



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/nvlvet10422  
<https://nvlvet.com.ua/index.php/journal>

UDC 619:636.2.053

## Effect of probiotics *Bacillus coagulans* and *Bacillus megaterium* on intestinal microbiota of piglets

Y. Bakun, L. Ulko, O. Nechiporenko

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

### Article info

Received 05.11.2021

Received in revised form

06.12.2021

Accepted 07.12.2021

Sumy National Agrarian  
University, Kondratieva Str., 160,  
Sumy, 40021, Ukraine.  
Tel.: + 38-050-768-98-00  
E-mail: [larisau@ukr.net](mailto:larisau@ukr.net)

**Bakun, Y., Ulko, L., & Nechiporenko, O. (2021). Effect of probiotics *Bacillus coagulans* and *Bacillus megaterium* on intestinal microbiocinosis of piglets. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences, 23(104), 136–140. doi: 10.32718/nvlvet10422***

Following the ban on the use of antibiotics in animal feed in January 2006 in the EU due to fears and the emergence of antibiotic-resistant bacteria (ARBs), combined with increased consumer demand for safe food of animal origin, new strategies have been proposed to address diarrhea in piglets, occurs after weaning from sows. Accordingly, probiotics are used to create a healthy gut microbiota, improve health, well-being and productivity at all stages of pork production. Probiotics have been identified by FAO as living microorganisms that benefit animal health when taken in the right amounts. Recently, however, due to increased interest and increased research on probiotics, the definition has been expanded to include microorganisms and their fermentation products. Probiotics are defined as mixtures of known viable microbes in equivalent amounts that modify the host's microflora to benefit its health. Particularly reliable are the strains of *Bacillus megaterium* and *Bacillus coagulans*, which are able to withstand extreme environments, such as high levels of acid in the stomach, and this makes them particularly effective in eliminating gastric distress and other diseases. The aim of the study was to determine the effect of probiotic strains of microorganisms on the microbiota of the gastrointestinal tract of piglets. Addition to the diet of piglets *Bacillus megaterium* has a positive effect on the reproduction and accumulation of lactobacilli, helps to suppress opportunistic pathogens from the family Enterobacteriaceae (*Proteus*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*). Probiotic strains of *Bacillus coagulans*, *Bacillus megaterium*, reduce the number of opportunistic pathogens from the family *Escherichia coli*, which has hemolytic activity, compared with the control group where *Escherichia coli* with hemolytic activity was isolated. The number of opportunistic pathogens from the family Enterobacteriaceae (*Proteus*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*) in the feces of piglets of the experimental group fed *Bacillus coagulans* and *Bacillus megaterium* was  $10^1$ , which is lower than in the control group –  $1 \times 10^2$ .

**Key words:** probiotics, microbiota, microbiocinosis, piglets, diarrhea.

## Вплив пробіотиків *Bacillus coagulans* та *Bacillus megaterium* на мікробіоту кишечника поросят

Ю. Ю. Бакун, Л. Г. Улько, О. Л. Нечипоренко

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Після заборони на використання антибіотиків у кормах для тварин в січні 2006 року в ЄС через побоювання та спостережувану появу стійких до антибіотиків бактерій у поєднанні з підвищенням вимог споживачів до безпечних продуктів харчування тваринного походження були запропоновані нові стратегії подолання діареї поросят, яка виникає після їх відлучення від свиноматок. Відповідно до цього для створення здорової мікробіоти кишечника, поліпшення здоров'я, самопочуття та продуктивності на всіх етапах виробництва свинини використовують пробіотики. Пробіотики були визначені ФАО як живі мікроорганізми, які приносять користь для здоров'я тварин після прийому в правильній кількості. Проте останнім часом через підвищення інтересу та

збільшення досліджень пробіотиків визначення було розширено, щоб включити мікроорганізми і продукти їхньої ферментації. Пробиотики визначені як суміші відомих життєздатних мікробів в еквівалентній кількості, які модифікують мікрофлору господаря, щоб принести користь його здоров'ю. Особливо надійними є штами *Bacillus megaterium* та *Bacillus coagulans*, які здатні протистояти екстремальним середовищам, таким як високий рівень кислоти, в шлунку і це робить їх особливо ефективними для усунення шлункового дистресу та інших захворювань. Метою досліджень було визначити вплив пробіотичних штамів мікроорганізмів на мікробіоту шлунково-кишкового тракту поросят. Додавання до раціону поросят *Bacillus megaterium* позитивно впливає на розмноження та накопичення лактобактерій, сприяє пригніченню умовно-патогенних мікроорганізмів з родини *Enterobacteriaceae* (*Proteus*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*). Пробиотичні штами *Bacillus coagulans*, *Bacillus megaterium* зменшують кількість умовно-патогенних мікроорганізмів з родини *Escherichia coli*, яка має гемолітичну активність, порівняно з контрольною групою, де виділено кишкову паличку з гемолітичною активністю. Кількість умовно-патогенних мікроорганізмів з родини *Enterobacteriaceae* (*Proteus*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*) в фекаліях поросят дослідної групи, яким згодовували *Bacillus coagulans* та *Bacillus megaterium*, були на рівні  $10^1$ , що нижче, ніж у контрольній групі –  $1 \times 10^2$ .

**Ключові слова:** пробиотики, мікробіота, мікробіоциноз, поросята, діарея.

## Вступ

Для підвищення ефективності виробництва сучасна промисловість адаптувала деякі передові, але неприродні методи вирощування, що спричиняє стрес та зміни в складі кишкової мікробіоти і таким чином сприяє зниженню стійкості свиней до патогенів.

Після заборони на використання антибіотиків у кормах для тварин у січні 2006 року в ЄС через побоювання та спостережувану появу бактерій, стійких до антибіотиків (АРБ), у поєднанні з підвищенням вимог споживачів до безпечних продуктів харчування тваринного походження були запропоновані нові стратегії подолання діареї поросят, яка виникає після їх відлучення від свиноматок. Як альтернативу антибіотикам запропоновано використання пробіотиків, що за останні кілька років викликало великий інтерес серед фермерів і дослідників (Dowarah et al., 2017). У літературі широко описано використання пробіотиків для тваринництва. Незважаючи на те, що у деяких попередніх дослідженнях були відсутні характеристики штамів пробіотичних бактерій та тривалість лікування, значна кількість останніх досліджень показали, що у людей і тварин, яким призначали пробиотики, змінювалася мікробіота та підвищувалася стійкість до захворювань, зменшувалося виділення патогенів, поліпшувався стан здоров'я (Bhandari et al., 2010; Kenny et al., 2011; Upadhaya et al., 2015; Yirga, 2015).

Пробиотики були визначені ФАО як живі мікроорганізми, які приносять користь для здоров'я тварин після прийому в правильній кількості (Bajagai et al., 2016). Проте останнім часом через підвищення інтересу та збільшення досліджень пробіотиків визначення було розширено, щоб включити мікроорганізми і продукти їхньої ферментації. Пробиотики визначені як суміші відомих життєздатних мікробів в еквівалентній кількості, які модифікують мікрофлору господаря, щоб принести користь його здоров'ю (Callaway et al., 2008).

З урахуванням зростаючого попиту на безпечні та стійкі альтернативи протимікробним препаратам на предмет потенціалу для поліпшення здоров'я кишечника оцінені також фітобіотики. Зокрема, ефірна олія материнки з основними діючими сполуками карвакролом та тимолом, що має антимікробні та антиоксидантні властивості та сприяє поліпшенню кишкової бар'єрної функції та росту поросят, позитивно впли-

ває на мікрофлору кишечника, продуктивність свиноматок і поросят.

Пробиотики в певному сенсі є кормовими добавками і використовуються для модуляції мікробіоти кишечника.

Критичним і стресовим етапом для поросят є відлучення, коли їм доводиться стикатися з різними проблемами, що робить тварин більш чутливими до шлунково-кишкових захворювань (Sun et al., 2020).

Розвиток дослідницьких методів та інструментів, пов'язаних з дослідженням мікробіоти, а також розширення знань та обізнаності щодо значення мікроорганізмів, що населяють організми ссавців, призвели до зростання популярності досліджень у цій галузі (Knecht & Cholewińska, 2020), також вказують на роль пробіотиків та пребіотиків як альтернативи антибіотикам у контексті лікування діареї після відлучення, а також на роль мікроорганізмів, що населяють травний тракт свиней, у формуванні показників продуктивності. Тому найважливішим питанням для поросят під час перехідного періоду після відлучення є здоров'я кишечника і саме застосування пробіотиків у раціонах в період відлучення сприяє його поліпшенню та профілактиці діареї (Sun et al., 2020).

За даними Dowarah et al. (2017), щоденне згодовування поросят пробіотиків позитивно впливає на середньодобовий приріст, середнє споживання сухої речовини та коефіцієнт приросту. При цьому кількість молочнокислих бактерій та біфідобактерій вірогідно збільшується, а популяція кишкової палички та кластеридій зменшується. Застосування пробіотичних добавок, до складу яких входять штами *P. acidilactici* та *L. acidophilus* сприяє зниженню показників діареї після відлучення та збільшенню висоти ворсинок і глибини крипт. Додавання пробіотиків у раціон поліпшує показники росту, кількість мікробів у калі та морфологію кишечника у свиней. Зокрема, штам *P. acidilactici* FT28 ефективний у зменшенні показників діареї та підтримці кислого середовища шлунково-кишкового тракту, що вказує на синергетичний пробіотичний ефект разом з мікробіотою кишечника для зміцнення здоров'я кишечника тварини (Dowarah et al., 2017). Пероральне введення *Lactobacillus salivarius* суттєво збільшує кількість лактобактерій та висоти ворсинок у дванадцятипалій кишці, товстій кишці та клубовій кишці (Moturi et al., 2021).

Lourencol et al. (2021) вказують, що за тривалого застосування антибіотиків мікрофлора кишечника відновлюється впродовж 2 тижнів.

В останні десятиліття пробіотики привертати широку увагу, і їх застосування в охороні здоров'я та тваринництві було багатообіцяючим. Пробиотики, як різновид кормової добавки широко використовуються у тваринництві, зокрема штами *Bacillus* spp., використовуються як пробіотичні кормові добавки для тварин. На сьогодні перспективним є застосування *Bacillus coagulans*.

*Bacillus coagulans* бере участь у регулюванні балансу мікробіоти кишечника, сприяє метаболізму та використанню поживних речовин, поліпшує імунітет, і що більш важливо, має добрі промислові властивості, такі як стійкість до високих температур, кислотостійкість (Zhou et al., 2020).

Окрім того, що *Bacillus coagulans* продукує молочну кислоту, яка здатна генерувати спори протягом, що суттєво відрізняє її від лактобактерій та багатьох інших пробіотиків. Це дозволяє *B. coagulans* переходити в латентний стан під час несприятливих умов, які знищують інші пробіотики (Wilson, 2018; Gupta, 2021).

Зрозуміло, що через патогенну кишкову паличку діарея продовжує залишатися проблемою для виробничого виробництва свиней. Велика кількість проведених досліджень вказують на сприятливий вплив пробіотичних добавок на зменшення тяжкості та захворюваності поросят.

Однак деякі автори повідомляють про невідповідність загальній гіпотезі. Більшість мікроорганізмів, що використовуються як пробіотики у дослідженнях, належать до родів *Lactobacilli*, *Bacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, пробіотичних кишкових паличок та *Saccharomyces*.

Огляд також показав, що штами бактерій, які використовуються як пробіотики, вводяться окремо або у вигляді комбінацій декількох штамів і в різних дозуваннях, що дає різні результати в кожному випадку. Цікаво, що автори спостерігали значні розбіжності в застосуванні добавок пробіотиків та тривалості лікування для досягнення результатів (Yirga, 2015).

Отже, існує потреба у стандартизації стратегій добавок, включаючи дозування, початок та тривалість лікування пробіотиками. Крім того, багато досліджень *in vivo*, що проводились у більш контрольованих середовищах, показали позитивний вплив пробіотиків на тварин з діареєю та інші виробничі параметри. Тому автори пропонують проводити більше польових досліджень у більш природних та комерційних господарствах, щоб поповнити літературу щодо використання пробіотиків як альтернативи антибіотикам при лікуванні хворих тварин (Bogere et al., 2019).

В зв'язку з цим метою наших досліджень було визначити вплив пробіотичних штамів мікроорганізмів на мікробіоту шлунково-кишкового тракту поросят.

## Матеріал і методи досліджень

Для визначення ефективності застосування пробіотиків *Bacillus coagulans* та *Bacillus megaterium* з метою профілактики шлунково-кишкових розладів використовували в умовах Державного підприємства “Дослідного господарства Інституту сільського господарства Північного Сходу” Національної академії аграрних наук України, с. Сад Сумського району Сумської області були сформовані 3 групи поросят по 8 голів в кожній. Тваринам першої (Д1) та другої (Д2) дослідних груп з кормом задавали *Bacillus coagulans* та *Bacillus megaterium* відповідно в розрахунку 0,4 кг на 1 тону корму впродовж першого тижня щоденно, починаючи з другого тижня – кожні 3 дні для підтримки кількості мікроорганізмів в кишечнику. Всім поросят був забезпечений вільний доступ до води та корму. Від поросят після завершення дослідів були відібрані зразки фекалій.

З метою визначення мікробіоти кишечника від поросят відбирали проби фекалій до початку дослідів та після застосування пробіотиків. Бактеріологічними методами проводили дослідів на наявність патогенних та умовно-патогенних мікроорганізмів.

Для дослідження робили десятикратне розведення проб фекалій та посіви на селективні середовища виробництва ТОВ “Фармактив” (Україна) та “Himedia Laboratories Prv. Limited” (Індія). Для виділення лактобактерій та біфідобактерій проводили посіви на диференційне поживне середовище Лактобакагар та середовище Блаурокка, ентеробактерій – на середовище Ендо, Вісмут-сульфіт-агар та Ксилоза-лізин-дезоксіхлатне середовище, стафілококи – на сольовий агар (середовище № 10), дріжджі – на середовище Сабуро, клостридії – агаризоване середовище Вільсона-Блера. Посіви інкубували в термостаті за температури 37 °C протягом 24–48 годин. Після культивування підраховували кількість колонієутворюючих одиниць в 1 г фекалій (КУО/г). Для виділення сальмонел та псевдомонад додатково робили висіви на середовища для накопичення даних мікроорганізмів, зокрема Магнієве середовище (для сальмонел) та середовище № 8 (для псевдомонад), виробництва ТОВ “Фармактив”.

Видову належність ізольованих культур мікроорганізмів визначали за тестами, що рекомендовані у “Bergey's Manual of Systematics Bacteriology”, 2007 р., використовуючи основу бульйону з феноловим червоним (Phenol Red Broth Base), диски та смужки для диференціальної діагностики мікроорганізмів виробництва “Himedia Laboratories Prv. Limited” (Індія).

Для визначення плазмокоагулази використовували суху цитратну плазму кролика (виробництво ПАТ “Фармстандарт-Біолік” (Україна), лецитовітелази (лецитинази) – жовтково-сольовий агар, гемолізінів – 5 % кров'яний агар.

### Результати та їх обговорення

Мікрофлора кишечника виконує численні життєві функції організму тварин. Вона бере участь у процесах травлення, синтезу вітамінів, засвоєння їжі, задіяна в усіх видах обміну речовин, детоксикації організму тощо. Мікрофлора кишечника є невід’ємною частиною травної системи, яка колонізована великою і таксономічно різноманітною мікробною спільнотою. Оскільки кожен вид мікрофлори кишечника має різні метаболічні можливості, відносна частка різних видів бактерій змінюється у відповідь на фактори, включаючи вік, склад раціону, середовище вирощування та,

можливо, генотип. Щоб уникнути надмірного розмноження патогенних бактерій в кишечнику, що призводить до захворювань, також важливо підтримувати збалансовану мікрофлору. Варто також зазначити, що у дослідному господарстві епізоотична ситуація благополучна стосовно інфекцій, які уражають шлунково-кишковий тракт поросят. Пробиотики мають високу антагоністичну активність, тому, заселяючи кишечник тварин, вони створюють біологічний бар’єр для збудників інфекції на поверхні слизової оболонки, тим самим сприяють вирішенню проблем, пов’язаних з формуванням мікробіоти шлунково-кишкового тракту (табл. 1).

**Таблиця 1**

Результати визначення мікрофлори кишечника у поросят

Показники, в 1 см <sup>3</sup>	Пробиотики		
	Д1	Д2	К
	<i>Bacillus coagulans</i>	<i>Bacillus megaterium</i>	
Лактобактерії ( <i>Lactobacillus</i> sp.)	2×10 <sup>4</sup>	3×10 <sup>4</sup>	7×10 <sup>3</sup>
Робота	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>
Сульфитредуруючі клостридії ( <i>Clostridium</i> sp.)	2×10 <sup>2</sup>	1×10 <sup>3</sup>	3×10 <sup>3</sup>
Кишкова паличка ( <i>Escherichia coli</i> )	9×10 <sup>4</sup>	9×10 <sup>4</sup>	5×10 <sup>4</sup>
<i>Escherichia coli</i> , яка має гемолітичну активність	–	–	+
Умовно патогенні м/о з родини <i>Enterobacteriaceae</i> ( <i>Proteus</i> , <i>Citrobacter</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Klebsiella</i> )	нижче 10 <sup>1</sup>	нижче 10 <sup>1</sup>	1×10 <sup>2</sup>
<i>Salmonella</i>	0	0	0
<i>Pseudomonas</i>	0	0	0
Дріжджоподібні гриби	нижче 10 <sup>1</sup>	нижче 10 <sup>1</sup>	нижче 10 <sup>1</sup>
Стафілококи	1×10 <sup>7</sup>	1×10 <sup>3</sup>	1×10 <sup>3</sup>
Стафілококи, які мають гемолітичні властивості	немає	немає	немає
Стафілококи, які мають ліцитиназну активність	немає	немає	немає
Стафілококи, які мають плазмокоагулазну активність	немає	немає	немає

Результати, отримані в ході експерименту, доводять, що застосування *Bacillus megaterium* та *Bacillus coagulans* сприяє розмноженню та накопиченню *Lactobacillus* sp. до 3×10<sup>4</sup> та пригніченню умовно-патогенних мікроорганізмів роду *Clostridium* sp. до 1×10<sup>3</sup>, порівняно з контролем (3×10<sup>3</sup>). За даними Dowarah et al. (2017), лактобактерії допомагають перетравлювати поживні речовини, захищають слизові оболонки і борються з іншими патогенними бактеріями, відомими як ентеробактерії. Чим більша кількість корисної кишкової флори у поросят, тим менше ймовірність того, що у тварин буде розвиватися діарея. Співвідношення лактобактерій використовується в умовах експерименту в тестах на ефективність кормових добавок і підкислюючих речовин, що сприяють імунному захисту.

При згодовуванні поросят корму з пробіотичними мікроорганізмами *Bacillus coagulans* та *Bacillus megaterium* не виділено *Escherichia coli*, яка має гемолітичну активність. Також встановлено, що пробиотики в обох дослідних групах пригнічували ріст умовно-патогенних мікроорганізмів родини *Enterobacteriaceae* (*Proteus*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*). У контрольній групі виявлено бактерії родини *Enterobacteriaceae* в кількості 1×10<sup>2</sup>/1 см<sup>3</sup>.

Бактерії родів *Salmonella*, *Pseudomonas*, дріжджоподібні гриби не виявлені в фекальних масах поросят

дослідних та контрольних груп. При проведенні експерименту клінічні показники поросят: температура, пульс, частота дихання були в межах норми, крові у фекаліях, зневоднення, анемії не спостерігалось.

Для лікування та профілактики захворювань шлунково-кишкового тракту у свиней найчастіше використовують засоби етіотропної терапії, зокрема хіміотерапевтичні, що мають ряд недоліків, оскільки їх використання впливає на мікробіоту кишечника. Також у патогенних та умовно-патогенних мікроорганізмів з’являється стійкість до антибіотиків, що знижує терапевтичний ефект та збільшує затрати на лікування. Пробиотики відіграють важливу роль у зміцненні здоров’я поросят та розвитку кишечника і є альтернативою антибіотикам.

Серед великої кількості пробіотиків останнім часом увагу науковців привертає одна з найбільш перспективних спороутворюючих лактобактерій *Bacillus coagulans* (оригінальна назва – *Lactobacillus sporogenes*), яка має переваги щодо більшості інших бактерій, застосовуваних в ролі пробіотиків.

Потрапляючи в дванадцятипалу кишку, спори проростають у вегетуючі бактерії в кишечнику поросят і проявляють свої пробіотичні ефекти (Gupta & Maity, 2021). Крім того, *Bacillus coagulans* стійка до дії антибіотиків. Завдяки цьому пробіотик можна застосовувати разом зі стандартною антибіотикотера-

пією без ризику пригнічення його активності (Wilson, 2018). *Bacillus coagulans*, виконавши в організмі поросят функцію пробіотика, повільно покидає організм, не порушуючи індивідуального складу мікрофлори кишечника.

На основі проведених досліджень варто зазначити, що використання пробіотичних мікроорганізмів *Bacillus coagulans* та *Bacillus megaterium* позитивно впливає на мікробіоту кишечника у поросят, зменшуючи при цьому колонізацію шлунково-кишкового тракту умовно-патогенними мікроорганізмами, що надійно профілактує діареї в період відлучення.

### Висновки

*Bacillus coagulans*, *Bacillus megaterium* пригнічують сульфитредуючі кластридії, *Escherichia coli*, яка має гемолітичну активність, умовно-патогенні мікроорганізми з родини *Enterobacteriaceae* (*Proteus*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*).

*Перспективи подальших досліджень.* Будуть спрямовані дослідження на визначення впливу пробіотичних мікроорганізмів *Bacillus coagulans*, *Bacillus megaterium* на імунний і біохімічний статус тварин та вивчення терапевтичної ефективності за діареї поросят.

**Відомості про конфлікт інтересів.** Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їх вкладу та результатів досліджень.

### References

- Vajagai, Y. S., Klieve, A. V., Dart, P. J., Bryden, W. L., & Harinder, P. S. (2016). Probiotics in animal nutrition – Production, impact, and regulation FAO Animal Production and Health.
- Bhandari, S. K., Opapeju, F. O., Krause, D. O., & Nyachoti, C. M. (2010). Dietary protein level and probiotic supplementation effects on piglet response to *Escherichia coli* K88 challenge: performance and gut microbial population. *Livest Sci.*, 133(1-3), 185–188. doi: 10.1016/j.livsci.2010.06.060.
- Bogere, P., Choi, Y. J., & Heo, J. (2019). Probiotics as alternatives to antibiotics in treating post-weaning diarrhoea in pigs. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 49(3), 404–416. doi: 10.4314/sajas.v49i3.1.
- Callaway, T. R., Edrington, T. S., Anderson, R. C., Harvey, R. B., Genovese, K. J., & Nisbet, D. J. (2008). Probiotics, prebiotics and competitive exclusion for prophylaxis against bacterial disease. *Anim. Health Res. Rev.*, 9(2), 217–225. doi: 10.1017/S1466252308001540.
- Dowarah, R., Verma, A. K., Agarwa, N., Patel, B., & Singh, P. (2017). Effect of swine based probiotic on performance, diarrhoea scores, intestinal microbiota and gut health of grower-finisher crossbred pigs. *Livestock Science*, 195, 74–79. doi: 10.1016/j.livsci.2016.11.006.
- Dowarah, R., Verma, A., & Agarwal, N. (2017). The use of *Lactobacillus* as an alternative to antibiotic growth promoters in pigs: A review. *Anim. Nutr.*, 3(1), 1–6. doi: 10.1016/j.aninu.2016.11.002.
- Gupta, A., & Maity, C. (2021). Efficacy and safety of *Bacillus coagulans* LBSC in irritable bowel syndrome: A prospective, interventional, randomized, double-blind, placebo-controlled clinical study. *National Library of Medicine*, 100(3), e23641. doi: 10.1097/MD.00000000000023641.
- Kenny, M., Smidt, H., Mengheri, E., & Miller, B. (2011). Probiotics - do they have a role in the pig industry? *Animal*, 5, 462–470. doi: 10.1017/S175173111000193X.
- Knecht, D., & Cholewińska, P. (2020). Development of Swine's Digestive Tract Microbiota and Its Relation to Production Indices. *Animals*, 10(3), 527. doi: 10.3390/ani10030527.
- Lourenco, J. M., Hampton, R. S., Johnson, H. M., Callaway, N., & Rothrock Jr. (2021). The Effects of Feeding Antibiotic on the Intestinal Microbiota of Weanling Pigs. *Vet. Sci.*, 12. doi: 10.3389/fvets.2021.601394.
- Moturi, J., Kim, K.Y., Hosseindoust, A., Lee, J. H., Xuan, B., Park, J., Kim, E. B., Kim, J. S., & Chae, B. J. (2021). Effects of *Lactobacillus salivarius* isolated from feces of fast-growing pigs on intestinal microbiota and morphology of suckling piglets. *Scientific Reports*, 11, 6757. doi: 10.1038/s41598-021-85630-7.
- Sun, Z., Li, H., Li, Y., & Qiao, J. (2020). *Lactobacillus salivarius*, a Potential Probiotic to Improve the Health of LPS-Challenged Piglet Intestine by Alleviating Inflammation as Well as Oxidative Stress in a Dose-Dependent Manner During Weaning Transition. *Vet. Sci.*, 7, 547425. doi: 10.3389/fvets.2020.547425.
- Upadhaya, S. D., Kim, S. C., Valientes, R. A., & Kim, I. H. (2015). The effect of *Bacillus*-based feed additive on growth performance, nutrient digestibility, fecal gas emission, and pen cleanup characteristics of growing-finishing pigs. *Asian Australas J Anim Sci.*, 28, 999–1005. doi: 10.5713/ajas.15.0066.
- Wilson, D. R. (2018). *Bacillus Coagulans*. Medically reviewed. URL: <https://www.healthline.com/health/bacillus-coagulans>.
- Yirga, J. (2015). The Use of Probiotics in Animal Nutrition. *J. Prob Health*, 3(2), 1000132. doi: 10.4172/2329-8901.1000132.
- Zhou, Y., Zeng, Z., Xu, Y., Ying, J., Wang, B., Majeed, M., Majeed, S., Pande, A., & Li, W. (2020). Application of *Bacillus coagulans* in Animal Husbandry and Its Underlying Mechanisms. *Animals*, 10(3), 454. doi: 10.3390/ani10030454.