

Probiotics in animal nutrition

Mizak L., Gryko R., Kwiatek M., Parasion S.,
Biological Threat Identification and
Countermeasure Center, Military Institute
of Hygiene and Epidemiology, Puławy

Probiotics are live microorganisms, which act similarly to beneficial microorganisms found in the gastrointestinal tract in humans and animals. The aim of this article was to present the role of probiotics in animal nutrition and health. For the prevention of gastrointestinal disorders and the improvement of growth rate in young animals, antibiotics as feed additives have been used for over forty years. Their role was to protect the host against intestinal pathogenic microorganisms. Since 1 January 2006, EU members have introduced a total ban on antibiotic feed used in livestock nutrition. The prohibition of antimicrobial growth promoters has brought to the intensive search for their alternatives. According to the FAO/WHO definition, probiotics are live microorganisms which when administered in adequate amounts may confer a health benefit on the host. Scientists and nutritionists have done several studies to confirm the positive results of probiotics and also prebiotics in the animal farming. Probiotics are used as growth promoters and they can also successfully replace antibiotics in protection against pathogenic bacteria. In order to accomplish the positive effect probiotics should be used together with high level of farm management, animal welfare, biosecurity and veterinary care.

Keywords: probiotics, prebiotics, symbiotics, growth promoters, livestock nutrition.

Zasadniczym celem produkcji zwierzęcej jest dostarczanie konsumentom bezpiecznej żywności, biorąc pod uwagę dobro zwierząt i poszanowanie środowiska naturalnego. Ważną dziedziną badań weterynaryjnych jest poprawa jakości i bezpieczeństwa żywności. Powszechnie wiadomo, że patogeny, takie jak *Campylobacter* i *Salmonella*, mogą być przekazywane w łańcuchu pokarmowym i mogą stanowić źródło wielu chorób u ludzi. Do niedawna podawano zwierzętom w paszy antybiotyki na poziomie subterapeutycznym, działające jako stymulatory wzrostu (antibiotic growth promoters – AGP; 1). Wprowadzony 1 stycznia 2006 r. w krajach UE całkowity zakaz stosowania antybiotyków paszowych w żywieniu zwierząt gospodarskich postawił przed żywicielami i naukowcami nagłą potrzebę znalezienia alternatywnych, równie efektywnych oraz bezpiecznych dodatków paszowych, obojętnych dla organizmów zwierząt, zapobiegających kolonizacji przewodu pokarmowego przez bakterie chorobotwórcze. Z danych literaturowych wynika, że uzupełnienie diety w odpowiednie gatunki

Probiotyki w żywieniu zwierząt

Lidia Mizak, Romuald Gryko, Magdalena Kwiatek, Sylwia Parasion

z Ośrodka Diagnostyki i Zwalczania Zagrożeń Biologicznych Wojskowego Instytutu Higieny i Epidemiologii w Puławach

bakterii o udokumentowanych właściwościach probiotycznych, pozwala na utrzymanie homeostazy przewodu pokarmowego, zwiększając tolerancję organizmu na niekorzystne bodźce zewnętrzne, co ułatwia procesy trawienia i zwiększa przyswajalność składników pasz, a w przypadku konieczności stosowania antybiotyków w celach leczniczych przyspiesza okres rekonwalescencji (2). Wyniki dotychczasowych badań wskazują, że mechanizm oddziaływania probiotyków na ustrój zwierzęcia, przede wszystkim na jego przewód pokarmowy, jest złożony, wielokierunkowy i nie w pełni poznany. Obecnie idea probiozy zyskuje coraz więcej zwolenników i znajduje coraz szersze zastosowanie w medycynie i weterynarii. Żywe, wyselekcjonowane kultury drobnoustrojów (probiotyki) mają zdolność do trwałej lub przejściowej kolonizacji przewodu pokarmowego, uniemożliwiając nadmierny rozwój mikroorganizmów patogennych. Zapewniają one lepsze trawienie, optymalne wykorzystanie pokarmu oraz wpływają korzystnie na równowagę w ekosystemie jelitowym. Wiedza na temat liczby i rodzaju mikroorganizmów stanowiących ekosystem jelitowy w zasadzie jest ograniczona do znajomości mikroflory dominującej w jelitach zdrowych ludzi lub zwierząt.

Wiadomo, że w jelitach bytuje aż 400–500 różnych gatunków drobnoustrojów żyjących razem w układach symbiotycznych lub antagonistycznych. Mikroflora przewodu pokarmowego ssaków może być uznana za aktywną metabolicznie dzięki szerokiej różnorodności pod względem gatunku oraz dużej liczby komórek (3, 4). Znaczenie mikroflory w przewodzie pokarmowym zwierząt jest istotne ze względu na jej kluczową rolę w przebiegu procesu trawienia. Bez obecności właściwie rozwiniętej flory jelitowej procesy trawienia, przemiany materii oraz aktywność układu odpornościowego nie mogłyby przebiegać właściwie. Flora bakteryjna jelit chroni przed zakażeniami i zapewnia odporność organizmu.

Skład mikroflory kału jest ważnym miernikiem stanu fizjologicznego gospodarza. Główne rodzaje mikroorganizmów u zwierząt monogastycznych (świnia, drób, królik) to: *Bacteroides*, *Clostridium*, *Bifidobacterium*, *Eubacterium*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Fusobacterium*, *Peptostreptococcus* i *Propionibacterium* oraz rodzina Enterobacteriaceae. U zwierząt

poligastycznych (bydło, owce) przeważają bakterie z rodzajów: *Prevotella*, *Selenomonas*, *Streptococcus*, *Lactobacillus* i *Megasphaera*, natomiast w żwaczu stanowiącym najważniejszy ekosystem mikrobiologiczny do głównych rodzajów należą *Fibrobacter*, *Ruminococcus*, *Butyrivibrio* i *Bacteroides*. Liczba wspomnianych mikroorganizmów, zależnie od gatunku zwierzęcia, sięga od 5×10^8 do 5×10^{10} /g kału. Układ jakościowy i ilościowy mikroflory jelitowej zdrowego ssaka zawiera dominującą przewagę mikroorganizmów korzystnych dla jego zdrowia i jest dość stabilny. Może on jednak ulegać zmianie w wyniku zakażeń wirusowych i bakteryjnych oraz leczenia chemioterapeutykami. Skład mikroflory jest także determinowany warunkami zoohigienicznymi, wiekiem, stanem zdrowia, stresem psychicznym oraz cechami osobniczymi. Istotny wpływ wywiera również skład i spożycie paszy (5, 6). Skład mikroflory przewodu pokarmowego podlega stałym, dynamicznym zmianom. Liczba mikroorganizmów chorobotwórczych w przewodzie pokarmowym zdrowego ssaka jest z reguły niska, stale jest kontrolowana przez pozostałe mikroorganizmy ekosystemu jelitowego i nie stanowi istotnego zagrożenia dla jego zdrowia. Zaburzenia równowagi mikroflory jelitowej zwierząt powodują wiele problemów zdrowotnych objawiających się bólami, biegunką, zaparciami, spadkiem masy ciała, a nawet zejściem śmiertelnym. Kiedy flora bakteryjna jelit nie jest prawidłowa, naturalna odporność ulega obniżeniu i łatwiej mogą mieć miejsce zakażenia, zwłaszcza wirusowe (7). Zrównoważenie mikroflory jelitowej stanowi skuteczną barierę przed kolonizacją patogenów, wpływa na produkcję substratów metabolicznych (np. witamin i krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych) i pozytywnie stymuluje układ odpornościowy. Troska o nienaruszony, prawidłowy skład mikroflory jelit jest najlepszym sposobem podnoszenia odporności organizmu.

Zachwianie równowagi mikroflory jelitowej

W przewodzie pokarmowym ludzi i zwierząt błona śluzowa stanowi barierę oddzielającą środowisko wewnętrzne od środowiska zewnętrznego. Nabłonek jelitowy wraz ze śluzem stanowią pierwszą linię obrony przed kolonizacją przez patogenne

drobnoustroje. Przebywające w przewodzie pokarmowym bakterie pełnią podwójną funkcję: stymulowanie błony śluzowej i mechanizmów obronnych w celu pobudzenia odpowiedzi immunologicznej oraz utrzymanie homeostazy (8). Mikroflora jelitowa, jej metabolizm i funkcje ochronne są w stanie pozytywnie wpłynąć na integralność bariery jelitowej. Wszelkiego rodzaju stres, zarówno fizjologiczny, jak i psychologiczny osłabia system immunologiczny, co prowadzi do dysfunkcji jelit, zwiększenia przepuszczalności bariery jelitowej i predysponuje do kolonizacji przewodu pokarmowego przez patogenne drobnoustroje (9). Utrata integralności prowadzi do stopniowego wzrostu przepuszczalności jelit, powodując przejście ze stanu fizjologicznego w patologiczny stan zapalny, który jest charakterystyczny dla chorób jelit (10). Patogeny jelitowe wytwarzają toksyny (enterotoksyna gronkowcowa, werotoksyny produkowane przez enterokrwotoczne szczepy *E. coli*, HEC, toksyna cholery, enterotoksyny LT i ST, toksyna Shiga itp.) i inne czynniki wirulencji, takie jak: mucynazy, adhezyny i inwazyjny, które zakłócają metabolizm nabłonka jelitowego. W ten sposób bakterie chorobotwórcze mogą bezpośrednio powodować niekontrolowany, patologiczny proces zapalny. Wykazano, że stosowanie preparatów probiotycznych w żywieniu zwierząt prowadzi do częściowej eliminacji niepożądanego mikroflory jelitowej, co w konsekwencji poprawia ogólny stan zdrowotny organizmu i polepsza wykorzystanie pokarmu.

Definicja probiotyku

Już 76 r. n.e. Pliniusz donosił o korzyściach płynących ze stosowania mleka fermentowanego w leczeniu zakażeń żołądkowo-jelitowych. Nazwa probiotyk pochodzi od greckich słów *pro bios* – dla życia i jest przeciwstawny terminowi antybiotyk – przeciw życiu. Po raz pierwszy ten termin wprowadzili w 1965 r. Lilly oraz Stillwell, opisując substancję lub mikroorganizm, który wpływa na równowagę mikroflory jelitowej (11). Później terminem tym nazwano także mikroorganizmy stymulujące wzrost innych drobnoustrojów. Znaczenie drobnoustrojów probiotycznych w utrzymaniu właściwego stanu mikroflory przewodu pokarmowego podkreślił w definicji probiotyków w 1989 r. Fuller, który zdefiniował je jako żywe dodatki żywieniowe, korzystnie działające na organizm gospodarza poprzez poprawę równowagi mikroflory jelitowej (12). Aktualnie obowiązująca definicja, sformułowana w 2002 r. przez ekspertów FAO i WHO określa probiotyki jako „żywe szczepy ściśle określonych drobnoustrojów, które

podawane w odpowiednich ilościach, modulują równowagę bakteryjną flory jelitowej i wywierają korzystny efekt na zdrowie konsumenta” (13). W przyszłości być może definicja i wymagania w stosunku do probiotyków ulegną modyfikacji, ponieważ stwierdzono, że działanie probiotyczne wywierają również niektóre martwe drobnoustroje, a nawet izolowany z nich materiał genetyczny (14).

Kryteria, jakie powinien spełniać probiotyk

Preparaty probiotyczne przeznaczone dla zwierząt wpływają korzystnie na utrzymanie równowagi mikrobiologicznej (ilościowej i jakościowej) przewodu pokarmowego. Bakterie probiotyczne zasiedlają jelita, wypierając drobnoustroje patogenne, poprawiają odporność zwierząt, zapobiegają zakażeniom jelit, poprawiają przyrosty masy ciała oraz efektywność chowu. Nie wszystkie drobnoustroje stosowane w produkcji preparatów probiotycznych można zaliczyć do korzystnej mikroflory. Zakwalifikowanie ich do tej grupy wiąże się bowiem z koniecznością spełnienia wielu specyficznych wymagań. Zgodnie z propozycjami Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), Organizacji ds. Żywności i Rolnictwa (FAO) oraz Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) szczepy probiotyczne przeznaczone do żywienia zwierząt w procesie selekcji muszą spełniać trzy podstawowe wymagania (13, 15, 17, 18):

- 1) ogólne – udokumentowane pochodzenie (powinny pochodzić z naturalnej mikroflory jelitowej człowieka lub zwierząt), zdolność do kolonizacji przewodu pokarmowego, dobre właściwości wzrostowe w przewodzie pokarmowym gospodarza, oporność na działanie kwasu solnego i żółci oraz bezpieczeństwo zdrowotne; posiadają status QPS – qualified presumption of safety, tzn. rekomendacji Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności dla mikroorganizmów mogących stanowić dodatek do żywności lub pasz, lub mogących służyć do produkcji rekombinowanych enzymów wykorzystywanych w przetwórstwie spożywczym;
- 2) funkcjonalne – zdolność adhezji do komórek nabłonkowych jelita, udokumentowane korzyści zdrowotne, antagonizm wobec patogenów, produkcja substancji przeciwdrobnoustrojowych, stymulacja odpowiedzi immunologicznej, wpływ na metabolizm gospodarza oraz właściwości probiotyczne potwierdzone w badaniach klinicznych;
- 3) technologiczne – dobre właściwości wzrostowe, przeżywalność oraz zachowanie aktywności w środku spożywczym

(w trakcie procesu produkcyjnego oraz przechowywania produktu finalnego).

Probiotyki dla zwierząt

Probiotyki obecne na rynku są czystymi kulturami bakterii jednego lub większej liczby szczepów bakterii, które naturalnie występują w jelitach. Szczepy te zostały wyselekcjonowane ze względu na ich korzystny wpływ na układ trawienny gospodarza. Należy jednak podkreślić, że tylko wybrane, ściśle określone szczepy z danego gatunku mają właściwości prozdrowotne potwierdzone badaniami klinicznymi. Do drobnoustrojów o działaniu probiotycznym dla zwierząt należą przede wszystkim bakterie produkujące kwas mlekowy z rodzaju *Lactobacillus* (*L. acidophilus*, *L. amylovorus*, *L. brevis*, *L. casei*, *L. crispatus*, *L. farmicinis*, *L. fermentum*, *L. murinus*, *L. plantarum*, *L. reuteri*, *L. ramosus*, *L. salivarius*), z rodzaju *Bifidobacterium* (*B. animals*, *B. lactis*, *B. longum*, *B. pseudolongorum*, *B. termophilum*), Gram-dodatnie ziarniaki z rodzaju *Streptococcus* (*S. infantarius*, *S. salivarius*, *S. thermophilus*), z rodzaju *Enterococcus* (*E. faecium*, *E. faecalis*), z rodzaju *Pediococcus* (*P. acidilactici*, *P. pentosaceus*), z rodzaju *Lactococcus* (*L. lactis* subsp. *cremoris*, *L. lactis* subsp. *lactis*), z rodzaju *Leuconostoc* (*L. citreum*, *L. lactis*, *L. mesenteroides*), *Propionibacterium freundenreichii*, Gram-dodatnie laseczki z rodzaju *Bacillus* (*B. cereus*, *B. licheniformis*, *B. subtilis*) oraz drożdżaki z rodzaju *Saccharomyces* (*S. cerevisiae*, *S. pastorianus*), z rodzaju *Kluyveromyces* (*K. fragilis*, *K. marxianus*) oraz grzyby z rodzaju *Aspergillus* (*A. oryzae*, *A. niger*; 19).

Bakterie stosowane do produkcji preparatów probiotycznych powinny być izolowane od przedstawicieli tego gatunku, u którego mają być zastosowane, gdyż prawdopodobnie część korzystnych dla zdrowia efektów jest gatunkowo specyficzna. Dzięki temu uzyskuje się materiał biologiczny maksymalnie dostosowany do warunków panujących w przewodzie pokarmowym danego gatunku zwierząt. W zależności od wieku i gatunku zwierząt preparaty probiotyczne podawane są w postaci kapsulek, pasty, proszku, płynu, żelu lub granulatu bezpośrednio lub pośrednio z karmą. Preparaty probiotyczne stosowane jako dodatki do pasz muszą być odporne na działanie temperatury, ciśnienia, wody, metali ciężkich, zarówno podczas obróbki, jak i przechowywania. Czas ich aktywności nie może być krótszy niż 4 miesiące. Często stosuje się więc zabiegi przedłużające aktywność bakterii, np. otoczkowanie. Probiotyki są rejestrowane na okres roku z uwagi na możliwość modyfikacji mechanizmu działania niektórych szczepów bakterii w zależności od okresu stosowania i warunków środowiska.

Dawki probiotyków

Zasadniczym elementem powodzenia probiotykoterapii jest wykorzystanie konkretnego, dokładnie zidentyfikowanego szczepu, którego prozdrowotne działanie zostało potwierdzone. Kluczem do sukcesu jest zastosowanie odpowiedniej dawki probiotyku. Nie ma jednak jednej uniwersalnej liczby bakterii dającej pożądaną efekt. Zarówno dobór szczepu, jak i jego dawkowanie zależy od kondycji zdrowotnej gospodarza. Zawartość żywych komórek w probiotykach waha się od 10^5 do 10^9 jednostek tworzących kolonie (jtk)/g lub ml. Dawka probiotyku musi być ustalona na podstawie badań klinicznych. Probiotyczne właściwości związane są z rodzajem, gatunkiem i szczepem drobnoustroju (20). Poza tym czynnikiem wpływającym na skuteczność probiotyku jest dawka i czas trwania jego stosowania, np. w ostrej biegunce zakaźnej, większa dawka bakterii probiotycznych podawana w krótkim okresie jest bardziej skuteczna niż mniejsze dawki (21). Innym ważnym czynnikiem są wiek i gatunek zwierzęcia. We wczesnym okresie życia zwierząt kolonizacja prawidłową mikroflorą jest niestabilna i noworodki są szczególnie podatne na środowiskowe czynniki chorobotwórcze. Wstępna kolonizacja korzystną florą bakteryjną ma wielkie znaczenie dla gospodarza, ponieważ bakterie mogą modulować ekspresję genów w komórkach nabłonka, tworząc korzystne dla siebie środowisko (22).

Mechanizm działania probiotyków

Mechanizmy działania probiotyków są wielokierunkowe i jeszcze nie do końca poznane. Jednym z mechanizmów jest konkurencja o receptory lub miejsca przylegania bakterii do komórek nabłonka jelita grubego (5, 7, 10). Probiotyki konkurują z patogenami także o niezbędne składniki pokarmowe i zwiększają sekrecję mucyn – glikoprotein uszczelniających nabłonek jelitowy oraz zmieniają budowę receptorów dla toksyn bakteryjnych. Bakterie fermentacji mlekowej są głównym źródłem poliamin (putrescyny, sperminy i spermidyny), odgrywających istotną rolę we wzroście i różnicowaniu komórek zmniejszających przepuszczalność śluzówki jelitowej i stymulujących jej regenerację. Wpływ probiotyków na skład flory jelitowej w dużej mierze wiąże się także z ich metabolizmem, głównie z procesem fermentacji węglowodanów z wytworzeniem gazów i związków organicznych, głównie kwasu mlekowego oraz krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych: masłowego, octowego i propionowego, obniżających pH treści jelitowej. Obniżenie pH treści jelitowej oraz wytwarzanie przez probiotyki

substancji o działaniu bakteriostatycznym, takich jak bakteriocyny i nadtlenek wodoru, sprzyjają utrzymaniu równowagi mikroflory jelita grubego, czemu towarzyszy hamowanie aktywności niektórych enzymów bakteryjnych i rozwoju bakterii chorobotwórczych (15, 23). Niskie pH treści jelitowej zwiększa także rozpuszczalność soli wapniowych i magnezowych, ułatwiając wchłanianie jonów wapnia i magnezu, co w konsekwencji prowadzi do zwiększonej gęstości kości i ma istotne znaczenie w zapobieganiu osteoporozie (24).

Równowaga ekosystemu jelitowego stanowi podstawę prawidłowego funkcjonowania organizmu. Wpływ probiotyków w utrzymaniu homeostazy w obrębie organizmu zwierzęcia polega na (17, 23, 25):

- przywróceniu i zachowaniu równowagi w naturalnej mikroflorze przewodu pokarmowego (przeciwdziałanie skutkom dysbakteriozy),
- kompetywnym hamowaniu adhezji do nabłonka jelitowego innych bakterii,
- ochronie przewodu pokarmowego przed wzrostem patogennych mikroorganizmów (wirusy, bakterie i grzyby),
- obniżaniu pH treści jelit poprzez wytwarzanie przez bakterie probiotyczne kwasów organicznych,
- zmniejszeniu napięcia ścian jelit na skutek zahamowania fermentacji bakteryjnej prowadzącej do powstania gazów jelitowych,
- zwiększaniu puli enzymów trawieniowych, poprawie trawienia i przyswajania składników pokarmowych,
- obniżaniu poziomu toksycznych produktów metabolizmu w przewodzie pokarmowym i krwi, co sprzyja ograniczeniu występowania biegunek,
- produkcji naturalnych substancji antybiotycznych zwanych bakteriocynami, które działają bakteriobójczo lub bakteriostatycznie na mikroorganizmy patogene, oraz syntezie witamin, głównie z grupy B oraz witaminy K i enzymów trawiennych (np. α -galaktozydazy),
- zwiększeniu aktywności niektórych enzymów jelitowych – laktazy, sacharazy, maltazy, a w konsekwencji poprawie strawności pobieranej paszy,
- obniżaniu poziomu triglicerydów i cholesterolu we krwi oraz tkankach,
- stymulacji układu immunologicznego przez aktywację tkanki limfatycznej, związanej z błonami śluzowymi przewodu pokarmowego (gut-associated lymphoid tissue – GALT),
- modulacji aktywności układu immunologicznego poprzez zmniejszenie aktywności limfocytów proalergicznymi Th2 (profilaktyka alergii),
- zmniejszaniu stężenia prokancerogenów i kancerogenów w przewodzie pokarmowym.

Probiotykom przypisuje się aktualnie określenie „promotory życia” i uważa za czynniki stymulujące wzrost organizmu oraz prawidłowe funkcjonowanie układu pokarmowego. Probiotyki są stosowane jako stymulatory wzrostu wielu gatunków zwierząt. Mogą też zastąpić antybiotyki w paszach. Efektem stosowania preparatów probiotycznych w hodowli zwierząt są: zmniejszenie zużycia paszy na wyprodukowanie masy ciała zwierząt (poprzez pełniejsze wykorzystanie składników pasz), poprawa ich zdrowotności, zwiększanie odporności na stres i skrócenie czasu odnowy organizmu po przebytej chorobie, otrzymywanie tzw. bezpiecznej żywności oraz obniżenie kosztów produkcji.

Prebiotyki

Na układ pokarmowy zwierząt, oprócz probiotyków, korzystnie oddziałują prebiotyki. Początkowo prebiotyki definiowano jako niepodlegające trawieniu składniki pożywienia, wywierające korzystny wpływ na organizm gospodarza poprzez selektywne stymulowanie wzrostu i/lub aktywności bakterii jelitowych jednego lub ograniczonej liczby gatunków, prowadzące do polepszenia zdrowia gospodarza (26). Aktualnie mianem tym określa się „substancje, których selektywna fermentacja prowadzi do specyficznych zmian w składzie i/lub aktywności mikroflory przewodu pokarmowego, oddziałującej korzystnie na dobre samopoczucie i zdrowie gospodarza” (27). Składniki żywności uznawane jako prebiotyki muszą spełniać następujące wymagania (28):

- nie powinny ulegać trawieniu przez enzymy trawienne (działanie kwasu solnego w żołądku, hydrolizę enzymatyczną),
- powinny stymulować korzystną zmianę składu mikroflory przewodu pokarmowego w kierunku rozwoju *Bifidobacterium* i *Lactobacillus*,
- produkty ich rozkładu przez bakterie jelitowe powinny obniżyć pH treści pokarmowej,
- muszą mieć znaną i udokumentowaną budowę chemiczną,
- powinny być łatwe do uzyskania w skali przemysłowej.

Do związków prebiotycznych zalicza się niektóre białka, peptydy, tłuszcze oraz naturalnie występujące w żywności węglowodany oligo- i polisacharydy, m.in. inulina, oligofruktoza i laktuloza (29). Najczęściej w żywieniu ssaków stosuje się mannano- (MOS), frukto- (FOS) oraz transgalaktooligosacharydy (TOS). Substancje te docierają do jelita grubego i stanowią substraty dla korzystnych dla zdrowia, naturalnie występujących w przewodzie pokarmowym szczepów bakterii.

Pozytywne oddziaływanie prebiotyków na zdrowie zwierząt odbywa się przez:

- konkurencyjność z drobnoustrojami patogennymi,
- hamowanie kolonizacji jelit przez bakterie patogene,
- adsorpcję drobnoustrojów i ich toksyn na swojej powierzchni,
- stymulację układu odpornościowego,
- wydłużenie czasu pasażu treści pokarmowej,
- opóźnione opróżnianie żołądka,
- przerost nabłonka w jelicie cienkim,
- stymulację wydzielania jelitowych hormonów peptydowych,
- zmniejszenie wchłaniania glukozy i niski indeks glikemiczny,
- obniżenie pH przewodu pokarmowego,
- stymulację fermentacji cukrowej,
- przerost nabłonka okrężnicy,
- wpływ na produkcję kału,
- regulację produkcji kału (częstotliwość i konsystencji).

Synbiotyki

Synbiotyk oznacza produkt zawierający mieszkankę probiotyków i prebiotyków, które korzystnie wpływają na gospodarza przez poprawę przeżycia i wzbudzenie żywych bakterii zawartych w suplementach diety (26). Skuteczność synbiotyków jako dodatków paszowych dla zwierząt wymagają dalszych badań. Jednak wyniki dotychczasowych badaniach *in vivo* są obiecujące i wykazują synergistyczne działanie probiotyków i prebiotyków na redukcję przenoszonych przez żywność bakterii chorobotwórczych (30).

Stosowanie probiotyków, prebiotyków i synbiotyków u zwierząt

Trzoda chlewna

Zwierzęta gospodarskie są często poddawane stresom środowiskowym (metody zarządzania, dieta itp.), które mogą powodować zaburzenia równowagi w ekosystemie jelita i stanowić ryzyko zakażenia patogenem. Każdy gatunek zwierząt w procesie produkcji ma swój punkt krytyczny. W hodowli świń punkty krytyczne wiążą się z odsadzeniem, z okresem okołoodsadzeniowym, kiedy następuje oddzielenie prosiąt od maciory i przejście na dietę opartą na polisacharydach roślinnych oraz następuje drastyczna zmiana otoczenia (31). Punkty krytyczne mogą negatywnie wpływać na funkcje układu immunologicznego i zaburzać równowagę mikroflory jelit świń (32), co prowadzi do zwiększonej podatności na zakażenia jelitowe. W profilaktyce zaburzeń przewodu pokarmowego oraz dla poprawy tempa wzrostu młodych świń przez ponad czterdzieści lat były

wykorzystywane antybiotyki paszowe, które zapewniały ochronę organizmu zwierzęcia przed niepożądanym działaniem patogennych mikroorganizmów jelitowych (33). Antybiotyki dodawane do pasz dla zwierząt poprzez ograniczenie liczby bakterii chorobotwórczych w przewodzie pokarmowym zmniejszały częstotliwość występowania biegunek i innych zaburzeń, a także ograniczały liczbę upadków zwierząt. Antybiotyki przyspieszały również wzrost i rozwój zwierząt oraz wpływały pozytywnie na lepsze wykorzystanie paszy. Naukowcy i żywieniowcy przeprowadzili szereg badań, by potwierdzić pozytywne wyniki stosowania pro- i prebiotyków w żywieniu zwierząt, a ich rola okazała się nieoceniona w żywieniu młodych osobników.

Najczęściej notowanym efektem stosowania probiotyków jest ograniczenie śmiertelności prosiąt w okresie odsadzeniowym i okołoodsadzeniowym (32, 34). Innym obserwowanym efektem jest zwiększenie liczby korzystnych bakterii i skuteczne łagodzenie biegunek wywołanych przez *E. coli* u odsadzonych prosiąt oraz zwiększenie sił obronnych organizmu poprzez zwiększenie produkcji przeciwciał IgM i IgA przeciwko patogenom jelitowym i regulację produkcji cytokin (35, 36). To działanie profilaktyczne w dużej mierze zależy od rodzaju i ilości użytych szczepów bakterii probiotycznych, a także ich dawki, sposobu i okresu podawania prosiętom. Stwierdzono, że podawanie bakterii *Lactobacillus* i *Bifidobacterium* zaraz po urodzeniu sprzyja kolonizacji korzystnej mikroflory bakterii komensalnych, przez co sztucznie ogranicza zanik błony śluzowej jelit i zaburzenia u wcześniaków noworodków prosiąt, a tym samym zmniejsza częstość i nasilenie martwiczego zapalenia jelit i obniża kolonizację patogennymi laseczkami *Clostridium perfringens* (37). Preparaty probiotyczne zawierające *Bifidobacterium lactis* i *Lactobacillus rhamnosus* indywidualnie zmniejszają przyczepność bakterii *Salmonella*, *E. coli* i *Clostridium* spp. do błony śluzowej jelit u świń. Rzadziej wykorzystywane probiotyki, takie jak *Pediococcus* i drożdże *Saccharomyces* mają zdolność do modulowania populacji limfocytów i wydzielania przeciwciał IgA w jelitach oraz zmniejszenia translokacji bakterii do węzłów chłonnych krezki podczas zakażenia wywołanego przez *E. coli* ETEC (38). Poza tym większość badań wykazała, że stosowanie probiotyków zmniejsza ryzyko wystąpienia choroby obrzękowej u odsadzonych prosiąt (39). W odniesieniu do cech produkcyjnych stwierdzono poprawę parametrów wydajności tuczników, zwiększenie odporności na stres, poprawę jakości tuszy, zwiększenie przyrostu masy ciała oraz poprawę wykorzystania składników pokarmowych paszy (40, 41).

Prebiotyki, podobne jak probiotyki modulują u świń florę bakteryjną w kierunku pożytecznych bakterii i wzmacniają system obronny jelit (działanie immunomodulujące, wzrost produkcji bakteriocyn). Transgalaktooligosacharydy (TOS) dodawane do paszy 35 g/kg dla rosnących świń spowodowały znaczny wzrost liczby bifidobakterii i *Lactobacillus* w kale, bez zwiększenia wydajności wzrostu (42). Natomiast galaktooligosacharydy (GOS) dostarczane 40 g/kg paszy, spowodowały znaczący wzrost liczby bifidobakterii oraz spadek pH treści jelitowej w porównaniu z dietą w grupie kontrolnej oraz z grupą z dietą z dodatkiem inuliny (43). Ponadto oligosacharydy włączone do diety świń na poziomie od 5 do 40 g/kg paszy przyniosły mieszane, ale generalnie nieistotne skutki w zakresie modulacji korzystnej populacji drobnoustrojów obecnych w różnych segmentach jelit świń i w kale (44).

Drób

Podczas okresu wylęgu hodowany drób jest szczególnie narażony na stres wynikający z praktyk stosowanych w nowoczesnej produkcji brojlerów, np. zmiana paszy, transport, duża gęstość obsady (45). Wszystkie te czynniki mogą oddziaływać modulująco na humoralną i komórkową odpowiedź immunologiczną, a tym samym predysponować brojlery do kolonizacji przewodu pokarmowego przez patogeny bakteryjne, stwarzające zagrożenie dla ptaków i zagrażające bezpieczeństwu żywności. Wśród patogenów największe zagrożenie dla drobiu i zdrowia ludzkiego stanowią salmonelle oraz *Campylobacter jejuni* i *Clostridium perfringens* (46, 47). Probiotyki mogą być używane do kontroli patogenów i tym samym do utrzymania zdrowego ekosystemu mikroflory jelitowej. Stwierdzono, że kultury probiotyczne modulują skład i enzymatyczną aktywność mikroflory jelita ślepego (48, 49).

Stosowanie probiotyków u drobiu jest ściśle związane z pojęciem konkurencyjnego wypierania (competitive exclusion). Istotą tego zjawiska jest blokowanie receptorów enterocytów warstwy nabłonkowej jelita cienkiego przez fimbrie (adhezyny niechorobotwórczych bakterii), co wyklucza adhezję do nich enteropatógenów. Wyniki wielu badań dowiodły, że *Lactobacillus* jako probiotyk znacznie redukuje liczbę chorobotwórczych bakterii, takich jak: *Salmonella enteritidis*, *C. jejuni*, *Listeria monocytogenes*, enteropatógenne *E. coli*, *Yersinia enterocolitica* i *C. perfringens* u zakażonych noworodków kurcząt brojlerów oraz zmniejsza umieralność z powodu martwicy jelit (50). Ponadto suplementacja szczepami *Lactobacillus* w diecie brojlerów poprawia przyrost masy ciała, zmniejsza współczynnik konwersji paszy

i skutecznie redukuje odkładanie tłuszczu w jamie ciała (51). Stwierdzono również korzystny wpływ probiotyków na podniesienie jakości i rozmiaru jaj, zwiększenie produkcji oraz obniżenie kosztów paszy dla kur niosek (52, 53). Ważnym czynnikiem wpływającym na skuteczność preparatów probiotycznych u drobiu jest sposób i czas ich podania. Wykazano, że droga podania probiotyków za pośrednictwem paszy, w porównaniu do podania w wodzie do picia, przyczyniła się do większego wzrostu średniego dziennego zysku (54). Suplementacja probiotyków we wczesnym okresie życia ma ogromne znaczenie dla gospodarza, ponieważ bakterie mogą modulować ekspresję genów w komórkach nabłonka jelitowego, tworząc korzystne dla siebie środowisko.

Prebiotyki mają krótką historię stosowania u kurcząt brojlerów (55). Dodatek prebiotyków wydaje się selektywnie zwiększać liczbę *Lactobacillus* i *Bifidobacterium* w jelitach, obniża poziom endotoksyn bakteryjnych oraz zmniejsza kolonizację bakteriami chorobotwórczymi (56, 57). Przeprowadzone badania wykazały, że suplementacja fruktanami zwiększa przyrost masy ciała oraz masy tuszy i powoduje spadek stężenia cholesterolu we krwi (58, 59). Opisano jednak przypadki, które wykazały, że wysokie dawki prebiotyków mogą mieć negatywny wpływ na stan jelit, spowalniać tempo wzrostu ptaków (60). Wyniki wpływu stosowania probiotyku lub prebiotyku na wydajność zwierząt są często sprzeczne i ściśle zależą od stosowanego mikroorganizmu oraz od wybranego związku, poziomu suplementacji diety i czasu ich podawania (61). Badania nad zastosowaniem synbiotyków koncentrują się na ocenie korzystnego wpływu na zdrowie drobiu i na produkcję, jednak danych na ten temat jest niewiele (62, 63). Wszyscy autorzy są zgodni, że synbiotyki działają bardziej efektywnie, niż wchodzące w ich skład preparaty podawane oddzielnie (64, 65).

Przeżuwacze

Zadaniem współczesnego żywienia bydła jest nie tylko otrzymanie maksymalnych wyników produkcyjnych, ale również zachowanie dobrego stanu zdrowotnego zwierzęcia przez korzystny wpływ na przewód pokarmowy, przemianę materii oraz stymulację układu odpornościowego. Ważną rolę w nowoczesnym żywieniu bydła odgrywają dodatki paszowe zaliczane do grupy probiotyków. Zaburzenia pokarmowe, obok chorób układu oddechowego, należą do głównych czynników ryzyka, skutkując zwiększoną zachorowalnością oraz upadkami cieląt. Niewątpliwie głównym zagrożeniem zdrowia dla przeżuwaczy wśród chorobotwórczych patogenów

jest *E. coli* O157: H17. Bydło uważane za główny rezerwuar tego patogenu odgrywa ważną rolę w epidemiologii zakażeń u ludzi (66). Wybrane kultury bakteryjne zostały z powodzeniem zastosowane jako probiotyki u cieląt i dorosłego bydła (67, 68). Drobnoustroje zawarte w probiotykach mają zdolność do szybkiego namnażania się w przewodzie pokarmowym, konkurując z enterotoksycznymi szczepami *E. coli* i innymi bakteriami patogennymi, stabilizując kwasowość przewodu pokarmowego i zmniejszając śmiertelność oraz częstość występowania biegunki (69, 70). Ponadto powodują poprawę strawności składników pokarmowych pasz, wytwarzają substancję o działaniu antybiotycznym, zwiększając aktywność enzymów jelitowych, redukując toksyczne aminy biogenne oraz obniżają stężenie amoniaku w przewodzie pokarmowym i we krwi.

Probiotyki zapobiegają zakażeniom jelit, wpływają korzystnie na system immunologiczny, przyspieszają rozwój żwacza, poprawiają przyrosty oraz efektywność chowu (72). Stosowanie dodatków probiotycznych jest szczególnie wskazane w początkowym okresie życia cieląt ze względu na modyfikację i stabilizację mikroflory przewodu pokarmowego, co zapobiega zakażeniom jelit, poprawia smakowitość karmy, wspomaga procesy trawienia i odporność organizmu, przyspiesza rozwój przedżołądków oraz poprawia przyrosty masy ciała. W większości przypadków w przeprowadzonych doświadczeniach na cielętach obserwowano korzystny wpływ podawania probiotyków w paszy na tempo przyrostu masy ciała, rzędu 5–15%, oraz niższe zużycie paszy na jednostkę przyrostu, co nie jest bez znaczenia w opłacalności chowu młodego bydła. Ponadto wykazano, że probiotyki podawane dorosłemu bydłu optymalizują funkcje żwacza, poprawiają wykorzystanie węglowodanów strukturalnych, stymulują produkcję lotnych kwasów tłuszczowych, co prowadzi do wzrostu koncentracji tłuszczu w mleku, poprawiają także zdrowotność krów oraz wskaźniki rozrodu.

Drożdże stosowane jako stymulator probiotyczny dla krów zwiększają przyrost masy ciała, stymulują rozwój żwacza u młodych cieląt, poprawiają wykorzystanie składników pokarmowych pasz oraz zwiększają wydajność poprzez zwiększenie suchej masy i produkcji mleka (73, 74). Obecność drożdży wpływa jednak przede wszystkim na aktywność metaboliczną bakterii mlekowych, które pozostają z nimi w układzie symbiotycznym. Efektem działania drożdży jest również obniżenie koncentracji amoniaku, lepszy rozkład celulozy, zmniejszenie ilości cukrów rozpuszczalnych oraz metanolu (75). Składniki ściany komórkowej drożdży, takie jak glukan i mannan, zabezpieczają przewód

pokarmowy przed bakteriami patogennymi. Wynikiem tych wszystkich zmian jest stabilizacja procesów fermentacyjnych oraz pH środowiska, co w istotny sposób wpływa na zdrowotność i produktywność zwierząt. Do innych korzyści należy zaliczyć zwiększoną ilość mikroorganizmów celulolitycznych i całkowitej liczby bakterii w żwaczu oraz polepszenie strawności błonnika (76, 77).

Probiotyki również znalazły zastosowanie przy produkcji kiszonek jako inokulanty. Preparaty te, poprzez obniżenie kwasowości, podwyższenie poziomu kwasu mlekowego i stosunku kwasu mlekowego do lotnych kwasów tłuszczowych, przyspieszają i ukierunkowują procesy fermentacji oraz poprawiają jakość i trwałość kiszonek. Dodatkowo mogą one wpływać na obniżenie poziomu szkodliwych substancji lub mikroorganizmów, lepsze pobranie paszy, poprawę strawności i wartości pokarmowej oraz wzrost efektów produkcyjnych zwierząt żywionych tymi paszami.

Stosowanie prebiotyków u bydła jest ograniczone ze względu na możliwość degradacji większości prebiotyków w żwaczu, jednak ulepszenia technologiczne pozwoliły na zastosowanie tych związków u bydła opasowego i mlecznego (78). Suplementacja paszy w prebiotyki eliminuje ze żwacza *E. coli* O157: H7 (79). Z kolei zastosowanie prebiotyków w żywieniu cieląt poprawia nie tylko wyniki odchowu, ale zmniejsza również procent upadków oraz chorób dróg oddechowych i biegunek (70, 79). Efektem takiego działania jest poprawa zdrowotności, jak i produktywności zwierząt.

Zastosowanie synbiotyków u przeżuwaczy nie jest szeroko rozpowszechnione. Nieliczne badania wykazały, że stosowanie synbiotyku zwiększa produkcję mleka w wyniku pozytywnych zmian mikroflory w jelitach, zmniejszając częstość występowania chorób zakaźnych oraz niektórych postaci stresu (80).

Podsumowanie

Obecnie wiąże się duże nadzieje z probiotykami i prebiotykami, które mogą być alternatywnym rozwiązaniem w stosunku do antybiotyków. Wynikające z ich stosowania subtelne manipulacje w składzie mikroflory przewodu pokarmowego w celu utrzymania zdrowia jelit, poprzez różnorodność, stabilność metabolitów i modyfikację układu odpornościowego korzystnie wpływają na zdrowie zwierząt. Stymulatory probiotyczne modulując środowisko przewodu pokarmowego, działają synergistycznie z układem odpornościowym gospodarza, zmniejszając ryzyko chorób układu pokarmowego i dzięki temu mogą znaleźć swoje zastosowanie w hodowli

zwierząt. W rezultacie preparaty te coraz częściej stanowią dodatki do pasz dla drobiu, trzody chlewnej i młodego bydła.

Piśmiennictwo

- Dibner J.J., Richards J.D.: Antibiotic growth promoters in agriculture: History and mode of action. *Poult. Sci.* 2005, **84**, 634-643.
- Tuohy K.M., Rouzaud G.C.M., Bruck W.M., Gibson G.R.: Modulation of the human gut microflora towards improved health using prebiotics-assessment of efficacy. *Curr. Pharm. Des.* 2005, **11**, 75-90.
- Macfarlane S., Macfarlane G.T.: Bacterial diversity in the human gut. *Adv. Appl. Microbiol.* 2004, **54**, 261-289.
- Backhed F., Ley R.E., Sonnenburg J.L., Peterson D.A., Gordon J.L.: Host-bacterial mutualism in the human intestine. *Science*. 2005, **307**, 1915-1920.
- Ley R.E., Hamady M., Lozupone C., Turnbaugh P.J., Ramsey R.R., Bircner J.S., Schlegel M.L., Tucker T.A., Schrenzel M.D., Knight R., Gordon J.L.: Evolution of Mammals and Their Gut Microbes. *Science*. 2008, **320**, 1647-1651.
- Zducznyk Z.: Probiotyki i prebiotyki, oddziaływanie lokalne i systemowe. *Przem. Spoż.* 2002, **4**, 6-8.
- Guarner F., Malagelada J.R.: Gut flora in health and disease. *Lancet*. 2003, **361**, 512-519.
- O'Hara A.M., Shanahan F.: Mechanisms of action of probiotics in intestinal diseases. *World J.* 2007, **7**, 31-46.
- Gareau M.G., Wine E., Sherman P.M.: Early life stress induces both acute and chronic colonic barrier dysfunction. *Neurogastroenterol. Motil.* 2009, **10**, 191-197.
- Lambert G.P.: Stress-induced gastrointestinal barrier dysfunction and its inflammatory effects. *J. Anim. Sci.* 2009, **87**, 101-108.
- Lilly D.M., Stillwell R.H.: Probiotics: growth promoting factors produced by microorganisms. *Science*, 1965: 47: 747-748.
- Fuller R.: Probiotics in man and animals. *J. Appl. Bacteriol.* 1989, **66**, 365-378.
- [FAO/WHO] Joint FAO/WHO Working Group Report on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food, London, Ontario, Canada, 2002, 1-11.
- Madsen K., Jijon H., Yeung H.: DNA from probiotic bacteria exerts anti-inflammatory actions on epithelial cells by inhibition of NF- κ B. *Gastroenterol.* 2002, **122**, 546-552.
- Roberfroid M.B.: Prebiotics and probiotics: are they functional foods? *Am. J. Clin. Nutr.* 2000, **71**, 1682-1687.
- Leuschner R.G.K., Robinson T.P., Hugas M., Coconcell P.S., Richard-Forget F., Klein G., Licht T.R., Nguyen T.C., Querol A., Richardson M., Suarez J.E., Thrane U., Vlaskovic J.M., von Wright A.: Qualified presumption of safety (QPS): a generic risk assessment approach for biological agents notified to the European Food Safety Authority (EFSA). *Trends Food Sci. Technol.* 2010, **21**, 425-435.
- Schrezenmeier J., de Vrese M.: Probiotics, prebiotics and synbiotics—approaching a definition. *Am. J. Clin. Nutr.* 2001, **73**, 361-364.
- European Food Safety Authority: The maintenance of the list of QPS microorganisms intentionally added to food or feed. Scientific opinion of the Panel on Biological Hazards. *The EFSA Journal*. 2008, **923**, 1-48.
- Gaggia F., Mattarelli P., Biavati B.: Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. *Inter. J. Food Microb.* 2010, **141**, 15-28.
- Timmerman H.M., Koning C.J., Mulder L., Rombouts F.M., Beynen A.C.: Monostrain, multistain and multi-species probiotics – a comparison of functionality and efficacy. *Inter. J. Food Microb.* 2004, **96**, 219-233.
- Sazawal S., Hiremath G., Dhingra U., Malik P., Deb S., Black R.E.: Efficacy of probiotics in prevention of acute diarrhoea: a meta-analysis of masked, randomised, placebo-controlled trials. *Lancet Infect. Dis.* 2006, **6**, 374-382.
- Siggers R.H., Thymann T., Siggers J.L., Schmidt M., Hansen A.K., Sangild P.T.: Bacterial colonization affects early organ and gastrointestinal growth in the neonate. *Livest. Sci.* 2007, **109**, 14-18.
- Saulnier D.M., Spinler J.K., Gibson G.R., Versalovic J.: Mechanisms of probiosis and prebiotics: considerations for enhanced functional foods. *Curr. Opin. Biotechnol.* 2009, **20**, 135-141.
- Heuvel E., Weidauer T.: Role of the non-digestible carbohydrate lactulose in the absorption of calcium. *Med. Sci. Monit.* 1999, **5**, 1231-1237.
- Oelschlaeger T.A.: Mechanisms of probiotic actions – a review. *Int. J. Med. Microbiol.* 2010, **300**, 57-62.
- Gibson G.R., Roberfroid M.B.: Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *J. Nutr.* 1995, **125**, 1401-1412.
- Gibson G.R., Probert H.M., Van Loo J., Rastall R.A., Roberfroid M.: Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. *Nutr. Res. Rev.* 2004, **17**, 259-275.
- Scantlebury-Manning, T., Gibson, G.R.: Prebiotics. *Best Pract. Res. Cl. Ga.* 2004, **18**, 287-298.
- Swennen K.; Courtin C.M.; Delcour J.A.: Non-digestible oligosaccharides with prebiotic properties. *Crit. Rev. Food Sci.* 2006, **46**, 459-471.
- Bomba A., Nemcova R., Mudronova D., Guba P.: The possibilities of potentiating the efficacy of probiotics. *Trends Food Sci. Tech.* 2002, **13**, 121-126.
- Grela E.: Optymalizacja żywienia świń z wykorzystaniem nowej generacji dodatków paszowych. *Pr. Mat. Zoot.* 2004, **15**, 53-63.
- Modesto M., D'Aimmo M.R., Stefanini I., Trevisi P., De Filippi S., Casini L., Mazzoni M., Bosi P., Biavati B.: A novel strategy to select Bifidobacterium strains and prebiotics as natural growth promoters in newly weaned pigs. *Livest. Sci.* 2009, **122**, 248-258.
- Pejsak Z., Trusczyński T.: Przyczyny i konsekwencje wprowadzenia zakazu stosowania antybiotykowych stymulatorów wzrostu u świń oraz możliwości przeciwdziałania negatywnym skutkom ich wycofania. *Życie Wet.* 2006, **81**, 380-383.
- Takahashi S., Egawa Y., Simojo N., Tsukahara T., Ushida K.: Oral administration of Lactobacillus plantarum strain Lq80 to weaning piglets stimulates the growth of indigenous lactobacilli to modify the lactobacillus population. *J. Gen. Appl. Microbiol.* 2007, **53**, 325-332.
- Zhang L., Xu J.Q., Liu H.-L., Lai T., Ma J.-L., Wang J.-F., Zhu Y.-H.: Evaluation of Lactobacillus rhamnosus GG using an Escherichia coli K88 model of piglet diarrhoea: effects on diarrhoea incidence, faecal microflora and immune responses. *Vet. Microbiol.* 2010, **141**, 142-148.
- Scharek L., Altherr B.J., Tolke C., Schmidt M.F.: Influence of the probiotic Bacillus cereus var. toyoi on the intestinal immunity of piglets. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 2007, **120**, 136-147.
- Siggers R.H., Siggers J., Boye M., Thymann T., Mølbak L., Leser T., Jensen B.B., Sangild P.T.: Early administration of probiotics alters bacterial colonization and limits diet-induced gut dysfunction and severity of necrotizing enterocolitis in preterm pigs. *J. Nutr.* 2008, **138**, 1437-1444.
- Lessard M., Dupuis M., Gagnon N., Nadeau É., Matte J.J., Goulet J., Fairbrother J.M.: Administration of *Pediococcus acidilactici* or *Saccharomyces cerevisiae* boulardii modulates development of porcine mucosal immunity and reduces intestinal bacterial translocation after *Escherichia coli* challenge. *J. Anim. Sci.* 2009, **87**, 922-934.
- Podkówa Z., Podkówa W.: Probiotyki w żywieniu świń. *Trzoda Chlewna*. 1999, nr 5, 35-37.
- Konstantinov S.R., Smidt H., Akkermans A.D.L., Casini L., Trevisi P., Mazzoni M., De Filippi S., Bosi P., de Vos W.: Feeding of Lactobacillus sobrius reduces *Escherichia coli* F4 levels in the gut and promotes growth of infected piglets. *FEMS Microbiol. Ecol.* 2008, **66**, 599-607.
- Alexopoulos C., Georgoulakis I.E., Tzivara A., Kyriakis C.S., Govaris A., Kyriakis S.C.: Field evaluation of the effect of a probiotic-containing Bacillus licheniformis and Bacillus subtilis spores on the health status, performance, and carcass quality of grower and finisher pigs. *J. Vet. Med. A.* 2007, **51**, 306-312.
- Smiricky-Tjardes M.R., Grieshop C.M., Flickinger E.A., Bauer L.L., Fahey G.C.: Dietary galactooligosaccharides affect ileal and total-tract nutrient digestibility, ileal and fecal bacterial concentrations, and ileal fermentative characteristics of growing pigs. *J. Anim. Sci.* 2003, **81**, 2535-2545.
- Tzortzis G., Goulas A.K., Gee J.M., Gibson G.R.: A novel galactooligosaccharide mixture increases the bifidobacterial population numbers in a continuous in vitro fermentation system and in the proximal colonic contents of pigs in vivo. *J. Nutr.* 2005, **135**, 1726-1731.
- Mikkelsen L.L., Jakobsen M., Jensen B.B.: Effects of dietary oligosaccharides on microbial diversity and fructo-oligosaccharide degrading bacteria in faeces of piglets post weaning. *Anim. Feed Sci. Tech.* 2003, **109**, 133-150.
- Skomorucha I., Muchacka R.: Effect of stocking density and management system on the physiological response of broiler chickens. *Ann. Anim. Sci.* 2007, **7**, 321-328.
- Humphrey T., O'Brien S., Madsen M.: Campylobacters as zoonotic pathogens: a food production perspective. *Int. J. Food Microbiol.* 2007, **117**, 237-257.
- Van Immerseel E., De Buck J., Pasmans F., Huyghebaert G., Haesebrouck F., Ducatelle R.: Clostridium perfringens in poultry: an emerging threat for animal and public health. *Avian Pathol.* 2004, **33**, 537-549.
- Willis W.L., Reid L.: Investigating the effects of dietary probiotic feeding regimens on broiler chicken production and Campylobacter jejuni presence. *Poultry Sci.* 2008, **87**, 606-611.
- Vila B., Fontgibell A., Badiola I., Esteve-Garcia E., Jiménez G., Castillo M., Brufau J.: Reduction of Salmonella enterica var. enteritidis colonization and invasion by Bacillus cereus var. toyoi inclusion in poultry feeds. *Poultry Sci.* 2009, **88**, 975-979.
- Schneitz C.: Competitive exclusion in poultry – 30 years of research. *Food Control*. 2005, **16**, 657-667.
- Kalavathy R., Abdullah N., Jalaludin S., Ho, Y.W.: Effects of Lactobacillus cultures on growth performance, abdominal fat deposition, serum lipids and weight of organs of broiler chickens. *Brit. Poultry Sci.* 2003, **44**, 139-144.
- Kurtoglu V., Kurtoglu F., Seker E., Coskun B., Balevi T., Polat E.S.: Effect of probiotic supplementation on laying hen diets on yield performance and serum and egg yolk cholesterol. *Food Addit. Contam.* 2004, **21**, 817-823.
- Panda A.K., Rama Rao S.S., Raju M.V.L.N., Sharma S.S.: Effect of probiotic (Lactobacillus sporogenes) feeding on egg production and quality, yolk cholesterol and humoral immune response of white leghorn layer breeders. *J. Sci. Food Agr.* 2008, **88**, 43-47.
- Timmerman H.M., Veldman A., van den Elsen E., Rombouts F.M., Beynen A.C.: Mortality and growth performance of broilers given drinking water supplemented with chicken-specific probiotics. *Poultry Sci.* 2006, **85**, 1383-1388.
- Young I., Rajic A., Wilhelm B.J., Waddell L., Parkew S., Mcewen, S.A.: Comparison of the prevalence of bacterial enteropathogens, potentially zoonotic bacteria and bacterial resistance to antimicrobials in organic and conventional poultry, swine and beef production: a systematic review and meta-analysis. *Epidemiol. Infect.* 2009, **137**, 1217-1232.
- Biggs P., Parsons C.M.: The effects of grobiotic-P on growth performance, nutrient digestibilities, and cecal microbial populations in young chicks. *Poultry Sci.* 2008, **87**, 1796-1803.
- Yusrizal X., Chen T.C.: Effect of adding chicory fructans in feed on fecal and intestinal microflora and excreta volatile ammonia. *Int. J. Poultry Sci.* 2003, **2**, 188-194.
- Xu Z.R., Hu C.H., Xia M.S., Zhan X.A., Wang M.Q.: Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers. *Poultry Sci.* 2003, **82**, 1030-1036.
- Sims M.D., Dawson K.A., Newman K.E., Spring P., Hooge D.M.: Effects of dietary mannanoligosaccharide, bacitracin methylene disalicylate, or both on the live performance and intestinal microbiology of turkeys. *Poultry Sci.* 2004, **83**, 1148-1154.
- Biggs P., Parsons C.M., Fahey G.C.: The effects of several oligosaccharides on growth performance, nutrient digestibilities, and cecal microbial populations in young chicks. *Poultry Sci.* 2007, **86**, 2327-2336.
- O'Dea E.E., Fasenko G.M., Allison G.E., Korver D.R., Tannock G.W., Guan L.L.: Investigating the effects of commercial probiotics on broiler chick quality and production efficiency. *Poultry Sci.* 2006, **85**, 1855-1863.
- Mohl M., Acosta Aragon Y., Acosta Ojeda A., Rodriguez Sanchez B., Pasteiner S.: Effect of synbiotic feed additive in comparison to antibiotic growth promoter on performance and health status of broilers. *Poultry Science*. 2007, **86**(1), 217-223.
- Vicente J., Wolfenden A., Torres-Rodriguez A., Higgins S., Tellez G., Hargis B.: Effect of a Lactobacillus species-based probiotic and dietary lactose prebiotic on turkey poultry performance with or without Salmonella enteritidis challenge. *J. Appl. Poultry Res.* 2007, **16**, 361-364.
- Awad W.A., Ghareeb K., Abdel-Raheem S., Böhm J.: Effects of dietary inclusion of probiotic and synbiotic on growth performance, organ weights, and intestinal histomorphology of broiler chickens. *Poultry Sci.* 2009, **88**, 49-55.
- Vandeplas S., Dubois Dauphin R., Thiry C., Beckers Y., Welling G.W., Thonart P., Théwis A.: Efficiency of a Lactobacillus plantarum-xylanase combination on growth performances, microflora populations, and nutrient digestibilities of broilers infected with Salmonella typhimurium. *Poultry Sci.* 2009, **88**, 1643-1654.
- Lejeune J.T., Wetzel A.N.: Preharvest control of Escherichia coli O157 in cattle. *J. Anim. Sci.* 2007, **85**, 73-80.
- Schamberger G.P., Diez-Gonzalez F.: Selection of recently isolated colicinogenic Escherichia coli strains inhibitory to Escherichia coli O157:H7. *J. Food Protect.* 2002, **65**, 1381-1387.
- Tkalcic S., Zhao T., Harmon B.G., Doyle M.P., Brown A., Zhao P.: Fecal shedding of enterohemorrhagic Escherichia coli in weaned calves following treatment with probiotic Escherichia coli. *J. Food Protect.* 2007, **66**, 1184-1189.

69. Von Buenau R., Jaekel L., Schubotz E., Schwarz S., Stroff T., Krueger M.: Escherichia coli strain Nissle 1917: significant reduction of neonatal calf diarrhoea. *J. Dairy Sci.* 2005, **88**, 317-323.
70. Timmerman H.M., Mulder L., Everts H., van Espen D.C., van der Wal E., Klaassen G., Rouwers S.M., Hartemink R., Rombouts F.M., Beynen A.C.: Health and growth of veal calves fed milk replacers with or without probiotics. *J. Dairy Sci.* 2005, **88**, 2154-2165.
71. Younts-Dahl S.M., Galyean M.L., Lonergan G.H., Elam N.A., Brashears M.M.: Dietary supplementation with Lactobacillus-Propionibacterium-based direct-fed with microbials and prevalence of Escherichia coli O157 in beef feedlot cattle and on hides at harvest. *J. Food Protect.* 2004, **67**, 889-893.
72. Stella A.V., Paratte R., Valnegri L., Cigalino G., Soncini G., Chevaux E., Dell'Orto V., Savoini G.: Effect of administration of live Saccharomyces cerevisiae on milk production, milk composition, blood metabolites, and faecal flora in early lactating dairy goats. *Small Ruminant Res.* 2007, **67**, 7-13.
73. Adams M.C., Luo J., Rayward D., King S., Gibson R., Moghaddam G.H.: Selection of a novel direct-fed microbial to enhance weight gain in intensively reared calves. *Anim. Feed Sci. Tech.* 2008, **145**, 41-52.
74. Desnoyers M., Giger-Reverdin S., Bertin G., Duvaux-Ponter, C., Sauvant D.: Metaanalysis of the influence of Saccharomyces cerevisiae supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants. *J. Dairy Sci.* 2009, **92**, 1620-1632.
75. Chaucheyras-Durand F., Walker N.D., Bachc A.: Effects of active dry yeasts on the rumen microbial ecosystem: past, present and future. *Anim. Feed Sci. Tech.* 2008, **145**, 5-26.
76. Guedes C.M., Gonçalves D., Rodrigues M.A.M., Dias-Da-Silva A.: Effects of a Saccharomyces cerevisiae yeast on ruminal fermentation and fibre degradation of maize silages in cows. *Anim. Feed Sci. Tech.* 2008, **145**, 27-40.
77. Callaway T.R., Edrington T.S., Anderson R.C., Harvey R.B., Genovese K.J., Kennedy C.N., Venn D.W., Nisbet D.J.: Probiotics, prebiotics and competitive exclusion for prophylaxis against bacterial disease. *Anim. Health Res Rev.* 2008, **9**, 217-225.
78. De Vaux A., Morrison M., Hutkins R.W.: Displacement of Escherichia coli O157: H7 from rumen medium containing prebiotic sugars. *Appl. Environ. Microb.* 2002, **68**, 519-524.
79. Agarwal N., Kamra D.N., Chaudhary L.C., Agarwal L., Sahoo A., Pathak N.N.: Microbial status and rumen enzyme profile of crossbred calves on different microbial feed additives. *Lett. Appl. Microbiol.* 2002, **34**, 329-336.
80. Yasuda K., Hashikawa S., Sakamoto H., Tomita Y., Shibata S., Fukata T.: A new symbiotic consisting of Lactobacillus casei subsp. casei and dextran improve milk production in Holstein dairy cows. *J. Vet. Med. Sci.* 2007, **69**, 205-209.

Dr Lidia Mizak, Ośrodek Diagnostyki i Zwalczenia Zagrożeń Biologicznych WIHE, ul. Lubelska 2, 24-100 Puławy