

Probiotyki w żywieniu zwierząt gospodarskich

Barbara Niwińska¹, Iwona Furgal-Dierżuk¹, Jarosław Wieczorek²

¹*Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Fizjologii Żywienia,
32-083 Balice k. Krakowa*

²*Uniwersyteckie Centrum Medycyny Weterynaryjnej UJ-UR, Instytut Nauk Weterynaryjnych,
al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków*

Probiotyki stosowane w formie dodatku do paszy stają się coraz bardziej popularne jako jedna z alternatyw dla antybiotykowych stymulatorów wzrostu, całkowicie zakazanych od 1 stycznia 2006 r. w krajach Unii Europejskiej (Rozporządzenie Wspólnoty Europejskiej nr 1831/2003, 2003). Wzrost zainteresowania probiotykami wynika z udowodnionych pozytywnych efektów ich stosowania w żywieniu zwierząt gospodarskich. Wykazano, że wpływają one korzystnie na ograniczenie aktywności patogenów w obszarze przewodu pokarmowego, stymulują odporność gospodarza, poprawiają wchłanianie składników odżywczych, a w końcowym efekcie poprawiają wydajność zwierząt. Aktualnie, wymienione funkcje są wyjaśniane w kontekście wzrostu wiedzy na temat roli ekologii drobnoustrojowej w obrębie przewodu pokarmowego lub jego odinków, np. jelita.

W pracy przedstawiono aktualny przegląd wiedzy na temat klasyfikacji probiotyków, ich funkcji w żywieniu zwierząt gospodarskich oraz bezpieczeństwa ich stosowania.

Probiotyki: definicja i klasyfikacja

Historia terminu „probiotyki” zaczyna się w 1965 r. Po raz pierwszy użyli tego określenia Lilly i Stillwell (1965) opisując zjawisko stwierdzone w świecie pierwotniaków, z których jeden produkował nieznaną substancję stymulującą wzrost innego.

Definicja tego zjawiska podlegała wielu zmianom aż do 2013 r. Wówczas to eksperci Organizacji Narodów Zjednoczonych ds. Żywności i Rolnictwa (FAO) i Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) przedstawili definicję probiotyków w następującej postaci: „probiotyki to żywe mikroorganizmy, które po podaniu

w odpowiednich ilościach przynoszą korzyści zdrowotne gospodarzowi”. W takim brzmieniu definicja została przyjęta jako obowiązująca przez Międzynarodowe Stowarzyszenie Naukowe Probiotyków i Prebiotyków (Hill i in., 2014).

Lista gatunków i szczepów mikroorganizmów zastosowanych jako probiotyki w paszach dla zwierząt jest bardzo obszerna i ciągle wzbogacana. W tabeli 1 przedstawiono rodzaje, gatunki i szczepy mikroorganizmów probiotycznych stosowanych w żywieniu zwierząt według stanu zaaprobowanego przez FAO w 2016 r. i przedłożonego w opracowaniu Bajagai i in. (2016).

Wobec tak dużej liczby rodzajów, gatunków i szczepów mikroorganizmów o prozdrowotnym oddziaływaniu na organizm gospodarza przyjęto różne zasady klasyfikacji. W opracowaniu prezentowanym przez Bajagai i in. (2016) zaproponowano podział stosowanych probiotyków w zależności od:

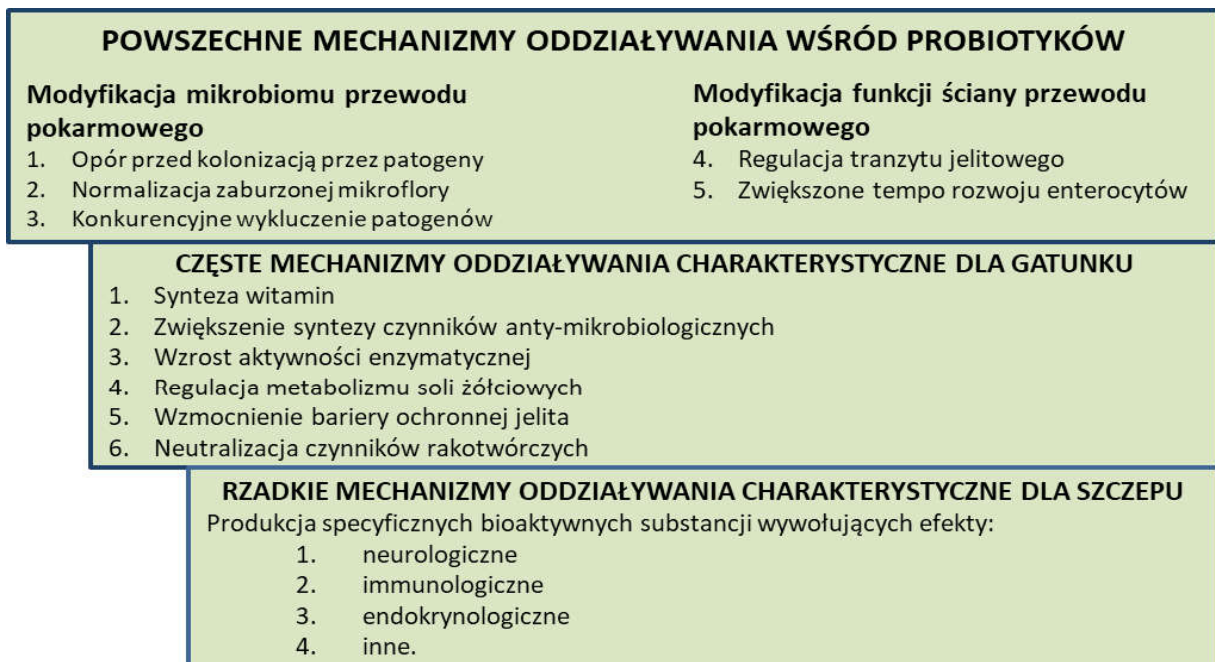
1. przynależności taksonomicznej do:
 - a. bakterii – większość probiotyków to bakterie należące do *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Bacillus* i *Enterococcus* (Domena: Bakterie),
 - b. organizmów niebakteryjnych, grzybowych – należą do nich *Aspergillus oryzae*, *Candida pintolopesii*, *Saccharomyces boulardii* i *Saccharomyces cerevisiae* (Królestwo: Fungi);
2. zdolności tworzenia zarodników:
 - a. tworzące zarodniki, np. *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*,
 - b. nie tworzące zarodników, np. *Lactobacillus* i *Bifidobacterium*;
3. składu:
 - a. jednogatunkowe, np.:

Tabela 1. Mikroorganizmy stosowane jako probiotyki w żywieniu zwierząt (wg Bajagai i in., 2016)
 Table 1. Microorganisms used as probiotics in animal nutrition (acc. to Bajagai et al., 2016)

Rodzaj Genus	Gatunek Species	Szczepy Strains	Rodzaj Genus	Gatunek Species	Szczepy Strains	
<i>Aspergillus</i>	<i>oryzae</i>		<i>Bifidobacterium</i>	<i>animalis</i>	503, DSM 16284	
	<i>niger</i>			<i>bifidum</i>		
<i>Bacillus</i>	<i>amyloliquefaciens</i>	CECT 5940 H57		<i>bifidus</i>		
	<i>toyonensis</i>	BCT-7112		<i>thermophilus</i>		
	<i>coagulans</i>	ATCC 7050		<i>longum</i>	<i>pseudolongum</i>	
		ZJU0616				
	<i>licheniformis</i>	DSM 5749		<i>lactis</i>		
	<i>megaterium</i>			<i>Brevibacillus</i>	<i>laterosporus</i>	
	<i>mesentericus</i>			<i>Candida</i>	<i>pintolepesii</i>	
	<i>polymyxa</i>			<i>Clostridium</i>	<i>butyricum</i>	
<i>subtilis</i>	588, CA #20, DSM 17299, PB6, ATCCPTA 6737, DSM 5750	<i>Lactobacillus</i>	<i>thermophilus</i>			
<i>Escherichia</i>	<i>coli</i>	Nissle 1917	<i>acidophilus</i>			
<i>Enterococcus</i>	<i>faecium</i>	589, NCIMB 11181, E1708, DSM 10663, NCIMB 10415, DSM 16211, DSM 3530, HJEF005	<i>brevis</i>	I 12, I 211, I 218, I 23, I 25		
			<i>bulgaricus</i>			
	<i>faecalis</i>		<i>casei</i>	CECT 4043		
<i>Lactococcus</i>	<i>lactis</i>	CECT 539	<i>delbrueckii</i> <i>subspecies</i> <i>bulgaricus</i>			
<i>Megasphaera</i>	<i>elsdenii</i>		<i>farciminis</i>			
<i>Pediococcus</i>	<i>acidilactici</i>	DSM 16210	<i>fermentum</i>	JS		
	<i>parvulus</i>		<i>gallinarum</i>	I 16, I 26, LCB 12		
<i>Prevotella</i>	<i>bryantii</i>		<i>jensenii</i>			
<i>Propionibacterium</i>	<i>shermanii</i>		<i>paracasei</i>			
			<i>plantarum</i>			
	<i>freudenreichii</i>		<i>reuteri</i>	514, C 1, C10, C16, DSM 16350, DSM 16350		
			<i>acidipropionici</i>			
<i>jensenii</i>		<i>rhamnosus</i> <i>lactis</i> <i>salivarius</i>	DSM 16351, I 24			
<i>Saccharomyces</i>	<i>bourlardii</i>		<i>sobrius</i>			
	<i>cerevisiae</i>	KCTC No.7193	<i>Streptococcus</i>	<i>faecalis</i>		
			<i>faecium</i>			
<i>servisia</i>		<i>gallolyticus</i>	TDGB 406			
			<i>salivarius</i> <i>subsp.</i> <i>thermophilus</i>			
			<i>bovis</i>			

- Bro-bio-fair (*Saccharomyces servisia*),
- Anta Pro EF (*Enterococcus faecium*),
- b. wielogatunkowe, np.:
 - Poultry Star® (zawiera *Enterococcus faecium*, *Lactobacillus reuteri*, *L. salivarius* i *Pediococcus acidilactici*),
 - PrimaLac (zawiera *Lactobacillus* spp., *Enterococcus faecium* i *Bifidobacterium thermophilum*),
 - Microguard (zawiera różne gatunki *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Streptococcus*, *Bifidobacterium* i *Saccharomyces*);
- 4. środowiska, z którego pochodzą:
 - a. autochtoniczne – występują jako mieszkańcy przewodu pokarmowego (np. *Lactobacillus* i *Bifidobacterium*),
 - b. allochtoniczne – naturalnie nie występują w przewodzie pokarmowym zwierząt (np. drożdże).

Probiotyki klasyfikuje się również według mechanizmu oddziaływania, według którego realizują swoje funkcje. Przedstawiony poniżej schemat prezentuje w podstawowym zarysie mechanizmy oddziaływania charakteryzujące powszechnie stosowane probiotyki, charakterystyczne tylko dla określonych gatunków lub charakterystyczne tylko dla określonych szczepów (schemat 1). Żaden indywidualny probiotyk nie oddziałuje według wszystkich opisanych powyżej mechanizmów, ale wiele mechanizmów jest często reprezentowanych przez pojedynczy szczep.



Schemat 1. Klasyfikacja mechanizmów oddziaływania: powszechne wśród szeroko stosowanych rodzajów probiotyków, obserwowane wśród większości szczepów danego gatunku oraz obserwowane tylko u kilku szczepów danego gatunku (schemat opracowano wg Hill i in., 2014).

Diagram 1. Classification of modes of action: widespread among commonly used probiotic genera, observed among most strains of a probiotic, and present in only a few strains of a given species (diagram elaborated based on Hill et al., 2014).

Funkcje probiotyków

Wobec bogatej różnorodności organizmów probiotycznych, a także mechanizmów oddziaływania na organizm gospodarza nie ma jednolitej interpretacji ich funkcji. Uznaje się jednak, że

miejscami realizacji ich funkcji prozdrowotnych są światło lub/i ściana przewodu pokarmowego. Światło przewodu pokarmowego zawiera obok składników odżywczych i korzystnych mikroorganizmów także patogeny, toksyczne i szkodli-

we substancje, do których należą także antygeny pokarmowe, natomiast błona śluzowa ściany przewodu pokarmowego pełni rolę selektywnie przepuszczalnej bariery między światłem jelita i środowiskiem wewnętrznym ciała gospodarza.

Modyfikacja mikrobiomu przewodu pokarmowego

Światło przewodu pokarmowego jest siedliskiem mikrobiomu, do którego zalicza się wszystkie zamieszkujące go mikroorganizmy, nie wyłączając chorobotwórczych. Składniki chemiczne pobrane w pokarmie zapewniają środowisko specyficzne dla określonego mikrobiomu, który wspólnie z pobranym pokarmem, produktami jego trawienia i produktami własnego metabolizmu tworzy warunki środowiskowe warunkujące redukcję lub wzrost liczebności specyficznych bakterii. Wprowadzając obok substancji pokarmowych także probiotyki, wykorzystujemy możliwość modulacji dynamiki zmian w populacji drobnoustrojów w celu ustalenia przewagi mikroorganizmów pożytecznych nad szkodliwymi (Choct, 2009). Wykazano, że proces redukcji liczebności mikroorganizmów chorobotwórczych jest wieloetapowy, wynika z synergii produkcji substancji przeciw-drobnoustrojowych, wyparcia patogenów na drodze konkurencji oraz bardziej efektywnej adhezji (przylegania) mikroorganizmów do nabłonka (Shim i in., 2012). Wszystkie te etapy obserwowano w procesie modyfikacji mikroflory przewodu pokarmowego przy zastosowaniu bakterii probiotycznych z rodzaju *Lactobacillus* i *Bifidobacteria*, skierowanej przeciwko bakteriom z grupy *coli*, szczególnie *Escherichia coli* (Forte i in., 2016). Stwierdzono, że w mechanizmie tej modyfikacji podstawową rolę odgrywa synteza bakteriocynów o działaniu antagonistycznym w stosunku do szczepów chorobotwórczych oraz synteza enzymów uczestniczących w procesach związanych ze wzrostem kwasowości treści powyżej poziomu sprzyjającego rozwojowi patogenów (fermentacja do kwasu mlekowego, krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych, produkcja nadtlenu wodoru) (Kawai i in., 2004; Mookiah i in., 2014; Yirga, 2015). Podobne mechanizmy modulujące homeostazę jelitową zaobserwowano u tworzących zarodniki probiotyków z rodzaju *Bacillus* (Yirga, 2015; Elshagabee i in., 2017).

W podsumowaniu można powiedzieć, że mechanizm korzystnego, prozdrowotnego wpły-

wu probiotyków w obrębie światła przewodu pokarmowego obejmuje zwiększenie populacji pożytecznych mikroorganizmów poprzez wytwarzanie substancji o właściwościach bakteriostatycznych, skierowanych wyłącznie do korzystnych mikroorganizmów, przy równoczesnej syntezie wzrastających ilościowo substancji o właściwościach bakteriobójczych, specyficznie ukierunkowanych przeciwko patogenom. Prowadzona w ostatnich latach analiza efektów oddziaływania probiotyków na mikrobiom przewodu pokarmowego wskazuje, że zarówno dynamika tego procesu, jak i finalny efekt są specyficzne dla gatunku i wieku gospodarza.

Modyfikacja funkcji ściany przewodu pokarmowego

Błona śluzowa ściany przewodu pokarmowego pełni funkcje ochrony fizjologicznej stabilności organizmu przed szkodliwymi czynnikami zewnętrznymi, głównie poprzez modulację aktywności systemu odpornościowego oraz kontrolę tranzytu substancji korzystnych i toksycznych między światłem jelita i środowiskiem wewnętrznym ciała gospodarza. W odpowiedzi na antygeny obecne w treści jelita oddziałuje na mechanizmy pobudzenia aktywności anatomicznych struktur układu odpornościowego błon śluzowych jelit (jelita cienkiego, jelita ślepego i okrężnicy) (GALT; ang. *gut-associated lymphoid tissue*), stymulacji sekrecji immunoglobulin, głównie z klasy A (Górska i in., 2009), a także aktywacji swoistych odpowiedzi makrofagów i limfocytów oraz komórek naturalnej cytotoxiczności, uwalniających cytokiny w sposób specyficzny dla szczepu, dawki mikroorganizmu, a także dla gatunku gospodarza (Ashraf i Shah, 2014). Mechanizm probiotycznej regulacji funkcji obronnych obejmuje również komunikację między mikroorganizmami a komórkami nabłonkowymi, regulującą przyczepność mikroorganizmów do komórek nabłonkowych, komunikację międzykomórkową tkanek ściany regulującą przyleganie międzykomórkowe, procesy sygnalizacyjne i transportowe komórek nabłonka (Peterson i Artis, 2014; Ortega i in., 2017).

Nabłonek przewodu pokarmowego pełni funkcję bariery transportowej, kontrolującej absorpcję, wchłanianie i wydzielanie wielu substancji. Funkcja ta ulega destrukcji na skutek stanu zapalnego wywołanego infekcją. Wykazano, że niektóre probiotyki zapobiegają lub minimali-

zują transportowe dysfunkcje nabłonka przez przerwanie kaskady sygnalizacji prozapalnej oraz przez redukcję wydzielania chlorków biorących udział w zachowaniu równowagi elektrolitycznej chorobowo uszkodzonych komórek nabłonkowych (Barrett, 2017). Wykorzystanie probiotyków we wzmocnieniu ochronnej funkcji nabłonka w różnych chorobach przewodu pokarmowego wymaga precyzyjnej identyfikacji ich skuteczności w zależności od zastosowanego szczepu, rodzaju choroby oraz wieku i gatunku gospodarza. Wyniki aktualnych badań wskazują na nowe mechanizmy specyficzne dla niektórych szczepów probiotycznych. Selektywny ruch substancji przez tkankę nabłonkową i poszczególne komórki nabłonkowe odbywa się przy udziale połączeń międzykomórkowych, tworzących zarówno barierę jak i system połączeń pomiędzy komórkami oraz przestrzeniami tkankowymi. Wykazano, że niektóre probiotyki zwiększają ekspresję białek budujących połączenia międzykomórkowe nabłonka przewodu pokarmowego, poprawiając efektywność jego funkcji transportowej (Qin i in., 2005).

W podsumowaniu można stwierdzić, że mechanizmy korzystnego, prozdrowotnego wpływu probiotyków na funkcje ściany przewodu pokarmowego w obrębie jelita cienkiego, jelita ślepego i okrężnicy obejmują aktywizację jej układu odpornościowego (GALT; synteza substancji hamujących zasiedlenie przez patogeny) oraz poprawę funkcji transportowych (selektywny transport; funkcjonowanie komunikacji międzykomórkowych) lub ich utrzymanie w przebiegu różnych chorób przewodu pokarmowego.

Czy efektem końcowym jest zawsze wzrost wydajności zwierząt gospodarskich?

Przedstawiony w pracy opis mechanizmów oddziaływania probiotyków na organizm gospodarza może sugerować ich jednoznacznie pozytywny wpływ na wydajność zwierząt gospodarskich. W ostatnich latach wzrosła liczba badań poświęconych ocenie wpływu probiotyków na wydajność zwierząt gospodarskich, jednak wyniki nie są jednoznaczne. Wiele wyników badań potwierdza pozytywny wpływ wprowadzenia probiotyków do paszy na poprawę wskaźników produkcyjnych, takich jak przyrosty masy ciała, pobranie paszy i efektywność jej wykorzystania, a równocześnie wiele wyników badań nie potwierdza tych zależności. W tabeli 2 przedstawiono wybrane wyniki badań z ostatnich lat, charakteryzujące rozbieżność ocen skuteczności wpływu probiotyków na poprawę wydajności zwierząt gospodarskich.

Jak wynika z danych przedstawionych w tabeli 2, probiotyki znajdują zastosowanie jako dodatki do pasz dla bydła, trzody chlewnej i drobiu. Wydaje się, że są szczególnie skuteczne u młodych zwierząt, co potwierdza poprawa wskaźników produkcyjnych u cieląt, prosiąt i brojlerów. Oddziaływanie na wydajność starszych zwierząt gospodarskich nie jest jednoznacznie korzystne, jednak nadal wiąże się duże nadzieje z ich funkcjami prozdrowotnymi. Światowy rynek dodatków do pasz dla zwierząt w 2017 r. wyniósł ponad 17 mld dolarów USA, a do 2024 r. przewiduje się wzrost przekraczający 8% (Probiotics Market, 2018).



Fot. A. Wojciewchowski

Tabela 2. Wpływ probiotyków na wydajność zwierząt gospodarskich
 Table 2. Effect of probiotics on performance of farm animals

Gatunek Species	Grupa produkcyjna Production group	Mikroorganizmy Microorganisms	Cecha Trait	Pobranie pasz Feed intake	Wykorzystanie pasz Feed conversion	Źródło literaturowe Literature source	
Bydło – Cattle	cielęta calves		wzrost masy ciała increased body weight				
		<i>B. amyloliquefaciens</i>	+ ¹	+	n-b	Le i in., 2016	
		<i>L. acidophilus</i>	NS	NS	NS	Abu-Tarboush i in., 1996	
	jałówki heifers	<i>S. cerevisiae</i>	+			Ghazanfar i in., 2015	
	krowy cows			odczyn treści żwacza pH of ruminal contents			
<i>S. cerevisiae</i>		+	n-b	n-b	Desnoyers i in., 2009		
Trzoda – Pigs	prosięta piglets	<i>Bacillustoyonensis</i>	+	+	-	Kantas i in., 2015	
		<i>B. longum (AH1206)</i>	NS	NS	n-b	Herfel i in., 2013	
	tuczniki fatteners	<i>B. subtilis</i> <i>C. butyricum</i>	+	NS	+	Meng i in., 2010	
Drób Poultry	brojlery broilers		wzrost masy ciała increased body weight				
		<i>B. subtilis</i>	+	+	NS	Afsharmanesh i Sadaghi, 2014	
		<i>B. amyloliquefaciens</i>	+	+	-	Ahmed i in., 2014	
		<i>B. coagulans</i>	NS	NS	-	Hung i in., 2012	
		<i>L. acidophilus</i> , <i>B. subtilis</i> DSM 17299, <i>C. butyricum</i>	+	NS	NS	Zhang i Kim, 2014	
	kury nieśne laying hens			wzrost produkcji jaj increased egg production			
		<i>L. acidophilus</i> D2/CSL	+	n-b	-	Gallazzi i in., 2009	
		<i>E. faecium</i>	NS	n-b	NS	Capcarova i in., 2010	

¹+ – statystycznie istotny wzrost, – – statystycznie istotny spadek, NS – różnice statystycznie nieistotne, n-b – nie badany.

¹+ – statistically significant increase, – – statistically significant decrease, NS – statistically non-significant differences, n-b – not studied.

Bezpieczeństwo stosowania probiotyków w żywieniu zwierząt gospodarskich

W Europie, zgodnie z obowiązującym prawodawstwem, wymagane jest poprzedzenie zaawertowania produktu probiotycznego wynikami

badań potwierdzającymi bezpieczeństwo jego stosowania w żywieniu ludzi i zwierząt gospodarskich. Obowiązuje realizacja tych badań według procedury zawartej w opracowaniu Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności

(ang. *European Food Safety Authority*, skrót EFSA) pt. „Wytyczne dotyczące oceny wrażliwości bakterii na środki przeciwdrobnoustrojowe stosowane w medycynie człowieka oraz medycynie weterynaryjnej” (EFSA, 2012) oraz według wytycznych postępowania dla uzyskania statusu domniemania bezpieczeństwa (ang. *Qualified Presumption of Safety*; skrót QPS) przedstawionych przez Komitet Naukowy EFSA (EFSA, 2007).

Większość informacji odnośnie bezpieczeństwa stosowania probiotyków opiera się na wiedzy dotyczącej bezpieczeństwa stosowania bakterii z rodzajów *Lactobacillus* i *Bifidobacterium*. Z jednej strony panuje opinia, że są one najbezpieczniejszymi mikroorganizmami używanymi jako probiotyki, a za bezpieczeństwem ich stosowania przemawiają zarówno historycznie udokumentowane fakty ich wykorzystywania w produkcji tradycyjnej żywności, jak i ich obecność w mikrobiomie u ludzi (Huse i in., 2012) i zwierząt (Yeoman i White, 2014). Z drugiej strony wątpliwości wzbudzają wyniki badań wskazujące, że w odniesieniu do zdrowia ludzi stosowanie niektórych szczepów jest obarczone ryzykiem. W 2016 r. przedstawiono opis 8 przypadków ropni wątroby u ludzi przyczynowo związanych z bakterią, która wynikała z konsumpcji dużych ilości produktów mlecznych zawierających pałeczki kwasu mlekowego (Sherid i in., 2016). Opisane przypadki dotyczyły osób szczególnie podatnych na zakażenia, np. po przeszczepie wątroby, w zaawansowanym wieku i/lub obciążonych cukrzycą. W odniesieniu do zagrożenia zdrowia ludzi wynikającego ze stosowania w żywieniu zwierząt bakterii z rodzajów *Lactobacillus* i *Bifidobacterium* nie znaleziono potwierdzenia w aktualnych źródłach piśmiennictwa. EFSA umieścił na liście QPS – jako potwierdzone proceduralnie bezpieczne w stosowaniu w żywieniu zwierząt gospodarskich – 37 gatunków *Lactobacillus* i 5 gatunków *Bifidobacterium* (Panel ds. zagrożeń biologicznych, EFSA BIOHAZ, 2013; Panel dotyczący dodatków i produktów lub substancji wykorzystywanych w paszach dla zwierząt, EFSA FEEDAP, 2016).

Coraz bardziej popularne jako probiotyki stosowane w żywieniu zwierząt są bakterie tworzące zarodniki, szczególnie z rodzaju *Bacillus*. Wynika to z ich odporności na wysokie temperatury, łatwiejszego wytwarzania, przechowywania i transportu pasz. Jednak, przedstawiciele tego

rodzaju bakterii są zdolni do produkcji szkodliwych dla ludzi i zwierząt entero- i endotoksyn, w tym także toksyny wymiotnej (Elshagabee i in., 2017). Stąd wniosek, że stosowanie każdego szczepu i gatunku z rodzaju *Bacillus* wymaga kontroli. EFSA zatwierdził status QPS dla 13 gatunków *Bacillus* (EFSA BIOHAZ, 2013).

Najwięcej badań oceniających ryzyko zdrowotne stosowania probiotycznych szczepów przeprowadzono nad przedstawicielami *Enterococcus faecium*, powszechnie stosowanymi w produktach dla zwierząt. Zainteresowanie przedstawicielami rodzaju *Enterococcus* wynika z rozpoznania niektórych z nich jako pospolitych, lekoopornych patogenów szpitalnych (Łysakowska i in., 2009). Na przykład, analizując lekooporność szczepów *Enterococcus* zawartych w komercyjnych produktach stosowanych w Stanach Zjednoczonych w żywieniu bydła i trzody chlewnej, Amachawadi i in. (2018) wykazali, że 15 z 22 przebadanych szczepów *Enterococcus* wchodzących w skład probiotyków charakteryzuje oporność na medycznie ważne środki przeciwdrobnoustrojowe. Ze względu na powszechnie występujące zagrożenie infekcjami i udowodnioną wysoką wirulencję tych bakterii EFSA nie zatwierdził statusu QPS dla żadnego przedstawiciela rodzaju *Enterococcus*, wymagając potwierdzenia bezpieczeństwa stosowania dla każdego przypadku jego zastosowania (EFSA BIOHAZ, 2013).

Jak wynika z opisanych wątpliwości, probiotyki mogą być odpowiedzialne za szereg zagrożeń zdrowotnych, włączając również infekcje zagrażające życiu. Obecna wiedza nie jest wystarczająca do stwierdzenia, że grupa probiotyków jest w 100% bezpieczna, a bezpieczeństwo stosowania wymaga indywidualnej oceny każdego szczepu oraz kombinacji szczepów wchodzących w skład probiotyku. Zagrożenia zdrowotne łączone są nie tylko z indywidualnymi cechami gatunków i/lub szczepów bakterii, ale także ze zjawiskiem oporności na środki przeciwdrobnoustrojowe (najczęściej antybiotyki), zdolności do nabywania tej oporności i wzrastania nabytej oporności. Według definicji: „oporność na środki przeciwdrobnoustrojowe jest definiowana jako zdolność drobnoustrojów, takich jak bakterie, do zwiększania odporności na środki przeciwdrobnoustrojowe, na które były one wcześniej wrażliwe” (Komunikat Komisji Europejskiej, 2017). Z jednej strony oporność jest łączona z obecnością genów kodujących różnorod-

ne czynniki, takie jak substancja agregująca (asa), żelatynaza (gelE), adhezyna zapalenia wsierdza (efaA), operon cytolizyny (cylA, cylLs, cylLl, cylM, cylB), białko powierzchniowe (esp), białko wiążące kolagen (ace) i hialuronidaza (hyl) (Łysakowska i in., 2009). Podstawą jej identyfikacji jest obecność wyszczególnionych genów w materiale genetycznym bakterii. Ale z drugiej strony, jest łączona z konsekwencją mutacji genetycznych ukierunkowanych na nabycie cechy oporności, która raz nabyta jest następnie przekazywana szczepom potomnym, nadając im w drodze naturalnej selekcji cechę zwiększonej przeżywalności w zmienionych warunkach. Ten proces selekcji naturalnej jest wzmacniany przez człowieka poprzez niewłaściwe (nadmierne) stosowanie środków przeciwdrobnoustrojowych w medycynie i weterynarii, złe praktyki w sektorach zdrowia, produkcji zwierzęcej, produkcji żywności, rolnictwie i akwakulturze, ułatwiające przenoszenie pozostałości antybiotyków oraz opornych mikroorganizmów do żywności, gleby i wody. Proces ten z czasem powoduje obniżenie skuteczności środków przeciwdrobnoustrojowych i ostatecznie stają się one nieskuteczne i bezużyteczne.

Podsumowanie

Przewiduje się, że rosnąca od dwóch dekad wiedza oraz społeczna świadomość na temat

oddziaływania probiotyków stosowanych jako dodatek do paszy dla zwierząt gospodarskich, wraz z rosnącym zapotrzebowaniem na produkty spożywcze pochodzenia zwierzęcego wysokiej jakości, wpływają na wzrost stosowania probiotyków w przemyśle paszowym. Zmianom tym towarzyszy zwiększone zainteresowanie konsumentów zagadnieniami zdrowia i dobrostanu zwierząt gospodarskich oraz bezpieczeństwem uzyskiwanych od nich produktów. W odpowiedzi na wzrost zainteresowania stosowaniem probiotyków w żywieniu zwierząt gospodarskich sprecyzowano definicje oraz klasyfikację zgodnie z przynależnością taksonomiczną organizmów uznanych za probiotyki.

Podział według mechanizmów oddziaływania na organizm gospodarza ciągle stanowi przedmiot badań. Wynika to z różnorodności mechanizmów oddziaływania, zarówno wzajemnego jak i na organizm gospodarza, które nie są do końca poznane. W odpowiedzi na potrzebę oceny ryzyka związanego z probiotycznymi mikroorganizmami wykorzystywanymi w produkcji żywności i/lub pasz w badaniach potwierdzających ich bezpieczeństwo dla ludzi i zwierząt obowiązują ściśle, formalne przepisy. Przetawione działania pozwalają przyjąć, że wprowadzone na rynek mikroorganizmy probiotyczne nie stanowią zagrożenia dla zdrowia ludzi i zwierząt.

Literatura

- Abu-Tarboush H.M., Al-Saiady M.Y., Keir El-Din A.H.K. (1996). Evaluation of diet containing lactobacilli on performance, fecal coliform, and lactobacilli of young dairy calves. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 57, 1: 39–49.
- Afsharmanesh M., Sadaghi B. (2014). Effects of dietary alternatives (probiotic, green tea powder and Kombucha tea) as antimicrobial growth promoters on growth, ileal nutrient digestibility, blood parameters, and immune response of broiler chickens. *Comp. Clin. Path.*, 23, 3: 717–724.
- Ahmed S.T., Islam M.M., Mun H.S., Sim H.J., Kim Y.J., Yang C.J. (2014). Effects of *Bacillus amyloliquefaciens* as a probiotic strain on growth performance, cecal microflora, and fecal noxious gas emissions of broiler chickens. *Poultry Sci.*, 93, 8: 1963–1971.
- Amachawadi R.G., Giok F., Shi X., Soto J., Narayanan S.K., Tokach M.D., Apley M.D., Nagaraja T.G. (2018). Antimicrobial resistance of *Enterococcus faecium* strains isolated from commercial probiotic products used in cattle and swine. *J. Anim. Sci.*, 96, 3: 912–920.
- Ashraf R., Shah N.P. (2014). Immune system stimulation by probiotic microorganisms. *Crit. Rev. Food. Sci. Nutr.*, 54, 7: 938–956.
- Bajagai Y.S., Klieve A.V., Dart P.J., Bryden W.L. (2016). Probiotics in animal nutrition: production, impact and regulation. In: Makkar HPS (ed.), *FAO animal production and health paper No. 179*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nation. Rome, 2016.
- Barrett K.E. (2017). Endogenous and exogenous control of gastrointestinal epithelial function: building on the legacy of Bayliss and Starling. *J. Physiol.*, 15, 595, 2: 423–432.

- Capcarova M., Chmelnicna L., Kolesarova A., Massanyi P., Kovacik J. (2010). Effects of *Enterococcus faecium* M 74 strain on selected blood and production parameters of laying hens. *Br. Poultry Sci.*, 51, 5: 614–620.
- Choct M. (2009). Managing gut health through nutrition. *Br. Poultry Sci.*, 50, 1: 9–15.
- Desnoyers M., Giger-Reverdin S., Bertin G., Duvaux-Ponter C., Sauvant D. (2009). Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants. *J. Dairy Sci.*, 92, 4: 1620–1632.
- EFSA (2007). Opinion of the Scientific Committee: Introduction of a Qualified Presumption of Safety (QPS) approach for assessment of selected microorganisms referred to EFSA. *EFSA J.*, 587: 1–16.
- EFSA (2012). European Food Safety Authority, scientific opinion. Guidance on the assessment of bacterial susceptibility to antimicrobials of human and veterinary importance. EFSA Panel on additives and products or substances used in animal feed (FEEDAP).
- EFSA BIOHAZ (2013). Scientific Opinion on the maintenance of the list of QPS biological agents intentionally added to food and feed. *EFSA J.*, 11: 11.
- EFSA FEEDAP (2016). Scientific opinion on the safety and efficacy of Probiomix B (*Lactobacillus plantarum* KK-P/593/p and *Lactobacillus rhamnosus* KKP 825) as a feed additive for chickens for fattening. *EFSA J.*, 14, 2: 1–11.
- Elshagabee F.M.F., Rokana N., Gulhane R.D., Sharma C., Panwar H. (2017). *Bacillus* as potential probiotics: status, concerns, and future perspectives. *Front. Microbiol.*, 8: 1490.
- Forte C., Acuti G., Manuali E., Casagrande Proietti P., Pavone S., Trabalza-Marinucci M., Moscati L., Onofri A., Lorenzetti C., Franciosini M.P. (2016). Effects of two different probiotics on microflora, morphology, and morphometry of gut in organic laying hen. *Poultry Sci.*, 95, 11: 2528–2535.
- Gallazzi D., Giardini A., Mangiagalli M.G., Marelli S., Ferrazzi V., Orsi C., Cavalchini L.G. (2009). Effects of *Lactobacillus acidophilus* D2/CSL on laying hen performance. *Ital. J. Anim. Sci.*, 7, 1: 27–38.
- Ghazanfar S., Anjum M., Azim A., Ahmed I. (2015). Effects of dietary supplementation of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) culture on growth performance, blood parameters, nutrient digestibility and fecal flora of dairy heifers. *J. Anim. Plant Sci.*, 25, 1: 53–59.
- Górska S., Jarzab A., Gamian A. (2009). Bakterie probiotyczne w przewodzie pokarmowym człowieka jako czynnik stymulujący układ odpornościowy. *Post. Hig. Med. Dośw.* (online), 7, 63: 653–667.
- Herfel T.M., Jacobi S.K., Lin X., Jouni Z.E., Chichlowski M., Stahl C.H., Odle J. (2013). Dietary supplementation of *Bifidobacterium longum* strain AH1206 increases its cecal abundance and elevates intestinal interleukin-10 expression in the neonatal piglet. *Food Chem. Toxicol.*, 60: 116–122.
- Hill C., Guarner F., Reid G., Gibson G.R., Merenstein D.J., Pot B., Morelli L., Canani R.B., Flint H.J., Salminen S., Calder P.C., Sanders M.E. (2014). Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.*, 11, 8: 506–514.
- Hung A.T., Lin S.Y., Yang T.Y., Chou C.K., Liu H.C., Lu J.J., Wang B., Chen S.Y., Lien T.F. (2012). Effects of *Bacillus coagulans* ATCC 7050 on growth performance, intestinal morphology, and microflora composition in broiler chickens. *Anim. Prod. Sci.*, 52, 9: 874–879.
- Huse S.M., Ye Y., Zhou Y., Fodor A.A. (2012). A core human microbiome as viewed through 16S rRNA sequence clusters. *Plos One*, 7, 6, e34242.
- Kantas D., Papatsiros V.G., Tassis P.D., Giavasis I., Bouki P., Tzika E. (2015). A feed additive containing *Bacillus toyonensis* (Toyocerin®) protects against enteric pathogens in postweaning piglets. *J. Appl. Microbiol.*, 118, 3: 727–738.
- Kawai Y., Ishii Y., Arakawa K., Uemura K., Saitoh B., Nishimura J., Kitazawa H., Yamazaki Y., Tateno Y., Itoh T., Saito T. (2004). Structural and functional differences in two cyclic bacteriocins with the same sequences produced by lactobacilli. *Appl. Environ. Microbiol.*, 70, 5: 2906–2911.
- Komunikat Komisji Europejskiej (2017). Komunikat Komisji Do Rady i Parlamentu Europejskiego: Europejski plan działania „Jedno zdrowie” na rzecz zwalczania oporności na środki przeciwdrobnoustrojowe. SWD 240 dokument finalny, Bruksela, 29.06.2017.
- Le O.T., Dart P.J., Harper K., Zhang D., Schofield B., Callaghan M.J., Lisle A.T., Klieve A.V., McNeill D.M. (2016). Effect of probiotic *Bacillus amyloliquefaciens* strain H57 on productivity and the incidence of diarrhoea in dairy calves. *Anim. Prod. Sci.*, 57, 5: 912–919.

- Lilly D.M., Stillwell R.H. (1965). Probiotics: growth-promoting factors produced by micro-organisms. *Science*, 147, 3659: 747–748.
- Lysakowska M.E., Śmigielski J., Denys A. (2009). Występowanie genów zjadliwości wśród szczepów *Enterococcus faecalis* izolowanych od pacjentów i ze środowiska szpitalnego. *Med. Dośw. Mikrobiol.*, 61: 125–132.
- Meng Q.W., Yan L., Ao X., Zhou T.X., Wang J.P., Lee J.H., Kim I.H. (2010). Influence of probiotics in different energy and nutrient density diets on growth performance, nutrient digestibility, meat quality, and blood characteristics in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 88, 10: 3320–3326.
- Mookiah S., Siew C.C., Ramasamy K., Abdullah N., Ho Y.W. (2014). Effects of dietary prebiotics, probiotic and synbiotics on performance, caecal bacterial populations and caecal fermentation concentrations of broiler chickens. *J. Sci. Food Agric.*, 94, 2: 341–348.
- Ortega F.E., Rengarajan M., Chavez N., Radhakrishnan P., Gloerich M., Bianchini J., Siemers K., Luckett W.S., Lauer P., Nelson W.J., Theriot J.A. (2017). Adhesion to the host cell surface is sufficient to mediate *Listeria monocytogenes* entry into epithelial cells. *Mol. Biol. Cell*, 28: 2945–2957.
- Peterson L.W., Artis D. (2014). Intestinal epithelial cells: regulators of barrier function and immune homeostasis. *Nat. Rev. Immunol.*, 14, 3: 141–153.
- Probiotics Market (2018). Probiotics Market Growth – Industry Size, Share Research 2018–2024. Global Market Insights, Inc., Report ID: GMI418.
- Qin H.L., Shen T.Y., Gao Z.G., Fan X.B., Hang X.M., Jiang Y.Q., Zhang H.Z. (2005). Effect of lactobacillus on the gut microflora and barrier function of the rats with abdominal infection. *World J. Gastroenterol.*, 7, 1, 17: 2591–2596.
- Rozporządzenie Wspólnoty Europejskiej nr 1831/2003 (2003). Rozporządzenie Wspólnoty Europejskiej Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 22 sierpnia 2003 r. w sprawie dodatków stosowanych w żywieniu zwierząt. *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej*, L 268/29.
- Sherid M., Samo S., Sulaiman S., Husein H., Sifuentes H., Sridhar S. (2016). Liver abscess and bacteremia caused by lactobacillus: role of probiotics? Case report and review of the literature. *BMC Gastroenterol.*, 16, 1:138.
- Shim Y.H., Ingale S.L., Kim J.S., Kim K.H., Seo D.K., Lee S.C., Chae B.J., Kwon I. (2012). A multi-microbe probiotic formulation processed at low and high drying temperatures: effects on growth performance, nutrient retention and caecal microbiology of broilers. *Br. Poultry Sci.*, 53, 4: 482–490.
- Yeoman C.J., White B.A. (2014). Gastro-intestinal tract microbiota and probiotics in production animals. *Ann. Rev. Anim. Biosci.*, 2, 1: 469–486.
- Yirga H. (2015). The use of probiotics in animal nutrition. *J. Prob. Health*, 3, 2: 1–10.
- Zhang Z.F., Kim I.H. (2014). Effects of multistrain probiotics on growth performance, apparent ileal nutrient digestibility, blood characteristics, cecal microbial shedding, and excreta odor contents in broilers. *Poultry Sci.*, 93, 2: 364–370.

PROBIOTICS IN FARM ANIMAL NUTRITION

Summary

It is expected that the increasing knowledge and social awareness of the impact of probiotics used as a feed additive for farm animals, combined with the growing demand for high quality food products of animal origin, contribute to the increased use of probiotics in the feed industry. These changes are accompanied by rising consumer interest in health and livestock welfare issues, and in the safety of products obtained from them.

In response to the increasing interest in the application of probiotics in livestock nutrition, the definitions were clarified as was the classification in accordance with the taxonomic affiliation of the organisms recognized as probiotics. The classification according to the mode of action on the host continues to be the subject of research. This is due to the diversity of the modes of action, both reciprocal and on the host mutual, which are still not completely understood. In response to the need of assessing the risk of probiotic microorganisms used in food and/or feed production, strict and forma regulations are applied in human and animal safety studies. These activities allow us to assumed that the marketed probiotic microorganisms present no danger to human and animal health.

Key words: probiotics, livestock feeding, safety