

Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.

Серія: Ветеринарні науки

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.

Series: Veterinary sciences

ISSN 2518-7554 print
ISSN 2518-1327 online

doi: 10.32718/nvlvet11627
<https://nvlvet.com.ua/index.php/journal>

UDC 619:591.434:636.085:636.4

The influence of feed additive on certain morphometric indicators of the mucous membrane of the large intestine in piglets

N. V. Boniuk^{1✉}, O. M. Shchebentovska²

¹Institute of Animal Biology NAAS, Lviv, Ukraine

²Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine

Article info

Received 11.10.2024

Received in revised form
11.11.2024

Accepted 12.11.2024

Institute of Animal Biology NAAS,
Vasyl Stus Str., 38, Lviv,
79034, Ukraine.
Tel.: +38-099-290-01-05
E-mail: nataliiboniuk@gmail.com

Stepan Gzhytskyi National
University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies Lviv,
Pekarska Str., 50, Lviv,
79010, Ukraine.

Boniuk, N. V., & Shchebentovska, O. M. (2024). The influence of feed additive on certain morphometric indicators of the mucous membrane of the large intestine in piglets. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences, 26(116), 179–190. doi: 10.32718/nvlvet11627

This article presents the results of research on the effect of the feed additive “Globigen Jump Start” on the morphological and functional state as well as on the specific morphometric parameters of the large intestine in piglets, including the number of goblet and enterochromaffin cells. From the first day of life, two groups of piglets were formed – a control group and an experimental group, with 20 animals in each. Starting from the 5th day of life, piglets in both groups were fed a nutritionally balanced pre-starter compound feed, while from the 7th day of life, the experimental group animals received the prebiotic additive “Globigen Jump Start” at a rate of 2 kg/ton of feed, consisting of dry yeast and egg powder enriched with immunoglobulins. On days 7, 14, and 28, five animals from each group were euthanized for histological material collection while following the requirements of ethical animal treatment. In the course of morphometric research, on the 14th day, significant increases were established in the thickness of the mucous membrane of the cecum by 2.3 %, the colon by 13.4 %, and the rectum by 2.3 % in relation to these indicators in control piglets. Additionally, an increase in the thickness of the muscular layer of the cecum was recorded on the 14th day, specifically, a thickening of the outer longitudinal layer by 10.4 % and the inner circular layer by 3.9 %; for the colon, increases were noted at 7.7 % (outer longitudinal layer) and 4.1 % (inner circular layer); for the rectum, increases were 7.3 % (outer longitudinal layer) and 12.2 % (inner circular layer) relative to these indicators in the control group of piglets. A similar trend was observed on the 28th day. The number of goblet cells in the large intestine of the experimental and control groups of piglets did not significantly differ on the 7th day. However, by the 14th day, the density of goblet cells in the cecum, colon, and rectum of the experimental group piglets per area of 0.45 mm² was significantly higher compared with that of the control piglets by 37.9 %, 9.5 %, and 3.6 %, respectively. This trend was maintained on the 28th day. Histometric analysis of enterochromaffin cells in the large intestine of piglets revealed that the highest number was localized in the rectum, and the lowest in the cecum. On the 7th day, no significant difference was observed in the average number of enterochromaffin cells in the large intestine between the experimental and control groups. However, on the 14th and 28th days, their number in the cecum increased by 1.5 and 1.31 times, respectively, compared to the control group's figures. A similar increase was noted in the colon, where on the 14th day, the number of enterochromaffin cells in the experimental group was greater by 14.3 % compared to the control group, and by 8.3 % on the 28th day. The use of the prebiotic additive “Globigen Jump Start” in the experimental group of piglets contributed to an increase in the average number of enterochromaffin cells in the rectum by 4.3 % on the 14th day and by 17.9 % on the 28th day in comparison with this indicator in the control group of piglets. The increase in the number of enterochromaffin cells synthesizing serotonin influenced the morphology of the intestinal tract, specifically the thickening of the mucosa and muscular layers, contributing to more intense smooth muscle contractions, ensuring effective reabsorption of water and nutrients, and facilitating adaptive responses to constant technological stress in piglets.

Key words: pigs, weaning period, morphology, goblet cells, enterochromaffin cells, serotonin, biologically active substances.

Вплив кормової добавки на окремі морфометричні показники слизової оболонки товстого відділу кишечника поросят

Н. В. Бонюк^{1✉}, О. М. Щербентовська²

¹Інститут біології тварин НААН, м. Львів, Україна

²Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

У роботі наведені результати дослідження впливу кормової добавки “Глобіген джамп старт” на морфофункціональний стан та окремі морфометричні параметри товстого відділу кишечника поросят, кількість келихоподібних та ентерохромафінних клітин. З першої доби життя поросят сформовано дві групи – контрольну та дослідну по 20 тварин у кожній. Поросятам обох груп починаючи з 5-добового віку почали згодовувати збалансований за показниками поживності предстартерний комбікорм, а з 7 доби життя тваринам дослідної групи до основного корму додавали пребіотичну добавку “Глобіген джамп старт” у кількості 2 кг/т корму до складу якої входять сухі дріжджі та яєчний порошок збагачений імуноглобулінами. На 7, 14 та 28 доби по п'ять тварин з кожної групи піддавали евтаназії з відбором матеріалу для гістологічного дослідження з дотриманням вимог етичного ставлення до тварин. У процесі морфометричного дослідження в поросят дослідної групи на 14 добу встановлено достовірне збільшення товщини слизової оболонки сліпої кишки на 2,3 %, ободової на 13,4 % та 2,3 % прямої кишки відносно цих показників у контрольних поросят. Крім того, фіксували збільшення товщини м'язової оболонки сліпої кишки на 14 добу, а саме – потовщення зовнішнього поздовжнього шару на 10,4 % та внутрішнього циркулярного шару на 3,9 %; ободової кишки, відповідно на 7,7 % (зовнішній поздовжній шар) та 4,1 % (внутрішній циркулярний шар); прямої кишки – на 7,3 % (зовнішній поздовжній шар) та 12,2 % (внутрішній циркулярний шар) відносно цих показників у контрольній групі поросят. Подібну тенденцію відзначали і на 28 добу. Кількість келихоподібних клітин у товстому відділі кишечника поросят дослідної та контрольної груп поросят на 7 добу достовірно не відрізнялись між собою. Проте, вже на 14 добу щільність келихоподібних клітин у сліпій, ободовій та прямій кишці поросят дослідної групи на площі 0,45 мм² була достовірно вищою у порівнянні з цим показником у контрольних поросят на 37,9 %, 9,5 % та 3,6 %, відповідно. На 28 добу зберігалась подібна тенденція. При гістометричному аналізі ентерохромафінних клітин у товстому кишечнику поросят встановлено, що найбільша їх кількість локалізувалась у прямій кишці, а найменша – у сліпій. На 7 добу в поросят дослідної і контрольної групи не виявлено достовірної різниці щодо середньої кількості ентерохромафінних клітин у товстому відділі кишечника. Тоді, як 14 та 28 добу їх кількість у сліпій кишці, у порівнянні з показником контрольної групи поросят, достовірно зросла у 1,5 та 1,31 рази відповідно. Подібну тенденцію спостерігали і в ободовій кишці, де на 14 добу в поросят дослідної групи кількість ентерохромафінних клітин на 14,3 % була більшою, як у поросят контрольної групи та на 8,3 % на 28 добу. Застосування пребіотичної добавки “Глобіген джамп старт” поросят дослідної групи сприяло збільшенню середньої кількості ентерохромафінних клітин і у прямій кишці на 14 добу на 4,3 %, на 28 добу – на 17,9 % у порівнянні з цим показником у поросят контрольної групи. Збільшення кількості ентерохромафінних клітин, які синтезують серотонін впливало на морфологію кишкового тракту, а саме потовщення слизової та м'язової оболонок, що сприяло інтенсивнішому скороченню гладкої мускулатури, забезпечуючи ефективну реабсорбцію води і нутрієнтів та сприяло розвитку адаптаційно-приспосувальних реакцій у поросят до постійних технологічних стресів.

Ключові слова: свині, період відлучення, морфологія, келихоподібні клітини, ентерохромафінні клітини, серотонін, біологічно активні речовини.

Вступ

Раннє відлучення поросят від свиноматки призводить до виникнення кормового стресу, морфологічних змін у шлунково-кишковому тракті та спричиняє порушення мікробного балансу кишечника. Перехід від молока свиноматки до твердої дієти, а також різка зміна смаку, аромату та в'язкості корму часто провокує зменшення споживання його поросятами в перші дні відлучення. Після перехідного періоду споживання корму збільшується, що може спричинити розлади травлення та появу діареї у поросят (Adeola & King, 2006). Практичним вирішенням даної проблеми, з метою зменшення кормового стресу та відновленню кишкової мікрофлори шляхом балансування корисних біфідо- та лактобактерій, а також зменшення популяції кишкових патогенів, таких як *Escherichia coli*, вводять в корм пребіотики, пробіотики чи симбіотики (Rolfe, 2000; Waititu et al., 2015; Prudius & Vishchur, 2022).

Gibson and Roberfroid (1995) у своїх дослідженнях довели позитивний вплив пребіотиків на організм поросят шляхом вибіркової стимуляції росту необхідних бактерій у товстій кишці. Bezkerovainy (2001) припускав, що використання пребіотиків є перспекти-

вним для збільшення кількості корисних мікроорганізмів у кишечнику. Їх використовували як потенційну альтернативу антибіотикам Ali M. S. et al. (2023).

Крім того, є дослідження у яких зазначалось, що кормові добавки, які містили дріжджові продукти, включаючи культуру дріжджів, клітинну стінку дріжджів і живі дріжджі, покращували продуктивність у відлучених поросят (van Heugten et al., 2003; Law et al., 2004; Shen et al., 2009; Zhang et al., 2019). Як стверджують автори (Kogan & Kocher, 2007; Sauer et al., 2012; Kim et al., 2024) кормові добавки з дріжджовою культурою або дріжджовою клітинною стінкою здатні стимулювати імунну систему, збільшуючи вміст імуноглобулінів у сироватці крові, сприяли нормальному функціонуванню кишкового тракту відлучених поросят (Waititu et al., 2017; Prudyus et al., 2023; Liu et al., 2023). Також повідомлялося, що включення дріжджової культури або екстракту клітинної стінки в раціон покращувало структуру слизової оболонки кишечника та засвоюваність поживних речовин (Zhang et al., 2019). Полісахариди, такі як бета-глюкан і манан-олігосахариди, які присутні в клітинній стінці дріжджів, здатні пригнічувати адгезію патогенів до поверхні слизової оболонки шлунково-кишкового тракту та

підвищують стійкість до колонізації патогенними мікроорганізмами (Kim et al., 2024).

Однією з найбільших популяцій ендокринних клітин ШКТ є ентерохромафінні клітини (ЕС-клітини), яких найбільше у 12-палій кишці та найменше у сліпій кишці. Вони синтезують від 80 до 95 % серотоніну в організмі, а також утворюють мелатонін, мотилін та субстанцію Р. Відомо, що серотонін є важливою шлунково-кишковою сигнальною молекулою, яка передає сигнали з просвіту кишечника внутрішнім сенсорним нейронам і сприяє синаптичним сигналам кишкової нервової системи. Серотонін, що вивільняється з ентерохромафінних клітин слизової оболонки, стимулює активацію внутрішніх рефлексів, таких як перистальтика, сегментація, секреція та вазодилатація, а також активізує сигнали, що надсилаються в ЦНС, які стимулюють травлення (Rezzani et al., 2022).

Наявні в літературі загальні відомості про гістологічну будову та морфометричні параметри окремих морфологічних структур товстого відділу кишечника поросят за впливу пробіотичних та пребіотичних добавок є достатньо обмеженими. Не вивченим залишається питання впливу пребіотичних кормових добавок на ЕС-клітини, як тонкого, так і товстого відділу кишечника поросят.

Мета дослідження

Тому, метою нашої роботи було вивчити деякі морфометричні параметри товстого відділу кишечника та морфологічні особливості келихоподібних та ентерохромафінних клітин у кишечнику поросят від неонатального періоду до моменту відлучення, а також за впливу кормової добавки “Глобіген джамп старт”.

Матеріал і методи досліджень

Експериментальні дослідження проводили у господарстві ТзОВ “Барком”, Львівської області на поросятах породи велика біла з яких у перший день життя формували дві групи по 20 тварин у кожній. Поросятам обох груп починаючи з 5-добового віку почали згодовувати збалансований за показниками поживності предстартерний комбікорм. З 7 доби життя поросят дослідної групи до основного корму додавали пребіотичну добавку “Глобіген джамп старт” у кількості 2 кг/т корму до складу якої входять сухі дріжджі та яєчний порошок збагачений імуноглобулінами (виробник EW Nutrition GmBH, Німеччина). Упродовж дослідів поросята утримувались в однакових умовах з вільним доступом до корму та води. На 7, 14 та 28 доби по п’ять тварин з кожної групи піддавали евтаназії з відбором матеріалу для гістологічного дослідження з дотриманням вимог етичного ставлення до тварин, що використовувались під час експериментальних досліджень (Стразбург, 1986; Київ, 2002), а саму методику проведення досліджень було схвалено біоетичною комісією Інституту біології тварин НААН (протокол № 93-01 від 3 червня 2021 року).

Гістологічні дослідження стінки товстого відділу кишечника поросят проводили у навчально-дослідній

лабораторії кафедри нормальної та патологічної морфології і судової ветеринарії ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького. Фрагменти тканин сліпої, ободової і прямої кишок фіксували у рідині Буена. Після фіксації тканини промивали в трьох порціях 70⁰ спирту з експозицією по 1 добі в кожній та зневоднювали у висхідному ряді спиртів із наступною заливкою у парафінові блоки за загальноприйнятими методиками (Mulisch & Welsch, 2010). З парафінових блоків виготовляли гістозрізи товщиною 7 мкм на санному мікромомі MC-2.

З метою виявлення келихоподібних клітин застосовували PAS-реакцію за Мак-Манусом. Зрізи депарафінували, регідратували у воді. Окислювали 0,5 % водним розчином йодної кислоти 2 хв з наступним промиванням у дистильованій воді. Обробляли реактивом Шиффа упродовж 10 хв, промивали у проточній воді 10 хв. Ядра дофарбовували гематоксиліном Майєра 3 хв, після чого ретельно промивали водопровідною протічною водою. Зневоднювали у спиртах, просвітлювали у ксилолі та заключали в бальзам. Мукопротеїди і нейтральні мукополісахариди інтенсивно забарвлювалися в пурпурно-червоний колір.

Для виявлення гранул ентерохромафінних клітин парафінові зрізи депарафінували, доводили їх до води, обробляли протягом 30 с розведеним розчином (1мг/мл) стабілізованого діазотата 5-нітроазидину в 0,1 М веронал-ацетатному буфері (рН 9,2). Ретельно промивали у водопровідній воді, зафарбовували ядра гематоксиліном Майєра упродовж 6 хв, з наступною промивкою у проточній водопровідній воді. Гранули ентерохромафінних клітин забарвлювались у помаранчево-червоний колір (Pearse, 1960).

Визначення окремих морфологічних структур сліпої, ободової і прямої кишок проводили за допомогою спеціально адаптованої морфометричної програми до мікроскопа Leica DM-2500 та фотокамери Leica DFC 450C. Підрахунок кількості келихоподібних та ентерохромафінних клітин кишечника проводили на 0,45 мм² (5 полів зору) площі слизової оболонки усіх відділів товстого кишечника (Taşca, 1976) за допомогою морфометричної програми Aperio ImageScope 12.4.6.

Усі дані аналізували за допомогою програми Statistica 8.0 (StatSoft Inc., США). Результати в таблицях демонструються як $\bar{x} \pm SE$ (середнє значення $\pm$ стандартна помилка). Відмінності між показниками контрольної та дослідної груп визначали за допомогою критерію Тьюкі (з урахуванням поправки Бонферроні), де відмінності вважали достовірними при $P < 0,05$.

Результати та їх обговорення

За результатами світлооптичного дослідження товстого кишечника поросят на 7, 14 та 28 добу встановлено його типову морфологічну будову. Слизова оболонка містила велику кількість кишкових крипт (залоз Ліберкюна), які простягались через усю її товщину. Поверхня слизової оболонки представлена одношаровим призматичним епітелієм, інвагінації якої утворювали залози (рис. 1). Основна функція товстого кишечника полягає в реабсорбції електролі-

тів, деяких амінокислот, вітамінів, нутрієнтів і води, а також елімінації неперетравленого корму та його екскреції. Функцію реабсорбції води й електролітів виконують призматичні абсорбційні клітини, а елімінація екскреторних продуктів здійснюється за допомогою слизу, який продукують чисельні келихоподіб-

ні клітини кишкових залоз, кількість яких у товстому відділі кишечника є дещо більшою у порівнянні з тонким кишечником. Вони продукують муцин, який постійно виділяється на поверхню слизової оболонки кишки, сприяючи проходженню твердого кишкового вмістимого.

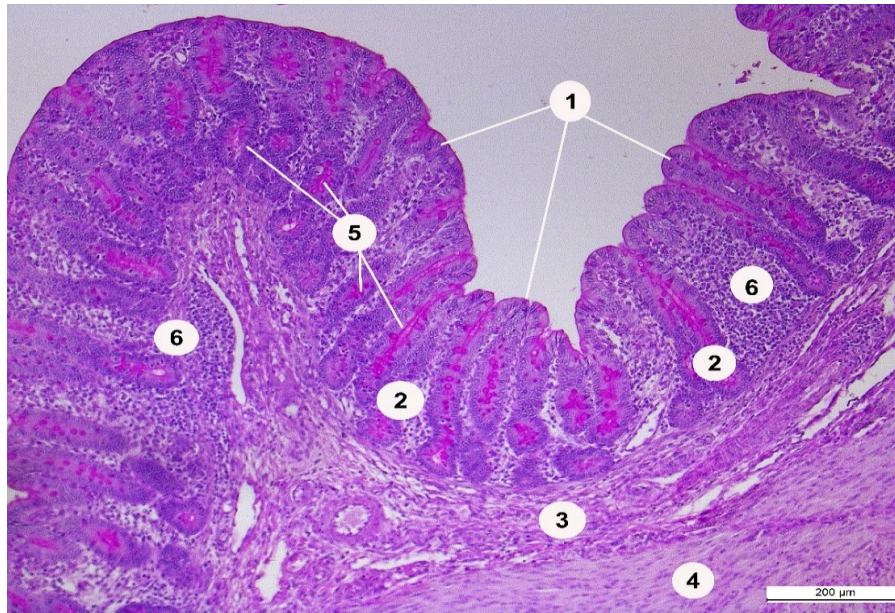


Рис. 1. Сліпа кишка поросят на 7 добу: апікальна поверхня слизової оболонки (1), кишкові крипти (2), підслизовий шар м'язів (3), поздовжній шар м'язової оболонки (4), келихоподібні клітини пурпурно-червоного кольору (5), лімфоепітеліальні утворення (6). PAS-реакція за Мак-Манусом

Келихоподібні клітини, які утворюються у глибоких відділах кишкових залоз безперервно продукують слиз, навіть тоді, коли мігрують на поверхню і починають контактувати з просвітом кишки (рис. 2, 3). Їх кількість на $0,45 \text{ мм}^2$ площі слизової оболонки сліпої кишки була найбільшою у поросят 7 денного віку і дорівнювала $121,0 \pm 7,75$ клітин у контрольній групі поросят та $117,0 \pm 8,35$ у дослідній.

У власне пластинці слизової оболонки містилась значна кількість лімфоїдних елементів, що свідчить про високий ступінь розвитку імунної системи товстого кишечника. Як і в тонкому відділі кишечника, м'язова оболонка товстого кишечника побудована із зовнішнього шару м'язової оболонки, який дещо ущільнений і утворює поздовжні м'язові тяжі. Пучки м'язових волокон, які утворюють поздовжні тяжі проникають у внутрішній (циркулярний) шар на різну глибину по всій довжині та окружності кишки, що дає змогу сегментам кишки скорочуватись незалежно один від одного.

У процесі морфометричного дослідження привертало увагу те, що основні гістометричні параметри сліпої кишки поросят контрольної та дослідної груп на 7 добу істотно не відрізнялись між собою, а знаходились у межах статистичної похибки. Достовірної різниці нами не було встановлено і за вимірювання товщини м'язової оболонки сліпої кишки, а саме зовнішнього поздовжнього шару та внутрішнього циркулярного шару, які у контрольній групі поросят дорів-

нювали $127,8 \pm 4,25$ мкм (зовнішній поздовжній шар) та $257,98 \pm 8,81$ мкм (внутрішній циркулярний) проти $125,19 \pm 3,65$ мкм та $259,11 \pm 6,42$ мкм у контрольній групі поросят (рис. 4).

На 14 добу в поросят дослідної групи, яким застосовували пребіотичну кормову добавку "Глобіген джамп старт" установлено тенденційне збільшення товщини слизової оболонки сліпої кишки на 2,3 % у порівнянні з контрольними поросятами. Крім того, збільшувалось середньостатистичне значення товщини м'язової оболонки, а саме: вірогідне збільшення товщини зовнішнього поздовжнього шару (10,4 %) та товщини внутрішнього циркулярного шару (3,9 %). Подібну тенденцію відзначали і на 28 добу. Середньостатистичне значення товщини слизової оболонки сліпої кишки поросят контрольної та дослідної груп дорівнювало – $438,67 \pm 11,92$ мкм та $454,0 \pm 8,90$ мкм, товщина зовнішнього поздовжнього шару – $180,14 \pm 6,34$ мкм та $192,45 \pm 2,25$ мкм ($P < 0,05$), товщина внутрішнього циркулярного шару – $261,76 \pm 3,54$ мкм та $279,13 \pm 4,76$ ($P < 0,05$) (рис. 4). Крім того, візуально відмічали збільшення типових мітозів у криптах сліпої кишки поросят дослідної групи на 14, і особливо на 28 добу.

Отже, окремі морфометричні параметри сліпої кишки поросят після застосування пребіотичної кормової добавки були дещо вищими у порівнянні з поросятами, які отримали предстартерний корм, особливо на 28 добу.

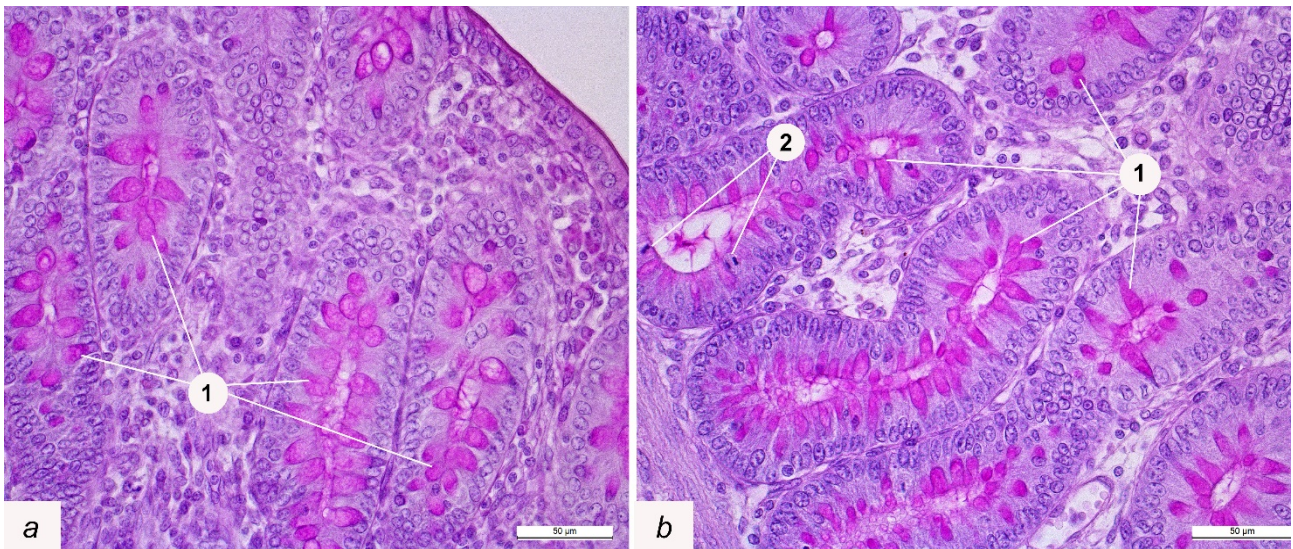


Рис. 2. Сліпа кишка поросят на 14 добу: а – контрольна група, б – дослідна група: келихоподібні клітини пурпурно-червоного кольору, заповнені муцином (1), типові мітози на різних стадіях (2). PAS-реакція за Мак-Манусом

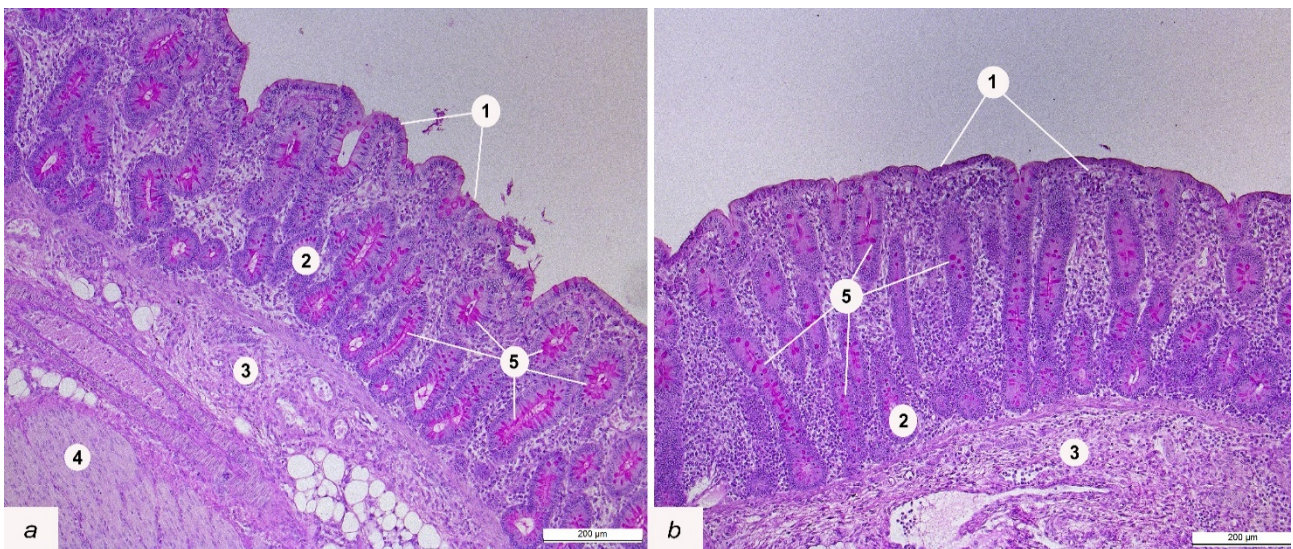
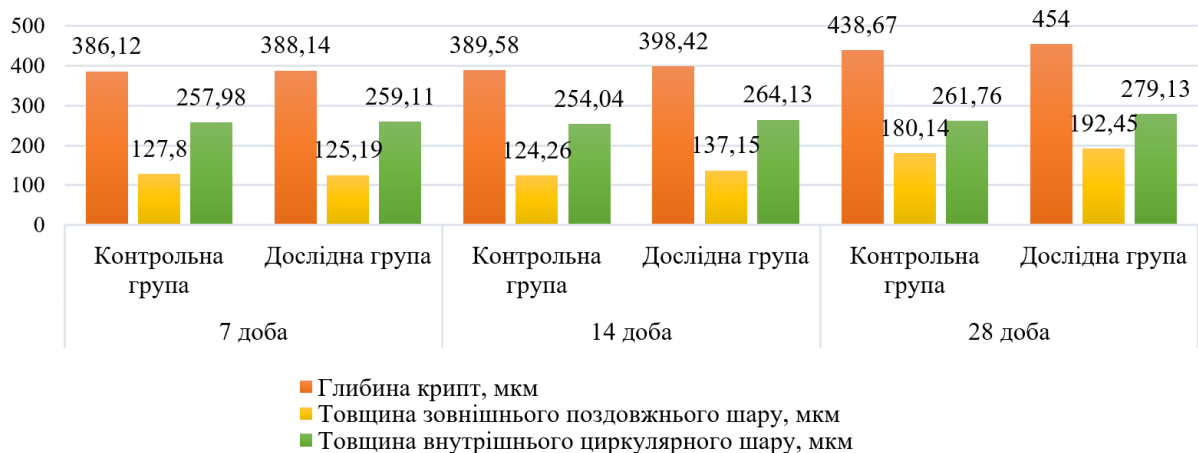


Рис. 3. Сліпа кишка поросят на 28 добу: а – контрольна група, б – дослідна група: апікальна поверхня слизової оболонки (1), кишкові крипти (2), підслизовий шар (3), циркулярний шар м'язів м'язової оболонки (4), келихоподібні клітини (5). PAS-реакція за Мак-Манусом



Гістологічно, стан слизової оболонки ободової кишки поросят контрольної та дослідних груп поросят упродовж всього досліді зберігав типову морфологічну будову, де чітко візуалізувались кишкові крипти, циркулярний та поздовжній шари м'язової оболонки, келихоподібні клітини, заповнені муцином та власне пластинка слизової оболонки з вираженою

проліферацією лімфоїдних елементів (рис. 5–7). На 14 та 28 добу у криптах ободової кишки поросят дослідної групи візуально виявляли збільшення кількості клітин з мітозами, що вказує на підвищення проліферативної активності клітин та швидке оновлення слизової оболонки, необхідне для нормального її функціонування (рис. 6, 7).

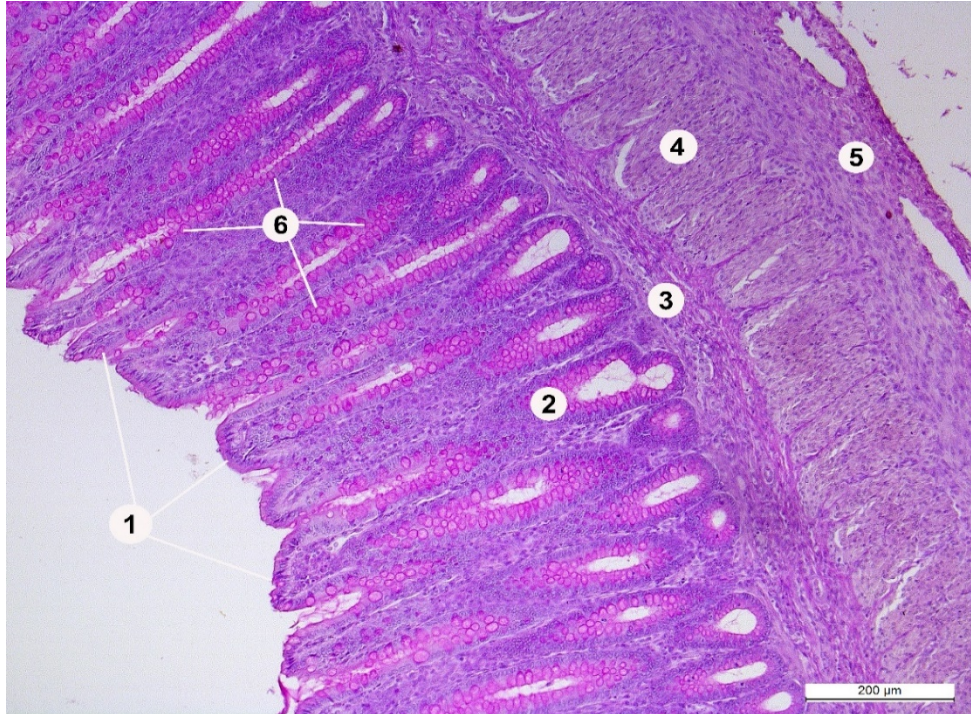


Рис. 5. Ободова кишка поросят на 7 добу: апікальна поверхня епітелію слизової оболонки (1), кишкові крипти (2), підслизовий шар (3), циркулярний шар м'язової оболонки (4), поздовжній шар м'язової оболонки (5), келихоподібні клітини (6). PAS-реакція за Мак-Манусом

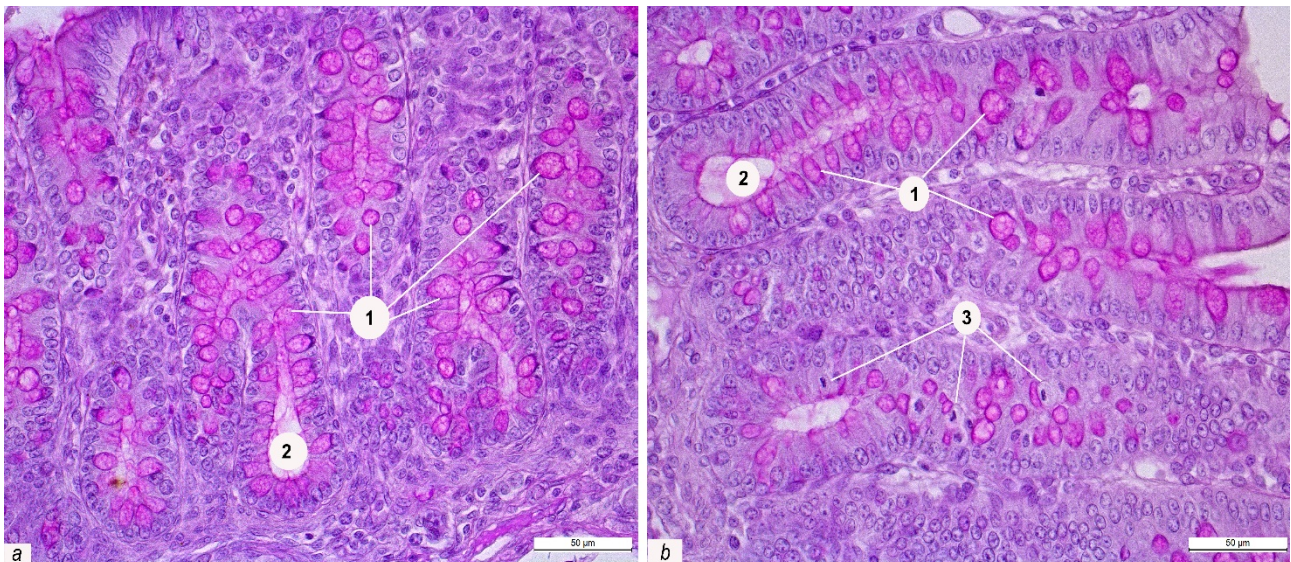


Рис. 6. Ободова кишка поросят на 14 добу: а – контрольна група, б – дослідна група: келихоподібні клітини (1), крипти (2), мітози (3). PAS-реакція за Мак-Манусом

Морфометрично товщина слизової оболонки ободової кишки поросят на 7 добу не мала достовірної кореляції і дорівнювала $493,05 \pm 10,31$ мкм та $489,03 \pm 9,21$ мкм, відповідно. Проте, упродовж 14 та 28 доби за застосування пребіотичної добавки у до-

слідних поросят відзначали вірогідну різницю, як між показниками товщини слизової, так і м'язової оболонки. Середньостатистичне значення товщини слизової оболонки ободової кишки поросят на 14 добу дорівнювало – $374,24 \pm 9,0$ та $424,49 \pm 3,99$ ($P < 0,05$), тов-

щина зовнішнього поздовжнього шару знаходилась у межах середньостатистичного значення – $99,67 \pm 2,27$ мкм та $107,36 \pm 2,45$ мкм ($P < 0,05$), товщина внутрішнього циркулярного шару вірогідно збільшувалась і середньостатистичні значення сягали – $189,98 \pm 1,08$ мкм та $197,78 \pm 2,47$ мкм ($P < 0,05$) для контрольної і дослідної групи поросят, відповідно (рис. 8). На 28

добу встановлено, що у слизовій оболонці ободової кишки відбувалось вірогідне, у порівнянні з контрольною групою поросят, збільшення товщини слизової оболонки (на 14,7 %), а також потовщення як зовнішнього поздовжнього, так і внутрішнього циркулярного шару на 8,6 % та 14,6 % відповідно.

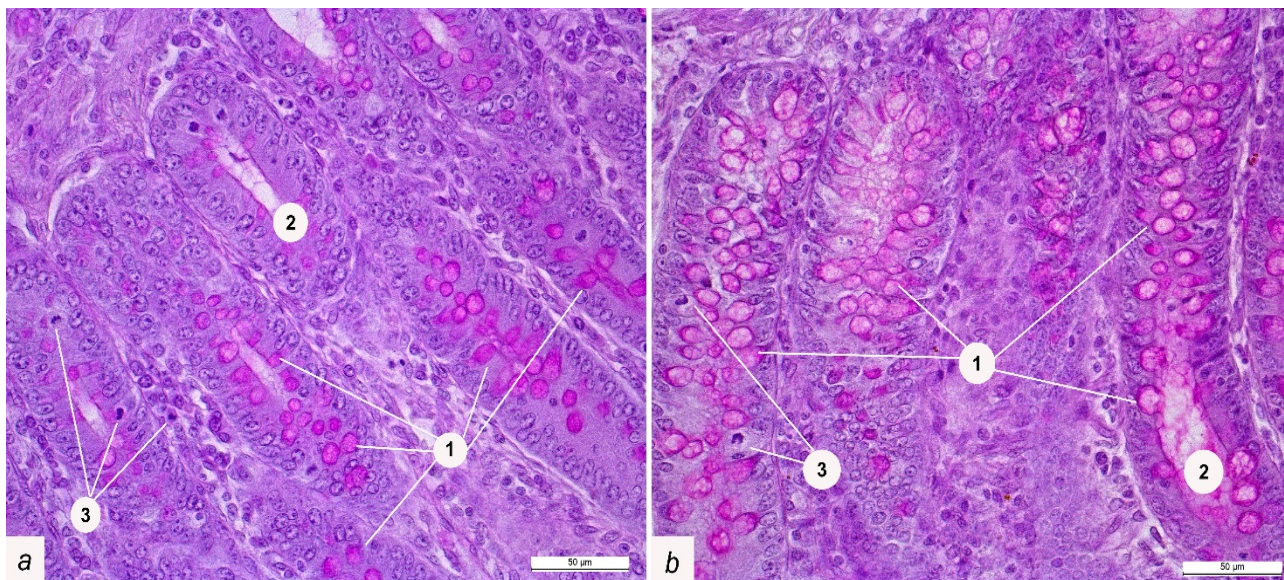


Рис. 7. Ободова кишка поросят на 28 добу: а – контрольна група, б – дослідна група: келихоподібні клітини (1), крипти (2), мітози (3). PAS-реакція за Мак-Манусом

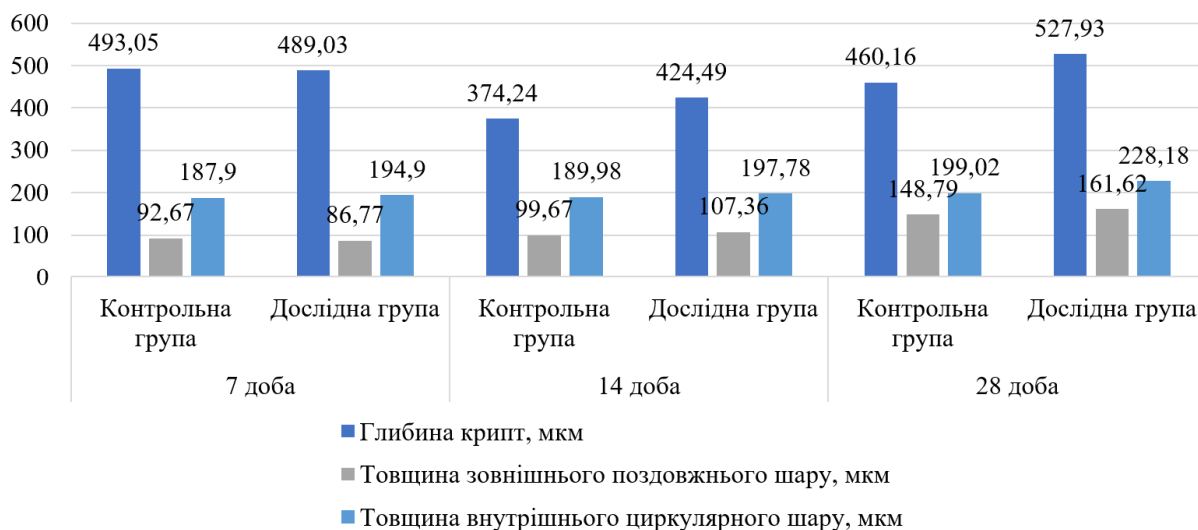


Рис. 8. Морфометричні показники окремих морфологічних структур ободової кишки поросят за згодовування кормової добавки “Глобінг джамп старт”

Пряма кишка поросят побудована із складчастої поверхні слизової оболонки, тонкого підслизового шару та м’язової оболонки. Одношаровий призматичний епітелій поверхні кишки покриває невеликі ділянки між заглибленнями крипт. Епітелій крипт характеризується наявністю значної кількості келихоподіб-

них клітин (рис. 9). В донній частині крипт виявлялись мітози, кількість яких візуально була більшою у поросят дослідної групи, особливо на 28 добу. Власне пластинка слизової оболонки практично вся представлена криптами.

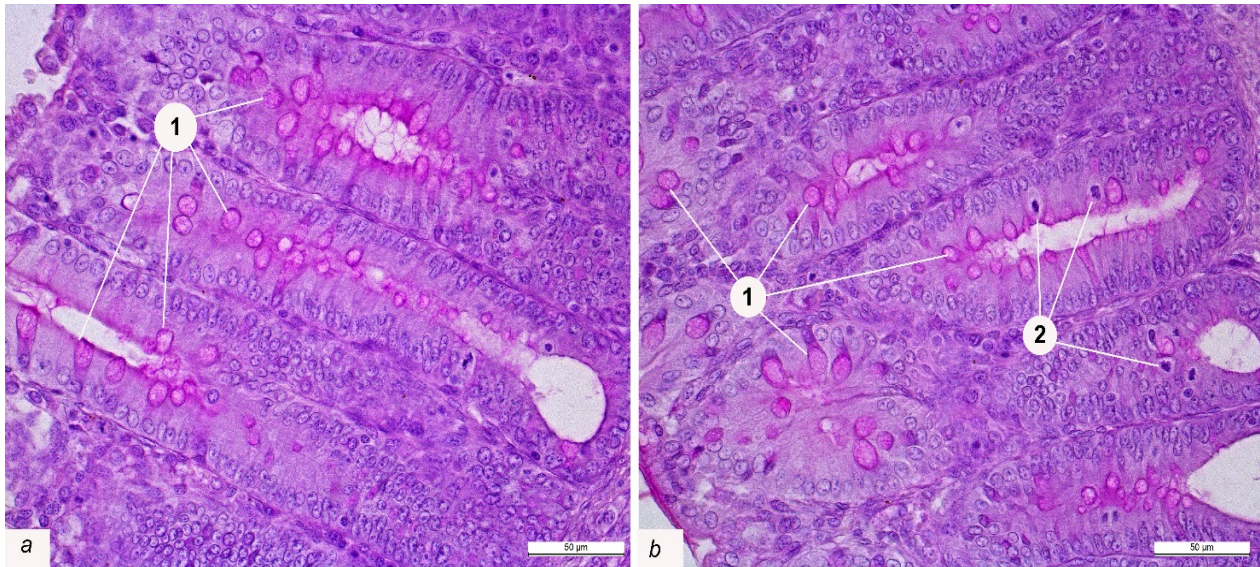


Рис. 9. Прямая кишка поросят на 28 добу: а – контрольна група, б – дослідна група: келихоподібні клітини (1), мітози (2). PAS-реакцію за Мак-Манусом

Морфометричне дослідження прямої кишки показало, що на 7 добу в поросят контрольної та дослідної груп товщина слизової оболонки дорівнювала $344,05 \pm 4,15$ мкм та $346,04 \pm 3,25$ мкм, тоді як на 14 добу відзначали її тенденційне збільшення на 2,3 % та достовірне ($P < 0,05$) на 7,7 % на 28 добу у поросят дослідної групи в порівнянні з цим показником у контролі. Також реєстрували тенденцію до потовщення м'язової оболонки прямої кишки у поросят контрольної групи, як на 14 так і 28 добу. Товщина зовнішнього поздовжнього шару м'язової пластинки була дос-

товірно вищою на 7,3 % на 14 добу, та на 8,9 % на 28 добу. Також фіксували потовщення внутрішнього циркулярного шару у поросят дослідної групи відносно цього показника у контрольних тварин (рис. 10). Так, за середньостатистичним значенням товщина внутрішнього циркулярного шару м'язової оболонки поросят дослідної групи на 14 добу становила $201,47 \pm 2,28$ мкм проти $179,57 \pm 5,18$ мкм ($P < 0,05$) у контрольних поросят. На 28 добу цей показник зріс на 10,7 % у дослідних поросят.

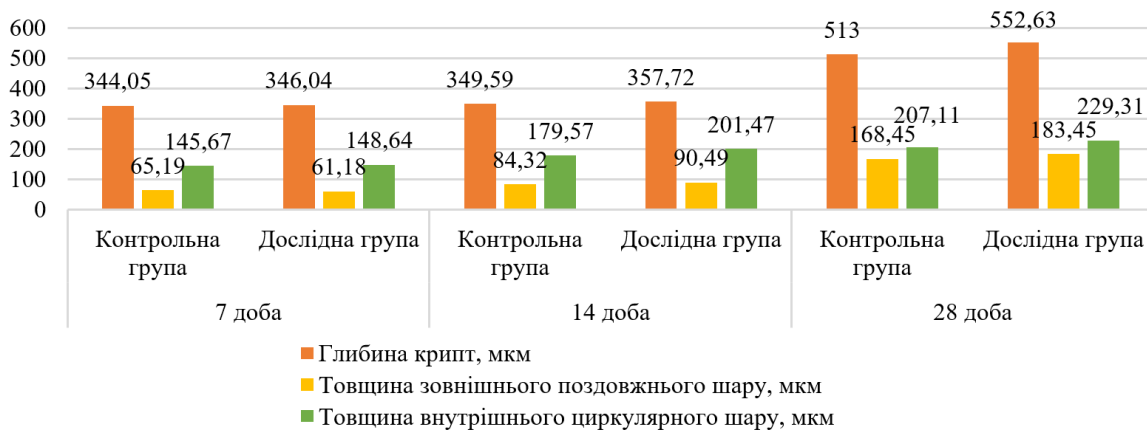


Рис. 10. Морфометричні показники окремих морфологічних структур прямої кишки поросят за згодовування кормової добавки “Глобіген джамп старт”

Кількість келихоподібних клітин у товстому відділі кишечника поросят дослідної та контрольної груп на 7 добу достовірно не вирізнялись між собою. Проте, вже на 14 добу щільність келихоподібних клітин у сліпій, ободовій та прямій кишці поросят дослідної групи на площі $0,45 \text{ мм}^2$ була достовірно вищою у порівнянні з цим показником у контрольних поросят на 37,9 %, 9,5 % та 3,6 %, відповідно. На 28 добу зберігалась подібна тенденція, яскраво це візуалізувалось у ободовій кишці поросят дослідної групи, де кіль-

кість келихоподібних клітин у 1,65 разів перевищувала цей показник у порівнянні з контролем (табл. 1).

Підрахунком кількості келихоподібних клітин на площі $0,45 \text{ мм}^2$ слизової оболонки прямої кишки поросят дослідної та контрольної групи встановлено, що на 7 добу не виявлено достовірної різниці між показниками. На 14 та 28 добу відбувалось тенденційне збільшення кількості келихоподібних клітин у поросят дослідної групи, відповідно на 3,6 % та 18,7 % у порівнянні з цим показником у контрольній групі поросят (табл. 1).

Таблиця 1

Морфометричні показники середньої кількості келихоподібних клітин слизової оболонки товстого відділу кишечника поросят за застосування кормової добавки “Глобіген джамп старт”, $n = 5$, $\bar{x} \pm SD$

Кількість келихоподібних клітин	7 доба		14 доба		28 доба	
	Контрольна група	Дослідна група	Контрольна група	Дослідна група	Контрольна група	Дослідна група
Сліпа кишка	$121,0 \pm 7,75$	$117,0 \pm 8,35$	$77,4 \pm 1,77$	$106,8 \pm 7,7$	$74,0 \pm 2,44$	$83,8 \pm 5,5^*$
Ободова кишка	$77,1 \pm 2,8$	$79,2 \pm 3,1$	$117,6 \pm 3,89$	$128,8 \pm 2,15^*$	$84,4 \pm 5,24$	$140,0 \pm 5,83^*$
Пряма кишка	$57,6 \pm 1,69$	$58,4 \pm 1,37$	$84,0 \pm 5,17$	$87,0 \pm 1,51$	$108,0 \pm 3,17$	$128,2 \pm 1,46^*$

Примітка: $*P < 0,05$ у порівнянні з контрольною групою

Світлооптично в криптах товстого відділу кишечника поросят контрольної та дослідної груп при фарбуванні діазометодом було виявлено ентерохрома-

фінні клітини з великими ядрами та добре візуалізованими секреторними гранулами, які забарвлювались у яскраво оранжевий колір (рис. 11–13).

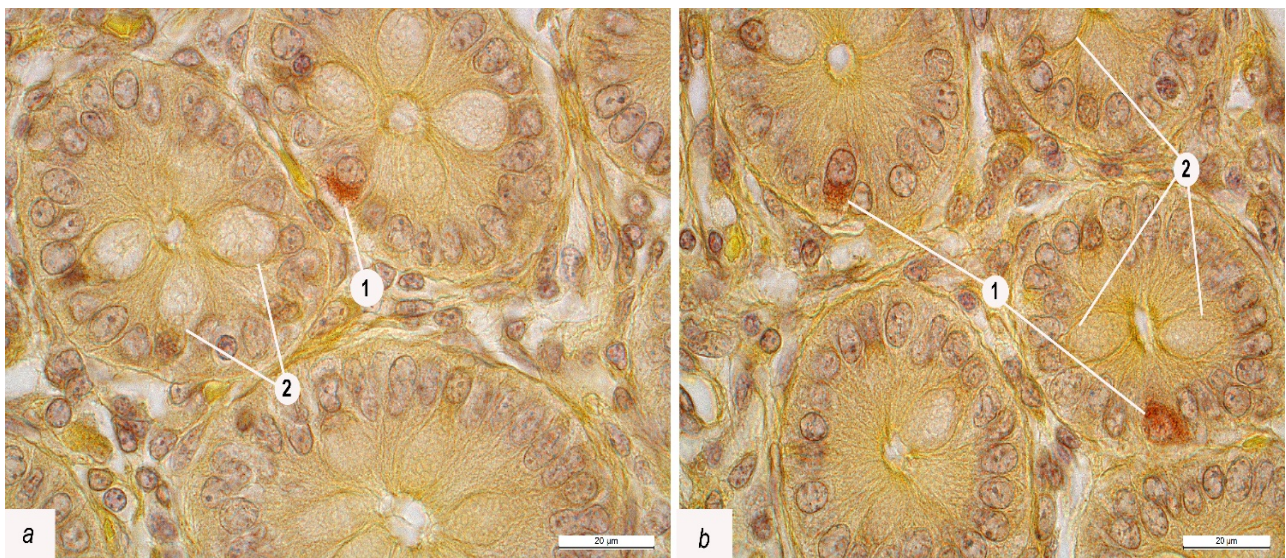


Рис. 11. Крипти сліпої кишки поросят на 14 добу досліді: *a* – контрольна група, *b* – дослідна група: ентерохромафінні клітини (1) з вираженими секреторними гранулами, келихоподібні клітини (2). Гематоксилін Майєра+діазо реакція

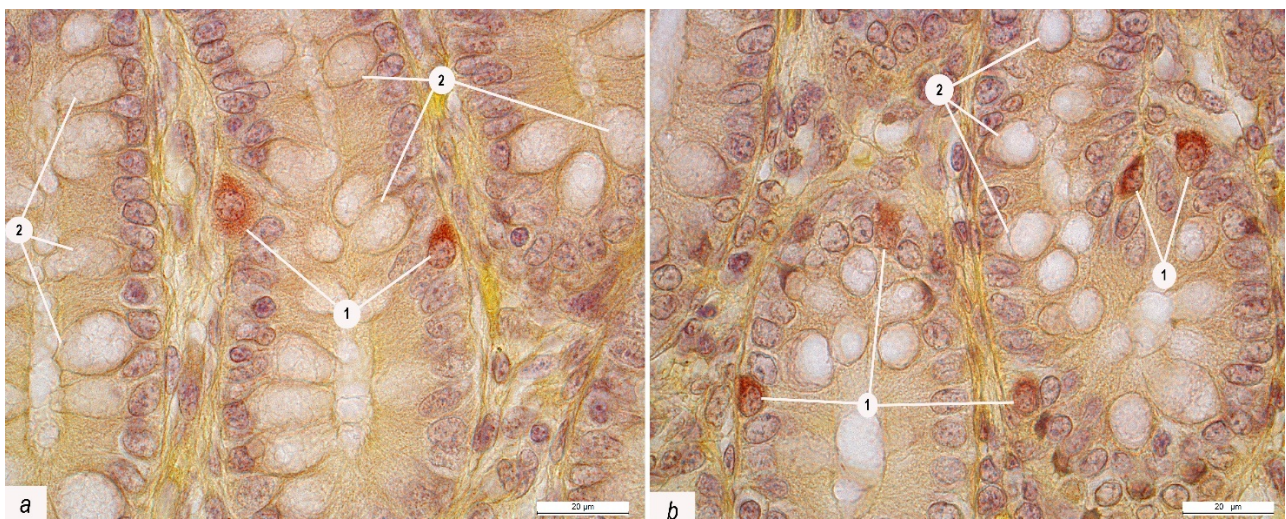


Рис. 12. Крипти ободової кишки поросят на 14 добу досліді: *a* – контрольна група, *b* – дослідна група: ентерохромафінні клітини (1) з вираженими секреторними гранулами, келихоподібні клітини (2). Гематоксилін Майєра+діазо реакція

При підрахунку кількості enteroхромафінних клітин у товстому кишечнику поросят встановлено, що найбільша їх кількість локалізувалась у прямій кишці, а найменша – у сліпій. На 7 добу в поросят дослідної і контрольної групи не виявлено достовірної різниці щодо середньої кількості enteroхромафінних клітин у сліпій кишці. Тоді, як 14 та 28 добу їх кількість, у порівнянні з показником контрольної групи поросят, достовірно зросла у 1,5 та 1,3 рази відповідно. Подібну тенденцію спостерігали і в ободовій кишці, де на

14 добу в поросят дослідної групи кількість enteroхромафінних клітин на 14,3 % була більшою, як у поросят контрольної групи та на 8,3 % на 28 добу (табл. 2). Застосування пребіотичної добавки “Глобіген джамп старт” поросят дослідної групи сприяло збільшенню середньої кількості enteroхромафінних клітин у прямій кишці на 14 добу на 4,3 % та на 28 добу – на 17,9 % в порівнянні з цим показником у поросят контрольної групи.

Таблиця 2

Середня кількість enteroхромафінних клітин у товстому відділі кишечника поросят за застосування кормової добавки “Глобіген Джамп Старт” (на площі 0,45 мм² у 5 полях зору) ($\bar{x} \pm SD$, n = 5)

Доби	Сліпа кишка		Ободова кишка		Пряма кишка	
	Контрольна група	Дослідна група	Контрольна група	Дослідна група	Контрольна група	Дослідна група
7 доба	1,6 ± 0,24	1,63 ± 0,48	1,80 ± 0,20	1,84 ± 0,36	4,40 ± 0,40	4,60 ± 0,26
14 доба	1,2 ± 0,21	1,81 ± 0,20*	1,40 ± 0,42	1,60 ± 0,41*	4,60 ± 0,32	4,80 ± 0,33
28 доба	1,4 ± 0,24	1,84 ± 0,37*	2,40 ± 0,30	2,60 ± 0,21	4,41 ± 0,23	5,20 ± 0,22*

Примітка: *P < 0,05 у порівнянні з контрольною групою

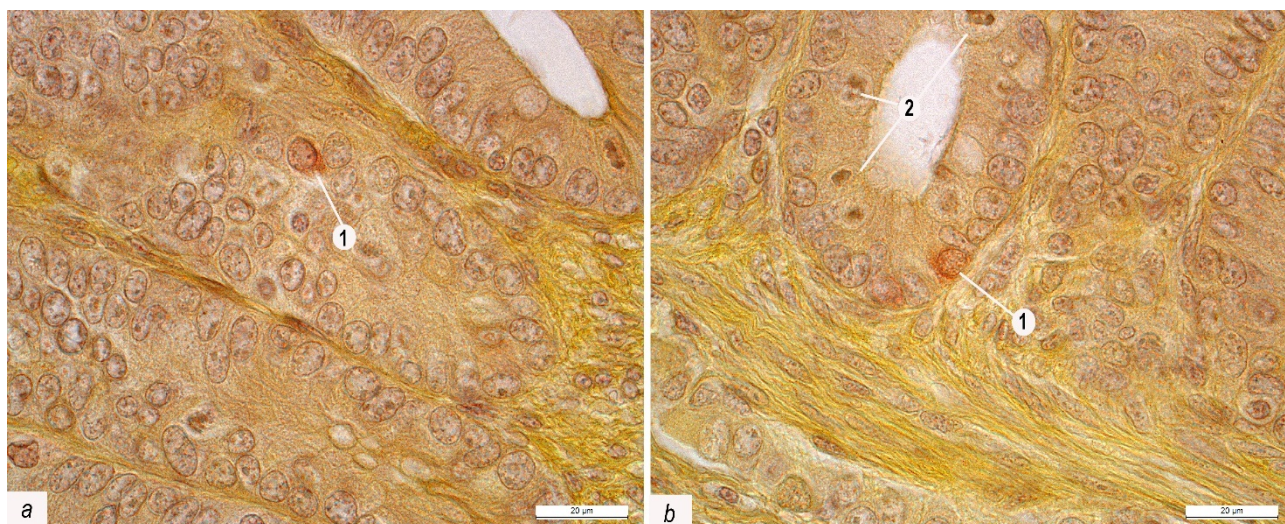


Рис. 13. Крипти прямої кишки поросят на 14 добу дослід: *a* – контрольна група, *b* – дослідна група: enteroхромафінні клітини (1) з вираженими секреторними гранулами, мітози (2). Гематоксилін Майєра+діазо реакція

Аналізуючи експериментальні дані, отримані в процесі вивчення товщини зовнішнього поздовжнього шару та товщини внутрішнього циркулярного шару м'язової оболонки товстого кишечника та кількості enteroхромафінних клітин у поросят контрольної та дослідної груп виявлено наступну закономірність: тварини з достовірним переважанням кількості enteroхромафінних клітин (дослідна група поросят) мали і достовірно вищі морфометричні показники м'язового шару та слизової оболонки, а також кількості келихоподібних клітин. На нашу думку, така гістоморфологічна закономірність пов'язана з безпосереднім впливом катехоламінів та БАР, які синтезуються enteroхромафінними клітинами. Провідну роль у збільшенні параметрів м'язового шару товстого відділу кишечника відіграє 5-гідрокситрептамін безпосередньо впливаючи на скорочення гладкої мускулатури, що призводить до відповідного фізіологічного розвитку м'язового шару всього ШКТ поросят дослі-

дної групи. Це, в свою чергу, на пряму впливає на перистальтичні рухи, які генеруються у метасимпатичному відділі нервової системи, що призводить до покращення перемішування хімусу в порожнині кишкової трубки. Це, в свою чергу, відіграє важливу роль у забезпеченні максимально ефективного всмоктування води та поживних речовин. Збільшення гістометричних параметрів слизової оболонки товстого відділу кишечника найкраще простежувалось у поросят дослідної групи на 28 добу, що можна пояснити значним випередженням фізіологічного розвитку кишкової трубки, оскільки активність перистальтичних рухів, евакуація вмістимого, синтез вітамінів значно інтенсифікується за впливу серотоніну. Слід зазначити, що 5-гідрокситрептамін бере участь у багатьох інтегральних функціях організму: сон, циркадні ритми, пам'ять, умовно-рефлекторна діяльність, поведінка, сприйняття болю і, в тому числі, харчовій поведінці, що є ключовим у споживанні корму, а від-

повідно і в перетравленні та його засвоєнні. Безпосередньо серотонін бере участь у регуляції циркадних ритмів, перетворюючись в епіфізі в мелатонін (Wang et al., 2007; Camilleri, 2009; Gershon, 2013; Israelyan et al., 2019). У свою чергу, зниження кількості серотоніну призводить до розвитку стресу, що негативно впливає на адаптацію до технологічних прийомів, а саме: перехід на інший тип годівлі, перегрупування, зміну параметрів мікроклімату тощо, що призводить до зниження продуктивного потенціалу тварин.

Відомо, що для синтезу серотоніну необхідна незамінна амінокислота L-триптофан, головним джерелом якої є протеїн корму. Дана амінокислота виконує ряд життєво важливих біохімічних процесів, а її основним джерелом є корма тваринного походження, де вміст потрібного ізомеру є найбільшим (Jenkins et al., 2016). Проте, надмірне надходження протеїнів тваринного походження призводить до розвитку умовнопатогенної мікрофлори з відповідним утворенням у товстому відділі кишечника ряду токсичних сполук, зокрема індолу та скатолу. Тому, вкрай необхідно чітко дотримуватись норм раціону, а особливо контролювати вміст даної незамінної амінокислоти. Пребіотична кормова добавка “Глобіген джамп старт” може слугувати не тільки як імуномодуючий засіб але і як корегуючий кормовий засіб стосовно регуляції вмісту L-триптофану, який у значній кількості міститься в овоальбуміні. До складу кормової добавки “Глобіген джамп старт” входять також дріжджі, які містять значну кількість БАР, серед яких велику частину займають полісахариди – манани та глюкози, що є полімерами клітинної стінки. Дані речовини відіграють важливу роль у стимулюванні імунних клітин кишкової стінки та є біологічними сорбентами різного роду токсинів, як ендогенного походження, так і екзогенного. Дані полісахаридні комплекси в поєднанні з IgY овоальбуміном чинять імуностимулюючий вплив, дезінтоксикаційний та може слугувати джерелом L-триптофану. Окрім цього треба врахувати, що збагачення овоальбуміну імуноглобулінами IgY сприяє зменшенню кількості популяцій різних видів клостридій, що в надмірній кількості розвиваються при застосуванні високопротеїнових типів годівлі. Адже відомо, що морфологія слизової оболонки частково залежить від взаємодії між мікрофлорою та раціоном, має значну метаболічну адаптацію, пов’язану з конкуруючими взаємовідношеннями між симбіотичною та антагоністичною мікрофлорою, яка розвивається на субстраті раціону (Cerutti & Rescigno, 2008).

Висновки

Вивчаючи вплив кормової добавки “Глобіген джамп старт” на окремі морфометричні параметри слизової оболонки товстого кишечника поросят встановлено достовірне збільшення кількості келихоподібних клітин, особливо на 14 та 28 добу та кількості enteroхромафінних клітин, які синтезували серотонін, що в свою чергу, впливало на його морфологію, а саме: потовщення слизової оболонки, зовнішнього поздовжнього і внутрішнього циркулярного шару м’язової оболонки, що сприяло інтенсивному скоро-

ченню гладкої мускулатури та ефективній реабсорбції води та нутрієнтів. Збільшення кількості enteroхромафінних клітин забезпечувало розвиток адаптаційно-приспосовувальних реакцій у тварин до постійних технологічних стресів.

Перспективи подальших досліджень: проведення цитометричних досліджень enteroхромафінних клітин – визначення каріометричних показників, підрахунок кількості мітотичних фігур у слизовій оболонці тонкого і товстого відділу кишечника поросят за впливу пребіотичної добавки “Глобіген джамп старт”.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

- Adeola, O., & King, D. E. (2006). Developmental changes in morphometry of the small intestine and jejunal sucrase activity during the first nine weeks of postnatal growth in pigs. *Journal of animal science*, 84(1), 112–118. DOI: 10.2527/2006.841112x.
- Ali, M. S., Lee, E. B., Hsu, W. H., Suk, K., Sayem, S. A. J., Ullah, H. M. A., Lee, S. -J., & Park, S. C. (2023). Probiotics and Postbiotics as an Alternative to Antibiotics: An Emphasis on Pigs. *Pathogens*, 12(7), 874. DOI: 10.3390/pathogens12070874.
- Bezkorovainy, A. (2001). Probiotics: determinants of survival and growth in the gut. *The American journal of clinical nutrition*, 73(2), 399–405. DOI: 10.1093/ajcn/73.2.399s.
- Camilleri, M. (2009). Serotonin in the gastrointestinal tract. *Current opinion in endocrinology, diabetes, and obesity*, 16(1), 53–59. DOI: 10.1097/med.0b013e32831e9c8e.
- Cerutti, A., & Rescigno, M. (2008). The biology of intestinal immunoglobulin A responses. *Immunity*, 28(6), 740–750. DOI: 10.1016/j.immuni.2008.05.001.
- Cummings, J. H., & Macfarlane, G. T. (2002). Gastrointestinal effects of prebiotics. *The British journal of nutrition*, 87(2), 145–151. DOI: 10.1079/BJNBJN/2002530.
- Gerritsen, R., Klaassen, G. J., Schuttert, G., Rouwers, S. M., Parmentier, H. K., & Molist, F. (2012). The effect of a mixture of dairy-based feed ingredients, vegetable fats, and yeast cell walls on performance and innate immunity of weaned piglets. *Journal of animal science*, 90(4), 269–271. DOI: 10.2527/jas.51742.
- Gershon, M. D. (2013). 5-Hydroxytryptamine (serotonin) in the gastrointestinal tract. *Current opinion in endocrinology, diabetes, and obesity*, 20(1), 14–21. DOI: 10.1097/MED.0b013e32835bc703.
- Gibson, G. R., & Roberfroid, M. B. (1995). Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *The Journal of nutrition*, 125(6), 1401–1412. DOI: 10.1093/jn/125.6.1401.
- Israelyan, N., Del Colle, A., Li, Z., Park, Y., Xing, A., Jacobsen, J. P. R., Luna, R. A., Jensen, D. D., Madra, M., Saurman, V., Rahim, R., Latorre, R., Law, K., Carson, W., Bunnett, N. W., Caron, M. G., & Margolis, K. G. (2019). Effects of Serotonin and Slow-Release 5-Hydroxytryptophan on Gastrointestinal Motility in a Mouse Model of Depression. *Gastroenterology*, 157(2), 507–521. DOI: 10.1053/j.gastro.2019.04.022.

- Jenkins, T. A., Nguyen, J. C., Polglaze, K. E., & Bertrand, P. P. (2016). Influence of Tryptophan and Serotonin on Mood and Cognition with a Possible Role of the Gut-Brain Axis. *Nutrients*, 8(1), 56. DOI: 10.3390/nu8010056.
- Kim, S., Cho, J., Keum, G. B., Kwak, J., Doo, H., Choi, Y., Kang, J., Kim, H., Chae, Y., Kim, E. S., Song, M., & Kim, H. B. (2024). Investigation of the impact of multi-strain probiotics containing *Saccharomyces cerevisiae* on porcine production. *Journal of animal science and technology*, 66(5), 876–890. DOI: 10.5187/jast.2024.e79.
- Kogan, G., & Kocher, A. (2007). Role of yeast cell wall polysaccharides in pig nutrition and health protection. *Livestock Science*, 109(1-3), 161–165. DOI: 10.1016/j.livsci.2007.01.134.
- Law, K., Johnston, L. J., Urriola, P. E., & Gomez, A. (2024). Maternal Programming of Nursery Pig Performance and Gut Microbiome through Live Yeast Supplementation. *Animals : an open access journal from MDPI*, 14(6), 910. DOI: 10.3390/ani14060910.
- Liu, Y., Jia, X., Chang, J., Pan, X., Jiang, X., Che, L., Lin, Y., Zhuo, Y., Feng, B., Fang, Z., Li, J., Hua, L., Wang, J., Sun, M., Wu, D., & Xu, S. (2023). Yeast culture supplementation of sow diets regulates the immune performance of their weaned piglets under lipopolysaccharide stress. *Journal of animal science*, 101, 226. DOI: 10.1093/jas/skad226.
- Mulisch, M., & Welsch, U. (2010). *Romeis Mikroskopische Technik. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg*.
- Pearse A. G. E. (1960). *Histochemistry: Theoretical and applied*. London.
- Prudius, T. Y., & Vishchur, O. I. (2022). Efficacy of “EnzActive mix” feed additive in piglet growing. *The Animal Biology*, 24(4), 27–31. DOI: 10.15407/animbiol.24.04.027.
- Prudyus, T. Y., Shchebentovska, O., Salyha, Y. T., & Vorobel, M. I. (2023). Morphological changes in the immune system organs of piglets fed with different feed additives. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 14(4), 687–694. DOI: 10.15421/022398.
- Rezzani, R., Franco, C., Franceschetti, L., Gianò, M., & Favero, G. (2022). A Focus on Enterochromaffin Cells among the Enteroendocrine Cells: Localization, Morphology, and Role. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(7), 3758. DOI: 10.3390/ijms23073758.
- Rolfe, R. D. (2000). The role of probiotic cultures in the control of gastrointestinal health. *The Journal of nutrition*, 130(2), 396–402. DOI: 10.1093/jn/130.2.396S.
- Sauer, N., Eklund, M., Roth, S., Rink, F., Jezierny, D., Bauer, E., & Mosenthin, R. (2012). Short-term effect of dietary yeast nucleotide supplementation on small intestinal enzyme activities, bacterial populations and metabolites and ileal nutrient digestibilities in newly weaned pigs. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 96(4), 700–708. DOI: 10.1111/j.1439-0396.2011.01198.x.
- Shen, Y. B., Piao, X. S., Kim, S. W., Wang, L., Liu, P., Yoon, I., & Zhen, Y. G. (2009). Effects of yeast culture supplementation on growth performance, intestinal health, and immune response of nursery pigs. *Journal of animal science*, 87(8), 2614–2624. DOI: 10.2527/jas.2008-1512.
- Taşcà, C. (1976). *Introducere in morfologia cantitativa cito-histologica*. Bucuresti.
- Tian, Z., Wang, X., Duan, Y., Zhao, Y., Zhang, W., Azad, M. A. K., Wang, Z., Blachier, F., & Kong, X. (2021). Dietary Supplementation With *Bacillus subtilis* Promotes Growth and Gut Health of Weaned Piglets. *Frontiers in veterinary science*, 7, 600772. DOI: 10.3389/fvets.2020.600772.
- van Heugten, E., Funderburke, D. W., & Dorton, K. L. (2003). Growth performance, nutrient digestibility, and fecal microflora in weanling pigs fed live yeast. *Journal of animal science*, 81(4), 1004–1012. DOI: 10.2527/2003.8141004x.
- Waititu, S. M., Heo, J. M., Patterson, R., & Nyachoti, C. M. (2015). Dose-response effects of in-feed antibiotics on growth performance and nutrient utilization in weaned pigs fed diets supplemented with yeast-based nucleotides. *Animal nutrition*, 1(3), 166–169. DOI: 10.1016/j.aninu.2015.08.007.
- Waititu, S. M., Yin, F., Patterson, R., Yitbarek, A., Rodriguez-Lecompte, J. C., & Nyachoti, C. M. (2017). Dietary supplementation with a nucleotide-rich yeast extract modulates gut immune response and microflora in weaned pigs in response to a sanitary challenge. *Animal : an international journal of animal bioscience*, 11(12), 2156–2164. DOI: 10.1017/S1751731117001276.
- Wang, S. H., Dong, L., Luo, J. Y., Gong, J., Li, L., Lu, X. L., & Han, S. P. (2007). Decreased expression of serotonin in the jejunum and increased numbers of mast cells in the terminal ileum in patients with irritable bowel syndrome. *World journal of gastroenterology*, 13(45), 6041–6047. DOI: 10.3748/wjg.v13.45.6041.
- Zhang, J. Y., Park, J. W., & Kim, I. H. (2019). Effect of supplementation with brewer's yeast hydrolysate on growth performance, nutrients digestibility, blood profiles and meat quality in growing to finishing pigs. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 32(10), 1565–1572. DOI: 10.5713/ajas.18.0837.