

Efektywność fitazy w żywieniu zwierząt

ANNA CZECH

Katedra Biochemii Toksykologii Wydziału Biologii i Hodowli Zwierząt AR, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

Czech A.

Efficacy of phytase in animal diets

Summary

When native and microbial phytases are included in the diets of monogastric animals there is a considerable improvement in phosphorus absorption from plant fodder, and thus, an ensuing reduction in the requirement for phosphorus in mineral form. Phytase may significantly diminish the amount of this mineral excreted in faeces and thereby reduce environmental pollution. Additionally, when added to the diets of monogastrics, it not only improves the utilization of phosphorus, calcium and other minerals from the gastro-intestinal tract but also increases the digestibility of amino acids and fat.

Keywords: phytase, animal diets

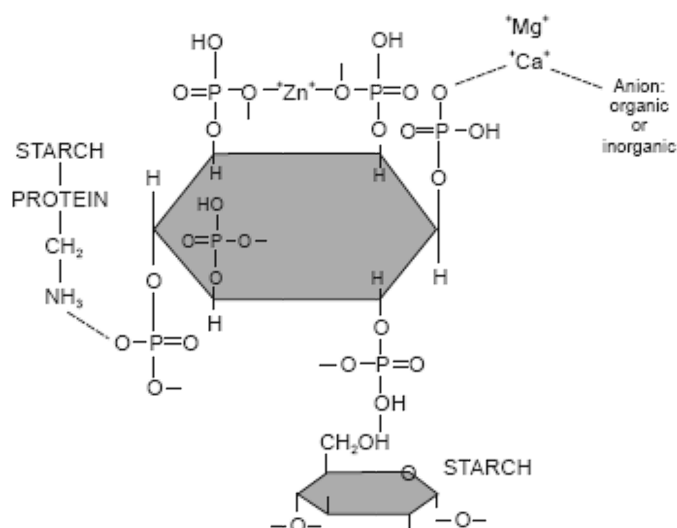
Podstawę żywienia zwierząt hodowlanych stanowią pasze roślinne o zróżnicowanej wartości pokarmowej, w tym zawartości i dostępności fosforu. Zawarty w paszach fosfor jest mało dostępny dla zwierząt, zwłaszcza monogastrycznych, dlatego mieszanki paszowe muszą być uzupełniane tym biopierwiastkiem. Pochodzić on może z pasz zwierzęcych, mineralnych lub roślinnych. Odpowiednie zbilansowanie dawki pod względem zawartości fosforu jest bardzo istotne, gdyż jego niedobór obniża produktywność zwierząt, a wprowadzony w nadmiarze zwiększa jej koszt i obciążenie środowiska. Jest on wówczas wydalany z kałem i stanowi zagrożenie dla środowiska naturalnego, zwłaszcza dla otwartych zbiorników wodnych i wód gruntowych (14). Na stopień trawienia związków fosforowych oraz wchłanianie tego pierwiastka wpływa wiele czynników, m.in.: rodzaj pasz, gatunek i rasa zwierząt, pH treści jelita, zawartość witamin i probiotyków, stosowanie stymulatorów wzrostu, kwasów organicznych i czynników antyodżywczych, oddziaływanie hormonów: parathormonu i kalcytoniny, stosunek Ca : P i innych składników mineralnych. Czynniki te mogą w różnym stopniu decydować o dostępności fosforu z objętościowych pasz roślinnych, nasion roślin strączkowych oraz ziaren zbóż. Znaczna ilość zawartego w nich tego biopierwiastka występuje w formie kwasu fitynowego (tab. 1), który w niewielkim stopniu stanowi źródło fosforu dla zwierząt. Najwyższą zawartość P-fitynowego stwierdzono w kukurydzy i pszenicy, zaś najmniejszą w ziarnie żyta i owsa.

Tab. 1. Zawartość fosforu fitynowego w materiałach paszowych (10)

Składnik	Fosfor ogólny (g)	Fosfor fitynowy (g)	Fosfor fitynowy (% ogólnego fosforu)	Aktywność fitazy natywnej (PU kg ⁻¹)	Strawność fosforu (%)
Kukurydza	2,5-3,5	1,6-2,6	61-77	0-46	17
Pszenica	3,1-3,8	1,9-2,7	61-78	915-1581	44
Jęczmień	3,4-3,9	2,0-2,4	55-62	408-882	39
Owies	3,3-4,0	1,6-2,8	48-78	0-108	22
Żyto	3,5-3,6	20-23	56-66	4132-6127	46
Pszenżyto	3,5-4,0	22-28	61-70	1475-2039	
Groch				< 183	
Lubin	2,5	0,5	20	< 120	
Otręby pszenne	11,4	9,2	71-76	600-5208	41
Poekstr. śruta rzepakowa	12,4	7,3	58	śląd	23
Poekstr. śruta sojowa	6,6	3,9	58-60	< 185	30

Natomiast w paszach białkowych mniej jest P-fitynowego w nasionach roślin strączkowych niż w śrutach z roślin oleistych (10).

Podczas okresu dojrzewania zbóż następuje szybkie gromadzenie kwasu fitynowego, a jego zawartość w poszczególnych częściach roślin jest zróżnicowana. W ziarnach pszenicy, jęczmienia i owsa znaczna jego ilość znajduje się w warstwie aleuronowej, natomiast w kukurydzy i grochu w zarodkach. Cząsteczki kwasu fitynowego stanowią 60-90% ilości całkowitego fosforu pasz roślinnych. Cechują się one wysokim potencjałem chelatującym i dlatego tworzą, przy neutralnym pH, trudno rozpuszczalne kompleksy z aminokwasami, cukrami oraz kationami metali dwuwar-



Ryc. 1. Struktura kompleksów chelatowych soli kwasu fitynowego (14)

tościowych: Ca^{+2} , Mg^{+2} , Zn^{+2} , Cu^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} , Mo^{+2} i Co^{+2} (ryc. 1).

Słaba przyswajalność przez zwierzęta monogastyczne fosforu pochodzącego z kwasu fitynowego oraz jego soli związana jest z brakiem u tej grupy zwierząt enzymu fitazy, odpowiedzialnego za odszczepianie grup ortofosforanowych z kompleksu organicznego. Wiąże się to z koniecznością dodatku do mieszanek fosforu w postaci mączki zwierzęcej czy fosforanów paszowych. Dostępność tego biopierwiastka z mączek zwierzęcych i fosforanów jest dużo wyższa niż z pasz roślinnych. Jednak cechuje je duża zmienność, nawet w obrębie poszczególnych grup pasz. Utrudnia to właściwe pokrycie zapotrzebowania zwierząt na elementy mineralne. W tym celu najlepsze efekty uzyskuje się przy suplementowaniu pasz fitazą najlepiej mikrobiologiczną.

Działanie fitazy polega na katalizowaniu odczepienia nieorganicznych ortofosforanów z fityn, przez co uwalnia ona chelatowo z nim związane pierwiastki dwuwartościowe, a także białka i cukry (ryc. 2). Jedna jednostka aktywności fitazy (PU) jest równa 1 μmol ortofosforanu uwolnionego z 1,5 mmola fosforanu sodowego w ciągu minuty, przy temperaturze 37°C i pH 5,5 (19). Enzym ten występuje w mikroorganiz-

mach (grzyby, bakterie) – fitaza egzogenna (mikrobiologiczna), niektórych roślinach – fitaza natywna oraz przewodzie pokarmowym zwierząt – fitaza endogenna.

Fitaza endogenna-jelitowa – jest enzymem produkowanym przez mikroorganizmy jelita grubego zwierząt monogastycznych. W związku z tym, że trawienie pokarmu w tej części przewodu pokarmowego jest minimalne, hydroliza fitynianów jest ograniczona, a dostępność fosforu dość niska (ok. 30%) i dlatego znaczenie fitazy jelitowej jest niewielkie w podwyższaniu strawności i dostępności tego pierwiastka (19). U zwierząt poligastycznych fitaza jest wytwarzana przez mikroorganizmy żwacza i dlatego w żywieniu tej grupy zwierząt jej dodatek w paszy jest mało efektywny (23).

Fitaza pochodzenia roślinnego (6-fitaza, EC 3.1.3.26) hydrolizuje grupy fosforanowe przy szóstym atomie węgla w cząsteczce kwasu fitynowego. Występuje ona prawie we wszystkich paszach i charakteryzuje się różną aktywnością (tab. 1). Poziom aktywności tego enzymu zależy nie tylko od rodzaju materiału paszowego, ale również od warunków technologicznego sposobu przetwarzania paszy oraz pH treści jelit.

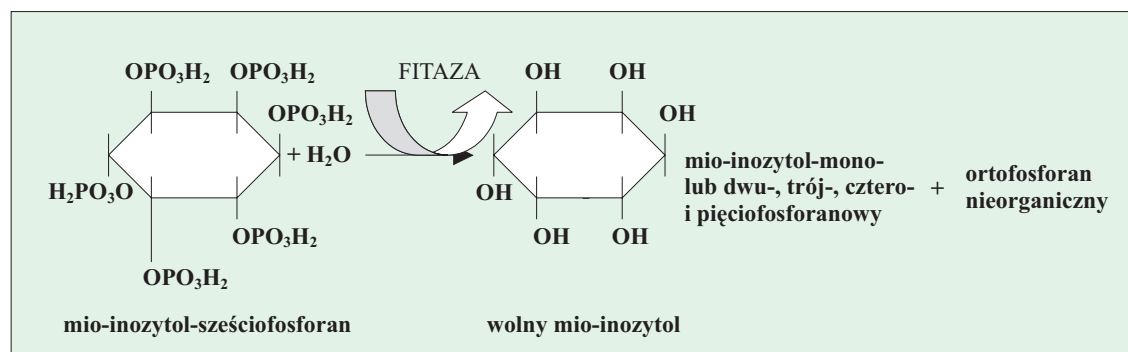
Fitazę mikrobiologiczną (3-fitaza, EC 3.1.3.8) wyprodukowano i zastosowano już w 1968 r., jednak powszechnie stosowana zaczęła być dopiero w ostatnich latach XX wieku. Jest ona końcowym metabolitem szczepu *Aspergillus*. Stosuje się ją obecnie w różnych dawkach w zależności od rodzaju skarmianych pasz (2). Na skalę przemysłową fitazę otrzymuje się w procesie fermentacji grzybów z rodzaju *Aspergillus* i *Peniophora*.

Czynniki wpływające na aktywność fitazy

Skuteczność działania fitazy zależy od wielu czynników, m.in. od pH, temperatury, moczenia paszy przed skarmianiem, a także masy ciała i stanu fizjologicznego zwierząt. Na aktywność fitazy mają wpływ również procesy, którym poddaje się pasze w celu ich lepszego wykorzystywania przez zwierzęta, między innymi: granulowanie, ekstruzja lub inne procesy termoplastyczne.

Fitazę roślinną i mikrobiologiczną cechuje odmien-

na wrażliwość na pH przewodu pokarmowego, co przyczynia się do większej efektywności fitazy mikrobiologicznej w stosunku do natywnej. Fitaza roślinna osiąga optimum działania przy pH ok. 5-5,6, zaś fitaza mikrobiologicz-



Ryc. 2. Rozpad fitynianów (21)

na jest aktywna w szerszym zakresie pH od 2,5 do 5,5 (20). Jongbloed i wsp. (14) wskazują, że działanie fitazy mikrobiologicznej skoncentrowane jest głównie w żołądku (43%), w znacznie mniejszym stopniu w jelicie cienkim (7%). Efektywność działania fitazy stymulowana jest więc przez dodatek do pasz kwasów organicznych: mrówkowego, cytrynowego, mlekowego i fumarowego (4, 12, 15, 28). Według Czech (6), łączne stosowanie fitazy mikrobiologicznej z kwasem mrówkowym w żywieniu świń przyczyniło się do wzrostu aktywności enzymów przemian białkowych (ALT i AST), a także wzrostu aktywności fosfatazy zasadowej (AP) i zawartości fosforu i wapnia w osoczu krwi. Zdaniem Kemme i wsp. (17), łączny dodatek fitazy mikrobiologicznej i kwasu mlekowego wpływa na poprawę strawności fosforu, jednak jego wpływ na dostępność Ca i Mg był znikomy i nie notowano również zmian efektów produkcyjnych. W żywieniu drobiu efektywność łącznego stosowania enzymu fitazy oraz kwasów organicznych jest dużo większa niż w żywieniu trzody chlewnej. Zjawisko to nie jest do końca wyjaśnione. Podobną zależność odnotowano w badaniach dotyczących synergizmu między fitazą a 1α -hydroksycholekalcyferolem (3).

Efektywność działania fitazy mikrobiologicznej może być poprawiona przez moczenie mieszanek paszowych z dodatkiem tego enzymu na 8-15 godzin przed skarmianiem. Poprawia to znacznie strawność zarówno wapnia, jak i fosforu o około 15% (20). W trakcie procesów termicznych, takich jak: suszenie, granulowanie lub ekstruzja, w których stosuje się temperaturę powyżej 70°C , następuje natomiast inaktywacja fitazy natywnej, nawet o 15-25% jej aktywności (14).

Działanie fitazy zależy również od wielkości jej dodatku do mieszanki. Zależność ta jest krzywoliniowa. Wyraźne zwiększenie skuteczności i dostępności fosforu o 20% dla świń i o 8-9% dla drobiu stwierdzono przy dawce 1000 PU kg^{-1} (tab. 2). Według Jongbloed i wsp. (15), dodatek fitazy mikrobiologicznej w ilości 500 PU kg^{-1} udostępnia $0,8\text{ g kg}^{-1}$ fosforu strawnego z pasz, który jest równoważny 1 g fosforanu wapnia lub $1,23\text{ g}$ fosforanu dwuwapniowego. Zalecane dawki tego enzymu dla prosiąt wynoszą 750 - 1000 PU kg^{-1} paszy, natomiast dla drobiu 750 PU kg^{-1} . Dalsze podwyższanie dawki nie przyczynia się do zwiększenia efektów produkcyjnych, nie obserwuje się też zmian patologicznych w histologicznym obrazie tkanek, jak też nie stanowi to zagrożenia dla zdrowia zwierząt (19). Prowadzi to jednak do znacznie mniejszego wzrostu tempa hydrolizy fosforu z fityn, przyczyniając się jednocześnie do wzrostu kosztów związanych z żywieniem zwierząt. Potwierdzają to badania przeprowadzone na trzodzie chlewnej (12), drobiu (4) oraz rybach (28). Działanie fitazy mikrobiologicznej zależy również od rodzaju komponentów paszowych w mieszance, intensywności żywienia, zawartości i dostępności oraz wzajemnych relacji poszczegól-

nych składników mineralnych, ilości wprowadzanej fitazy, jak również gatunku zwierząt (drób, świnie) oraz grup technologicznych u świń (2). Lepsze efekty działania fitazy uzyskiwane są w żywieniu młodych kurcząt niż prosiąt (2). W badaniach Düsterhöft i wsp. (9) dodatek fitazy (750 PU kg^{-1}) do pasz dla prosiąt zawierających wysoki udział kukurydzy spowodował wzrost pozornej dostępności fosforu z 18% do 56% w mieszankach z dużym udziałem pszenicy oraz z 52% do 67% w mieszankach z dużym udziałem pszenżyta. O efektywności oddziaływania fitazy decyduje również źródło jej pochodzenia. Badania Augspurger i wsp. (2) wykazały wyższą efektywność preparatu Natuphos (*Aspergillus niger*) w porównaniu do Ronozyme (*Peniophora lycii*), zarówno w żywieniu świń, jak i drobiu.

Efektywność działania fitazy mikrobiologicznej na biodostępność składników pokarmowych

Pasza, w tym i kwas fitynowy, przechodząc przez cały przewód pokarmowy, napotyka kilka różniących się od siebie chemicznie środowisk – od neutralnego pod względem pH jamy gębowej i przełyku, poprzez dno żołądka o odczynie kwaśnym, aż po zasadowy odczyn jelita cienkiego, ulega różnym przemianom. W środowisku kwaśnym podstawowe grupy fosforanowe kwasu fitynowego mogą łączyć się kompleksowo z grupami aminowymi z lizyny, histydyny i arginy, natomiast w środowisku obojętnym grupy karboksylowe aminokwasów mogą bezpośrednio łączyć się z fitynianami poprzez kationy dwuwartościowe (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Zn^{+2} , Cu^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} , Mo^{+2} i Co^{+2}), co wiąże się z negatywnym wpływem kwasu fitynowego na aminokwasy i białka, cukry oraz wymienione biopierwiastki zawarte w paszy, a także z hamowaniem działania enzymów proteolitycznych, takich jak pepsyna czy trypsyna (19). Wykazano także, że substancje te obniżają poziom glukozy we krwi (33), tłuszczu i cholesterolu w wątrobie (16) oraz silnie hamują rozwój tkanki nowotworowej w żołądku i jelicie grubym (32).

Głównym zadaniem fitazy w żywieniu zwierząt monogastrycznych jest poprawa strawności i dostępności przede wszystkim fosforu pochodzącego z pasz. Zarówno w żywieniu świń (przede wszystkim prosiąt oraz loch w okresie ciąży), jak i drobiu, dodatek fitazy powoduje znaczny wzrost dostępności tego biopierwiastka, a tym samym wyraźne zmniejszenie ilości wydalanych w kale i moczu (tab. 2, 3). W żywieniu ryb (pstrąga tęczowego) obserwuje się również znaczną poprawę dostępności fosforu oraz redukcję jego wydalania w odchodach o około 37% przy stosowaniu 500 PU kg^{-1} fitazy, do 86% przy 4000 PU kg^{-1} (28). Dodatek fitazy mikrobiologicznej do mieszanek dla świń, drobiu i ryb może poprawiać nie tylko dostępność fosforu fitynowego (25), ale również innych pierwiastków dwuwartościowych (3, 28, 29). Zwiększać ona może dostępność wapnia (32%), magnezu (8-13%), cynku (7-13%), miedzi (3-7%), a także żelaza

Tab. 2. Przewidywana strawność fosforu oraz procentowa redukcja wydalanego fosforu przy zastosowaniu różnych dawek fitazy w żywieniu świń i drobiu (19)

Fitaza PU kg ⁻¹	Świnie			Drób		
	Ilość P-straw. przez fitazy (%)	Całk. ilość P-wydal. (%)	Zmniejszenie ilości P-wydal. (%)	Ilość P-straw. przez fitazę (%)	Całk. ilość P-wydal. (%)	Zmniejszenie ilości P-wydal. (%)
300	14,7	0,219	27,0	5,3	0,203	27,5
400	17,5	0,208	30,6	6,7	0,197	29,7
500	19,7	0,200	33,2	7,8	0,191	31,9
700	22,7	0,188	37,1	9,8	0,182	35,0
1000	25,0	0,179	40,1	11,8	0,172	38,6
1200	25,8	0,176	41,1	12,8	0,168	40,3
1500	26,4	0,174	41,9	13,9	0,162	42,1

Tab. 3. Pobranie i wydalanie fosforu przez lochy (12)

Dodatek fitazy (PU kg ⁻¹)	Aktywność fitazy (PU kg ⁻¹)	Cecha	Dzienne pobranie (g szt. ⁻¹)	Wydalanie w kale (g szt. ⁻¹)	Strawność pozorną (%)
0	440	P ogólny	35,75	19,81	44,60
		P fitynowy	20,81	12,44	40,20
300	750	P ogólny	35,38	14,26	59,70
		P fitynowy	20,75	8,88	57,20
600	1040	P ogólny	35,72	14,32	59,90
		P fitynowy	20,80	8,78	57,80

Tab. 4. Wpływ fitazy mikrobiologicznej na absorpcję elementów mineralnych u prosiąt (24)

Zawartość w paszy		Absorpcja (%)			
P ogólny (g kg ⁻¹)	Fitaza (PU kg ⁻¹)	magnez	żelazo	miedź	cynek
4,0	-	19,2	32,4	19,9	17,1
6,0	-	22,1	31,7	19,3	16,2
4,0	500	32,2	34,9	27,4	24,0
4,0	1000	32,1	35,1	27,0	30,6

Tab. 5. Retencja i zatrzymywanie białka, tłuszczu i energii u rosnących świń żywionych dietą z dodatkiem 1000 PU fitazy na kg paszy mikrobiologicznej (+MP) i bez dodatku fitazy mikrobiologicznej (-MP), (14)

Dieta	Retencja			Zatrzymywanie			
	Białko g d ⁻¹	Tłuszcz g d ⁻¹	Energia MJ d ⁻¹	Białko kg kg ⁻¹	Białko g MJ ⁻¹	Tłuszcz g MJ ⁻¹	Energia MJ MJ ⁻¹
-MP	108	178	9,70	0,3280	4,10	6,60	0,360
+MP	123	192	10,60	0,3590	4,50	6,90	0,380
SEM	3,5	8,5	0,37	0,0093	0,12	0,20	0,008

(2-9%) z mieszanek dla świń. Dzięki temu można zmniejszyć dodatek tych pierwiastków do paszy o około 20% (25) (tab. 4). W żywieniu koni stwierdzono również istotną poprawę dostępności wapnia, natomiast w niewielkim stopniu fosforu (31).

Poprawa dostępności i strawności wymienionych pierwiastków ma swoje odzwierciedlenie w zwiększeniu ich zawartości w sianie i mleku loch (11), a także

w poprawie wskaźników hematologicznych krwi (7). Analiza kości zarówno świń, jak i drobiu otrzymujących paszę z dodatkiem tego enzymu wskazuje na pozytywny efekt działania fitazy mikrobiologicznej na mineralizację kości (29).

Dodatek fitazy mikrobiologicznej, oprócz poprawy dostępności elementów mineralnych, sprzyja również lepszemu trawieniu i wykorzystaniu składników organicznych: białka i tłuszczu oraz energii paszy (tab. 5). W badaniach Czech i Greli (8)

dodatek fitazy mikrobiologicznej (500 PU kg⁻¹) dla loch w okresie laktacji zwiększył strawność pozorną białka ogólnego oraz uwidoczniał tendencję do lepszego zatrzymania i odłożenia w tkankach lizyny, metioniny, leucyny i treoniny. Potwierdzili to Adeola i Sands (1), którzy prowadzili badania na lochach w czasie laktacji. Stwierdzili, że dodatek fitazy nieznacznie poprawił strawność białka surowego oraz aminokwasów. Podobne spostrzeżenia odnotowali Kemme i wsp. (17) na tucznikach (37-96 kg). Spotkać można również informacje (30) nie potwierdzające takich zależności. Dlatego też nie można jednoznacznie stwierdzić, że dodatek fitazy mikrobiologicznej wyraźnie zwiększa strawność pozorną białka ogólnego i aminokwasów. W niektórych badaniach (8) wykazano, że dodatek fitazy mikrobiologicznej przyczynił się do minimalnie wyższego poziomu aminokwasów (lizyna, metionina, leucyna, tryptofan) w tkankach loch (wątroba, szynka, płuca, serce). Obecność fitazy w diecie zwierząt monogastrycznych powoduje wzrost ilości mocznika oraz azotu α aminowego w surowicy krwi, co koresponduje ze wzrostem strawności jelitowej azotu oraz aminokwasów (13). Taka zależność umożliwić może zmniejszenie ilości białka w diecie, co ograniczy koszt żywienia. Obecność w paszy fitynianów może również wpływać na wiązanie cukrów, co spowodowane jest m.in. poprzez wiązanie fitynianów z glikoproteinami, hamowanie aktywności enzymów trawiących, a także chelatowanie jonów wapnia, które są aktywatorami enzymów odpowiedzialnych za przemiany cukrowe lub też bezpośrednie wiązanie się z cukrami. Dlatego też dodatek fitazy przyczyniać się może do wzrostu strawności jelitowej cukrów, która jest proporcjonalna do wzrostu glukozy w surowicy krwi oraz aktywności insuliny po posiłku (13). Obecność związków fitynowych nie wpływa znacząco na strawność tłuszczu, jednak kompleksowo związane z kwasem fitynowym pierwiastki dwuwartościowe mogą w jelicie tworzyć z kwasami tłuszczowymi metaliczne formy nierozpuszczalnych mydeł, które w ten sposób przyczyniają się do redukcji strawności tłuszczów u zwierząt monogastrycznych (13).

Wpływ stosowania fitazy mikrobiologicznej na efekty produkcyjne

W szeregu badań przeprowadzonych na trzodzie chlewnej, drobiu oraz rybach wykazano pozytywny wpływ działania fitazy na efekty produkcyjne. Odnotowano lepsze przyrosty białej masy ciała zwierząt, istotnie mniejszą liczbę padnięć, poprawę mięsności oraz zwiększone wykorzystanie paszy. W żywieniu świń stwierdzono przydatność zarówno fitazy natywnej, jak i mikrobiologicznej dla loch w okresie ciąży i laktacji. Lochy żywione dietą z udziałem fitazy (500 PU kg⁻¹) charakteryzowały się wyższym przyrostem netto masy ciała w pełnym cyklu reprodukcyjnym, wyższą masą ciała prosiąt w 21. dniu oraz przy odsadzeniu, a także lepszym wykorzystaniem paszy na 1 kg przyrostu masy ciała podczas ciąży (5). Podobne efekty wykazały badania Greli i Kumka (11), w których dodatek fitazy mikrobiologicznej, uwalniając z fitynianów niektóre składniki mineralne oraz odżywcze, przyczynił się do poprawy efektów produkcyjnych. Odnotowano zwiększoną strawność składników odżywczych oraz fosforu i wapnia u loch po odsadzeniu prosiąt. Stwierdzono także wyższą zawartość tych składników w mleku loch. Poprawę wskaźników produkcyjnych stwierdzono również u tuczników, jednak uzyskane rezultaty odnośnie do przyrostów masy ciała i wykorzystania paszy nie zostały statystycznie potwierdzone (25). U prosiąt otrzymujących w paszy dodatek fitazy mikrobiologicznej (1450 PU kg⁻¹) odnotowano aż 23% zwiększenie przyrostów dziennych oraz istotny wzrost wykorzystania paszy w porównaniu do zwierząt, które nie otrzymywały w paszy dodatku fosforanu paszowego (kontrola negatywna). Podobnie korzystne rezultaty uzyskano w odchowie kurcząt i indyków (4, 22). Przy zastosowaniu do paszy dla kurcząt dodatku fitazy mikrobiologicznej pozyskanej z różnych źródeł (*Aspergillus niger*, *A. flavus* lub *E. coli*) w ilości 500 PU kg⁻¹ uzyskano poprawę dziennych przyrostów w granicach 12-29%, natomiast przy dodatku fitazy w ilości 1000 PU kg⁻¹ zwiększone przyrosty wahały się od 40 do 50% w porównaniu do kontroli negatywnej. Wykorzystanie paszy bez względu na poziom stosowanej dawki było większe o około 6-8% (2). Także w badaniach Boling i wsp. (4) przy dodatku 1450 PU fitazy w 1 kg paszy stwierdzono poprawę przyrostów dziennych o ok. 22%, a wykorzystanie paszy o 16%. Zdaniem Robersona i wsp. (26) dodatek fitazy do paszy o zmniejszonej ilości fosforu w żywieniu indyków przyczynił się do nieznacznej poprawy efektów produkcyjnych w granicach 1-2%.

Wyniki badań przeprowadzonych na rybach potwierdzają dodatni efekt fitazy nie tylko na dostępność fosforu i innych dwuwartościowych elementów mineralnych (28), ale również na poprawę efektów produkcyjnych (27). Przyrosty białej masy ciała u karpia otrzymujących 500 PU fitazy w 1 kg paszy były wyższe o 26%

w porównaniu z kontrolą negatywną, natomiast przy zastosowaniu dawki 1000 PU kg⁻¹ – wzrost sięgał nawet 40%. Również wykorzystanie paszy było istotnie wyższe, odpowiednio o 16 i 27% (27).

Dodatek fitazy mikrobiologicznej do mieszanek dla koni nie spowodował istotnych zmian masy ciała zwierząt oraz ilości pobranej wody (31).

Z dostępnych w piśmiennictwie wyników badań (18) oraz własnych obserwacji (5) wynika, że stosowanie dodatku fosforanu paszowego lub fitazy umożliwia uzyskiwanie zbliżonych efektów produkcyjnych, znacznie lepszych niż w kontroli negatywnej (bez tych dodatków). Jednak zastąpienie fosforanów fitazą w znaczącym stopniu zwiększa dostępność i wykorzystanie fosforu z pasz roślinnych, a tym samym przyczynia się do ograniczenia wydalania tego pierwiastka do środowiska.

Podsumowanie

Zastosowanie w żywieniu zwierząt monogastrycznych fitazy natywnej roślinnej czy też egzogennej mikrobiologicznej poprawia przede wszystkim przyswajalność fosforu z pasz roślinnych, ograniczając tym samym jego dodatek w postaci pasz mineralnych. Udział fitazy mikrobiologicznej w dawkach pokarmowych może znacznie zredukować ilość fosforu wydalanego w odchodach, a tym samym zminimalizować problem zanieczyszczenia środowiska tym biogenem. Dodatek fitazy dla zwierząt monogastrycznych pozwala racjonalnie gospodarować nie tylko fosforem, wapniem i innymi składnikami mineralnymi, ale także wpływać może na wzrost strawności aminokwasów, cukrów i w mniejszym stopniu tłuszczów, co w konsekwencji przyczynia się do poprawy efektów produkcyjnych. Za optymalny dodatek fitazy mikrobiologicznej do mieszanek paszowych bez udziału fosforanów można przyjąć: dla prosiąt 750 PU kg⁻¹, dla loch w okresie ciąży i laktacji oraz tuczników 500 PU kg⁻¹. W mieszankach przeznaczonych dla drobiu i ryb ilość dodawanego enzymu powinna być nieco większa i wynosić około 1000 PU kg⁻¹.

Piśmiennictwo

1. Adeola O., Sands J. S.: Does supplemental dietary microbial phytase improve amino acid utilization? A perspective that it does not. *J. Anim. Sci.* 2003, 81, E78-85E.
2. Augspurger N. R., Weibel D. M., Lei X. G., Baker D. H.: Efficacy of an *E. coli* phytase expressed in yeast for releasing phytate-bound phosphorus in young chicks and pigs. *J. Anim. Sci.* 2003, 81, 474-483.
3. Biehl R. R., Baker D. H.: Utilization of phytate and non-phytate phosphorus in chicks as affected by source and amount of vitamin D₃. *J. Anim. Sci.* 1997, 75, 2986-2993.
4. Boling S. D., Weibel D. M., Mavromichalis I., Parsons C. M., Baker D. H.: The effects of citric acid on phytate-phosphorus utilization in young chicks and pigs. *J. Anim. Sci.* 2000, 78, 682-689.
5. Czech A., Grell E. R.: Effect of microbial phytase and formic acid supplementation sow diets on performance and hematological parameters of blood. *Ann. Anim. Sci.* 2002, Supl., 201-205.
6. Czech A.: Effect of microbial phytase and formic acid supplementation in sow diets on biochemical parameters of blood. *Ann. Anim. Sci.* 2004, Supl., 105-109.

7. Czech A., Grell E. R.: Biochemical and haematological blood parameters of sows during pregnancy and lactation fed the diet with different source and activity of phytase. *Anim. Feed Sci. Techn.* 2004a, 116, 211-223.
8. Czech A., Grell E. R.: The influence of microbial phytase on the total and ileal digestibility of amino acids and their content in the sows' carcasses. *Rocz. Nauk. Zoot.* 2004b, 31, 67-75.
9. Düsterhöft E. M., Verbruggen M. A., Gruppen H., Kormelink F. J. M., Voragen A. G. J.: Cooperative and synergistic action of specific enzymes enhances the degradation of non-starch polysaccharides in animal feed. *Proc. 1st Symp. Enzymes in animal nutrition, Kartause Ittingen, Switzerland 1993*, s. 29-33.
10. Eeckhout W., De Paepe M.: Total phosphorus, phytate-phosphorus and phytase activity in plant feedstuffs. *Anim. Feed Sci. Techn.* 1994, 47, 19-29.
11. Grell E. R., Kumek R.: Effect of feed supplementation with phytase and formic acid on piglet performance and composition of sow colostrum and milk. *Medycyna Wet.* 2002, 58, 375-377.
12. Grell E. R., Pisarski R. K., Krasucki W., Rabos A., Semeniuk W., Winiarska A., Matras J.: Wpływ dodatku fitazy na ilość fosforu w kale świń. *Mat. konf. nauk. Żywnościowe metody ograniczania wydalania do środowiska azotu, fosforu i innych pierwiastków przez zwierzęta gospodarskie. Balice k./Krakowa 1997*, s. 166-176.
13. Johnston S. L., Williams S. B., Southern L. L., Bidner T. D., Bunting L. D., Matthews J. O., Olcott B. M.: Effect of phytase addition and dietary calcium and phosphorus levels on plasma metabolites and ileal and total-tract nutrient digestibility in pigs. *J. Anim. Sci.* 2004, 82, 705-714.
14. Jongbloed A. W., Kemme P. A., Mroz Z., Van Diepen H. T. M.: Efficacy, use and application of microbial phytase in pig production: a review. *Proc. Alltech's 16th Annual Symp. Biotechnology in the Feed Industry, Nottingham Univ.* 2000, s. 111-129.
15. Jongbloed A. W., Mroz Z., van der Weij-Jongbloed, Kemme P. A.: The effects of microbial phytase, organic acids and their interaction in diets for growing pigs. *Livest. Prod. Sci.* 2000, 67, 113-122.
16. Katayama T.: Effect of dietary sodium phytate on the hepatic and serum levels of lipids and on the hepatic activities of NADPH-generating enzymes in rats fed on sucrose. *Biosci. Biotech. Biochem.* 1995, 59, 1159-1160.
17. Kemme P. A., Jongbloed A. W., Mroz Z., Kogut J., Beynen A. C.: Digestibility of nutrients in growing-finishing pigs is affected by *Aspergillus niger* phytase, and lactic acid levels: 1. Apparent ileal digestibility of amino acids. *Livest. Prod. Sci.* 1999, 58, 107-117.
18. Knowlton K. F., Radcliffe J. S., Novak C. L., Emmerson D. A.: Animal management to reduce phosphorus losses to the environment. *J. Anim. Sci.* 2004, 82, E173-195E.
19. Kornegay E. T.: Digestion of phosphorus and other nutrients: the role of phytases and factors influencing their activity, [w:] Bedford M. R., Partridge G. G. *Enzymes in Farm Animal Nutrition.* CAB International, London 2001, 237-275.
20. Liu J., Bollinger D. W., Ledoux D. R., Ellersieck M. R., Veum T. L.: Soaking increases the efficacy of supplemental microbial phytase in a low-phosphorus corn-soybean meal diet for growing pigs. *J. Anim. Sci.* 1997, 75, 1292-1298.
21. Liu B., Jong C. H., Tzeng Y.: Effect of immobilization on pH and thermal stability of *Aspergillus ficuum* phytase. *Enzyme Microb. Technol.* 1999, 25, 517-521.
22. Maguire R. O., Sims J. T., Applegate T. J.: Phytase supplementation and reduced-phosphorus turkey diets reduce phosphorus loss in runoff following litter application. *J. Environ. Qual.* 2005, 34, 359-369.
23. Matsui T.: Relationship between mineral availabilities and dietary phytate in animals. *Anim. Sci. J.* 2002, 73, 21-28.
24. Pallauf J., Höhler D., Rimbach G., Neusser H.: Effect of microbial phytase supplementation to a maize-soya diet on the apparent absorption of phosphorus and calcium in piglets. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 1992, 67, 30-40.
25. Peter C. M., Parr T. M., Parr E. N., Webel D. M., Baker D. H.: The effects of phytase on growth performance, carcass characteristics, and bone mineralization of late-finishing pigs fed maize-soybean meal diets containing no supplemental phosphorus, zinc, copper and manganese. *Anim. Feed Sci. Techn.* 2001, 94, 199-205.
26. Roberson K. D., Kalbfleisch J. L., Pan W., Applegate T. J., Rosenstein D. S.: Comparison of wheat bran phytase and a commercially available phytase on turkey tom performance and litter phosphorus content. *Int. J. Polut. Sci.* 2005, 4, 244-249.
27. Schäfer A., Koppe W. M., Meyer-Burgdorff K. H., Günther K. D.: Effects of a microbial phytase on the utilization of native phosphorus by carp in a diet based on soybean meal. *Wat. Sci. Tech.* 1995, 31, 149-155.
28. Sugiura S. H., Gabaudan J., Dong F. M., Hardy R. W.: Dietary microbial phytase supplementation and utilization of phosphorus, trace minerals and protein by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)) fed soybean meal diets. *Aquacult. Res.* 2001, 32, 583-592.
29. Tanveer A., Shahid R., Muhammad S., Ahsan-ul H., Zia-ul H.: Effect of microbial phytase produced from a fungus *Aspergillus niger* on bioavailability of phosphorus and calcium in broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Techn.* 2000, 83, 103-114.
30. Traylor S. L., Cromwell G. L., Lindemann M. D., Knabe D. A.: Effects of level of supplemental phytase on ileal digestibility of amino acids, calcium, and phosphorus in dehulled soybean meal for growing pigs. *J. Anim. Sci.* 2001, 79, 2634-2642.
31. Van Doorn D. A., Everts H., Wouterse H., Beynen A. C.: The apparent digestibility of phytate phosphorus and the influence of supplemental phytase in horses. *J. Anim. Sci.* 2004, 82, 1756-1763.
32. Vucenik I., Yang G., Shamsuddin A. M.: Inositol hexaphosphate and inositol inhibit DMBA-induced rat mammary cancer. *Carcinogenesis* 1995, 16, 1055-1058.
33. Yoon J. H., Thompson L. U., Jenkins D. J. A.: The effect of phytic acid on in vitro rate of starch digestibility and blood glucose response. *Am. J. Clin. Nutr.* 1983, 38, 835-842.

Adres autora: dr Anna Czech, ul. Turkusowa 4/19, 20-572 Lublin;
e-mail: annaczeh@poczta.fm