

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ВІВИЧ АРТЕМ ЮРІЙОВИЧ

УДК 614.8:613.281:611.3:636.52/.58

ДИСЕРТАЦІЯ

**Безпечність та якість м'яса курчат- бройлерів залежно від
мікробіому кишечника**

212 – «Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза»

Подається на здобуття наукового ступеня доктор філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання
на відповідне джерело _____ А. Ю. Вівич

Науковий керівник:

Якубчак Ольга Миколаївна,

доктор ветеринарних наук, професор

Київ – 2026

АНОТАЦІЯ

Вівич А.Ю. Безпечність та якість м'яса курчат-бройлерів залежно від мікробіому кишечника – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття освітньо-наукового ступеня доктор філософії за спеціальністю 212 «Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза». Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2026.

М'ясо курчат-бройлерів відноситься до найбільш вживаних і доступних продуктів для більшості верств населення як у світовому масштабі, так і в умовах України. Це обумовлює постійне збільшення обсягів його виробництва, що передбачає значну концентрацію поголів'я на обмежених виробничих площах, швидке поширення інфекційних та інвазійних захворювань, які наносять суттєві економічні збитки. Обмеження використання, аж до повної відмови від кормових антибіотиків, які спричинили масовий розвиток стійкості у патогенних та умовно патогенних мікроорганізмів, сприяє пошуку альтернативи і розробку безпечних, ефективних і доступних засобів профілактики захворювань птиці. До таких препаратів відносяться пробіотики, зокрема, комплексний препарат "ТІММ-П", розроблений на основі природних біфідо- та лактобактерій здорової птиці.

Випоювання курчатам-бройлерам пробіотика "ТІММ-П" не впливало на основні показники, що характеризують їх клінічний стан упродовж всього періоду вирощування. Це узгоджується із результатами досліджень температури тіла, частоти дихання і серцевих скорочень курчат-бройлерів на першу, 14-ту, 28-му та 42-гу добу вирощування і свідчить про безпечність комплексного пробіотика "ТІММ-П" для організму птиці.

Аналіз маси тіла курчат-бройлерів на різних етапах вирощування показав, що у ранній період пробіотичний препарат суттєво не впливав на цей показник. Під впливом пробіотика "ТІММ-П" у 28-добовому віці курчат-

бройлерів виявлено підвищення маси тіла на 2,69%, а в 42-добовому віці – на 3,46%.

Підвищення маси тіла курчат-бройлерів дослідної групи відбувалося за рахунок підвищення абсолютних приростів маси тіла за періодами вирощування та середньодобових приростів на 15–28-у добу на 4,65%. Відносні прирости маси тіла курчат-бройлерів не залежали від застосування пробіотика, але відрізнялися за періодами вирощування: найвищі були зареєстровані у період з 1-ї до 14-ї доби, а мінімальні – з 29-ї до 42-ї доби вирощування.

Підвищення інтенсивності росту курчат-бройлерів під впливом пробіотика “ТІММ-П” сприяло підвищенню маси їх тушки на 2,85%, а також маси внутрішніх органів, пір’я, голови та нижніх частин кінцівок – на 5,57% і не впливало на забійний вихід.

Випоювання курчатам-бройлерам з водою комплексного пробіотика «ТІММ-П» не впливало на чисельність типів мікроорганізмів у сліпих кишках у ранньому віці, зокрема в період до 28-ї доби вирощування. У віці 42 доби у сліпих кишках курчат-бройлерів кількість типів бактерій зростала в середньому на 20,39%.

Серед 13 типів бактерій, які ідентифіковано в сліпих кишках курчат-бройлерів, основним був тип Firmicutes і досягав понад 98% на 14-ту та 28-му добу вирощування, друге місце за чисельністю складав тип Proteobacteria.

Особливо помітні зміни типового складу мікробіому сліпих кишок курчат-бройлерів за впливу пробіотика “ТІММ-П” відзначали на 42-гу добу вирощування. При цьому частка мікроорганізмів типу Firmicutes знизилась у сліпих кишках курчат-бройлерів до 76,93% від кількості всіх типів мікроорганізмів. За випоювання курчатам-бройлерам комплексного пробіотика на основі лакто- і біфідобактерій виявлено збільшення різноманіття бактерій за рахунок появи дев’яти типів, таких як Bacteroidota, Candidatus Melainabacteria, Kiritimatiellaeota, Deferribacteres, Verrucomicrobia,

Lentisphaerae, Synergistetes, Elusimicrobia та Cyanobacteria. В цей період вирощування чисельність бактерії типу Bacteroidota у сліпих кишках курчат-бройлерів контрольної групи на 8,1% поступалася дослідній групі.

Різноманітність родів бактерій у сліпих кишках курчат-бройлерів впродовж періоду вирощування у більшості випадків відповідала тій же закономірності, що і їх родин. Родова різноманітність бактерій у сліпих кишках курчат-бройлерів характеризувалась своєю динамічністю і залежала не лише від застосування комплексу пробіотиків, але й від віку курчат-бройлерів. Про це свідчить зміна мікробіому сліпих кишок курчат-бройлерів на рівні роду на 28-му добу вирощування. Вплив комплексного пробіотика на мікробіом сліпих кишок курчат-бройлерів в цей період також проявлявся збільшенням частки мікроорганізмів роду *Blautia* до 55,44%, майже не впливав на чисельність бактерій роду *Faecalibacterium*, тоді як решта родів не перевищувала частку 5%.

На 42-гу добу вирощування застосування курчатам-бройлерам комплексного пробіотику на основі лакто- і біфідобактерій мікробіом сліпих кишок характеризувався домінуванням двох родів: *Phocaecicola* (20,84%) і *Mediterraneibacter* (17,33%), що відбулося за рахунок зниження часток бактерій родів *Blautia* до 6,29% та *Faecalibacterium* до 7,45%.

Відповідно до збільшення чисельності типів, родин і родів бактерій у сліпих кишках курчат-бройлерів за впливу пробіотичного препарату на 42-гу добу вирощування виявлено підвищення видового різноманіття бактерій на 18,97%, порівняно з контролем.

Необхідно також зазначити, що видове різноманіття мікробіому сліпих кишок курчат-бройлерів за впливу пробіотичного препарату характеризувалось більш плавною і однонаправленою зміною у віковому аспекті, порівняно з контролем.

Аналіз видового різноманіття бактерій сліпих кишок курчат-бройлерів з використанням індексу Шеннона показав, що воно зростало під впливом

пробіотика і залежало від віку птиці. Застосування комплексного пробіотика для курчат-бройлерів збільшувало домінування бактерій за індексом Сімпсона зі збільшенням віку курчат-бройлерів.

Індекс Бергера-Паркера показав, що найбільш вираженим було домінування окремих видів бактерій у сліпих кишках курчат-бройлерів як контрольної, так і дослідної груп у віці 28 діб, а зі збільшенням терміну вирощування до 42-ї доби домінування окремих видів бактерій знижувалось.

Одним із життєво важливих органів, що відповідає за процеси травлення, засвоєння і трансформацію поживних речовин корму, ріст і розвиток організму, є печінка. Абсолютна маса печінки у курчат-бройлерів під час застосування пробіотичного препарату суттєво не змінювалась. При цьому відносна маса печінки у курчат-бройлерів у віці 1–14-та доба була найбільшою, тоді як у віці 28–42-га доба вона знижувалася, що узгоджується з інтенсивним ростом їх м'язів у цей період.

За результатами морфометрії складових часток печінки найбільшу абсолютну масу протягом всього періоду вирощування мали праві частки, значно меншу – ліві. Співвідношення маси часток печінки курчат-бройлерів не залежало від вживання пробіотику і відповідало видовим, віковим і породним особливостям птиці.

Мікроструктура печінки однодобових курчат-бройлерів не відрізнялась між групами, більш виражені зміни реєстрували у старшому віці. На 14-ту добу вирощування у курчат-бройлерів, які отримували основний раціон, цитоплазма гепатоцитів зниженої оптичної щільності з дрібними краплинами ліпідів. За вживання пробіотика «ТІММ-П» цитоплазма гепатоцитів рівномірно та інтенсивно забарвлена, збережена радіальність трубчастої будови часточок печінки. На 28-му добу вирощування у курчат-бройлерів контрольної групи виявляли розвиток жирової дистрофії печінки. За вживання пробіотика «ТІММ-П» у курчат-бройлерів виявляли дрібнокрапельну жирову дистрофію печінки. На 42-гу добу вирощування у

печінці курчат-бройлерів контрольної групи виявлено явища апоптозу, некроз гепатоцитів та жирову дистрофію печінки з ділянками портальних трактів у стані інтерстиційного запалення, у різних ділянках венозного русла стази. Використання пробіотика «ТІММ-П» курчатам-бройлерам частково ослаблювало інтенсивність патологічних змін у печінці, однак у окремих тварин виявляли повну деструкцію трубчастої будови часточок печінки, а також периваскулярну інфільтрацію поліморфними клітинами.

Органолептичними дослідженнями продуктів забою курчат-бройлерів встановлено, що запах м'яса специфічний, властивий свіжому м'ясу птиці. За консистенцією м'язи курчат-бройлерів дослідної групи не відрізнялися від контролю і були щільні, пружні; під час натискання шпателем чи пальцем ямка, що утворилася, швидко вирівнювалася. М'язова тканина блідо-рожевого кольору. Підшкірний та внутрішній жир – жовтого кольору.

Випоювання пробіотика «ТІММ-П» курчатам-бройлерам сприяло поліпшенню його якості, що відбувалось за рахунок збільшення вмісту загального білка у м'язовій тканині на 1,94%.

Одним із важливих критеріїв якості м'яса, є здатність його зберігання в охолодженому вигляді. Проведеними дослідженнями встановлено, що на 7-му добу зберігання м'ясо курчат контрольної групи було сумнівної свіжості, тоді як під впливом пробіотика «ТІММ-П» такі зміни виникали в м'ясі лише на 9-ту добу зберігання. Встановлено вірогідно нижчий показник величини рН м'яса птиці дослідної групи на 9-ту добу зберігання, порівняно з контролем.

За кислотним числом жиру м'ясо птиці контрольної групи на 7-му добу зберігання відносилось до сумнівної свіжості, а дослідної групи – до свіжого м'яса. Аналогічні показники одержали за дослідження перекисного числа жиру на 7-му добу зберігання. На 9-ту добу виявлено підвищення кислотного числа жиру м'яса птиці контрольної групи, середнє значення якого відповідало несвіжому м'ясу. Перекисне число жиру м'яса курчат-бройлерів

дослідної групи на 7-му добу зберігання було вірогідно нижчим, порівняно з контролем та було характерним для свіжого м'яса.

Реакція витяжки з м'яса птиці з міді сульфату на 3-ю та 5-ту доби зберігання охолоджених тушок контрольної та дослідної груп не змінювалася, бульйон залишався прозорим, тобто характерним для м'яса свіжого. На 7-му добу зберігання м'яса бульйон з м'яса птиці контрольної групи був мутним, фільтрат з м'яса курчат-бройлерів дослідної групи відповідав показникам свіжого м'яса. На 9-ту добу бульйон з м'яса курчат-бройлерів контрольної групи набував желеподібного стану, що свідчило про несвіжість м'яса. Бульйон з м'яса птиці дослідної групи відповідав показникам сумнівної свіжості.

За мікроскопічного дослідження мазків-відбитків із глибоких шарів м'язової тканини на 5-ту добу зберігання м'яса в полі зору мазків-відбитків кількість мікроорганізмів збільшилася у контролі до 10-ти мікроорганізмів в полі зору, тоді як в досліді – до 3–5-ти монококів та поодиноких паличок. На 9-ту добу в мазках-відбитках із м'яса курчат-бройлерів контрольної групи виявлено зникнення посмугованості м'язових волокон і значну кількість мікроорганізмів в полі зору (понад 30), що вказує на несвіже м'ясо. Використання пробіотика під час вирощування курчат-бройлерів знижувало процеси автолізу, що проявлялися не чітко вираженою посмугованістю м'язів, а в полі зору мікроскопа виявляли до 15-ти мікроорганізмів. Таке м'ясо вважається сумнівної свіжості. М'ясо курчат-бройлерів дослідної групи за вмістом летких жирних кислот на 9-ту добу зберігання було свіжим, що свідчить про подовження терміну його зберігання на 2 доби.

Отримані результати досліджень свідчать про відсутність впливу комплексного пробіотика «ТІММ-П» на основні показники клінічного стану курчат-бройлерів і позитивний вплив на продуктивність, макро- та мікроструктуру печінки, збільшення видового різноманіття мікробіому сліпих

кишок за рахунок корисних таксонів, якість і безпечність м'яса та пролонгацію терміну його зберігання в охолодженому вигляді на 2 доби.

Ключові слова: безпечність, якість, свіжість, м'ясо, курчата-бройлери, пробіотик, мікробіом кишечника

ABSTRACT

Vivych A. Y. Safety and Quality of Broiler Chicken Meat Depending on the Gut Microbiome – Qualification scientific work (manuscript).

Dissertation for obtaining the degree of Doctor of Philosophy in specialty 212 “Veterinary Hygiene, Sanitation, and Expertise.” National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, 2026.

Broiler chicken meat is among the most widely consumed and affordable food products for the majority of the population, both globally and within Ukraine. This drives a steady increase in production volumes, which, in turn, leads to a high concentration of poultry in limited production areas and promotes the rapid spread of infectious and parasitic diseases that cause significant economic losses. The restriction and gradual withdrawal of feed antibiotics – responsible for the mass development of resistance in pathogenic and opportunistic microorganisms – necessitate the search for safe, effective, and accessible alternatives for disease prevention in poultry. Among such alternatives are probiotics, in particular the complex preparation “TIMM-P,” developed based on natural bifidobacteria and lactobacilli isolated from healthy birds.

Administration of the probiotic “TIMM-P” to broiler chickens did not affect the main parameters characterizing their clinical condition throughout the entire rearing period. This finding is consistent with the results of studies of body temperature, respiratory rate, and heart rate of broiler chickens on days 1, 14, 28, and 42 of rearing, and confirms the safety of the complex probiotic “TIMM-P” for poultry.

Analysis of broiler body weight at different rearing stages showed that during the early period, the probiotic preparation did not significantly affect this indicator. Under the influence of “TIMM-P,” an increase in body weight was recorded in 28-day-old broilers by 2.69%, and in 42-day-old broilers by 3.46%.

The increase in body weight of broiler chickens in the experimental group occurred due to higher absolute body weight gains during the rearing periods and an increase in average daily weight gains by 4.65% on days 15–28. The relative body weight gains of broiler chickens did not depend on the use of the probiotic but varied across the rearing periods: the highest values were recorded between days 1 and 14, while the lowest were observed between days 29 and 42 of rearing.

The increased growth rate of broiler chickens under the influence of the probiotic “TIMM-P” contributed to a 2.85% increase in carcass weight, as well as an increase in the mass of internal organs, feathers, the head, and lower limbs by 5.57%, without affecting the slaughter yield.

Administering the complex probiotic “TIMM-P” to broiler chickens with drinking water did not affect the number of microbial phyla in the ceca at an early age, particularly up to day 28 of rearing. At 42 days of age, the number of bacterial phyla in the ceca of broiler chickens increased on average by 20.39%.

Among the 13 bacterial phyla identified in the ceca of broiler chickens, the predominant one was Firmicutes, which accounted for more than 98% on days 14 and 28 of rearing, while Proteobacteria ranked second in abundance.

Notable changes in the composition of the cecal microbiome of broiler chickens under the influence of the probiotic “TIMM-P” were observed on day 42 of rearing. During this period, the proportion of Firmicutes in the ceca of broiler chickens decreased to 76.93% of the total bacterial community. The administration of the complex probiotic based on lacto- and bifidobacteria was associated with an increase in bacterial diversity due to the appearance of nine additional phyla, including Bacteroidota, Candidatus Melainabacteria, Kiritimatiellaeota, Deferribacteres, Verrucomicrobia, Lentisphaerae, Synergistetes, Elusimicrobia, and Cyanobacteria. At this rearing stage, the number of Bacteroidota in the ceca of broilers from the control group was 8.1% lower than that of the experimental group.

The diversity of bacterial genera in the ceca of broiler chickens during the rearing period generally followed the same pattern as that observed at the family

level. The generic diversity of bacteria in the ceca of broiler chickens was characterized by its dynamic nature and depended not only on the application of the probiotic complex but also on the age of the birds. This was evidenced by the changes in the cecal microbiome at the genus level observed on day 28 of rearing. The effect of the complex probiotic on the cecal microbiome during this period was manifested by an increase in the proportion of microorganisms of the genus *Blautia* to 55.44%, while it had little effect on the abundance of *Faecalibacterium*; the remaining genera did not exceed 5% of the total microbial composition.

On day 42 of rearing, the administration of the complex probiotic based on lacto- and bifidobacteria to broiler chickens resulted in a cecal microbiome characterized by the dominance of two genera: *Phocaeicola* (20.84%) and *Mediterraneibacter* (17.33%). This shift occurred due to a decrease in the proportions of *Blautia* (to 6.29%) and *Faecalibacterium* (to 7.45%).

Corresponding to the increase in the number of bacterial phyla, families, and genera in the ceca of broiler chickens under the influence of the probiotic on day 42 of rearing, species diversity of bacteria was found to increase by 18.97% compared to the control group.

It should also be noted that the species diversity of the cecal microbiome in broiler chickens treated with the probiotic preparation exhibited smoother and more consistent age-related changes compared to the control group.

Analysis of the species diversity of cecal bacteria in broiler chickens using the Shannon index showed that it increased under the influence of the probiotic and depended on the age of the birds. The use of the complex probiotic for broiler chickens increased bacterial dominance according to the Simpson index as the birds aged.

The Berger–Parker index showed that the dominance of individual bacterial species in the ceca of broiler chickens – both in the control and experimental groups – was most pronounced at 28 days of age, while with continued rearing up to day 42, the dominance of individual species decreased.

One of the vital organs responsible for digestion, absorption, and transformation of nutrients, as well as for the growth and development of the organism, is the liver. The absolute liver mass of broiler chickens did not change significantly under the influence of the probiotic preparation. At the same time, the relative liver mass in broiler chickens was highest at 1–14 days of age and decreased between days 28 and 42, which corresponds to the intensive muscle growth observed during this period.

According to the results of morphometric analysis of the liver lobes, the right lobes had the greatest absolute mass throughout the entire rearing period, while the left lobes were significantly smaller. The ratio of liver lobe mass in broiler chickens did not depend on probiotic administration and corresponded to the species, age, and breed characteristics of the birds.

The liver microstructure of one-day-old broiler chickens did not differ between groups; more pronounced changes were observed at later stages of development. On day 14 of rearing, broiler chickens that received only the basic diet exhibited hepatocytes with cytoplasm of reduced optical density containing small lipid droplets. In contrast, in chickens administered the probiotic “TIMM-P,” the cytoplasm of hepatocytes was evenly and intensely stained, with the radial tubular structure of the hepatic lobules well preserved.

By day 28 of rearing, broilers in the control group showed signs of developing hepatic fatty degeneration. In the group treated with the probiotic “TIMM-P,” fine-droplet fatty degeneration of the liver was observed. On day 42 of rearing, the livers of control-group broilers exhibited apoptosis, hepatocellular necrosis, and fatty degeneration with areas of portal tracts showing interstitial inflammation and venous stasis in various regions. The use of the probiotic “TIMM-P” in broiler chickens partially reduced the intensity of these pathological changes in the liver; however, in some birds, complete destruction of the tubular structure of hepatic lobules and perivascular infiltration by polymorphic cells were detected.

Organoleptic examination of broiler chicken carcasses revealed that the meat had a characteristic odor typical of fresh poultry. The muscle consistency in the experimental group did not differ from the control – it was firm and elastic; when pressed with a spatula or finger, the resulting indentation quickly leveled out. The muscle tissue had a pale pink color, and both subcutaneous and internal fat were yellow.

Administering the probiotic “TIMM-P” to broiler chickens contributed to improved meat quality, primarily due to an increase of 1.94% in total protein content in the muscle tissue.

One of the important criteria for meat quality is its storage stability under refrigeration. The conducted studies showed that by day 7 of storage, the meat of control-group chickens had reached a borderline freshness level, whereas in the probiotic-treated group, such changes were observed only by day 9 of storage. A significantly lower pH value of the meat from the experimental group was also recorded on day 9 of storage compared to the control, indicating better preservation quality.

According to the acid value of fat, the meat of poultry from the control group on the 7th day of storage was classified as being of doubtful freshness, while the meat from the experimental group was classified as fresh. Similar results were obtained for the peroxide value of fat on the 7th day of storage. On the 9th day, an increase in the acid value of fat was detected in the meat of control-group poultry, with an average value corresponding to stale meat. The peroxide value of fat in the meat of broiler chickens from the experimental group on the 7th day of storage was significantly lower compared to the control and corresponded to the indicators typical of fresh meat.

The copper sulfate reaction of meat extracts from both the control and experimental groups did not change on the 3rd and 5th days of refrigerated carcass storage – the broth remained clear, indicating fresh meat. On the 7th day of storage, the broth from the control group meat samples became cloudy, while the filtrate from

the experimental group corresponded to fresh meat characteristics. On the 9th day, the broth from the control group broiler meat acquired a gelatinous consistency, indicating spoilage, whereas the broth from the experimental group corresponded to meat of doubtful freshness.

Microscopic examination of smear-imprints from deep muscle layers on the 5th day of storage showed an increase in the number of microorganisms in the control group – up to 10 microorganisms per field of view – while in the experimental group, only 3–5 micrococci and single bacilli were observed. On the 9th day, smear-imprints from the meat of control-group broilers showed the disappearance of muscle fiber striations and a large number of microorganisms (over 30 per field of view), indicating stale meat. The use of the probiotic during broiler rearing slowed autolytic processes, as evidenced by the partially preserved muscle striations and the presence of up to 15 microorganisms per field of view under the microscope. Such meat is considered to be of doubtful freshness. The meat of broiler chickens from the experimental group, based on the content of volatile fatty acids on the 9th day of storage, remained fresh, which indicates an extension of its refrigerated shelf life by two days.

The obtained research results indicate that the complex probiotic “TIMM-P” had no negative effect on the main indicators of the clinical state of broiler chickens and exerted a positive influence on productivity, liver macro- and microstructure, the increase of species diversity in the cecal microbiome due to beneficial taxa, as well as on the quality and safety of meat, extending its refrigerated shelf life by two days.

Keywords: safety, quality, freshness, meat, broiler chickens, probiotic, intestinal microbiome

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України, які цитуються в міжнародних наукометричних базах:

1. **Вівич А. Ю., Якубчак О. М.** Якість м'яса бройлерних курчат при використанні пробіотичного препарату. Сучасне птахівництво. 2024. № 9-10. С. 20-27. <https://doi.org/10.31548/poultry2024.09-10.020> (*Вівич А.Ю. організовано проведення наукового експерименту, зроблено аналіз отриманих результатів, підготовлено статтю до друку. Якубчак О. розроблено програму і методологію дослідження*).
2. **Iakubchak O. M., Vivych A. Y., Hryb J. V., Danylenko S. H., Taran T. V.** Production and meat quality of broiler chickens with the use of a probiotic complex of Bifidobacteria and Lactobacilli. Regulatory Mechanisms in Biosystems, 2024. Vol. 15. No 3. P. 477-482. <https://doi.org/10.15421/022467> (*Iakubchak O.M. розроблено програму дослідження, визначено актуальність і наукову новизну отриманих результатів. Vivych A. Y., організовано і проведено дослід на курчата-бройлерах. Hryb J. V. зроблено статистичну обробку отриманих результатів, визначено їх новизну і актуальність. Danylenko S. H. розроблено комплексний пробіотик і дослідила його властивості. Taran T. V. підготовлено черновик публікації та оформила ілюстрації*).

Статті у наукових виданнях інших країн, які цитуються в міжнародних наукометричних базах:

3. **Vivych A., Iakubchak O., Horalskyi L., Lebedenko T., Umanets D., Ivaniuta A., Kharsika I., Pylypchuk O.** Effects of a probiotic complex on liver morphology in broiler chickens. Scifood. 2025. Vol. 19(1). P. 309-326. <https://doi.org/10.5219/scifood.36> (*Vivych A. організовано і проведено дослід на курчата-бройлерах, відібрано проби печінки для аналізів. Iakubchak O. розроблено програму дослідження, визначено актуальність*

і наукову новизну отриманих результатів. Horalskyi L. виконано морфометричні дослідження печінки курчат-бройлерів, зроблено їх аналіз. Lebedenko T. оформлено ілюстрації до статті. Umanets D. підготовлено і погоджено висновки з співавторами статті. Ivaniuta A. зроблено статистичну обробку отриманих результатів. Kharsika I. проведено науковий пошук та підготовлено літературний огляд до статті. Pylyrchuk O. підготувала черновик публікації та узгодила вимоги до статті з редколегією журналу)

4. Vivych A., Iakubchak O., Horalskyi L., Shevchenko L., Beyko L., Lialyk A., Kryzhova Y., Naumenko T. The microstructure of the liver in broiler chickens under the administration of a probiotic complex of Bifidobacteria and Lactobacilli. Scifood. 2025. Vol. 19(1). P. 537-560. <https://doi.org/10.5219/scifood.68> *(Vivych A. організовано і проведено дослідження на курчата-бройлерах, відібрано проби печінки для аналізів. Iakubchak O. розроблено програму дослідження, визначено актуальність і наукову новизну отриманих результатів. Horalskyi L. виконано гістологічні дослідження печінки курчат-бройлерів, зроблено їх аналіз. Shevchenko L. підготовлено черновик публікації, узгодила висновки зі співавторами статті. Beyko L. оформлено ілюстрації до статті. Lialyk A. зроблено статистичну обробку отриманих результатів. Kryzhova Y. проведено науковий пошук та підготовлено літературний огляд до статті. Naumenko T. узгодила вимоги до статті з редколегією журналу)*

Тези наукових доповідей:

5. Якубчак О.М. **Вівич А.Ю.**, Гриб Ю. В. Ефективність застосування пробіотиків курчатам-бройлерам для поліпшення мікробіому кишечника Продовольчі системи України: Повеєнне відновлення та забезпечення сталого розвитку: матеріали Міжнар. науково-практичного форуму, 15-16 травня 2024 р. Харків: ДБТУ, 2024. С. 64-67. *(Вівич А.Ю. організовано проведення наукового експерименту, зроблено аналіз отриманих*

результатів, підготовлено матеріали до друку. Іакубчак О. розроблено програму і методологію дослідження. Гриб. Ю.В. підготовлено чорновик тез).

6. Якубчак О.М., **Вівич А.Ю.**, Гриб Ю.В. Зміни приростів живої маси та хімічних показників м'яса курчат-бройлерів за впливу пробіотичної добавки. Продовольчі системи України: Повоєнне відновлення та забезпечення сталого розвитку: матеріали Міжнар. науково-практичного форуму, 15-16 травня 2024 р. Харків: ДБТУ, 2024. С. 123-125. *(Вівич А.Ю. організовано проведення наукового експерименту, зроблено аналіз отриманих результатів, підготовлено матеріали до друку. Іакубчак О. розроблено програму і методологію дослідження. Гриб. Ю.В. підготовлено чорновик тез).*
7. Якубчак О.М., **Вівич А.Ю.**, Гриб Ю.В. Вплив застосування пробіотику “ТІММ-П” на організм курчат-бройлерів. Актуальні питання судово-ветеринарної експертизи: реалії та перспективи: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., м. Одеса, 23–24 травня. 2024 р. Одеса, 2024. С. 123-126. *(Якубчак О.М. розроблено програму і методологію дослідження. Вівич А.Ю. організовано проведення наукового експерименту, зроблено аналіз отриманих результатів, підготовлено тези до друку. Гриб. Ю.В. підготовлено чорновик тез).*
8. Якубчак О.М., **Вівич А.Ю.** Морфологічні та мікроструктурні зміни печінки курчат-бройлерів за вживання пробіотичного комплексу біфідо- і лактобактерій. «Єдине здоров'я – 2025»: Міжнародна наукова конференція, м. Київ, Україна, 18 вересня 2025 року: матеріали конференції. Київ: НУБіП України. 2025. С. 83-86. *Якубчак О.М. розроблено програму і методологію дослідження. Вівич А.Ю. організовано проведення наукового експерименту, зроблено аналіз отриманих результатів, підготовлено тези до друку.*

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ..... | 20 |
| ВСТУП..... | 21 |
| РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ | 26 |
| 1.1. Санітарно-гігієнічна характеристика пробіотиків для птиці..... | 26 |
| 1.2. Вплив пробіотиків на мікробіом апарату травлення сільськогосподарської птиці..... | 34 |
| 1.3. Вплив пробіотиків на продуктивність, якість і безпечність продуктів птахівництва..... | 41 |
| 1.4. Заключення з огляду літератури..... | 48 |
| РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ | 51 |
| 2.1. Схема і умови проведення дослідів..... | 51 |
| 2.2. Методи досліджень..... | 55 |
| 2.2.1. Контроль параметрів мікроклімату приміщення для курчат- бройлерів..... | 55 |
| 2.2.2. Визначення клінічних показників і продуктивності курчат- бройлерів..... | 56 |
| 2.2.3. Визначення органолептичних показників м'яса курчат- бройлерів..... | 57 |
| 2.2.4. Дослідження хімічних, мікроскопічних показників і хімічного складу м'яса курчат-бройлерів | 57 |
| 2.2.5. Визначення легких жирних кислот у м'ясі курчат-бройлерів | 59 |
| 2.2.6. Макро- і мікроструктурний аналіз печінки курчат-бройлерів. | 61 |
| 2.2.7. Дослідження мікробіому товстого кишечника курчат- бройлерів..... | 62 |
| РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ..... | 64 |
| 3.1. Клінічний стан і продуктивність курчат-бройлерів за вживання пробіотика “ТІММ-П”..... | 64 |

| | |
|--|-----|
| | 19 |
| 3.2. Мікробіом товстого кишечника курчат-бройлерів за застосування пробіотика “ТІММ-П” | 68 |
| 3.3. Макро- та мікроструктура печінки курчат-бройлерів під впливом пробіотика “ТІММ-П” | 80 |
| 3.3.1. Макроструктура печінки курчат-бройлерів за вживання пробіотика “ТІММ-П”..... | 80 |
| 3.3.2. Мікроструктура печінки курчат-бройлерів за вживання пробіотика “ТІММ-П”..... | 89 |
| 3.4. Вплив пробіотика “ТІММ-П” на якість і безпечність м’яса курчат-бройлерів..... | 107 |
| РОЗДІЛ 4 АНАЛІЗ ТА ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ..... | 113 |
| ВИСНОВКИ..... | 127 |
| ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ..... | 129 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 130 |
| ДОДАТКИ..... | 155 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ

АМЛЛЧ – абсолютна маса латеральної частини лівої частки печінки

АМЛЧ – абсолютна маса лівої частки печінки

АММЛЧ – абсолютна маса медіальної частини лівої частки печінки

АМП – абсолютна маса печінки

АМПЧ – абсолютна маса правої частки печінки

ВМЛЧ – відносна маса лівої частки печінки

ВМП – відносна маса печінки

ВМПЧ – відносна маса правої частки печінки

ГОСТ – міждержавний стандарт

ДСТУ – національний стандарт України

КУО – колонієутворюючі одиниці

ЛЖК – леткі жирні кислоти

МАФАМ – мезофільні аеробні та факультативно-анаеробні
мікроорганізми

ЯЦВ – ядерно-цитоплазматичне відношення

ВСТУП

Актуальність теми. Харчова безпека держави ґрунтується на забезпеченні населення достатньою кількістю безпечних та належної якості харчових продуктів, зокрема м'яса. М'ясо курчат-бройлерів належить до найбільш споживаних продуктів, оскільки воно високопоживне, дієтичне і доступне для споживачів різних категорій. Однак у птахівництві існує значна кількість проблем, основні з яких – це інфекційні та інвазійні захворювання, які спричиняють значні збитки від зниження продуктивності і загибелі птиці, що потребує значних затрат на профілактичні заходи [23]. Обмеження чи заборона застосування антибіотиків у тваринництві, зокрема у м'ясному птахівництві, як основних профілактичних засобів і стимуляторів продуктивності, викликала гостру потребу в розробці альтернативних засобів профілактики захворювань поголів'я. Одними з найбільш перспективних препаратів, здатних замінити антибіотики, виявились пробіотики [2], які все більше поширюються в промисловому виробництві м'яса курчат-бройлерів [29, 78] і здатні позитивно впливати на якість і безпечність продуктів птахівництва [111, 129]. Існують переконливі експериментальні докази того, що пробіотики здатні модулювати напруженість специфічного і неспецифічного імунітету птиці, підвищувати показники росту, використання корму та поліпшувати загальний стан здоров'я [54].

Застосування пробіотиків має суттєві переваги для здоров'я тварин, людини і навколишнього середовища, що відповідає концепції «Єдине здоров'я» [47, 82].

Розробка нових пробіотичних препаратів на основі природних біфідо- і лактобактерій потребує детального і глибокого аналізу їх впливу на клінічний стан, мікробіоценоз апарату травлення, якість та безпечність м'яса курчат-бройлерів.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Дисертаційна робота є складовою частиною науково-дослідної теми, яка виконувалась на кафедрі гігієни тварин і харчових продуктів імені професора А.К. Скороходька: «Санітарно-гігієнічні заходи забезпечення здоров'я тварин у господарствах України різних форм власності», № держреєстрації 0116U001299 (2016–2024 рр.).

Мета та завдання дослідження. Мета дисертаційного дослідження – дати санітарно-гігієнічне обґрунтування застосування комплексного пробіотика “ТІММ-П” під час вирощування курчат-бройлерів з урахуванням його впливу на клінічний стан, продуктивність, мікробіом кишечника, макро- та мікроструктуру печінки та якість і безпечність м'яса.

Для досягнення поставленої мети було передбачено вирішення таких завдань:

- визначити клінічні показники та показники продуктивності курчат-бройлерів кросу Кобб-50 за вживання комплексного пробіотика “ТІММ-П”;
- дослідити мікробіом сліпих кишків курчат-бройлерів кросу Кобб 500 за вживання комплексного пробіотика “ТІММ-П”;
- визначити макро- та мікроструктуру печінки курчат-бройлерів за впливу комплексного пробіотика “ТІММ-П”;
- з'ясувати вплив комплексного пробіотика “ТІММ-П” на показники якості та безпечності м'яса курчат-бройлерів кросу Кобб-500 за зберігання в охолодженому вигляді;
- розробити пропозиції щодо застосування комплексного пробіотика “ТІММ-П” під час вирощування курчат-бройлерів.

Об'єкт дослідження – вплив комплексного пробіотика “ТІММ-П” на показники клінічного стану, продуктивності, мікробіом кишечника, якість та безпечність продуктів забою курчат-бройлерів.

Предмет дослідження – курчата-бройлери кросу Кобб 500 і продукти їх забою.

Методи досліджень: гігієнічні (параметри мікроклімату), клінічні (окремі показники клінічного стану курчат-бройлерів), зоотехнічні (показники продуктивності птиці), органолептичні (запах, колір, консистенція печінки та м'яса курчат-бройлерів), хімічні (хімічний склад м'яса, показники його свіжості), морфологічні (макро і мікроструктура печінки курчат-бройлерів), мікробіологічні (мікробіом сліпих кишок) та статистичні (статистична обробка результатів досліджень).

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше проведено санітарно-гігієнічне обґрунтування застосування комплексного пробіотичного препарату «ТІММ-П» на основі природних штамів біфідо- та лактобактерій під час вирощування курчат-бройлерів. Експериментально підтверджено нешкідливість комплексного пробіотика «ТІММ-П» для курчат-бройлерів за показниками їх клінічного стану, споживання корму, забійного виходу та макро- і мікроскопічної характеристики печінки.

На основі метагеномного аналізу вперше доведено, що застосування пробіотика «ТІММ-П» курчатам-бройлерам сприяє підвищенню різноманітності мікробіому кишечника за рахунок корисних бактерій, що проявляється у збільшенні на 20,39% кількості їх типів у сліпих кишках за рахунок *Bacteroidota*, *Candidatus Melainabacteria*, *Kiritimatiellaeota*, *Deferribacteres*, *Verrucomicrobia*, *Lentisphaerae*, *Synergistetes*, *Elusimicrobia* та *Cyanobacteria*.

Підтверджено зниження вираженості процесів порушення морфофункціональної структури печінки курчат-бройлерів за вживання пробіотика «ТІММ-П». Доведено позитивний вплив пробіотичного препарату на якість м'яса курчат-бройлерів, про що свідчить підвищення вмісту загального білка на 1,94% та подовження терміну зберігання м'яса в охолодженому вигляді на 2 доби.

Практичне значення отриманих результатів. Експериментально встановлено стимулюючий вплив пробіотика «ТІММ-П» на продуктивність

курчат-бройлерів, що проявляється у підвищенні маси тіла птиці на 2,69–3,46% за рахунок підвищення середньодобових приростів в окремі періоди вирощування на 4,65%.

Виявлено підвищення маси тушки курчат-бройлерів під впливом пробіотика «ТІММ-П» на 2,85%, маси внутрішніх органів, пір'я, голови та нижніх частин кінцівок – на 5,57%.

Підтверджено гепатопротекторний ефект пробіотика «ТІММ-П», який проявлявся зниженням інтенсивності розвитку деструктивних процесів у печінці впродовж усього періоду інтенсивного вирощування курчат-бройлерів.

Застосування пробіотика «ТІММ-П» курчатам-бройлерам не впливає на органолептичні показники, але підвищує вміст загального білка у м'ясі на 1,94% та термін його зберігання в охолодженому вигляді на 2 доби.

Особистий внесок здобувача. Здобувач організував проведення експериментів, визначив ефективність застосування комплексного пробіотика під час вирощування курчат-бройлерів, зробив аналіз якості та безпечності м'яса під час зберігання, виконав статистичну обробку отриманих даних. Аналіз та узагальнення результатів досліджень, підготовку висновків і пропозицій виробництву, а також публікації матеріалів досліджень у наукових виданнях зроблені спільно з науковим керівником.

Апробація результатів дослідження дисертації. Результати досліджень дисертаційної роботи були представлені на Міжнародному науково-практичному форумі «Продовольчі системи України: Повоєнне відновлення та забезпечення сталого розвитку», 15-16 травня 2024 р., м. Харків: ДБТУ; Всеукраїнській науково-практичній конференції «Актуальні питання судово-ветеринарної експертизи: реалії та перспективи», 23–24 травня 2024 р. м. Одеса; Міжнародній науковій конференції «Єдине здоров'я – 2025», 18-19 вересня 2025 р., м. Київ Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 8 наукових праць, з яких 2 статті у фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних, 2 статті – у зарубіжних виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних та 4 тези доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотацій, вступу, огляду літератури, матеріалів і методів дослідження, результатів досліджень, аналізу та узагальнення результатів досліджень, висновків і пропозицій виробництву, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг дисертації викладено на 158 сторінках комп'ютерного тексту, робота ілюстрована 16 таблицями і 38 рисунками. Список використаної літератури нараховує 162 джерела, з них 157 – латиницею.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Санітарно-гігієнічна характеристика пробіотиків для птиці

Постійне зростання чисельності населення підвищує попит на харчові продукти як рослинного, так і тваринного походження [36]. Серед харчових продуктів тваринного походження, які забезпечують потребу людини в протеїні, одне з провідних місць займає м'ясо курчат-бройлерів завдяки своїм дієтичним властивостям, порівняно низькій собівартості і доступності для багатьох верств населення [52, 119].

Статистичні дані свідчать про те, що у світі чисельність поголів'я птиці перевищує 26,8 мільярда голів [36]. Ринок м'яса птиці починаючи з 1961 до 2019 років налічував 132 мільйони тонн, що займає 37% всього виробництва м'яса у світі [36]. Промислове виробництво м'яса курчат-бройлерів передбачає високу концентрацію поголів'я на виробничих площах, що в свою чергу, поряд з екологічними проблемами, створює високий ризик поширення інфекційних та інвазійних захворювань і як наслідок – значну смертність і недоотримання прибутку або економічні збитки. Тому з метою профілактики захворювань птиці в усьому світі тривалий час використовувалися антибактеріальні препарати, зокрема, антибіотики в субтерапевтичних дозах, що сприяло розвитку стійкості у багатьох патогенних та умовно патогенних мікроорганізмів небезпечних не лише для тварин, але й людини [108, 143].

Така ситуація представляє серйозну небезпеку для громадського здоров'я і передбачає розробку та впровадження низки урядових рішень в різних секторах економіки. Окремі країни Західної Європи такі як Німеччина, Данія, Італія, Франція, Норвегія, Швеція, Нідерланди, Фінляндія та Бельгія запровадили національні програми моніторингу стійкості патогенних

мікроорганізмів до антимікробних препаратів. Оскільки їх стійкість до антибіотиків постійно зростає, виникла необхідність пошуку ефективної альтернативи, в якості якої розглядаються пробіотики. Термін «пробіотики» в перекладі з грецької мови означає «про життя». Згідно визначення цього терміну ФАО/ВООЗ пробіотики – це живі організми, які здатні за надходження в достатній кількості надавати користь здоров'ю господаря. Пробіотики здатні поліпшувати кишковий мікробіом та посилювати імунний захист живих організмів. Тому вони знайшли широке впровадження у практику гуманної та ветеринарної медицини.

Поряд з пробіотиками у тваринництві і ветеринарній медицині широко застосовується низка неспецифічних імуномодуляторів, зокрема, пребіотики, постбіотики, синбіотики, деякі органічні кислоти, полісахариди, ферментні препарати, які також в окремих випадках можуть замінити застосування антибіотиків за рахунок поліпшення кишкового мікробіому сільськогосподарської птиці [62, 75]. Серед найбільш поширених пробіотиків для птиці використовуються різноманітні штами бактерій, які в більшості своїй відносяться до родів: *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Weissella* та *Saccharomyces*.

В основі механізму дії пробіотиків лежить здатність до конкуренції з патогенними чи умовно патогенними мікроорганізмами та модуляція імунної відповіді організму господаря. У свою чергу конкуренція пробіотиків з патогенними мікроорганізмами реалізується за рахунок декількох факторів:

- синтез інгібіторних компонентів, зокрема, бактеріоцинів, муцинів та дефензинів;
- перешкоджання адгезії патогенних мікроорганізмів до слизової оболонки кишечника;
- конкуренція з іншими мікроорганізмами за поживні речовини;
- зниження біодоступності токсинів до тканин організму господаря;

- модуляція імунної відповіді господаря за рахунок вродженого і набутого імунітету.

Що стосується продукції інгібіторних сполук, то серед них провідну роль відіграють бактеріоцини, перекис водню, низка органічних кислот, спирти (етанол), а також діацетил. Бактеріоцини виділені у значній кількості з різних видів бактерій, встановлена їх структура і досліджений вплив на інші мікроорганізми. Відомо, що педіоцин А синтезується *Pediococcus pentosaceus*, диверцин продукує *Carnobacterium divergens*, нізин утворює *L. lactis*.

Особливістю механізму дії бактеріоцинів, які отримані в процесі культивування грампозитивних бактерій, зокрема молочнокислих, є їх здатність порушувати синтез клітинної стінки або спричиняти утворення в ній пор. При цьому бактеріоцини характеризуються певною специфічністю, оскільки їх вплив на мікробіом травного апарату обмежується лише певними патогенними та умовно патогенними мікроорганізмами.

Крім того, значна кількість бактеріоцинів здатні проявляти синергічну дію з іншими хімічними сполуками в середовищі. Наприклад, ентероцин AS-48 в поєднанні з етамбутолом проявляють кращий ефект проти *M. tuberculosis*, бета-лактами в поєднанні з нізином – проти *S. enterica (Typhimurium)*, лимонна кислота в комбінації з нізином – проти *L. monocytogenes* та *S. aureus*.

Пробіотики, які складаються з молочнокислих бактерій, крім бактеріоцинів, здатні синтезувати значну кількість органічних кислот, які за рахунок зниження величини рН середовища пригнічують ріст і розмноження патогенних бактерій. В основі механізму дії органічних кислот на патогенні мікроорганізми лежить їх вплив на цитоплазматичну мембрану, а також клітинну стінку в результаті чого відбувається порушення внутрішньоклітинного метаболізму, виснаження і загибель бактерій.

Поряд з органічними кислотами, які синтезують молочнокислі бактерії, відбувається утворення етанолу, який також спричиняє загибель клітин за рахунок витікання плазматичної мембрани, яка втрачає свою цілісність. Ще

один продукт синтезу молочнокислих бактерій – діацетил (2,3-бутандіон, диметилгліоксаль), здатний блокувати зв'язування з аргінін-зв'язуючим білком значної кількості видів грамнегативних бактерій. Накопичення вуглекислого газу в процесі життєдіяльності багатьох пробіотичних мікроорганізмів спричиняє формування анаеробних умов, таким чином перешкоджаючи росту аеробних патогенних мікроорганізмів і грибів [120].

Одним із механізмів впливу патогенних бактерій на організм тварин є їх здатність до адгезії до слизової оболонки апарату травлення. Пробіотичні штами мікроорганізмів забезпечують блокування такої адгезії і, тим самим, сприяють їх знешкодженню. При цьому самі пробіотичні культури володіють високою адгезивною здатністю, особливо в кишечнику, і це є одним із ключових критеріїв їх ефективності. Адгезія молочнокислих бактерій до слизової оболонки кишечника сприяє активації імунної системи, стимулює синтез муцинів і дефензинів, що зміцнює бар'єрну функцію епітелію. За своєю структурою муцини відносяться до глікозильованих глікопротеїнів, які синтезуються епітелієм кишечника. Вони складають основу слизу і призначені для захисту епітеліальних клітин від адгезії та колонізації патогенних мікроорганізмів і модуляції імунної відповіді організмом господаря [48].

Крім муцинів, пробіотичні культури сприяють синтезу дефензинів, які відносяться до групи пептидів, здатних руйнувати мембрану клітин патогенних бактерій. За своєю структурою дефензини невеликого розміру катіонні пептиди, які володіють здатністю пригнічувати або порушувати синтез компонентів клітинної стінки бактерій. Це відбувається за рахунок електростатичної взаємодії певних аніонних фосфоліпідних груп, що призводить до виникнення пор в клітинній мембрані і, як наслідок, витікання вмістимого та лізису патогенних бактерій [42].

Ще одним із важливих механізмів дії пробіотиків у кишечнику тварин є їх конкуренція з патогенними та умовно патогенними мікроорганізмами за доступ до поживних речовин господаря [122]. В цьому процесі ключову роль

відіграє адгезія пробіотичних культур, яка забезпечує звуження ділянок прикріплення патогенних бактерій до слизової оболонки шлунково-кишкового тракту. Це у свою чергу знижує доступність поживних та енергетичних субстратів, необхідних для розмноження і колонізації патогенних бактерій. Така властивість пробіотичних бактерій дозволяє використовувати їх для руйнування біоплівки, які здатні утворювати *S. aureus* та *A. baumannii* [28].

Пробіотики, основу яких найчастіше складають лактобактерії, можуть знижувати біодоступність різноманітних токсинів для організму тварин. В основі цього механізму лежить їх здатність знижувати експресію генів у патогенних мікроорганізмів, які кодують синтез токсинів. Цей факт також підтверджено і стосовно окремих мікотоксинів, зокрема, афлатоксинів.

Пробіотики здатні регулювати не лише інтенсивність впливу патогенних мікроорганізмів на організм господаря, але й силу імунної відповіді [102]. В основі модуляції імунної відповіді лежить здатність пробіотичних мікроорганізмів взаємодіяти з епітеліальними та дендритними клітинами, а також з макрофагами та лімфоцитами [134]. Доведено, що епітеліальні та дендритні клітини кишечника можуть вступати у взаємодію з рецепторами ідентифікації кишкових мікроорганізмів, що в кінцевому результаті стимулює процес виділення Т- та В-лімфоцитів з наступним проявом клітинної та гуморальної відповіді імунної системи на конкретний патоген.

Класифікація пробіотиків

Всі пробіотичні препарати, які виробляються у світі, діляться на дві групи: одноштамові та багатоштамові. До одноштамових пробіотиків, як правило відносяться препарати, що містять монокультуру одного штаму і одного виду бактерій у певному титрі, які мають доведену ефективність застосування. Для їх виробництва використовуються наступні роди пробіотичних бактерій: *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Bifidobacterium*, *Pedococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Micrococcus* та *Saccharomyces*. До складу

багатоштамових пробіотиків найчастіше входить суміш декількох штамів одного виду мікроорганізмів або декількох їх родів з доведеною користю для організму господаря [76]. Як приклад використання багатоштамових пробіотиків є суміш *S. cerevisiae*, *L. fermentum*, *P. acidilactici*, *L. plantarum* та *E. faecium* [77].

Ще декілька прикладів поширених багатоштамових пробіотиків: PoultryStar ME, який складається з *Lactobacillus reuteri*, *L. salivarius*, *Pediococcus acidilactici*, та *Enterococcus faecium*. Відомий також пробіотик PrimaLac, до складу якого входять: *Lactobacillus* spp., *Bifidobacterium thermophilum*, *Enterococcus faecium* та Bifilac у складі: *Lactobacillus sporogenes*, *Bacillus mesentericus*, *Streptococcus faecalis* та *Clostridium butyricum*. Подібний склад має також пробіотик Microgaurd, який складається з мікроорганізмів родів *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus* та *Saccharomyces* [77].

Низка досліджень показала переваги багатоштамових, тобто комплексних пробіотиків над одноштамовими [72]. При цьому є результати, які показали відсутність суттєвого впливу на продуктивність курчат-бройлерів, а також яйценоскість та виводимість курчат як одно-, так і багатоштамових пробіотиків.

Молочнокислі бактерії найчастіше використовуються в якості пробіотичних препаратів, оскільки поєднують одночасно антимікробний ефект щодо патогенних та умовно патогенних бактерій з корисним впливом на організм господаря. Основні види молочнокислих бактерій, які використовуються для конструювання пробіотиків, включають: *Lactobacillus plantarum*, *L. bulgaricus*, *L. paracasei*, *L. sakei*, *L. rhamnosus*, *L. salivarius* spp., *salcinius*, *L. crispatus*, *Lactococcus lactis*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Pediococcus acidilactici*, *Enterococcus faecium*, *Streptococcus thermophilus*, *Oenococcus oeni* [20]. Молочнокислі бактерії мають імуномодулюючі властивості, оскільки

вони ініціюють вироблення цитокінів та впливають на зміни в імунній системі господаря, модулюючи вроджені або адаптивні реакції.

Крім молочнокислих мікроорганізмів, бактерії роду *Bacillus* також ефективно застосовуються як пробіотики, особливо як антагоністи патогенних бактерій. Цей рід налічує понад 40 видів і 200 штамів бактерій. До основних належать: *Bacillus clausii*, *B. subtilis*, *B. coagulans* Ganeden BC30, *B. velezensis*, *B. pumilus*, *B. cereus*, *B. circulans* [20].

В основі механізму їх дії лежить здатність синтезувати пептиди з антимікробною активністю, які спричиняють утворення каналів у оболонці патогенних мікроорганізмів і порушують процеси осмосу [112]. Більше того, мікроорганізми роду *Bacillus* здатні синтезувати ряд біологічно активних метаболітів, зокрема ліпопептиди, полікетиди, великий обсяг бактеріоцинів та коротколанцюгових жирних кислот, які проявляють бактерицидну дію. Їм також властива здатність споживати значну кількість кисню у кишечнику господаря, що дозволяє створювати анаеробні умови, придатні для розмноження лактобактерій [94, 157].

Дріжджі часто використовуються у тваринництві і, зокрема у птахівництві в якості пробіотиків. Попри те, що дріжджі не відносяться до мікроорганізмів, що складають основу мікробіому тварин і людини, вони входять до складу здорової мікрофлори. Серед них ідентифіковано наступні таксони: *Malassezia* spp., *Saccharomyces* spp., *Cryptococcus* spp., *Candida albicans*, *C. tropicalis*, *C. famata*, *Torulopsis glabrata*, *Debaryomyces hansenii*, *Issatchenkia orientalis*, *Kluyveromyces lactis*, *K. marxianus*, *Metschnikowia gruessii*, *Wickerhamomyces anomalus*, *Pichia jadinii*, *P. kluyveri*, *P. kudriavzevii*, *P. pastoris* та *P. guilliermondii* [88]. В основі їх механізму дії в організмі господаря лежить здатність синтезувати β -глюкани, що проявляють імуномодулюючу здатність у кишечнику.

Дріжджі здатні синтезувати мікоцини, низку інгібіторних сполук, які розщеплюють різні токсини, перешкоджаючи адгезії патогенних

мікроорганізмів до епітелію кишечника. Нині розглядають декілька механізмів антимікробної активності пробіотичних штамів дріжджів, зокрема, конкуренція з патогенними мікроорганізмами за поживні речовини, зміна величини рН поживного середовища, а також продукція значної кількості етанолу [44, 68].

Бактеріофаги відносяться до останніх досягнень в системі пошуку альтернативи антибіотикам. Вони також відносяться до найпоширеніших вірусних компонентів, які виявлені у ротовій порожнині, шлунково-кишковому тракті, органах дихання, сечостатевої системі та крові людини і тварин. До найбільш поширених бактеріофагів відносяться віруси класу *Caudoviricetes*, до якого належать наступні ряди: *Kirjokansivirales*, *Crassvirales* *Thumleimavirales* та *Methanobavirale*. Ці ряди нараховують 14 родин, 59 родів, до яких відносяться 96 ідентифікованих видів [3].

В основі механізму дії бактеріофагів лежить декілька процесів, спрямованих на знешкодження бактерій: позаклітинні і внутрішньоклітинні. На прикладі бактеріофага T4 показано його здатність до зв'язування з муцином, таким чином перешкоджаючи колонізації епітелію патогенними бактеріями. Внутрішньоклітинну активність доведено на прикладі фага MR-5, який здатний посилювати фагоцитоз та цитокінові реакції. Це стимулює синтез антитіл та активацію ефektorних клітин в організмі господаря [132].

Таким чином, пробіотичні препарати нині виходять на новий рівень застосування у практиці ветеринарної медицини. Їх конструювання і вивчення впливу на клінічний стан, продуктивність, якість та безпечність харчових продуктів тваринного походження були, є і будуть актуальними завданнями для вчених нової «Ери без антибіотиків».

1.2. Вплив пробіотиків на мікробіом апарату травлення сільськогосподарської птиці

Мікробіом системи травлення птиці значною мірою визначає стан здоров'я, продуктивність, інтенсивність росту і розвитку через розщеплення і засвоєння компонентів корму, підтримання стійкого мікробіому корисних мікроорганізмів та контролі чисельності і знешкодженні патогенних збудників захворювань [89].

Мікроорганізми, які знаходяться у кишечнику тварин і птиці, суттєво впливають на імунну систему шляхом модуляції сили імунної відповіді на проникнення патогенів [125].

Мікробіом системи травлення забезпечує ферментативне розщеплення важкоперетравних вуглеводів, синтез коротколанцюгових жирних кислот, низки вітамінів, особливо групи В. Крім того, мікробна асоціація системи травлення здатна демонструвати імунній системі господаря коменсальні та патогенні мікроорганізми для ідентифікації і диференціації [146].

Кишечник птиці населяють мікроорганізми різноманітних типів, зокрема, *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria* та *Proteobacteria*. Їх чисельність і співвідношення не постійні і залежать від віку, умов годівлі, утримання та догляду [133, 155].

Серед факторів, які визначають ефективність застосування пробіотиків у птахівництві важливу роль відіграє правильність вибору штаму конкретного виду бактерій та доза і режим застосування. Різні штами і поєднання культур мікроорганізмів, що складають основу пробіотиків, відрізняються за механізмом дії і локалізації у системі травлення, що може впливати на ефективність їх застосування [52]. Період вирощування і вік птиці також визначають силу і тривалість дії пробіотика.

Вважають, що використання пробіотиків на ранніх стадіях життя більш ефективно і краще впливає на здоров'я птиці. Раціон годівлі, хімічний склад і

поживність кормів та умови навколишнього середовища значною мірою впливають на колонізацію пробіотичних мікроорганізмів у кишечнику птиці [64]. Генетика, імунний статус і напрям продуктивності птиці також визначають рівень прояву позитивного ефекту пробіотиків [66]. Пробіотики як живі культури мікроорганізмів можуть взаємодіяти з іншими компонентами корму, зокрема, антибіотиками, ферментами, мінеральними речовинами, вітамінами, що може підвищувати або знижувати їх ефект.

Ефективність застосування пробіотиків у птахівництві значною мірою залежить від колонізації системи травлення [61]. У тваринництві і птахівництві запроваджена практика модуляції кишкового мікробіому на ранніх стадіях життя, що передбачає довгострокову їх дію, пролонгований ефект з перспективою позитивного впливу на стан здоров'я та продуктивність. Таких досліджень в літературі достатня кількість і вони підтверджують потенціал пробіотичних культур для збереження здоров'я травної системи за рахунок зниження поширення і розмноження патогенних бактерій на тлі стимуляції продуктивності сільськогосподарської птиці [84].

Доведено, що чим раніше відбувається становлення мікробіому травної системи птиці, тим вища здатність організму протистояти негативним факторам навколишнього середовища. На цей процес впливає інкубація яєць, зокрема, санітарно-гігієнічний стан інкубаторів, оскільки після вилуплення в організм курчат потрапляють мікроорганізми, які містяться у повітрі і на поверхні обладнання інкубаторів. Вертикальний шлях передачі мікроорганізмів від матері до курчати також визначає мікробний фон шкаралупи і компонентів яєць, що в подальшому формує мікробіом всіх систем і органів курчат, зокрема і кишечника. На це також впливає раціон годівлі і застосування профілактичних засобів, зокрема вид і склад пребіотиків та пробіотиків.

Надходження пробіотичних мікроорганізмів в організм курчат на ранніх стадіях вирощування значною мірою попереджує домінування патогенних та

умовно патогенних бактерій і сприяє колонізації кишечника здоровою резидентною мікрофлорою. Як правило курчата отримують необхідну мікрофлору двома шляхами, зокрема, шляхом контакту з послідом дорослої птиці та за рахунок пробіотиків. Доведено, що у курчат пробіотики стимулюють синтез муцину та посилення бар'єрної функції кишечника [1]. Крім того, пробіотики здатні знижувати концентрацію кортизолу у крові птиці, таким чином знижуючи прояви стресів, особливо під час транспортування та перегрупування [53]. В умовах різноманітних технологічних стресів пробіотики шляхом регуляції чисельності корисних мікроорганізмів і колонізації кишечника поліпшують його бар'єрну функцію та знижують пресинг негативних факторів на імунну систему організму птиці [118].

Підтвердженням позитивного впливу раннього застосування пробіотиків є дослідження, де під впливом багатоштамового пробіотику у перший тиждень вирощування курчат-бройлерів збільшувалась чисельність бактерій родів *Lactobacillus* і *Bifidobacterium*, що в свою чергу знижувало кількість патогенних штамів бактерій, зокрема, *Escherichia coli* та *Clostridium* у кишечнику [107].

Позитивний вплив пробіотиків на мікробіом травної системи птиці пов'язують зі стимуляцією розмноження корисних та зменшенням чисельності патогенних та умовно патогенних бактерій. Корисні мікроорганізми, які входять до комплексних пробіотиків, здатні збільшувати кількість бактерій, що відносяться до родів *Lactobacillus* і *Faecalibacterium*, що корегують структуру мікробіому сліпої кишки птиці і сприяють продукції коротколанцюгових жирних кислот [136]. Таким чином у кишечнику створюється відповідна середовище з рівнем величини рН, яке сприяє балансуванню чисельності корисних і потенційно небезпечних мікроорганізмів [97].

Пробіотики здатні збільшувати у різних відділах кишечника птиці окремих таксонів мікроорганізмів, зокрема, у клубовій кишці *Bacteroides* spp., а в сліпій кишці – *Lactobacillus* spp. [51]. На прикладі індиків доведено здатність пробіотиків у поєднанні з пребіотиками суттєво збільшувати чисельність бактерій, які відносяться до таксонів *Lactobacilli* і *Bifidobacterium* spp. При цьому відзначали зниження кількості патогенних та умовно патогенних мікроорганізмів, що належать до *Clostridium* spp. і *E. coli*, демонструючи позитивний вплив на кишковий мікробіом у птиці [83].

На відміну від позитивного впливу пробіотиків на мікробіом системи травлення птиці існують і протилежні докази, які свідчать про відсутність суттєвого ефекту, що, ймовірно, пов'язано з особливостями використання пробіотиків, їх видовим складом, віком і напямом продуктивності птиці і іншими факторами, що могли обмежувати їх користь [97]. До цього слід додати, що згідно отриманих результатів досліджень не всі одноштамові пробіотики, зокрема, *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. subtilis* та *B. licheniformis* можуть впливати на альфа-різноманіття мікробіому сліпих кишок курчат-бройлерів [107].

Одним із найбільш важливих відділів кишечника птиці є сліпі кишки, де локалізується найбільш різноманітна мікробна асоціація, тому більшість досліджень, які стосуються мікробіому кишечника, сконцентрована на дослідженнях видового складу мікроорганізмів даного відділу [27].

Вважають, що у птиці сліпа кишка призначена для ферментації складних вуглеводів та синтезу летких жирних кислот. Тому склад мікробіому сліпої кишки може суттєво впливати не лише на клінічний стан, але й на продуктивність птиці. Включення до раціону годівлі курчат-бройлерів пробіотиків викликало зміни не лише у домінуванні корисних родин та родів мікроорганізмів, але й знижувало прояв оксидантного стресу та зменшувало вираженість запальних процесів [56].

Виявлено, що застосування пробіотики курчатам-бройлерам, до складу якого входили окремі види мікроорганізмів родів *Lactobacillus*, *Bacillus* та *Bifidobacterium* сприяло суттєвому збільшенню чисельності бактерій у сліпій кишці, які утворюють низькомолекулярні жирні кислоти, зокрема, бутират [121]. Пробиотичні штами бактерій, зокрема, *Bacillus amyloliquefaciens* H57 за рахунок зміни функціональної ефективності мікробіому поліпшує шляхи продукції амінокислот та вітамінів у сліпій кишці птиці [15]. Встановлено, що окремі види пробиотичних бактерій, зокрема, *Bacillus pumilus* і *B. subtilis* сприяють більш ранньому становленню мікробіому сліпої кишки курчат-бройлерів, збільшуючи при цьому чисельність корисних бактерій, які відносяться до родів *Lactobacillus* і *Bifidobacterium*, а також одночасно сповільнюючи розмноження умовно патогенних та патогенних видів родини *Enterobacteriaceae* [17].

Доведено, що більшість пробіотиків, які здатні сприяти зміні видового складу мікробіому сліпої кишки птиці, збільшували чисельність корисних молочнокислих бактерій та зменшували популяцію патогенних клостридій, що позитивно корелювало з приростами маси тіла на тлі зниження смертності поголів'я [107].

В інших дослідженнях під впливом пробіотиків у сліпій кишці птиці виявлено зниження чисельності шкідливих ентеробактерій та зниження негативного впливу *Salmonella*, що відбувалось за рахунок підвищення кількості мікроорганізмів типу *Firmicutes*, поліпшення функції та видового різноманіття мікробіому кишечника [21, 35, 67]. Доведено, що під впливом пробіотиків збільшується чисельність бактерій родини *Enterobacteriaceae* у сліпій кишці та посліді птиці, що пов'язано з активацією синтезу IgA як факторів направлених проти вірулентності *E. coli*. В цьому дослідженні також продемонстровано, що застосування пробіотиків, порівняно з вакцинацією, має вищий ефект щодо впливу на синтез катехоламінів та видовий склад мікробіоти птиці [104].

Наявність у мікробіомі кишечника курчат-бройлерів великої кількості корисних бактерій, зокрема, типів *Prevotella* і *Bacteroides*, значно збільшує мікробне різноманіття та сприяє синтезу коротколанцюгових жирних кислот, особливо молочної та пропіонової, які мають важливе значення для збереження здоров'я кишечника та засвоєння організмом поживних речовин кормів [81, 137].

Було встановлено, що добавки пробіотиків на основі *Bacillus subtilis* збагачують видовий склад кишкового мікробіому птиці. Це проявляється за рахунок збільшення кількості мікроорганізмів, які належать до родів *Streptococcus*, *Ruminococcus*, *Butyricicoccus* та *Faecalibacterium*. Це, у свою чергу, зміцнює бар'єрну функцію, знижує інтенсивність запалення та поліпшує травлення у кишечнику [46]. Доведено, що *Lactiplantibacillus plantarum* та *L. pentosus* здатні збільшувати у кишечнику кількість корисних бактерій, зокрема типів *Blautia* та *Faecalibacterium*, тим самим покращуючи склад мікробіому та функцію кишечника курчат-бройлерів [37]. Аналогічне дослідження, проведене з використанням у годівлі курчат-бройлерів пробіотиків на основі штамів бактерій *Bacillus megaterium* та *Enterococcus faecium* показало збільшення кількості корисних бактерій родин *Bacillaceae* на 36% та *Veillonellaceae* – на 60% за одночасного зниження кількості патогенних видів, які відносяться до родини *Enterobacteriaceae*, в 1,25 раза [33]. Пробіотичні мікроорганізми *Bacillus coagulans* та *Lactobacillus plantarum* збільшували чисельність бактерій родини *Ruminococcaceae* та зменшували кількість бактерій, що відносяться до таксону *Desulfovibrio* у курчат-бройлерів, тим самим розширюючи різноманіття кишкового мікробіому, що мало сприятливий вплив на здоров'я кишечника [153]. Аналогічні результати було отримано за застосування курчатам-бройлерам пробіотиків, до складу яких входили *Lactobacillus plantarum* та *Bifidobacterium longum*, сприяючи корисній взаємодії зі слизовою оболонкою кишечника поживних речовин кормів, що зрештою сприяло їх кращому засвоєнню [31].

Навіть у випадку виникнення інфекційної патології застосування пробіотиків на основі роду *Bacillus*, сприяло відновленню мікробного балансу кишечника, порушеного інфекцією *Salmonella typhimurium*, що узгоджувалось зі збільшенням різноманіття мікробіому, рівня бутирату та пропіонату у вмістимому кишечника, а також значному зниженню чисельності *Salmonella* у посліді та внутрішніх органах птиці [69].

Добавки пробіотиків у корми для курчат-бройлерів, зокрема *Lactobacillus casei* зменшували кількість бактерій типу *Proteobacteria* та збільшували чисельність мікроорганізмів типу *Firmicutes*, що покращувало бактеріальну різноманітність та зменшувало колонізацію *Campylobacter jejuni* та *Salmonella enterica*, що сприяло оздоровленню кишечника [127]. Виявлено негативну кореляційну залежність між досить поширеними пробіотиками роду *Bacillus* та бактерією *Campylobacter* у мікробіомі кишечника птиці, що також підтверджує здатність пробіотиків знижувати чисельність патогенних збудників інфекційних захворювань в організмі тварин [12].

Ефективність пробіотиків проявляється навіть у випадку складних і важких захворювань птиці, таких як некротичний ентерит. Пригнічення розмноження і колонізації кишечника патогенними бактеріями з одночасним відновленням здорового мікробіому сприяло поліпшенню клінічного стану птиці [95].

Пробіотики на основі бактерій роду *Bacillus* здатні не лише збільшувати кількість мікроорганізмів типів *Bacteroidetes* та *Proteobacteria* у кишечнику, зменшуючи чисельність типу *Firmicutes*, але й знижувати виділення з послідом та яйцями бактерій *Salmonella*, що позитивно впливає на безпечність продуктів птахівництва [70].

У досліді на качках доведено здатність пробіотиків на основі мікроорганізмів роду *Bacillus* зменшувати кількість умовно патогенних мікроорганізмів *Escherichia* та *Shigella* й збільшувати видове різноманіття корисних бактерій [92].

У літературних джерелах зазначено, що застосування пробіотиків сільськогосподарській птиці сприяє покращенню мікробіому, сприяє розмноженню корисних штамів бактерій, які витісняють патогенні та умовно патогенні, що в кінцевому результаті покращує імунологічні реакції та поліпшує загальний стан здоров'я, збільшує продуктивність, і, таким чином, зменшується використання антибіотиків у птахівництві [152].

Ще один факт на користь пробіотиків – це підтримання належного видового різноманіття нормальної кишкової мікрофлори у птиці за рахунок конкуренції з патогенними та умовно патогенними мікроорганізмами за поживне середовище, а також різноманітних антагоністичних взаємовпливів [25].

Таким чином, позитивний вплив пробіотичних мікроорганізмів на мікробіом кишечника птиці не викликає сумніву, але рівень і напрям цих змін визначаються великою кількістю факторів, які потребують поглибленого вивчення не лише з позиції збереження здоров'я, забезпечення високої продуктивності та економічної ефективності виробництва м'яса птиці, але й в контексті концепції «Єдиного здоров'я».

1.3. Вплив пробіотиків на продуктивність, якість і безпечність продуктів птахівництва

Використання пробіотиків під час вирощування курчат-бройлерів ґрунтується не лише на поліпшенні стану здоров'я та зниженні ризику захворювань патогенними та умовно патогенними збудниками інфекційних захворювань, але й на економічних критеріях, які дозволяють виправдати додаткові затрати на придбання та застосування пробіотичних препаратів. В основі позитивного впливу пробіотиків на продуктивність птиці лежить поліпшення коефіцієнта конверсії корму, збільшення приросту маси тіла та

зниження затрат на лікування і збитків від вибракування, вимушеного забою чи загибелі поголів'я [73].

Хоча пробіотики мають клінічно доведену ефективність для використання у тваринництві і, зокрема, у птахівництві, необхідно забезпечити контроль походження мікроорганізмів, що використовуються для їх конструювання [26, 49]. Таким чином, оцінка факторів ризику для різних штамів пробіотиків є необхідною для їх широкого використання у технології виробництва продуктів тваринництва.

У птахівництві відомі випадки, коли використання основних загальноновизнаних штамів пробіотиків не завжди призводило до бажаного ефекту. Пробиотики, як і будь-які інші мікроорганізми, можуть проявляти небажані властивості, зокрема передачу стійкості до антимікробних препаратів, факторів вірулентності та здатності утворювати різні токсини [24].

Разом з тим високий позитивний ефект від використання пробіотиків у птахівництві обумовлює удосконалення існуючих і розробку нових препаратів як альтернативу антибіотикам. Доведено здатність пробіотиків поліпшувати синтез антимікробних пептидів, в результаті чого зміцнюється неспецифічний і специфічний імунітет організму, що у свою чергу сприяє отриманню безпечних продуктів птахівництва, порівняно з використанням антибіотиків [8].

Відомо також, що пробіотики здатні підвищувати активність травних ферментів у шлунково-кишковому каналі, що збільшує інтенсивність розщеплення поживних речовин корму, їх засвоєння та перетворення в компоненти продуктів, зокрема, м'ясо та яйця [136].

Аналогічні дослідження показали, що введення до складу раціону годівлі птиці багатоштамових пробіотиків сприяло кращому споживанню кормів і поліпшенню коефіцієнта конверсії корму, що узгоджувалося з покращенням показників їх росту та розвитку. В цьому ж дослідженні також зазначається, що додавання пробіотиків на основі бактерій *Bacillus subtilis* та *Enterococcus*

faecium до складу раціонів годівлі курей-несучок призвело одночасно зі збільшенням споживання корму до підвищення несучості [110]. Такий позитивний ефект пробіотиків в організмі птиці може бути пов'язаний з модуляцією кишкового мікробіому, зміцненням здоров'я кишечника та зниженням частоти проявів шлунково-кишкових розладів, а також підвищенням смакової привабливості корму і зниженням прояву негативних наслідків стресу у тварин. Це також може бути одним із важливих факторів зниження ризику захворюваності поголів'я та підвищення прибутковості у птахівництві.

Проведені дослідження показують, що використання пробіотиків, які містять бактерії родів *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* та *Enterococcus*, у раціонах годівлі птиці, призводило до суттєвого зниження коефіцієнта конверсії корму та підвищення маси тіла і не впливало на споживання корму [38], а використання *Bacillus amyloliquefaciens* знижувало коефіцієнт конверсії корму на 0,08 кг/кг [74].

Споживання птицею пробіотиків у складі кормів у рекомендованих дозах пов'язане з поліпшенням благополуччя тварин та підвищенням забійного виходу їх тушки [6].

В низці досліджень також було показано, що використання пробіотиків у годівлі сільськогосподарської птиці позитивно впливає на такі важливі характеристики тушок як вихід м'яса, відкладення жиру у тілі та якість м'яса. Поліпшення якості тушок курчат-бройлерів пояснюється кращим розвитком м'язів, особливо під час окремих фаз вирощування. Курчата-бройлери, яким згодовували пробіотики, характеризувалися кращими якостями тушок, а також вищим вмістом протеїну та нижчим рівнем жиру, золи та безазотистих екстрактивних речовин м'яса. Це свідчить про те, що пробіотики не лише позитивно впливають на хімічний склад тушок птиці, але й переважають за ефективністю антибіотики [113].

Дослідження показали, що згодовування курчатам-бройлерам пробіотика на основі мікроорганізмів родів *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* та *Enterococcus* сприяло значному збільшенню виходу грудних м'язів порівняно з аналогічними показниками у птиці, якій не згодовували пробіотики. В результаті проведених досліджень виявлено здатність пробіотика, до складу якого входили бактерії роду *Bacillus*, знижувати відкладання жиру в черевній порожнині з поліпшенням жирнокислотного складу м'яса за рахунок збільшення вмісту ненасичених жирних кислот [128]. Покращення якості тушок під час вирощування птиці під впливом пробіотичних препаратів, може суттєво сприяти збільшенню прибутку від виробництва м'яса, що обумовлено збільшенням його виходу, поліпшенням якості та зниженням собівартості.

В основі механізму поліпшення якості м'яса курчат-бройлерів за застосування пробіотиків під час вирощування лежить декілька факторів:

- поліпшення використання та розподіл поживних речовин в органах і тканинах;
- підвищення інтенсивності засвоєння та використання поживних речовин, зокрема протеїну та енергії, що в свою чергу стимулює ріст м'язової тканини та знижує відкладання жиру;
- корекція кишкового мікробіому за рахунок сприятливого збільшення видового складу та різноманіття корисних видів бактерій;
- зниження частоти виникнення розладів травлення за рахунок пригнічення росту патогенних та умовно патогенних бактерій;
- зміцнення кишкового бар'єру та зменшення навантаження на імунну систему.

Використання пробіотиків у годівлі курчат-бройлерів сприяє нормалізації обмінних процесів у тканинах, зокрема вмісту ліпідів у крові, кращому засвоєнню поживних компонентів корму, а також їх трансформації у продукцію [154]. Це доведено в ряді досліджень, зокрема у випадку згодовування курям пробіотика на основі *Pediococcus acidilactici* у дозі 10^9

КУО/кг корму сприяло позитивному впливу на якість яєць, що відображалось у збільшенні товщини шкаралупи та маси яєць, а також зниженні вмісту холестеролу в жовтку [138].

Введення пробіотика *B. subtilis* до раціонів годівлі курчат-бройлерів збільшувало прирости маси тіла з 1-ї до 21-ї доби вирощування, сприяло збільшенню маси бурси Фабриціуса на 21-шу добу. Одночасно з цим у курчат-бройлерів виявляли збільшення вмісту загального білка, альбуміну та ліпопротеїнів високої щільності в сироватці крові протягом усього періоду вирощування. На противагу цьому рівень ліпопротеїнів низької щільності, ліпопротеїнів дуже низької щільності, тригліцеридів та загального холестеролу в сироватці крові курчат знижувались на тлі підвищення активності ліпази, пепсину та амілази в сироватці крові через 21-у та 42 доби вирощування. Отримані результати досліджень вказують на здатність пробіотика на основі *Bacillus subtilis* ATCC19659 забезпечувати альтернативу антибіотикам у раціонах годівлі птиці [86].

Оцінка впливу нових багатоштамових пробіотиків, до складу яких входили *Lactobacillus plantarum*, *L. fermentum*, *Enterococcus faecium*, *Pediococcus acidilactici* та *Saccharomyces cerevisiae*, на перебіг пастерельозу у курчат-бройлерів показала поліпшення показників росту та ефективність годівлі на тлі зниження чисельності популяції *P. multocida*, ентеробактерій у кишечнику та летальності птиці. Це супроводжувалось поліпшенням гематологічних та біохімічних параметрів крові, зокрема чисельності лейкоцитів та лімфоцитів, нормалізації гематокриту, вмісту загального холестеролу, білка і глюкози. Вплив комплексного пробіотика на організм курчат-бройлерів супроводжувався підвищенням транскрипційних профілів протизапальних генів, включаючи фактор 1 альфа, індукований гіпоксією (HIF1A), ген 6, стимульований фактором некрозу пухлин, та рецептор 2 простагландину E (PTGER2) у слизовій оболонці кишечника [106]. Це може бути пов'язано з впливом пробіотиків на масу селезінки і тимусу [101].

Виявлено також збільшення довжини кишечника у птиці та щільності кишкових ворсинок, а також збільшення крипт, що є одним із важливих факторів підвищення інтенсивності засвоєння поживних речовин корму. При цьому відзначали збільшення маси окремих відділів шлунково-кишкового тракту, зокрема сліпої кишки та товщини слизової оболонки [43]. Поряд з цим раціон годівлі курчат-бройлерів з добавками пробіотиків сприяв зміцненню кісток за рахунок підвищення засвоєння кальцію та фосфору в кишечнику. Це проявлялося покращеною мінералізацією кісток, а також підвищенням концентрації цих елементів у сироватці крові.

Пробіотики впливають не лише на фізичні властивості м'яса, але й на його хімічний склад. Це проявляється у зменшенні маси черевного жиру, що призводить до покращення якості тушок птиці та збільшення їх забійного виходу незалежно від статі, що важливо з економічної точки зору. Згодовування курчатам-бройлерам пробіотичних кормових добавок призводить до підвищення засвоєння поживних речовин, зокрема амінокислот, що сприяє збільшенню маси тушки [13].

Під час застосування пробіотиків виявлено збільшення вмісту протеїну у стегнових та грудних м'язах курчат-бройлерів. Крім того, пробіотики також сприяють збільшенню вмісту хімічних елементів у печінці птиці, зокрема Ca, K, Mg, Mn, Si та Zn та грудних м'язах: Ca, Na, Co, Cu, Fe, Mn, Ni та Zn.

Доведено також позитивний вплив пробіотиків на мікроструктуру м'яса птиці. Під час гомогенізації м'яса виявляли зменшення руйнування міофібрил у грудних м'язах [63]. Пробіотики також мають помірний вплив на твердість, жувальну здатність та еластичність вареного м'яса, отриманого з грудки курчат-бройлерів. Пробіотик, що містить *Bacillus licheniformis*, сприяв значному збільшенню кількості білка та підвищенню рівня незамінних амінокислот та зниженню вмісту холестеролу в м'ясі курчат-бройлерів [34].

Проведеними дослідженнями доведено здатність пробіотиків попереджувати окисні процеси в м'ясі курчат-бройлерів і таким чином

підвищувати його окиснювальну стабільність, що підтверджено також на лабораторних щурах [4].

Одним із важливих критеріїв, що визначають привабливість м'яса курчат-бройлерів для споживачів, є поліпшення смакових, ароматичних властивостей і забарвлення. Поліпшення смакових властивостей м'яса виявляли за використання під час годівлі курчат-бройлерів пробіотиків на основі *B. subtilis* та *B. licheniformis*. Крім того, автори стверджують, що застосування пробіотиків курчатам-бройлерам позитивно впливає на сенсорні характеристики м'яса, важливі для вибору продукту споживачами, зокрема загальна прийнятність, текстура, зовнішній вигляд та соковитість. В дослідженнях також виявлено на тлі покращення якості значне поліпшення ніжності м'яса за впливу пробіотиків [150].

При цьому використання добавок для кормів для птиці повинно враховувати мінімізацію можливої шкоди за рахунок відходів, яку інтенсивне птахівництво потенційно завдає навколишньому середовищу. Пробіотики відносяться до компонентів, які знижують потрапляння сполук азоту та фосфору в навколишнє середовище з послідом птиці [145]. Збільшення чисельності популяції пробіотичних бактерій у кишечнику птиці покращує активність ферментів, що в кінцевому результаті підвищує перетравлюваність та засвоєння поживних речовин кормів. Пробіотичні бактерії, які сприяють синтезу та деградації муцину в кишечнику, позитивно впливають на його перистальтику та моторику. Одночасно пробіотичні мікроорганізми посилюють процеси ферментативного розщеплення білків на азот, тим самим покращують використання білка та азоту.

Таким чином, застосування пробіотиків курчатам-бройлерам позитивно впливає на їх продуктивність та якість м'яса, однак вплив пробіотиків на якість та безпечність м'яса птиці під час зберігання в охолодженому вигляді потребує детального і ґрунтовного дослідження.

1.4. Заключення з огляду літератури

Проблеми широкого і неконтрольованого використання антибіотиків у тваринництві і ветеринарній медицині не лише в якості терапевтичних засобів, але й у якості стимуляторів продуктивності спричинили низку негативних наслідків, що в кінцевому результаті призвело до обмеження і заборони їх використання у кормах для тварин у Європейському Союзі з 2006 року. Аналогічне рішення було також прийняте Управлінням з контролю за продуктами харчування та лікарськими засобами США, яке опублікувало розроблене правило щодо раціонального використання антибіотиків у тваринництві, що передбачає лише лікування тварин і узгоджується з Директивою ЄС про ветеринарні корми 2015 року.

Така ситуація з суттєвим обмеженням або заборонаю використання антибіотиків у промисловому тваринництві передбачає розробку та впровадження альтернативних засобів, здатних забезпечувати певні ефекти, властиві антибіотикам, та зниження ризиків соціальних, виробничих і економічних збитків.

Останні декілька десятиліть розробки дієтологів та фармацевтів відкрили новий напрям промислового виробництва і використання замінників антибіотиків у тваринництві. Такі дослідження мають декілька напрямів і сприяють постійному вдосконаленню існуючих і розробці нових препаратів, зокрема пробіотиків, які зарекомендували себе як засоби, ефективні для збереження здоров'я та поліпшення продуктивності тварин, зокрема сільськогосподарської птиці.

Одночасно із законодавством Європейського Союзу щодо оновлення стандартів годівлі тварин відбулося збільшення інформаційної обізнаності споживачів, що знизило попит на харчові продукти тваринного походження, вироблені з використанням стимуляторів продуктивності, зокрема антибіотиків.

В результаті цього пробіотики набули масового поширення і склали основу профілактики інфекційних захворювань, викликаних патогенними та умовно патогенними бактеріями і бактеріями, стійкими до певних груп антибіотиків.

У практичному відношенні пробіотики сприяли поліпшенню продуктивності, зниженню захворюваності і виробничих затрат та збитків від хвороб і загибелі поголів'я продуктивних і домашніх тварин, особливо птиці. Цьому сприяло розуміння механізму впливу пробіотиків на мікробіом кишечника птиці, безпечність та якість продуктів птахівництва.

Наразі селекціонери зосереджуються на контролі та запобіганні поширенню патогенних мікроорганізмів у птахівництві. У майбутньому індустрія кормових добавок може зосередитися на перевагах, таких як підтримка нормальної мікрофлори або більш точний підбір штамів та доз, але це може бути складнішим процесом, оскільки форма прояву, перебіг і патогенез захворювання змінюються залежно від умов утримання птиці. Інтенсивні системи виробництва м'яса курчат-бройлерів значно обмежують можливість реалізації санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на недопущення проникнення патогенних збудників в організм птиці, оскільки значна концентрація поголів'я на виробничих майданчиках створює передумови для максимально швидкої контамінації тварин, кормів, води, посліду та повітря.

Майбутні дослідження пробіотиків повинні враховувати взаємодію між певними штамми бактерій і їх локалізацією в кишечнику. Це пов'язано в першу чергу з особливостями травлення, які перебігають у різних відділах травного апарату птиці. При цьому важливим критерієм є врахування зміни видового складу мікробіому кишечника і його здатність підтримувати стійкий баланс резидентних видів мікрофлори, які здатні забезпечувати максимальний захист організму господаря і в той же час сприяти найбільш ефективному процесу розщеплення поживних речовин корму, синтезу вітамінів та інших

біологічно активних речовин, їх всмоктуванню в кишечнику і трансформації у продукти птахівництва.

Для більш повного уявлення про механізм впливу пробіотиків на організм птиці, зокрема курчат-бройлерів, необхідно здійснити комплексну оцінку їх впливу на клінічний стан, мікробіом кишечника, продуктивність, якість і безпечність продуктів забою.

З урахуванням того, що м'ясо курчат-бройлерів відноситься до продуктів з обмеженим терміном придатності, важливо встановити вплив пробіотичних бактерій на тривалість його зберігання в охолодженому стані, що в подальшому може стати обґрунтуванням для широкого запровадження комплексних пробіотиків у промислове птахівництво.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Схема і умови проведення дослідів

Дослідження проводилися впродовж 2022–2026 років в умовах кафедри гігієни тварин і харчових продуктів імені професора А.К. Скороходька факультету ветеринарної медицини Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Випробування нової функціональної добавки “ТІММ-П” проводили на базі віварію Національного університету біоресурсів і природокористування України впродовж 2023–2024 рр.

Для визначення впливу комбінованого пробіотичного препарату “ТІММ-П” на організм курчат-бройлерів проведено експериментальне дослідження у віварії та ряд лабораторних досліджень на базі науково-навчальної лабораторії Національного університету біоресурсів і природокористування України та на базі Кіровоградської регіональної державної лабораторії Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів, яка акредитована відповідно до вимог ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 (ENISO/IEC 17025:2017). В лабораторії «Науково-дослідний навчальний центр діагностики хвороб тварин», акредитованій згідно ДСТУ EN ISO/IEC 17025 (сертифікат № 202302) ТОВ Експертний центр «Біолайтс» виконано дослідження геноідентифікації та визначення чисельності мікроорганізмів сліпих кишок курчат-бройлерів.

Для дослідження відібрали 100 голів однодобових курчат-бройлерів кросу Кобб 500, з яких було сформовано контрольну та дослідну групи по 50 голів у кожній (рис. 2.1, табл. 2.1). Групи сформували з добових курчат за принципом груп-аналогів за кросом, віком і масою тіла. Співвідношення курочок до півників у групах становило 1:1.

Таблиця 2.1

Схема проведення дослідження

| Групи | n | Умови дослідю |
|------------|----|---|
| Контрольна | 50 | ОР |
| Дослідна | 50 | ОР + пробіотик “ТІММ-П” згідно курсу застосування |

Примітка: ОР – основний раціон

Годівлю курчат-бройлерів здійснювали збалансованим комбікормом, який містив необхідні поживні речовини, вітаміни, макро- та мікроелементи (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Хімічний склад повнораціонного комбікорму для годівлі курчат-бройлерів (основний раціон)

| Показник | Марка комбікорму | | | | |
|--------------------------|---------------------------|---------|----------|----------|---------|
| | Престартер | Стартер | Гроуер-1 | Гроуер-2 | Фінішер |
| | вік курчат-бройлерів, діб | | | | |
| | 0-5 | 6-14 | 15-28 | 29-38 | 39-42 |
| Основні показники якості | | | | | |
| Сирий протеїн, % | 22,5 | 20,5 | 18,5 | 18,0 | 17,3 |
| Чиста енергія, кКал | 2890 | 2777 | 2866 | 2970 | 2943 |
| Кальцій, % | 0,90 | 0,76 | 0,56 | 0,56 | 0,44 |
| Фосфор, % | 0,63 | 0,55 | 0,53 | 0,53 | 0,53 |
| Натрій, % | 0,16 | 0,16 | 0,15 | 0,15 | 0,14 |
| Вітамін А, тис. МО/кг | 13,05 | 12,6 | 10,4 | 10,4 | 10,4 |
| Вітамін D, тис. МО/кг | 4,64 | 4,5 | 3,7 | 3,7 | 3,7 |
| Вітамін Е, мг/кг | 96,4 | 44,8 | 36,8 | 36,8 | 36,8 |

В перші 2 тижні курчатам контрольної та дослідної груп згодовували комбікорм Стартер (ТМ Purina). На 3, 4 тижні курчатам контрольної та дослідної груп згодовували комбікорм Гроуер-1 (ТМ Purina). На 5-й і 6-й тижні досліду курчат обох груп годували комбікормом Гроуер-2 (ТМ Purina).

Усім курчатам на 5–9 добу з метою підвищення неспецифічної резистентності випоювали кормову добавку Аміновітол (Biotestlab, Україна) додаючи до поїлок, щодобово готуючи свіжий розчин. На 10–14 та 29–33 добу задавали мінеральний препарат LovitPhos (Lohmann, Німеччина). З профілактичною метою на 15–16 добу дослідження всім курчатам випоювали антипротозойний препарат Солікокс (Біофарм, Україна). Доступ до кормів та води в курчат обох груп був цілодобовий. Птиці дослідної групи, крім основного раціону, додатково випоювали пробіотик «ТІММ-П» впродовж 2-х годин зранку до годівлі курсами: впродовж 1–5-ї, 21–25-ї та 30–35-ї доби вирощування. Доступ до кормів та питної води був вільним.

Утримували курчат на дерев'яній підлозі, в якості підстилки використовували м'яку тирсу. Підстилку заміняли по мірі забруднення. В якості додаткового джерела тепла використовували інфрачервоні лампи (SmartHeat, Китай).



Рис. 2.1. Загальна схема досліджень

Характеристика пробіотика “ТІММ-П”

Пробіотик “ТІММ-П” являє собою комплекс мікроорганізмів різних видів молочнокислих, біфідобактерій кишкового походження, які виділяються із здорової птиці. Всього до нового препарату входить п’ять штамів мікроорганізмів, а саме, *Bifidobacterium gallinarum*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus paracasei ssp. paracasei*. Дані штами – природні мікроорганізми, що не підлягали будь-якій генетичній модифікації. Препарат “ТІММ-П” являє собою сухий, сипучий порошок, без сторонніх включень від кремового до світло-коричневого кольору. Пробіотична добавка легко змішується з кормом та добре розчиняється у воді, масова частка вологи становить не більше 5%. Вміст у препараті молочнокислих бактерій становить не менше 1×10^9 КУО/г, кількість біфідобактерій також не нижче 1×10^9 КУО/г.

З урахуванням фізичних властивостей функціональної добавки “ТІММ-П” курчатам дослідної групи пробіотик задавали шляхом випоювання, впродовж 2 годин зранку до першої годівлі. Випоювання пробіотика проводили курсами на 1–5, 21–25 та 30–35 добу вирощування.

Готували розчин пробіотика методом змішування у співвідношенні 45 г добавки до 4 л питної води. Перед використання поїлки ретельно промивали. Температура води перед змішуванням становила не вище 35°C.

2.2. Методи досліджень

2.2.1. Контроль параметрів мікроклімату приміщення для курчат-бройлерів. Температуру та вологість у приміщенні, де утримувались досліджувані курчата-бройлери вимірювали гігрометром ВІТ-2 (ПАТ «Склоприлад», Україна) зі шкалою від 16 до 40°C. Температурний та вологісний режими повітря визначали тричі на добу (о 6-й, 14-й, 22-й годині).

Для визначення швидкості руху повітря у приміщенні використовували кататермометр. Для визначення швидкості руху повітря у вентиляційних

каналах з природньою тягою використовували крильчатий анемометр АСО-3 (ТОВ «ТК ПРОМЕЛ», Україна).

Концентрацію вуглекислого газу визначали за методом Субботіна-Нагорського, який полягає в тому, що розчин барію гідроксиду інтенсивно поглинає вуглекислий газ з утворенням барію вуглекислого. Кількість барію, яка з'єдналася з вуглекислим газом, встановлюється за титрування щавлевою кислотою. Використовували барію гідроксид (Китай) та щавлеву кислоту (Італія).

Експрес-метод визначення шкідливих газів полягає у використанні універсального газоаналізатора УГ-2 («Analit Pribor», Україна), який призначений для виявлення вуглекислого газу, аміаку, сірководню та інших газів. Принцип роботи полягає в тому, що за пропускання певного об'єму повітря через спеціальний для кожного газу індикаторний порошок, поміщений в трубку, колір його змінюється прямо пропорційно кількості цього газу в повітрі. Висоту зміни кольору індикаторного порошку вимірювали за відповідною шкалою в мг/м³.

2.2.2. Визначення клінічних показників і продуктивності курчат-бройлерів. Контролювали фізіологічні показники курчат-бройлерів з визначенням частоти дихання методом підрахунку кількості дихальних рухів за 1 хв. та вимірювали температуру тіла за допомогою ветеринарного електронного термометра («KERBL», Німеччина).

Вивчення впливу пробіотика на збереженість курчат-бройлерів проводили шляхом щоденного огляду та проводили облік птиці. Живу масу тіла контролювали методом зважування курчат-бройлерів на 1, 14, 28 та 42 доби дослідження за допомогою вагів Аутога AU 309 (Китай) з точністю вимірювання ± 1 г. Для визначення приросту маси тіла курчат-бройлерів застосовували розрахунковий метод. Визначали абсолютний та середньодобовий (P_1) прирости живої маси за загальноприйнятою формулою:

$$P_1 = (V_1 - V_0) / T, \text{ де}$$

P_1 – середньодобовий приріст;

V_1 – жива маса тіла на кінець дослідного періоду, кг;

V_0 – жива маса на початок дослідного періоду, кг;

T – тривалість дослідження, діб.

Інтенсивність росту курчат-бройлерів розраховували за відносним приростом (P_2) з використанням формули Броді-Шмальгаузена:

$$P_2 = (V_1 - V_0) \times 100 / 0,5 \times (V_1 + V_0)$$

2.2.3. Визначення органолептичних показників м'яса курчат-бройлерів. З метою дослідження впливу пробіотичної добавки на мікробіоту кишечника та стан внутрішніх органів проводили забій по 5-ть голів птиці з контрольної та дослідної груп на 14-ту та 28-му доби. Якість м'яса птиці досліджували після забою курчат-бройлерів на 42-гу добу. Для проведення даного дослідження відбирали по 10 голів птиці за принципом груп-аналогів. Перед забоєм проводили оглушення електроструммом за допомогою пристрою електрооглушення птиці Le Reve («FAF», Франція).

Проводили органолептичну оцінку м'яса курчат-бройлерів згідно ГОСТ 7702.0-74 [159]: визначали запах, зовнішній вигляд тушок, ступінь зняття оперення, стан шкірного покриву та кісткової системи, консистенцію охолодженого м'яса, колір м'язової тканини, шкіри, підшкірної та внутрішньої жирової тканини. Кожний зразок аналізували окремо, за денного світла та кімнатної температури.

2.2.4. Дослідження хімічних, мікроскопічних показників і хімічного складу м'яса курчат-бройлерів. Під час проведення лабораторних досліджень визначали хімічні та мікроскопічні показники м'яса птиці на 3, 5, 7 та 9 добу зберігання в охолодженому стані за температури $4 \pm 1^\circ\text{C}$. Визначення величини рН м'яса проводили згідно Правил передзабійного ветеринарного огляду тварин і ветеринарно-санітарної експертизи м'яса та

м'ясних продуктів з використанням рН-метра рН 211 (HANNA instruments, Румунія). Під час визначення хімічних показників свіжості, таких як кислотне число жиру, перекисне число жиру та проведення реакції з міді сульфатом керувались національним стандартом ДСТУ 8253:2015 [160]. Для визначення продуктів первинного розпаду білків у м'ясному бульйоні проводили якісну реакцію з міді сульфатом. Для визначення кількості мікроорганізмів та ступеня розпаду м'язової тканини готували мазки-відбитки, які після висушування фарбували за Грамом та проводили мікроскопію згідно ДСТУ 8253:2015 [160] за допомогою мікроскопа бінокулярного XS-3320 з LED-підсвічуванням MICROmed (Китай)..

Визначення хімічного складу тушок курчат-бройлерів – вологість та вміст жиру проводили згідно ДСТУ ISO 1443:2005 [161]. Масову частку білку та вміст золи в тушках курчат-бройлерів визначали згідно ДСТУ ISO 936:2008 [162].

Хімічний склад м'яса курчат-бройлерів (грудні м'язи та м'язи стегнової групи) контрольної та дослідної груп встановлювали шляхом визначення у ньому масової частки вологи, вмісту жиру, масової частки білку та вмісту золи. Масову частку вологи визначали шляхом послідовних зважувань та висушувань проб м'язової тканини у сушильній шафі СП-30К (ТОВ «РІВА-СТАЛЬ», Україна). Суху речовину в пробах м'яса розраховували на основі даних визначення масової частки вологи. Масову частку азоту в м'ясі птиці визначали методом К'ельдаля, мінералізацію проб проводили з використанням дигестора для вологої мінералізації DK 6 (Velp Scientifica, Італія), відгонку аміаку здійснювали на напівавтоматичному апараті для перегонки з парою за К'ельдалем UDK 129 (Velp Scientifica, Італія). Після визначення азоту в м'ясі розраховували масову частку білку. Масову частку золи в м'ясі визначали методом спалювання зразків у муфельній печі Nabertherm L15 (Germany). Масову частку жиру визначали шляхом знежирювання проб м'яса за допомогою діетилового ефіру методом Сокслета

з використанням автоматичного екстракційного приладу SER 148 (Velp Scientifica, Італія).

2.2.5. Визначення летких жирних кислот у м'ясі курчат-бройлерів.

Для оцінки свіжості м'яса на 9-ту добу зберігання визначали вміст у ньому летких жирних кислот, як додатковий метод для комплексної оцінки якості м'яса з використанням удосконаленого методу ГОСТ 23392-2016 [158]. Леткі жирні кислоти утворюються під час дезамінування амінокислот та за розпаду внутрішнього тканинного жиру. Для визначення даного показника використовували удосконалений прилад, а саме, встановили водовідвідник з трубкою для спускання води на початковому етапі реакції, що не допускає надходження великої кількості води у колбу з м'ясною сумішшю, оскільки згідно загальноприйнятої методики водовідвідник розміщено над колбою з м'ясною наважкою і відсутній відвід для спускання крапель води, що впливає на точність результатів.

Схема удосконаленого приладу наведена на рис. 2.2.

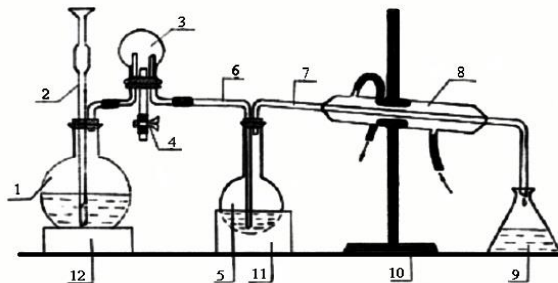


Рис. 2.2. Схема удосконаленого приладу для відгонки летких жирних кислот.

1 – колба плоскодонна (пароутворювач); 2 – запобіжна трубка з шийкою; 3 – водовідвідник (паровловлювач) з трубкою для спускання пари; 4 – затискач; 5 – круглодонна колба для перегонки; 6,7 – паровідвідні трубки; 8 – водяний холодильник Лібіха; 9 – приймач; 10 – штатив; 11 – колбонагрівач; 12 – електрична плитка.

Підготовлену наважку $25 \pm 0,01$ г фаршу, зважену на лабораторних вагах ADC6200C (Україна), поміщали у круглодонну колбу, доливали 150 см^3 розчину сірчаної кислоти з концентрацією 20 г/дм^3 . Вмістиме колби перемішували і колбу закривали пробкою. Під холодильник підставляли конічну колбу, місткістю 250 см^3 , на якій зазначали об'єм 200 см^3 . Дистильовану воду в плоскодонній колбі (пароутворювач) доводили до кипіння та паром відганяли леткі жирні кислоти до тих пір, поки у прийомній колбі не збереться 200 см^3 дистилляту. Під час відгону колбу з наважкою підігрівали. Титрування всього об'єму дистилляту проводили $0,1 \text{ моль/дм}^3$ розчином калію гідроксиду (або натрію гідроксиду) у колбі з індикатором (фенолфталеїном) до появи малинового забарвлення, яке не зникає впродовж 30 сек.

Паралельно, за таких умов проводили контрольне дослідження для визначення витрати лугу на титрування дистилляту з реактивом без м'яса.

Кількість летких жирних кислот (X) у мг калію гідроксиду в 25 г м'яса вираховували за формулою:

$$X = (v - v_0) K \times 5,61, \text{ де}$$

v – кількість $0,1 \text{ моль/дм}^3$ розчину калію гідроксиду, витрачена на титрування 200 см^3 дистилляту з м'яса, см^3 ;

v_0 – кількість $0,1 \text{ моль/дм}^3$ розчину калію гідроксиду, витрачена на титрування 200 см^3 дистилляту контрольного аналізу, см^3 ;

K – поправка до титру $0,1 \text{ моль/дм}^3$ розчину калію гідроксиду;

$5,61$ – кількість калію гідроксиду, що міститься у 1 см^3 $0,1 \text{ моль/дм}^3$ розчину, мг.

За кінцевий результат досліджень приймали середнє арифметичне двох паралельних визначень.

Обчислення проводили з похибкою, не більше $0,01$ мг калію гідроксиду. М'ясо вважають сумнівної свіжості, якщо в ньому міститься ЛЖК від 4 до 9 мг калію гідроксиду, а вище 9 мг – несвіжим.

2.2.6. Макро- і мікроструктурний аналіз печінки курчат-бройлерів.

Для проведення макроскопічних досліджень та органоетричного аналізу печінку відпрепарувували з грудно-черевної порожнини. Під час органоетричного дослідження визначали лінійні параметри та абсолютну і відносну масу печінки та її мікроструктур [57].

Для дослідження мікроструктури шматочки печінки заливали у парафін. Після фіксації та промивки шматочків печінки, проводили їх через спирти зростаючої міцності (40°, 60°, 70°, 80°, 96° та 100°) і ксилол та заливали у парафін. В подальшому з парафінових блоків виготовляли гістологічні зрізи на санному мікроскопі МС–2, їх товщина не перевищувала 8–10 мкм.

Для дослідження морфології на тканинному та клітинному рівнях та проведення гісто- та цитометричного дослідження після депарафінації гістозрізи фарбували гематоксиліном (Diapath, Італія, 2020) та еозином (Leica Geosystems, Німеччина, 2020) [57]. Мікроскопію зрізів та гістометричні дослідження структурних елементів тканин виконували за допомогою мікроскопу Micros МС-50 (ІнтерМед, КНР, 2017). Для гістологічних досліджень використано санний мікроскоп МС–2 (ПП «СтандартПрибор», Україна, 2015).

Визначення об'єму гепатоцитів та їх ядер здійснювали за формулою:

$$V = \pi/6 \times A \times B^2, \text{ де:}$$

V – об'єм гепатоцита (ядра);

π – 3,14;

A – довжина гепатоцита (ядра);

B – ширина гепатоцита (ядра).

Ядерно-цитоплазматичне відношення визначали, використовуючи наступну формулу:

$$\text{ЯЦВ} = \text{Об'єм ядра} / (\text{Об'єм клітини} - \text{Об'єм ядра})$$

2.2.7. Дослідження мікробіому товстого кишечника курчат-бройлерів. Загальна ДНК із зразків була виділена за допомогою набору для виділення ДНК PureLink Microbiome DNA purification kit, Invitrogen, USA кат № A29789 відповідно до інструкції, що додається. Для підготування бібліотек використовували набір 16S barcoding kit 1-24 (кат № SQK16S024, Oxford Nanopore, USA), за допомогою якого проводили ампліфікацію специфічних ділянок гену 16S РНК та баркодування зразків. Для очищення бібліотек використовували магнітні частки NucleoMag NGS Clean-up and Size select (ref744970.50 lot 2311-002, Macherey-Nagel, Germany) згідно рекомендованого протоколу Rapid sequencing amplicons - 16S barcoding (SQK-16S024).

Метагеномне секвенування за технологією NGS Nanopore (Oxford Nanopore, США) проводили за допомогою приладу ONT MinION (Oxford nanopore, США), використовуючи набір Flow Cell Priming Kit (EXP-FLP002, Oxford Nanopore, USA) та проточну комірку Spot-on Flow Cell R9.4.1 (FLO-MIN106D, Oxford Nanopore, USA) згідно стандартного протоколу, рекомендованого виробником Oxford NanoPore, США.

Концентрацію ДНК на всіх етапах досліджень визначали на флуориметрі Qubit v.3 (Thermo Fisher Scientific, USA) за допомогою набору Qubit 1xdsDNA HS assay kit (Invitrogen, USA) та чистоту ДНК визначали на спектрофотометрі Nanodrop (Thermo Fisher Scientific, USA) за співвідношенням поглинання за довжин хвилі 260/280 (складала не менше 1,8) та 260/230 (складала не менше 1,7). Бібліотеку розводили в еквімолярних концентраціях та використовували для секвенування концентрацію 70 фмоль в 10 мкл 10 мМ Tris HCl рН 8,0 з 50 мМ NaCl. Для 16S ампліконів розміром ~1500 п.н. 50–100 фмоль відповідає ~50–100 нг ДНК.

В програмному забезпеченні MinKNOW 19.06.7 накопичено 2.44 мільйона прочитань сирих даних. Бейсколінг сирих даних проведено за допомогою програмного пакету Guppy 6.1.7 із застосуванням моделі надвисокої точності (dna_r9.4.1_450bps_sup.cfg) і налаштуванням фільтрації

прочитань з якістю нижче 10. Утилітою `guppy_barcoder` цього пакета дані демультіплексовані із видаленням баркодів. Якість прочитань середня 13.5, медіана 12. Довжина прочитань середня 1190, медіана 1431.

Таксономічна класифікація за геном 16s проведена у робочому процесі 16s workflow програмного забезпечення EPI2ME Desktop 24.02-01. В якості класифікатора застосовано `minimap2` по базі даних `ncbi_16s_18s`, там же проведено визначення індексів біорізноманітності, передбачених в програмному пакеті.

Статистичний аналіз проводили за допомогою комп'ютерної програми *Microsoft Excel*. Отримані результати досліджень обробляли методом варіаційної статистики з використанням персонального комп'ютера, з використанням критерію Ст'юдента і Тьюкі, дані в таблицях подано як $x \pm SD$, різницю між показниками вважали вірогідною $p \leq 0,05$.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Клінічний стан і продуктивність курчат-бройлерів за впоювання пробіотика “ТІММ-П”

Дослідження ректальної температури тіла, частоти дихання і серцевих скорочень курчат-бройлерів контрольної і дослідної груп на першу добу досліду показало відсутність між ними вірогідної різниці (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Показники клінічного стану курчат-бройлерів за впоювання пробіотика “ТІММ-П”, $x \pm SD$, n= 10

| Вік, діб | Група | |
|--|---------------|---------------|
| | контрольна | дослідна |
| Температура тіла, °С | | |
| 1 | 40,65 ± 0,08 | 40,75 ± 0,06 |
| 14 | 41,01±0,03 | 41,04 ± 0,04 |
| 28 | 41,08 ± 0,05 | 41,05 ± 0,06 |
| 42 | 41,02 ± 0,04 | 41,03 ± 0,05 |
| Частота дихання, дих. рух./хв. | | |
| 1 | 34,77 ± 1,34 | 35,73 ± 0,70 |
| 14 | 32,00 ± 1,13 | 32,00 ± 1,13 |
| 28 | 31,63 ± 1,41 | 30,37 ± 1,22 |
| 42 | 35,46 ± 1,35 | 34,21 ± 1,48 |
| Частота серцевих скорочень, ударів/хв. | | |
| 1 | - | - |
| 14 | 188,40 ± 2,01 | 188,67± 1,69 |
| 28 | 187,78 ± 1,82 | 187,22 ± 1,89 |
| 42 | 189,92 ± 1,94 | 189,71 ± 2,20 |

Примітка: вірогідної різниці між показниками не виявлено

На 14-ту, 28-му та 42-гу добу досліджень температура тіла, частота дихання і серцевих скорочень у птиці контрольної і дослідної груп вірогідно не відрізнялись і знаходились в межах фізіологічних параметрів для даного виду і віку тварин. Це вказує на відсутність впливу комплексного пробіотика “ТІММ-П” на основні показники клінічного стану курчат-бройлерів протягом всього періоду їх вирощування.

Були проаналізовані показники живої маси курчат-бройлерів на різних етапах досліду. На ранніх етапах дослідження статистично значущої різниці стосовно маси тіла курчат між контрольною та дослідною групами не виявлено (табл. 3.2). Маса добових курчат на початок дослідження в середньому становила 45 г в контрольній та дослідній групах.

Таблиця 3.2

**Маса тіла курчат-бройлерів за вживання пробіотика “ТІММ-П”, г,
x ± SD**

| Вік, діб | n | Група | |
|----------|----|------------------|-------------------|
| | | контрольна | дослідна |
| 1 | 50 | 45,13 ± 2,25 | 44,93 ± 2,18 |
| 14 | 40 | 323,67 ± 32,85 | 315,66 ± 36,26 |
| 28 | 30 | 1213,70 ± 66,34 | 1246,29 ± 45,16* |
| 42 | 20 | 2911,67 ± 132,69 | 3012,50 ± 155,26* |

Примітка: $p \leq 0,05$ порівняно з контрольною групою

У двотижневому віці маса курчат-бройлерів контрольної групи була на рівні птиці дослідної групи. З віком різниця в масі тіла між курчатами дослідної і контрольної груп збільшувалася. У 28-добовому віці курчата-бройлери дослідної групи перевершили контроль за масою тіла на 2,69%. На 42-гу добу маса птиці дослідної групи також була вищою, порівняно з контролем на 3,46%.

Відповідно до маси тіла у курчат дослідної групи спостерігали статистично вищі показники абсолютних приростів та середньодобових приростів маси тіла за періодами вирощування на 15–28-у доби на 4,65% порівняно з контролем (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Динаміка абсолютних та середньодобових приростів маси тіла курчат-бройлерів за впоювання пробіотика “ТІММ-П”, г, $x \pm SD$, n=10-50

| Вік, діб | n | Група | |
|-------------------------|----|--------------------|------------------|
| | | контрольна | дослідна |
| | | Абсолютні прирости | |
| 1–14 | 40 | 278,53 ± 32,80 | 270,73 ± 35,98 |
| 15–28 | 30 | 892,59 ± 73,62 | 934,07 ± 66,40* |
| 29–42 | 20 | 1699,58 ± 173,21 | 1763,75 ± 145,29 |
| Середньодобові прирости | | | |
| 1–14 | 40 | 19,89 ± 2,34 | 19,34 ± 2,57 |
| 15–28 | 30 | 63,76 ± 5,26 | 66,72 ± 4,74* |
| 29–42 | 20 | 121,40 ± 12,37 | 125,98 ± 10,38 |

Примітка: * - $p < 0,05$ порівняно з контрольною групою

У зв'язку з нерівномірністю росту курчат-бройлерів впродовж періоду вирощування брали до уваги аналіз відносних приростів маси тіла (табл. 3.4). Згідно отриманих даних впродовж усього експерименту відносні прирости маси тіла курчат-бройлерів не залежали від впоювання пробіотика “ТІММ-П” порівняно з контролем. При цьому у курчат обох піддослідних груп відзначали поступове зменшення відносних приростів маси тіла зі збільшенням віку.

При цьому найвищі відносні прирости маси тіла виявлено у курчат дослідної і контрольної груп у період з 1–14 діб вирощування, а мінімальні – з 29–42 діб.

Таблиця 3.4

Відносні прирости живої маси курчат-бройлерів за вживання пробіотика “ТІММ-П”, %, $\bar{x} \pm SD$, n=10-50

| Вікові періоди, діб | Група | |
|------------------------|-------------|-------------|
| | контрольна | дослідна |
| 1-14 | 150,75±1,00 | 149,64±0,96 |
| 15-28 | 116,32±1,52 | 118,99±1,70 |
| 29-42 | 81,35±1,41 | 83,17±1,07 |

Після забою птиці дослідної та контрольної груп визначали масу внутрішніх органів, пір'я, голів, кінцівок та окремо масу патраних тушок (табл. 3.5). Маса тушки курчат-бройлерів дослідної групи була достовірно більшою на 64,5 г або 2,85% порівняно з тушками курчат-бройлерів контрольної групи.

Таблиця 3.5

Забійний вихід курчат-бройлерів за вживання пробіотика “ТІММ-П”, $\bar{x} \pm SD$, n=10

| Показник | Група | |
|---|------------------|-------------------|
| | контрольна | дослідна |
| Маса патраної тушки, г | 2245,05 ± 111,95 | 2309,56 ± 109,11* |
| Маса внутрішніх органів, пір'я, голови та нижніх частин кінцівок, г | 665,83 ± 23,75 | 702,91 ± 46,76* |
| Забійний вихід, % | 77,08 ± 0,59 | 76,68 ± 0,53 |

Примітка: *p < 0,05 порівняно з контрольною групою

Маса внутрішніх органів, пір'я, голови та нижніх частин кінцівок у курчат-бройлерів дослідної групи переважала аналогічний показник у контролі на 5,57%, але забійний вихід між групами не відрізнявся.

Таким чином, отримані результати досліджень свідчать про стимулюючий вплив пробіотика “ТІММ-П” на ріст і продуктивність курчат-бройлерів. Така позитивна динаміка може бути пов'язана зі зміною мікробіому апарату травлення курчат-бройлерів на різних етапах вирощування.

3.2. Мікробіом товстого кишечника курчат-бройлерів за застосування пробіотика “ТІММ-П”

Випоювання курчатам-бройлерам з водою комплексного пробіотика «ТІММ-П» не впливало на чисельність типів мікроорганізмів у сліпих кишках у ранньому віці. Про це свідчить відсутність вірогідної різниці між кількістю типів мікроорганізмів у сліпих кишках курчат-бройлерів дослідної групи на 14-ту і 28-му добу вирощування. Лише на 42-гу добу вирощування у сліпих кишках курчат-бройлерів дослідної групи загальна кількість типів бактерій зростала в середньому на 20,39% порівняно з контролем (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Загальна чисельність типів бактерій у сліпих кишках курчат-бройлерів за випоювання пробіотика “ТІММ-П”, $\bar{x} \pm SD$

| Вік, діб | Група | |
|----------|---------------------------|---------------------------|
| | контрольна | дослідна |
| 14 | 4,1 ± 0,67 ^{aA} | 4,7 ± 0,59 ^{aA} |
| 28 | 5,2 ± 0,41 ^{aA} | 4,3 ± 0,34 ^{aA} |
| 42 | 10,3 ± 1,02 ^{bA} | 12,4 ± 0,94 ^{bB} |

Примітка: вірогідна різниця між середніми значеннями показана верхніми індексами ^{a, b} в стовпці та ^{A, B} – в рядку таблиці ($p < 0,05$)

При цьому виявлено збільшення кількості типів мікроорганізмів у сліпих кишках курчат-бройлерів і в межах кожної з піддослідних груп у віковому аспекті.

Всього у сліпих кишках курчат-бройлерів було ідентифіковано 13 типів бактерій, з яких тип Firmicutes досягав частки понад 98% як у контрольній, так і в дослідній групах курчат-бройлерів на 14-ту та 28-му добу вирощування (рис. 3.1). Друге місце за чисельністю складав тип Proteobacteria, частка якого у ці періоди дослідження у контролі становила 1,54% та 2,19% проти 0,2% та 0,36% в досліді. При цьому чисельність типів бактерій у сліпих кишках курчат-бройлерів дослідної групи почала збільшуватись з 28-ї доби за рахунок появи незначної кількості Bacteroidota та Candidatus Melainabacteria.

Особливо помітні зміни типового складу мікробіому сліпих кишок курчат-бройлерів відзначали на 42-гу добу вирощування, яке співпадало з третім періодом вживання пробіотику. При цьому частка мікроорганізмів типу Firmicutes знизилась у сліпих кишках контрольної групи до 87,26%, тоді як у дослідної – до 76,93% від кількості всіх типів мікроорганізмів. Для цього періоду вирощування було характерним збагачення складу мікробіоти сліпих кишок курчат-бройлерів контрольної групи за рахунок появи семи типів бактерій, зокрема Bacteroidota, Candidatus Melainabacteria, Tenericutes, Kiritimatiellaeota, Deferribacteres, Verrucomicrobia і Lentisphaerae. За вживання курчатам-бройлерам комплексного пробіотику на основі лакто- і біфідобактерій виявлено збільшення різноманіття бактерій за рахунок появи дев'яти типів, таких як Bacteroidota, Candidatus Melainabacteria, Kiritimatiellaeota, Deferribacteres, Verrucomicrobia, Lentisphaerae, Synergistetes, Elusimicrobia та Cyanobacteria. В цей період вирощування чисельність бактерій типу Bacteroidota у сліпих кишках курчат-бройлерів контрольної групи на 8,1% поступалася дослідній групі. В сліпих кишках обох груп курчат цей тип займав друге місце після Firmicutes (рис. 3.1).

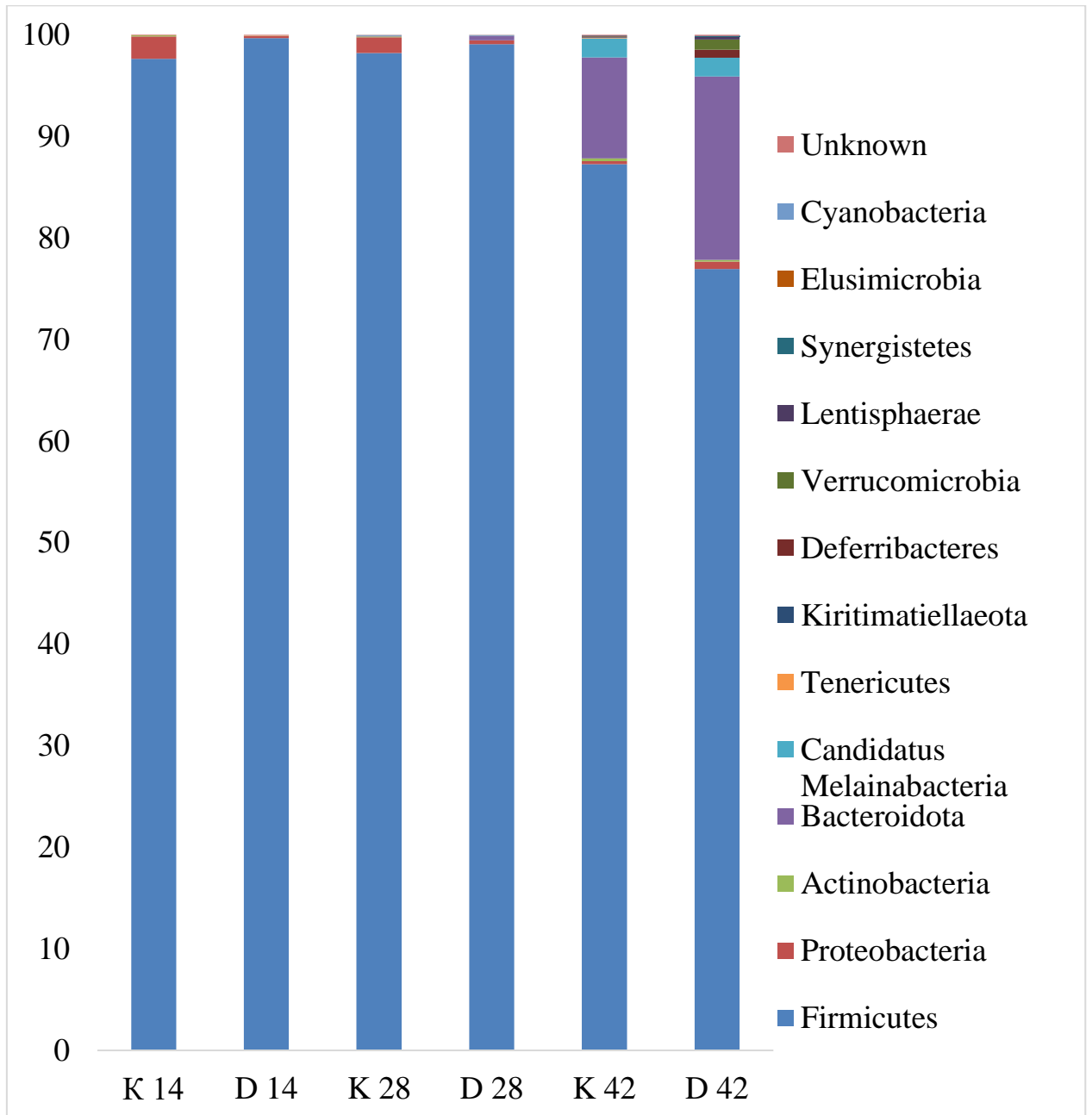


Рис. 3.1. Мікробний склад сліпих кишок на рівні типу за випоювання курчатам-бройлерам пробіотика “ТІММ-П”. Примітка: К – контрольна група, D – дослідна група; 14...42 – доба вирощування.

Відповідно до зміни чисельності типів бактерій у курчат-бройлерів контрольної і дослідної груп протягом періоду вирощування змінювалась і чисельність їх родин. При цьому слід зазначити, що цей показник у сліпих кишках курчат-бройлерів контрольної групи на 14-ту і 42-гу добу вирощування перевищував аналогічне значення в досліді на 2,7% та 2,6%

відповідно, тоді як на 28-му добу вирощування ця різниця була на користь дослідної групи і складала 1,9% (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Загальна чисельність родин бактерій у сліпих кишках курчат-бройлерів за впоювання пробіотику “ТІММ-П”, $x \pm SD$

| Вік, діб | Група | |
|----------|----------------------|---------------------|
| | контрольна | дослідна |
| 14 | $6,0 \pm 0,55^{aA}$ | $3,3 \pm 0,61^{aB}$ |
| 28 | $4,3 \pm 0,19^{bA}$ | $6,2 \pm 0,73^{bB}$ |
| 42 | $10,1 \pm 1,13^{cA}$ | $7,5 \pm 1,02^{bB}$ |

Примітка: вірогідна різниця між середніми значеннями показана верхніми індексами ^{a, b} в стовпці та ^{A, B} – в рядку таблиці ($p < 0,05$)

Що стосується різноманітності родин мікроорганізмів, які виявлені у сліпих кишках, то на 14-ту добу вирощування у курчат-бройлерів контрольної групи їх частку за спаданням займали родини Oscillospiraceae, Lachnospiraceae, Lactobacillaceae, Eubacteriales Incertae sedis, Clostridiaceae та Enterobacteriaceae.

Впоювання комплексного пробіотику курчатам-бройлерам сприяло зменшенню різноманітності родин мікроорганізмів у сліпих кишках та визначало інший порядок їх домінування, який виглядав наступним чином: Oscillospiraceae = Lachnospiraceae, Eubacteriales Incertae sedis (рис. 3.2).

На 28-му добу вирощування бактерії родини Lachnospiraceae займали домінуюче положення у сліпих кишках курчат-бройлерів як контрольної, так і дослідної груп, що відбувалось в основному за рахунок зниження частки бактерій родини Oscillospiraceae.

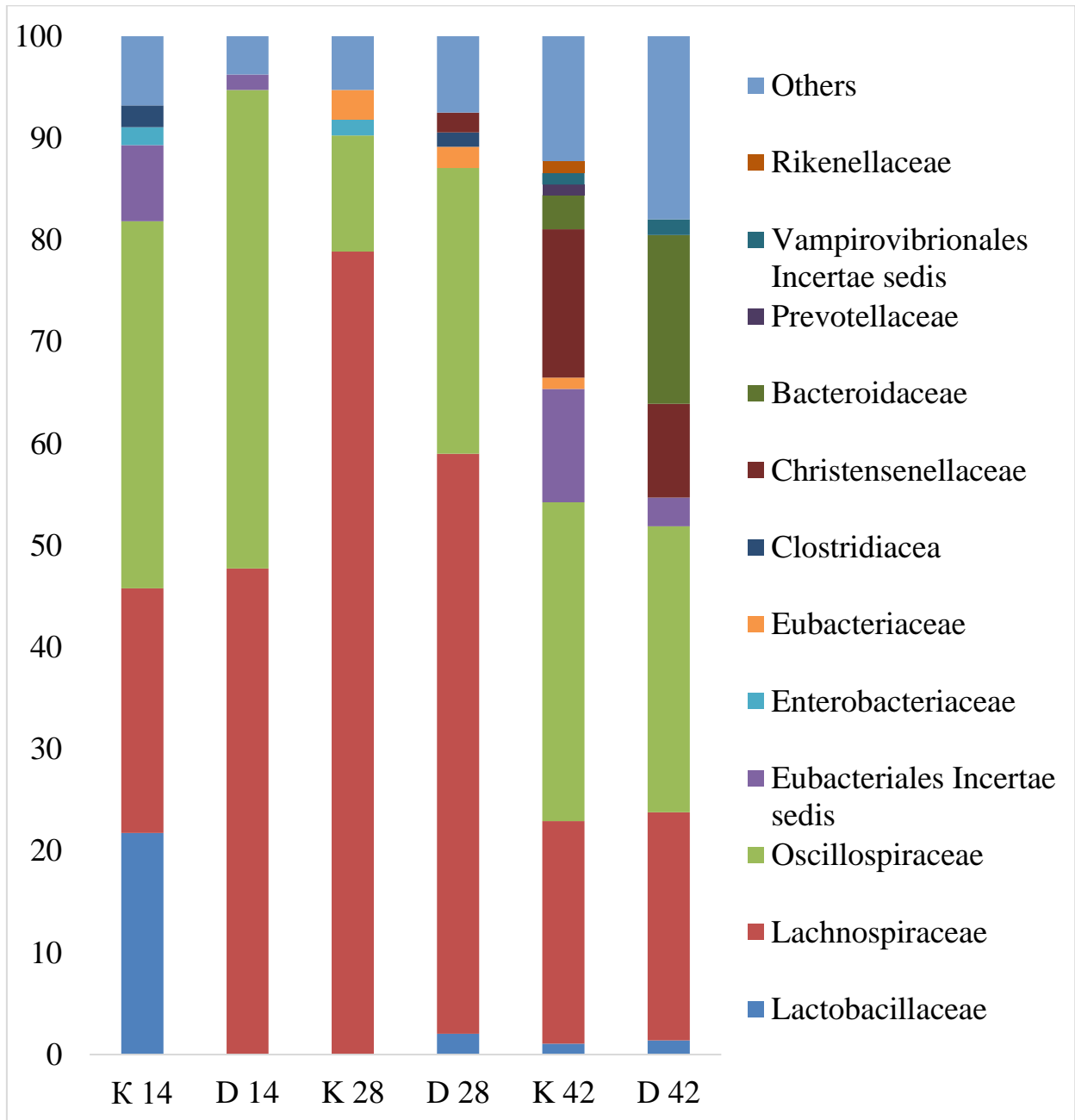


Рис. 3.2. Мікробний склад сліпих кишок на рівні родини за впоювання курчатам-бройлерам пробіотика “ТІММ-П”. Примітка: К – контрольна група, D – дослідна група; 14...42 – доба вирощування.

В цей же період у сліпих кишках курчат-бройлерів контрольної групи зникали бактерії родини Lactobacillaceae, а в курчат-бройлерів дослідної групи, навпаки – вони з’являлися одночасно з незначною кількістю мікроорганізмів родин Eubacteriaceae, Clostridiaceae та Christensenellaceae.

Частка бактерій родин Lachnospiraceae, Oscillospiraceae та Lactobacillaceae у сліпих кишках на 42-гу добу вирощування курчат-бройлерів контрольної і дослідної груп зрівнялася. При цьому різноманітність родин бактерій у сліпих кишках курчат контрольної групи переважала дослідну за рахунок появи бактерій, що належали до родин Eubacteriaceae, Prevotellaceae та Rikenellaceae (рис. 3.2).

Різноманітність родів бактерій у сліпих кишках курчат-бройлерів протягом періоду вирощування у більшості випадків відповідала тій же закономірності, що і їх родин (табл. 3.8). Для аналізу брали до уваги 30 найбільш поширених родів бактерій у сліпих кишках курчат-бройлерів контрольної і дослідної груп. При цьому чисельність родів мікроорганізмів у сліпих кишках курчат-бройлерів дослідної групи була нижчою лише на 14-ту добу на 23,25%, а у віці 28 діб ця різниця була на користь дослідної групи і становила 67,78%. У віці 42 доби чисельність родів бактерій у сліпих кишках курчат-бройлерів контрольної і дослідної груп зрівнялася.

Таблиця 3.8

Загальна чисельність родів бактерій у сліпих кишках курчат-бройлерів за впоювання пробіотика “ТІММ-П”, $\bar{x} \pm SD$

| Вік, діб | Група | |
|----------|---------------------------|---------------------------|
| | контрольна | дослідна |
| 14 | 17,2 ± 0,92 ^{aA} | 13,2 ± 1,13 ^{aB} |
| 28 | 9,0 ± 2,10 ^{bA} | 15,1 ± 0,75 ^{bB} |
| 42 | 22,6 ± 2,34 ^{cA} | 23,4 ± 1,37 ^{cA} |

Примітка: вірогідна різниця між середніми значеннями показана верхніми індексами ^{a, b} в стовпці та ^{A, B} – в рядку таблиці ($p < 0,05$)

Аналіз родової приналежності мікроорганізмів показав, що у сліпих кишках курчат-бройлерів контрольної групи на 14-ту добу вирощування домінували основні чотири роди мікроорганізмів (рис. 3.3).

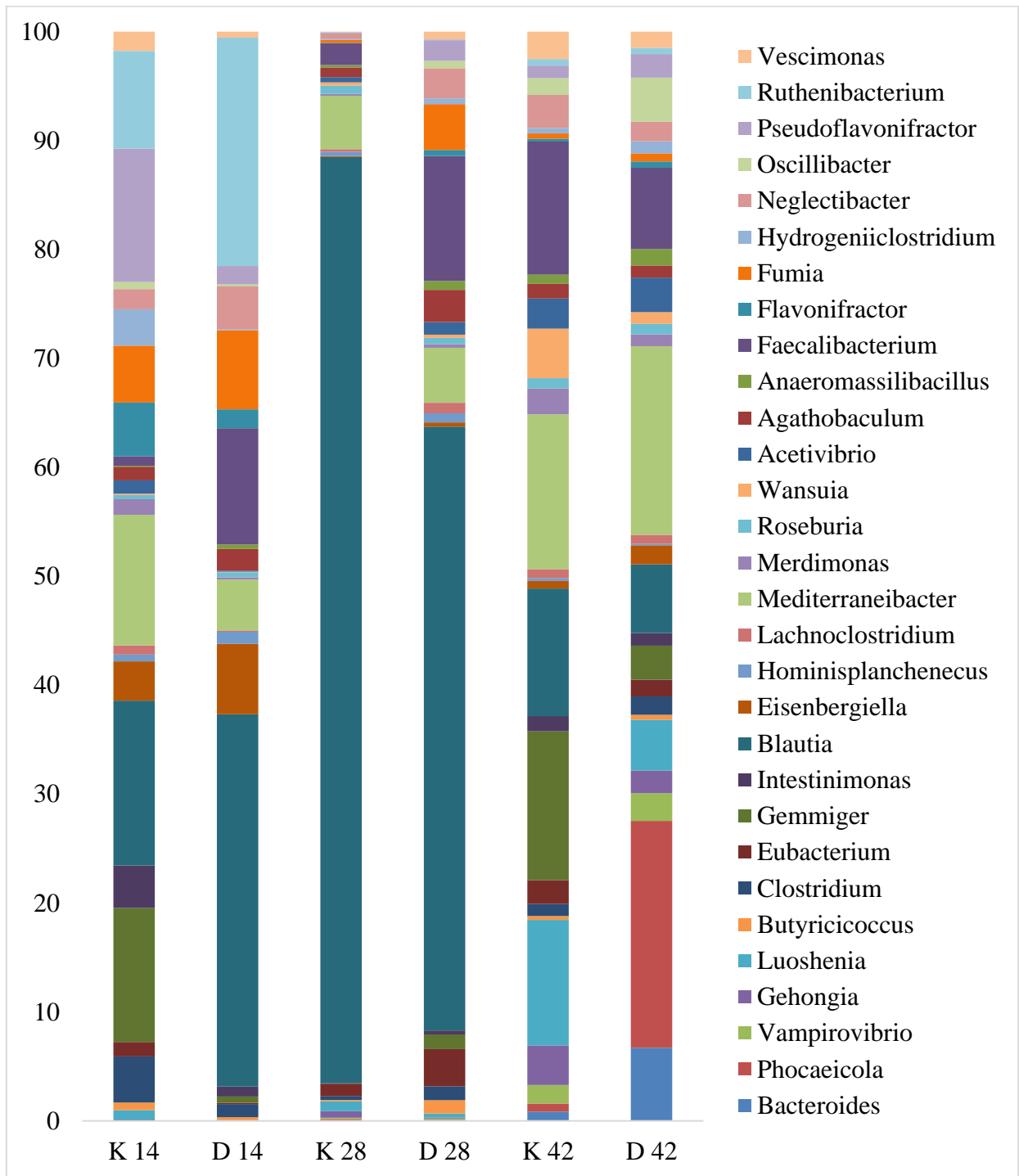


Рис. 3.3. Мікробний склад сліпих кишок на рівні роду за випоювання курчатам-бройлерам пробіотика “ТІММ-П”. Примітка: К – контрольна група, D – дослідна група; 14...42 – доба вирощування.

Про це свідчить подібність розміру частки найбільш поширених родів бактерій: *Blautia* (15,12%), *Gemmiger* (12,32%), *Pseudoflavonifractor* (12,24%) та *Mediterraneibacter* (11,96%). В цей же період вирощування у сліпих кишках курчат-бройлерів дослідної групи домінуюче положення займав рід бактерій *Blautia* (34,17%), дещо нижчу частку займали *Ruthenibacterium* (20,97%) і *Faecalibacterium* (10,67%).

Родова різноманітність бактерій у сліпих кишках курчат-бройлерів характеризувалася своєю динамічністю і залежала не лише від застосування комплексу пробіотиків, але й від віку курчат-бройлерів. Про це свідчить зміна мікробіому сліпих кишок курчат-бройлерів на рівні роду на 28-му добу вирощування. Так, у сліпих кишках курчат-бройлерів контрольної групи в цей період частка мікроорганізмів роду *Blautia* зросла до 85,01%, тоді як частка мікроорганізмів решти родів не перевищувала 5%. Вплив комплексного пробіотика на мікробіом сліпих кишок курчат дослідної групи в цей період також проявлявся підвищенням частки мікроорганізмів роду *Blautia* до 55,44%, але майже не впливав на чисельність бактерій роду *Faecalibacterium*, тоді як решта родів не перевищувала частку 5%.

На 42-гу добу вирощування в курчат-бройлерів контрольної групи основу мікробіому сліпих кишок складала декілька родів, зокрема *Mediterraneibacter* (14,24%), *Faecalibacterium* (12,21%), *Blautia* (11,73%) і *Luoshenia* (11,52%). Застосування курчатам-бройлерам комплексного пробіотика на основі лакто- і біфідобактерій змінювало картину родового складу мікробіому сліпих кишок на користь двох родів: *Phocaeicola* (20,84%) і *Mediterraneibacter* (17,33%), що відбулося за рахунок зниження часток бактерій родів *Blautia* до 6,29% та *Faecalibacterium* до 7,45% (рис. 3.3).

Видовий склад бактерій сліпих кишок курчат-бройлерів дослідної групи на 14-ту добу вирощування був нижчий на 20,93% порівняно з контролем. Подальше вживання курчатам-бройлерам комплексного пробіотика на основі лакто- і біфідобактерій дозволило на 28-му добу вирощування

підвищити видовий склад мікробіому сліпих кишок на 24,34% порівняно з контролем.

На 42-гу добу вирощування випоювання пробіотичного препарату курчатам-бройлерам сприяло підвищенню видового різноманіття бактерій сліпих кишок на 18,97% порівняно з контролем.

Необхідно також відзначити, що видове різноманіття мікробіому сліпих кишок курчат-бройлерів за впливу пробіотичного препарату характеризувалось більш плавною і однонаправленою зміною у віковому аспекті, порівняно з контролем, де ці зміни відбувались більш скачкоподібно (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Загальна чисельність видів бактерій у сліпих кишках курчат-бройлерів за випоювання пробіотика “ТІММ-П”, $x \pm SD$

| Вік, діб | Група | |
|----------|----------------------------|----------------------------|
| | контрольна | дослідна |
| 14 | 178,7 ± 16,9 ^{aA} | 141,3 ± 14,1 ^{aB} |
| 28 | 129,0 ± 13,4 ^{bA} | 160,4 ± 16,7 ^{aB} |
| 42 | 188,2 ± 7,8 ^{aA} | 223,9 ± 19,5 ^{bB} |

Примітка: вірогідна різниця між середніми значеннями показана верхніми індексами ^{a, b} в стовпці та ^{A, B} – в рядку таблиці ($p < 0,05$)

Аналіз видового різноманіття бактерій сліпих кишок курчат-бройлерів з використанням індексу Шеннона показав, що воно зростало в дослідній групі більш інтенсивно, ніж у контрольній, і залежало від їх віку. Це підтверджувала лінія регресії, яка в обох випадках описувалась поліномом другого ступеню (рис. 3.4).

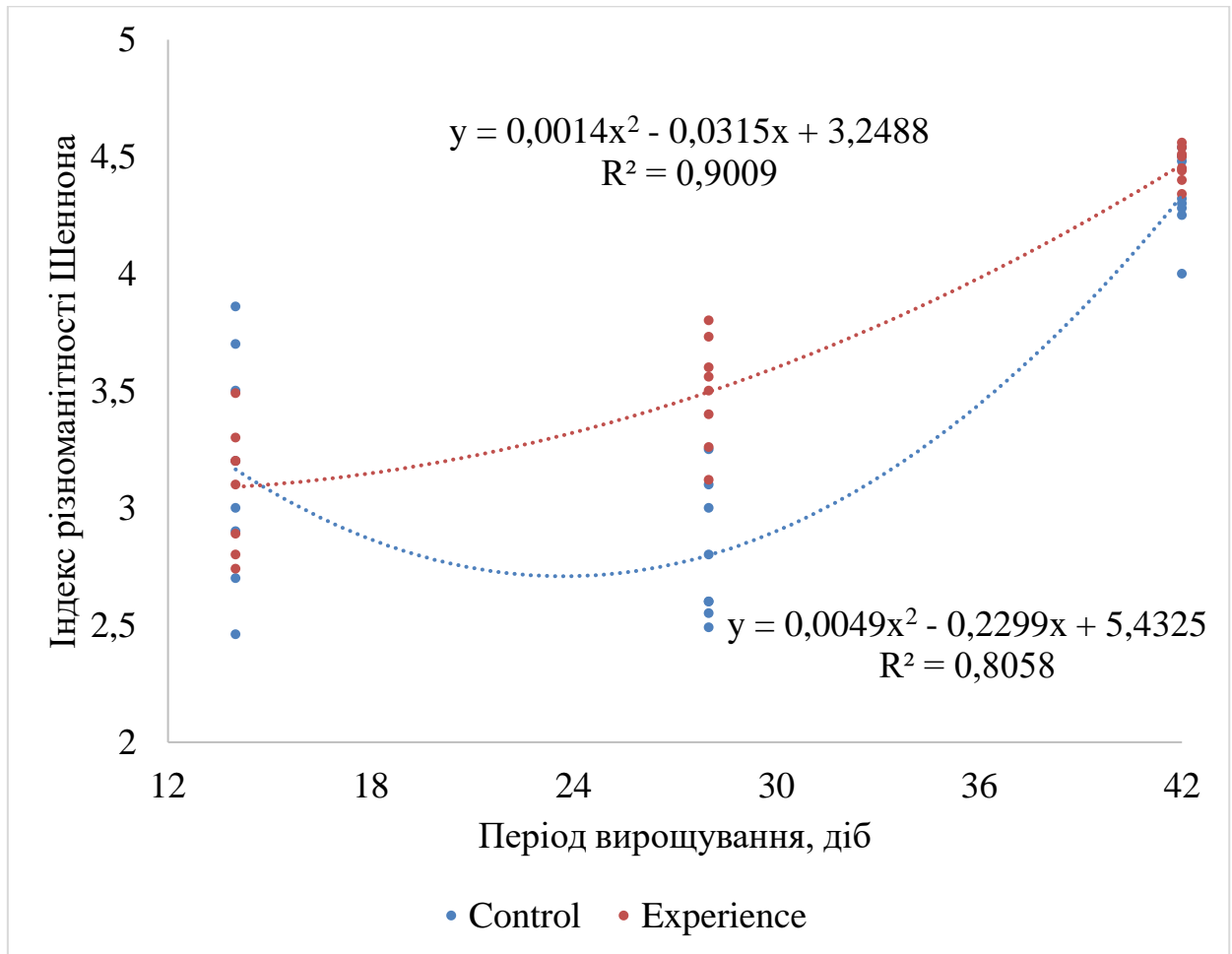


Рис. 3.4. Індекс видової різноманітності Шеннона мікробіому сліпих кишок курчат-бройлерів за впоювання пробіотику “ТІММ-П”, n = 24

При цьому слід відзначити, що застосування комплексного пробіотику для курчат-бройлерів збільшувало домінування бактерій за індексом Сімпсона зі збільшенням віку курчат-бройлерів порівняно з контролем (рис. 3.5). Використання регресійного аналізу показало, що ця залежність виражалась поліномом другого ступеню, а її закономірність співпадала з динамікою видового різноманіття бактерій, розрахованою за індексом Шеннона.

Що стосується міри домінування окремого виду бактерій у сліпих кишках курчат-бройлерів згідно розрахунку індексу Бергера-Паркера, то лінія регресії підтвердила існування зв'язку між віком курчат-бройлерів і домінуванням окремого виду бактерій. При цьому найбільш вираженим було домінування окремих видів бактерій у сліпих кишках курчат-бройлерів як контрольної, так

і дослідної груп у віці 28 днів, а зі збільшенням терміну вирощування до 42 доби домінування окремих видів бактерій знижувалось.

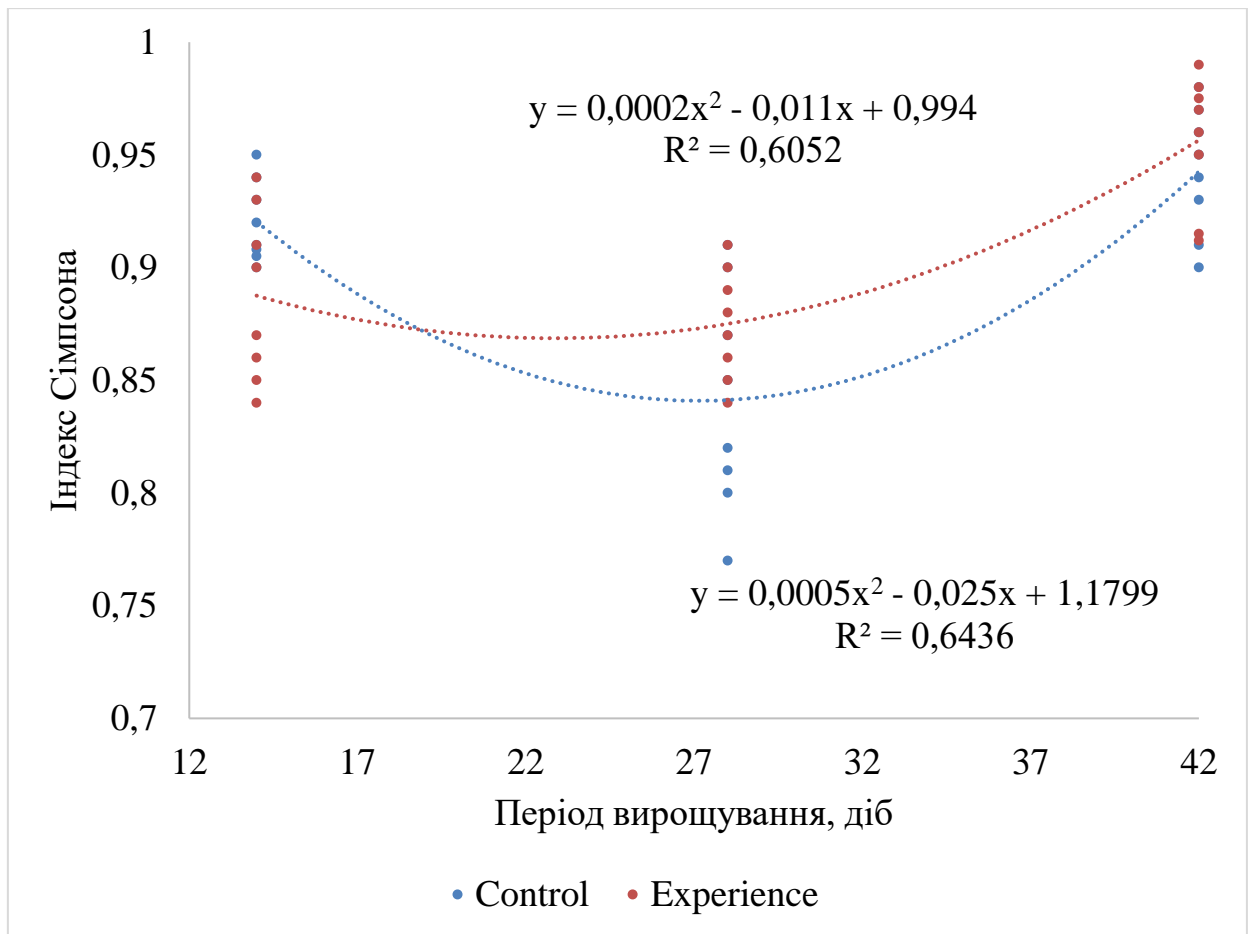


Рис. 3.5. Індекс Сімпсона домінування мікроорганізмів у сліпих кишках за впоювання курчатам-бройлерам пробіотика “ТІММ-П”, n = 24

Така динаміка виражалась у вигляді поліному другого ступеня і була характерною для обох груп птиці (рис. 3.6).

Можна вважати, що впоювання курчатам-бройлерам з водою комплексного пробіотика на основі лакто- і біфідобактерій проявляє суттєвий вплив на різноманітність видового складу мікробіому сліпих кишків і залежить від віку птиці.

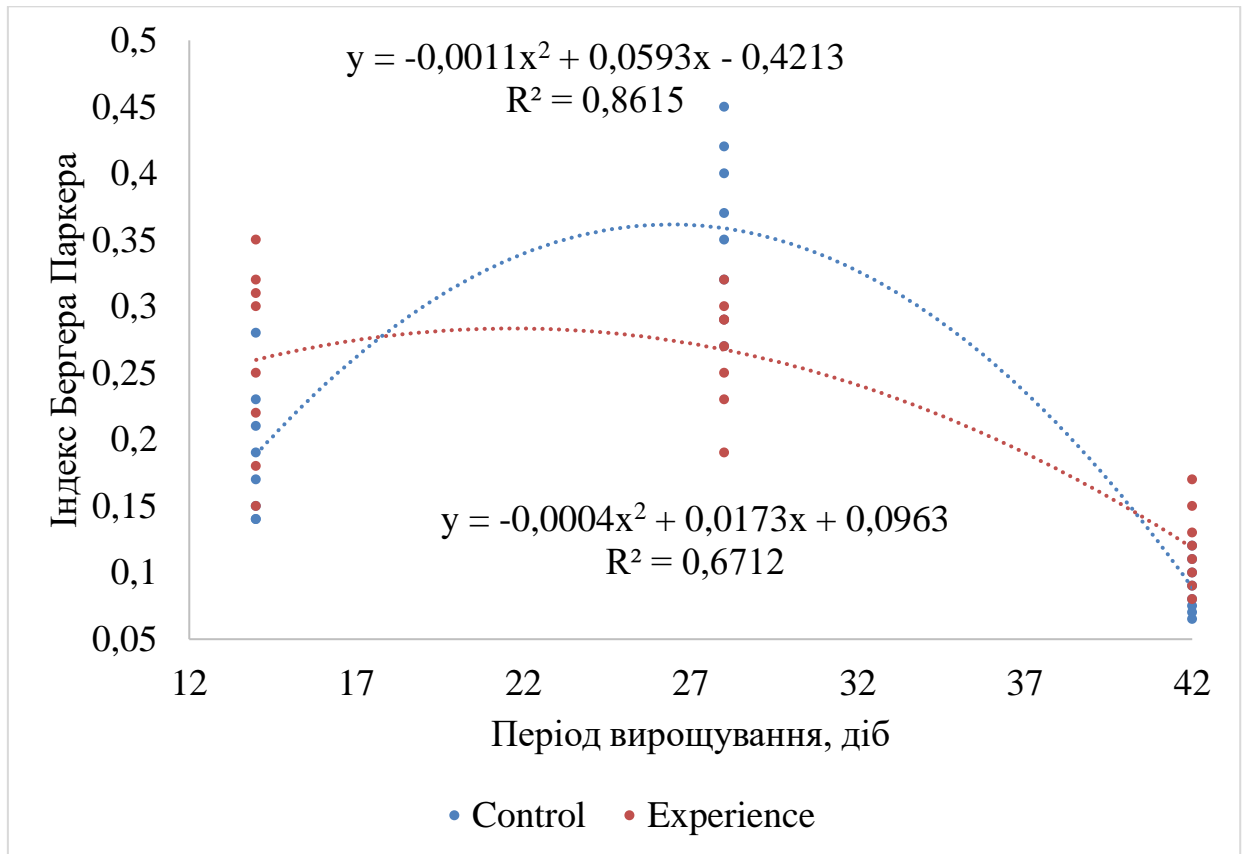


Рис. 3.6. Індекс Бергера Паркера міри домінування мікроорганізмів сліпих кишок за впоювання курчатам-бройлерам пробіотику “ТІММ-П”, n = 24

Таким чином, впоювання курчатам-бройлерам комплексного пробіотику на основі лакто- і біфідобактерій сприяє збільшенню видового різноманіття мікробіому сліпих кишок курчат-бройлерів за рахунок корисних таксонів, здатних стимулювати процеси травлення та засвоєння поживних речовин корму.

3.3. Макро- та мікроструктура печінки курчат-бройлерів за впливу пробіотики “ТІММ-П”

3.3.1. Макроструктура печінки курчат-бройлерів за вживання пробіотики “ТІММ-П”. За результатами наших досліджень печінка однодобових курчат-бройлерів кросу Кобб 500 коричневого кольору (рис. 3.7, 3.8). Вона розміщена у грудно-черевній порожнині у вентрокаудальному напрямку: від третього міжреберного проміжку аж до кінця груднини. Вентрально печінка межує з грудниною, а дорсокраніально – з серцем, легеньми, м’язовою частиною шлунка та з 12-типалою кишкою.

За морфологічною будовою, краніальною та каудальною вирізками, що знаходяться на відповідних краях печінки, вона чітко поділена на праву та ліву частки, між якими розташована верхівка серця (рис. 3.7, 3.8).



Рис. 3.7. Макроскопічна будова печінки (парієтальна поверхня) курчати однодобового віку контрольної групи: а – права частка; b – ліва частка; c – латеральна частина лівої частки; d – медіальна частина лівої частки; e – краніальна вирізка; f – каудальна вирізка. Макропрепарат.

Ліва частка за розмірами та її абсолютною масою набагато менша, ніж права та має проміжний відросток, вона внутрішньо-часточковою вирізкою виразно поділена на більшу латеральну та меншу – медіальну частини (рис. 3.7, 3.8; табл. 3.11).

На нутрощевій поверхні печінки виявляється заглиблення, ворота печінки, через які у печінку прямують печінкові артерії, ворітні вени та нерви, а виходять – печінкова протока та лімфатичні судини. На нутрощевій поверхні правої частки органа знаходиться жовчний міхур.

На печінці чітко диференціюється парієтальна (пристінна) та вісцеральна (нутрощева) поверхні), краніальний, каудальний і правий та лівий латеральні краї (рис. 3.7, 3.8).

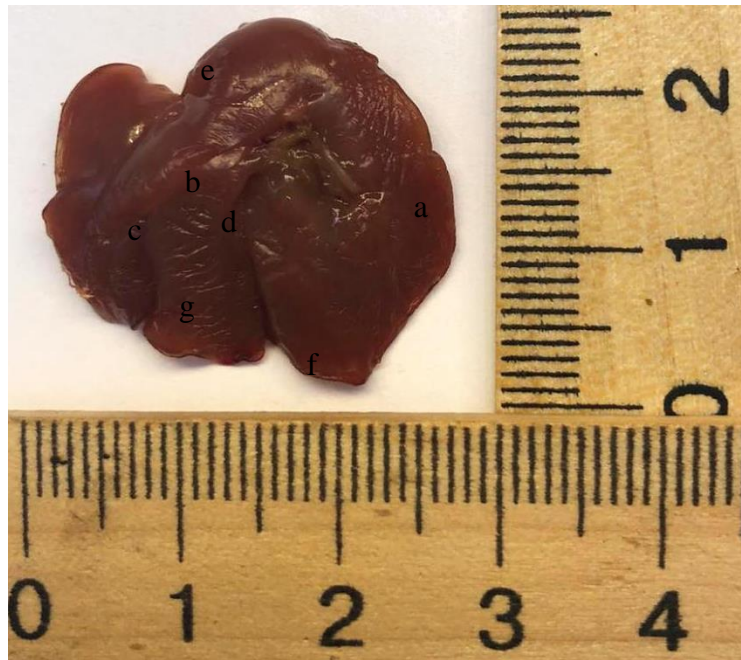


Рис. 3.8. Макроскопічна будова печінки (вісцеральна поверхня) курчати однодобового віку контрольної групи: а – права частка; b – ліва частка; c – латеральна частина лівої частки; d – медіальна частина лівої частки; e – краніальна вирізка; f – каудальна вирізка; g – внутрішньочасточкова вирізка. Макропрепарат.

Пристінна поверхня органа прилягає до вентральної поверхні грудно-черевної порожнини, тому вона випукла і гладенької форми (рис. 3.7).

Нутрощева поверхня печінки трохи ввігнута, до неї прилягають селезінка, шлунок та дванадцятипала кишка, які формують на вісцеральній поверхні відповідні втиснення. Краніальний край печінки курчат-бройлерів тупий, каудальний та латеральні краї – гострі (рис. 3.8). На краніальному краї виявляється стравохідне втиснення та знаходиться каудальна порожниста вена.

Морфотопографія та морфоархітектоніка печінки у курчат -бройлерів кросу Кобб 500 дослідної групи 14-; 28-; 42-х добового віку, порівняно з контролем, мала подібну анатомічну будову як у контрольної групи тварин, проте різнилась за щільністю тканини, зміною кольору та органометричними (довжина, ширина, абсолютна та відносна маса печінки в цілому та її структурних складових) показниками (рис. 3.7-3.14; табл. 3.10, 3.11).

Так, у курчат-бройлерів 14 добового віку як у контрольної, так і у дослідної птиці, лінійні параметри печінки, порівняно з такими ж курчатами однодобового віку зростали. Печінка мала більш щільну консистенцію (рис. 3.8, 3.9). Забарвлення печінки у дослідній групі, порівняно з контрольною, було жовто-коричневого кольору (рис. 3.10)

У птиці контрольної та дослідної груп 28 добового віку печінка мала аналогічну морфоархітектоніку, як у тварин попередньої групи. Водночас забарвлення її поверхні було неоднорідне – вишневого кольору з вогнищеводифузними ділянками світло-коричневого кольору, особливо у птиці контрольної групи (рис. 3.11, 3.12).

У курчат-бройлерів 42 добового віку лінійні параметри (довжина, ширина) печінки, порівняно з попередніми групами птиці, також зростали. Орган набував більш щільної консистенції, поверхня печінки була нерівномірно забарвлена – темно-вишневого кольору з коричнево-матовим відтінком (рис. 3.13, 3.14).



Рис. 3.9. Макроскопічна будова печінки (парієтальна поверхня) курчати 14 добового віку контрольної групи: а – права частка; б – ліва частка; с – латеральна частина лівої частки; d – медіальна частина лівої частки; е – краніальна вирізка; f – каудальна вирізка. Макропрепарат.

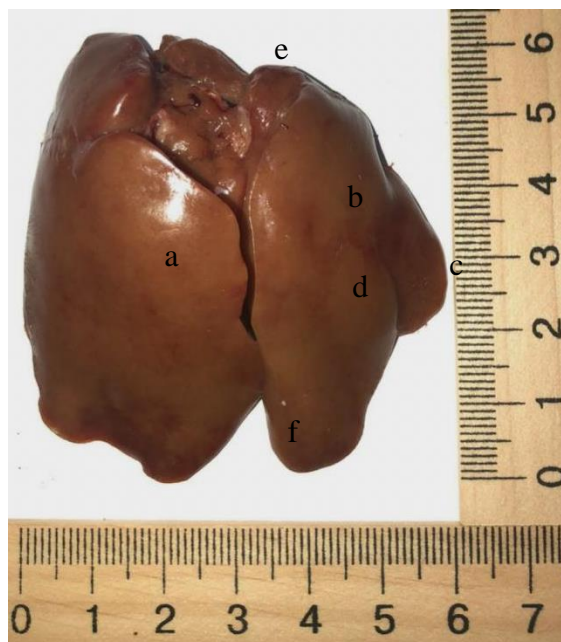


Рис. 3.10. Макроскопічна будова печінки (парієтальна поверхня) курчати 14 добового віку дослідної групи: а – права частка; б – ліва частка; с – латеральна частина лівої частки; d – медіальна частина лівої частки; е – краніальна вирізка; f – каудальна вирізка. Макропрепарат.

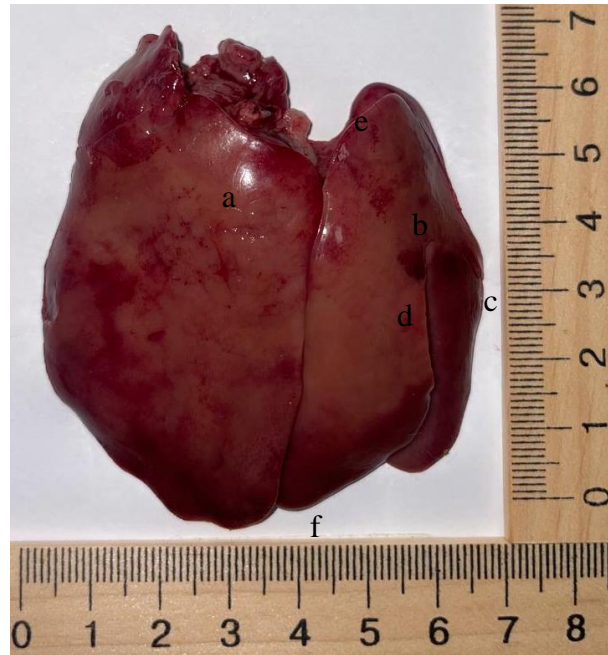


Рис. 3.11. Макроскопічна будова печінки (парієтальна поверхня) курчати 28 добового віку контрольної групи: а – права частка; б – ліва частка; с – латеральна частина лівої частки; d – медіальна частина лівої частки; е – краніальна вирізка; f – каудальна вирізка. Макропрепарат.



Рис. 3.12. Макроскопічна будова печінки (парієтальна поверхня) курчати 28 добового віку дослідної групи: а – права частка; б – ліва частка; с – латеральна частина лівої частки; d – медіальна частина лівої частки; е – краніальна вирізка; f – каудальна вирізка. Макропрепарат.



Рис. 3.13. Макроскопічна будова печінки (парієтальна поверхня) курчати 42 добового віку контрольної групи: а – права частка; b – ліва частка; c – латеральна частина лівої частки; d – медіальна частина лівої частки; e – краніальна вирізка; f – каудальна вирізка. Макропрепарат.

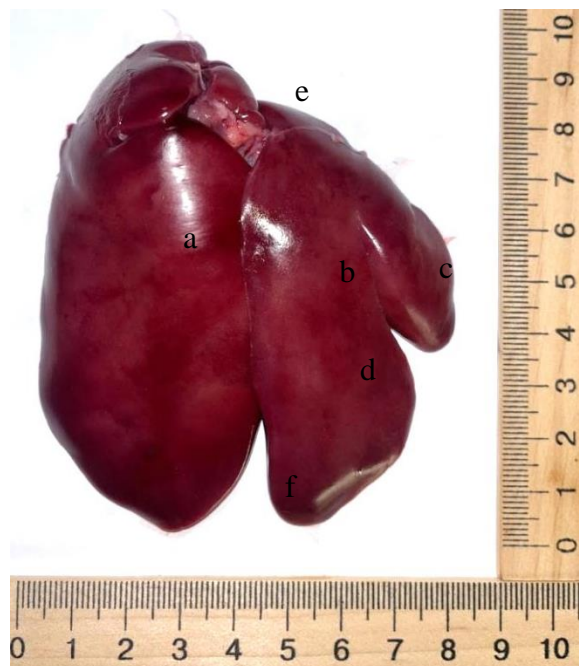


Рис. 3.14. Макроскопічна будова печінки (парієтальна поверхня) курчати 42 добового віку дослідної групи: а – права частка; b – ліва частка; c – латеральна частина лівої частки; d – медіальна частина лівої частки; e – краніальна вирізка; f – каудальна вирізка. Макропрепарат.

За результатами лінійних промірів печінки її параметри у курчат-бройлерів контрольної та дослідної груп, віком одна доба, були подібними. Відповідно індекс розвитку печінки між групами не відрізнявся (табл. 3.10).

У курчат контрольної групи 14 добового віку, порівняно з однодобовими курчатами, довжина та ширина печінки достовірно ($p < 0,001$) зростала: довжина – у 1,97, ширина у – 2,16 рази. При цьому індекс розвитку печінки зменшився.

У дослідній групі тварин 14 добового віку, порівняно з аналогічною контрольною групою, дані параметри печінки майже не змінюються, лише виявлена тенденція у бік зростання (табл. 3.10). Проте індекс розвитку печінки у дослідній групі птиці мав тенденцію до зниження.

У курчат-бройлерів обох груп віком 28 діб такі показники як довжина та ширина печінки, порівняно з 14-добовим віком, зростали.

Порівнянням таких параметрів печінки у курчат 28 добового віку дослідної групи щодо контрольної виявлено достовірне ($p < 0,05$) зростання довжини печінки на 15% та відповідно на 17% її ширини. При цьому індекс розвитку печінки дослідної птиці 28-добового віку не відрізнявся від контрольної птиці (табл. 3.10).

У курчат 42 добового віку печінка значно збільшується. Її довжина та ширина, порівняно з попередньою віковою групою контрольних та дослідних груп птиці достовірно ($p < 0,05$) зростала. При цьому дані показники печінки курчат 42 добового віку дослідної групи, порівняно з контрольною, залишаються майже однаковими. Відповідно індекс розвитку печінки відповідного віку, порівняно з попередньою віковою групою курчат, знижується до 101 % у контрольної птиці та до 99 % – у дослідної. Це свідчить про те, що розвиток печінки, зростання її лінійних параметрів, абсолютної маси у процесі онтогенетичного розвитку як у контролі, так і у досліді, відбувається за рахунок збільшення ширини печінки відповідно до її довжини.

Таблиця 3.10

Морфометрія лінійних промірів печінки за випоювання курчат-бройлерам пробіотика “ТІММ-П”, $x \pm SD$, $n=8$

| Група | Показники печінки | | |
|------------|-------------------|------------|--------------------|
| | Довжина, см | Ширина, см | Індекс розвитку, % |
| 1 доба | | | |
| Контрольна | 3,1±0,17 | 2,4±0,21 | 134,03±5,6 |
| Дослідна | 3,0±0,16 | 2,3±0,18 | 138,96±5,81 |
| 14 доба | | | |
| Контрольна | 6,1±0,3 | 5,3±0,41 | 121,83±5,09 |
| Дослідна | 6,5±0,34 | 5,8±0,48 | 116,78±4,88 |
| 28 доба | | | |
| Контрольна | 6,5±0,3 | 6,0±0,41 | 112,09±4,69 |
| Дослідна | 7,5±0,37* | 7,0±0,29* | 107,44±4,49 |
| 42 доба | | | |
| Контрольна | 9,4±0,21 | 9,3±0,19 | 101,63±4,25 |
| Дослідна | 9,5±0,33 | 9,6±0,23 | 98,95±4,14 |

Примітка: * - $p \leq 0,05$ порівняно з контрольною групою.

Згідно результатів наших досліджень АМ печінки у курчат-бройлерів дослідної групи вірогідно у всі вікові періоди вирощування вірогідно не відрізнялася від контролю (табл. 3.11).

Встановлено, що зі збільшенням віку маса печінки і її часток збільшувалася як у птиці дослідної, так і в контрольній груп, що відповідало їх наряду продуктивності, стандарту кросу і умовам вирощування. Таким чином, курчата-бройлери дослідної та контрольної груп були здоровими.

Це також підтверджують коефіцієнти співвідношення маси печінки до маси тіла та окремих часток печінки.

Таблиця 3.11

Морфометрія вагових показників печінки за впоювання курчат-бройлерам пробіотика “ТІММ-П”, $x \pm SD$, $n=8$

| Показники | Група курчат-бройлерів | | | | | | | |
|--------------|------------------------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| | К | Д | К | Д | К | Д | К | Д |
| | Вік, діб | | | | | | | |
| | 1 | | 14 | | 28 | | 42 | |
| 1 | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
| Маса тіла, г | 51,80± | 51,58± | 322,6± | 330,2± | 1240,4± | 1300,8± | 2916,5± | 2990,6± |
| | 2,36 | 1,94 | 9,14 | 8,88 | 134,18 | 126,78 | 215,89 | 233,82 |
| АМП, г | 2,20± | 2,1± | 13,6± | 14,2± | 28,2± | 32,3± | 49,6± | 52,7± |
| | 0,14 | 0,14 | 0,39 | 0,65 | 1,71 | 1,07 | 2,16 | 1,35 |
| ВМП, % | 4,39± | 4,07± | 4,25± | 4,35± | 2,27± | 2,48± | 1,72± | 1,79± |
| | 0,53 | 0,17 | 0,27 | 0,34 | 0,12 | 0,10 | 0,08 | 0,1 |
| АМПЧ, г | 1,38± | 1,34±0, | 8,76± | 8,33± | 18,12± | 20,02± | 32,66± | 33,33± |
| | 0,07 | 05 | 0,18 | 0,17 | 0,32 | 0,72 | 112 | 0,93 |
| ВМПЧ, % | 64,16± | 66,09± | 65,5± | 60,45± | 66,06± | 62,91± | 66,61± | 63,64± |
| | 3,72 | 5,06 | 2,54 | 4,42 | 4,01 | 3,45 | 2,71 | 2,47 |
| АМЛЧ, г | 0,83± | 0,76± | 4,84± | 5,87± | 10,08± | 12,28± | 16,94± | 19,37± |
| | 0,02 | 0,03 | 0,22 | 0,32 | 0,32 | 0,45 | 1,14 | 0,48 |
| АМЛЛЧ, г | 0,68± | 0,63± | 3,98± | 4,79± | 8,16± | 9,92± | 12,88± | 14,66± |
| | 0,02 | 0,03 | 0,19 | 0,13 | 0,08 | 0,37 | 0,94 | 0,34 |
| АММЛЧ, г | 0,15± | 0,13± | 0,86± | 1,08± | 1,92± | 2,36± | 4,06± | 4,71± |
| | 0,01 | 0,008 | 0,09 | 0,22 | 0,36 | 0,17 | 0,53 | 0,45 |
| ВМЛЧ, % | 35,84± | 33,91± | 36,03± | 39,55± | 34,32± | 37,09± | 33,39± | 36,36± |
| | 3,72 | 5,06 | 3,48 | 4,42 | 3,85 | 3,45 | 3,2 | 2,47 |
| ВМЛЧ, % | 28,11±2 | 26,26± | 29,37± | 30,9± | 26,08± | 28,93± | 25,92± | 27,98± |
| | ,95 | 4,76 | 1,38 | 3,88 | 2,51 | 2,9 | 2,58 | 1,67 |

Продовження табл. 3.11

| 1 | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| ВММЧ, % | 7,73± 2,29 | 7,66± 0,83 | 7,81± 1,28 | 8,64± 2,11 | 8,24± 1,95 | 8,16± 0,8 | 7,46± 1,16 | 8,38± 1,02 |
| АМЛЛЧ/А ММЛЧ | 1:4,53 | 1:4,85 | 1:4,63 | 1:4,44 | 1:4,25 | 1:4,2 | 1:3,17 | 1:3,11 |
| АМПЧ/ АМП | 1:0,63 | 1:0,64 | 1:0,64 | 1:0,59 | 1:0,64 | 1:0,62 | 1:0,66 | 1:0,63 |
| АМЛЧП/А МП | 1:0,38 | 1:0,36 | 1:0,36 | 1:0,41 | 1:0,36 | 1:0,38 | 1:0,34 | 1:0,37 |
| АМПЧ/ АМЛЧП | 1:1,66 | 1:1,76 | 1:1,81 | 1:1,42 | 1:1,8 | 1:1,63 | 1:1,93 | 1:1,72 |

Примітка: * - $p \leq 0,05$ порівняно з контрольною групою; К – контрольна, Д – дослідна групи; АМП – абсолютна маса печінки, ВМП – відносна маса печінки, АМПЧ – абсолютна маса правої частки печінки, АМЛЧ – абсолютна маса лівої частки печінки, ВМПЧ – відносна маса правої частки печінки, ВМЛЧ – відносна маса лівої частки печінки, АМЛЛЧ – абсолютна маса латеральної частини лівої частки печінки, АММЛЧ – абсолютна маса медіальної частини лівої частки печінки.

При цьому органоетричні характеристики печінки у курчат-бройлерів дослідної групи, порівняно з контрольною, були подібними, що є прямим свідченням позитивної дії пробіотичного комплексу біфідо- і лактобактерій на організм курчат в умовах дослідження.

3.3.2. Мікроструктура печінки курчат-бройлерів за вживання пробіотика “ТІММ-П”. За результатами гістологічних досліджень мікроскопічно частки печінки курчат-бройлерів однодобового віку

контрольної та дослідної груп ззовні були вкриті капсулою та мали часточкову будову. У їх центрі або ж ексцентрично знаходилась центральна вена (рис. 3.15). Кожна часточка побудована з паренхіми та міжчасточкової сполучної тканини, яка у курчат даної вікової групи слабо розвинута і тому майже не виявлялася на гістопрепаратах забарвлених гематоксиліном та еозином (рис. 3.15, 3.16), що характерно для типової будови органу для тварин класу птахи. При цьому в окремих ділянках гістопрепарату між часточками печінки, все ж таки диференціювались ледь помітні тонкі прошарки пухкої сполучної тканини, яка дещо краще виявлялася у ділянках портальних трактів – на межі контакту двох, трьох часточок, де у сполучній тканині знаходились печінкові триади – артерії, вени та жовчний протік (рис. 3.16).



Рис. 3.15. Фрагмент мікроскопічної будови печінки курчат-бройлерів однодобового віку контрольної групи: а – капсула печінки; б – паренхіма печінки; с – центральна вена; d – часточка печінки. Гематоксилін та еозин. X 56.

За результатами морфометричних досліджень паренхіми печінки курчат-бройлерів контрольної та дослідної групи, середній діаметр печінкових трубочок на поперечному їх зрізі вірогідно не відрізнявся (табл. 3.12).

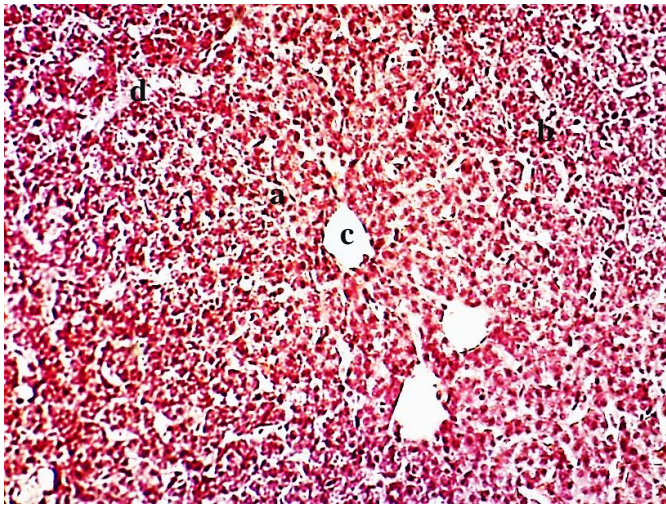


Рис. 3.16. Фрагмент мікроскопічної будови печінки курчат-бройлерів однодобового віку дослідної групи: **a** – часточка печінки; **b** – паренхіма печінки; **c** – центральна вена; **d** – міжчасточкова сполучна тканина. Гематоксилін та еозин. X 56.

Гепатоцити курчат-бройлерів мали невеликі розміри і багатогранну (округлу) форму. Згідно цитометрії середній об'єм гепатоцитів і їх ядер у курчат-бройлерів контрольної групи вірогідно не відрізнявся від курчат дослідної групи. Ядерно-цитоплазматичне співвідношення гепатоцитів печінки курчат контрольної групи також знаходилось в межах характерних для курчат дослідної групи (табл. 3.12).

Гістоархітектоніка печінки курчат-бройлерів кросу Кобб 500 контрольної групи 14 – добового віку, порівняно з однодобовим віком мала подібну мікроскопічну будову, проте з певними особливостями. Так, процес морфогенезу печінки у курчат даної вікової групи повністю не завершений, на що вказує гістоархітектоніка радіальності розташування печінкових трубочок (рис. 3.17).

За мікроскопічного аналізу паренхіми печінки, цитоплазма гепатоцитів характеризувалася зниженням оптичної щільності, що проявлялося значним зменшенням базофілії цитоплазми за забарвлення гістопрепаратів гематоксиліном та еозином. У цитоплазмі гепатоцитів виявлялися окремі

краплини ліпідних включень невеликого розміру, у результаті чого цитоплазма таких гепатоцитів набувала пінистого, неоднорідного забарвлення.

Таблиця 3.12

Показники морфометрії печінки за впоювання курчатам-бройлерам пробіотика “ТІММ-П”, $x \pm SD$, $n = 5$

| Вік птиці, діб | Група | Показник | | | |
|----------------------|----------|--|---|--|-----------------------------|
| | | діаметр печінкових трубочок, мкм | об'єм гепатоцитів, мкм ³ | об'єм ядер гепатоцитів, мкм ³ | ЯЦВ |
| 1 | контроль | 24,13 ± 0,38 ^a | 749,97 ± 6,39 ^a | 217,33 ± 8,25 ^a | 0,418 ± 0,022 ^a |
| | дослід | 25,27 ± 0,41 ^a | 756,03 ± 7,61 ^a | 219,03 ± 6,34 ^a | 0,417 ± 0,019 ^a |
| 14 | контроль | 28,77 ± 0,48 ^b | 839,97 ± 14,29 ^b | 244,97 ± 5,54 ^b | 0,421 ± 0,018 ^{ab} |
| | дослід | 29,03 ± 0,69 ^b | 862,03 ± 11,68 ^c | 251,07 ± 7,06 ^b | 0,420 ± 0,018 ^{ab} |
| 28 | контроль | 34,07 ± 0,54 ^c | 964,77 ± 3,55 ^d | 286,03 ± 7,43 ^c | 0,432 ± 0,020 ^{ab} |
| | дослід | 35,93 ± 0,62 ^c | 988,10 ± 12,82 ^e | 292,37 ± 7,89 ^c | 0,429 ± 0,017 ^{ab} |
| 42 | контроль | 37,07 ± 0,54 ^d | 1075,33 ± 16,61 ^f | 327,17 ± 6,37 ^d | 0,444 ± 0,014 ^b |
| | дослід | 37,83 ± 0,48 ^d | 1092,17 ± 17,93 ^f | 331,10 ± 6,25 ^d | 0,440 ± 0,011 ^{ab} |

Примітка: різні літери верхніх індексів вказують значення, які вірогідно відрізнялися в одному стовпці таблиці ($p \leq 0,05$) за результатами порівняння за допомогою тесту Тьюкі

Разом з тим мікроскопічна будова паренхіми печінки характеризувалася вже більш чіткою вираженістю радіальності розташування печінкових трубочок, сформованих гепатоцитами. При цьому спостерігали майже однаковий діаметр гемокапілярів.

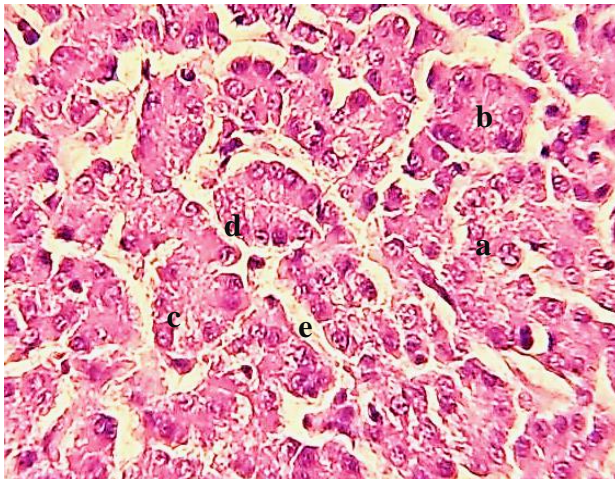


Рис. 3.17. Фрагмент мікроскопічної будови часточки печінки курчат-бройлерів 14-тидобового віку контрольної групи: а – паренхіма печінки; б – печінкові трубочки; с – гепатоцити; д – краплини жирових включення; е – синусоїдні капіляри. Гематоксилін та еозин. Х 400.

У курчат-бройлерів дослідної групи 14-тидобового віку, порівняно з курчатами контрольної групи аналогічного віку, суттєвих відмінностей щодо мікроскопічної будови печінки не виявляли. Часточки паренхіми печінки були сформовані гепатоцитами та міжчасточковою сполучною тканиною, яка виявлялася лише у окремих місцях на межі контактів двох, трьох часточок у вигляді тоненьких прошарків пухкої сполучної тканини, яка виразно диференціювалась у ділянках портальних трактів.

У більшості курчат-бройлерів дослідної групи даної вікової групи цитоплазма гепатоцитів, порівняно з тваринами контрольної групи, була рівномірно та інтенсивно забарвлена (рис. 3.18). Одночасно з розширенням просвіту центральних вен часточок печінки, щільність розташування печінкових трубочок зменшувалася за рахунок збільшення просвіту синусоїдних капілярів, які розгалужувалися у радіальному напрямку між печінковими трубочками та впадали у її центральну вену.

Таким чином, результати досліджень свідчать, що гістоархітектоніка печінки курчат-бройлерів, яким впоювали пробіотик, проявлялася більш

зрілою будовою, про що свідчила рівномірність забарвлення цитоплазми гепатоцитів, сформована сітка широких кровоносних капілярів, які були приблизно однакового діаметру. Такі виявлені нами особливості гістоархітекτονіки часточок печінки у курчат дослідної групи свідчили про активність у них гемомікроциркуляції печінки, порівняно з курчатами контрольної групи і вказували на позитивний вплив пробіотичного комплексу біфідо- і лактобактерій на систему травлення.

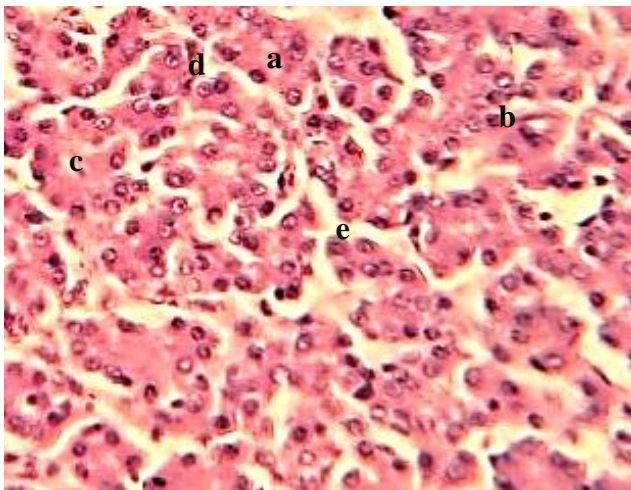


Рис. 3.18. Фрагмент мікроскопічної будови печінки курчат-бройлерів 14-тидобового віку дослідної групи: а – фрагмент часточки печінки; б – паренхіма печінки; с – печінкові трубочки; d – гепатоцити; е – синусоїдні капіляри. Гематоксилін та еозин. X 400.

Згідно результатів морфометрії у курчат-бройлерів контрольних та дослідних груп 14-тидобового віку, порівняно з курчатами однодобового віку, середній діаметр печінкових трубочок збільшився відповідно в 1,19 раза та в 1,15 раза. При цьому середній діаметр печінкових трубочок у курчат-бройлерів дослідної групи даної вікової групи, порівняно з контролем, вірогідно не відрізнявся (табл. 3.12).

За результатами цитометрії гепатоцитів, їх середні об'єми у курчат-бройлерів контрольної та дослідної груп, порівняно з такими показниками у курчат однодобового віку, зростали. Аналогічні зміни у бік зростання

виявляли під час визначення об'ємів ядер гепатоцитів (табл. 3.12). При цьому показники ЯЦВ гепатоцитів у курчат даної вікової групи, порівняно з однодобовими курчатами, не змінювалися.

У курчат-бройлерів контрольної групи 28-мидобового віку, порівняно з 14-тидобовим віком, гістоархітектоніка печінки характеризувалася певними особливостями. За фарбування гістопрепаратів гематоксиліном та еозином цитоплазма гепатоцитів погано сприймала барвники, у результаті чого мала світле забарвлення. Ядра гепатоцитів були округлі та знаходилися у цитоплазмі клітин у центрі або ж ексцентрично. У цитоплазмі гепатоцитів, виявляли дрібну зернистість, що свідчило про накопичення у ній білкового компоненту. У цитоплазмі окремих клітин виявляли великі краплини жирових включень (рис. 3.19), що вказувало на початок розвитку жирової дистрофії печінки. Такі виявлені нами зміни цитоархітектоніки гепатоцитів свідчили про порушення в організмі білкового та ліпідного обмінів і були ознакою розвитку патології печінки у курчат-бройлерів даної вікової групи.

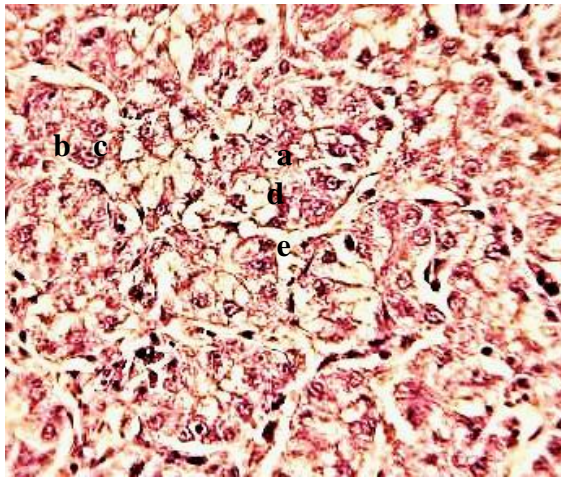


Рис. 3.19. Фрагмент мікроскопічної будови часточки печінки курчат-бройлерів 28-мидобового віку контрольної групи: а – печінкові трубочки; б – гепатоцити; с – ядра гепатоцитів; d – жирові включення; e – синусоїдні капіляри. Гематоксилін та еозин. X 400.

Радіальність розташування печінкових трубочок часточок печінки у курчат контрольної виражена слабо (рис. 3.20). У більшості випадків виявляли розлади гемоциркуляції, що проявлялося локальними розширеннями і гіперемією синусоїдних капілярів. Спостерігали незначну периваскулярну інфільтрацію поліморфними клітинами центральних вен часточок печінки та в зонах портального тракту. Їх кровоносні судини були розширеними та кровонаповненими.

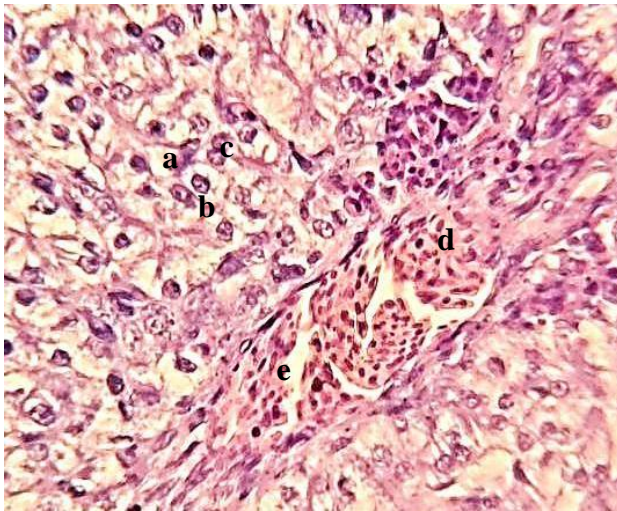


Рис. 3.20. Фрагмент мікроскопічної будови часточки печінки курчат-бройлерів 28-мидобового віку контрольної групи: а – печінкові трубочки; б – гепатоцити; с – ядра гепатоцитів; d – центральна вена; e – периваскулярна інфільтрація поліморфними клітинами. Гематоксилін та еозин. X 400.

У курчат дослідної групи 28-мидобового віку, порівняно з контролем, мікроскопічна будова печінки в основному збережена.

Що стосується гістоархітекtonіки печінки курчат дослідної групи, то вона мала характерну будову сформованої трубчастої залози. Капсула печінки сформована тонким шаром мезотеліальних клітин. За гістологічного огляду, візуалізується типова структура печінкових часточок. Між печінковими трубочками, добре помітна сітка широких гемокапілярів, порожнини яких розширені. Цитоплазма таких гепатоцитів мала світле забарвлення та містила

маленькі прозорі внутрішньо-цитоплазматичні вакуолі, що свідчить про розвиток дрібнокрапельної жирової дистрофії печінки (рис. 3.21).

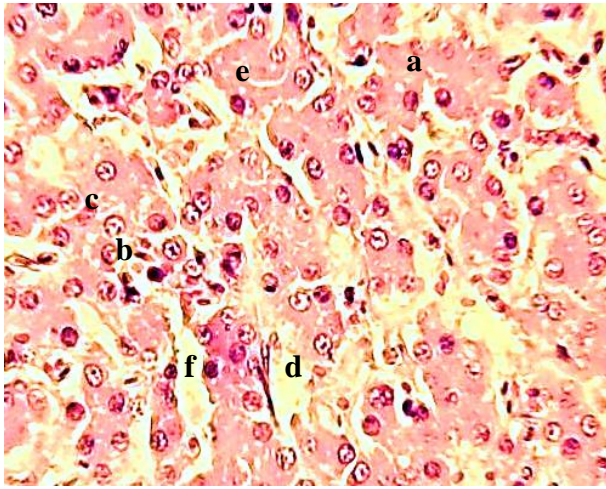


Рис. 3.21. Фрагмент мікроскопічної будови часточки печінки курчат-бройлерів 28-мидобового віку дослідної групи: а – паренхіма печінки; б – дисконкомплексція гепатоцитів печінкових трубочок; с – гепатоцити; d – ядра гепатоцитів; е – жирові включення; f – синусоїдні гемокапіляри. Гематоксилін та еозин. X 400.

У деяких курчат-бройлерів дослідної групи у часточках печінки виявляли часткову і в окремих місцях навіть тотальну дисконкомплексцію гепатоцитів радіального розташування печінкових трубочок. У таких випадках у ділянках триад спостерігали розширення та наповнення жовчю жовчних протоків (рис. 3.22).

Місцями у просвіті розширених центральних вен виявляли форменні елементи крові та спостерігали вогнищеву периваскулярну інфільтрація поліморфними клітинами навколо центральних вен часточок печінки.

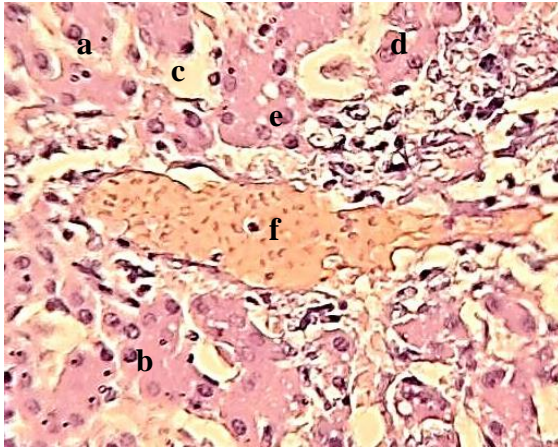


Рис. 3.22. Фрагмент мікроскопічної будови часточки печінки курчат-бройлерів 28-тидобового віку дослідної групи: **a** – паренхіма печінки; **b** – гепатоцити; **c** – синусоїдні гемокапіляри; **d** – ядра гепатоцитів; **e** – жирові включення; **f** – жовчний проток. Гематоксилін та еозин. X 400.

За показниками результатів морфометричних досліджень середній діаметр печінкових трубочок у курчат-бройлерів 28-тидобового віку, порівняно з 14-тидобовими курчатами збільшився: у контрольних тварин у 1,19 раза, а в дослідних – у 1,24 раза. При цьому середній діаметр трубочок печінки курчат дослідної групи, порівняно з контрольною, не відрізнявся (табл. 3.12). Середній об'єм гепатоцитів та їх ядер у курчат-бройлерів 28-тидобового віку, порівняно з 14-тидобовими курчатами, як у птиці контрольної, так і дослідної груп зростали. За таких результатів показники ЯЦВ гепатоцитів печінки у курчат даної вікової групи, порівняно з 14-тидобовими курчатами, зберігали тенденцію до збільшення.

У курчат-бройлерів контрольної групи 42-хдобового віку гістоархітектоніка печінки порушена. Радіальність розташування печінкових трубочок часточок печінки відсутня (рис. 3.23). У цитоплазмі гепатоцитів спостерігали наявність дрібної зернистості, що вказувало на розвиток білкової зернистої дистрофії гепатоцитів та периваскулярні скупчення поліморфних клітин у ділянках центральних вен часточок печінки (рис. 3.24).

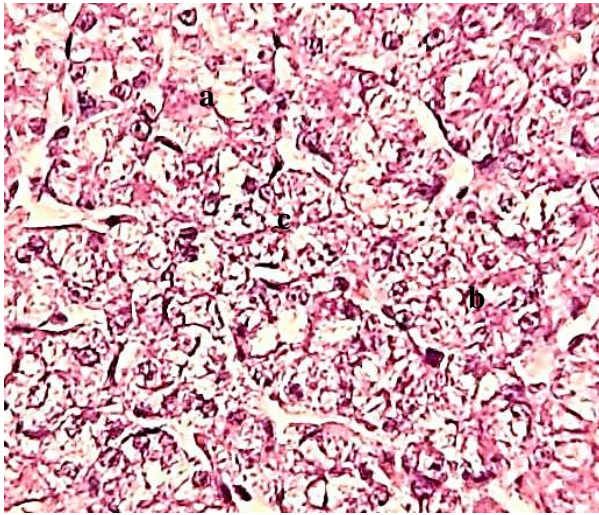


Рис. 3.23. Фрагмент мікроскопічної будови часточки печінки курчат-бройлерів 42-х добового віку контрольної групи: а – паренхіма печінки; b – дисконкомплексція гепатоцитів печінкових трубочок; с – гепатоцити з пінистою цитоплазмою. Гематоксилін та еозин. X 600.

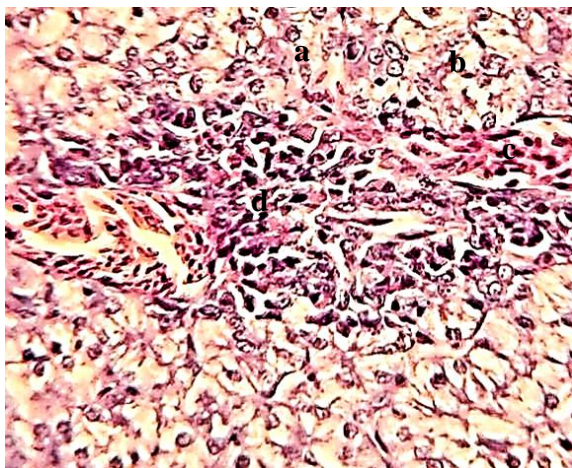


Рис. 3.24. Фрагмент мікроскопічної будови часточки печінки курчат-бройлерів 42-хдобового віку контрольної групи: а – паренхіма печінки; b – дрібна зернистість у цитоплазмі гепатоцитів; с – центральна вена; d – периваскулярні скупчення поліморфних клітин. Гематоксилін та еозин. X 280.

У більшості випадків у гепатоцитах виявляли великі за розміром і прозорі внутрішньо-цитоплазматичні вакуолі, що свідчило про розвиток гепатозу – наявність жирової дистрофії печінки (рис. 3.25). За такого патологічного

стану, за якого в клітинах печінки відбулося надмірне накопичення ліпідів, характерна цитотоархітектоніка для печінки була зруйнована (рис. 3.25). Часто виявляли клітини з ознаками апоптозу (маргінація хроматину – накопичення його на ядерній мембрані, втрата міжклітинних контактів), а також некрозу (каріопікноз, сітчаста або «розмита» структура цитоплазми). Синусоїдні капіляри часточок печінки формували локальні кровонаповнені розширення (рис. 3.26).

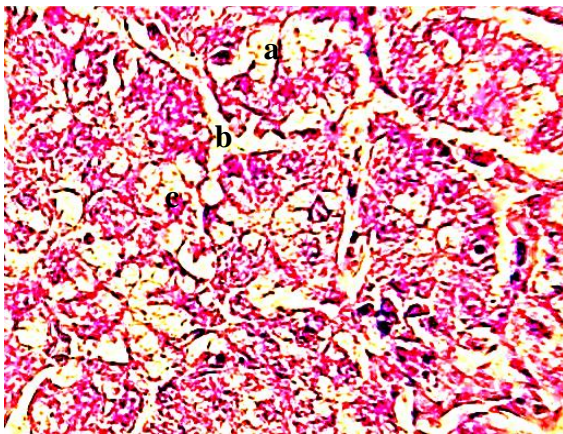


Рис. 3.25. Фрагмент мікроскопічної будови часточки печінки курчат-бройлерів 42-хдобового віку контрольної групи: а – паренхіма печінки; b – синусоїдні капіляри; с – внутрішньо-цитоплазматичні вакуолі. Гематоксилін та еозин. X 600.

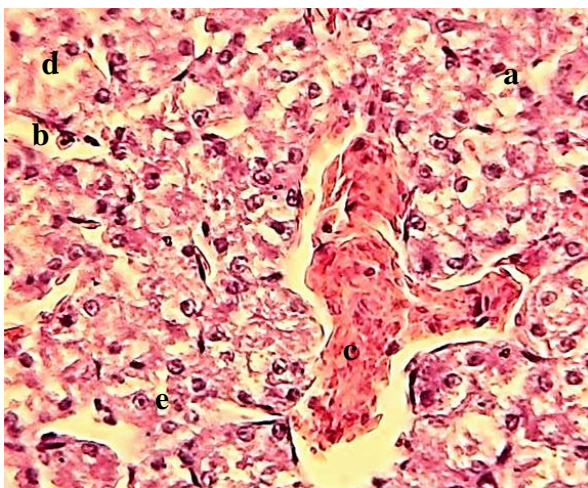


Рис. 3.26. Фрагмент мікроскопічної будови часточки печінки курчат-бройлерів 42-хдобового віку контрольної групи: а – паренхіма печінки; b – синусоїдні капіляри; с – локальні кровонаповнені розширення; d – некроз гепатоцитів; e – ядра гепатоцитів. Гематоксилін та еозин. X 600.

Виявили потовщення стінок та переповнення кров'ю кровоносних судин порталних трактів та центральних вен часточок (рис. 3.27).

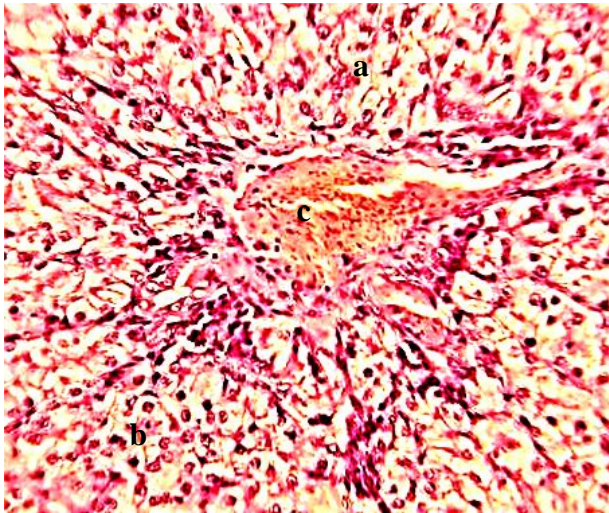


Рис. 3.27. Фрагмент мікроскопічної будови часточки печінки курчат-бройлерів 42-хдобового віку контрольної групи: а – паренхіма печінки; b – гепатоцити; с – центральна вена; Гематоксилін та еозин. X 280.

У міжчасточковій сполучній тканині, особливо в ділянках порталних трактів, виявляли ознаки інтерстиційного запалення з інфільтрацією клітинами лімфоїдно-макрофагального ряду. Жовчні протоки печінки у ділянках порталних трактів значно розширені (рис. 3.28).

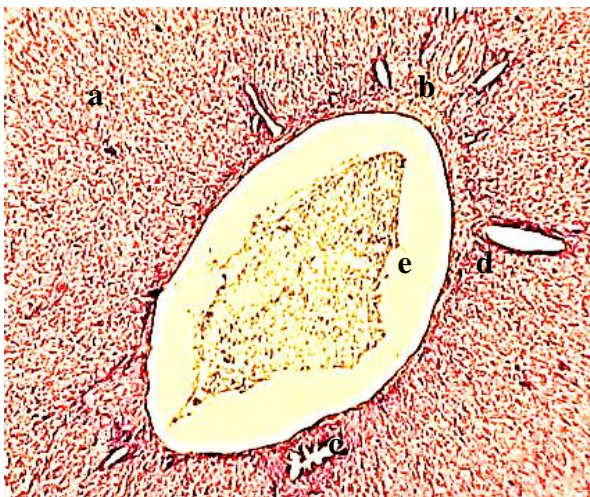


Рис. 3.28. Фрагмент мікроскопічної будови печінки курчат-бройлерів 42-хдобового віку контрольної групи: а – часточка печінки; b –

портальний тракт; с – артерія; d – вена; e – розширений жовчний проток.
Гематоксилін та еозин. X 56.

Поряд з ознаками інтерстиційного запалення в синусоїдних капілярах на периферії органу та у підкапсулярній зоні спостерігали агрегацію еритроцитів та тромбоцитів та виявляли утворення складжів у різних ділянках венозного русла (рис. 3.29), що вказує про порушення мікроциркуляції у вигляді стазу.

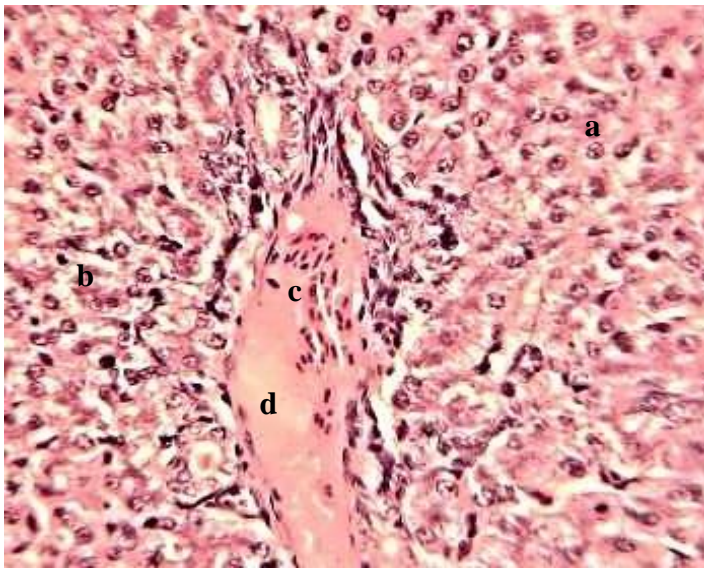


Рис. 3.29. Фрагмент мікроскопічної будови часточки печінки курчат-бройлерів 42-хдобового віку контрольної групи: а – паренхіма печінки; b – дисконкомплексація гепатоцитів печінкових трубочок; с – судина; d – гемоліз еритроцитів (складж – феномен). Гематоксилін та еозин. X 280.

У курчат-бройлерів 42-хдобового віку дослідної групи гістоархітектоніка печінки була подібною, як у тварин контрольної групи. Мікроскопічно печінка мала не зовсім збережену часточкову будову; на межі двох, а також трьох печінкових часточок візуалізувались печінкові тріади: артерії, вени та жовчні протоки (рис. 3.30).

У таких ділянках гістопрепарату виявлялися не зовсім збережені печінкові трубочки (рис. 3.31). За цитологічного аналізу краї їх гепатоцитів

були нечіткими, їх дещо гранульована цитоплазма мала пінистий вигляд. У цитоплазмі більшості клітин виявлялася чітко помітна зернистість, що може бути пов'язано із активністю білкового обміну в організмі.



Рис. 3.30. Фрагмент мікроскопічної будови печінки курчат-бройлерів 42-хдобового віку дослідної групи: а – часточка печінки; б – портальний тракт; с – артерія; d – вена; e – розширений жовчний проток. Гематоксилін та еозин. X 56.

У таких випадках зональність цитоплазми гепатоцитів часто була порушена, а клітини зливалися між собою. В окремих ділянках гістопрепарату, так само як у контрольних тварин, у цитоплазмі клітин виявляли прозорі вакуолі, що свідчило про розвиток жирової дистрофії. Ядра клітин були типової округлої форми, розміщені у цитоплазмі клітин центрально або ж ексцентрично. У ядрах гепатоцитів чітко візуалізувалися ядерця, а каріоплазма заповнена грубодисперним ядерним хроматином.

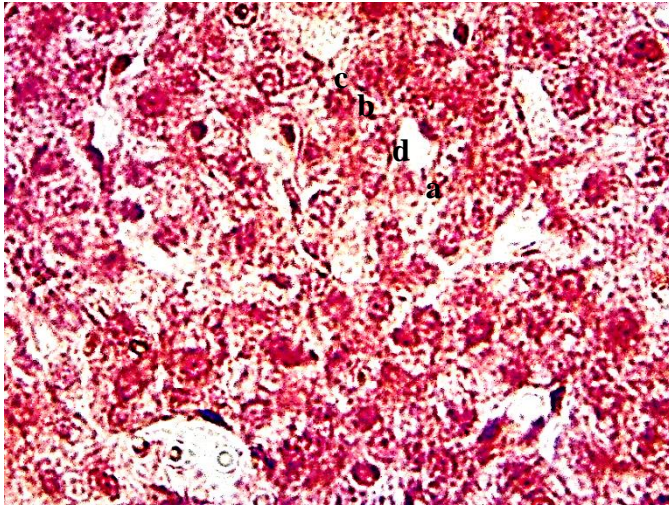


Рис. 3.31. Фрагмент мікроскопічної будови часточки печінки курчат-бройлерів 42-хдобового віку дослідної групи: а – печінкові трубочки; b – гепатоцити; с – ядра гепатоцитів; d – жовчний капіляр. Гематоксилін та еозин. X 600.

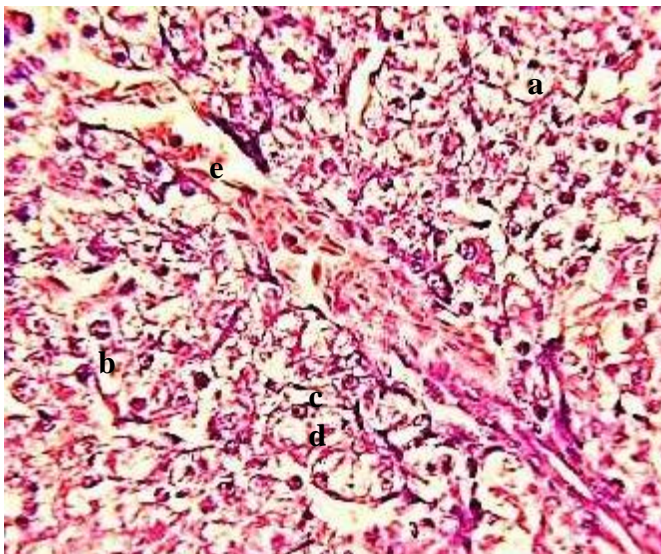


Рис. 3.32. Фрагмент мікроскопічної будови часточки печінки курчат-бройлерів 42-хдобового віку дослідної групи: а – паренхіма печінки; b – гепатоцити; с – ядра гепатоцитів; d – піниста цитоплазма; e – синусоїдний капіляр (поздовжній зріз). Гематоксилін та еозин. X 400.

У частини тварин виявляли повну деструкцію трубчастої будови часточок печінки, де у паренхімі часточок виявлялись обширні скупчення поліморфних клітин (рис. 3.33). Крім того, периваскулярну інфільтрацію

поліморфними клітинами спостерігали навколо центральних вен часточок печінки (рис. 3.34).

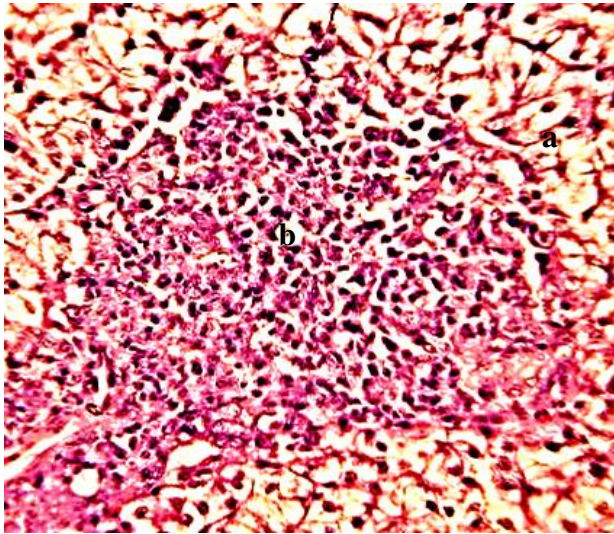


Рис. 3.33. Фрагмент мікроскопічної будови часточки печінки курчат-бройлерів 42-х добового віку дослідної групи: а – паренхіма печінки; б – значні скупчення поліморфних клітин. Гематоксилін та еозин. X 280.

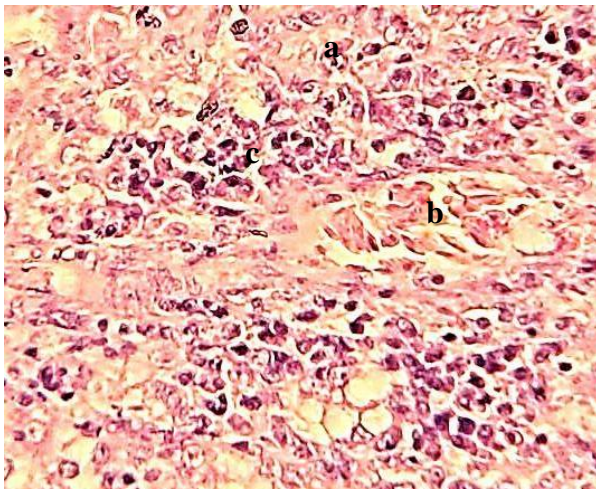


Рис. 3.34. Фрагмент мікроскопічної будови часточки печінки курчат-бройлерів 42-хдобового віку дослідної групи: а – паренхіма печінки; б – центральна вена; с – скупчення поліморфних клітин. Гематоксилін та еозин. X 400.

Строма печінки у периваскулярних ділянках набрякла, спостерігається часткова десквамацію епітелію жовчних ходів (рис. 3.35), що може свідчити про розвиток холангіту, гепатозу та периваскулярний мікронекроз

гепатоцитів. Жовчні протоки у ділянках печінкових триад розширені. Навколо розширених жовчних протоків виявляється багато судин гемомікроциркуляторного русла та периваскулярні скупчення поліморфних клітини (рис. 3.35, 3.36).

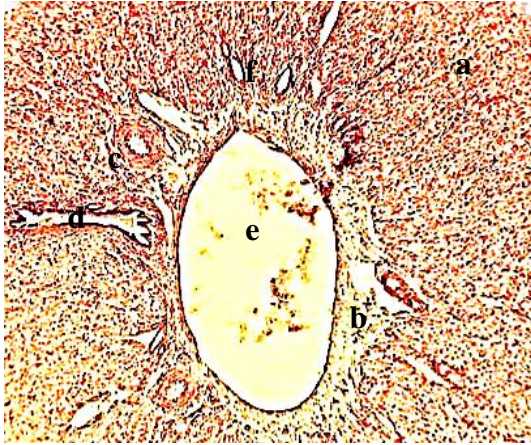


Рис. 3.35. Фрагмент мікроскопічної будови печінки курчат-бройлерів 42-хдобового віку дослідної групи: а – паренхіма печінки; b – печінкові триади; c – артерія; d – вена; e – розширений жовчний проток; f – судини гемомікроциркуляторного русла. Гематоксилін та еозин. X 56.

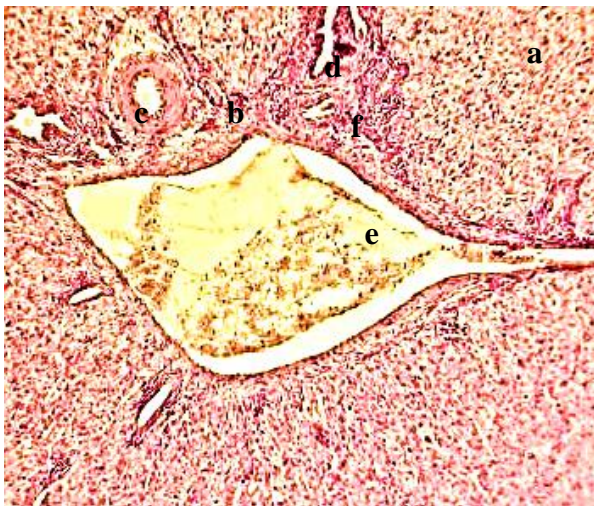


Рис. 3.36. Фрагмент мікроскопічної будови печінки курчат-бройлерів 42-хдобового віку дослідної групи: а – паренхіма печінки; b – печінкові триади; c – артерія; d – вена; e – розширений жовчний проток; f – периваскулярні скупчення поліморфних клітин. Гематоксилін та еозин. X 56.

Згідно результатів морфометрії середній діаметр печінкових трубочок у курчат-бройлерів 42-хдобового віку контрольної групи не відрізнявся від дослідних тварин. Також спостерігалася незначна тенденція до збільшення середнього діаметру печінкових трубочок часточок печінки відносно до таких показників у курчат 28-мидобового віку (табл. 3.12).

За аналізу результатів цитометрії об'єми гепатоцитів та їх ядер у курчат-бройлерів 42-хдобового, порівняно з відповідними показниками цитологічних параметрів гепатоцитів у курчат 28-мидобового віку, їх об'єми збільшились у 1,2 раза. При цьому зберігалася тенденція до зменшення ЯЦВ гепатоцитів печінки у курчат дослідних груп порівняно з контролем.

Отримані результати цього дослідження свідчать про деструктивні зміни різного ступеню у печінці курчат-бройлерів за використання інтенсивної системи вирощування і повнораціонних комбікормів, а застосування пробіотичного препарату «ТІММ-П» частково ослаблює вплив негативних факторів технології на структуру печінки.

3.4. Вплив пробіотика “ТІММ-П” на якість і безпечність м'яса курчат-бройлерів

Органолептичними дослідженнями продуктів забою птиці встановлено, що всі досліджувані тушки були добре знекровлені, з чистою поверхнею, без згустків крові, залишків кишечника та репродуктивних органів всередині. Шкіра була чистою, білувато-жовтого кольору, без подряпин, розривів, плям та синців. Запах м'яса специфічний, властивий свіжому м'ясу птиці. Кісткова система курчат-бройлерів дослідної та контрольної груп – без переломів та деформацій. За консистенцією м'язи курчат-бройлерів дослідної та контрольної груп щільні, пружні; під час натискання шпателем чи пальцем ямка, що утворилася, швидко вирівнювалася. М'язова тканина блідо-рожевого кольору. Підшкірний та внутрішній жир – жовтого кольору. Отже, за

органолептичними показниками тушки курчат-бройлерів контрольної та дослідної груп відповідали вимогам до свіжого м'яса. Тобто, додавання пробіотики “ТІММ-П” птиці не впливає на органолептичні показники тушок дослідної птиці.

На 42-гу добу провели дослідження хімічного складу м'яса 42-добових курчат-бройлерів. Встановлено, що вміст вологи у пробах м'яса курчат-бройлерів дослідної групи був на рівні контролю (табл. 3.13).

Таблиця 3.13

Хімічний склад м'яса 42-добових курчат-бройлерів за вживання пробіотики “ТІММ-П”, %, $\bar{x} \pm SD$, n=5

| Показник | Група | |
|-----------------|--------------|---------------|
| | контрольна | дослідна |
| Вологість | 73,70 ± 1,63 | 72,94 ± 0,61 |
| Суха речовина | 26,30 ± 1,63 | 27,06 ± 0,61 |
| Загальний білок | 21,26 ± 0,42 | 23,20 ± 0,46* |
| Жир | 1,80 ± 0,22 | 1,46 ± 0,32 |
| Зола | 1,10 ± 0,07 | 1,18 ± 0,13 |

Примітка: *p < 0,05 порівняно з контрольною групою.

Вживання пробіотики, яке проводили курсами: на 1–5-ту, 21–25-ту та 30–35-ту добу дослідження сприяло збільшенню вмісту загального білка у м'язовій тканині птиці дослідної групи на 1,94%. Різниця між групами статистично вірогідна.

Вміст жиру і золи у м'ясі дослідної птиці не залежав від вживання пробіотики.

Під час проведення оцінки хімічних показників м'яса встановили, що на 3-тю добу зберігання величина рН м'яса птиці контрольної та дослідної груп вірогідно не відрізнялися (табл. 3.14).

Таблиця 3.14

Хімічні та мікроскопічні показники м'яса курчат-бройлерів за зберігання при температурі $4 \pm 1^\circ\text{C}$, $x \pm \text{SD}$, $n=5$

| Показник | Термін зберігання, днів | Група | |
|---------------------------------|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | | контрольна | дослідна |
| Величина рН | 3 | $5,96 \pm 0,07$ | $5,74 \pm 0,11$ |
| | 5 | $6,04 \pm 0,15$ | $5,94 \pm 0,11$ |
| | 7 | $6,40 \pm 0,19$ | $6,16 \pm 0,18$ |
| | 9 | $6,76 \pm 0,17$ | $6,40 \pm 0,19^*$ |
| Кислотне число жиру, мг КОН | 3 | $0,46 \pm 0,15$ | $0,48 \pm 0,19$ |
| | 5 | $0,82 \pm 0,13$ | $0,68 \pm 0,21$ |
| | 7 | $1,37 \pm 0,06$ | $0,90 \pm 0,12^*$ |
| | 9 | $2,62 \pm 0,25$ | $2,18 \pm 0,24$ |
| Перекисне число жиру, % йоду | 3 | $0,003 \pm 0,001$ | $0,002 \pm 0,001$ |
| | 5 | $0,007 \pm 0,002$ | $0,006 \pm 0,001$ |
| | 7 | $0,021 \pm 0,009$ | $0,009 \pm 0,004^*$ |
| | 9 | $0,046 \pm 0,015$ | $0,029 \pm 0,007$ |
| Реакція з міді сульфату | 3 | негативна (бульйон прозорий) | негативна (бульйон прозорий) |
| | 5 | негативна(бульйон прозорий) | негативна(бульйон прозорий) |
| | 7 | сумнівна реакція | негативна(бульйон прозорий) |
| | 9 | м'ясо несвіже | сумнівна реакція |
| Бактеріоскопія мазків-відбитків | 3 | свіже (поодинокі мікроорганізми) | свіже (поодинокі мікроорганізми) |
| | 5 | свіже (не більше 10) | свіже (не більше 10) |
| | 7 | сумнівне (до 30 мікроорганізмів) | свіже (не більше 10) |
| | 9 | несвіже (більше 30) | сумнівне (до 15 мікроорганізмів) |
| ЛЖК | 9 | $10,30 \pm 0,68$ | $7,26 \pm 0,60^*$ |

Примітка: * $p < 0,05$ порівняно з контролем.

На 5-ту добу дослідження значення величини рН в контрольній та дослідній групах відповідали показникам свіжого м'яса.

На 7-му добу зберігання м'ясо курчат контрольної групи було сумнівної свіжості. В дослідній групі величина рН відповідала показникам сумнівної свіжості м'яса лише на 9-ту добу зберігання. Встановлено вірогідно нижчий показник величини рН в дослідній групі на 9-ту добу зберігання м'яса.

Кислотне число жиру від свіжих охолоджених тушок птиці має становити не більше 1 мг КОН, перекисне число – відповідно до 0,01% йоду. На 3-тю та 5-ту доби зберігання статистично вірогідної різниці між групами не виявлено, середні арифметичні показники перекисного числа жиру та кислотного число відповідали свіжому м'ясу. На 7-му добу зберігання м'яса під час визначення кислотного числа жиру встановили вірогідно нижчий показник у дослідній групі порівняно з контролем; кількість калію гідроксиду, яка була витрачена на титрування, була меншою 1 мг. Отже, м'ясо птиці контрольної групи за кислотним числом відноситься до сумнівної свіжості, а дослідної групи – до свіжого м'яса. Аналогічні показники одержали за дослідження перекисного числа жиру на 7-му добу зберігання. На 9-ту добу виявлено підвищення кислотного числа жиру в контрольній групі, середнє значення якого відповідає несвіжому м'ясу. В дослідній групі кислотне число коливалося в межах, які характерні для м'яса сумнівної свіжості. Проте вірогідної різниці між групами не встановлено. Перекисне число жиру в дослідній групі на 7 добу зберігання вірогідно менше порівняно з контролем та відповідає показнику свіжого м'яса.

Реакція витяжки з м'яса птиці з міді сульфату на 3-ю, 5-ту доби зберігання охолоджених тушок контрольної та дослідної груп не змінювалася, бульйон залишався прозорим, тобто, м'ясо свіже. На 7-му добу зберігання м'яса бульйон з м'яса птиці контрольної групи був мутним, фільтрат з м'яса дослідної групи – відповідав показникам свіжого м'яса. На 9-ту добу бульйон з м'яса курчат-бройлерів контрольної групи набував желеподібного стану, що

свідчило про несвіжість м'яса. Бульйон з м'яса птиці дослідної групи відповідав показникам сумнівної свіжості.

За мікроскопічного дослідження мазків-відбитків із глибоких шарів м'язової тканини курчат-бройлерів контрольної та дослідної груп на 3-тю добу виявили поодинокі мікроорганізми – переважно коки, ознак деструкції тканини не виявлено. На 5-ту добу зберігання м'яса курчат-бройлерів в полі зору мазків-відбитків кількість мікроорганізмів збільшилася: в контрольній групі виявляли до 10-ти мікроорганізмів в полі зору, в дослідній – до 3–5-ти монококів та поодиноких паличок. Слідів, що вказували на розпад м'язової тканини в контрольній та дослідній групах не виявлено. В результаті проведених досліджень встановлено, що на 5-ту добу зберігання м'ясо курчат-бройлерів є свіжим та придатним до споживання. На 7-му добу в м'ясі контрольної групи за мікроскопії мазків-відбитків виявляли до 15–25 коків та зрідка – палички. У дослідній групі в полі зору мікроскопа реєструвалась менша кількість мікроорганізмів – до 10. На 9-ту добу в мазках-відбитках із м'яса курчат-бройлерів контрольної групи виявлено зникнення посмугованості м'язових волокон і значну кількість мікроорганізмів в полі зору (понад 30). Отже, м'ясо було несвіже. В дослідній групі реєструвалась не чітко виражена посмугованість м'язів, виявляли до 15-ти мікроорганізмів в полі зору мікроскопа. Таке м'ясо вважається сумнівної свіжості.

Вміст летких жирних кислот у м'ясі курчат-бройлерів контрольної групи в середньому складає 10,3 мг NaOH, в дослідній групі – 7,26 мг NaOH. Різниця між групами статистично вірогідна. М'ясо вважають сумнівної свіжості, якщо в ньому міститься летких жирних кислот від 4,51 до 9 мг натрію гідроксиду, а вище 9 мг – несвіжим. Отже, м'ясо курчат-бройлерів дослідної групи за вмістом ЛЖК на 9-ту добу зберігання було свіжим, що свідчить про подовження терміну його зберігання.

Таким чином, вживання курчатам-бройлерам комплексного пробіотика “ТІММ-П” протягом періоду вирощування сприяло продовженню терміну зберігання м’яса в охолодженому вигляді на 2 доби.

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ ТА ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Виробництво м'яса курчат-бройлерів щорічно зростає в усьому світі і потребує значних затрат на їх вирощування і утримання. У структурі собівартості м'яса птиці вартість кормів складає 70–80% від загальних затрат. Тому вченими і виробничниками докладаються значні зусилля, що досягти максимальної збереженості поголів'я і знизити затрати кормів на їх вирощування з урахуванням підтримання екологічної рівноваги і економічної ефективності [71]. У зв'язку з обмеженням використання кормових антибіотиків як стимуляторів продуктивності у птахівництві на перший план вийшли натуральні біопрепарати – пробіотики. Пробіотики, як одні з основних кормових добавок отримали пріоритетну увагу щодо їх конструювання і вдосконалення та вивчення впливу на різні ланки обміну речовин, продуктивність та якість продуктів із птиці [40, 41, 96].

Розробка нових препаратів пробіотиків передбачає їх використання на продуктивному поголів'ї та санітарно-гігієнічну оцінку продуктів забою. Одним із таких препаратів є комплексний пробіотик на основі біфідо- та лактобактерій «ТІММ-П», до складу якого входять 5 високоактивних штамів мікроорганізмів, а саме, *Bifidobacterium gallinarum*, *Lactobacillus rhamnosus*, *L. plantarum*, *L. paracasei ssp. paracasei*. Як показали результати досліджень клінічного стану організму курчат-бройлерів, а саме, поведінки, температури тіла, пульсу та частоти дихальних рухів, суттєвого впливу цей пробіотичний препарат на птицю не проявляв.

Були проаналізовані показники живої маси курчат-бройлерів на різних етапах досліджень. На ранніх етапах досліджень статистично значущої різниці за масою тіла курчат-бройлерів між контрольною та дослідною групами не виявлено. Збільшення приростів маси тіла курчат бройлерів курчат дослідної

групи на 28-му, 42-гу доби досліджень свідчить про позитивний вплив пробіотичної добавки на біохімічні процеси в організмі птиці, що, в свою чергу, забезпечує ефективне засвоєння поживних складових раціону та позитивно впливає на морфологічні показники тушки. Подібні дослідження проводилися іншими дослідниками, які відзначали позитивний вплив пробіотичних препаратів на прирости живої маси птиці [8, 93]. Пробіотичні препарати на основі молочнокислих бактерій не тільки збільшують прирости живої маси курчат-бройлерів, а також знижують рівень летальності птиці, порівняно з контрольною групою, які не отримували даний препарат [91]. Це узгоджується з нашими результатами щодо вірогідного підвищення абсолютних та середньодобових приростів живої маси птиці дослідної групи. Вірогідне збільшення живої маси курчат дослідної групи, порівняно з контролем, можливо пов'язане зі здатністю пробіотичних культур виділяти ферменти. Амілаза, протеаза та ліпаза покращують швидкість перетравлення поживних речовин корму, таких як крохмаль, жир та протеїн [105]. Таким чином, пробіотичні добавки позитивно впливають на кишковий біоценоз птиці [151], покращують засвоєння поживних речовин та підвищують продуктивність.

Видовий склад мікробіому кишечника курчат-бройлерів залежить не лише від вживання комплексного пробіотика, але й від їх віку. Збільшення кількості типів мікроорганізмів у сліпих кишках курчат-бройлерів обох груп у віковому аспекті може бути пов'язано з впливом комплексного пробіотика на мікробіом сліпих кишок, зміною раціону в різні періоди вирощування птиці [15], а також мікробним складом кормів [58].

При цьому чисельність типів бактерій у сліпих кишках курчат-бройлерів дослідної групи почала збільшуватися, починаючи з 28-ї доби за рахунок появи незначної кількості *Bacteroidota* та *Candidatus Melainabacteria*. Подібна закономірність щодо динаміки показників мікробіому сліпих кишок курчат-бройлерів була виявлена також за застосування їм пробіотиків на основі

штамів *Enterococcus faecalis* CV1028, *Bacteroides fragilis* GP1764 та *Ligilactobacillus salivarius* CTC2197 [62].

Особливо помітні зміни типового складу мікробіому сліпих кишок курчат-бройлерів відзначали на 42-гу добу вирощування, яке співпадало з третім періодом впоювання пробіотика. При цьому частка мікроорганізмів типу Firmicutes, хоча й продовжувала домінувати, але знизилась у сліпих кишках курчат контрольної групи до 87,26%, тоді як у дослідної – до 76,93%. За впоювання курчатам-бройлерам комплексного пробіотика на основі лакто- і біфідобактерій в цей період виявлено збільшення різноманіття бактерій за рахунок появи дев'яти типів, таких як Bacteroidota, Candidatus Melainabacteria, Kiritimatiellaeota, Deferribacteres, Verrucomicrobia, Lentisphaerae, Synergistetes, Elusimicrobia та Cyanobacteria. У курчат-бройлерів контрольної групи різноманітність мікробіому сліпих кишок зростала за рахунок появи лише семи перших типів бактерій, характерних для дослідної групи. На 42-гу добу вирощування чисельність бактерії типу Bacteroidota у сліпих кишках курчат-бройлерів дослідної групи на 8,1% перевищувала контрольну групу. Аналогічна закономірність виявлена в досліді за використання пробіотиків на основі *Bacillus* spp. шляхом впоювання курчатам-бройлерам з водою [124].

Вважають, що пробіотики на прикладі *Bacillus subtilis* здатні підвищувати чисельність корисних бактерій, зокрема, родини Lachnospiraceae – продуцентів бутирату у сліпій кишці курчат-бройлерів [18].

На 28-му добу вирощування у сліпих кишках курчат-бройлерів контрольної групи зникали бактерії родини Lactobacillaceae, а в курчат-бройлерів дослідної групи, навпаки – вони з'являлися одночасно з незначною кількістю мікроорганізмів родин Eubacteriaceae, Clostridiaceae та Christensenellaceae. Така дислокація бактерій родини Lactobacillaceae, зокрема, роду *Lactobacillus* в основному пов'язана з їх концентрацією у верхніх відділах

кишечника, де відбувається ферментація вуглеводів, зокрема, крохмалю та лактату [50], що характерно для раннього віку курей [90].

Частка бактерій родин *Lachnospiraceae*, *Oscillospiraceae* та *Lactobacillaceae* у сліпих кишках на 42-гу добу вирощування курчат-бройлерів контрольної і дослідної груп зрівнялася. При цьому різноманітність родин бактерій у сліпих кишках курчат контрольної групи переважала дослідну за рахунок появи бактерій, що належали до родин *Eubacteriaceae*, *Prevotellaceae* та *Rikenellaceae*. Відомо, що збільшення чисельності бактерій, що відносяться до родини *Rikenellaceae* негативно корелює з шлунково-кишковою патологією [135] і не суперечить результатам нашого дослідження. В іншому дослідженні виявлено домінування у сліпій кишці курчат-бройлерів мікроорганізмів родин *Clostridiaceae* (65%), *Fusobacterium* (14%), *Lactobacillus* (8%) та *Bacteroides* (6%), що більшою мірою може бути пов'язано з особливостями раціону годівлі.

Проведеними дослідженнями встановлено, що у сліпих кишках курчат-бройлерів контрольної групи на 14-ту добу вирощування домінували основні чотири роди мікроорганізмів, зокрема *Blautia* (15,12%), *Gemmiger* (12,32%), *Pseudoflavonifractor* (12,24%) та *Mediterraneibacter* (11,96%). В цей же період вирощування у сліпих кишках курчат-бройлерів, яким випоювали пробіотичний препарат, домінуюче положення займав рід *Blautia* (34,17%), йому поступалися *Ruthenibacterium* (20,97%) і *Faecalibacterium* (10,67%). Аналогічні результати отримані за застосування курчатам-бройлерам пробіотика на основі *Bacillus amyloliquefaciens* показали збільшення чисельності декількох родів бактерій, зокрема, *Blautia* у посліді птиці, що було пов'язано з поліпшенням засвоєння фосфору та кальцію у кишечнику [79], а також амінокислот і тригліцеридів [19], що сприяло підвищенню їх продуктивності [148].

Родова різноманітність бактерій у сліпих кишках курчат-бройлерів характеризувалась своєю динамічністю і залежала не лише від застосування

комплексу пробіотиків, але й від віку курчат-бройлерів. Комплексний пробіотик впливав на мікробіом сліпих кишок курчат-бройлерів шляхом збільшення чисельності мікроорганізмів роду *Blautia*, де його частка становила 55,44%. Комплексний пробіотик мало впливав на чисельність бактерій роду *Faecalibacterium* у сліпих кишках курчат-бройлерів, а решта ідентифікованих родів не перевищувала 5%. Результати цього дослідження не суперечать даним, отриманим в аналогічному дослідженні [109], де доведено, що введення до складу раціону курчат-бройлерів пробіотичних культур молочнокислих бактерій, зокрема *Lactobacillus plantarum* сприяло розвитку корисних бактерій родів *Eubacterium*, *Faecalibacterium*, *Ligilactobacillus*, *Limosilactobacillus*, *Blautia* та *Clostridium* у кишечнику. Бактерії родів *Butyricoccus*, *Eubacterium*, *Bacteroides* та *Blautia* виявлені серед 30 найбільш поширених в сліпих кишках курчат-бройлерів за впливу комплексного пробіотика на основі лакто- і біфідобактерій, є досить важливими продуцентами коротколанцюгових жирних кислот, що могло справляти суттєвий вплив на формування мікробіому кишечника, його імунної, метаболічної і транспортної функцій [59]. В іншому дослідженні доведено, що надходження в шлунково-кишковий тракт курчат-бройлерів корисних мікроорганізмів у вигляді комплексного пробіотика (*Bifidobacterium* B8101, *Lactobacillus* L8603, *Saccharomyces bayanus* S9308, *Enterococcus* SF9301) сприяло поліпшенню розвитку кишкового епітелію і засвоєнню поживних речовин корму та підвищенню інтенсивності росту птиці [60]. Одним із механізмів такого позитивного впливу пробіотиків в організмі курчат-бройлерів є їх здатність змінювати видовий склад кишкового мікробіому. Це підтверджено під час випоювання курчатам-бройлерам пробіотику штаму *Sphingomonas* Z392, який сприяв збільшенню чисельності мікроорганізмів, які відносяться до низки бажаних таксонів, зокрема *Lactobacillus*, *Bacteroides*, *Lachnospiraceae*, *Aminobacterium*, *Oribacterium*, *Christensenellaceae*, *Faecalibacterium*, *Barnesiella*, *Ruminococcus*, *Parabacteroides*,

Phascolarctobacterium, *Butyricicoccaceae* та *Caproiciproducens* і забезпечують стимуляцію процесів травлення [135], що певною мірою узгоджується з результатами нашого дослідження.

Це може свідчити про дозрівання мікробіому кишечника у процесі росту і розвитку курчат-бройлерів, оскільки сліпа кишка є резервуаром, де відбувається ферментація складних вуглеводів, кількість яких зі збільшенням віку птиці у раціоні збільшується [90].

Випоювання пробіотичного препарату курчатам-бройлерам на 42-гу добу вирощування сприяло збільшенню видового різноманіття бактерій сліпих кишків на 18,97% порівняно з контролем. Таке збільшення видового різноманіття мікробіому курчат-бройлерів, яке виникає з віком, пов'язують з адаптацією мікробіому шлунково-кишкового тракту до зміни видового складу кормів, географічного розташування місцевості, погодних і кліматичних умов регіону [14].

Ще одним фактором, що впливає на видове різноманіття мікроорганізмів у сліпих кишках курчат-бройлерів, може здатність пробіотиків синтезувати метаболіти з бактерицидними властивостями [46]. На прикладі *B. pumilus* SA388 було показано високу бактерицидну активність проти *Streptococcus pyogenes*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhi* та *Klebsiella pneumonia* [16] у кишечнику курчат-бройлерів. Комплексний пробіотик у складі *Bacillus licheniformis*, *Enterococcus faecium*, *Lactobacillus acidophilus* та *Saccharomyces cerevisiae* також сприяв збільшенню чисельності молочнокислих бактерій у сліпій кишці бройлерів на фоні зниження кількості *Clostridium perfringens* та коліформних бактерій [114]. Пробіотик на основі комплексу *Lactiplantibacillus plantarum* Lp71 та *Enterococcus faecium* Ef72 пригнічував *Salmonella enteritidis* у кишечнику курчат-бройлерів [149].

Можна вважати, що випоювання курчатам-бройлерам з водою комплексного пробіотика на основі лакто- і біфідобактерій проявляло

суттєвий вплив на різноманітність видового складу мікробіому сліпих кишок. Разом з тим важливо враховувати, що мікробний склад вмістимого кишечника постійно піддається змінам і визначається силою впливу різних факторів, зокрема, віку, умов утримання, генотипу та технології виробництва м'яса [30, 130]. При цьому в сліпих кишках не виявлено патогенних мікроорганізмів, що узгоджується з відсутністю захворювань з ознаками погіршення клінічного стану та загибелі курчат-бройлерів і свідчить про належну адаптаційну здатність птиці.

Важливе значення у ветеринарній медицині мають морфологічні та морфометричні методи дослідження. Такі дослідження дають можливість одержати знання про будову і функції організму тварин на різних рівнях його структурної організації як в нормі, так і за патології [57]. Це дає змогу практичним лікарям ветеринарної медицини з'ясувати та аналізувати особливості метаболічних процесів, які відбуваються в організмі тварин на клітинному, тканинному та органному рівнях за дії тих чи інших препаратів, які нині застосовують у тваринництві для підвищення продуктивності тварин тощо. Морфометричний аналіз морфологічних структур, який впродовж останніх років застосовують у морфології, характеризується об'єктивністю та достовірністю, він дає можливість більш логічно інтерпретувати результати наукових досліджень.

Саме тому морфологічні (макроскопічні, гістологічні) та морфометричні (органометричні, гістометричні, цитометричні) методи досліджень за їх достовірної інформативності та наукової складової є обов'язковими для з'ясування впливу на організм тварин мінеральних елементів, які беруть участь в обміні речовин, біологічно активних добавок (нутріцевтики), які позитивно впливають на організм та продуктивність курчат-бройлерів [131], що є однією з основ забезпечення повноцінного живлення тварин.

З погляду на це нами проведено морфологічні дослідження печінки у клінічно здорових курчат-бройлерів та за використання пробіотичного

комплексу біфідо- і лактобактерій, щоб з'ясувати вплив препарату, його механізм дії на організм дослідних тварин. Це пов'язано з тим, що печінка є одним із основних мультифункціональних органів травлення, що забезпечує життєво важливі процеси в організмі. Вона сприяє та бере активну участь у вуглеводному обміні, забезпечуючи сталість концентрації глюкози в крові – регулює співвідношення синтезу та розпаду глікогену, бере участь у всіх етапах обміну ліпідів. У печінці синтезується жовч, солі якої емульгують жири та збільшують поверхню їх контакту з ліпазою. Печінка, як мультифункціональний орган, бере активну участь в обміні білків, вона є єдиним органом, у якому синтезуються надзвичайно важливі білки для організму, такі як протромбін, фібриноген, проконвертин, які забезпечують згортання крові. Крім того, вона виконує багато метаболічних функцій, важливих для життєдіяльності організму, бере участь у мінеральному та водному обміні – поглинає надлишки рідини, а також впливає на регуляцію вмісту мінеральних солей в крові та співвідношення між іонами, регулює активність гормонів, є фільтром та джерелом енергії для токсинів, служить об'єктом для біомоніторингових досліджень, виконує гемостатичну функцію [57].

Виконання таких численних, різноманітних та складних функцій забезпечується роботою клітинних елементів її паренхіми – гепатоцитами [57]. Тому детальне дослідження будови печінки як органа та гепатоцитів, зокрема, в нормі, а також змін її гісто- та цитоструктури, які виникають за дії тих чи інших чинників, не викликає сумніву [10].

Важливим морфологічним критерієм розвитку та морфофункціонального стану органів і тканин у тварин є органометричні дослідження, які дають можливість з'ясувати та встановити кількісні характеристики організму тварин у процесі онто- та філогенетичного розвитку за дії на організм тварин різних чинників довкілля за застосування (для підвищення продуктивності тварин) біологічно активних та пробіотичних добавок [131] тощо.

Важливим показником морфофункціонального стану організму тварин є дослідження абсолютної та відносної маси органів та систем, що має важливе значення у клінічній, профілактичній медицині тощо. Такі дослідження є достовірними та використовуються для оцінки стану внутрішніх органів у нормі та експерименті.

Результати морфометрії засвідчують, що показники абсолютної та відносної маси органів організму тварин мають пряму залежність від їх віку, виду, породи та значно змінюються за розвитку патологічних процесів. Вони є важливими показниками, які відображають ступінь впливу на організм тварин фармакологічних препаратів, кормових добавок тощо, які нині застосовуються у тваринництві, зокрема, птахівництві для підвищення продуктивності [57].

Печінка курчат-бройлерів піддається значному метаболічному і фізіологічному навантаженню починаючи з моменту вилуплення. Особливістю обмінних процесів у птахів є важлива функція у синтезі та метаболізмі ліпідів, які відбуваються переважно в печінці, порівняно з ссавцями, в яких ліпогенез відбувається також у жировій тканині [139].

Виявлені нами особливості гістоархітекtonіки часточок печінки у курчат дослідної групи свідчили про активність у них гемомікроциркуляції печінки, порівняно з курчатами контрольної групи і вказували на позитивний вплив пробіотичного комплексу біфідо- і лактобактерій на систему травлення, що узгоджується з результатами отриманими іншими вченими [141].

Виявлені нами зміни цитоархітекtonіки гепатоцитів свідчили про порушення в організмі білкового та ліпідного обмінів і були ознакою розвитку патології печінки у курчат-бройлерів даної вікової групи. Фактор годівлі в даному дослідженні відігравав ключову роль, оскільки достатнє забезпечення поживними речовинами та енергією курчат-бройлерів залежало від функції печінки і здатності організму підтримувати здоровий мікробіом системи травлення [45, 55].

У курчат дослідної групи 28-мидобового віку, порівняно з контролем, мікроскопічна будова печінки в основному збережена. Це може бути пов'язано зі здатністю пробіотиків контролювати чисельність патогенних та умовно патогенних мікроорганізмів таких як сальмонела та кампілобактер [142] за рахунок синтезу бактеріоцинів та підтримання балансу прозапальних та протизапальних реакцій у кишечнику курчат-бройлерів, що поліпшує конверсію корму і стимулює імунну відповідь [144]. Крім цього пробіотики здатні підвищувати ефективність засвоєння корму за рахунок продукції як власних фітаз, ліпаз, амілаз та протеаз, так і стимуляції секреторної активності кишечника птиці. Важливим фактором є також властивість пробіотиків синтезувати низку вітамінів, екзополісахаридів та антиоксидантів у кишечнику [93].

За вполювання комплексного пробіотику курчататм-бройлерам дослідної групи виявляли ознаки розвитку дрібнокрапельної жирової дистрофії печінки. Таким чином, попри позитивні ефекти, пробіотики не можуть повністю усунути негативні фактори властиві інтенсивній технології виробництва м'яса курчат-бройлерів [87].

Особливістю вирощування курчат-бройлерів є використання високоенергетичних кормосумішей, які призначені для швидкого росту і набору м'язової маси, що передбачає високий вміст вуглеводів, які здатні стимулювати ліпогенез у печінці [55]. Це у свою чергу є пусковим механізмом для виникнення патологічних станів, зокрема жирової дистрофії печінки [156]. Хоча є й інша точка зору, яка свідчить про те, що високоенергетичні кормові раціони не завжди проявляють негативний вплив на мікроструктуру печінки курей [9].

Однією з причин виявлення окремих патологічних змін у клітинах печінки клінічно здорових курчат-бройлерів може бути інтенсивна схема вакцинації [116].

Жирова дистрофія печінки відноситься до найбільш поширеної патології у курчат-бройлерів, що ускладнює перебіг інфекційної патології [85]. Разом з тим жирова дистрофія, наприклад, гусячої печінки, є бажаним явищем в кулінарії, оскільки має кращі смакові характеристики і високо цінується на споживчому ринку [140], а його корисність визначається не лише його вмістом, але й співвідношення поліненасичених жирних кислот [11].

Порушення мікроциркуляції в тканині печінки, яке проявляється деструктивними і запальними ознаками у здорових курчат-бройлерів може певною мірою відображати характерний стан гіпоксії, яка є причиною міопатій у високопродуктивних м'ясних кросів птиці, до яких відноситься і крос Кобб-500 [7].

Структурні зміни у печінці клінічно здорових курчат-бройлерів у процесі вирощування також можуть бути пов'язані з наслідками генетичної селекції, яка спрямована на швидкий ріст птиці та збільшення виходу м'яса після забою [147]. В окремих дослідженнях вивчали зв'язок ліпідного профілю печінки і грудних м'язів курчат-бройлерів за синдрому «дерев'яної грудки» і хоча суттєвої залежності не встановлено, однак зміни ліпідного обміну та жирнокислотного складу у печінці підтверджено [80].

Таким чином, виявлена нами периваскулярна інфільтрація поліморфними клітинами навколо центральних вен часточок печінки та перипортальних трактів та тенденція до зменшення ЯЦВ гепатоцитів печінки у курчат-бройлерів дослідної групи, порівняно з контролем, ймовірно, є наслідком поліпшення бар'єрної властивості кишечника [117, 124], певного поліпшення ліпідного обміну [16] та гепатопротекторної дії пробіотичного комплексу біфідо- та лактобактерій, що сприяло підвищенню стійкості печінки та відновило її функції для нормальної роботи [32].

Підтвердженням нашого припущення є зменшення вираженості гістопатологічних змін у печінці курей за впливу афлатоксину В за застосування пробіотичного препарату, що складався з дріжджів,

молочнокислих бактерій і *Saccharomyces cerevisiae* [123]. Це узгоджується з даними інших вчених, які вважають, що молочнокислі бактерії та дріжджі з пробіотика здатні ефективно зв'язувати афлатоксини та інші токсини. Такий ефект пробіотиків сприяв зниженню надходження токсичних речовин до печінки, нирок та інших органів і запобігав або зменшував вираженість дегенеративних змін. В іншому дослідженні [39] підтверджено, що використання комплексного пробіотика курчатам, до якого входили *S. cerevisiae* RC016, а також *L. rhamnosus* RC007 проявляло захисний ефект за афлатоксикозу. При цьому на фоні гістопатологічних змін у печінці курчат, які отримували афлатоксин В, виявлено проліферацію жовчних протоків та гепатоцелюлярну дегенерацію, тоді як у випадку застосування пробіотика відзначали відсутність мікровакуолярної жирової дегенерації печінки. Поліпшення гістоструктури печінки курчат-бройлерів за застосування пробіотиків відбувалось не лише за рахунок зниження кількості токсичних компонентів, які надходили до печінки, але й морфології та функції кишечника [100].

Підтвердженням зниженого токсичного впливу афлатоксинів на печінку курчат-бройлерів служать також дослідження [103], які використовували пробіотик Протексин, що містив 9 бактеріальних штамів, зокрема, *Streptococcus salivarius* spp. *Thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Bifidobacterium bifidum*, *Enterococcus faecium*, *Candida pintolopesii* та *Aspergillus oryzae*. У печінці курчат-бройлерів, які отримували даний пробіотик виявлено зменшення кількості мононуклеарних та еозинофільних клітин на тлі розширення синусоїдів та ліпідних вакуолей.

Крім пробіотичних препаратів як альтернативу антибіотикам для поліпшення росту і підвищення продуктивності курчат-бройлерів, а також для отримання м'яса високої якості і біологічної повноцінності використовують низку добавок рослинного походження, які володіють антиоксидантним,

гепатопротекторним та імуностимулюючим спектром дії ефективність яких в організмі птиці оцінюють не лише за біохімічними показниками, але й за гістоструктурними аналізом окремих життєво важливих органів, зокрема, печінки [5, 22, 115]. Однак в цих дослідженнях зроблено аналіз лише печінки курчат-бройлерів у 35-добовому віці, що не дозволяє повною мірою порівняти отримані дані динаміки змін гістоструктури печінки за використання пробіотика.

Отримані результати цього дослідження свідчать про деструктивні зміни різного ступеню у печінці курчат-бройлерів за використання інтенсивної системи вирощування і повнораціонних комбікормів, а застосування пробіотичного препарату «ТІММ-П» частково послаблює вплив негативних факторів технології на структуру печінки.

Не менш важливим є оцінка якості і безпечності м'яса курчат-бройлерів, особливо за зберігання в охоложеному вигляді. Як показали одержані результати досліджень випоювання птиці пробіотика «ТІММ-П» сприяло підвищенню вмісту загального білка у м'язовій тканині. Подібні дослідження були проведені на курчатах-бройлерах із використанням пробіотичної добавки, до складу якої, крім *Bifidobacterium* і *Lactobacillus*, входили *Bacillus* та *Streptococcus* [126]. Отримані дані узгоджуються із результатами нашого досліджу. Підвищений вміст білків у м'ясі курчат-бройлерів, яким до раціону додавали пробіотик, можна пояснити впливом молочнокислих бактерій. Дані мікроорганізми здатні виживати в травному каналі, приєднуються до стінки кишечника та виробляють травні ферменти – протеази. Ферменти здатні руйнувати хімічні зв'язки в поживних речовинах, роблячи їх молекули меншими, що полегшує їх поглинання та засвоєння, зокрема, і білків. Вчені зазначають, що пробіотичні добавки за згодовування курчатам-бройлерам підвищували синтез незамінних амінокислот у м'язовій тканині, а саме, лізину, гістидину, аргініну, треоніну, валіну, метіоніну та лейцину.

Спостерігається і покращення всмоктування мінеральних речовин – Ca, P, Mg, Si під дією пробіотичних препаратів [99].

Під час визначення хімічних показників м'яса встановлено, що концентрація іонів водню в м'язовій тканині починає підвищуватись під час зберігання тушок птиці. За дозрівання м'яса за рахунок дії аутолітичних ферментів величина рН м'яса зміщується в кислу сторону. Величина рН до 6,2 характерна для свіжого дозрілого м'яса. Під час тривалого зберігання починається процес псування м'яса. Ферменти мікроорганізмів викликають глибокі зміни білків з накопиченням лужних продуктів розпаду, величина рН підвищується. Проте необхідно зазначити, що величина рН м'яса залежить від багатьох факторів, такі як стан птиці перед забоєм, хімічного складу м'яса тощо.

В більшості випадків не можна розділити м'ясо різного ступеня свіжості за величиною рН, тому дане дослідження використовується в комплексі з іншими методами. Такі показники як кислотне та перекисне число жиру на 7-му добу зберігання вказували на сумнівну свіжість м'яса в контрольній групі. При цьому м'ясо курчат-бройлерів дослідної групи відповідало вимогам до свіжого м'яса, що вказує на позитивний вплив пробіотичного препарату на подовження терміну придатності тушок до 7-ми діб. Результати даних досліджень підтверджує також проведення реакції з міді сульфату та бактеріоскопія мазків-відбитків на 7-му та 9-ту доби зберігання тушок птиці.

Для підтвердження результатів на 9-ту добу зберігання м'яса курчат-бройлерів провели додаткове дослідження визначення вмісту летких жирних кислот за допомогою удосконаленого приладу. Встановлено, що м'ясо птиці контрольної групи на 9 добу зберігання є несвіжим, а дослідної групи – свіжим, що підтверджують результати хімічних та мікроскопічних досліджень.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена санітарно-гігієнічному обґрунтуванню застосування комплексного пробіотичного препарату «ТІММ-П» на основі природних штамів біфідо- та лактобактерій під час вирощування курчат-бройлерів. Експериментально підтверджено нешкідливість комплексного пробіотика для курчата-бройлерів за показниками їх клінічного стану, споживання корму, забійного виходу, органолептичних, хімічних та мікроскопічних досліджень м'яса. Застосування пробіотика «ТІММ-П» курчатам-бройлерам сприяє підвищенню різноманітності видового складу мікроорганізмів кишечника за рахунок корисних бактерій, збільшенню продуктивності, поліпшенню якості м'яса та тривалості його зберігання в охолодженому вигляді.

1. Встановлено, що випоювання курчатам-бройлерам пробіотичного комплексного препарату «ТІММ-П» не впливає на показники клінічного стану, споживання кормів і поведінку птиці.
2. Введення до складу води пробіотика «ТІММ-П» сприяло підвищенню маси тіла курчат-бройлерів на 28-му добу вирощування на 2,69%, а на 42-гу добу – на 3,46%.
3. Середньодобові прирости маси тіла у курчат-бройлерів під впливом пробіотика «ТІММ-П» зростали у період з 15-ї до 28-ї доби вирощування на 4,65%.
4. Маса тушки курчат-бройлерів, які отримували пробіотик «ТІММ-П», підвищувалася на 2,85%, маса внутрішніх органів, пір'я, голови та нижніх частин кінцівок – на 5,57%, але забійний вихід не залежав від застосування пробіотичного препарату.
5. Випоювання курчатам-бройлерам з водою комплексного пробіотика «ТІММ-П» не впливало на чисельність типів мікроорганізмів у сліпих

кишках у ранньому віці. На 42-гу добу вирощування у сліпих кишках курчат-бройлерів загальна кількість типів бактерій зростала в середньому на 20,39% за рахунок появи *Bacteroidota*, *Candidatus Melainabacteria*, *Kiritimatiella*, *Deferribacteres*, *Verrucomicrobia*, *Lentisphaerae*, *Synergistetes*, *Elusimicrobia* та *Cyanobacteria*.

6. На 42-гу добу вирощування випоювання пробіотичного препарату курчатам-бройлерам сприяло підвищенню видового різноманіття бактерій сліпих кишок на 18,97%.
7. Застосування комплексного пробіотика курчатам-бройлерам за індексом Сімпсона збільшувало домінування бактерій, яке характеризувалось прямою залежністю від віку курчат-бройлерів.
8. Випоювання курчатам-бройлерам пробіотика «ТІММ-П» не впливало на розмір, абсолютну і відносну масу печінки та її часток і їх співвідношення протягом всього періоду вирощування.
9. Застосуванням пробіотичного препарату під час вирощування курчат-бройлерів знижувало вираженість порушення морфофункціональної структури печінки за інтенсивної системи виробництва м'яса.
10. Додавання пробіотика «ТІММ-П» у питну воду під час вирощування курчат-бройлерів птиці не впливало на органолептичні показники тушок і сприяло підвищенню вмісту загального білка у м'язовій тканині на 1,94%.
11. Випоювання курчатам-бройлерам комплексного пробіотика «ТІММ-П» протягом періоду вирощування сприяло продовженню терміну зберігання м'яса в охолодженому вигляді на 2 доби.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Для підвищення продуктивності курчат-бройлерів, поліпшення якості і збільшення тривалості зберігання м'яса в охолодженому вигляді необхідно здійснювати випоювання птиці з водою комплексного пробіотика "ТІММ-П" наступними курсами: 1–5, 21–25 та 30–35 доби.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Abd El-Hack, M. E., El-Saadony, M. T., Salem, H. M., El-Tahan, A. M., Soliman, M. M., Youssef, G. B. A., Taha, A. E., Soliman, S. M., Ahmed, A. E., El-Kott, A. F., Alagawany, M., Elnesr, S. S., Swelum, A. A., Ammari, A. A., & Ba-Awadh, H. A. (2022). Alternatives to antibiotics for organic poultry production: Types, modes of action and impacts on bird's health and production. *Poultry Science*, 101, 101696. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101696>
2. Abd El-Hack, M. E., El-Saadony, M. T., Shafi, M. E., Qattan, S. Y. A., Batiha, G. E., Khafaga, A. F., Abdel-Moneim, A. E., & Alagawany, M. (2020). Probiotics in poultry feed: A comprehensive review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 104(6), 1835–1850. <http://doi.org/10.1111/jpn.13454>
3. Abd-El Wahab, A., Basiouni, S., El-Seedi, H. R., Ahmed, M. F. E., Bielke, L. R., Hargis, B., Tellez-Isaias, G., Eisenreich, W., Lehnerr, H., Kittler, S., Shehata, A. A., & Visscher, C. (2023). An overview of the use of bacteriophages in the poultry industry: Successes, challenges, and possibilities for overcoming breakdowns. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1136638. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1136638>
4. Abd-Ellatieff, H. A., Georg, K., Abourawash, A. A., Ghazy, E. W., Samak, D. H., & Goda, W. M. (2024). *Aspergillus awamori*: potential antioxidant, anti-inflammatory, and anti-apoptotic activities in acetic acid-induced ulcerative colitis in rats. *Inflammopharmacology*, 32(4), 2541–2553. <https://doi.org/10.1007/s10787-024-01489-w>
5. Al-Garadi, M. A., Al-Baadani, H. H., & Alqhtani, A. H. (2022). Growth performance, histological changes and functional tests of broiler chickens fed diets supplemented with tribulus terrestris powder. *Animals: an open access journal from MDPI*, 12(15), 1930. <https://doi.org/10.3390/ani12151930>
6. Almeida Paz, I.C.D.L., De Lima Almeida, I.C., De La Vega, L.T., Milbradt, E.L., Borges, M.R., Chaves, G.H.C., Dos Ouros, C.C., Lourenço Da Silva, M.I.,

- Caldara, F.R., & Andreatti Filho, R.L. (2019). Productivity and well-being of broiler chickens supplemented with probiotic. *Journal of Applied Poultry Research*, 28, 930–942. <https://doi.org/10.3382/japr/pfz063>
7. Alnahhas, N., Pouliot, E., & Saucier, L. (2023). The hypoxia-inducible factor 1 pathway plays a critical role in the development of breast muscle myopathies in broiler chickens: a comprehensive review. *Frontiers in Physiology*, 14, 1260987. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1260987>
 8. Al-Otaibi, A. M., Abd El-Hack, M. E., Dmour, S. M., Alswayeh, N., Khafaga, A. F., Ashour, E. A., Nour-Eldeen, M. A., & Swiątkiewicz, S. (2023). A narrative review on the beneficial impacts of probiotics on poultry: An updated knowledge. *Annals of Animal Science*, 23(2), 405–418. <http://doi.org/10.2478/aoas-2023-0001>
 9. Alshamy, Z., Richardson, K. C., Harash, G., Hünigen, H., Röhe, I., Hafez, H. M., Plendl, J., & Al Masri, S. (2019). Structure and age-dependent growth of the chicken liver together with liver fat quantification: A comparison between a dual-purpose and a broiler chicken line. *PloS One*, 14(12), e0226903. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226903>
 10. Amevor, F. K., Uyanga, V. A., Wu, L., Xu, D., Shu, G., Wang, Y., & Zhao, X. (2025). Enhancing poultry health and productivity through the liver-gut axis with integrated nutritional and immunological approaches: a mini-review. *Frontiers in Physiology*, 16, 1537099. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1537099>
 11. Angelovič, M., Čapla, J., Zajác, P., Čurlej, J., Benešová, L., Jakabová, S., & Angelovičová, M. (2023). Fatty acids, their proportions, ratios, and relations in the selected muscles of the thigh and roast beef. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 17, 844–861. <https://doi.org/10.5219/1765>
 12. Ayoola, M. B., Pillai, N., Nanduri, B., Rothrock, M. J., Jr, & Ramkumar, M. (2023). Predicting foodborne pathogens and probiotics taxa within poultry-related

- microbiomes using a machine learning approach. *Animal Microbiome*, 5(1), 57. <https://doi.org/10.1186/s42523-023-00260-w>
13. Aziz, N. H., Khidhir, Z. K., Hama, Z. O., & Mustafa, N. A. (2020). Influence of probiotic (Miaclost) supplementation on carcass yield, chemical composition and meat quality of broiler chick. *Journal of Animal and Poultry Production*, 11(1), 9-12. <http://doi.org/10.21608/jappmu.2020.77767>
 14. Bajagai, Y. S., Van, T. T. H., Joat, N., Chousalkar, K., Moore, R. J., & Stanley, D. (2024). Layer chicken microbiota: a comprehensive analysis of spatial and temporal dynamics across all major gut sections. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 15(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s40104-023-00979-1>
 15. Bajagai, Y. S., Yeoh, Y. K., Li, X., Zhang, D., Dennis, P. G., Ouwerkerk, D., Dart, P. J., Klieve, A. V., & Bryden, W. L. (2023). Enhanced meat chicken productivity in response to the probiotic *Bacillus amyloliquefaciens* H57 is associated with the enrichment of microbial amino acid and vitamin biosynthesis pathways. *Journal of Applied Microbiology*, 134(4), lxad085. <https://doi.org/10.1093/jambio/lxad085>
 16. Beyari, E. A., Alshammari, N. M., Alamoudi, S. A., Mohamed, A. S., Altarjami, L. R., Baty, R. S., Alqadri, N., Al-Nazawi, A. M., Saad, A. M., Taha, T. F., El-Saadony, M. T., El-Tarabily, K. A., & Mostafa, N. G. (2024). Influences of *Bacillus pumilus* SA388 as an environmentally friendly antibiotic alternative on growth performance, blood biochemistry, immunology, cecal microbiota, and meat quality in broiler chickens. *Poultry Science*, 103(11), 104115. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104115>
 17. Bilal, M., Achard, C., Barbe, F., Chevaux, E., Ronholm, J., & Zhao, X. (2021). *Bacillus pumilus* and *Bacillus subtilis* promote early maturation of cecal microbiota in broiler chickens. *Microorganisms*, 9(9), 1899. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9091899>
 18. Cai, Y., Xiao, C., Tian, B., Dorthe, S., Meuter, A., Song, B., & Song, Z. (2024). Dietary probiotic based on a dual-strain *Bacillus subtilis* improves

- immunity, intestinal health, and growth performance of broiler chickens. *Journal of Animal Science*, 102, skae183. <https://doi.org/10.1093/jas/skae183>
19. Cao, G. T., Zhan, X. A., Zhang, L. L., Zeng, X. F., Chen, A. G., & Yang, C. M. (2018). Modulation of broilers' caecal microflora and metabolites in response to a potential probiotic *Bacillus amyloliquefaciens*. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102(2), e909–e917. <https://doi.org/10.1111/jpn.12856>
 20. Cissé, H., Adoum Oumar, D., Abasse Ouédraogo, G., Sawadogo, A., Zongo, C., Tidjani, A., & Savadogo, A. (2024). Probiotic: global market, mechanisms of action, and beneficial effects on health. *IntechOpen*. doi: 10.5772/intechopen.1007311
 21. Chang, C.H., Teng, P.Y., Lee, T.T., & Yu, B. (2020). Effects of multi-strain probiotic supplementation on intestinal microbiota, tight junctions, and inflammation in young broiler chickens challenged with *Salmonella enterica subsp. enterica*. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33, 1797–1808. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0881>
 22. Chang, Y. Q., Moon, S. K., Wang, Y. Q., Xie, L. M., Cho, H. S., & Kim, S. K. (2024). Supplemental effects of different production methods of pine needle additives on growth performance, intestinal environment, meat quality and serum of broiler chickens. *Animal Bioscience*, 37(7), 1263–1276. <https://doi.org/10.5713/ab.24.0042>
 23. Choi J. (2025). Challenges in poultry production systems and nutritional interventions. *Animals: an open access journal from MDPI*, 15(4), 530. <https://doi.org/10.3390/ani15040530>
 24. da Silva, T. F., Glória, R. A., Americo, M. F., Freitas, A. D. S., de Jesus, L. C. L., Barroso, F. A. L., Laguna, J. G., Coelho-Rocha, N. D., Tavares, L. M., le Loir, Y., Jan, G., Guédon, É., & Azevedo, V. A. C. (2024). Unlocking the potential of probiotics: a comprehensive review on research, production, and regulation of probiotics. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 16(5), 1687–1723. <https://doi.org/10.1007/s12602-024-10247-x>

25. Darboe, A. K. (2022). Review on the use of probiotics in poultry production (layers and broilers) as feed additives. *International Journal of Veterinary Science and Animal Husbandry*, 7(5), 37–42. <https://doi.org/10.22271/veterinary.2022.v7.i5a.442>
26. de Carvalho Maquiné, L., Dos Santos Almeida Coelho, K. W., da Silva Gomes, M. F., Vieira, J. R., Cavalcante, T. F., de Souza Carvalho, E. B., Rufino, J. P. F., de Oliveira, A. T., de Queiroz Costa Neto, P., & Pereira, J. O. (2024). In vitro probiotic potential of lactic acid bacteria isolated from the intestines of Muscovy ducks. *Brazilian journal of microbiology: [publication of the Brazilian Society for Microbiology]*, 55(4), 4115–4128. <https://doi.org/10.1007/s42770-024-01474-z>
27. Deryabin, D., Lazebnik, C., Vlasenko, L., Karimov, I., Kosyan, D., Zatevalov, A., & Duskaev, G. (2024). Broiler chicken cecal microbiome and poultry farming productivity: a meta-analysis. *Microorganisms*, 12(4), 747. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12040747>
28. Dezaki, F. S., Narimani, T., Ghanadian, M., Bidram, E., & Poursina, F. (2024). Antimicrobial and antibiofilm effects of cyclic dipeptide-rich fraction from *Lactobacillus plantarum* loaded on graphene oxide nanosheets. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1391039. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1391039>
29. Diarra, M. S., Zhao, X., & Butaye, P. (2021). Editorial: antimicrobial use, antimicrobial resistance, and the microbiome in food animals. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 638781. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.638781>
30. Diaz Carrasco, J. M., Casanova, N. A., & Fernández Miyakawa, M. E. (2019). Microbiota, gut health and chicken productivity: what is the connection?. *Microorganisms*, 7(10), 374. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7100374>
31. Dixon, B., Kilonzo-Nthenge, A., Nzomo, M., Bhogaju, S., & Nahashon, S. (2022). Evaluation of selected bacteria and yeast for probiotic potential in poultry production. *Microorganisms*, 10(4), 676. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10040676>

32. Dong, S., Li, L., Hao, F., Fang, Z., Zhong, R., Wu, J., & Fang, X. (2024). Improving quality of poultry and its meat products with probiotics, prebiotics, and phytoextracts. *Poultry Science*, 103(2), 103287. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103287>
33. Dubrovin, A., Tarlavin, N., Brazhnik, E., & Melikidi, V. (2022). Terminal RFLP and quantitative PCR analysis to determine the poultry microbiota and gene expression changes while using probiotic strains. In A. Ronzhin, K. Berns, & A. Kostyaev (Eds.), *Agriculture digitalization and organic production* (Vol. 245, pp. 91–102). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-16-3349-2_8
34. Duskaev, G., Rakhmatullin, S., & Kvan, O. (2020). Effects of *Bacillus cereus* and coumarin on growth performance, blood biochemical parameters, and meat quality in broilers. *Veterinary World*, 13(11), 2484–2492. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.2484-2492>
35. Elabbasy, M. T., Kishawy, A. T. Y., Abdelaziz, W. S., Hassan, A. A., Nada, H. S., Elbhnsawy, R. A., Shosha, A. M., Ibrahim, D., Eldemery, F., Atwa, S. A. E., Sherief, W. R. I. A., El-Shetry, E. S., Saleh, A. A., & Ibrahim, D. (2025). Optimistic effects of dual nano-encapsulated probiotics on breeders laying performance, intestinal barrier functions, immunity and resistance against *Salmonella typhimurium* challenge. *Scientific Reports*, 15(1), 27836. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-05495-y>
36. FAO. (2020). Gateway to poultry production and products. Retrieved June 11, 2020, from <http://www.fao.org/poultry-production-products/production/poultry-species/en/>
37. Ferrocino, I., Biasato, I., Dabbou, S., Colombino, E., Rantsiou, K., Squara, S., Gariglio, M., Capucchio, M. T., Gasco, L., Cordero, C. E., & Cocolin, L. (2023). *Lactiplantibacillus plantarum*, *Lactiplantibacillus pentosus* and inulin meal inclusion boost the metagenomic function of broiler chickens. *Animal Microbiome*, 5, 36. <https://doi.org/10.1186/s42523-023-00257-5>

38. Fesseha, H., Demlie, T., Mathewos, M., & Eshetu, E. (2021). Effect of *Lactobacillus* species probiotics on growth performance of dual-purpose chicken. *Veterinary Medicine (Auckland, N.Z.)*, 12, 75–83. <https://doi.org/10.2147/VMRR.S300881>
39. Fochesato, A. S., Martínez, M. P., Cuello, D., Poloni, V. L., Luna, M. J., Magnoli, A. P., Fernández, C., & Cavaglieri, L. R. (2024). Effects of a mixed additive based on *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus rhamnosus* on broilers exposed to aflatoxin B1 by contaminated feed. *Revista Argentina de Microbiologia*, 56(3), 312–321. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2023.11.006>
40. Food and Agriculture Organization & World Health Organization. (2001). Report of a joint FAO/WHO expert consultation on evaluation of health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria. Author.
41. Food and Agriculture Organization of the United Nations & World Health Organization. (2002). Guidelines for the evaluation of probiotics in food. In Joint FAO/WHO Working Group on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food. WHO: London, ON, Canada.
42. Gao, X., Ding, J., Liao, C., Xu, J., Liu, X., & Lu, W. (2021). Defensins: The natural peptide antibiotic. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 179, 114008. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2021.114008>
43. Ghasemi-Sadabadi, M., Ebrahimnezhad, Y., Shaddel-Tili, A., Bannapour-Ghaffari, V., Kozehgari, H., & Didehvar, M. (2019). The effects of fermented milk products (kefir and yogurt) and probiotic on performance, carcass characteristics, blood parameters, and gut microbial population in broiler chickens. *Archives Animal Breeding*, 62(1), 361–374. <https://doi.org/10.5194/aab-62-361-2019>
44. Ghazanfar, S., Khalid, N., Ahmed, I., & Imran, M. (2017). Probiotic yeast: mode of action and its effects on ruminant nutrition. InTech. <https://doi.org/10.5772/intechopen.70778>

45. Gheni, Q. J., Karomy, A. S., Yousif, A. L., & Saleh, W. M. M. (2025). Physiological and histological consequences of growth stunting in broiler chickens. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 13(1), 96–102. <https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2025/13.1.96.102>
46. Ghimire, S., Subedi, K., Zhang, X., & Wu, C. (2024). Efficacy of *Bacillus subtilis* probiotic in preventing necrotic enteritis in broilers: A systematic review and meta-analysis. *Avian Pathology*, 53(6), 451–466. <https://doi.org/10.1080/03079457.2024.2345678>
47. Ginnan, N., Crandall, S. G., Imchen, M., Dini-Andreote, F., Miyashiro, T. I., Singh, V., Ganda, E., & Bordenstein, S. R. (2025). Ecologically expanding the One Health framework to unify the microbiome sciences. *mBio*, 16(6), e03147-24. <https://doi.org/10.1128/mbio.03147-24>
48. González-Rodríguez, I., Sánchez, B., Ruiz, L., Turróni, F., Ventura, M., Ruas-Madiedo, P., Gueimonde, M., & Margolles, A. (2012). Role of extracellular transaldolase from *Bifidobacterium bifidum* in mucin adhesion and aggregation. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(11), 3992–3998. <https://doi.org/10.1128/AEM.08024-11>
49. Gorzelanna, Z., Mamrot, A., Będkowska, D., Bubak, J., & Miszczak, M. (2025). Exploring the potential of novel animal-origin probiotics as key players in one health: opportunities and challenges. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(11), 5143. <https://doi.org/10.3390/ijms26115143>
50. Greene, G., Koolman, L., Whyte, P., Burgess, C., & Bolton, D. (2023). The gut microbiota of broilers reared with and without antibiotic treatment. *Microorganisms*, 11(4), 876. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11040876>
51. Grozina, A. A., Ilina, L. A., Laptev, G. Y., Yildirim, E. A., Ponomareva, E. S., Filippova, V. A., Tyurina, D. G., Fisinin, V. I., Kochish, I. I., Griffin, D. K., Surai, P. F., & Romanov, M. N. (2023). Probiotics as an alternative to antibiotics in modulating the intestinal microbiota and performance of broiler chickens.

- Journal of Applied Microbiology, 134(9), lxad213.
<https://doi.org/10.1093/jambio/lxad213>
52. Halder, N., Sunder, J., De, A. K., Bhattacharya, D., & Joardar, S. N. (2024). Probiotics in poultry: A comprehensive review. *Journal of Basic and Applied Zoology*, 85, 23. <https://doi.org/10.1186/s41936-024-00379-5>
53. Hashemitabar, S. H., & Hosseinian, S. A. (2024). The comparative effects of probiotics on growth, antioxidant indices and intestinal histomorphology of broilers under heat stress condition. *Scientific Reports*, 14, 23471. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-66301-9>
54. Hemant Kadam, J., Sagar Pawar, R., Fadhil Md. Din, M., & Zambare, V. (2024). Advances on probiotics utilization in poultry health and nutrition. *IntechOpen*. <http://doi.org/10.5772/intechopen.113738>
55. Hicks, J. A., Pike, B. E., & Liu, H. C. (2022). Alterations in hepatic mitotic and cell cycle transcriptional networks during the metabolic switch in broiler chicks. *Frontiers in Physiology*, 13, 1020870. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.1020870>
56. Hoepers, P. G., Nunes, P. L. F., Almeida-Souza, H. O., Martins, M. M., Carvalho, R. D. d. O., Dreyer, C. T., Aburjaile, F. F., Sommerfeld, S., Azevedo, V., & Fonseca, B. B. (2024). Harnessing probiotics capability to combat *Salmonella heidelberg* and improve intestinal health in broilers. *Poultry Science*, 103, 103739. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103739>
57. Horalskyi, L.P., Khomych, V.T., Kononskyi, O.I. (2019). Basics of histological technique and morphofunctional research methods in normal and pathological conditions: Teaching. manual Zhytomyr, Polissya, 288 p.
58. Horyanto, D., Bajagai, Y. S., von Hellens, J., Chen, X., Thi Thu Hao, V., Dunlop, M. W., & Stanley, D. (2024). The association between broiler litter microbiota and the supplementation of Bacillus probiotics in a leaky gut model. *Animals: an open access journal from MDPI*, 14(12), 1758. <https://doi.org/10.3390/ani14121758>

59. Hou, Q., Kwok, L. Y., Zheng, Y., Wang, L., Guo, Z., Zhang, J., Huang, W., Wang, Y., Leng, L., Li, H., & Zhang, H. (2016). Differential fecal microbiota are retained in broiler chicken lines divergently selected for fatness traits. *Scientific Reports*, 6, 37376. <https://doi.org/10.1038/srep37376>
60. Hu, D., Wu, X., Song, P., Hou, M., Pan, L., Yang, X., Sun, Q., & Ni, Y. (2024). Dietary supplementation with multi-strain probiotic formulation (Bifidobacterium B8101, Lactobacillus L8603, *Saccharomyces bayanus* S9308, and Enterococcus SF9301), betaine or their combination promotes growth performance via improving intestinal development in broilers. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 10.1007/s12602-024-10434-w. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s12602-024-10434-w>
61. Hu, Z. (2024). Probiotics: common genera, mechanisms, current phase and the future. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 109, 204-224. <https://doi.org/10.54097/gajke929>
62. Hussain, M., Aizpurua, O., Pérez de Rozas, A., París, N., Guivernau, M., Jofré, A., Tous, N., Ng'ang'a, Z. W., Alberdi, A., Rodríguez-Gallego, E., Kogut, M. H., & Tarradas, J. (2024). Positive impact of early-probiotic administration on performance parameters, intestinal health and microbiota populations in broiler chickens. *Poultry Science*, 103(12), 104401. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104401>
63. Hussein, E. O. S., Ahmed, S. H., Abudabos, A. M., Suliman, G. M., Abd El-Hack, M. E., Swelum, A. A., & N Alowaimer, A. (2020). Ameliorative effects of antibiotic-, probiotic- and phytobiotic-supplemented diets on the performance, intestinal health, carcass traits, and meat quality of *Clostridium perfringens*-infected broilers. *Animals: an open access journal from MDPI*, 10(4), 669. <https://doi.org/10.3390/ani10040669>
64. Hylander, B. L., & Repasky, E. A. (2019). Temperature as a modulator of the gut microbiome: What are the implications and opportunities for thermal

- medicine? *International Journal of Hyperthermia*, 36(1), 83–89.
<https://doi.org/10.1080/02656736.2019.1647356>
65. Jankowski, J., Tykałowski, B., Stępniewska, A., Konieczka, P., Koncicki, A., Matusevičius, P., & Ognik, K. (2022). Immune parameters in chickens treated with antibiotics and probiotics during early life. *Animals: an open access journal from MDPI*, 12(9), 1133. <https://doi.org/10.3390/ani12091133>
66. Jha, R., Das, R., Oak, S., & Mishra, P. (2020). Probiotics (direct-fed microbials) in poultry nutrition and their effects on nutrient utilization, growth and laying performance, and gut health: A systematic review. *Animals*, 10(10), 1863. <https://doi.org/10.3390/ani10101863>
67. Kairmi, S. H., Abdelaziz, K., Spahany, H., Astill, J., Trott, D., Wang, B., Wang, A., Parkinson, J., & Sharif, S. (2024). Intestinal microbiome profiles in broiler chickens raised without antibiotics exhibit altered microbiome dynamics relative to conventionally raised chickens. *Plos One*, 19(4), e0301110. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301110>
68. Khalid, A., Khalid, F., Mahreen, N., Hussain, S. M., Shahzad, M. M., Khan, S., & Wang, Z. (2022). Effect of spore-forming probiotics on the poultry production: a review. *Food Science of Animal Resources*, 42(6), 968–980. <http://doi.org/10.5851/kosfa.2022.e41>
69. Khan, S., & Chousalkar, K. K. (2020). Salmonella Typhimurium infection disrupts but continuous feeding of Bacillus based probiotic restores gut microbiota in infected hens. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11, 29. <https://doi.org/10.1186/s40104-020-0433-7>
70. Khan, S., & Chousalkar, K. K. (2021). Functional enrichment of gut microbiome by early supplementation of Bacillus based probiotic in cage free hens: A field study. *Animal Microbiome*, 3, 50. <https://doi.org/10.1186/s42523-021-00112-5>

71. Kleyn, R., & Ciacciariello, M. (2025). Putting sustainable poultry production into perspective. *World's Poultry Science Journal*, 81(2), 343–357. <https://doi.org/10.1080/00439339.2024.2446290>
72. Konieczka, P., Sandvang, D., Kinsner, M., Szkopek, D., Szyryńska, N., & Jankowski, J. (2022). Bacillus-based probiotics affect gut barrier integrity in different ways in chickens subjected to optimal or challenge conditions. *Veterinary Microbiology*, 265, 109323. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2021.109323>
73. Korver, D. R. (2022). Intestinal nutrition: Role of vitamins and biofactors and gaps of knowledge. *Poultry Science*, 101, 101665. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101665>
74. Koschayev, I., Mezinova, C., Sorokina, N., Ryadinskaya, A., Ordina, N., & Chuyev, S. (2021). Efficiency of feed use by broiler chickens of the “Cobb-500” cross when feeding a probiotic preparation. *E3S Web of Conferences*, 273, 02009. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127302009>
75. Kumar, H., Bhardwaj, I., Nepovimova, E. Dhanjal, D.S., Shaikh, S.S., Knop, R., Atuahene, D., Shaikh, A. M., Béla, K. (2025). Revolutionising broiler nutrition: The role of probiotics, fermented products, and paraprobiotics in functional feeds. *Journal of Agriculture and Food Research*, 21, 101859. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101859>
76. Kwoji, I. D., Aiyegoro, O. A., Okpeku, M., & Adeleke, M.A. (2021). Multi-strain probiotics: synergy among isolates enhances biological activities. *Biology*, 10(4), 322. <http://doi.org/10.3390/biology10040322>
77. Lambo, M. T., Chang, X., & Liu, D. (2021). The recent trend in the use of multistrain probiotics in livestock production: an overview. *Animals: an open access journal from MDPI*, 11(10), 2805. <https://doi.org/10.3390/ani11102805>
78. Larsberg, F., Sprechert, M., Hesse, D., Loh, G., Brockmann, G. A., & Kreuzer-Redmer, S. (2023). Probiotic *Bacillus strains* enhance T cell responses

- in chicken. *Microorganisms*, 11(2), 269.
<https://doi.org/10.3390/microorganisms11020269>
79. Li, C., Cai, H., Li, S., Liu, G., Deng, X., Bryden, W. L., & Zheng, A. (2022). Comparing the potential of *Bacillus amyloliquefaciens* CGMCC18230 with antimicrobial growth promoters for growth performance, bone development, expression of phosphorus transporters, and excreta microbiome in broiler chickens. *Poultry Science*, 101(11), 102126.
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102126>
80. Liu, R., Kong, F., Xing, S., He, Z., Bai, L., Sun, J., Tan, X., Zhao, D., Zhao, G., & Wen, J. (2022). Dominant changes in the breast muscle lipid profiles of broiler chickens with wooden breast syndrome revealed by lipidomics analyses. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 13(1), 93.
<https://doi.org/10.1186/s40104-022-00743-x>
81. Liu, X., Ma, Z., Wang, Y., Li, L., Jia, H., & Zhang, L. (2023). Compound probiotics can improve intestinal health by affecting the gut microbiota of broilers. *Journal of Animal Science*, 101, skad388.
<https://doi.org/10.1093/jas/skad388>
82. Ma, L., Zhao, H., Wu, L. B., Cheng, Z., & Liu, C. (2023). Impact of the microbiome on human, animal, and environmental health from a One Health perspective. *Science in One Health*, 2, 100037.
<https://doi.org/10.1016/j.soh.2023.100037>
83. Markowiak-Kopec, P., Ślizewska, K., & Lipiński, K. (2022). Insight into dominant intestinal microbiota and the fatty acids profile of turkeys following the administration of synbiotic preparations. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102, 5272–5287. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11881>
84. Mehdi, Y., Létourneau-Montminy, M. P., Gaucher, M. L., Chorfi, Y., Suresh, G., Rouissi, T., Brar, S. K., Côté, C., Ramirez, A. A., & Godbout, S. (2018). Use of antibiotics in broiler production: Global impacts and alternatives. *Animal*

- Nutrition (Zhongguo xu mu shou yi xue hui), 4(2), 170–178. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.03.002>
85. Mei, W., Hao, Y., Xie, H., Ni, Y., & Zhao, R. (2020). Hepatic inflammatory response to exogenous LPS challenge is exacerbated in broilers with fatty liver disease. *Animals*, 10(3), 514. <https://doi.org/10.3390/ani10030514>
86. Mohamed, T. M., Sun, W., Bumbie, G. Z., Dosoky, W. M., Rao, Z., Hu, P., Wu, L., & Tang, Z. (2022). Effect of dietary supplementation of *Bacillus subtilis* on growth performance, organ weight, digestive enzyme activities, and serum biochemical indices in broiler. *Animals: an open access journal from MDPI*, 12(12), 1558. <https://doi.org/10.3390/ani12121558>
87. Mohammed, A., Hu, J., Murugesan, R., & Cheng, H. W. (2022). Effects of a synbiotic as an antibiotic alternative on behavior, production performance, cecal microbial ecology, and jejunal histomorphology of broiler chickens under heat stress. *PloS one*, 17(9), e0274179. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274179>
88. Moonsamy, G., Roets-Dlamini, Y., Langa, C. N., & Ramchuran, S. O. (2024). Advances in Yeast probiotic production and formulation for preventative health. *Microorganisms*, 12(11), 2233. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12112233>
89. Naeem, M., & Bourassa, D. (2025). Probiotics in poultry: unlocking productivity through microbiome modulation and gut health. *Microorganisms*, 13(2), 257. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13020257>
90. Nair, A., Doijad, S. P., Suryavanshi, M. V., Dey, A., Singh Malik, S. V., Dutilh, B. E., & Barbuddhe, S. B. (2025). Unveiling the kadaknath gut microbiome: early growth phase spatiotemporal diversity. *Microbiology Research*, 16(3), 54. <https://doi.org/10.3390/microbiolres16030054>
91. Nath, S. K., Hossain, T., Ferdous, M., Siddika, A., Hossain, A., Maruf, A. A., Chowdhory, A. T., & Nath, T. C. (2023). Effects of antibiotic, acidifier, and probiotic supplementation on mortality rates, lipoprotein profile, and carcass traits

- of broiler chickens. *Veterinary and Animal Science*, 22, 100325.
<http://doi.org/10.1016/j.vas.2023.100325>
92. Naumova, N. B., Alikina, T. Y., Zolotova, N. S., Konev, A. V., Pleshakova, V. I., Lescheva, N. A., & Kabilov, M. R. (2021). Bacillus-based probiotic treatment modified bacteriobiome diversity in duck feces. *Agriculture*, 11(5), 406. <https://doi.org/10.3390/agriculture11050406>
93. Neveling, D. P., & Dicks, L. M. T. (2021). Probiotics: an antibiotic replacement strategy for healthy broilers and productive rearing. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 13(1), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s12602-020-09640-z>
94. Nisa, K., Arisandi, R., Ibrahim, N., & Hardian, H. (2025). Harnessing the power of probiotics to enhance neuroplasticity for neurodevelopment and cognitive function in stunting: a comprehensive review. *The International Journal of Neuroscience*, 135(1), 41–51. <https://doi.org/10.1080/00207454.2023.2283690>
95. Obianwuna, U. E., Agbai Kalu, N., Wang, J., Zhang, H., Qi, G., Qiu, K., & Wu, S. (2023). Recent trends on mitigative effect of probiotics on oxidative-stress-induced gut dysfunction in broilers under necrotic enteritis challenge: A review. *Antioxidants*, 12(4), 911. <https://doi.org/10.3390/antiox12040911>
96. OECD & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032. OECD. <https://doi.org/10.1787/08801ab7-en>
97. Pimenov, N. V., Smirnova, E., & Ivannikova, R. F. (2023). Foreign research experience of the effect of probiotic agent on the intestinal microbiome of poultry. *Legal Regulation in Veterinary Medicine*, 104–108. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2023.1.104>
98. Poberezhets, J. M., Yaropud, V. M., Kupchuk, I. M., Rutkevych, V. S., & Burlaka, S. A. (2023). The use of probiotic in chicken-broilers feeding. *Scientific messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*, 25(99), 48–54. <http://doi.org/10.32718/nvlvet-a9908>

99. Poberezhets, J., Chudak, R., Kupchuk, I., Yaropud, V., & Rutkevych, V. (2021). Effect of probiotic supplement on nutrient digestibility and production traits on broiler chickens. *Journal of Agricultural Science*, 32(2), 296–302. <https://doi.org/10.15159/jas.21.28>
100. Poloni, V., Magnoli, A., Fochesato, A., Cristofolini, A., Caverzan, M., Merkis, C., Montenegro, M., & Cavaglieri, L. (2020). A *Saccharomyces cerevisiae* RC016-based feed additive reduces liver toxicity, residual aflatoxin B1 levels and positively influences intestinal morphology in broiler chickens fed chronic aflatoxin B1-contaminated diets. *Animal nutrition (Zhongguo xu mu shou yi xue hui)*, 6(1), 31–38. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2019.11.006>
101. Pourakbari, M., Seidavi, A., Asadpour, L., & Martínez, A. (2016). Probiotic level effects on growth performance, carcass traits, blood parameters, cecal microbiota, and immune response of broilers. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 88(2), 1011–1021. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201620150071>
102. Putra, R. P., Astuti, D., Respati, A. N., Ningsih, N., Triswanto, Yano, A. A., Gading, B. M. W. T., Jayanegara, A., Sholikin, M. M., Hassim, H. A., Azmi, A. F. M., Adli, D. N., & Irawan, A. (2024). Protective effects of feed additives on broiler chickens exposed to aflatoxins-contaminated feed: a systematic review and meta-analysis. *Veterinary Research Communications*, 48(1), 225–244. <https://doi.org/10.1007/s11259-023-10199-7>
103. Rashidi, N., Khatibjoo, A., Taherpour, K., Akbari-Gharaei, M., & Shirzadi, H. (2020). Effects of licorice extract, probiotic, toxin binder and poultry litter biochar on performance, immune function, blood indices and liver histopathology of broilers exposed to aflatoxin-B1. *Poultry Science*, 99(11), 5896–5906. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.08.034>
104. Redweik, G. A. J., Daniels, K., Severin, A. J., Lyte, M., & Mellata, M. (2020). Oral treatments with probiotics and live *Salmonella* vaccine induce unique changes in gut neurochemicals and microbiome in chickens. *Frontiers in Microbiology*, 10, 3064. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.03064>

105. Rehman, A., Arif, M., Sajjad, N., Al-Ghadi, M.Q., Alagawany, M., Abd El-Hack, M.E., Alhimaidi, A.R., Elnesr, S.S., Almutairi, B.O., Amran, R.A., Hussein, E.O.S., & Swelum, A.A. (2020). Dietary effect of probiotics and prebiotics on broiler performance, carcass, and immunity. *Poultry Science*, 99(12), 6946-6953. <http://doi.org/10.1016/j.psj.2020.09.043>
106. Reuben, R. C., Sarkar, S. L., Ibbat, H., Setu, M. A. A., Roy, P. C., & Jahid, I. K. (2021). Novel multi-strain probiotics reduces *Pasteurella multocida* induced fowl cholera mortality in broilers. *Scientific Reports*, 11(1), 8885. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88299-0>
107. Rodrigues, D. R., Briggs, W., Duff, A., Chasser, K., Murugesan, R., Pender, C., Ramirez, S., Valenzuela, L., & Bielke, L. (2020). Cecal microbiome composition and metabolic function in probiotic treated broilers. *PloS One*, 15(6), e0225921. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225921>
108. Roth, N., Käsbohrer, A., Mayrhofer, S., Zitz, U., Hofacre, C., & Domig, K. J. (2019). The application of antibiotics in broiler production and the resulting antibiotic resistance in *Escherichia coli*: A global overview. *Poultry Science*, 98(4), 1791–1804. <https://doi.org/10.3382/ps/pey539>
109. Saeed, M., Al-Khalaifah, H., Al-Nasser, A., & Al-Surrayai, T. (2025). Feeding the future: A new potential nutritional impact of *Lactiplantibacillus plantarum* and its promising interventions in future for poultry industry. *Poultry Science*, 104(6), 105130. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105130>
110. Saili, T., Aka, R., Auza, F. A., Salido, W. L., Sari, A. M., & Napirah, A. (2019). Production performance of local village chicken fed by agriculture by-product supplemented with herbal probiotics and mud clams extract (*Polymesoda erosa*) in Kendari-South-East Sulawesi. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 21, 327–336. <https://doi.org/10.25077/jpi.21.3.327-336.2019>
111. Salem, H.M., Saad, A.M., Soliman, S.M., Selim, S., Mosa, W.F.A., Ahmed, A.E., Al Jaoun, S.K., Almuhayawi, M.S., Abd, El-Hack M.E., El-Tarabily, KA., & El-Saadony, M.T. (2023). Ameliorative avian gut environment and bird

- productivity through the application of safe antibiotics alternatives: a comprehensive review. *Poultry Science*, 102(9), 102840. <http://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102840>
112. Santacroce, L., Charitos, I. A., & Bottalico, L. (2019). A successful history: probiotics and their potential as antimicrobials. *Expert Review of Anti-Infective Therapy*, 17(8), 635–645. <https://doi.org/10.1080/14787210.2019.1645597>
113. Sardar, D., Afsana, S., Habib, A., & Hossain, T. (2024). Dietary effects of multi-strain probiotics as an alternative to antibiotics on growth performance, carcass characteristics, blood profiling and meat quality of broilers. *Veterinary Integrative Sciences*, 23, 1–17. <https://doi.org/10.12982/VIS.2025.059>
114. Selim, S., Abdel-Megeid, N. S., Alhotan, R. A., Ebrahim, A., & Hussein, E. (2024). Nutraceuticals vs. antibiotic growth promoters: differential impacts on performance, meat quality, blood lipids, cecal microbiota, and organ histomorphology of broiler chicken. *Poultry Science*, 103(9), 103971. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103971>
115. Selim, S., Hussein, E., Abdel-Megeid, N. S., Melebary, S. J., AL-Harbi, M. S., & Saleh, A. A. (2021). Growth performance, antioxidant activity, immune status, meat quality, liver fat content, and liver histomorphology of broiler chickens fed rice bran oil. *Animals*, 11(12), 3410. <https://doi.org/10.3390/ani11123410>
116. Semenenko, M. P., Kuzminova, E. V., Osepchuk, D. V., Grin, V. A., Semenenko, K. A., & Zakharova, L. M. (2020). Age-related features of the manifestation of non-contagious pathology and metabolic disorders of liver in broiler chickens. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 17, p. 00139). EDP Sciences. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700139>
117. Shehata, A. A., Yalçın, S., Latorre, J. D., Basiouni, S., Attia, Y. A., Abd El-Wahab, A., Visscher, C., El-Seedi, H. R., Huber, C., Hafez, H. M., Eisenreich, W., & Tellez-Isaias, G. (2022). Probiotics, prebiotics, and phytogetic substances

- for optimizing gut health in poultry. *Microorganisms*, 10(2), 395. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10020395>
118. Shini, S., & Bryden, W. L. (2021). Probiotics and gut health: Linking gut homeostasis and poultry productivity. *Animal Production Science*, 62, 1090–1112. <https://doi.org/10.1071/AN20701>
119. Shioda, K., Smith, F., Mucache, H. N., Marri, A. R., Chew, J., Levy, K., & Freeman, M. C. (2024). Purchase, consumption, and ownership of chickens and chicken products among households in Maputo, Mozambique: A cross-sectional study. *One Health (Amsterdam, Netherlands)*, 19, 100943. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2024.100943>
120. Singh, V. P. (2018). Recent approaches in food bio-preservation - a review. *Open Veterinary Journal*, 8(1), 104–111. <https://doi.org/10.4314/ovj.v8i1.16>
121. Sirisopapong, M., Shimosato, T., Okrathok, S., & Khempaka, S. (2023). Assessment of lactic acid bacteria isolated from the chicken digestive tract for potential use as poultry probiotics. *Animal Bioscience*, 36(8), 1209–1220. <https://doi.org/10.5713/ab.22.0455>
122. Sivri, D., Şeref, B., Şare Bulut, M., & Gezmen Karadağ, M. (2025). Evaluation of the effect of probiotic supplementation on intestinal barrier integrity and epithelial damage in colitis disease: A systematic review. *Nutrition Reviews*, 83(7), e1782–e1797. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuae180>
123. Śliżewska, K., Cukrowska, B., Smulikowska, S., & Cielecka-Kuszyk, J. (2019). The effect of probiotic supplementation on performance and the histopathological changes in liver and kidneys in broiler chickens fed diets with Aflatoxin B₁. *Toxins*, 11(2), 112. <https://doi.org/10.3390/toxins11020112>
124. Soumeh, E. A., Cedeno, A. D. R. C., Niknafs, S., Bromfield, J., & Hoffman, L. C. (2021). The efficiency of probiotics administrated via different routes and doses in enhancing production performance, meat quality, gut morphology, and microbial profile of broiler chickens. *Animals: an open access journal from MDPI*, 11(12), 3607. <https://doi.org/10.3390/ani11123607>

125. Sureshkumar, S., Lee, H. C., Jung, S. K., Kim, D., Oh, K. B., Yang, H., Jo, Y. J., Lee, H. S., Lee, S., & Byun, S. J. (2021). Inclusion of *Lactobacillus salivarius* strain revealed a positive effect on improving growth performance, fecal microbiota and immunological responses in chicken. *Archives of Microbiology*, 203(2), 847–853. <https://doi.org/10.1007/s00203-020-02088-3>
126. Suryadi, U., Nugraheni, Y. R., Prasetyo, A. F., & Awaludin, A. (2019). Evaluation of effects of a novel probiotic feed supplement on the quality of broiler meat. *Veterinary World*, 12(11), 1775–1778. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2019.1775-1778>
127. Tabashsum, Z., Peng, M., Alvarado-Martinez, Z., Aditya, A., Bhatti, J., Romo, P. B., Young, A., & Biswas, D. (2020). Competitive reduction of poultry-borne enteric bacterial pathogens in chicken gut with bioactive *Lactobacillus casei*. *Scientific Reports*, 10(1), 16259. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73316-5>
128. Tang, X., Liu, X., & Liu, H. (2021). Effects of dietary probiotic (*Bacillus subtilis*) supplementation on carcass traits, meat quality, amino acid, and fatty acid profile of broiler chickens. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 767802. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.767802>
129. Tarradas, J., Tous, N., Esteve-Garcia, E., & Brufau, A. J. (2020). The control of intestinal inflammation: a major objective in the research of probiotic strains as alternatives to antibiotic growth promoters in poultry. *Microorganisms*, 8(2), 148. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8020148>
130. Tolnai, E., Fauszt, P., Fidler, G., Pesti-Asboth, G., Szilagyi, E., Stigel, A., Konya, J., Szabo, J., Stundl, L., Babinszky, L., Remenyik, J., Biro, S., & Paholcsek, M. (2021). Nutraceuticals induced changes in the broiler gastrointestinal tract microbiota. *mSystems*, 6(2), e01124-20. <https://doi.org/10.1128/mSystems.01124-20>
131. Tomczyk, G., Niczyporuk, J. S., Kozdrun, W., Sawicka-Durkalec, A., Bocian, L., Barabasz, M., & Michalski, M. (2024). Probiotic supplementation as an

- alternative to antibiotics in broiler chickens. *Journal of Veterinary Research*, 68(1), 147–154. <https://doi.org/10.2478/jvetres-2024-0009>
132. Urban-Chmiel, R., & Pyzik, E. (2025). Selected mechanisms of action of bacteriophages in bacterial infections in animals. *Viruses*, 17(1), 101. <https://doi.org/10.3390/v17010101>
133. Varriale, L., Coretti, L., Dipineto, L., Green, B. D., Pace, A., Lembo, F., Menna, L. F., Fioretti, A., & Borrelli, L. (2022). An outdoor access period improves chicken cecal microbiota and potentially increases micronutrient biosynthesis. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 904522. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.904522>
134. Vieco-Saiz, N., Belguesmia, Y., Raspoet, R., Auclair, E., Gancel, F., Kempf, I., & Drider, D. (2019). Benefits and inputs from lactic acid bacteria and their bacteriocins as alternatives to antibiotic growth promoters during food-animal production. *Frontiers in Microbiology*, 10, 57. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00057>
135. Wang, M., Zhong, J., Guo, Y., Zhao, S., Xia, H., Wang, G., Liu, C., & Guo, A. (2024). Effects of adding *Sphingomonas* Z392 to drinking water on growth performance, intestinal histological structure, and microbial community of broiler chickens. *Animals: an open access journal from MDPI*, 14(13), 1920. <https://doi.org/10.3390/ani14131920>
136. Wang, W., Dang, G., Hao, W., Li, A., Zhang, H., Guan, S., & Ma, T. (2024). Dietary supplementation of compound probiotics improves intestinal health by modulated microbiota and its SCFA products as alternatives to in-feed antibiotics. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*. <https://doi.org/10.1007/s12602-024-10314-3>
137. Wang, Y., Sun, J., Zhong, H., Li, N., Xu, H., Zhu, Q., & Liu, Y. (2017). Effect of probiotics on the meat flavour and gut microbiota of chicken. *Scientific Reports*, 7(1), 6400. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-06677-z>

138. Wang, Y., Zhang, C., Chen, X., Zheng, A., Liu, G., Ren, Y., & Chen, Z. (2024). Dietary supplementation of compound probiotics to improve performance, egg quality, biochemical parameters and intestinal morphology of laying hens. *Frontiers in Veterinary Science*, 11, 1505151. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1505151>
139. Wei, J., Zhang, B., Tang, J., Cao, J., Du, C., Wang, Z., Zhang, Y., Xie, M., Zhou, Z., & Hou, S. (2024). Embryonic growth and effect of embryonic age on quantitative and functional characteristics of duck primary hepatocytes. *Poultry Science*, 103(4), 103531. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103531>
140. Wei, R., Teng, Y., Han, C., Wei, S., Li, L., Liu, H., Hu, S., Kang, B., & Xu, H. (2024). Multi-omics reveals goose fatty liver formation from metabolic reprogramming. *Frontiers in Veterinary Science*, 11, 1122904. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1122904>
141. Wickramasuriya, S. S., Park, I., Lee, K., Lee, Y., Kim, W. H., Nam, H., & Lillehoj, H. S. (2022). Role of physiology, immunity, microbiota, and infectious diseases in the gut health of poultry. *Vaccines*, 10(2), 172. <https://doi.org/10.3390/vaccines10020172>
142. Wishna-Kadawarage, R. N., Hickey, R. M., & Siwek, M. (2024). In-vitro selection of lactic acid bacteria to combat *Salmonella enterica* and *Campylobacter jejuni* in broiler chickens. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 40(4), 133. <https://doi.org/10.1007/s11274-024-03946-8>
143. World Health Organization. (2015, April). Antimicrobial resistance. Retrieved September 14, 2015, from <https://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs194/en>
144. Wszyńska, A. K., & Godlewska, R. (2021). Lactic acid bacteria - a promising tool for controlling chicken *Campylobacter* infection. *Frontiers in Microbiology*, 12, 703441. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.703441>
145. Xiang, Q., Wang, C., Zhang, H., Lai, W., Wei, H., & Peng, J. (2019). Effects of different probiotics on laying performance, egg quality, oxidative status, and

- gut health in laying hens. *Animals: an open access journal from MDPI*, 9(12), 1110. <https://doi.org/10.3390/ani9121110>
146. Xiao, X., Cui, T., Qin, S., Wang, T., Liu, J., Sa, L., Wu, Y., Zhong, Y., & Yang, C. (2024). Beneficial effects of *Lactobacillus plantarum* on growth performance, immune status, antioxidant function and intestinal microbiota in broilers. *Poultry Science*, 103(12), 104280. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104280>
147. Xing, T., Pan, X., Zhang, L., & Gao, F. (2021). Hepatic oxidative stress, apoptosis, and inflammation in broiler chickens with wooden breast myopathy. *Frontiers in Physiology*, 12, 659777. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.659777>
148. Yang, S., Yang, Y., Long, X., Li, H., Zhang, F., & Wang, Z. (2023). Integrated analysis of the effects of cecal microbiota and serum metabolome on market weights of Chinese native chickens. *Animals: an open access journal from MDPI*, 13(19), 3034. <https://doi.org/10.3390/ani13193034>
149. Yang, Y., Hong, J., Zhang, Z., Zheng, M., Zhao, J., Fang, X., Liang, X., Liu, J., Yang, Y., Tian, G., & Fang, C. (2024). Oral supplementation with lactic acid bacteria improve the intestinal epithelial barrier and gut microbiota of broiler chicks to alleviate *Salmonella enteritidis* infection. *Poultry Science*, 103(12), 104385. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104385>
150. Yaqoob, M. U., Wang, G., & Wang, M. (2022). An updated review on probiotics as an alternative of antibiotics in poultry – A review. *Animal Bioscience*, 35(8), 1109–1120. <https://doi.org/10.5713/ab.21.0485>
151. Ye, Y., Li, Z., Wang, P., Zhu, B., Zhao, M., Huang, D., Ye, Y., Ding, Z., Li, L., Wan, G., Wu, Q., Song, D., & Tang, Y. (2021). Effects of probiotic supplements on growth performance and intestinal microbiota of partridge shank broiler chicks. *PeerJ*, 9, e12538. <https://doi.org/10.7717/peerj.12538>
152. Yousaf, S., Nouman, H. M., Ahmed, I., Husain, S., Waseem, M., Nadeem, S., Tariq, M., Sizmaz, O., & Chudhry, M. F. Z. (2022). A review of probiotic applications in poultry: Improving immunity and having beneficial effects on

- production and health. *Advancements of Microbiology*, 61(3), 115–123. <https://doi.org/10.2478/am-2022.010>
153. Yu, Y., Li, Q., Zeng, X., Xu, Y., Jin, K., Liu, J., & Cao, G. (2022). Effects of probiotics on the growth performance, antioxidant functions, immune responses, and caecal microbiota of broilers challenged by lipopolysaccharide. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 846649. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.846649>
154. Yue K., Cao, Q. Q., Shaukat, A., Zhang, C., & Huang, S. C. (2024). Insights into the evaluation, influential factors and improvement strategies for poultry meat quality: a review. *NPJ Science of Food*, 8(1), 62. <https://doi.org/10.1038/s41538-024-00306-6>
155. Yusriani, Y., Usrina, N., Fitriawaty, Qomariyah, N., Surya, Hayanti, S. Y., & Nathania, N. M. (2025). Use and addition of feed additives to livestock: In review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1476(1), 012027. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1476/1/012027>
156. Zaefarian, F., Abdollahi, M. R., Cowieson, A., & Ravindran, V. (2019). Avian liver: The forgotten organ. *Animals*, 9(2), 63. <https://doi.org/10.3390/ani9020063>
157. Zhu, J., Chen, Y., Imre, K., Pătrașcu, V., Banerjee, A., Neagu, G., Grigore-Gurgu, L., Szekeres, A., Chifiriuc, M. C., & Bartha, L. (2023). Mechanisms of probiotic *Bacillus* against enteric bacterial infections. *One Health Advances*, 1, 21. <https://doi.org/10.1186/s44280-023-00020-0>
158. ГОСТ 23392–2016. (2016). М'ясо. Методи хімічного і мікроскопічного аналізу свіжості. Федеральне агентство з технічного регулювання і метрології. Затверджено протоколом № 92-П від 25.10.2016. Введено в дію з 01.01.2018. Офіційне видання Стандартиформ
159. ГОСТ 7702.0-74. (1974). М'ясо птиці. Методи відбору зразків. Органолептичні методи оцінки якості. Державний комітет стандартів Ради Міністрів СРСР. Затверджено постановою № 2281 від 02.10.1974. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82484

160. ДСТУ 8253:2015. (2015). М'ясо птиці. Методи хімічного аналізування свіжості. Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр стандартизації, сертифікації та якості Затверджено наказом № 61 від 22.06.2015. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71556
161. ДСТУ ISO 1443:2005. (2005). М'ясо та м'ясні продукти. Методи визначення загального вмісту жиру (ISO 1443:1973, IDT). Держспоживстандарт України. Затверджено наказом № 345 від 02.12.2005. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=82655
162. ДСТУ ISO 936:2008. (2008). М'ясо та м'ясні продукти. Методи визначення масової частки загальної золи (ISO 936:1998, IDT). Держспоживстандарт України. Затверджено наказом № 126 від 16.04.2008. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=89525

ДОДАТКИ

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України, які цитуються в міжнародних наукометричних базах:

1. **Вівич А. Ю., Якубчак О. М.** Якість м'яса бройлерних курчат при використанні пробіотичного препарату. Сучасне птахівництво. 2024. № 9-10. С. 20-27. <https://doi.org/10.31548/poultry2024.09-10.020> (*Вівич А.Ю. організовано проведення наукового експерименту, зроблено аналіз отриманих результатів, підготовлено статтю до друку. Іакубчак О. розроблено програму і методологію дослідження*).
2. **Iakubchak O. M., Vivych A. Y., Hryb J. V., Danylenko S. H., Taran T. V.** Production and meat quality of broiler chickens with the use of a probiotic complex of Bifidobacteria and Lactobacilli. Regulatory Mechanisms in Biosystems, 2024. Vol. 15. No 3. P. 477-482. <https://doi.org/10.15421/022467> (*Iakubchak O.M. розроблено програму дослідження, визначено актуальність і наукову новизну отриманих результатів. Vivych A. Y., організовано і проведено дослід на курчата-бройлерах. Hryb J. V. зроблено статистичну обробку отриманих результатів, визначено їх новизну і актуальність. Danylenko S. H. розроблено комплексний пробіотик і дослідила його властивості. Taran T. V. підготовлено черновик публікації та оформила ілюстрації*).

Статті у наукових виданнях інших країн, які цитуються в міжнародних наукометричних базах:

3. **Vivych A., Iakubchak O., Horalskyi L., Lebedenko T., Umanets D., Ivaniuta A., Kharsika I., Pylypchuk O.** Effects of a probiotic complex on liver morphology in broiler chickens. Scifood. 2025. Vol. 19(1). P. 309-326. <https://doi.org/10.5219/scifood.36> (*Vivych A. організовано і проведено дослід на курчата-бройлерах, відібрано проби печінки для аналізів*).

Iakubchak O. розроблено програму дослідження, визначено актуальність і наукову новизну отриманих результатів. Horalskyi L. виконано морфометричні дослідження печінки курчат-бройлерів, зроблено їх аналіз. Lebedenko T. оформлено ілюстрації до статті. Umanets D. підготовлено і погоджено висновки з співавторами статті. Ivaniuta A. зроблено статистичну обробку отриманих результатів. Kharsika I. проведено науковий пошук та підготовлено літературний огляд до статті. Pylyrchuk O. підготовила чорновик публікації та узгодила вимоги до статті з редколегією журналу)

4. Vivych A., Iakubchak O., Horalskyi L., Shevchenko L., Beyko L., Lialyk A., Kryzhova Y., Naumenko T. The microstructure of the liver in broiler chickens under the administration of a probiotic complex of Bifidobacteria and Lactobacilli. Scifood. 2025. Vol. 19(1). P. 537-560. <https://doi.org/10.5219/scifood.68> (*Vivych A. організовано і проведено дослідження на курчата-бройлерах, відібрано проби печінки для аналізів. Iakubchak O. розроблено програму дослідження, визначено актуальність і наукову новизну отриманих результатів. Horalskyi L. виконано гістологічні дослідження печінки курчат-бройлерів, зроблено їх аналіз. Shevchenko L. підготовлено чорновик публікації, узгодила висновки зі співавторами статті. Beyko L. оформлено ілюстрації до статті. Lialyk A. зроблено статистичну обробку отриманих результатів. Kryzhova Y. проведено науковий пошук та підготовлено літературний огляд до статті. Naumenko T. узгодила вимоги до статті з редколегією журналу)*)

Тези наукових доповідей:

5. Якубчак О.М. **Вівич А.Ю.**, Гриб Ю. В. Ефективність застосування пробіотиків курчатам-бройлерам для поліпшення мікробіому кишечника Продовольчі системи України: Повоєнне відновлення та забезпечення сталого розвитку: матеріали Міжнар. науково-практичного форуму, 15-16 травня 2024 р. Харків: ДБТУ, 2024. С. 64-67. (*Вівич А.Ю. організовано*

- проведення наукового експерименту, зроблено аналіз отриманих результатів, підготовлено матеріали до друку. Іакубчак О. розроблено програму і методологію дослідження. Гриб. Ю.В. підготовлено чорновик тез).*
6. Якубчак О.М., **Вівич А.Ю.**, Гриб Ю.В. Зміни приростів живої маси та хімічних показників м'яса курчат-бройлерів за впливу пробіотичної добавки. Продовольчі системи України: Повоєнне відновлення та забезпечення сталого розвитку: матеріали Міжнар. науково-практичного форуму, 15-16 травня 2024 р. Харків: ДБТУ, 2024. С. 123-125. *(Вівич А.Ю. організовано проведення наукового експерименту, зроблено аналіз отриманих результатів, підготовлено матеріали до друку. Іакубчак О. розроблено програму і методологію дослідження. Гриб. Ю.В. підготовлено чорновик тез).*
 7. Якубчак О.М., **Вівич А.Ю.**, Гриб Ю.В. Вплив застосування пробіотику “ТІММ-П” на організм курчат-бройлерів. Актуальні питання судово-ветеринарної експертизи: реалії та перспективи: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., м. Одеса, 23–24 травня. 2024 р. Одеса, 2024. С. 123-126. *(Якубчак О.М. розроблено програму і методологію дослідження. Вівич А.Ю. організовано проведення наукового експерименту, зроблено аналіз отриманих результатів, підготовлено тези до друку. Гриб. Ю.В. підготовлено чорновик тез).*
 8. Якубчак О.М., **Вівич А.Ю.** Морфологічні та мікроструктурні зміни печінки курчат-бройлерів за вживання пробіотичного комплексу біфідо-і лактобактерій. «Єдине здоров'я – 2025»: Міжнародна наукова конференція, м. Київ, Україна, 18 вересня 2025 року: матеріали конференції. Київ: НУБіП України. 2025. С. 83-86. *Якубчак О.М. розроблено програму і методологію дослідження. Вівич А.Ю. організовано проведення наукового експерименту, зроблено аналіз отриманих результатів, підготовлено тези до друку.*