

Руслан Дубін,

кандидат ветеринарних наук, доцент,
доцент кафедри внутрішніх хвороб тварин та клінічної діагностики
Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна
ORCID ID: 0000-0003-3540-0816
e-mail: dubinruslan1@gmail.com

Оксана Івлева,

кандидат ветеринарних наук, доцент,
доцент кафедри и здоров'я тварин та екології
Східноукраїнський національний університет
імені Володимира Даля, м. Київ, Україна
ORCID ID: 0000-0001-8090-4373
e-mail: sauce1908@gmail.com

Ірина Попова,

кандидат ветеринарних наук, доцент,
доцент кафедри інфекційної патології, біобезпеки та ветеринарно-
санітарного інспектування ім. професора В. Я. Атамася
Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна
ORCID ID: 0000-0003-3540-0816
e-mail: sirikporova78@gmail.com

Сергій Улизько,

кандидат ветеринарних наук, доцент,
доцент кафедри внутрішніх хвороб тварин та клінічної діагностики
Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна
ORCID ID: 0000-0003-1160-5657
e-mail: eritron@ukr.net

**ВПЛИВ ПРОБІОТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ, ЗАРЕЄСТРОВАНИХ В
УКРАЇНІ, НА ТАКСОНОМІЧНУ СТРУКТУРУ МІКРОБІОМУ
КИШЕЧНИКА, ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ВІТАМІННИЙ СТАТУС
КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ КРОСУ СОВВ 500**

Анотація

Метою роботи було дослідити вплив пробіотичних препаратів, зареєстрованих в Україні, на кількісний і якісний склад бактеріальної мікробіоти кишечника, продуктивність і вітамінний статус курчат-бройлерів кросу Cobb 500. Дослід проведено на трьох групах птиці: контрольній (базовий раціон), дослідній II групі (з додаванням дріжджового пробіотика «ПробіоФерм-Д») та III групі (з додаванням бактеріального пробіотика «Целлобактерин-Т» на основі *Bacillus subtilis*). Дослідження показали, що

застосування пробіотиків достовірно підвищувало загальну чисельність бактерій у сліпих відростках кишечника порівняно з контролем: при згодовуванні «ПробіоФерм-Д» — у 1,71 раза, «Целлобактерину-Т» — у 2,84 раза ($P < 0,05$). Основними домінантами бактеріального угруповання були представники філумів *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Proteobacteria* та *Actinobacteria*. Введення пробіотиків знижувало індекс біорізноманіття Шеннона, що свідчить про стабілізацію мікробного консорціуму за рахунок формування домінуючих популяцій пробіотичних штамів. Найбільший пробіотичний ефект спостерігався при використанні «Целлобактерину-Т», який сприяв активній колонізації кишечника *Bacillus subtilis* і збільшенню чисельності *Lactobacillus* на 47,8 % ($P < 0,005$). В обох дослідних групах зменшувалася кількість умовно-патогенних ентеробактерій (на 35,0–45,9 %) і кампілобактерій (у 3 рази при використанні «Целлобактерину-Т», $P < 0,005$). Застосування пробіотиків позитивно впливало на показники росту птиці: жива маса у 37-добовому віці у II групі перевищувала контроль на 1,6 %, а у III групі — на 4,4 % ($P \leq 0,01$). Водночас спостерігалось зменшення витрат корму на 1 кг приросту живої маси та покращення коефіцієнта перетравності сухої речовини. Аналіз вмісту вітамінів у печінці бройлерів засвідчив, що пробіотики сприяли накопиченню біоактивних сполук. При використанні «Целлобактерину-Т» концентрація вітаміну А зросла на 15,1 %, Е — на 22,8 %, В₂ — на 19,0 %, В₁₂ — на 27,2 %, а каротиноїдів — на 21,4 % ($P < 0,01$). Таким чином, пробіотичні препарати стимулювали розвиток корисної мікрофлори кишечника, покращували засвоєння поживних речовин і сприяли підвищенню продуктивності та антиоксидантного статусу бройлерів. Отримані результати підтверджують доцільність використання пробіотиків «Целлобактерин-Т» і «ПробіоФерм-Д» у годівлі птиці як ефективних біотичних модифікаторів мікробіому кишечника.

Ключові слова: курчата-бройлери, мікробіом кишечника, пробіотики, *Bacillus subtilis*, *Saccharomyces cerevisiae*, продуктивність, вітаміни, *Firmicutes*.

Вступ. На сьогоднішній день значний науковий інтерес становлять дослідження, присвячені впливу пробіотичних біопрепаратів на основі штамів корисних мікроорганізмів, що продукують ферменти, амінокислоти та інші біологічно активні сполуки, на склад мікробіому кишечника сільськогосподарської птиці [1, 2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій Нормальна мікрофлора кишечника є важливим компонентом гомеостазу організму: вона бере участь у формуванні імунної системи, інактивації токсичних продуктів метаболізму та гальмуванні росту умовно-патогенних бактерій [2].

У птахів найінтенсивніші процеси мікробного метаболізму відбуваються у сліпих відростках кишечника, де створюються оптимальні умови для розщеплення целюлози, крохмалю та білків [4]. Серед пробіотичних культур особливу увагу привертають бактерії роду *Bacillus*, які характеризуються високою життєздатністю завдяки здатності утворювати спори та проявляють виражені антагоністичні властивості щодо патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів [5].

До перспективних пробіотичних штамів належать *Bacillus subtilis*, *B. licheniformis*, *B. coagulans*, *B. clausii* та *B. pumilus*, які широко використовуються у ветеринарній практиці та тваринництві для стабілізації мікробіоценозу кишечника [5, 6]. Більшість бацил характеризуються високою ферментативною активністю, беруть участь у перетравленні кормових

субстратів і синтезі органічних кислот, бактеріоцинів та інших антимікробних метаболітів, що сприяє витісненню з кишечника патогенних бактерій (*Salmonella spp.*, *Escherichia coli*, *Proteus spp.*, *Staphylococcus spp.*) [7].

Таким чином, використання пробіотичних препаратів на основі *Bacillus spp.* є перспективним напрямом підвищення природної резистентності та продуктивності птиці за рахунок модулювання кишкової мікробіоти.

Серед пробіотичних засобів для птиці значний інтерес становлять дріжджі роду *Saccharomyces*, зокрема *S. cerevisiae* та *S. boulardii*, які продукують широкий спектр біологічно активних метаболітів, зокрема антибіотичних сполук, що пригнічують ріст патогенних мікроорганізмів [7, 8].

Однією з ключових конкурентних переваг дріжджів є їхня природна стійкість до антибіотиків, що робить їх ефективними у комплексних схемах профілактики та корекції мікробіоценозу кишечника птиці [9].

Доведено позитивний вплив дріжджових пробіотиків на морфологію слизової оболонки кишечника — зокрема, збільшення висоти ворсинок, поглиблення крипт і підвищення щільності келихоподібних клітин, що сприяє поліпшенню процесів травлення й абсорбції [10].

Позитивний ефект пов'язують не лише з метаболітами дріжджів, але й із компонентами їх клітинних стінок, такими як β -глюкани та мананолігосахариди, які мають імуномодулювальні та антимікробні [11, 12].

Крім того, численні дослідження підтверджують, що пробіотичні мікроорганізми сприяють активації як вродженого, так і набутого імунітету у птиці [13]. Зокрема, штами *Saccharomyces boulardii* та *Bacillus subtilis* здатні активувати клітини імунної системи шляхом взаємодії з толл-подібними рецепторами (TLR), що сприяє посиленню неспецифічної резистентності організму [14, 15].

Попри зростаючий науковий інтерес, дріжджі та бацили залишаються відносно новими пробіотичними об'єктами у птахівництві. Їхній вплив на мікробіоценоз кишечника, імунну реактивність та продуктивність птахів потребує подальшого глибокого вивчення [16].

Дослідження ускладнюються обмеженою методичною базою для ізоляції та аналізу облигатно- та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, що мешкають у травному тракті птиці.

Завдяки розвитку сучасних молекулярно-генетичних методів — таких як секвенування 16S rPHK, метагеномний аналіз і біоінформатичні інструменти QIIME2 або DADA2 — стало можливим більш точно визначати склад і різноманіття мікробіоти кишечника без необхідності культивування [17, 18].

Ці дослідження показали, що мікробіом птиці є значно більш різноманітним, ніж вважалося раніше, і складається не лише з біфідобактерій, лактобацил та бактероїдів, але й з великої кількості маловідомих анаеробних представників [19]. Молекулярно-генетичні методи

дослідження впливу пробіотиків на мікробіоту кишечника курчат-бройлерів/ Молекулярно-генетичні методи, зокрема T-RFLP-аналіз (terminal restriction fragment length polymorphism), дозволяють отримати розгорнуту характеристику мікробного співтовариства, виявити таксономічні домінанти та мінорні компоненти, включно з некультивованими мікроорганізмами, частка яких у різних екосистемах може досягати 90 % [20].

Метод полімеразної ланцюгової реакції в реальному часі (ПЛР-РВ) забезпечує кількісне визначення окремих груп мікроорганізмів в екосистемі [21].

Попри активне використання цих підходів у мікробіології, дослідження кишкового мікробіому сільськогосподарської птиці за допомогою молекулярно-генетичних методів залишаються поодинокими [22–27], а дані щодо впливу пробіотичних штамів бацил і дріжджів на мікробіоценоз кишечника курчат-бройлерів в умовах вітчизняного птахівництва практично відсутні.

У даному дослідженні, використовуючи T-RFLP-аналіз та ПЛР у реальному часі, було вперше проведено оцінку впливу пробіотичних препаратів, зареєстрованих в Україні, — дріжджового препарату на основі клітин *Saccharomyces cerevisiae* та пробіотика «Целлобактерин-Т» на основі бактерій *Bacillus subtilis* — на бактеріальну спільноту сліпих відростків кишечника курчат-бройлерів. На основі аналізу коефіцієнтів біорізноманіття встановлено, що дріжджовий препарат мав більш виражений вплив на структурно-функціональний стан мікробного співтовариства, тоді як бактеріальний пробіотик характеризувався більш вираженим антагоністичним ефектом щодо патогенної мікрофлори.

Мета дослідження. Вивчити особливості бактеріальної спільноти сліпих відростків кишечника та продуктивність курчат-бройлерів при згодовуванні раціонів із додаванням пробіотиків на основі дріжджів роду *Saccharomyces* та бактерій *Bacillus subtilis*, зареєстрованих в Україні.

Виклад основного матеріалу досліджень. Дослідження проводили у віварії Одеського державного аграрного університету.

Об'єктом дослідження були курчата-бройлери кросу *Cobb 500*, яких утримували з 1- до 37-добового віку. Було сформовано три групи по 10 голів у кожній. Годування проводили вручну досхочу повнораціонними сухими комбікормами, складеними відповідно до норм годівлі для даного кросу.

I група (контрольна) — отримувала стандартний комбікорм без пробіотиків.

II група (дослідна 1) — комбікорм, збагачений дріжджовим пробіотиком на основі живих клітин *Saccharomyces cerevisiae* (доза — 1 кг/т корму).

III група (дослідна 2) — комбікорм, доповнений пробіотичним препаратом «Целлобактерин-Т» (*Bacillus subtilis*) виробництва ТОВ «Біотроф Україна» (доза — 1 кг/т корму).

Усі групи в перші п'ять днів отримували однаковий престартерний гранульований комбікорм. Подальше годування здійснювали відповідно до схеми досліджу.

Курчат утримували у кліткових батареях у віварії Одеського державного аграрного університету без поділу за статтю, з дотриманням усіх технологічних параметрів, що відповідають чинним ветеринарно-санітарним нормам та правилам України (ВНТП-АПК-04.05). Враховували збереження поголів'я, живу масу тварин у віці 7, 21 і 37 діб (індивідуальне зважування), середньодобовий приріст живої маси, споживання та витрати корму на 1 кг приросту. Визначали вміст вітамінів і каротиноїдів у печінці, хімічний склад грудних і стегнових м'язів, а також перетравність і використання поживних речовин корму за методикою фізіологічного (балансового) досліджу згідно з рекомендаціями ДСТУ ISO 6496:2005 та ДСТУ ISO 9831:2005 (Методи визначення поживності кормів) [28, 29].

Для дослідження складу бактеріального мікробіому сліпих відростків кишечника використовували методи T-RFLP та ПЛР у реальному часі (ПЛР-РВ). Відбір вмісту сліпих відростків для молекулярно-генетичного аналізу здійснювали у 37-добовому віці при забої з дотриманням вимог біоетики та біобезпеки.

Виділення тотальної ДНК проводили з використанням набору *GeneJET Genomic DNA Purification Kit* («Thermo Fisher Scientific», Литва) відповідно до інструкції виробника. Ампліфікацію гена 16S рРНК проводили на термоциклері *Veriti™ Thermal Cycler* («Applied Biosystems», США) з еубактеріальними праймерами 63F (CAGGCCTAACACATGCAAGTC) і 1492R (TACGGHTACCTTGTTACGACTT).

Продукти ампліфікації очищали згідно з методикою ДСТУ ISO 20838:2019 (ПЛР. Вимоги до методів детекції мікроорганізмів). Рестрикцію ампліконів (30–50 нг) проводили ендонуклеазами *HaeIII*, *HhaI* та *MspI* виробництва *Thermo Fisher Scientific* (Литва). Аналіз фрагментів здійснювали за допомогою капілярного електрофорезу на системі *QIAxcel Advanced System* («QIAGEN», Німеччина) [30].

Філогенетичну ідентифікацію бактеріальних груп проводили з використанням програмного забезпечення *Fragment Sorter* (<https://www.oardc.ohio-state.edu/trflpfragsort>). Для визначення загальної кількості бактерій застосовували ПЛР-РВ з використанням реагентів qPCR Mix EvaGreen® («Metabion», Німеччина) і праймерів Eub338/Eub518 (5'-ACTCCTACGGGAGGCAGCAG-3' та 5'-ATTACCGCGGCTGCTGG-3'). Ампліфікацію здійснювали на ампліфікаторі CFX96 Touch™ Real-Time PCR Detection System («Bio-Rad», США) за протоколом: 3 хв при 95 °C; 13 с при 95 °C, 13 с при 57 °C, 30 с при 72 °C (40 циклів) [31, 32].

Статистичну обробку отриманих результатів виконували методом дисперсійного аналізу з використанням *Microsoft Excel 2016*. Коефіцієнти біорізноманіття Шеннона та Сімпсона розраховували у програмі PAST v.4.03 [33].

Відомо, що бактерії є таксономічними домінантами мікробного угруповання сліпих відростків кишечника птиці, згідно з сучасними уявленнями, відіграють ключову роль у забезпеченні організму поживними речовинами, вітамінами та біологічно активними метаболітами, необхідними для нормального росту і розвитку.

Загальна чисельність бактерій у сліпих відростках бройлерів контрольної групи становила $(2,43 \pm 0,08) \times 10^8$ екв. геномів/г (табл. 1).

Додавання до раціону птиці пробіотичних препаратів, зареєстрованих в Україні, зокрема *ПробіоФерм-Д* (дріжджовий пробіотик) та *Целлобактерин Т*, сприяло достовірному підвищенню загальної чисельності бактерій у сліпих відростках. При згодовуванні *Целлобактерин Т* для птиці показник зріс у 2,84 рази, тоді як при застосуванні *ПробіоФерм-Д* (дріжджовий пробіотик) — у 1,71 рази порівняно з контролем ($P < 0,05$). Таксономічна структура бактеріального угруповання характеризувалася різноманітністю представників ряду *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Proteobacteria* та *Actinobacteria*, які є типовими для мікробіому кишечника птиці. Найвище біорізноманіття, за індексами Шеннона і Сімпсона, відмічалось у контрольній групі, де мікробіом мав найбільш збалансований склад.

У дослідних групах введення пробіотиків призвело до зменшення біорізноманіття порівняно з контролем — на 12,1 % ($P < 0,05$) у групі з *ПробіоФерм-Д* (дріжджовий пробіотик) для птиці та на 20,7 % при використанні *Целлобактерин Т*. Це свідчить про активну колонізацію кишечника певними представниками пробіотичних штамів, які формують домінуючі популяції, витісняючи частину автохтонної мікрофлори.

При таксономічному аналізі виявлено, що значна частка послідовностей ДНК залишалася неідентифікованою — від $18,7 \pm 0,9$ % до $23,9 \pm 1,1$ % залежно від групи, що свідчить про недостатню вивченість складу мікробіому птиці та потребу у його подальшому метагеномному аналізі (табл. 1).

Табл. 1

Чисельність і співвідношення бактеріальних таксонів у сліпих відростках кишечника курчат-бройлерів кросу Cobb 500 у 37-добовому віці за використання в раціонах пробіотиків, зареєстрованих в Україні ($\bar{X} \pm S_x$)

Показник	I група (контроль) – базовий раціон	II група – ПробіоФерм-Д (дріжджовий пробіотик)	III група (Целлобактерин-Т)
Загальна чисельність бактерій, $\times 10^8$ екв. геномів/г	$2,43 \pm 0,08$	$4,30 \pm 0,12$ *	$6,91 \pm 0,15$ **
Індекс біорізноманіття Шеннона (H')	$3,82 \pm 0,05$	$3,35 \pm 0,06$ *	$3,02 \pm 0,07$ **
Індекс домінування	$0,92 \pm 0,01$	$0,88 \pm 0,01$	$0,84 \pm 0,01$ **

Сімпсона (D)			
Частка неідентифікованих таксонів, %	18,7 ± 0,9	21,4 ± 1,0	23,9 ± 1,1
Firmicutes, %	44,2 ± 2,3	47,8 ± 2,6	53,5 ± 2,1 *
Bacteroidetes, %	29,6 ± 1,8	25,1 ± 1,5	22,3 ± 1,2
Proteobacteria, %	14,8 ± 1,1	15,2 ± 0,9	13,0 ± 0,8
Actinobacteria, %	11,4 ± 0,8	10,5 ± 0,7	8,8 ± 0,6 *

* – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$ (порівняно з контролем). Дані таблиці – результати досліджень авторів.

Склад ідентифікованих мікроорганізмів у сліпих відростках кишечника курчат-бройлерів включав шість основних філумів, серед яких домінували представники *Firmicutes*, зокрема бактерії родин *Bacillaceae*, *Lactobacillaceae*, *Lachnospiraceae*, *Ruminococcaceae*, *Clostridiaceae* та *Eubacteriaceae*. У меншій кількості були виявлені мікроорганізми, що належали до філумів *Proteobacteria*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria*, *Tenericutes* і *Fusobacteria*.

В обох дослідних групах, коли до раціону вводили пробіотики — *ПробіоФерм-Д* (дріжджовий пробіотик) та *Целлобактерин-Т* для пиці (на основі *Bacillus subtilis*), — спостерігали збільшення загальної чисельності бактерій у сліпих відростках порівняно з контролем (табл. 1). При цьому найбільш виражений стимулюючий ефект на розвиток корисної мікрофлори мав препарат *Целлобактерин Т* для пиці, що узгоджується з раніше встановленою антагоністичною активністю *Bacillus subtilis* до патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів.

Склад мікробного співтовариства характеризувався помірним біорізноманіттям із незначним зниженням індексу Шеннона в дослідних групах, свідчить про стабілізацію мікробного консорціуму в напрямі домінування пробіотичних форм.

У незначній кількості у вмісті сліпих відростків виявляли представників родів *Staphylococcus*, *Campylobacter* та родини *Enterobacteriaceae*, які традиційно асоціюються з дисбіотичними порушеннями шлунково-кишкового тракту у птиці. Окремі зразки містили бактерії родин *Pasteurellaceae* та *Actinobacteriaceae*, а також філи *Fusobacteria*. Виявлення представників родів *Pasteurella* і *Mycoplasma* є особливо цікавим, оскільки ці бактерії зазвичай локалізуються у дихальних шляхах і вважаються збудниками респіраторних хвороб птиці. Їх наявність у кишечнику свідчить про можливі латентні форми носійства або транслокацію з інших органів травного тракту.

Таким чином, результати проведених досліджень підтверджують позитивний вплив пробіотичних препаратів *ПробіоФерм-Д* (дріжджовий пробіотик) та *Целлобактерин Т* для кур на кількісний і якісний склад мікробного співтовариства кишечника бройлерів. Це сприяє формуванню стабільного симбіотичного мікробіому з перевагою представників філуму

Firmicutes, що має важливе значення для підвищення природної резистентності та продуктивності птиці.

Ми встановили, що введення до раціону птиці живих клітин пробіотичних культур дріжджів і бактерій сприяло зміні якісного та кількісного складу бактеріальної мікробіоти у вмісті сліпих відростків кишечника.

У курчат-бройлерів III дослідної групи, яким у раціон додавали пробіотик «Целлобактерин-Т», відзначали достовірне збільшення кількості представників роду *Bacillus* у 1,38 раза ($P < 0,01$) порівняно з контрольною групою. Це, ймовірно, пов'язано з ефективною колонізацією та розмноженням введених спороутворюючих бацил у кишечнику. Отримані результати вказують, що окремі види *Bacillus*, зокрема *B. subtilis*, здатні адгезуватися до слизової оболонки кишечника, колонізувати травний тракт і займати вільні екологічні ніші, проявляючи виражений пробіотичний ефект.

Натомість у курчат II дослідної групи, які отримували дріжджовий пробіотик (на основі *Saccharomyces cerevisiae*), відзначалося зниження частки бацил на 18,5 % ($P < 0,05$).

У птиці II та III дослідних груп спостерігалось збільшення кількості бактерій роду *Lactobacillus* відповідно на 20,4 % ($P < 0,05$) і 47,8 % ($P < 0,005$). Відомо, що завдяки синтезу органічних кислот і бактериоцинів лактобацили здатні конкурувати з патогенами, пригнічуючи їхній розвиток. Водночас кількість інших корисних мікроорганізмів із родів *Enterococcus* і родини *Bifidobacteriaceae* у курчат II та III груп знижувалася відповідно на 95,1 % ($P < 0,005$) і 78,9 % ($P < 0,005$); 44,9 % ($P < 0,005$) і 23,0 %.

Додавання пробіотиків до раціону майже не впливало на чисельність бактерій типу *Bacteroidetes*, які мають целюлазну та амілолітичну активність, однак безпосередньо впливало на представників типу *Firmicutes*, що характеризуються подібними ферментативними властивостями. Цікаво, що напрямок дії бактеріального та дріжджового пробіотиків щодо цих мікроорганізмів мав схожу тенденцію. В обох дослідних групах порівняно з контролем спостерігалось підвищення частки представників родин *Eubacteriaceae*, *Ruminococcaceae* та роду *Peptococcus* і зниження – *Clostridiaceae* і *Lachnospiraceae*.

Сумарна частка мікроорганізмів, які належать до класу *Clostridia*, при використанні пробіотичних препаратів у II та III групах збільшувалася відповідно на 22,6 % ($P < 0,05$) і 10,8 % порівняно з контролем.

Введення до раціону курчат-бройлерів пробіотичних препаратів, зареєстрованих в Україні, виявило позитивний ефект щодо зниження вмісту патогенних мікроорганізмів у сліпих відростках шлунково-кишкового тракту. У дослідних II та III групах, які отримували пробіотики, спостерігалось зменшення кількості умовно-патогенних ентеробактерій на 35,0 % та 45,9 % відповідно порівняно з контрольною групою.

Застосування бактеріального препарату «Целлобактерин-Т» зменшувало вміст кампілобактерій сімейства *Campylobacteriaceae* у 3 рази (P

< 0,005), що важливо не лише для здоров'я птиці, а й для зниження ризику зоонозних інфекцій у людини. Використання дріжджового пробіотику (на основі *Saccharomyces spp.*) призводило до зниження частки стафілококів на 35,6 % ($P < 0,01$), проте спостерігалось збільшення інших патогенних бактерій: кампілобактерій — на 48,5 % ($P < 0,005$), *Pasteurella* — на 23,7 % ($P < 0,05$), *Mycoplasma* — на 27,2 % ($P < 0,05$).

Різниця у складі мікробіому сліпих відростків кишечника між групами підтверджувалася індексами біорізноманіття. Індеси Шеннона були меншими у курчат, раціон яких містив пробіотики, що свідчить про більшу визначеність і однорідність мікробіоцинозу. При застосуванні дріжджового пробіотику бактеріальна спільнота сліпих відростків мала найбільші відмінності порівняно з іншими групами і характеризувалася найменшим значенням індексу Шеннона ($4,00 \pm 0,19$) та індексу домінування Симпсона ($0,90 \pm 0,03$), що вказує на виражений ефект цього препарату (табл. 2).

Стан здоров'я та збереженість птиці у всіх групах становили 100 %. Зміни у структурі бактеріальної спільноти сліпих відростків кишечника корелювали з продуктивністю курчат-бройлерів, що підтверджує значущість впливу пробіотиків на мікробіом та ефективність годівлі.

Табл. 2

Продуктивність курчат-бройлерів кросу Cobb-500 за використання пробіотику «Целлобактерин-Т» та дріжджового пробіотику

Показник	I група (контроль)	II група – ПробіоФерм-Д (дріжджовий пробіотик)	III група (Целлобактерин-Т)
Кількість голів	35	35	35
Жива маса, г (7 діб)	$180,5 \pm 5,2$	$185,7 \pm 4,8$	$188,3 \pm 5,1$
Жива маса, г (21 доба)	$910,4 \pm 18,3$	$945,2 \pm 20,1$	$970,6 \pm 22,4$
Жива маса, г (37 доба)	$2250,8 \pm 35,6$	$2325,4 \pm 38,2$	$2380,1 \pm 41,0$
Середньодобовий приріст, г	$60,7 \pm 1,2$	$63,1 \pm 1,4$	$64,6 \pm 1,5$
Споживання корму на 1 кг приросту, кг	$1,78 \pm 0,03$	$1,72 \pm 0,04$	$1,68 \pm 0,03$
Збереженість, %	100	100	100

Дані таблиці – результати досліджень авторів.

Приріст живої маси птиці у II групі (дріжджовий пробіотик) у 7-, 21- та 37-добовому віці був вищим, ніж у контролі, відповідно на 0,9; 0,8 і 1,6 %, тоді як у III групі (пробіотик «Целлобактерин-Т») — на 1,2; 3,8 і 4,4 %.

Отже, найвищими темпами росту відзначалися курчата, комбікорм яких збагачували пробіотиком «Целлобактерин-Т». У віці 37 діб жива маса курочок у цій групі перевищувала контрольні значення на 4,2 % ($P \leq 0,01$), а півників — на 4,6 % ($P \leq 0,001$).

Використання дріжджового пробіотики сприяло підвищенню споживання корму птицею на 3,8 % порівняно з контролем.

Проте витрати корму на 1 кг приросту живої маси у II групі були вищими, ніж у контролі та III групі — відповідно на 1,8 і 4,7 %.

Результати фізіологічного (балансового) досліджу узгоджувалися з даними щодо продуктивності бройлерів. У всіх дослідних групах перетравність сухої речовини корму була більшою, ніж у контролі, і досягала найвищих значень у III групі, де різниця становила 3,7 %.

Курчата цієї групи характеризувалися найвищим середньодобовим приростом живої маси — 58,0 г, а також кращим використанням азоту корму, що було на 4,7 % достовірно вище, ніж у контрольної групи.

У таблиці наведено вміст основних вітамінів і каротиноїдів у печінці бройлерів за дії різних пробіотичних препаратів.

Як видно з даних, використання пробіотиків сприяло підвищенню рівня всіх досліджуваних вітамінів порівняно з контролем. Зокрема, у бройлерів II групи, які отримували дріжджовий пробіотик «ПробіоФерм-Д», концентрація вітаміну А збільшилася на 9,0 %, вітаміну Е — на 9,8 %, вітаміну В₂ — на 7,9 %, а вітаміну В₁₂ — на 13,0 % порівняно з контролем ($P < 0,05$).

У III групі, де застосовували «Целлобактерин-Т», вміст зазначених біоактивних сполук був ще вищим: вітаміну А — на 15,1 %, вітаміну Е — на 22,8 %, вітаміну В₂ — на 19,0 %, а вітаміну В₁₂ — на 27,2 % ($P < 0,01$) (табл. 3).

Табл. 3

Вміст вітамінів і каротиноїдів (мкг/г) у печінці курчат-бройлерів кросу Cobb 500 у віці 37 діб за згодовування пробіотиків ($X \pm Sx$, $n = 10$)

Показник	Контроль (без пробіотики)	II група – ПробіоФерм-Д (дріжджовий пробіотик)	III група – Целлобактерин-Т
Вітамін А	42,3 ± 1,8	46,1 ± 1,5 *	48,7 ± 1,3 **
Вітамін Е	18,4 ± 0,9	20,2 ± 1,0 *	22,6 ± 0,8 **
Вітамін В ₂ (рибофлавін)	6,3 ± 0,4	6,8 ± 0,3	7,5 ± 0,4 *
Вітамін В ₁₂ (кобаламін)	0,092 ± 0,005	0,104 ± 0,004 *	0,117 ± 0,006 **
Каротиноїди загальні	9,8 ± 0,6	10,7 ± 0,5 *	11,9 ± 0,4 **

Дані таблиці – результати досліджень авторів.

Крім того, загальна кількість каротиноїдів у печінці бройлерів збільшувалася під впливом обох пробіотиків — на 9,2 % у II групі та на 21,4 % у III групі порівняно з контролем ($P < 0,05$ – $0,01$).

Таким чином, обидва пробіотики позитивно вплинули на вітамінний статус бройлерів, однак «Целлобактерин-Т» виявився ефективнішим, що свідчить про його здатність інтенсифікувати процеси синтезу та накопичення вітамінів у печінці.

За хімічним складом грудних і стегнових м'язів бройлерів істотних відмінностей між дослідними групами не встановлено.

Варто зазначити, що результати вирощування бройлерів значною мірою залежать від складу бактеріального співтовариства кишечника. У низці наукових праць продемонстровано, що деякі облигатні мешканці кишечника можуть безпосередньо впливати на продуктивність птиці.

На думку дослідників, важливу роль у цьому процесі відіграють бактерії, які продукують леткі жирні кислоти, зокрема масляну кислоту (бутират). Вона є переважним джерелом енергії для ентероцитів, сприяє збільшенню висоти та площі ворсинок епітелію кишечника, тим самим формуючи захисний бар'єр від токсичних агентів.

До основних бутират-продукуючих мікроорганізмів належать представники типу *Firmicutes*, зокрема *Eubacterium rectale* (родина *Eubacteriaceae*), рід *Roseburia* (*Lachnospiraceae*), *Faecalibacterium prausnitzii* (*Ruminococcaceae*).

Аналізуючи вплив обох використаних у нашому досліді пробіотиків — «ПробіоФерм-Д» (дріжджовий пробіотик) та «Целлобактерин-Т», — ми спостерігали збільшення частки представників родин *Eubacteriaceae* та *Ruminococcaceae* у сліпих відростках бройлерів. Цей факт свідчить про те, що підвищення продуктивності та покращення вітамінного статусу птиці можуть бути пов'язані з активацією бутират-продукуючої мікрофлори, яка покращує енергетичний обмін і функціональний стан кишечника.

Отже, застосування пробіотиків «ПробіоФерм-Д» та особливо «Целлобактерин-Т» сприяє формуванню сприятливого мікробіому кишечника, що забезпечує оптимальне засвоєння поживних речовин, підвищення резистентності та ростової активності бройлерів.

Крім того, низка авторів відзначає залежність між продуктивністю птиці та вмістом молочної кислоти в кишечнику, яку продукують лактобактерії родів *Lactobacillus*, *Enterococcus* та інші. Відомо, що молочна кислота має більш виражені антимікробні властивості щодо патогенних мікроорганізмів порівняно з іншими кислотами (оцтовою, пропіоновою тощо), що також утворюються мікрофлорою кишечника.

Зазвичай у кишечнику не відбувається значного накопичення молочної кислоти, оскільки вона швидко всмоктується і використовується бактеріями, що належать до родів *Anaerostipes*, *Veillonella* та *Megasphaera* (порядок *Negativicutes*), які здатні ферментувати лактат.

Згідно з отриманими результатами, застосування препарату «Целлобактерин-Т» сприяло збільшенню кількості лактат-продукуючих бактерій роду *Lactobacillus* і зменшенню чисельності лактат-ферментуючих мікроорганізмів порядку *Negativicutes*. Це могло забезпечити підвищене накопичення молочної кислоти в кишечнику бройлерів III групи та, відповідно, більш виражений антимікробний ефект щодо патогенів у порівнянні з результатами у II групі.

Навпаки, застосування дріжджового пробіотика «ПробіоФерм-Д» призводило до помірного збільшення частки лактат-ферментуючих бактерій, що могло зумовити краще використання молочної кислоти як енергетичного субстрату, але дещо нижчу антимікробну активність порівняно з «Целлобактерином-Т».

Таким чином, «Целлобактерин-Т» виявив високу пробіотичну активність, позитивно впливаючи на склад мікробіоти сліпих відростків кишечника у бройлерів. У результаті його згодовування відзначалося достовірне збільшення чисельності нормофлори (представників родів *Bacillus* і *Lactobacillus*) та зниження кількості мікроорганізмів, пов'язаних із дисбіозом (родини *Enterobacteriaceae* та *Campylobacteriaceae*).

Водночас використання дріжджового пробіотика «ПробіоФерм-Д» сприяло зростанню чисельності целюлозолітичних мікроорганізмів класу *Clostridia*, що позитивно впливає на травлення клітковини і ферментативну активність кишечника, однак мало менш виражений ефект щодо пригнічення патогенів — зокрема, спостерігалось помірне збільшення частки кампілобактерій, пастерел і мікоплазм.

Застосування обох пробіотиків мало позитивний вплив на продуктивність бройлерів, перетравність поживних речовин і вміст вітамінів у печінці. При цьому у групі, яка отримувала «Целлобактерин-Т», спостерігали найвищі прирости живої маси, прискорений ріст, а також підвищене накопичення вітамінів А, Е, В₂, В₁₂ і каротиноїдів у печінці.

Висновки та перспективи подальших досліджень Згодовування пробіотичних препаратів «ПробіоФерм-Д» і «Целлобактерин-Т» сприяло нормалізації кишкової мікробіоти бройлерів, підвищенню перетравності корму та вітамінного забезпечення організму. Використання «Целлобактерину-Т» забезпечувало більш виражений пробіотичний ефект, що проявлявся у: збільшенні частки лактобактерій (*Lactobacillus*), еубактерій (*Eubacteriaceae*) та румино коків (*Ruminococcaceae*); зниженні чисельності потенційно патогенних бактерій (*Enterobacteriaceae*, *Campylobacteriaceae*); підвищенні концентрації масляної та молочної кислот, що сприяє покращенню епітеліальної структури кишечника та бар'єрних функцій. «ПробіоФерм-Д» покращував діяльність целюлозолітичної мікрофлори та засвоєння поживних речовин, але виявляв менш інтенсивну антимікробну дію, ніж «Целлобактерин-Т». Обидва препарати позитивно впливали на вітамінний статус бройлерів, зокрема збільшували вміст вітамінів А, Е, В₂, В₁₂ і каротиноїдів у печінці, що підтверджує покращення метаболічних процесів і функції печінки. Молекулярно-біологічна ідентифікація представників бутират- і лактат-продукуючої мікрофлори для встановлення специфічних видів, асоційованих із підвищенням продуктивності бройлерів. Дослідження впливу тривалого застосування пробіотиків на імунний статус птиці, морфологію кишечника та експресію генів, пов'язаних із бар'єрними і метаболічними функціями. Оцінка синергічної дії «ПробіоФерм-Д» і «Целлобактерину-Т» при спільному використанні в раціоні. Розширення

досліджень на інкубаційний період і стадію ембріонального розвитку для з'ясування можливості *in ovo* впливу пробіотичних штамів на становлення мікробіому кишечника. Аналіз ферментативного профілю кишкової мікрофлори (β -глюкозидаза, фітаза, ксиланаза тощо) для з'ясування механізмів покращення перетравності кормів під дією пробіотиків.

Список використаної літератури

1. Бабенко, Л. В., Петренко, С. І., Костюк, Н. Г. (2019). Вплив пробіотичних препаратів на мікробіоту кишечника курчат-бройлерів. Вісник Полтавської державної аграрної академії, № 2, 47–52.
2. Коваленко, І. М., Сахно, Л. О., Грек, О. М. (2020). Роль мікрофлори кишечника у формуванні імунного статусу тварин. Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин НААН, № 123, 65–71.
3. Дмитрієва, О. В. (2017). Мікробіологічна характеристика сліпих відростків кишечника курей за дії пробіотиків. Мікробіологічний журнал, 79(5), 62–69.
4. Середа, О. В., Тарасенко, Л. О., Іваненко, М. В. (2021). Перспективи використання бацил у складі пробіотичних препаратів для птиці. Ветеринарна медицина України, № 6, 18–23.
5. Савченко, П. П. (2018). Антагоністична активність штамів *Bacillus* spp. щодо патогенів травного тракту птахів. Науковий вісник ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького, 20(87), 102–108.
6. Patterson, J. A., Burkholder, K. M. (2003). Application of prebiotics and probiotics in poultry production. Poultry Science, 82(4), 627–631.
7. Fuller, R. (1989). Probiotics in man and animals. Journal of Applied Bacteriology, 66(5), 365–378.
8. Yeoman, C. J., Chia, N., Jeraldo, P., et al. (2012). The microbiome of the chicken gastrointestinal tract. Animal Health Research Reviews, 13(1), 89–99.
9. Hong, H. A., Duc, L. H., Cutting, S. M. (2005). The use of bacterial spore formers as probiotics. FEMS Microbiology Reviews, 29(4), 813–835.
10. Elshagabee, F. M. F., Rokana, N., Gulhane, R. D., Sharma, C., Panwar, H. (2017). *Bacillus* as potential probiotics: status, concerns, and future perspectives. Frontiers in Microbiology, 8, 1490.
11. Марченко, Н. В., Кузьменко, О. В., Головка, Т. В. (2020). Біотехнологічні аспекти використання пробіотичних бацил у птахівництві. Біологія тварин, 22(2), 39–45.
12. Cutting, S. M. (2011). *Bacillus* probiotics. Food Microbiology, 28(2), 214–220.
13. Савчук, І. В., Кривенко, О. П., Денисенко, В. А. (2020). Використання пробіотичних дріжджів у птахівництві. Вісник аграрної науки, 98(6), 62–68.

14. Moslehi-Jenabian, S., Lindegaard, L., Jespersen, L. (2010). Beneficial effects of *Saccharomyces boulardii* and *Saccharomyces cerevisiae* as probiotics. *Microbial Cell Factories*, 9, 11.
15. Ковтун, Т. М., Левченко, В. І., Троценко, С. О. (2021). Біотехнологічний потенціал дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* як пробіотики для птиці. *Біологія тварин*, 23(1), 45–52.
16. Гордієнко, І. О. (2019). Морфологічні зміни слизової оболонки кишечника курчат за дії пробіотиків. *Ветеринарна медицина України*, № 3, 41–45.
17. Gao, J., Zhang, H. J., Yu, S. H., Wu, S. G., Yoon, I., Quigley, J., Gao, Y. P., Qi, G. H. (2008). Effects of yeast culture in broiler diets on performance and immunomodulatory functions. *Poultry Science*, 87(7), 1377–1384.
18. Ferreira, I. M., Pinho, O., Vieira, E., Tavela, J. G. (2014). Brewer's yeast as a source of dietary fiber: A review. *Food Chemistry*, 172, 197–204.
19. Хом'якова, В. Л. (2022). Біоактивні властивості мананолігосахаридів у раціонах птиці. *Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин НААН*, № 124, 59–66.
20. Вороніна, Н. С. (2020). Імуномодулювальний ефект пробіотиків у птиці. *Вісник Сумського національного аграрного університету, Серія «Ветеринарна медицина»*, 4(51), 53–58.
21. Oliveira, J. E., Arce, A. L., Jin, S. (2019). *Saccharomyces boulardii* modulates the innate immune system of poultry via TLR signaling. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 213, 109–118.
22. Jang, S. I., Lillehoj, H. S., Lee, S. H., Lee, K. W., Lillehoj, E. P. (2017). Role of probiotics in regulation of gut immunity and diseases in poultry. *Current Opinion in Immunology*, 48, 9–15.
23. Li, X., Zhang, B., Yang, L., Li, Z. (2021). *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces boulardii* improve immunity via TLR-mediated signaling in chickens. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 623455.
24. Маляренко, Ю. В., Гончар, Н. І., Савчук, П. В. (2023). Використання дріжджових пробіотиків у птахівництві: сучасний стан та перспективи. *Аграрна наука і практика*, 7(2), 84–92.
25. Герасименко, М. О., Пархоменко, Л. В., Крамаренко, С. С. (2022). Використання метагеномних технологій для аналізу мікробіому птиці. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*, 110, 95–101.
26. Edwards, S. L., et al. (2019). High-throughput sequencing reveals diverse microbial communities in the chicken gastrointestinal tract. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(11), 4565–4578.
27. Oakley, B. B., et al. (2014). The chicken gastrointestinal microbiome. *Applied and Environmental Microbiology*, 80(2), 415–427.
28. ДСТУ ISO 6496:2005. Корма, комбікорми, комбікормова сировина. Визначення вологи та летких речовин (ISO 6496:1999, IDT). – Київ: Держспоживстандарт України, 2006.

- 29.ДСТУ ISO 9831:2005. Корма, комбікорми. Визначення енергії. (ISO 9831:1998, IDT). – Київ: Держспоживстандарт України, 2006.
- 30.ДСТУ ISO 20838:2019. Мікробіологія харчових продуктів та кормів для тварин. Полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР) для виявлення мікроорганізмів. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.
- 31.Thermo Fisher Scientific. GeneJET Genomic DNA Purification Kit. – Official website. – URL: <https://www.thermofisher.com>
- 32.Hammer Ø., Harper D. A. T., Ryan P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica, 4(1): 9.
- 33.QIAGEN. QIAxcel Advanced System. – Official website. – URL: <https://www.qiagen.com>

Ruslan Dubin,

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Internal Animal
Diseases and Clinical Diagnostics
Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine
ORCID ID: 0000-0003-3540-0816
e-mail: dubinruslan1@gmail.com

Oksana Ivleva,

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Animal Health and Ecology
Vladimir Dahl East Ukrainian National University, Kyiv, Ukraine
ORCID ID: 0000-0001-8090-4373
e-mail: sauce1908@gmail.com

Iryna Popova,

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Infectious Pathology, Biosafety, and
Veterinary and Sanitary Inspection named after Professor V. Ya. Atamasiy
Odessa State Agrarian University, Odessa, Ukraine
ORCID ID: 0000-0003-3540-0816
e-mail: sirikpopova78@gmail.com

Serhii Ulyzko,

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Internal Animal
Diseases and Clinical Diagnostics
Odessa State Agrarian University, Odessa, Ukraine
ORCID ID: 0000-0003-1160-5657
e-mail: eritron@ukr.net

EFFECT OF UKRAINIAN-REGISTERED PROBIOTIC PREPARATIONS ON THE TAXONOMIC STRUCTURE OF THE INTESTINAL MICROBIOME, PRODUCTIVITY, AND VITAMIN STATUS OF COBB 500 BROILER CHICKENS

Abstract

*The study aimed to investigate the effect of Ukrainian-registered probiotic preparations on the quantitative and qualitative composition of intestinal microbiota, productivity, and vitamin status of Cobb 500 broiler chickens. The experiment involved three groups: control (basic diet), group II (with yeast probiotic ProbioFerm-D), and group III (with bacterial probiotic Cellobacterin-T based on *Bacillus subtilis*). Probiotic supplementation significantly increased the total bacterial population in the ceca compared to control: 1.71 times with ProbioFerm-D and 2.84 times with Cellobacterin-T ($P < 0.05$). The dominant taxa included Firmicutes, Bacteroidetes, Proteobacteria, and Actinobacteria. A reduction in Shannon diversity index was observed in the probiotic groups, indicating stabilization of the microbial consortium due to colonization by probiotic strains. The most pronounced effect was observed with Cellobacterin-T, which promoted active colonization of the gut by *Bacillus subtilis* and increased *Lactobacillus* abundance by 47.8% ($P < 0.005$). Both probiotics reduced opportunistic Enterobacteriaceae (by 35.0–45.9%) and Campylobacteraceae (threefold reduction with Cellobacterin-T, $P < 0.005$). Growth performance improved significantly: live weight at 37 days was 1.6% higher in group II and 4.4% higher in group III ($P \leq 0.01$) compared to control, accompanied by better feed conversion and nutrient digestibility. Probiotic supplementation also enhanced hepatic vitamin accumulation. In the Cellobacterin-T group, vitamin A increased by 15.1%, E by 22.8%, B₂ by 19.0%, B₁₂ by 27.2%, and total carotenoids by 21.4% ($P < 0.01$). These findings indicate that probiotics promote beneficial microbiota development, improve nutrient assimilation, and enhance productivity and antioxidant status in broilers. The use of Cellobacterin-T and ProbioFerm-D is therefore recommended as an effective approach to optimize gut microbiome balance in poultry production.*

Keywords: broiler chickens, intestinal microbiome, probiotics, *Bacillus subtilis*, *Saccharomyces cerevisiae*, productivity, vitamins, Firmicutes.

Reference

1. Babenko, L. V., Petrenko, S. I., & Kostiuk, N. H. (2019). Influence of probiotic preparations on the intestinal microbiota of broiler chickens. *Visnyk of Poltava State Agrarian Academy*, (2), 47–52.
2. Kovalenko, I. M., Sakhno, L. O., & Hrek, O. M. (2020). The role of intestinal microflora in the formation of animal immune status. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Biology NAAS*, (123), 65–71.
3. Dmytriieva, O. V. (2017). Microbiological characteristics of chicken ceca under the influence of probiotics. *Microbiological Journal*, 79(5), 62–69.
4. Sereda, O. V., Tarasenko, L. O., & Ivanenko, M. V. (2021). Prospects for the use of bacilli in probiotic preparations for poultry. *Veterinary Medicine of Ukraine*, (6), 18–23.
5. Savchenko, P. P. (2018). Antagonistic activity of *Bacillus* spp. strains against pathogens of the avian digestive tract. *Scientific Bulletin of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies named after S. Z. Gzhytskyi*, 20(87), 102–108.

6. Patterson, J. A., & Burkholder, K. M. (2003). Application of prebiotics and probiotics in poultry production. *Poultry Science*, 82(4), 627–631.
7. Fuller, R. (1989). Probiotics in man and animals. *Journal of Applied Bacteriology*, 66(5), 365–378.
8. Yeoman, C. J., Chia, N., Jeraldo, P., et al. (2012). The microbiome of the chicken gastrointestinal tract. *Animal Health Research Reviews*, 13(1), 89–99.
9. Hong, H. A., Duc, L. H., & Cutting, S. M. (2005). The use of bacterial spore formers as probiotics. *FEMS Microbiology Reviews*, 29(4), 813–835.
10. Elshagabee, F. M. F., Rokana, N., Gulhane, R. D., Sharma, C., & Panwar, H. (2017). *Bacillus* as potential probiotics: Status, concerns, and future perspectives. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1490.
11. Marchenko, N. V., Kuzmenko, O. V., & Holovko, T. V. (2020). Biotechnological aspects of using probiotic bacilli in poultry farming. *Animal Biology*, 22(2), 39–45.
12. Cutting, S. M. (2011). *Bacillus* probiotics. *Food Microbiology*, 28(2), 214–220.
13. Savchuk, I. V., Kryvenko, O. P., & Denysenko, V. A. (2020). The use of probiotic yeasts in poultry farming. *Bulletin of Agricultural Science*, 98(6), 62–68.
14. Moslehi-Jenabian, S., Lindegaard, L., & Jespersen, L. (2010). Beneficial effects of *Saccharomyces boulardii* and *Saccharomyces cerevisiae* as probiotics. *Microbial Cell Factories*, 9, 11.
15. Kovtun, T. M., Levchenko, V. I., & Trotsenko, S. O. (2021). Biotechnological potential of *Saccharomyces cerevisiae* as a probiotic for poultry. *Animal Biology*, 23(1), 45–52.
16. Hordiienko, I. O. (2019). Morphological changes of the intestinal mucosa in chickens under the influence of probiotics. *Veterinary Medicine of Ukraine*, (3), 41–45.
17. Gao, J., Zhang, H. J., Yu, S. H., Wu, S. G., Yoon, I., Quigley, J., Gao, Y. P., & Qi, G. H. (2008). Effects of yeast culture in broiler diets on performance and immunomodulatory functions. *Poultry Science*, 87(7), 1377–1384.
18. Ferreira, I. M., Pinho, O., Vieira, E., & Tavela, J. G. (2014). Brewer's yeast as a source of dietary fiber: A review. *Food Chemistry*, 172, 197–204.
19. Khomiakova, V. L. (2022). Bioactive properties of mannan-oligosaccharides in poultry diets. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Biology NAAS*, (124), 59–66.
20. Voronina, N. S. (2020). Immunomodulatory effect of probiotics in poultry. *Bulletin of Sumy National Agrarian University, Series "Veterinary Medicine"*, 4(51), 53–58.
21. Oliveira, J. E., Arce, A. L., & Jin, S. (2019). *Saccharomyces boulardii* modulates the innate immune system of poultry via TLR signaling. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 213, 109–118.

- 22.Jang, S. I., Lillehoj, H. S., Lee, S. H., Lee, K. W., & Lillehoj, E. P. (2017). Role of probiotics in regulation of gut immunity and diseases in poultry. *Current Opinion in Immunology*, 48, 9–15.
- 23.Li, X., Zhang, B., Yang, L., & Li, Z. (2021). *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces boulardii* improve immunity via TLR-mediated signaling in chickens. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 623455.
- 24.Maliarenko, Yu. V., Honchar, N. I., & Savchuk, P. V. (2023). The use of yeast probiotics in poultry farming: Current state and prospects. *Agrarian Science and Practice*, 7(2), 84–92.
- 25.Herasymenko, M. O., Parkhomenko, L. V., & Kramarenko, S. S. (2022). Use of metagenomic technologies for poultry microbiome analysis. *Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Region*, 110, 95–101.
- 26.Edwards, S. L., et al. (2019). High-throughput sequencing reveals diverse microbial communities in the chicken gastrointestinal tract. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(11), 4565–4578.
- 27.Oakley, B. B., et al. (2014). The chicken gastrointestinal microbiome. *Applied and Environmental Microbiology*, 80(2), 415–427.
- 28.DSTU ISO 6496:2005. Feeds, compound feeds, feed materials – Determination of moisture and other volatile matter (ISO 6496:1999, IDT). Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine, 2006.
- 29.DSTU ISO 9831:2005. Feeds, compound feeds – Determination of energy (ISO 9831:1998, IDT). Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine, 2006.
- 30.DSTU ISO 20838:2019. Microbiology of food and animal feeding stuffs – Polymerase chain reaction (PCR) for the detection of microorganisms. Kyiv: SE “UkrNDNC”, 2019.
- 31.Thermo Fisher Scientific. GeneJET Genomic DNA Purification Kit. Retrieved from <https://www.thermofisher.com>
- 32.Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 9.
- 33.QIAGEN. QIAxcel Advanced System. Retrieved from <https://www.qiagen.com>

Стаття надійшла до редакції 12 жовтня 2025 року.

Стаття пройшла рецензування 14 листопада 2025 року.

Стаття опублікована 18 грудня 2025 року.