

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/nvlvet11518
<https://nvlvet.com.ua/index.php/journal>

UDC 619:636.085/.087:616.35:636.4

The effect of the feed supplement “Globigen jump start” on the morphometric parameters of the small intestinal mucosa of 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 26.06.2024

Received in revised form

29.07.2024

Accepted 30.07.2024

Institute of Animal Biology NAAS,
V. Stusa 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 effect of the feed supplement “Globigen jump start” on the morphometric parameters of the small intestinal mucosa of piglets. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences, 26(115), 126–134. doi: 10.32718/nvlvet11518

Early weaning of piglets from the sow with a rapid transition from milk to pelleted feed is a common practice in industrial pig farming. To mitigate the feed-related stress in piglets during this period, supplements are introduced into their diet aiming to boost immune response, reduce pathogenic microorganisms in the intestines, and stimulate digestion. This article presents the results of a research on the effect of the feed supplement “Globigen Jump Start”, which contains dried yeast and immunoglobulin-enriched egg powder, on the number of goblet cells and the morphometric parameters of the piglets' small intestine. It was found that the addition of this feed supplement to the piglets' diet significantly increased the height of the duodenal villi by 37.43 % ($P > 0.001$) by day 14 of the experiment and improved the villus-to-crypt depth ratio, indicating an increase in the surface area and the mucosa's improved ability to absorb nutrients. Additionally, feeding changes also affected the size of the villi in the jejunum and ileum, where a significant increase in size was also observed by day 14, by 12.79 % and 6.6 %, respectively, compared to the control group of piglets. Morphometric studies revealed a trend toward thickening of the muscular layer in both the jejunum and ileum during the first two weeks of consuming pelleted feed with the “Globigen Jump Start” supplement, likely due to changes in diet and the altered feed digestion rate. During the transition to a different type of feed, differences were also noted in the number of goblet cells in the small intestinal mucosa, which produce mucin that protects the body from endogenous and exogenous irritants, microbial adhesion, and aids nutrient transport. In the duodenum of the experimental group of piglets, the number of goblet cells was higher by 3.2 cells on day 14 compared to the control group, and by day 28, this difference decreased to 1.7 cells. A similar trend was observed in the jejunum at both day 14 and day 28, with a significant increase in goblet cell count in the experimental group by 11.6 ($P > 0.01$) and 13.1 ($P > 0.001$) compared to control animals. In the ileum of the experimental group, an advantage was also noted. On day 14, the goblet cell count was significantly higher by 6.4 cells ($P > 0.05$) and by 14.6 ($P > 0.001$) on day 28 compared to the control group.

Key words: piglets, weaning, feed supplements, yeast, intestinal villi, crypts, goblet cells, morphometry.

Вплив кормової добавки “Глобіген джамп старт” на окремі морфометричні показники слизової оболонки тонкого відділу кишечника поросят

Н. В. Бонюк^{1✉}, О. М. Щебенцовська²

¹Інститут біології тварин НААН, м. Львів, Україна

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

Раннє відлучення поросят від свиноматки зі швидким переходом їх від споживання молока до гранульованого корму є звичайною практикою у промисловому свинарстві. Для зменшення кормового стресу поросят в такий період до їхнього раціону вводять добавки, спрямовані на посилення імунної відповіді, зниження кількості патогенних мікроорганізмів у кишечнику та стимуляцію травлення. У статті наведені результати дослідження впливу кормової добавки “Глобіген джамп старт”, до складу якої входять сухі дріжджі та ячний порошок, збагачений імуноглобулінами на кількість келихоподібних клітин та окремі морфометричні параметри тонкого кишечнику поросят. Встановлено, що додавання до основного раціону поросят кормової добавки сприяло достовірному збільшенню на 37,43 % ($P > 0,001$) висоти ворсинок дванадцятипалої кишки поросят на 14 добу дослідів та підвищення показника відношення висоти ворсинок до глибини крипти, що вказує на збільшення площі та краю здатність слизової оболонки до абсорбції поживних речовин. Водночас зміна годівлі вплинула також і на розміри ворсинок порожньої та клубової кишки, де також виявляли достовірне їхнє підвищення на 14 добу експерименту на 12,79 % та 6,6 % відповідно порівняно з контрольною групою поросят. Морфометричними дослідженнями встановлено, що у перші два тижні споживання поросятами гранульованого корму з додаванням добавки “Глобіген джамп старт” виявляли й тенденційне потовщення м’язової оболонки як порожньої, так і клубової кишки, спричинене зміною раціону, а також зміною швидкості перетравлення корму. При переході поросят на інший тип годівлі у слизовій оболонці тонкого відділу кишечнику було встановлено й відмінності у кількості келихоподібних клітин, які продукують муцин, що захищає слизову від ендогенних та екзогенних подразників, мікробної адгезії та сприяє транспортуванню поживних речовин. У дванадцятипалій кишці поросят дослідної групи на 14 добу дослідів кількість келихоподібних клітин була більшою на 3,2 клітини порівняно з контрольною групою, а на 28 добу – на 1,7 клітини. У порожній кишці зберігалась подібна тенденція як на 14, так і на 28 добу, де встановлено достовірне збільшення кількості келихоподібних клітин у дослідній групі відповідно на 11,6 ($P > 0,01$) та 13,1 ($P > 0,001$) порівняно з контрольними тваринами. У клубовій кишці поросят дослідної групи також виявляли перевагу. На 14 добу кількість келихоподібних клітин була достовірно вищою на 6,4 клітини ($P > 0,05$) та на 14,6 ($P > 0,001$) на 28 добу дослідів порівняно з контролем.

Ключові слова: поросята, відлучення, кормові добавки, дріжджі, кишкові ворсинки, крипти, келихоподібні клітини, морфометрія.

Вступ

За умов сучасного вирощування свиней з метою підвищення їхньої продуктивності упродовж багатьох років технологіями різних країн розроблялись різноманітні стратегії годівлі з використанням кормових добавок, які сприяють стимуляції травлення та розвитку кишечнику (Moore et al., 1988; van der Aar et al., 2017; Nowak et al., 2019). Значний прогрес досягнуто саме у використанні змішаних схем годівлі поросят, особливо у період їхнього відлучення від свиноматки та переходу від молока до гранульованого корму. Упродовж останніх десятиліть досліджено та продемонстровано позитивний вплив на організм свиней кормових добавок, які спрямовані на посилення імунної відповіді (наприклад, імуноглобулін, ω -3 жирні кислоти, дріжджові β -глюкани), добавки, що впливають на зниження кількості патогенних мікроорганізмів у кишечнику поросят (органічні та неорганічні кислоти, ефірні олії та спеції, деякі типи пребіотиків та пробіотиків), речовин, що стимулюють функцію травлення (масляна кислота, молочна, глютамін, треонін, цистеїн) (Waititu et al., 2016; Prudius et al., 2023). Проте вченими було доведено, що окремі кормові добавки можуть бути ефективними *in vitro*, але неефективними *in vivo* (Carver & Walker, 1995).

Шлунково-кишковий тракт усіх хребетних побудований за принципом каналу, рухаючись яким поживні речовини кормів розщеплюються ферментами до простих сполук. Основним органом травлення є тонкий кишечник, де майже повністю завершується перетравлення та всмоктування екзогенних харчових субстратів. Проте тонкий кишечник виконує ще низку інших функцій, серед яких – метаболічна, секреторна, транспортно-евакуаторна, депонуюча, гормональна. Всі ці функції тією чи іншою мірою забезпечують реалізацію двох провідних процесів гідролізу та всмоктування нутрієнтів. Будучи проміжною ланкою між організмом та зовнішнім середовищем, тонкий кишечник виконує ще й захисно-адаптивну функцію, здійснюючи роль селективного бар’єру.

Поверхня тонкої кишки представлена ворсинками – основними структурними одиницями слизової оболонки. Біля основи ворсинок епітеліальний пласт утворює пальцеподібні вип’ячування – крипти. Кишкові ворсинки – це мікроорганні структури зі своїм судинним, м’язовим та нервовим апаратом, які відіграють важливу роль у всмоктуванні поживних речовин корму. Відомо, що деякі кормові добавки значно підсилюють скорочення ворсинок за рахунок впливу на метасимпатичну нервову систему. Саме такими властивостями, за твердженнями авторів (Kogan & Kocher, 2007; Shen et al., 2009; Sauer et al., 2011), володіють екстракти дріжджів, амінокислоти, аланін, лейцин, жовчні кислоти, глюкоза та інші. У раціон свиней дріжджі додають у кількох формах – цілі живі дріжджові клітини, термічно оброблені дріжджові клітини, мелені дріжджові клітини, очищені дріжджові клітинні культури та дріжджові екстракти. Дослідження окремих учених (Kogan & Kocher, 2007; Shen et al., 2009; Sauer et al., 2011; Jiang et al., 2015) свідчать про позитивний вплив продуктів на основі дріжджів на продуктивність поросят, підвищення імунітету слизової оболонки, адсорбції мікотоксинів, зменшення проявів діареї після відлучення та модулювання кишкової мікрофлори.

Підготовка поросят до відлучення та зміни раціону передбачає поступову адаптацію кишечнику, адже зміна форми раціону часто викликає атрофію ворсинок і зменшує заміну ентероцитів, що перешкоджає засвоєнню поживних речовин (Kenworthy, 1976; Jiang et al., 2015). Дослідниками встановлено, що додавання гомогенізованих дріжджових клітин призводило до збільшення висоти ворсинок і співвідношення ворсинок до крипти (Bontempo et al., 2006; Jiang et al., 2015). Подібні результати були отримані для продуктів бродіння дріжджів (Shen et al., 2009). Крім того, проведені наукові дослідження (Bontempo et al., 2006) свідчать про те, що додавання живих дріжджів збільшує проліферацію кишкових клітин та підвищує концентрацію глікокон’югатів у муцині свиней, збільшуючи

їх стійкість до патогенної мікрофлори (van der Peet-Schwering et al., 2007).

Варто зазначити, що більшість експериментів, проведених на свинях і птиці, були спрямовані на вивчення тої чи іншої кормової добавки на показники продуктивності. Основні акценти при виробничих дослідках ставились на покращення конверсії корму та збільшення маси тіла тварин (Amad et al., 2011). Відомо, що на морфологічну структуру травної системи та формоутворюючі процеси в ній значно впливає саме тип годівлі тварин. Кормові фактори викликають адаптаційні зміни в органах і тканинах, які можуть кваліфікуватись як дія екзогенного подразника кормового характеру. Тому до вивчення морфології органів травлення донині є особливий інтерес (Cera et al., 1988; Hall & Byrne, 1989; Jin et al., 1994; Melo et al., 2016; Boniuk & Shchebentovska, 2024).

Інформації щодо впливу кормових добавок на морфометричні параметри слизової оболонки кишечника поросят є недостатньо. Крім того, залишається відкритим питання, чи мають кормові добавки прямий вплив на стимулювання споживання корму і отже – продуктивність росту, чи опосередкований – через поліпшення фізіологічного стану слизової оболонки кишечника та його функції.

Мета дослідження

Мета роботи полягає у вивченні впливу кормової добавки “Глобіген джамп старт” на окремі морфометричні параметри тонкого відділу кишечника поросят та кількість келихоподібних клітин у різні періоди неонатального та постнатального онтогенезу.

Матеріали і методи досліджень

Вивчення ефективності застосування кормової добавки “Глобіген джамп старт” проводили на поросятах, що утримувались в господарстві “Барком” Львівської області. З цієї метою було сформовано дві групи поросят-аналогів, породи велика біла – по десять голів у кожній групі, яким з 7 по 28 доби життя до основного раціону додавали кормову добавку. Поросята контрольної групи упродовж експерименту отримували стандартний збалансований за поживними речовинами раціон, а поросят II групи до основного корму додавали 2 кг на 1 т корму кормової добавки “Глобіген джамп старт”, до складу якої входять сухі дріжджі та яєчний порошок, збагачений імуноглобулінами (виробник EW Nutrition GmbH, Німеччина). Основний корм поросятм задавали у формі гранули, що забезпечувало потреби у всіх поживних речовинах. Упродовж дослідів поросята утримувались в однакових умовах з вільним доступом до корму та води. Відлучення проводили у 28-денному віці. На 14 та 28 доби по три тварини з кожної групи піддавали евтаназії з відбором матеріалу для гістологічного дослідження.

Для вивчення гістоархітеконики тонкого кишечника фрагменти тканин фіксували в 10 % нейтральному водному розчині формаліну та рідині Буена,

зневоднювали через висхідний ряд спиртів та після I і II хлороформів поміщували у парафінові блоки. З отриманих блоків на мікротомі MC-2 виготовляли зрізи товщиною 7 мкм, які монтували на предметне скло, а після висихання фарбували гематоксиліном та еозином (Mulisch & Welsch, 2015).

Для виявлення келихоподібних клітин застосовували PAS- реакцію за Мак-Манусом. Зрізи депарафінували та доводили до води. Окислювали 0,5 % водним розчином йодної кислоти 2 хв з подальшим промиванням у дистильованій воді. Обробляли реактивом Шиффа протягом 10 хв, промивали в проточній воді упродовж 10 хв. Дофарбовували ядра гематоксиліном Майєра 3 хв, ретельно промивали проточною водою. Зневоднювали у спиртах, просвітлювали у ксилолі та заключали в бальзам. Мукопротеїди і нейтральні мукополісахариди інтенсивно забарвлювалися в пурпурно-червоний колір (Mulisch & Welsch, 2015).

За допомогою програмного забезпечення Aperio Image Scope на гістологічних препаратах визначали висоту ворсинок та глибину крипт, товщину циркулярного та поздовжнього м'язового шару, кількість келихоподібних клітин на площі 0,45 мм² у 5 полях зору. Статистичне опрацювання результатів проводили з використанням однофакторного дисперсійного аналізу ANOVA. Для цього використовували програму StatPlus (AnalystSoft Inc., USA). Результати наведено як Mean ± SD. Відмінності між групами тварин вважалися статистично значущими при P > 0,05, P > 0,01, P > 0,001. Готові гістологічні препарати фотографували з використанням мікроскопу Leica DM-2500 (Switzerland) з камерою Leica DFC450C і програмного забезпечення Leica Application Suite Version 4.4. Під час досліджень повністю дотримувались вимог етичного ставлення до тварин, що використовувались під час експериментальних досліджень (Стразбург, 1986; Київ, 2002), а саму методику проведення досліджень схвалено біоетичною комісією Інституту біології тварин НААН (протокол №93-01 від 3 червня 2021 року).

Результати та їх обговорення

При світлооптичному дослідженні препаратів тонкого кишечника поросят встановлено його типову морфологічну будову з чітко диференційованими межами: слизову оболонку, підслизовий шар, м'язовий та серозну оболонку. Слизова оболонка представлена кишковими ворсинками, які вкриті епітеліоцитами. Крім того, добре візуалізувались келихоподібні клітини. Гістологічно поверхню кишкових ворсинок формує одношаровий циліндричний епітелій з вираженою полярністю клітин, основну масу яких складають ентероцити з характерною облямівкою, що утворюють мікроворсинки апікальної плазматичної мембрани. Основна функція цих клітин є всмоктування. Другий за кількістю пул епітеліальних клітин слизової оболонки тонкого кишечника представлений келихоподібними екзокриноцитами (рис. 1–4). В глибині крипт розташовувались екзокриноцити з ацидофільними гранулами – клітини Панета. Крім цих основних епітеліоцитів і стовбурових клітин

крипт, до складу епітеліального шару входять лімфоцити, які проникають зі стромы ворсинок через базальну мембрану. Відомо, що у процеси всмоктування в тонкому кишечнику задіяно обмежена кількість епітеліальних клітин, тому реальна поверхня всмоктування і площа, на якій відбувається мембранний гідроліз, завжди будуть меншими. Найінтенсивніша адсорбція відбувається на верхівці та у верхній третині ворсинок і значно зменшується в базальному на-

прямку. До основи ворсинок і в зону крипт нутрієнти проникають повільно або взагалі не проникають.

Власне пластинка слизової оболонки сформована елементами пухкої сполучної тканини, в глибині якої розміщувались крипти, а підслизова основа містила дуоденальні залози. М'язова пластинка слизової оболонки тонкого кишечника побудована із гладких міоцитів, які щільно прилягали одні до одних.

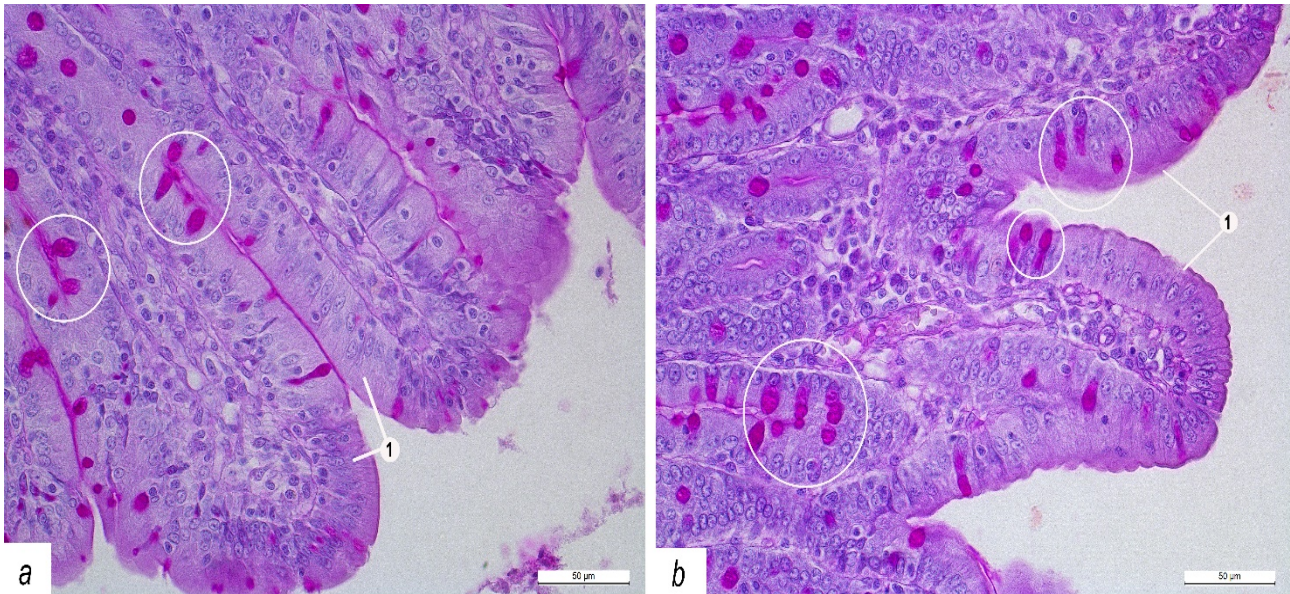


Рис. 1. Ворсинки дванадцятипалої кишки поросят на 14 добу дослідю: *a* – контрольна група, *b* – II дослідна група: ентероцити (1), келихоподібні клітини (позначені в колі). PAS- реакція за Мак-Манусом

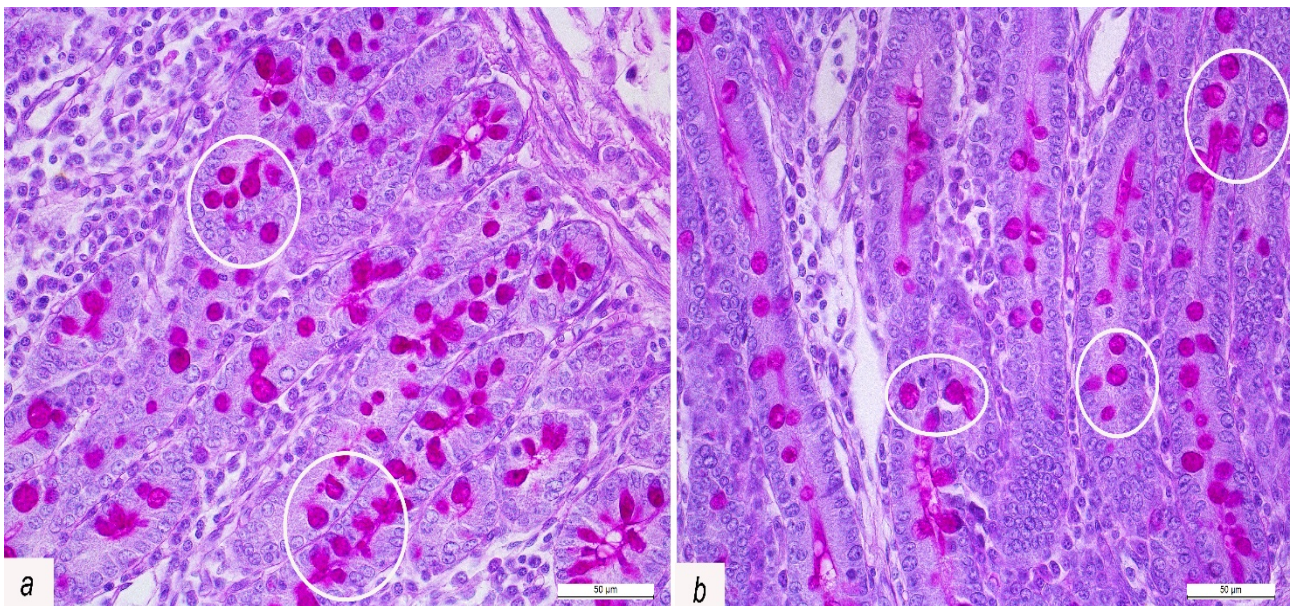


Рис. 2. Крипти дванадцятипалої кишки поросят на 28 добу дослідю: *a* – контрольна група, *b* – дослідна група: келихоподібні клітини (позначені в колі). PAS- реакція за Мак-Манусом

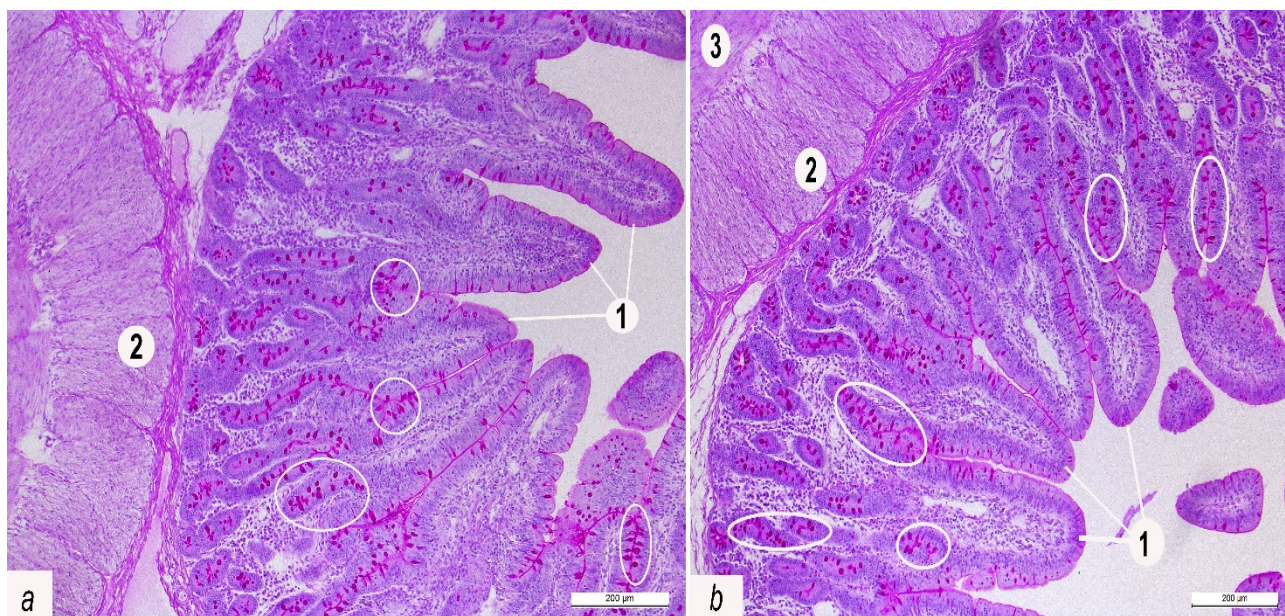


Рис. 3. Клубова кишка поросят на 28 добу дослідю: *a* – контрольна група, *b* – дослідна група: ворсинки (1), поздовжній шар м'язів (2), циркулярний шар м'язів (3), яскраво малинового кольору келихоподібні клітини (позначені в колі). PAS- реакція за Мак-Манусом

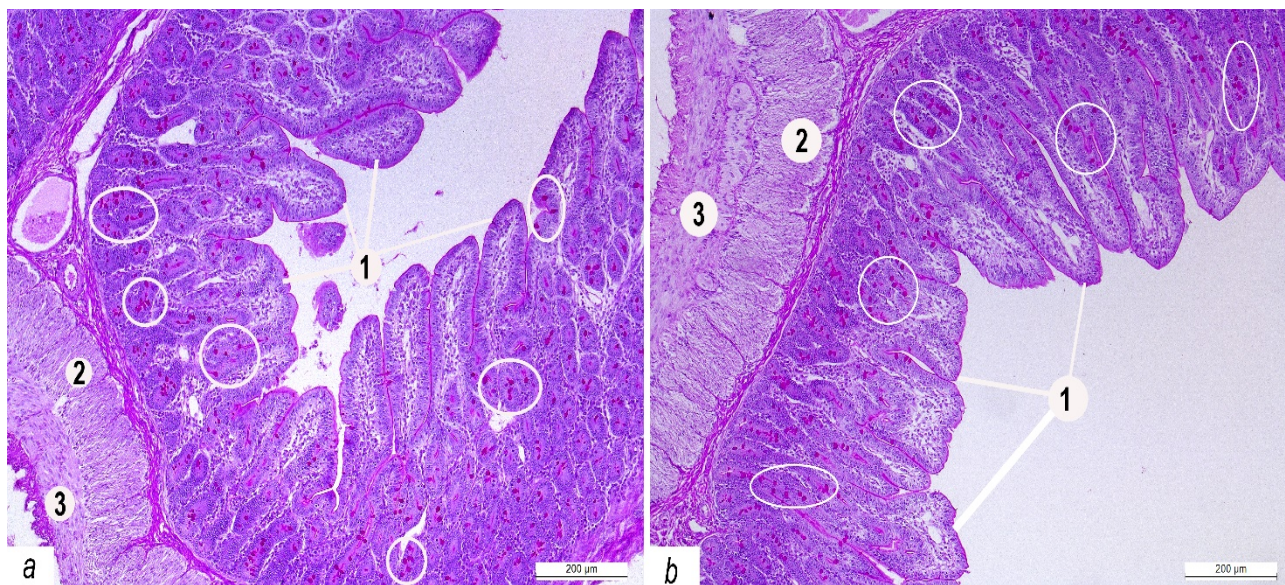


Рис. 4. Порожня кишка поросят на 28 добу дослідю: *a* – контрольна група, *b* – дослідна група: ворсинки (1), циркулярний шар м'язів (2), поздовжній шар м'язів (3), яскраво малинового кольору келихоподібні клітини (позначені в колі). PAS- реакція за Мак-Манусом

У процесі морфометричних досліджень слизової оболонки тонкого відділу кишечника поросят за умов зміни годівлі та застосування кормової добавки “Глобінген джамп старт” нами встановлено деякі відмінності у показниках контрольної і дослідної груп як на 14, так і на 28 добу дослідю. Встановлено, що на 7 добу життя поросят до згодовування кормів висота ворсинок дванадцятипалої кишки була достатньо високою і перебувала на рівні $696,35 \pm 43,94$ мкм, глибина крипт становила $240,72 \pm 11,49$ мкм, відношення висоти ворсинок до глибини крипт дорівнювало $2,89 \pm 0,75$. Товщина м'язового шару корелювала в межах $327,21 \pm 2,12$ мкм, де циркулярний шар м'язів займав $180,25 \pm 2,45$ мкм, а зовнішній поздовжній $146,96 \pm 1,97$ мкм.

На 14 добу дослідю у поросят II дослідної групи, яким до основного корму додавали кормову добавку “Глобінген джамп старт”, виявляли достовірне збільшення висоти ворсинок дванадцятипалої кишки на 37,43 % ($P > 0,001$) порівняно з контрольною групою з поступовим вирівнюванням цього показника на 28 добу експерименту. Щодо глибини крипт, то виявлено подібну тенденцію. На 14 добу дослідю в поросят II групи встановлено їх достовірне збільшення на 31,48 % ($P > 0,001$). На 28 добу глибина крипт у дванадцятипалій кишці поросят дослідної групи була меншою на 105,93 мкм, ніж у контрольній, що свідчить про сприятливіші умови її функціонування. Показник висоти ворсинок і глибини крипт також корелював у процесі дослідю: на 14 добу в контрольній

групі поросят він становив $1,56 \pm 0,84$, а у дослідній – $1,63 \pm 0,47$, тимчасом як на 28 добу експерименту встановлено поступове зниження цього показника в обох групах поросят: у контрольній групі до $1,24 \pm 0,93$ та II дослідній – $1,59 \pm 0,42$ (табл. 1). Відомо, що площа слизової оболонки тонкої кишки визначає здатність всього кишечника до абсорбції поживних речовин (Nabuurs et al., 1993). Збільшення висоти і ширини ворсинок збільшує площу поверхні поглинання поживних речовин та сприяє інтенсивності росту тварин, що було виявлено в поросят дослідної групи.

Таблиця 1

Морфометричні показники дванадцятипалої кишки поросят за згодовування кормової добавки “Глобіген джамп старт”, $n = 5$, $M \pm SD$

Морфологічні структури	7 доба	14 доба		28 доба	
	До згодовування кормів	Контрольна група	II група	Контрольна група	II група
Висота ворсинок, мкм	$696,35 \pm 43,94$	$490,67 \pm 30,22$	$674,31 \pm 25,05^{***}$	$654,51 \pm 14,81$	$675,32 \pm 12,44$
Глибина крипт, мкм	$240,72 \pm 11,49$	$314,13 \pm 21,54$	$413,02 \pm 10,03^{***}$	$528,96 \pm 20,12$	$423,03 \pm 18,35$
Висота ворсинок: глибина крипт	$2,89 \pm 0,75$	$1,56 \pm 0,84$	$1,63 \pm 0,47$	$1,24 \pm 0,93$	$1,59 \pm 0,42$
Товщина зовнішнього поздовжнього шару м'язової оболонки, мкм	$146,96 \pm 1,97$	$143,27 \pm 2,09$	$194,02 \pm 6,97^{**}$	$166,31 \pm 3,90$	$160,08 \pm 3,07$
Товщина внутрішнього циркулярного шару м'язової оболонки, мкм	$180,25 \pm 2,45$	$184,66 \pm 3,34$	$210,42 \pm 4,94^{**}$	$260,45 \pm 12,76$	$245,17 \pm 10,54$
Товщина м'язової оболонки, мкм	$327,21 \pm 2,12$	$327,93 \pm 2,07$	$404,44 \pm 4,23^{***}$	$426,76 \pm 7,24$	$405,25 \pm 5,23$

Примітка: * $P > 0,05$, ** $P > 0,01$, *** $P > 0,001$ порівняно з контрольною групою

Зміна годівлі вплинула також і на розміри ворсинок порожньої та клубової кишки поросят. На 7 добу до згодовування комбікорму висота ворсинок порожньої кишки дорівнювала $589,47$ мкм, клубової кишки – $579,18$ мкм., тимчасом як у період зміни корму виявлено зменшення висоти ворсинок в обох групах поросят. Висота ворсинок порожньої кишки поросят контрольної групи на 14 добу становила $470,11$ мкм, дослідної – $530,27$ ($P > 0,01$), на 28 добу – відповідно $514,15$ мкм та $531,59$ мкм. Подібну тенденцію спостерігали і у клубовій кишці, де на 14 добу експерименту висота ворсинок у дослідній групі поросят була на $6,6\%$ ($P > 0,05$) вищою, ніж у контрольній, а на 28 добу, відповідно на $7,2\%$ ($P > 0,05$). Крім того, у перші два тижні споживання поросятами гранульованого корму виявляли пряму залежність у вигляді тенденційного потовщення м'язової оболонки як порожньої, так і клубової кишки. Так, товщина м'язової оболонки порожньої кишки на 14 добу досліді в контрольній групі поросят дорівнювала $246,76$ мкм, у дослідній – $297,42$ ($P > 0,05$), на 28 добу – відповідно $255,76$ мкм та $373,9$ мкм у дослідній групі, що на $46,19\%$ більше, ніж у контрольній групі поросят. Товщина м'язової оболонки клубової кишки контрольної групи на 14 добу становила $518,93$ мкм, дослідної групи – $502,73$ мкм, тимчасом як на 28 добу виявляли значне зменшення цього показника – у контрольній групі він дорівнював $384,03$ мкм, дослідній – $397,47$ мкм. Ре-

У проведених нами дослідженнях встановлено і достовірне збільшення товщини м'язової оболонки дванадцятипалої кишки поросят II групи на 14 добу досліді порівняно з контрольними тваринами відповідно на $23,33\%$ ($P > 0,001$) за рахунок потовщення як зовнішнього поздовжнього шару на $50,75$ мкм, так і внутрішнього циркулярного шару м'язової оболонки на $25,76$ мкм. Проте на 28 добу досліді товщина м'язового шару дванадцятипалої кишки поросят контрольної групи була на $21,51$ мкм більшою, ніж у II групі.

зультати кореляційного аналізу щодо впливу кормової добавки на морфологічні показники тонкого відділу кишечника поросят подані у таблиці 2.

Отримані нами кореляційні зміни у морфологічній характеристиці тонкого відділу кишечника на 7,14 та 28 доби експерименту були викликані найперше зміною раціону, що, ймовірно, спричинив зміни в перетравленні кормів, а також використанні поживних речовин в організмі тварин, а це своєю чергою вплинуло й на продуктивність поросят.

Отже, за результатами наших досліджень було встановлено, що на 7 добу в поросят-сисунів морфометричні показники висоти ворсинок були найбільшими по всьому тонкому відділу кишечника. Найвищими залишалось і співвідношення висоти ворсинок до глибини крипт. Навпаки, у поросят контрольної групи, яким почали згодовувати повнораціонний гранульований корм на 14 добу досліді, виявляли певну тенденцію щодо збільшення глибини крипт зі зменшенням висоти ворсинок по всьому тонкому відділу кишечника та поступовим вирівнюванням цих показників вже на 28 добу експерименту. Проте варто зазначити, що жодних запальних реакцій у слизовій оболонці кишечника не виявляли. Зміни у висоті ворсинок, які були встановлені, дещо зменшують абсорбційну площу всмоктування тонкого кишечника, що частково пояснює незначну затримку росту поросят у період після відлучення.

Таблиця 2

Морфометричні показники порожньої та клубової кишки поросят за згодовування кормової добавки “Глобіген джамп старт” (n = 5, M ± SD)

Морфологічні структури	7 доба	14 доба		28 доба	
	До згодовування кормів	Контрольна група	II група	Контрольна група	II група
Порожня кишка					
Висота ворсинок, мкм	589,47 ± 29,82	470,11 ± 11,7	530,27 ± 21,38**	514,15 ± 25,05	531,59 ± 12,94
Глибина крипт, мкм	260,5 ± 21,65	232,39 ± 20,34	270,27 ± 5,93	210,26 ± 10,76	214,61 ± 12,28
Висота ворсинок: глибина крипт	2,26 ± 0,64	2,0 ± 0,32	1,96 ± 0,28	2,44 ± 0,38	2,47 ± 0,21
Товщина зовнішнього поздовжнього шару м'язової оболонки, мкм	121,54 ± 3,0	94,37 ± 5,98	119,49 ± 5,68	101,97 ± 3,57	133,53 ± 4,35
Товщина внутрішнього циркулярного шару м'язової оболонки, мкм	159,98 ± 3,20	152,39 ± 3,25	177,93 ± 4,59	153,79 ± 4,19	240,37 ± 4,27
Товщина м'язової оболонки, мкм	281,52 ± 9,86	246,76 ± 12,2	297,42 ± 9,54	255,76 ± 7,33	373,9 ± 9,12
Клубова кишка					
Висота ворсинок, мкм	579,18 ± 18,56	452,76 ± 7,78	482,7 ± 4,15*	543,3 ± 23,10	582,27 ± 10,12*
Глибина крипт, мкм	262,47 ± 10,89	233,61 ± 12,50	233,12 ± 8,14	265,93 ± 23,09	281,17 ± 30,33
Висота ворсинок: глибина крипт	2,20 ± 0,23	1,94 ± 0,26	2,07 ± 0,18	2,04 ± 0,36	2,07 ± 0,34
Товщина зовнішнього поздовжнього шару м'язової оболонки, мкм	193,46 ± 19,67	202,01 ± 4,87	200,9 ± 7,17	150,79 ± 7,30	164,85 ± 3,71*
Товщина внутрішнього циркулярного шару м'язової оболонки, мкм	164,23 ± 2,30	316,92 ± 6,79	301,83 ± 5,79	233,24 ± 3,50	229,62 ± 8,22
Товщина м'язової оболонки, мкм	357,69 ± 2,25	518,93 ± 4,35	502,73 ± 4,71	384,03 ± 2,48	394,47 ± 2,42**

Примітка: * P > 0,05, ** P > 0,01, *** P > 0,001 порівняно з контрольною групою

Додавання поросят II групи до основного корму добавки “Глобіген джамп старт”, до складу якої входять сухі дріжджі та яєчний порошок, збагачений імуноглобулінами, сприяло збільшенню морфометричних параметрів цитоархітекτονіки кишкового епітелію тонкого кишечника при зміні годівлі та відлученні поросят із достовірним збільшенням висоти ворсинок дванадцятипалої, порожньої та клубової кишок, особливо на 14 добу експерименту порівняно з контрольною групою з позитивним впливом на показники росту тварин.

Основним структурним і зв'язуючим компонентом пристінкового шару кишкового епітелію є слиз, який у великій кількості постійно секретується келихоподібними екзокриноцитами епітеліального шару. Саме слиз значною мірою визначає будову і властивості пристінкового шару та його проникність, виконує протекторну (механічну і хімічну), буферну, травну і транспортну функцію (Lea et al., 2012). Протекторна функція проявляється у механічному захисті епітелію від шкідливої дії кормів та агресивних токсичних елементів. При різкій зміні годівлі з переходом від молока до гранульованих кормів у ШКТ поросят починає секретуватись більше слизу, що зменшує механічний вплив на поверхню епітелію. Фактори, що впливають на структуру і функцію пристінкового шару, можуть впливати і на транспорт речовин через цей шар. Транспортні функції пристінкового шару зв'язані також і з потоком речовин, які секретуються у просвіт кишки. Саме в цьому процесі відіграють важливу роль келихоподібні екзокриноцити, які продукують слиз і виступають в ролі каналу секреції або екскреції деяких субстратів.

У процесі нашого дослідження було встановлено відмінності в кількості келихоподібних клітин ворсинок у тонкому відділі кишечника поросят при переході на інший тип годівлі та за застосування кормової добавки (табл. 3). Так, у дванадцятипалій кишці поросят II дослідної групи на 14 добу експерименту кількість келихоподібних клітин була більшою на 3,2 клітини порівняно з контрольною групою, а на 28 добу – на 1,7 клітини. У порожній кишці як на 14, так і на 28 добу в II дослідній групі виявляли достовірне збільшення кількості келихоподібних клітин відповідно на 11,6 (P > 0,01) та 13,1 (P > 0,001) порівняно з контрольними тваринами. У клубовій кишці поросят II групи, яким застосовували кормову добавку “Глобіген джамп старт”, за кількістю келихоподібних клітин також спостерігали перевагу. На 14 добу кількість келихоподібних клітин була достовірно вищою на 6,4 клітини (P > 0,05) та на 14,6 (P > 0,001) на 28 добу досліді порівняно з контролем.

У поросят розвиток шлунково-кишкового тракту є специфічним і динамічним процесом, оскільки кишковий епітелій постійно піддається впливу мікроорганізмів, а також змінних типів кормів, таких як молоко свиноматки та тверда дієта, що містить різні інгредієнти. Раціон різко змінюється з рідкого на твердий, з нижчими смаковими якостями та засвоюваністю. Цей період адаптації є однією з причин, чому фаза відлучення вважається найбільш критичною стадією під час розведення свиней (Smith et al., 2010). Крім того, раннє швидке відлучення призводить до морфологічних і фізіологічних змін кишечника, таких як атрофія ворсинок і гіперплазія крипт, і, як наслідок, знижується здатність кишечника перетравлювати і поглинати поживні речовини (Tucci et al., 2011).

Таблиця 3

Середня кількість келихоподібних клітин слизової оболонки тонкого відділу кишечника поросят за згодовування кормової добавки “Глобіген джамп старт” (n = 5, M ± SD)

Доби	Групи	Кількість келихоподібних клітин		
		Дванадцятипала к-ка	Порожня к-ка	Клубова к-ка
7 доба	До згодовування кормів	80,0 ± 5,47	52,0 ± 2,38	59,0 ± 4,3
14 доба	Контрольна	67,8 ± 5,38	41,2 ± 3,51	75,8 ± 3,16
	II група	71,0 ± 4,73	52,8 ± 2,35**	82,2 ± 1,24*
28 доба	Контрольна	94,6 ± 8,35	62,5 ± 2,59	68,0 ± 3,36
	II група	96,3 ± 5,36	75,6 ± 2,21***	82,6 ± 3,34***

Примітка: * P > 0,05, ** P > 0,01, *** P > 0,001 порівняно з контрольною групою

Шлунково-кишкові муцини, які виробляються келихоподібними клітинами, становлять основні структурні компоненти слизу. Муцини відіграють роль у підтримці гомеостазу слизової оболонки і відповідають за диференційні ефекторні та регуляторні реакції щодо різних видів мікроорганізмів, в тому числі й патогенів. Глікопротеїди муцинового типу вважаються одними з найважливіших компонентів неспецифічних бар’єрних механізмів кишечника. Саме тому поросят слід поступово привчати до твердих кормів ще в період до відлучення.

Висновки

Встановлено, що застосування поросят кормової добавки “Глобіген джамп старт” у різні періоди неонатального та постнатального онтогенезу позитивно впливало на морфологічно-функціональний стан слизової оболонки дванадцятипалої, порожньої та клубової кишок, сприяючи поліпшенню травної та всмоктувальної функції, генерації келихоподібних клітин, які синтезують глікопротеїни муцинового типу, забезпечуючи неспецифічні бар’єрні механізми слизової оболонки, що є важливим фактором для підвищення продуктивності поросят.

Перспективи подальших досліджень: вивчити вплив кормової добавки “Глобіген джамп старт” на морфометричні параметри ентерохлафінних клітин шлунково-кишкового тракту поросят.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Amad, A. A., Männer, K., Wendler, K. R., Neumann, K., & Zentek, J. (2011). Effects of a phytogenic feed additive on growth performance and ileal nutrient digestibility in broiler chickens. *Poultry Science*, 90(12), 2811–2816. DOI: 10.3382/ps.2011-01515.

Boniuk, N. V., & Shchebentovska, O. M. (2024). Morphometric features of the duodenal wall in piglets during different periods of postnatal and neonatal ontogeny under the influence of the ‘Globigen Jump Start’ feed additive. *The animal biology*, 26(2), 3–10. DOI: 10.15407/animbiol26.02.003.

Bontempo, V., Di Giancamillo, A., Savoini, G., Dell’Orto, V., & Domeneghini, C. (2006). Live yeast

dietary supplementation acts upon intestinal morpho-functional aspects and growth in weanling piglets. *Animal Feed Science and Technology*, 129(3-4), 224–236. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2005.12.015.

Carver, J. D., & Walker, W. A. (1995). The role of nucleotides in human nutrition. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 6(2), 58–72. DOI: 10.1016/0955-2863(94)00019-i.

Cera, K. R., Mahan, D. C., Cross, R. F., Reinhart, G. A., & Whitmoyer, R. E. (1988). Effect of age, weaning and postweaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine. *Journal of animal science*, 66(2), 574–584. DOI: 10.2527/jas1988.662574x.

Hall, G. A., & Byrne, T. F. (1989). Effects of age and diet on small intestinal structure and function in gnotobiotic piglets. *Research in veterinary science*, 47(3), 387–392. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2512599>.

Jiang, Z., Wei, S., Wang, Z., Zhu, C., Hu, S., Zheng, C., Chen, Z., Hu, Y., Wang, L., Ma, X., & Yang, X. (2015). Effects of different forms of yeast *Saccharomyces cerevisiae* on growth performance, intestinal development, and systemic immunity in early-weaned piglets. *Journal of animal science and biotechnology*, 6, 47. DOI: 10.1186/s40104-015-0046-8.

Jin, L., Reynolds, L. P., Redmer, D. A., Caton, J. S., & Crenshaw, J. D. (1994). Effects of dietary fiber on intestinal growth, cell proliferation, and morphology in growing pigs. *Journal of animal science*, 72(9), 2270–2278. DOI: 10.2527/1994.7292270x.

Kenworthy, R. (1976). Observations on the effects of weaning in the young pig. Clinical and histopathological studies of intestinal function and morphology. *Research in veterinary science*, 21(1), 69–75. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/951529>.

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.

Lea, H., Spring, P., Taylor-Pickard, J., & Burton, E. (2012). A natural carbohydrate fraction Actigen™ from *Saccharomyces cerevisiae* cell wall: effects on goblet cells, gut morphology and performance of broiler chickens. *Journal of Applied Animal Nutrition*, 1(9), 1–7. DOI: 10.1017/jan.2013.6.

Melo, A. D., Silveira, H., Luciano, F. B., Andrade, C., Costa, L. B., & Rostagno, M. H. (2016). Intestinal Alkaline Phosphatase: Potential Roles in Promoting Gut Health in Weanling Piglets and Its Modulation by Feed Additives -

- A Review. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 29(1), 16–22. DOI: 10.5713/ajas.15.0120.
- Moore, R. J., Kornegay, E. T., Grayson, R. L., & Lindemann, M. D. (1988). Growth, nutrient utilization and intestinal morphology of pigs fed high-fiber diets. *Journal of animal science*, 66(6), 1570–1579. DOI: 10.2527/jas1988.6661570x.
- Mulisch, M. & Welsch, U. (2015). *Romeis – Mikroskopische Technik*. Springer Spektrum Berlin, Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-642-55190-1.
- Nabuurs, M. J., Hoogendoorn, A., van der Molen, E. J., & van Osta, A. L. (1993). Villus height and crypt depth in weaned and unweaned pigs, reared under various circumstances in The Netherlands. *Research in veterinary science*, 55(1), 78–84. DOI: 10.1016/0034-5288(93)90038-h.
- Nowak, P., Kasprzowicz-Potocka, M., Zaworska, A., Nowak, W., Stefańska, B., Sip, A., Grajek, W., Grajek, K., & Frankiewicz, A. (2019). The Effect of Combined Feed Additives on Growing Pigs' Performance and Digestive Tract Parameters. *Annals of Animal Science*, 19(3), 807–819. DOI: 10.2478/aoas-2019-0030.
- 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.
- Sauer, N., Mosenthin, R., & Bauer, E. (2011). The role of dietary nucleotides in single-stomached animals. *Nutrition research reviews*, 24(1), 46–59. DOI: 10.1017/S0954422410000326.
- 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.
- Smith, F., Clark, J. E., Overman, B. L., Tozel, C. C., Huang, J. H., Rivier, J. E., Blikslager, A. T., & Moeser, A. J. (2010). Early weaning stress impairs development of mucosal barrier function in the porcine intestine. *American journal of physiology. Gastrointestinal and liver physiology*, 298(3), 352–363. DOI: 10.1152/ajpgi.00081.2009.
- Tucci, F. M., Thomaz, M. C., Nakaghi, L. S. O., Hannas, M. I., Scandolera, A. J., Budiño, F. E. L. (2011). The effect of the addition of trofic agents in weaned piglet diets over the structure and ultrastructure of small intestine and over performance. *Arquivo Brasileiro Medicina Veterinaria e Zootecnia*, 63(4), 931–940. DOI: 10.1590/S0102-09352011000400019.
- Van der Aar, P. J., Molist, F., & Van der Klis, J. D. (2017). The central role of intestinal health on the effect of feed additives on feed intake in swine and poultry. *Animal Feed Science and Technology*, 233, 64–75. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2016.07.019.
- van der Peet-Schwering, C. M., Jansman, A. J., Smidt, H., & Yoon, I. (2007). Effects of yeast culture on performance, gut integrity, and blood cell composition of weanling pigs. *Journal of animal science*, 85(11), 3099–3109. DOI: 10.2527/jas.2007-0110.
- Waititu, S. M., Heo, J. M., Patterson, R., & Nyachoti, C. M. (2016). Dietary yeast-based nucleotides as an alternative to in-feed antibiotics in promoting growth performance and nutrient utilization in weaned pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 96(3), 289–293. DOI: 10.1139/cjas-2015-0067.