

Przydatność nutrigenomiki w ochronie zdrowia i produkcji świń

Małgorzata Pomorska-Mól¹, Maciej Nowak², Zygmunt Pejsak¹

z Zakładu Chorób Świń Państwowego Instytutu Weterynaryjnego – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach¹ oraz Huvepharma Polska Sp. z o.o. w Warszawie²

Wiek XXI określa się wiekiem genomiki, czyli nauki zajmującej się analizą genomu organizmów. Jednym z głównych celów genomiki jest poznanie sekwencji i mapowanie genomów oraz określenie współzależności i interakcji pomiędzy genami (1). Dynamiczny, zwłaszcza w ostatnich latach, rozwój tej dziedziny nauki przyczynił się także do zainteresowania zagadnieniem wpływu składników diety na ekspresję genów. Ten obszar nauki nazywano nutrigenomiką. Nutrigenomika jest dyscypliną łączącą naukę o żywieniu z biologią molekularną i zajmuje się badaniem wpływu bioaktywnych składników diety na ekspresję genów. Analizuje między innymi związki pomiędzy dietą i genetycznymi predyspozycjami do tzw. chorób cywilizacyjnych, w tym chorób nowotworowych, metabolicznych, chorób układu krążenia i innych; identyfikuje mechanizmy decydujące o tym, w jaki sposób żywność i żywienie wpływają na stan zdrowia.

Dziedziną pokrewną nutrigenomice jest nutrigenetyka, która zajmuje się analizą różnic genetycznych, jakie istnieją u poszczególnych osobników i wpływają na ich odpowiedź na poszczególne substancje odżywcze, a które to różnice związane są z istnieniem w genomie polimorfizmów pojedynczego nukleotydu (SNP). Polimorfizm ten może przyczyniać się zarówno do wzmocnienia, jak i osłabienia wpływu bioaktywnych związków na ekspresję genów.

Bioaktywne składniki żywności

Bioaktywne składniki diety są cząsteczkami sygnałowymi, które przenoszą informację ze środowiska zewnętrznego i wpływają (w sensie zarówno ilościowym, jak i jakościowym) na ekspresję genów, a to z kolei ma wpływ na funkcjonowanie komórek i organizmów (1). Geny stanowią więc cząsteczki docelowe dla bioaktywnych składników diety i odbierają informację płynącą ze środowiska zewnętrznego (1). Na podstawie dotychczas uzyskanych wyników wykazano, że składniki diety wpływają na ekspresję genów na wielu płaszczyznach. Niektóre regulują strukturę chromatyny, inne bezpośrednio wpływają na aktywność receptorów jądrowych i pośrednio na poziom transkrypcji genów kontrolowanych przez receptory (1, 2). O stopniu

aktywności transkrypcyjnej genu decyduje poziom metylacji DNA i modyfikacje białek histonowych wchodzących w skład chromatyny (4). Metylacja DNA jest rodzajem modyfikacji DNA, która wiąże się z wyciszeniem genów. Profil metylacji DNA może się zmieniać pod wpływem diety (np. niedobory seleniu mogą powodować hipometylację DNA, co prowadzi do niewłaściwej ekspresji genów), polimorfizmów pojedynczego nukleotydu oraz czynników środowiskowych (5). Wykazano, że bioaktywne składniki diety mogą bezpośrednio wpływać na proces ekspresji genów (6).

Wiele składników diety wchodzi w skład ważnych enzymów lub wpływa na DNA w istotny sposób, np. niacyna – kontroluje strukturę telomerów, magnez – bierze udział w naprawie i replikacji DNA, witaminy C i E – hamują utlenianie zasad nukleinowych, a wapń – hamuje powstawanie pęknięć w chromosomach. Wyniki wielu badań wskazały, że antyoksydanty (w tym flawonoidy, kwasy fenolowe, izotiocyjaniany oraz inne niskocząsteczkowe związki zawierające siarkę) działają na inhibitory wielu białek enzymatycznych oraz substancje regulujące szlaki wewnątrzkomórkowego przekazywania sygnałów (3).

Dieta bez wątplenia jest modyfikatorem warunków środowiskowych w różnych narządach i tkankach, zwłaszcza w obrębie przewodu pokarmowego, który jest zasiedlony przez wiele drobnoustrojów. Rola mikroorganizmów przewodu pokarmowego w odpowiedzi układowej na składniki pożywienia, leki czy toksyny jest tak samo istotna, jak metabolizm tkankowy tych substancji (7). Dlatego też modyfikując dietę, można nie tylko w bezpośredni sposób wpływać na skład mikroflory w przewodzie pokarmowym, ale także pośrednio wpływać na funkcje genów, które kontrolują metabolizm w obrębie komórek przewodu pokarmowego (8). Wykazano, między innymi, że istotny wpływ na ekspresję genów może mieć znajdujący się w diecie tłuszcz. Ponieważ niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe są prekursorami eikozanoidów, w tym m.in. prostaglandyny E₂ posiadającej właściwości immunosupresyjne, na podstawie wielu badań postawiono hipotezę, że immunomodulacyjne działanie kwasów tłuszczowych pochodzących z pożywienia jest związane, przynajmniej

Nutrigenomics in health protection and production in swine

Pomorska-Mól M.¹, Nowak M.², Pejsak Z.¹,
Department of Swine Diseases, National Veterinary Research Institute in Pulawy¹, Huvepharma Polska Sp. z o.o., Warsaw²

The dynamic development of genomics has contributed to the growth of interest in the impact of dietary components on genes expression in domestic animals. The introduction of genomics approaches in nutritional sciences lead to the development of scientific area called "nutrigenomics". Nutrigenomics is a discipline combining the science of nutrition and molecular biology to study the effects of bioactive dietary components on genes expression. Nutrigenomics aims to determine the influence of common dietary ingredients on the genome and analyzes the relationship between diet and genetic predisposition to diseases as well as identifies the mechanisms which determine how bioactive food components may affect animal health. Bioactive dietary compounds are signaling molecules that carry information from the external environment and affect the expression of genes, which has an impact on the function of cells and organisms. Among the compounds with potential effect on gene expression are vitamins, divalent metal ions, fatty acids, conjugated linoleic acid, fermented potato protein and also others. The results of many studies confirmed that applying in practice knowledge about beneficial effects of bioactive dietary components on gene expression can significantly improve the profitability of animal production and the quality of food of animal origin.

Keywords: nutrigenomics, pigs, production profitability.

częściowo, ze zmianami w procesach biosyntezy prostaglandyn (8).

Składnikami diety, które mogą oddziaływać na funkcjonowanie organizmu poprzez wpływ na ekspresję genów są także witaminy. Witamina A wywiera swoją funkcję w tym aspekcie jako retinol oraz kwas retinowy. Po połączeniu kwasu retinowego z odpowiednim receptorem dochodzi do stymulacji transkrypcji i translacji genów wrażliwych na witaminę A (vitamin A-responsive genes), w tym genów biorących udział w różnicowaniu się komórek (hormon wzrostu, dehydrogenaza glicerofosforanu i inne). Potwierdzono także istotną rolę biotyny w ekspresji genu enzymu karbamylotransferazy ornitynowej. W warunkach niedoboru biotyny dochodzi do obniżenia ekspresji genu wspomnianego enzymu i w konsekwencji rozwija się hiperamonemia (14).

Wciąż prowadzone są badania dotyczące składników diety o potencjalnych właściwościach regulujących ekspresję genów oraz nad możliwościami zastosowania

takich składników w sterowaniu procesami życiowymi związanymi ze zdrowiem. W dziedzinie nauk weterynaryjnych badania związane z nutrigenomiką prowadzone są zwłaszcza w aspekcie możliwości poprawy wydajności produkcji.

Fermentowane białko ziemniaczane jako bioaktywny komponent diety

Badania nad bioaktywnymi związkami obecnymi w korze cisa zachodniego (*Taxus brevifolia*), prowadzone w latach 60. ubiegłego wieku, zapoczątkowały i wykazały po raz pierwszy, że ekstrakt roślinny może zakłócać wzrost i rozmnażanie komórek, w tym przypadku nowotworów (15). Badania te ostatecznie doprowadziły do odkrycia paklitakselu, organicznego związku chemicznego z grupy alkaloidów terpenowych typu taksanów o działaniu cytostatycznym, stosowanego jako cytostatyk w chorobach nowotworowych. Odkrycie to było niewątpliwie stimulatorem dalszych badań w tym obszarze. Badania nad roślinami z rodziny psiankowatych pokazały, że inne aktywnie biologiczne związki mogą wykazywać działanie odwrotne – czyli stymulować namnażanie się komórek. I to właśnie wyniki tych badań ostatecznie doprowadziły do opracowania składu obecnego na rynku preparatu Lianol (Huvepharma), zawierającego w swoim składzie fermentowane wolne od GMO białko ziemniaczane (fermented potato protein – FPP). FPP zawarte w preparatach przeznaczonych dla trzody chlewnej (seria Lianol) powstaje w wyniku specyficznej fermentacji białka ziemniaczanego, przy udziale konkretnego szczepu bakterii.

Białka ziemniaczane są dużymi cząstkami organicznymi, zbudowanymi z sekwencji różnych aminokwasów ułożonych w liniowe łańcuchy (polipeptydy), a także naturalnie występujących pochodnych aminokwasów (alkaloidów, amin). W wyniku

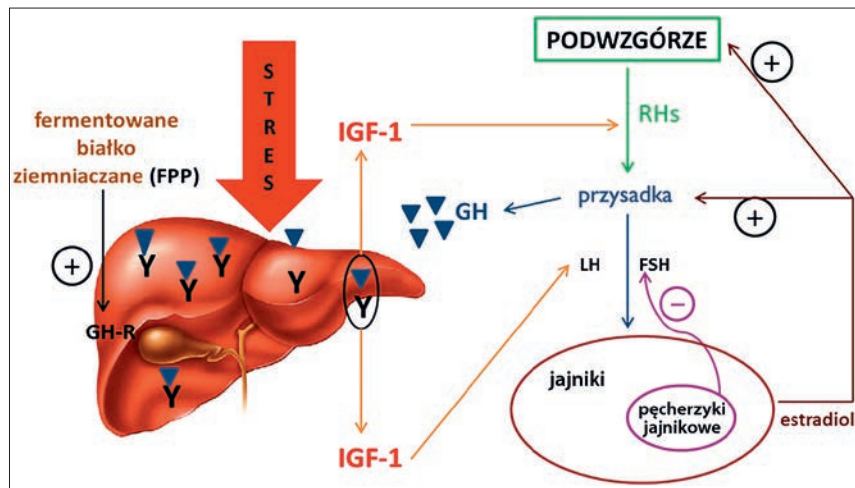
fermentacji białka zawarte w surowcu są rozkładane i częściowo ponownie wbudowywane w strukturę białka z niższą masą cząsteczki. Wykazano, że FPP, a więc m.in. drobne molekuly: polipeptydy/nukleotydy powstałe podczas odpowiedniej obróbki białka ziemniaczanego, może modylować (zwiększać) ekspresję genu receptora hormonu wzrostu (GH-R) i przyczyniać się w rezultacie do wzrostu stężenia insulinopodobnego czynnika wzrostu 1 (insulin-like growth factor – IGF-1) i poprawy wydajności zwierząt w warunkach ujemnego bilansu energetycznego (NEB) i/lub obecności cytokin prozapalnych. Wydzielanie IGF-1 jest istotnym elementem wewnętrznego wydzielania regulowanego przez różne gruczoły dokrewne (20). Najważniejszym z nich jest przysadka, która stymulowana hormonem uwalniającym gonadotropinę (gonadoliberyna-GnRH) wydziela hormon wzrostu (GH). Hormon wzrostu wraz z krwią jest transportowany, m.in. do wątroby, w której w wyniku stymulacji odpowiednich receptorów dochodzi do sekrecji IGF-1 (17, 20). Hormon wzrostu nie działa bezpośrednio na tkanki docelowe, ale za pośrednictwem IGF-1. IGF-1 bierze udział w wielu procesach metabolicznych, w tym związanych z płodnością i regeneracją tkanek oraz ma bezpośredni wpływ na przysadkę poprzez wspieranie wydzielania gonadoliberyny (GnRH). Gonadoliberyna przyczynia się, m.in. do wydzielania hormonu luteinizującego (LH) oraz hormonu folikulo-tropowego (FSH). Optymalne połączenie wydzielania GH i IGF-1 jest istotne zarówno dla właściwego przebiegu procesów metabolicznych i wzrostu, jak i związanych z rozrodem, np. wzrost pęcherzyków jajnikowych (17). Stres towarzyszący presji środowiska, zakażeniom, zapaleniu, hipertermii czy ujemnemu bilansowi energetycznemu wpływa istotnie na poziom krążących białek metabolicznie czynnych. Wszystkie wymienione czynniki obniżają zdolność

komórek wątroby do produkcji aktywnych białek, odpowiedzialnych za regulację metabolizmu komórkowego. Niski poziom białek metabolicznych może powodować osłabienie płodności, zahamowanie wzrostu, obniżenie wykorzystania paszy i spadek odporności. Mechanizm oddziaływania FPP na GH-R pozwala na uruchomienie ścieżki metabolicznej w komórkach docelowych i wywiera korzystny wpływ na sekrecję IGF-1, a tym samym na przyrosty, płodność i układ odpornościowy świń (ryc. 1).

W związku z zakresem oddziaływania, zastosowanie FPP w formie dodatku do paszy może być zalecane zarówno w sytuacjach osłabionej odporności (zwłaszcza w przypadku młodych, szybko rosnących osobników) związanej ze stresem powodowanym przez różne zakażenia (16), a także w okresach zwiększonego zapotrzebowania energetycznego, np. podczas laktacji i ciąży.

Wyniki badań nad zastosowaniem FPP jako uzupełniającego dodatku paszowego u świń

Efekty stosowania FPP (zawartego w dodatkach paszowych z serii Lianol) u trzody chlewnej były badane m.in. w Rolniczym Centrum Doświadczalnym w Gembloux w Belgii. Badania przeprowadzono u loch z ujemnym bilansem energetycznym w okresie od wyproszenia do odsadzenia prosiąt. Lochy doświadczalne otrzymywały standardową paszę dla loch prośnych z dodatkiem 10 g FPP/dzień w okresie od wprowadzenia do stanowisk porodowych do 3 dnia po wyproszeniu. Od 4 dnia po wyproszeniu do końca laktacji lochy doświadczalne karmione były paszą dla loch karmiących z dodatkiem 1 kg Lianolu na tonę paszy. Lochy kontrolne otrzymywały odpowiednią paszę bez dodatku FPP. Pobranie paszy w okresie trwania eksperymentu były identyczne w obu grupach loch. Średnia ilość żywo, jak i martwo urodzonych prosiąt była zbliżona w obu grupach loch. Szczególną uwagę zwrócono na okres pomiędzy urodzeniem prosiąt a pierwszym pobraniem siary oraz na ilość siary pobranej. Prosięta ważono dwukrotnie, bezpośrednio po urodzeniu i w 24 godziny później. Całkowitą ilość siary wyprodukowanej przez lochę oceniono na podstawie zsumowania ilości (wagi) siary pobranej przez wszystkie prosięta. Analiza wyników wykazała, że prosięta z grupy doświadczalnej pobrały w czasie pierwszej doby po porodzie 3770 g ± 234 siary, podczas gdy prosięta urodzone przez lochy z grupy kontrolnej 3064 g ± 147 (p < 0,001; ryc. 2). Lochy otrzymujące dodatek Lianolu w paszy wytwarzały o 18% więcej siary niż lochy kontrolne. Wiadomo, że pobranie większej ilości siary umożliwia dostarczenie większej ilości przeciwciał matczynych



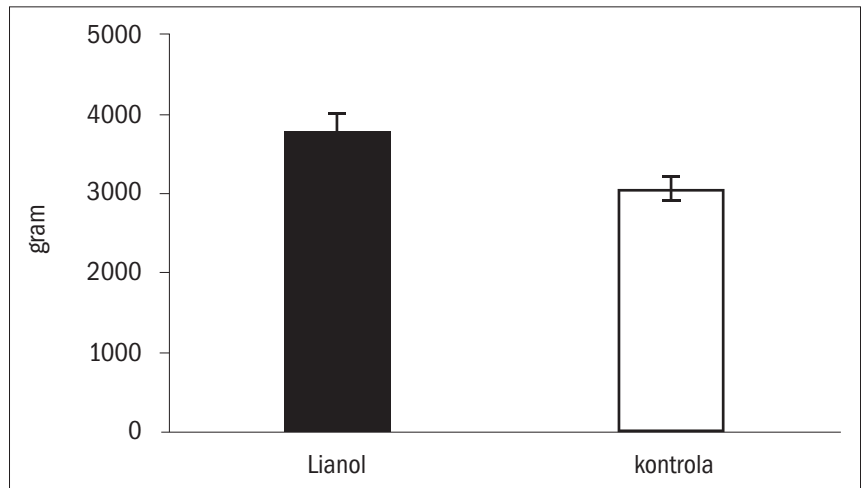
Ryc. 1. Wydzielanie insulinopodobnego czynnika wzrostu (IGF-1), mechanizm działania, wpływ na procesy rozrodo oraz mechanizm działania fermentowanego białka ziemniaczanego – FPP (wg 17, z modyfikacjami)

oraz większej dawki energii i istotnie wpływa na przeżywalność prosiąt.

Potwierdzono także pozytywny wpływ Lianolu na żywotność prosiąt. Średni okres pomiędzy urodzeniem a pierwszym ssaniem był znacząco krótszy w grupie doświadczalnej (42 ± 2 min), niż w grupie kontrolnej (59 ± 3 min). Pozytywny wpływ odnotowano także w odniesieniu do masy ciała prosiąt zarówno po 24 h, jak i w późniejszym okresie (tab. 1). W grupie suplementowanej FPP istotnie wyższe były także średnie dzienne przyrosty masy ciała w okresie od wyproszenia do odsadzenia ($p < 0,001$). Wymienione rezultaty nie spowodowały nadmiernej utraty tłuszczu w linii grzbietu u loch otrzymujących Lianol.

Całkowita śmiertelność prosiąt w okresie doświadczenia była o 2,8% niższa w grupie badanej, prosięta charakteryzowały się większą żywotnością, a lochy produkowały większą ilość mleka. Podawanie Lianolu lochom w okresie laktacji spowodowało wzrost odsetka prosiąt o wyższej wadze, co w konsekwencji powinno zwiększyć wykorzystanie paszy przez prosięta i przyczynić się do lepszych przyrostów masy ciała. Wyniki przeprowadzonego doświadczenia wskazują, że dodatek Lianolu, zawierającego w swoim składzie FPP, jako uzupełniającego dodatku paszowego w końcowym okresie ciąży i w czasie laktacji, pozwala podnieść produktywność loch oraz zwiększa efektywność produkcji prosiąt. Prosięta pobierają więcej siary, ponadto pobranie następuje szybciej po porodzie, co skutkuje lepszymi przyrostami masy ciała i mniejszą śmiertelnością w okresie do odsadzenia.

W tym samym ośrodku przeprowadzono także doświadczenie oceniające wpływ dodatku FPP w paszy laktacyjnej na parametry wyproszeń. Lochy otrzymywały dodatek Lianolu od momentu wejścia na porodówkę do czasu odsadzenia prosiąt (średnie zużycie paszy na lochę w tym okresie wyniosło 150 kg). Badania przeprowadzono na stosunkowo dużej stawce zwierząt (190 loch, badaniami objęto 5 kolejnych miotów). Wyniki potwierdziły pozytywny wpływ FPP zarówno na liczbę odsadzanych prosiąt (wzrost średnio o 0,23 w grupie doświadczalnej), jak i na masę odsadzanych prosiąt (średnia odsadzeniowa masa ciała w grupie doświadczalnej była wyższa



Ryc. 2. Pobranie siary przez prosięta w pierwszych 24 godzinach od urodzenia

o 0,58 kg). Ponadto stwierdzono wyraźniej niższą śmiertelność prosiąt w tym okresie (spadek śmiertelności o 4,24% w grupie doświadczalnej).

Stosując identyczną dawkę dodatku Lianol w diecie loch (1 kg/tonę od momentu wejścia na porodówkę do czasu odsadzenia prosiąt) uzyskano także poprawę głównych parametrów związanych z rozrodem: procent oproszeń (skuteczność krycia) – poprawa o 3,8%, okres między odsadzeniem a wystąpieniem rui – skrócenie o 1,4 dnia, liczba prosiąt żywo urodzonych/lochę – wzrost o 0,4.

W badaniach przeprowadzonych na włoskiej fermie produkującej tuczniaki przeznaczonych na produkcję szynki San Daniele (szczególnie restrykcyjne wymagania, co do jednorodności stawki warchlaków przeznaczonych do dalszego tuczu) oceniono efektywność dodatku Lianol Solapro w ograniczaniu śmiertelności prosiąt zakażonych PRRSV i PCV2 oraz jego wpływ na wyrównanie wagowe stawki badanych zwierząt. Preparat był podawany

z paszą typu starter, w dawce 2,5 kg/tonę przez 2 tygodnie, od 14 dnia po odsadzeniu. Poza FPP zastosowano Draxxin w 2-krotnej iniekcji. Wyniki doświadczenia przedstawia tabela 2.

Potwierdzono także doświadczalnie korzystny wpływ suplementacji diety FPP na jakość tusz (poprawa mięsności), wyniki produkcyjne tuczniaków oraz wykorzystanie paszy (Lianol Solapro w dawce 300 g/tonę paszy od ok. 35 kg m.c do końca tuczu).

Zastosowanie FPP u prosiąt

Korzyści ze stosowania FPP w diecie potwierdzono także w badaniach prowadzonych w Holandii w przypadku jego stosowania u prosiąt o słabej kondycji. Po zastosowaniu dodatku Lianolu w diecie, w dawce 1 g produktu na 5 kg m.c. przez 14 dni od odsadzenia (od 24 dnia życia), stwierdzono poprawę dziennych przyrostów masy ciała o 29–40% w stosunku do grupy kontrolnej.

Jak wskazują na to wyniki badań przeprowadzone na reprezentatywnej stawce

Tabela 1. Przyrosty masy ciała w grupie doświadczalnej i kontrolnej

	Zmiana masy ciała (kg±SD)	
	Lianol	Kontrola
Masa urodzeniowa	1,477 ±0,023	1,459 ±0,021
24 godz.	1,606 ±0,024	1,522 ±0,023
4 dni	2,187 ±0,036	2,026 ±0,029
14 dni	4,232 ±0,074	4,155 ±0,062
28 dni	6,452 ±0,099	6,282 ±0,093

Tabela 2. Wpływ Lianol Solapro na wyniki produkcyjne prosiąt

	Liczba	Śmiertelność (%)	Prosięta (%) eliminowane z dalszego tuczu	Prosięta (%) do dalszego tuczu
Prosięta bez objawów klinicznych	1413	13	4	83
Prosięta z PRRSV/PCV2 +DRAXXIN	151	16	14	70
Prosięta z PRRSV/PCV2 +DRAXXIN i LIANOL	136	10,3	8,8	80,9
Korzyści z zastosowania Lianolu		-5,7	-5,2	+10,9

Tabela 3. Stężenie IGF-1 w surowicy zwierząt otrzymujących FPP i u zwierząt kontrolnych

		IGF-1 w surowicy (ng/ml)			
		Lianol		Kontrola	
Prosięta z masą ciała ≥ 7 kg odsadzenie 3 tyg. po		Prosięta z masą ciała < 7 kg odsadzenie 3 tyg. po		odsadzenie 3 tyg. po	
0,8	14,0	3	25,2	2,9	11,3
4,3	16,6	2,7	28,9	4,3	21,6
7,9	25,4	6,1	25,5	1,6	padło
6,1	30,3	5,3	29,9	13,1	20,8
3,9	31,7	5,7	16,9	1,3	15,1
średnia	4,6	23,6	4,5	25,3	4,6
					17,2

zwierząt (133 mioty), korzyści ekonomicznych można się spodziewać także w przypadku zastosowania FPP (Lianol Colostro) u nowo narodzonych prosiąt. Preparat powinien być stosowany doustnie, dwukrotnie w odstępie 12-godzinny, w dawce 1 ml. Pierwszą dawkę zwierzęta powinny otrzymać tuż po urodzeniu. Zastosowanie FPP pozwoliło na znaczącą redukcję śmiertelności prosiąt w okresie od urodzenia do odsadzenia. W grupie zwierząt kontrolnych, nieotrzymujących Lianolu, śmiertelność w wymienionym okresie wynosiła średnio 11,1%, podczas gdy w grupie suplementowanej tylko 7,9%. Inaczej mówiąc, zastosowanie dodatku FPP umożliwiło odchowanie o 3,2 prosięta więcej na każde 100 odsadzonych zwierząt, co jest równoznaczne z dodatkowym dochodem rzędu 300–400 zł na każde 100 odsadzonych prosiąt. Produkt może być także stosowany z powodzeniem u prosiąt z niską masą urodzeniową ($< 1,2$ kg), u których poprawia żywotność oraz zmniejsza śmiertelność w pierwszych kilkunastu dniach życia, a więc w okresie najbardziej krytycznym dla życia prosiąt. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na blisko 25% redukcję padnięć w pierwszych 20 dniach życia w porównaniu do grupy kontrolnej (15,38 vs 11,49%).

Potwierdzeniem hipotezy dotyczącej stymulacji sekrecji IGF-1 przez FPP są wyniki badań przeprowadzonych w Holandii na prosiątach rasy Topigs 20. W badaniach wykorzystano także prosięta z niską masą urodzeniową. Lianol był stosowany przez 3 tygodnie od odsadzenia wraz z paszą typu starter, w dawce 2 kg/tonę paszy. Wyniki badań potwierdziły wyższe stężenie IGF-1 w surowicy zwierząt otrzymujących FPP w porównaniu do zwierząt kontrolnych (tab. 3). Wykazano także korzystny wpływ FPP na przyrosty masy ciała po odsadzeniu. Otrzymane wyniki są zgodne z wynikami opublikowanymi przez Saleri i wsp. (18). Autorzy Ci zaobserwowali wysoką korelację pomiędzy poziomem IGF-1 w osoczu a masą ciała świń. Bell i wsp. (19) stwierdzili natomiast potencjalną rolę IGF-1 w odkładaniu białka.

Wprowadzenie do profilaktyki najnowszych osiągnięć naukowych wydaje się

nieodzowne dla efektywnej i konkurencyjnej produkcji zwierzęcej. Obserwowany obecnie rozwój badań genetycznych zwiększa potencjał zastosowań genetyki molekularnej dla poprawy jakości surowców i produktów pochodzenia zwierzęcego, a w szczególności ich funkcjonalnego charakteru (21). Nutrigenetyka i nutrigenomika to dziedziny o ogromnym potencjale poznawczym. Prowadzone są coraz liczniejsze badania dotyczące relacji między genotypem a bioaktywnymi składnikami diety. Poprzez badania nad zmianami wskaźników ekspresji genów można stworzyć mapę genów, na które wpływają określone składniki diety lub czynniki środowiskowe. Coraz nowsze techniki stosowane w zakresie nutrigenomiki umożliwiające opracowywanie optymalnych strategii żywieniowych, dotyczących składu i sposobu przygotowywania pasz celem poprawienia stanu zdrowia i tym samym wydajności produkcyjnej zwierząt. Kompleksowe badania molekularne prowadzone na zwierzętach mogą okazać się niezwykle ważne w uzyskiwaniu bezpiecznych dla zdrowia ludzi surowców i produktów pochodzenia zwierzęcego (21). Dzięki prowadzonym badaniom możliwe staje się identyfikowanie substancji biologicznie czynnych oraz opracowywanie właściwych poziomów ich suplementacji, jak i bardziej precyzyjne określenie ich oddziaływania na ekspresję genów i funkcjonowanie organizmu (22). Analizując dostępne wyniki badań w obszarze nutrigenomiki, należy stwierdzić, że wykorzystując w praktyce wiedzę dotyczącą korzystnego wpływu bioaktywnych składników pokarmowych na ekspresję genów, można w sposób istotny wpłynąć na opłacalność produkcji oraz jakość surowców pochodzenia zwierzęcego.

Piśmiennictwo

- Getek M., Czech K., Fizia K., Bialek-Dratwa A., Muc-Wiergoń M., Kokot T., Nowakowska-Zajdel E. Nutrigenomika-bioaktywne składniki żywności. *Postępy Hig. Med. Dośw.* 2013, **67**, 255–260.
- Fenech M.: Genome health nutrigenomice and nutrigenetics – diagnosis and nutritional treatment of genome damage on an individual basis. *Food Chem. Toxicol.* 2008, **46**, 1365–1370.
- Chen C., Kong A.N.: Dietary cancer-chemopreventive compounds: from signaling and gene expression to pharmacological effects. *Trends Pharmacol. Sci.* 2005, **26**, 318–326.

- Moss T.J., Wallarth L.L.: Connections between epigenetic gene silencing and human disease. *Mutat. Res.* 2007, **618**, 163–174.
- Winnicki K.: Drugi kod, czyli co determinuje region aktywności transkrypcyjnej oraz miejsca inicjacji replikacji. *Postępy Hig. Med. Dośw.* 2009, **63**, 169–175.
- Kopij M., Rapak A.: Rola receptorów jądrowych w procesie śmierci komórek. *Postępy Hig. Med. Dośw.* 2008, **62**, 571–581.
- Nicholson J.K., Holmes E., Wilson I.D.: Gut microorganisms, mammalian metabolism and personalized health care. *Nat. Rev. Microbiol.* 2005, **3**, 431–438.
- Fekete S.G., Brown D.L.: Veterinary aspects and perspectives of nutrigenomice: a critical review. *Acta Vet. Hung.* 2007, **55**, 229–239.
- Changhua L., Jindong Y., Defa L., Lidan Z., Shiyan Q., Jianjun X.: Conjugated linoleic acid attenuates the production and gene expression of proinflammatory cytokines in weaned pigs challenged with lipopolysaccharide. *J. Nutr.* 2005, **135**, 239–244.
- Ouellette, A. J., Aviles, L., Burnweit, C. A., Frederick, D. and Malt, R. A.: Metallothionein mRNA induction in mouse small bowel by oral cadmium and zinc. *Am. J. Physiol.* 1982, **243**, G396-G403.
- Li X., Yin J., Li D., Chen X., Zand J., Zhou X.: Dietary supplementation with zinc oxide increases IGF-I and IGF-I receptor gene expression in the small intestine of weaning piglets. *J. Nutr.* 2006, **136**, 1786–1791.
- Bremne L., Beattie J.H.: Metallothionein and trace minerals. *Annu. Rev. Nutr.* 1990, **10**, 63–83.
- Scribner KB, Odom DP, McGrane MM: Vitamin A status in mice affects the histone code of phosphoenolpyruvate carboxylase gene in liver. *J. Nutr.* 2005, **135**, 2774–2779.
- Yuichi, M., Sumio, K., Yochiaki, I., Kazuto, F., Igura, T. and Matsuzawa, Y.: Biotin deficiency decreases ornithine transcarbamylase activity and mRNA in rat liver. *J. Nutr.* 1996, **126**, 61–66.
- Wani M, Taylor H, Wall M, Coggon P, McPhail A.: Plant antitumor agents. VI. The isolation and structure of taxol, a novel antileukemic and antitumor agent from *Taxus brevifolia*. *J. Am. Chem. Soc.* 1971, **93**, 2325–2327.
- Van Gucht, S., van Reeth, K., Pensaert, M.: Interaction between porcine reproductive-respiratory syndrome virus and bacterial endotoxin in the lungs of pigs: potentiation of cytokine production and respiratory disease. *J. Clin. Microbiol.* 2003, **41**, 960–966.
- Chandrashekar V., Zaczek D., Bartke A.: The consequences of altered somatotrophic system on reproduction. *Biol. Reprod.* 2004, **71**, 17–27.
- Saleri R., Baratta M., Mainardi G.L., Renaville R., Giustina A., Quintavalla F., Tamanini C.: IGF-I, IGFBP-2 and 3 but not GH concentrations are different in normal and poor growing piglets. *Reprod. Nutr. Develop.* 2001, **41**, 163–172.
- Bell, A. W., D. E. Bauman, D. H. Beermann, R. J. Harrell. Nutrition, development and efficacy of growth modifiers in livestock species. *J. Nutr.* 1998, **128**, 360–363.
- Juszczak M., Michalska M.: The role of the pineal gland and melatonin in the regulation of adenohypophysial hormone synthesis and secretion. *Postępy Hig. Med. Dośw.* 2006, **60**, 653–659.
- Krupiński J., Horbańczuk J.O., Kołacz R., Litwińczuk Z., Niemiec J., Zięcik A.: Strategiczne kierunki rozwoju produkcji zwierzęcej uwarunkowane oczekiwaniem społecznym, ochroną środowiska i dobrostanem zwierząt. *Pol. J. Agron.* 2011, **7**, 59–67.
- Daetwyler H.D., Villanueva B., Woolliams J.A.: Accuracy of predicting the genetic risk of disease using a genome-wide approach. *PLoS ONE* 2008, **3**, e3395.

Dr Małgorzata Pomorska-Mól, Państwowy Instytut Weterynaryjny, al. Partyzantów 57, 24-100 Puławy