

Jakość skorup jaj oraz kości kur nieśnych żywionych mieszanką paszową z udziałem wywaru gorzelnianego

SYLWESTER ŚWIĄTKIEWICZ, JERZY KORELESKI

Dział Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa Instytutu Zootechniki, ul. Krakowska 1, 32-083 Balice

Świątkiewicz S., Koreleski J.

Quality of egg shells and bones in laying hens fed a diet containing distillers dried grains with solubles

Summary

The effect of a decreased level of fodder phosphate in the hens diet contained distillers dried grains with solubles (maize – mDDGS or rye – rDDGS) on laying performance, egg shell quality and mechanical parameters of tibia and humerus was studied in the experiment. It was conducted on 60 Lohman Brown hens from 26 to 68-weeks-of-age. Layers were divided into 5 experimental groups, with each of the 12 hens kept in individual cages. In the control group (I) layers were fed a standard cereal-soybean diet, in the experimental groups diets contained 20% mDDGS (groups II and IV) or rDDGS (groups III and V). The content of total phosphorus in mDDGS was $5.43 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ and in rDDGS – $4.95 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Assuming that phosphorus availability in DDGS is high (90%), in groups IV and V the level of fodder phosphate in the diets was decreased by about 40% (from $14 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ to 9.5 or $10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$).

Administering diets containing 20% mDDGS had no effect on laying performance or egg shell and bone quality. In the case of diets with 20% rDDGS a worsening of the laying rate and feed conversion were noted. A decrease of fodder phosphate levels in diets containing DDGS had no negative influence on performance, thickness, density and strength of egg shells and strength, elasticity and stiffness of the tibia and humerus. The obtained results indicated a possibility for decrease of fodder phosphate level in diets containing 20% mDDGS.

Keywords: laying hens, egg shell, bones

Ze względu na intensywny przebieg procesu mineralizacji skorupy, kury nieśne charakteryzują się dużym zapotrzebowaniem na składniki mineralne, w tym szczególnie na wapń. Niedobory w zaopatrzeniu organizmu w wapń, fosfor oraz inne makro- i mikroelementy mogą powodować pogorszenie jakości skorup jaj, jak również osłabienie układu kostnego i osteoporozę, prowadząc do tzw. zmęczenia klatkowego. Wywołane tym schorzeniem następstwa, takie jak: ból, stres, ograniczenia ruchowe, utrudnienia w pobieraniu pokarmu i wody czy też podwyższona śmiertelność, pogarszają w znacznym stopniu dobrostan ptaków (20).

Suszone wywary gorzelniane są produktami ubocznymi przemysłu fermentacyjnego, powstającymi w procesie wytwarzania alkoholu etylowego z takich surowców, jak zboża i ziemniaki. Ze względu na przewidywany wzrost produkcji alkoholu etylowego (tzw. bioetanolu), w najbliższych latach nastąpi prawdopodobnie zwiększenie ilości wywarów zbożowych dostępnych na rynku paszowym. W skład wywarów wchodzi niepodatne na fermentację składniki surowca wyjściowego (węglowodany nieskrobiowe, białko, tłuszcz, popiół i inne) oraz biomasa namnożonych drożdży. Zawartość fosforu ogólnego w wywarach

zbożowych jest stosunkowo duża i wynosi średnio 0,72% (2). Uważa się przy tym, że dzięki procesowi fermentacji drożdżowej, podczas którego zachodzi synteza mikrobiologicznej fitazy, dostępność fosforu w wywarach jest znacznie wyższa niż w innych paszach roślinnych (9, 11). Doświadczalnie oznaczona na tucznikach przyswajalność fosforu zawartego w wywarze kukurydzianym wynosiła średnio 90% (21).

Zapotrzebowanie kur nieśnych na fosfor dostępny wynosi około 0,36% (17). Zbożowo-sojowe mieszanki paszowe dla niosek zawierają w przybliżeniu podobną ilość fosforu ogólnego, jednak przyjmuje się, że ponad 50% tego makroelementu, zawartego w zbożach i śrutach poekstrakcyjnych, występuje w postaci soli kwasu fitynowego (16). Gruczoły przewodu pokarmowego nie wydzielają fitazy i dlatego wykorzystanie fosforu fitynowego jest niskie, nie przekraczając najczęściej 50% (4, 12). Diety dla drobiu są więc uzupełniane fosforanami paszowymi, co oprócz niekorzystnego wpływu na koszt paszy, podnosi ilość fosforu wydalanego w odchodach i zwiększa odkładanie tego makroelementu w środowisku, powodując eutrofizację zbiorników wodnych.

W podjętych badaniach przyjęto hipotezę, że również w przypadku kur nieśnych wywary zbożowe cha-

rakteryzują się wysoką przyswajalnością fosforu (90%) i wprowadzenie znacznej ilości tego komponentu do receptury mieszanek paszowych pozwoli na istotne obniżenie udziału fosforanu paszowego w diecie.

Celem badań było określenie możliwości zmniejszenia udziału fosforanu paszowego w paszy dla kur nieśnych, zawierającej suszony wywar gorzelnianny (kukurydziany lub żytni). Określano wpływ tego rodzaju diet na produktywność, grubość, gęstość i wytrzymałość skorup jaj oraz parametry mechaniczne kości piszczelowych i udowych.

Materiał i metody

Doświadczenie przeprowadzono na 60 kurach nieśnych lohman brązowy, w okresie od 26. do 68. tygodnia życia. Ptakom zapewniono stały dostęp do paszy i do wody. Stosowany program świetlny składał się z 14 godzin światła i z 10 godzin ciemności. Utworzono 5 grup doświadczalnych, w których skład wchodziło po 12 ptaków utrzymywanych w indywidualnych klatkach o powierzchni 1600 cm² (40 × 40 cm).

Skład diet doświadczalnych przedstawiono w tab. 1. W grupie I kontrolnej użyto zbożowo-sojowej mieszanki

Tab. 1. Skład mieszanek doświadczalnych (g · kg⁻¹)

Składniki	Grupa				
	I	II*	III*	IV**	V**
Śruta kukurydziana	350,0	250,0	260,0	250,0	260,0
Śruta pszenna	244,9	298,2	275,3	297,5	274,1
Poekstr. śruta sojowa	230,0	75,0	85,0	75,0	85,0
Wywar kukurydziany	-	200,0	-	200,0	-
Wywar żytni	-	-	200,0	-	200,0
Susz z traw	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Olej rzepakowy	33,0	32,0	35,0	32,0	35,0
Kreda paszowa	89,0	89,0	89,0	92,0	92,0
Fosforan 2-Ca	14,0	14,0	14,0	9,5	10,0
NaCl	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
L-lizyna (78%)	-	3,2	2,9	3,2	2,9
DL-Met (99%)	1,1	0,6	0,8	0,6	0,8
Premix Lutamix DJ	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Energia metaboliczna, MJ · kg ⁻¹		11,45		11,45	
Białko ogólne		170		170	
Lys		7,80		7,80	
Met		3,70		3,70	
Ca		36,00		36,00	
P ogólny		6,10		5,30	
P przyswajalny		3,50		3,50	

Objaśnienia: * – zawartość fosforu przyswajalnego w wywarach obliczono przyjmując, że podobnie jak w komponentach zbożowych, zawartość P przyswajalnego w P ogólnym wynosi 30%; ** – zawartość fosforu przyswajalnego obliczono przyjmując, że zawartość P przyswajalnego w P ogólnym wynosi 90%

paszowej o normatywnym poziomie składników pokarmowych i energii metabolicznej (17). Mieszanki paszowe w pozostałych grupach zawierały 20% suszonego wywaru kukurydzianego (SWK, grupa II i IV) lub żytniego (SWŻ, grupa III i V), przy zachowaniu identycznego jak w grupie kontrolnej poziomu poszczególnych składników pokarmowych – za wyjątkiem fosforu. Ze względu na stosunkowo wysoką zawartość polisacharydów nieskrobiowych w wywarach, diety w grupach II-V uzupełniono dodatkiem enzymów paszowych: Ronozyme WX (aktywność 1000 FSU · g⁻¹ endo-1,4-β-ksylanazy) and Ronozyme VP (aktywność 50 FBG · g⁻¹ endo-1,3(4)-β-glukanazy). Każdy z preparatów wprowadzono do paszy w ilości 200 g · t⁻¹.

Zawartość fosforu ogólnego w wywarach wynosiła 5,43 g · kg⁻¹ (SWK) oraz 4,95 g · kg⁻¹ (SWŻ). Obliczając receptury diet przyjęto, że udział fosforu przyswajalnego (w % P ogólnego) w SWK i SWŻ był podobny jak w sru tach zbożowych i wynosił 30% (grupa II i III) lub też, zgodnie z przyjętą hipotezą badawczą, wynosił 90% (grupa IV i V). Założenie przyjęte w dietach grupy IV i V pozwoliło na obniżenie udziału fosforanu paszowego w mieszankach z 14 do 9,5 g · kg⁻¹ (SWK) lub z 14 do 10 g · kg⁻¹ (SWŻ).

W doświadczeniu notowano liczbę i masę zniesionych jaj oraz pobranie paszy. Na tej podstawie wyliczono podstawowe parametry produkcyjne: procent nieśności, dzienną masę zniesionych jaj w przeliczeniu na 1 noskę, codzienne pobranie paszy na 1 kurę oraz zużycie paszy w przeliczeniu na 1 jajo i na 1 kg jaj. W 32., 48. i 66. tygodniu życia od każdej pobrano po 1 jaju do oznaczeń parametrów jakościowych. Wytrzymałość skorupy badano przy użyciu aparatury Intron 5542, natomiast grubość i gęstość – aparaturą Egg Quality Measurement (Micro version 3.2, 1990).

Przed rozpoczęciem badań w komponentach paszowych (w tym w wywarach) oraz mieszankach doświadczalnych oznaczono zawartość podstawowych składników pokarmowych (1). Po zakończeniu doświadczenia (69. tydzień życia) z każdej grupy wybrano po 5 niosek, od których po uboju pobrano obie kości piszczelowe i udowe. Kości oczyszczono z tkanek miękkich, zważono i zmierzono, a następnie przechowywano przez okres 60 dni w zamrożeniu (-25°C), po czym wykonano analizy ich cech biomechanicznych. Krańcową siłę maksymalną, powodującą dezintegrację struktury kości (wytrzymałość), siłę w punkcie przekraczania granicy sprężystości (elastyczność) oraz stosunek elastyczności do odkształcenia w zakresie obszaru zmian sprężystych (sztywność) oznaczono w trójpunktowym teście zginania, przy użyciu aparatu Instron 5542 (stała prędkość głowicy – 10 mm · min⁻¹, odległość między punktami podparcia – 50 mm).

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie w układzie 1-czynnikowym przy użyciu analizy wariancji. Istotność różnic pomiędzy średnimi szacowano, stosując wielokrotny test rozstępu Duncana (pakiet statystyczny Statistica 5.0 PL).

Wyniki i omówienie

Zawartość składników pokarmowych w badanych wywarach była następująca (%): SWK – sucha masa – 92,5; białko ogólne – 35,3; tłuszcz surowy – 3,89; włókno surowe – 10,8; lizyna – 0,577; metionina – 0,620; wapń – 0,083; fosfor ogólny – 0,543; SWŻ –

Tab. 2. Wyniki produkcyjne uzyskane w doświadczeniu

Badane parametry	Grupa					SEM
	I kontrolna	II 20% SWK	III 20% SWŻ	IV 20% SWK, obniżona zawartość fosforanu paszowego	V 20% SWŻ, obniżona zawartość fosforanu paszowego	
Nieśność, %	92,7 ^a	91,9 ^{ab}	88,0 ^c	90,0 ^{abc}	89,4 ^{bc}	0,546
Dzienna masa jaj, g · nioska ⁻¹	56,5 ^a	56,4 ^a	53,9 ^b	55,6 ^{ab}	54,4 ^{ab}	0,358
Średnia masa jaja, g	60,9	61,4	61,3	61,8	60,9	0,266
Średnie dzienne pobranie paszy, g · nioska ⁻¹	114	114	114	113	114	0,276
Zużycie paszy w przeliczeniu na 1 jajo, g	124 ^a	124 ^a	129 ^b	126 ^{ab}	128 ^{ab}	0,823
Zużycie paszy na 1 kg jaj, kg	2,03	2,02	2,11	2,04	2,10	0,0150

Objaśnienie: a, b, c – średnie w rzędach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$

Tab. 3. Jakość skorup jaj

Badane parametry	Grupa					SEM
	I kontrolna	II 20% SWK	III 20% SWŻ	IV 20% SWK, obniżona zawartość fosforanu paszowego	V 20% SWŻ, obniżona zawartość fosforanu paszowego	
Średnia grubość skorupy, μm^1	373	365	373	379	378	2,640
Średnia gęstość skorupy, $\text{mg} \cdot \text{cm}^2^{-1}$ *	88,3	89,4	90,7	90,3	89,4	0,828
Średnia wytrzymałość mechaniczna, N*	41,9	41,7	41,7	42,8	42,4	0,475

Objaśnienie: * – wartość średnia z trzech analiz (w 32., 48. i 66. tygodniu życia)

odpowiednio: 91,2; 33,8; 3,57; 11,8; 0,584; 0,574; 0,075 i 0,495%. Wyliczony według równań (5) poziom energii metabolicznej wynosił, odpowiednio w SWK i SWŻ, 10,61 i 10,23 MJ · kg⁻¹. Porównując przedstawione wyniki analiz z danymi literaturowymi (3) należy stwierdzić, że badane wywary charakteryzowały się stosunkowo niską zawartością fosforu. W badaniach amerykańskich (18), analizując skład chemiczny 118 próbek wywarów zbożowych (kukurydzianych), stwierdzono, że zawartość fosforu wynosiła średnio 0,89%, przy czym występowała stosunkowo duża zmienność tego parametru.

W okresie od 26. do 68. tygodnia życia średnia nieśność w całym doświadczeniu wyniosła 90,4%, dzienna masa jaj w przeliczeniu na 1 niosek – 55,4 g, średnia masa jaja – 61,3 g, dzienne pobranie paszy w przeliczeniu na 1 niosek – 114 g, zużycie paszy na produkcję 1 jaja – 126 g oraz na 1 kg jaj – 2,06 kg (tab. 2). W doświadczeniu nie odnotowano żadnego przypadku padnięcia lub wyeliminowania kury z badań.

Wprowadzenie 20% SWK do mieszanki paszowej nie miało ujemnego wpływu na parametry produkcyjne. Podobne wyniki otrzymano w badaniach amerykańskich (15), w których stosowanie diet zawierających 15% SWK nie oddziaływało na produktywność kur. W innym doświadczeniu (10) obserwowano jednak niewielkie pogorszenie wydajności nieśnej u niosek żywionych dietą z udziałem 15% SWK.

W niniejszych badaniach odmienne wyniki odnotowano w przypadku wywaru żytniego, gdyż stoso-

wanie mieszanki paszowej zawierającej 20% SWŻ oddziaływało negatywnie na produktywność niosek. W porównaniu z grupą I (kontrolna) i II (20% SWK), u ptaków z grupy III (20% SWŻ) zanotowano istotnie mniejszą ($p \leq 0,05$) nieśność (odpowiednio o 5,1% i 4,3%), mniejszą dzienną masę zniesionych jaj (odpowiednio o 4,6% i 4,4%) oraz większe zużycie paszy w przeliczeniu 1 jajo (odpowiednio o 4,0% i 4,0%). Wywar żytni zawiera wysoki poziom polisacharydów nieskrobiowych, szczególnie pentozanów, które nie są rozkładane w procesie fermentacji alkoholowej. Wydaje się więc, że przyczyną pogorszenia wyników produkcyjnych było znaczne zwiększenie ilości polisacharydów nieskrobiowych, zwłaszcza ich rozpuszczalnych frakcji, w diecie zawierającej 20% SWŻ. Mogło się to przyczynić do wzrostu lepkości treści jelitowej i pogorszenia wykorzystania składników pokarmowych. Podkreślić należy przy tym fakt, że nawet uzupełnienie mieszanki paszowej preparatem enzymatycznym o aktywności ksylanazy i β -glukanazy nie zapobiegało negatywnemu oddziaływaniu SWŻ na rezultaty produkcyjne. Nie można również wykluczyć, że ujemny efekt SWŻ mógł być związany z innym substancjami antyodżywczyymi, które występują w ziarnie żyta, tj. alkilorezorcynolami (14). W badaniach na rosnących kurczętach wykazano, że alkilorezorcynole pogarszają wykorzystanie paszy i przyrost masy ciała (13).

Wyniki oceny jakości skorupy jaj przedstawiono w tab. 3. Średnia dla wszystkich grup doświadczalnych grubość skorupy wynosiła 374 μm , jej gęstość –

Tab. 4. Wybrane parametry charakteryzujące kości piszczelowe niosek

Badane parametry	Grupa					SEM
	I kontrolna	II 20% SWK	III 20% SWŻ	IV 20% SWK, obniżona zawartość fosforanu paszowego	V 20% SWŻ, obniżona zawartość fosforanu paszowego	
Względna masa, g · kg ⁻¹ masy ciała	6,76	6,88	7,03	7,00	6,97	0,0769
Długość, cm	11,40	11,44	11,40	11,48	11,54	0,0676
Siła maksymalna w punkcie dezintegracji struktury kości (wytrzymałość):						
wartość bezwzględna, N	207	201	196	200	196	3,14
wartość względna, N · kg ⁻¹ masy ciała	105	106	105	106	104	1,75
Siła w punkcie przekraczania granicy sprężystości (sprężystość):						
wartość bezwzględna, N	121	122	115	120	120	2,06
wartość względna, N · kg ⁻¹ masy ciała	61,6	64,6	61,5	63,2	63,3	1,18
Stosunek elastyczności do odkształcenia w zakresie obszaru zmian sprężystych (sztywność):						
wartość bezwzględna N · mm ⁻¹	177	178	173	176	172	2,79
wartość względna, N · mm ⁻¹ · kg ⁻¹ masy ciała	90,2	94,4	92,7	92,7	90,9	1,54

Tab. 5. Wybrane parametry charakteryzujące kości udowe niosek

Badane parametry	Grupa					SEM
	I kontrolna	II 20% SWK	III 20% SWŻ	IV 20% SWK, obniżona zawartość fosforanu paszowego	V 20% SWŻ, obniżona zawartość fosforanu paszowego	
Względna masa, g · kg ⁻¹ masy ciała	5,68	5,52	5,67	5,55	5,55	0,0652
Długość, cm	8,54	8,49	8,43	8,50	8,44	0,0478
Siła maksymalna w punkcie dezintegracji struktury kości (wytrzymałość):						
wartość bezwzględna, N	208	215	201	207	203	5,61
wartość względna, N · kg ⁻¹ masy ciała	106	114	107	109	107	2,97
Siła w punkcie przekraczania granicy sprężystości (sprężystość):						
wartość bezwzględna, N	136	140	133	132	126	4,52
wartość względna, N · kg ⁻¹ masy ciała	69,3	73,7	70,9	70,0	66,3	2,32
Stosunek elastyczności do odkształcenia w zakresie obszaru zmian sprężystych (sztywność):						
wartość bezwzględna N · mm ⁻¹	183	188	179	185	178	4,58
wartość względna, N · mm ⁻¹ · kg ⁻¹ masy ciała	93,1	99,5	95,7	97,8	94,1	2,42

89,6 mg · cm⁻² oraz wytrzymałość – 42,1 N. Grupy doświadczalne nie różniły się między sobą pod względem wymienionych parametrów jakościowych skorup. Uzyskane wyniki, a zwłaszcza wysoka wytrzymałość, wskazują na bardzo dobrą jakość skorup we wszystkich grupach doświadczalnych i pośrednio na optymalne zaopatrzenie organizmu ptaków w składniki mineralne, w tym również fosfor. Dla porównania, we wcześniejszych badaniach własnych (8) średnia wytrzymałość skorup u kur Hy Line (26.-70. tydzień życia) żywionych mieszanką kontrolną wynosiła 36,4 N, tak więc była niższa niż średnia wartość otrzymana w przedstawianym doświadczeniu. Także spadek wytrzymałości skorup, postępujący wraz z rosnącym wiekiem kur, był w cytowanej pracy wyraźniejszy. Różnice te mogły częściowo być spowodowane różnym genotypem niosek w porównywanych doświadczeniach.

W badaniach Jamroz i wsp. (6) stwierdzono, że niedobór fosforu przyswajalnego w paszy dla niosek wpływa negatywnie na grubość, natomiast w badaniach Kamińskiej i wsp. (7) – na gęstość skorup jaj. W niniejszym doświadczeniu wartości tych parametrów w grupach z obniżonym udziałem fosforanu paszowego w diecie (IV i V) były podobne do wyników uzyskanych w pozostałych grupach, co potwierdza hipotezę, że fosfor zawarty w wywarach zbożowych charakteryzuje się wysoką przyswajalnością.

Rezultaty oznaczeń parametrów charakteryzujących jakość kości piszczelowych i udowych przedstawiono w tab. 4 i 5. Średnia względna masa kości piszczelowych i udowych wynosiła 6,93 i 5,99 g · kg⁻¹ masy ciała, ich długość – odpowiednio 11,5 i 8,48 cm, wytrzymałość – 200 i 207 N, względna wytrzymałość – 105 i 109 N · kg⁻¹ masy ciała, elastyczność – 120

i 133 N, względna elastyczność – 62,8 i 70,0 N · kg⁻¹ masy ciała oraz sztywność – 175 i 183 N · mm⁻¹ · kg⁻¹ i względna sztywność – 92,2 i 96,0 N · mm⁻¹ · kg⁻¹ masy ciała. Wyniki te były zbliżone do rezultatów oznaczeń parametrów mechanicznych kości wykonanych we wcześniejszym doświadczeniu własnym (19). Nie odnotowano żadnych różnic pomiędzy poszczególnymi grupami doświadczalnymi. Uogólniając można stwierdzić, że badane kości były prawidłowo wykształcone i charakteryzowały się dobrą jakością. Nie znaleziono na nich śladów wcześniejszych złamań ani innych uszkodzeń.

Wyniki badań Jamroz i wsp. (6) wskazują, że jakość kośćca niosek jest parametrem bardziej użytecznym w ocenie dostępności fosforu w paszy niż jakość skorup jaj, a żywienie niosek mieszankami paszowymi o niskiej zawartości P przyswajalnego może powodować pogorszenie cech mechanicznych kości piszczelowych i udowych. W niniejszych badaniach obniżenie o około 40% udziału fosforanu paszowego w mieszankach paszowych zawierających 20% SWK lub SWŻ nie miało negatywnego wpływu na wytrzymałość, elastyczność i sztywność kości piszczelowych i udowych. Wyniki te potwierdzają prawidłowość przyjętego założenia o wysokiej przyswajalności fosforu zawartego w wywarach zbożowych.

W podsumowaniu rezultatów przeprowadzonych badań można stwierdzić, że suszony wywar kukurydziany stanowi źródło dobrze przyswajalnego fosforu dla kur nieśnych. Wprowadzenie 20% wywaru kukurydzianego do diety pozwala na ograniczenie udziału fosforanu paszowego w mieszance dla niosek, co oprócz obniżenia kosztów paszy, wpływa na zmniejszenie wydalania fosforu w odchodach. Ze względu na negatywne oddziaływanie na wyniki produkcyjne, stosowanie wysokiego udziału wywaru żytniego w diecie dla kur nie jest wskazane.

Piśmiennictwo

1. Anon.: AOAC.: Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, Aarlington, Va 1990.

2. Anon.: NRC: National Research Council. Nutrient Requirements of Poultry. National Academy Press, Washington 1994.
3. Anon.: Raw material compendium: a Compilation of Worldwide Data Sources. Novus International, Inc., Brussels 1994.
4. Edwards H. M. Jr.: Phosphorus. 1. Effect of breed and strain on utilization of sub-optimal levels of phosphorus in the ration. Poultry Sci. 1983, 62, 77-84.
5. European Table: European Table of Energy Values for Poultry Feedstuffs. WPSA, Wageningen 1989.
6. Jamroz D., Orda J., Skorupińska J., Wiliczkiwicz A., Wartecki T., Żyłka R., Klunter A. M.: Reaction of laying hens to low phosphorus diets and addition of different phytase preparations. J. Anim. Feed Sci. 2003, 12, 95-110.
7. Kamińska B. Z., Skraba B., Koreleski J.: Effect of dietary phosphorus level and supplemental phytase on performance of Hisex Brown laying hens and egg shell quality. J. Anim. Feed Sci. 1996, 5, 249-259.
8. Koreleski J., Świątkiewicz S.: Efficacy of different levels of a cholecalciferol 25-OH-derivative in diets with two limestone forms in laying hen nutrition. J. Anim. Feed Sci. 2005, 14, 305-315.
9. Lumpkins B. S., Batal A.: The bioavailability of lysine and phosphorus in distillers dried grains with solubles. Poultry Sci. 2005, 84, 581-586.
10. Lumpkins B., Batal A., Dale N.: Use of distillers dried grains plus solubles in laying hen diets. J. Appl. Poultry Res. 2005, 14, 25-31.
11. Martínez Amezcua C., Parsons C. M., Noll S. L.: Content and relative bioavailability of phosphorus in distillers dried grains with solubles in chicks. Poultry Sci. 2004, 83, 971-976.
12. Mohammed A., Gibney M. J., Taylor T. G.: The effect of dietary levels of inorganic phosphorus, calcium and cholecalciferol on the digestibility of phytate-P by the chicks. Br. J. Nutr. 1991, 66, 251-259.
13. Pawlik J.: Wpływ alkilorezorcynoli żyta na wzrost i rozwój kurcząt. Roczn. Nauk. Zoot. Monografie i rozprawy 1978, 13, 121-138.
14. Rakowska M.: Żyto – czynniki obniżające jego wartość żywieniową, kierunki prac selekcyjnych i technologicznych zmierzające do jej poprawy. Post. Nauk Roln. 1984, 5, 41-60.
15. Roberson K. D., Kalbfleisch J. L., Pan W., Charbenau R. A.: Effect of corn distiller's dried grains with solubles at various levels on performance of laying hens and egg yolk color. Intern. J. Poultry Sci. 2005, 4, 44-51.
16. Simons P. C. M., Versteegh H. A. J., Jongbloed A. W., Kemme P. A., Stump P., Bos K. D., Wolters M. G. E., Beudeker R. F., Verschoor G. J.: Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. Br. J. Nutr. 1990, 64, 525-540.
17. Śmulikowska S. (red.): Normy żywienia drobiu. Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz. Inst. Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN, Jabłonna 1996.
18. Spiels M. J., Whitney M. H., Shurson G. C.: Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. J. Anim. Sci. 2002, 80, 2639-2645.
19. Świątkiewicz S., Koreleski J.: Wpływ 25-hydroksycholekalcyferolu na jakość kośćca kur nieśnych utrzymywanych w klatkach. Medycyna Wet. 2005, 61, 814-817.
20. Webster A. B.: Welfare implications of avian osteoporosis. Poultry Sci. 2004, 83, 184-192.
21. Whitney M. H., Spiels M. J., Shurson G. C.: Availability of phosphorus in distiller's dried grains with solubles for growing swine. J. Anim. Sci. 2001, 79 (Suppl. 1), 108 (Abstr.).

Adres autora: dr inż. Sylwester Świątkiewicz, ul. Łużycka 53/52, 30-658 Kraków; e-mail: sylwester.swiatkiewicz@izoo.krakow.pl