерів впливають на колір м'яса. За даними Son J. і ін. [14], колір м'яса інтенсивніше зі зниженням рівня сирого протеїну, а високі показники вологоутримуючої здатності спостерігались за зниженням рівня сирого протеїну на 1 %. Низькі рівні сирого протеїну знижують вміст протеїну, але, як відомо, значно збільшують накопичення абдомінального жиру в організмі, що призводить до вищого вмісту

ліпідів у тушці птиці [24, 25]. Насправді Wang Q.D. з колегами [25] виявили, що використання раціонів з низьким вмістом сирого протеїну збільшує утримання жиру та підвищує вміст ліпідів у птиці замість того, щоб зменшувати накопичення азоту в її організмі. Цей результат може бути пов'язаний зі зниженим синтезом білка під час використання раціонів з низьким рівнем сирого протеїну, що призводить до накопичення жиру у результаті надлишку енергії [26]. Однак Benahmed S. та ін. [5] виявили, що низькі рівні сирого протеїну можуть не мати значного впливу на м'язовий протеїн і суху речовину. З даними Son J. і ін. [14], вміст сирого жиру збільшується зі зниженням рівня сирого протеїну у раціоні, але вміст протеїну не змінюється.

Використання органічних кислот стало надзвичайно актуальним після того, як було доведено їх ефективність у якості стимуляторів росту для птиці [27]. Багатьма дослідженнями доведено, що суміші органічних кислот можуть підвищити споживання корму та використання поживних речовин, тому вони можуть підвищити приріст живої маси і коефіцієнт конверсії корму у птиці [28, 29, 30] за використання раціонів зі зниженим рівнем сирого протеїну. Вплив органічних кислот на прискорення росту пояснюється їх здатністю регулювати мікробіоту шлунково-кишкового тракту, покращувати мікроструктуру кишківника, активувати імунну систему та ініціювати вивільнення різноманітних травних ферментів [31]. Так, Fik M. з колегами [32] показали, що додавання лимонної кислоти до питної води курчат-бройлерів у різних концентраціях (0,5, 1,0 та 1,5 %) призводить до збільшення маси тіла. Результати Islam Z. і ін. [30] виявили, що суміш органічних кислот, додана 200 мг/кг окремо або в поєднанні з 150 мг/кг ефірної олії в раціоні курчат-бройлерів, покращує приріст живої маси і споживання корму, не впливаючи на коефіцієнт конверсії корму.

У недавньому дослідженні Melaku M. з колегами [33] показали, що додавання в раціон курчат-бройлерів 800 мг/кг буферної солі бутирату натрію значно підвищило середньодобовий приріст маси їх тіла та коефіцієнт конверсії корму. Крім того, було доведено, що включення в раціон курей суміші органічних кислот (0,3, 0,6 та 1 г/кг) підвищує інтенсивність їх росту, характеристики тушки, імунітет і гістоморфологію кишківника, що вказує на її потенційну роль як багатообіцяючого стимулятора росту в птахівництві [34]. За даними Ma J. [35], додавання суміші органічних кислот до раціону курчат-бройлерів у дозах 3000 та 6000 мг/кг значно покращило середньодобовий приріст маси тіла, кінцеву живу масу та коефіцієнт конверсії корму. Побідні результати були отримані і Sedghi M. з колегами [37], які показали, що додавання суміші підкислювачів позитивно впливає на м'ясну продуктивність курей та інтенсивність їх росту. Водночас, рядом дослідників було показано, що органічні кислоти та їх солі не впливали на продуктивність бройлерів. Так, Khalil K. з колегами [36] продемонстрували, що на масу тіла, приріст живої маси та коефіцієнт конверсії корму бройлерів істотно не вплинули раціони, що містять підкислювач (1 мл/л через питну воду).

Згідно з Nourmohammadi R. та ін. [38], підкислювачі, такі як органічні кислоти позитивно впливають на продуктивність, збільшуючи використання поживних речовин і покращуючи засвоюваність корму. Висновки, зроблені Rehman Z.U. з колегами [39] показують, що курчата-бройлери, яких годували оцтовою кислотою в концентраціях 10, 20 і 30 г/кг корму у віці від 8 до 42 днів, характеризуються вищими приростами маси тіла та коефіцієнтом конверсії корму. За даними Katoch S. з колегами [40], кури, яких годували лимонною кислотою (0,5 %) у складі раціону з низькою та помірно низькою щільністю мінеральних речовин (кальцію

та фосфору), відповідно, мали вищі прирости маси тіла та вищу збереженість поголів'я, ніж контрольна група. Крім того, Salgado-Tránsito L. і ін. [41] повідомили, що курчата-бройлери, яким до раціону додавали 6,25, 12,5, 25 або 50 г/кг лимонної кислоти, мали вищі коефіцієнти конверсії корму і більшу живу масу.

Спостережуване підвищення інтенсивності росту курчат-бройлерів в результаті збагачення раціону органічними кислотами можна пояснити кількома факторами. Ці фактори включають збільшення енергетичного та протеїнового складу корму, зменшення кількості шкідливих мікроорганізмів, покращення роботи імунної системи, зменшення розповсюдження інфекційних агентів, а також зменшення присутності аміаку та інших шкідливих метаболітів [42]. Органічні кислоти широко відомі своєю здатністю підвищувати загальну продуктивність шляхом зменшення загального мікробного навантаження та конкуренції мікробів за поживні речовини в шлунково-кишковому тракті птиці [30, 43, 44]. Як наслідок, ризик субклінічних інфекцій зменшується, що призводить до покращення здатності розщеплювати їжу та зменшує енергетичні потреби тканин, пов'язаних із кишечником [42].

Органічні кислоти можуть підвищувати вивільнення травних ферментів, секрецію підшлункової залози, активність мікробної фітази та проліферацію кишкових клітин [45, 46]. Зменшення рН зерна, шлунку та дванадцятипалої кишки призводить до збільшення секреції травних ферментів, у тому числі пепсину, трипсину, хімотрипсину, протеїнази, амілази, ліпази, білкового гідролізату та непротеазних концентрацій у кишковому сегменті [47]. Крім того, збагачення раціону органічними кислотами може посилити секрецію пепсину та хімусу, які досягають кишківника, щоб стимулювати розкладання та всмоктування поживних речовин. Органічні кислоти уповільнюють швидкість проходження травлення і, таким чином, підсилюють всмоктування вмісту корму з кишківника [48].

Використання органічних кислот також пов'язане з покращенням засвоюваності мінералів [49]. Відомо, що засвоюваність мінералів, зокрема кальцію та фосфору, покращується, можливо, завдяки посиленню травних ферментів або ефективній ролі *Lactobacillus spp.* у кишківнику [50].

З іншого боку, органічні кислоти не завжди позитивно впливають на продуктивність птиці. Кілька досліджень [40, 41, 42] продемонстрували, що використання органічних кислот не має істотного впливу на інтенсивність росту курчат-бройлерів. Ці результати можуть залежати від хімічної форми органічної кислоти, значень рКа, відмінностей у рівнях органічних кислот, місця дії кислот, виду птиці, агрокліматичних особливостей, інгредієнтів раціону, стану здоров'я та віку птиці [51]. Проте вищі рівні включення органічних кислот, таких як лимонна кислота, 6 % і 60 г/кг у раціоні курчат-бройлерів призводять до уповільнення їх росту та зниження споживання корму [52]. Це може бути результатом зниження смакових якостей корму через вищий рівень вмісту кислоти.

Висновки і пропозиції. Раціони зі зниженим вмістом сирого протеїну мають потенціал для зменшення витрат на інгредієнти корму, підвищення благополуччя птиці за рахунок покращення якості підстилки та зменшення випадків пододерматиту, а також зниження розповсюдженню потенційних патогенів. Водночас, використання органічних кислот та їх солей отримали міжнародне визнання як потенційні стимулятори росту, які можуть використовуватись для підвищення поглинання поживних речовин за використання раціонів зі зниженим рівнем сирого протеїну. Однак, незважаючи на здатність органічних кислот покращувати здоров'я кишківника, збільшувати поглинання поживних речовин і діяти як заміна

антибіотикам, їх практичне застосування у раціонах для птиці потребує додаткових досліджень для точного визначення найкращих поєднань для різних виробничих потреб.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Aderibigbe A.S., Wise T.L., Davis J.D., Naranjo V.D., Hess V., Dozier W.A. Effects of reduced crude protein diets while maintaining essential amino acid concentrations on growth performance, nitrogen output, ammonia production, and meat yield. *Poultry Science*. 2024. Vol. 103(5). P. 103572. doi:10.1016/j.psj.2024.103572
2. Selle P.H., Macelline S.P., Toghyani M., Liu S.Y. The potential of glutamine supplementation in reduced-crude protein diets for chicken-meat production. *Animal Nutrition*. 2024. Vol. 18. P. 49–56. doi:10.1016/j.aninu.2024.03.017
3. Belloir P., Méda B., Lambert W., Corrent E., Juin H., Lessire M., Tesseraud S. Reducing the CP content in broiler feeds: impact on animal performance, meat quality and nitrogen utilization. *Animal*. 2017. Vol. 11(11). P. 1881–1889. doi:10.1017/S1751731117000660
4. Lambert W., Chalvon-Demersay T., Bouvet R., Grandmaison J.L.C., Fontaine S. Reducing dietary crude protein in broiler diets does not compromise performance and reduces environmental impacts, independently from the amino acid density of the diet. *Journal of Applied Poultry Research*. 2022. Vol. 31(4). P. 1056–6171. doi:10.1016/j.japr.2022.100300
5. Benahmed S., Askri A., de Rauglaudre T., Létourneau-Montminy M.-P., Alnahhas N. Effect of reduced crude protein diets supplemented with free limiting amino acids on body weight, carcass yield, and breast meat quality in broiler chickens. *Poultry Science*. 2023. Vol. 102(11). P. 103041. doi:10.1016/j.psj.2023.103041
6. Mahmood T., Vieco-Saiz N., Consuegra J., Mercier Y. Inclusion of slowly digestible starch source is a promising strategy than reducing starch to protein ratio in low protein broiler diets. *Poultry Science*. 2024. Vol. 103(9). P. 104020. doi:10.1016/j.psj.2024.104020
7. Chukwudi P., Umeugokwe P. I., Ikeh N.E., Amaefule B.C. The effects of organic acids on broiler chicken nutrition: A review. *Animal Research and One Health*. 2024. P. 1–11. doi:10.1002/aro2.85
8. Dong Y., Gao X., Qiao C., Han M., Miao Z., Liu C., Yan L., Li J. Effects of Mixed Organic Acids and Essential Oils in Drinking Water on Growth Performance, Intestinal Digestive Capacity, and Immune Status in Broiler Chickens. *Animals*. 2024. Vol. 14. P. 2160. doi:10.3390/ani14152160
9. de Rauglaudre T., Méda B., Fontaine S., Lambert W., Fournel S., Letourneau M.-P. Meta-analysis of the effect of low-protein diets on the growth performance, nitrogen excretion, and fat deposition in broilers. *Frontiers in Animal Science*. 2023. Vol. 4. doi:10.3389/fanim.2023.1214076
10. Chrystal P.V., Moss A.F., Khoddami A., Naranjo V.D., Selle P.H., Liu S.Y. Impacts of reduced-crude protein diets on key parameters in male broiler chickens offered maize-based diets. *Poultry Science*. 2020. Vol. 99. P. 505–516. doi:10.3382/ps/pez573
11. Brandejs V., Kupcikova L., Tvrdon Z., Hampel D., Lichovnikova M. Broiler chicken production using dietary crude protein reduction strategy and free amino acid supplementation. *Livestock Science*. 2022. Vol. 258. P. 104879. doi:10.1016/j.livsci.2022.104879
12. Wang C., Yuan T., Yang J., Zheng W., Wu Q., Zhu K., Mou X., Wang L., Nie K., Li X., et al. Responses of combined non-starch polysaccharide enzymes and protease on growth performance, meat quality, and nutrient digestibility of yellow-feathered broilers fed with diets with different crude protein levels. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022. Vol. 9. P. 946204. doi:10.3389/fvets.2022.946204

13. Liu S.Y., Macelline S.P., Chrystal P.V., Selle P.H. Progress towards reduced-crude protein diets for broiler chickens and sustainable chicken-meat production. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2021. Vol. 12. P. 1–13. doi:10.1186/s40104-021-00550-w
 14. Son J., Lee W.-D., Kim C.-H., Kim H., Hong E.-C., Kim H.-J. Effect of Dietary Crude Protein Reduction Levels on Performance, Nutrient Digestibility, Nitrogen Utilization, Blood Parameters, Meat Quality, and Welfare Index of Broilers in Welfare-Friendly Environments. *Animals*. 2024. Vol. 14(21). P. 3131. doi:10.3390/ani14213131
 15. Hejdysz M., Bogucka J., Ziółkowska E., Perz K., Jarosz Ł., Ciszewski A., Nowaczewski S., Ślósarz P., Kaczmarek S.A. Effects of low crude protein content and glycine supplementation on broiler chicken performance, carcass traits, and litter quality. *Livestock Science*. 2022. Vol. 261. P. 104930. doi:10.1016/j.livsci.2022.104930
 16. Lee W.D., Kim H.J., Kim H., Hong E.C., Kim C.H., Kang H.K., Byun S.J., Son J. Dietary energy levels affect productivity, meat quality, blood variables, energy efficiency and welfare indicators in broilers under welfare rearing conditions. *Italian Journal of Animal Science*. 2024. Vol. 23. P. 1325–1335. doi:10.1080/1828051X.2024.2398175
 17. Alfonso-Avila A.R., Cirot O., Lambert W., Létourneau-Montminy M.P. Effect of low-protein corn and soybean meal-based diets on nitrogen utilization, litter quality, and water consumption in broiler chicken production: insight from meta-analysis. *Animal*. 2022. Vol. 16(3). P. 100458. doi:10.1016/j.animal.2022.100458
 18. Jabbar A., Tahir M., Khan R.U., Ahmad N. Interactive effect of exogenous protease enzyme and dietary crude protein levels on growth and digestibility indices in broiler chickens during the starter phase. *Tropical Animal Health and Production*. 2021. Vol. 53. P. 23. doi:10.1007/s11250-020-02466-5
 19. Vieira S.L., Angel C.R., Miranda D.J.A., Favero A., Cruz R.F.A., Sorbara J.O.B. Effects of a monocomponent protease on performance and protein utilization in 1-to 26-day-of-age turkey poults. *Journal of Applied Poultry Research*. 2013. Vol. 22. P. 680–688. doi:10.3382/japr.2012-00558
 20. Ullrich C., Langeheine M., Brehm R., Taube V., Siebert D., Visscher C. Influence of reduced protein content in complete diets with a consistent arginine–lysine ratio on performance and nitrogen excretion in broilers. *Sustainability*. 2018. Vol. 10. P. 3827. doi:10.3390/su10113827
 21. Dong L., Li Y., Zhang Y., Zhang Y., Ren J., Zheng J., Diao J., Ni H., Yin Y., Sun R., et al. Effects of organic zinc on production performance, meat quality, apparent nutrient digestibility and gut microbiota of broilers fed low-protein diets. *Scientific Reports*. 2023. Vol. 13. P. 10803. doi:10.1038/s41598-023-37867-7
 22. Mir N.A., Rafiq A., Kumar F., Singh V., Shukla V. Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: A review. *Journal of Food Science and Technology*. 2017. Vol. 54. P. 2997–3009. doi:10.1007/s13197-017-2789-z
 23. Yalçın S.U.Z.A.N., Özkul H., Özkan S.E.Z.E.N., Gous R., Yaşa İ.H.S.A.N., Babacanoglu E. Effect of dietary protein regime on meat quality traits and carcass nutrient content of broilers from two commercial genotypes. *British Poultry Science*. 2010. Vol. 51. P. 621–628. doi:10.1080/00071668.2010.520302
 24. Usturoi M.G., Radu-Rusu R.M., Usturoi A., Simeanu C., Doliş M.G., Raţu R.N., Simeanu D. Impact of different levels of crude protein on production performance and meat quality in broiler selected for slow growth. *Agriculture*. 2023. Vol. 13. P. 427. doi:10.3390/agriculture13020427
 25. Wang Q.D., Zhang K.Y., Zhang Y., Bai S.P., Ding X.M., Wang J.P., Peng H.W., Tian G., Xuan Y., Su Z.W., et al. Effects of dietary protein levels and protease supplementation on growth performance, carcass traits, meat quality, and standardized ileal digestibility of amino acid in Pekin ducks fed a complex diet. *Poultry Science*. 2020. Vol. 99. P. 3557–3566. doi:10.1016/j.psj.2020.03.047
 26. Yu Y., Ai C., Luo C., Yuan J. Effect of Dietary Crude Protein and Apparent Metabolizable Energy Levels on Growth Performance, Nitrogen Utilization, Serum Parameter, Protein Synthesis, and Amino Acid Metabolism of 1-to 10-Day-Old
-

Male Broilers. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024. Vol. 25. P. 7431. doi:10.3390/ijms25137431

27. El-Ghany W. Applications of Organic Acids in Poultry Production: An Updated and Comprehensive Review. *Agriculture*. 2024. Vol. 14. P. 1756. doi:10.3390/agriculture14101756

28. Abdelli N., Pérez J.F., Vilarrasa E., Cabeza Luna I., Melo-Duran D., D'Angelo M., Solà-Oriol D. Targeted-release organic acids and essential oils improve performance and digestive function in broilers under a necrotic enteritis challenge. *Animals*. 2020. Vol. 10. P. 259. doi:10.3390/ani10020259

29. Sureshkumar S., Park J., Kim I. Effects of the inclusion of dietary organic acid supplementation with anti-coccidium vaccine on growth performance, digestibility, fecal microbial, and chicken fecal noxious gas emissions. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 2021. Vol. 23(3). P. 1425. doi:10.1590/1806-9061-2020-1425

30. Islam Z., Sultan A., Khan S., Khan K., Jan A.U., Aziz T., Alharbi M., Alshamari A., Alasmari A.F. Effects of an organic acids blend and coated essential oils on broiler growth performance, blood biochemical profile, gut health, and nutrient digestibility. *Italian Journal of Animal Science*. 2024. Vol. 23(1). P. 152–163. doi:10.1080/1828051X.2023.2297562

31. Nguyen D.H., Lee K.Y., Mohammadigheisar M., Kim I.H. Evaluation of the blend of organic acids and medium-chain fatty acids in matrix coating as antibiotic growth promoter alternative on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, excreta microflora, and carcass quality in broilers. *Poultry Science*. 2018. Vol. 97(12). P. 4351–4358. doi:10.3382/ps/pey339

32. Fik M., Hrnčár C., Hejniš D., Hanusová E., Arpášová H., Bujko J. The effect of citric acid on performance and carcass characteristics of broiler chickens. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*. 2021. Vol. 54(1). P. 187–192.

33. Melaku M., Su D., Zhao H., Zhong R., Ma T., Yi B., Chen L., Zhang H. The New Buffer Salt-Protected Sodium Butyrate Promotes Growth Performance by Improving Intestinal Histomorphology, Barrier Function, Antioxidative Capacity, and Microbiota Community of Broilers. *Biology*. 2024. Vol. 13. P. 317. doi:10.3390/biology13050317

34. Manvatkar P.N., Kulkarni R.C., Awandkar S.P., Chavhan S.G., Durge S.M., Avhad S.R., Channa G.R., Kulkarni M.B. Performance of broiler chicken on dietary supplementation of protected organic acids blend. *British Poultry Science*. 2022. Vol. 63(5). P. 633–640. doi:10.1080/00071668.2022.2076211

35. Ma J., Wang J., Mahfuz S., Long S., Wu D., Gao J., Piao X. Supplementation of mixed organic acids improves growth performance, meat quality, gut morphology and volatile fatty acids of broiler chicken. *Animals*. 2021. Vol. 11(11). P. 3020. doi:10.3390/ani11113020

36. Khalil K., Islam Md., Sujan K., Mustari A., Ahmad N., Miah M. Dietary acidifier and lysozyme improve growth performances and hemato-biochemical profile in broiler chicken. *Journal of Advanced Biotechnology and Experimental Therapeutics*. 2020. Vol. 3(3). P. 241–247. doi:10.5455/jabet.2020.d130

37. Sedghi M., Azghadi M.A., Mohammadi I., Ghasemi R., Sarrami Z., Abbasi M. The Effects of Acidifier Inclusion in the Diet on Growth Performance, Gastrointestinal Health, Ileal Microbial Population, and Gene Expression in Broilers. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. 2024. Vol. 26 (2). P. 01–20. doi:10.1590/1806-9061-2023-1847

38. Nourmohammadi R., Hosseini S.M., Farhangfar H., Bashtani M. Effect of citric acid and microbial phytase enzyme on ileal digestibility of some nutrients in broiler chicks fed corn- soybean meal diets. *Italian Journal of Animal Science*. 2012. Vol. 11(1). P. e7. doi:10.4081/ijas.2012.e7

39. Rehman Z.U., Haq A.U., Akram N., El-Hack M.E.A., Saeed M., Rehman S.U., Meng C., Alagawany M., Sayab M., Dhama K., Ding C. Growth performance, intestinal histomorphology, blood hematology and serum metabolites of broilers chickens fed diet supplemented with graded levels of acetic acid. *International Journal of Pharmacology*. 2016. Vol. 12(8). P. 874–883. doi:10.3923/ijp.2016.874.883

40. Katoch S., Sharma S., Sankhyan V., Wadhwa D., Sharma A., Kumar S. Growth studies in commercial broiler birds offered citric acid in formulated feed with low mineral density. *Tropical Animal Health and Production*. 2023. Vol. 55(1). P. 33. doi:10.1007/s11250-022-03443-w
41. Salgado-Tránsito L., Del Río-García J., Arjona-Román J., Moreno-Martínez E., Méndez-Albores A. Effect of citric acid supplemented diets on aflatoxin degradation, growth performance and serum parameters in broiler chickens. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 2011. Vol. 43(3). P. 215–222. doi:10.4067/S0301-732X2011000300003
42. Khan R.U., Naz S., Dhama K., Karthik K., Tiwari R., Abdelrahma M.M., Alhaidary I.A., Zahoor A. Direct-fed microbial: Beneficial applications, modes of action and prospects as a safe tool for enhancing ruminant production and safeguarding health. *International Journal of Pharmacology*. 2016. Vol. 12(3). P. 220–231. doi:10.3923/ijp.2016.220.231
43. Vinolya R.E., Balakrishnan U., Yasi B., Chandrasekar S. Effect of dietary supplementation of acidifiers and essential oils on growth performance and intestinal health of broiler. *Journal of Applied Poultry Research*. 2021. Vol. 30. P. 100179. doi:10.1016/j.japr.2021.100179
44. Lokapirnasari W.P., Al-Arif M.A., Hidayatik N., Safiranisa A., Arumdani D.F., Zahirah A.I., Yulianto A.B., Lamid M., Marbun T.D., Lisnanti E.F., Baihaqi Z.A., Khairullah A.R., Kurniawan S.C., Pelawi E.B.S., Hasib A. Effect of probiotics and acidifiers on feed intake, egg mass, production performance, and egg yolk chemical composition in late-laying quails. *Veterinary World*. 2024. Vol. 17(2). P. 462–469. doi:10.14202/vetworld.2024.462-469
45. Rathnayake D., Mun H.S., Dilawar M.A., Baek K.S., Yang C.J. Time for a paradigm shift in animal nutrition metabolic pathway: Dietary inclusion of organic acids on the production parameters, nutrient digestibility, and meat quality traits of swine and broilers. *Life (Basel)*. 2021. Vol. 11. P. 476. doi:10.3390/life11060476
46. Abd El-Ghany W.A. Applications of Organic Acids in Poultry Production: An Updated and Comprehensive Review. *Agriculture*. 2024. Vol. 14(10). P. 1756. doi:10.3390/agriculture14101756
47. Gao C.Q., Shi H.Q., Xie W.Y., Zhao L.H., Zhang J.Y., Ji C., Ma Q.G. Dietary supplementation with acidifiers improves the growth performance, meat quality and intestinal health of broiler chickens. *Animal Nutrition*. 2021. Vol. 7(3). P. 762–769. doi:10.1016/j.aninu.2021.01.005
48. Abudabos A.M., Alyemni A.H., Dafalla Y.M., Khan R.U. Effect of organic acid blend and *Bacillus subtilis* alone or in combination on growth traits, blood biochemical and antioxidant status in broilers exposed to *Salmonella typhimurium* challenge during the starter phase. *Journal of Applied Animal Research*. 2017. Vol. 45(1). P. 538–542. doi:10.1080/09712119.2016.1219665
49. Emami N.K., Naeini S.Z., Ruiz-Feria C.A. Growth performance, digestibility, immune response and intestinal morphology of male broilers fed phosphorus deficient diets supplemented with microbial phytase and organic acids. *Livestock Science*. 2013. Vol. 157. P. 506–513. doi:10.1016/j.livsci.2013.08.014
50. Chowdhury R., Islam K.M.S., Khan M.J., Karim M.R., Haque M.N., Khatun M., Pesti G.M. Effect of citric acid, avilamycin, and their combination on the performance, tibia ash, and immune status of broilers. *Poultry Science*. 2009. Vol. 88. P. 1616–1622. doi:10.3382/ps.2009-00119
51. Ebeid T.A., Al-Homidan I.H. Organic acids and their potential role for modulating the gastrointestinal tract, antioxidative status, immune response, and performance in poultry. *World's Poultry Science Journal*. 2022. Vol. 78(1). P. 83–101. doi:10.1080/00439339.2022.1988803
52. Azad Md. H., Ali M.N., Alam P., Sheikh N., Ali H., Ansari K. Evaluation of growth and carcass characteristics of broiler chickens (cobb 500) feed on different level of organic acids inclusion in diet at parwanipur. *Nepalese Veterinary Journal*. 2019. Vol. 36. P. 137–147. doi:10.3126/nvj.v36i0.27773