

## WPLYW ENZYMÓW PASZOWYCH NA PRODUKCYJNOŚĆ, JAKOŚĆ TUSZEK ORAZ STRAWNOŚĆ JELITOWĄ AMINOKWASÓW U KURCZĄT BROJLERÓW ŻYWIANYCH DIETAMI ZAWIERAJĄCYMI POEKSTRAKCYJNĄ ŚRUTĘ RZEPAKOWĄ\*

Franciszek Brzoska, Bogdan Śliwiński

Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Fizjologii Żywienia,  
32-083 Balice k. Krakowa  
e-mail: franciszek.brzoska@izoo.krakow.pl

*Badania wykonano w celu określenia wpływu egzogennych enzymów paszowych na masę ciała, śmiertelność, wykorzystanie paszy i jakość tuszek (dośw. 1), parametry biochemiczne osocza krwi oraz jelitową strawność aminokwasów (dośw. 2) u kurcząt brojlerów żywionych sypkimi mieszankami z zawartością 11% (mieszanka starter) i 18% (mieszanka grower) poekstrakcyjnej śrutę rzepakowej. W doświadczeniu wzrostowym jednodniowe seksowane kurczęta Ross 308 podzielono na 5 grup żywieniowych, po 8 powtórzeń dla każdej płci i 8 kurcząt w kocu, w następującym układzie: grupa kontrolna pozytywna z poekstrakcyjną śrutą sojową (SBM) – bez dodatku enzymów, grupa kontrolna negatywna ze śrutą rzepakową (RSM) – bez dodatku enzymów, grupy doświadczalne z poekstrakcyjną śrutą rzepakową (RSM), z dodatkiem: endo- $\beta$ -1,4-ksylanazy i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy (grupa RSM + e KG), z dodatkiem proteazy serynowej (grupa RSM + e P) oraz z dodatkiem wszystkich ocenianych enzymów (RSM + e KG + e P). Pozorną strawność jelitową aminokwasów (AA) zawartych w czterech mieszankach paszowych: SBM, RSM, RSM + e KG, RSM + e P typu grower oznaczano w doświadczeniu 2 na kogutkach Ross 308 (n=320). Skład recepturowy i wartość pokarmowa skarmianych pasz były takie same w obu doświadczeniach. Podawanie kurczętom mieszanek paszowych zawierających śrutę rzepakową w porównaniu do paszy zawierającej śrutę sojową obniżyło masę ciała brojlerów z 2466 g do 2182 g (P<0,05). Masa ciała kurcząt otrzymujących mieszanki paszowe z enzymami nie różniła się istotnie od masy brojlerów żywionych paszą ze śrutą rzepakową bez enzymów. Pasza ze śrutą rzepakową bez enzymów (RSM) istotnie zwiększyła śmiertelność kurcząt w porównaniu do grupy zawierającej w paszy śrutę sojową (SBM, P<0,05). Dodatek preparatów enzymatycznych endo- $\beta$ -1,4-ksylanazy i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy oraz proteazy serynowej istotnie obniżył śmiertelność brojlerów (P<0,05). Skarmianie mieszanek zawierających śrutę rzepakową bez i z dodatkiem enzymów istotnie obniżyło spożycie paszy (P<0,05). Nie stwierdzono istotnego wpływu czynników doświadczalnych na wydajność rzeźną i zawartość elementów w tuszkach brojlerów. Podawanie brojlerom mieszanek paszowych zawierających pasze rzepakowe bez i z dodatkiem enzymów istotnie*

\*Pracę wykonano w ramach działalności statutowej zadania badawczego 05-009.1 w latach 2013–2017.

obniżyło zawartość tłuszczu zapasowego w tuszkach ( $P < 0,05$ ). Nie stwierdzono również wpływu czynników doświadczalnych na skład chemiczny mięśni brojlerów, z wyjątkiem istotnego obniżenia popiołu w mięśniach brojlerów otrzymujących mieszanki z paszą rzepakową bez i z dodatkiem enzymów, a także istotnego wpływu na parametry biochemiczne osocza krwi. Podawanie brojlerom mieszanek paszowych ze śrutą rzepakową w porównaniu do mieszanek ze śrutą sojową istotnie obniżyło strawność aminokwasów egzogennych i endogennych, za wyjątkiem metioniny i cystyny ( $P < 0,05$ ). Dodatek endo- $\beta$ -1,4-ksylanazy i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy do mieszanki ze śrutą rzepakową obniżył istotnie strawność argininy i proliny, a zwiększył strawność metioniny ( $P < 0,05$ ). Dodatek proteazy serynowej zwiększył strawność izoleucyny, lizyny, metioniny, waliny, nie wpływając na istotne zróżnicowanie współczynników strawności pozostałych aminokwasów.

*Słowa kluczowe:* śruta rzepakowa, enzymy, wzrost, wydajność rzeźna, strawność, aminokwasy

Poekstrakcyjna śruta rzepakowa jest produktem ubocznym tłoczenia oleju z nasion rzepaku. W Polsce wytwarza się około 1170 tys. ton śruty rzepakowej, w tym na cele paszowe przeznaczają się około 600–700 tys. ton śruty rocznie (Dzwonkowski i in., 2016). Czynnikiem antyodżywczym pasz rzepakowych obniżającym w największym stopniu ich wartość pokarmową obok glikozynolanów są polisacharydy nieskrobiowe (NSP). Wykazano, że poekstrakcyjna śruta rzepakowa kanadyjskich odmian Canola zawiera od 20 do 40% NSP (Słominski i Campbell, 1990; Bach Knudsen, 1997; Słominski i in., 1999). NSP niecelulozowe stanowi 13–16% śruty rzepakowej, a zawierają się w nim: arabinoza (33%), ksyloza (13%), galaktoza (13%), glukoza (5%), mannoza (3%), ramnoza (2%), fukoza (2%) i kwasy uronowe (30%) (Słominski i Campbell, 1990). Polisacharydy nieskrobiowe śruty rzepakowej przyjęto również dzielić według ich budowy chemicznej na: pektyny (m.in. homogalaktouranon, ramnogalaktouranon, arabinan i arabinogalaktan), hemicelulozę (m.in. ksyloglukan, glukouranoksylian, galaktomannany) oraz celulozę (Pustjens i in., 2013; 2014). Osłonka nasion rzepaku składa się głównie z arabinoksylianów, (1-3,1-4)- $\beta$ -glukanów oraz niewielkiej ilości celulozy, heteromannanów i zestyfikowanych kwasów fenolowych (Rybka, 1994). Polisacharydy nieskrobiowe, głównie rozpuszczalne w wodzie, w niewielkim stopniu hydrolizowane są przez florę bakteryjną przewodu pokarmowego, wiążą wodę i zwiększają lepkość treści pokarmowej, obniżając trawienie skrobi, białek i tłuszczu (Annison i Choct, 1991; Smith i Annison, 1996; Smulikowska i in., 1998). Kurczęta nie posiadają w części chłonnej jelita cienkiego enzymów zdolnych do hydrolizowania polisacharydów nieskrobiowych, a częściowy ich rozkład ma miejsce w jelicie ślepym pod wpływem mikroflory bakteryjnej.

Zakaz stosowania pasz zmodyfikowanych genetycznie w Polsce zmusza do poszukiwania metod zwiększenia udziału materiałów paszowych alternatywnych do śruty sojowej GM dla zwierząt monogastrycznych, w tym kurcząt brojlerów. Zalecany poziom śruty rzepakowej w mieszankach paszowych dla brojlerów typu starter wynosi 5–6%, a w mieszankach typu grower-finisz 10–12% (Pastuszevska i in., 1992; Smulikowska i Rutkowski, 2005), jakkolwiek zalecenia te dotyczą ogólnie brojlerów, a nie poszczególnych mieszańców genetycznych brojlerów. Przekroczenie zalecane-

go poziomu śruty rzepakowej w mieszankach paszowych dla brojlerów obniża wykorzystanie energii i aminokwasów, osłabia wzrost oraz pogarsza jakość poubojową tuszek ptaków (Michalik-Rutkowska, 2016).

Dla zwiększenia strawności oraz wykorzystania śruty rzepakowej na cele paszowe stosowano w żywieniu brojlerów enzymy, ukierunkowane na rozkład polisacharydów nieskrobiowych, peptydów i białek (Pustjens i in., 2014; de Vries i in., 2014). Podejmowano również próby zwiększania podatności NSP śruty rzepakowej na działanie enzymów poprzez jej rozdrabnianie i zabiegi hydrotermiczne, jakkolwiek nadmierna temperatura prowadzi do degradacji białek i niektórych aminokwasów (McDugall i in., 1996), a ogrzewanie zwiększało lepkość treści pokarmowej (de Vries i in., 2012) i negatywnie wpływało na strawność składników pokarmowych oraz ich absorpcję (Smith i Annison, 1996). Efektywność enzymów paszowych w oddziaływaniu na śrutę rzepakową oceniana w doświadczeniach żywieniowych na brojlerach nie dawała zadowalających wyników (Kocher i in., 2000; de Vries i in., 2014).

Preparaty enzymatyczne nowej generacji łączą aktywność kilku enzymów. Mechanizm ich działania polega na częściowym rozkładzie polisacharydów nieskrobiowych i zmniejszeniu lepkości treści pokarmowej w jelicie cienkim. W wyniku hydrolizy polisacharydów nieskrobiowych enzymy endogenne ptaków, szczególnie enzymy trzustkowe, mogą łatwiej wnikać do wnętrza komórek i hydrolizować zawarte w nich składniki pokarmowe, w tym białka. Enzymy endo- $\beta$ -1,4-ksylanaza i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanaza przez rozkład NSP mogą poprawiać wartość energetyczną mieszanek paszowych, a enzymy proteazy serynowe mogą polepszać wykorzystanie aminokwasów mieszanek paszowych, co może stanowić przesłankę do prób zwiększenia udziału śruty rzepakowej w mieszankach dla kurcząt brojlerów.

Celem badań była ocena efektywności stosowania w żywieniu kurcząt brojlerów dodatku preparatów enzymatycznych nowej generacji o aktywności endo- $\beta$ -1,4-ksylanazy i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy oraz proteazy serynowej wprowadzanych oddzielnie lub łącznie do pasz z ponadnormatywną zawartością poekstrakcyjnej śruty rzepakowej.

## Material i metody

Warunki utrzymania ptaków oraz wszystkie zastosowane procedury doświadczalne zostały zatwierdzone przez II Lokalną Komisję Etyczną do spraw Doświadczeń na Zwierzętach w Krakowie.

### Doświadczenie 1 – wzrostowe

Doświadczenie wzrostowe wykonano na seksowanych kurczętach brojlerach Ross 308, podzielonych na dwie grupy kontrolne pozytywną i negatywną oraz 3 grupy doświadczalne. Każda grupa składała się ze kurcząt obu płci, przydzielonych po 8 powtórzeń dla każdej płci, a każde powtórzenie liczyło 8 ptaków. Grupa kontrolna pozytywna otrzymywała standardową mieszankę paszową ze śrutą sojową (SBM), a grupa kontrolna negatywna mieszankę ze śrutą rzepakową (RSM). Grupy doświad-

czalne otrzymywały mieszankę o identycznym składzie materiałów paszowych jak w przypadku grupy kontrolnej negatywnej (RSM, tab. 1) z dodatkiem: (1) preparatu Novagro WXVP (grupa RSM + e KG) zawierającego endo- $\beta$ -1,4-ksylanazę (EC 3.2.1.8) o aktywności 40000 FXU/kg wytwarzanej przez mikroorganizm *Aspergillus Niger* (CBS 109.713) i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazę (WE 3.2.1.6) o aktywności 2000 FBG/kg, wytwarzaną przez mikroorganizm *Trichoderma longibrachiatum* (ATCC 2106) (EURO-Lex-32005R1458 – PL), (2) preparatu Ronozyme® ProAct (grupa RSM + e P) zawierającego enzym proteazę serynową (EC 3.4.21) o aktywności 75 000 000 PROT/kg preparatu. Jest to enzym mikrobiologiczny, analog trzustkowej chymotrypsyny wytwarzany przez modyfikowany szczep *Bacillus licheniformis* (DSM 19670). Ostatnia grupa doświadczalna zawierała oba preparaty łącznie (RSM + e KG + e P). Preparat Novagro stosowano zgodnie z zaleceniem producenta w ilości 3,5 kg na tonę mieszanki paszowej. Preparat Ronozyme® ProAct stosowano zgodnie z rekomendacjami wytwórcy w ilości 200 g/t paszy.

Sporządzono sypkie mieszanki typu starter (na pierwszy okres chowu, 1–21 dni) oraz typu grower (na drugi okres chowu, 22–42 dni). Komponentem zbożowym mieszanek była kukurydza lub kukurydza i pszenica, a komponentami białkowymi w grupie kontrolnej negatywnej i w grupach doświadczalnych były ponadto suszony wywar gorzelniany (DDGS) i drożdże paszowe – materiały niezbędne dla wyrównania poziomu białka ogólnego w dietach dla brojlerów (tab. 1). Pasze zrobiono w Wytwórni Mieszanek Doświadczalnych Instytutu Zootechniki PIB w Aleksandrowicach, według receptur opracowanych i zoptymalizowanych przy użyciu programu WinPasze PRO 3.6. Składniki pokarmowe komponentów białkowych mieszanek paszowych (śruta sojowa, śruta rzepakowa, suszony wywar gorzelniany, drożdże paszowe) oznaczano analitycznie wg AOAC (2009) i wprowadzono do programu komputerowego WIN-Pasze, dla optymalizacji receptur mieszanek paszowych.

Kurczęta utrzymywano w boksach na ściółce z wiórów drzew liściastych i żywiono sypkimi mieszankami paszowymi, skarmianymi do woli. W okresie pierwszych sześciu dni odchovu paszę podawano na płaskich tacach, a od 7. dnia w karmidłach pionowych napełnianych jeden raz na dobę. Wodę dostarczano z centralnego układu wodociągowego poprzez system rur i poidel kropelkowych. Na każdy z boksów przypadały dwa poidła. Gęstość obsady piskląt w wynosiła 15 szt./m<sup>2</sup> w pierwszym okresie chowu, co odpowiadało obciążeniu na poziomie 30–33 kg masy ciała kurcząt/m<sup>2</sup> powierzchni w końcowym okresie odchovu. W czasie pierwszych trzech dni życia ptaki otrzymywały preparat przeciwbiegunkowy (Scanoflox 10% w ilości 1 ml/1 wody). W 7. dniu podawano roztwór wodny szczepionki przeciw chorobie Gumboro, a w 14. dniu szczepionkę przeciw pomorowi rzekomemu drobiu (preparat Bio-Vac ND-IB). Temperaturę pomieszczenia w ciągu trzech dni przed zasiedleniem doprowadzono do 34°C i na tym poziomie utrzymywano przez pierwszych 5 dni, a następnie stopniowo obniżano do 24°C w ostatnim tygodniu odchovu kurcząt. W pomieszczeniu zapewniono odpowiednie warunki wymiany powietrza oraz stałe oświetlenie żarowe o wymaganej intensywności, uwzględniając normy zapotrzebowania brojlerów na światło.

Tabela 1. Skład recepturowy i wartość pokarmowa mieszanek dla kurcząt brojlerów – doświadczenia 1 i 2  
 Table 1. Feed materials and nutrient content of diets for broiler chickens – experiments 1 and 2

Materiały mieszanek paszowych (%) Feed materials (%)	Mieszanki paszowe i grupy Feedingstuffs and groups			
	starter		grower	
	SBM	RSM	SBM	RSM
1	2	3	4	5
Kukurydza	56,08	47,81	51,70	41,50
Maize				
Pszenica	-	-	10,00	10,0
Wheat				
Poekstrakcyjna śruta sojowa	36,00	20,00	30,00	11,00
Solvent soybean meal				
Poekstrakcyjna śruta rzepakowa	-	11,00	-	18,0
Solvent-extracted rapeseed meal				
Wywar gorzelniany suszony	-	8,00	-	8,00
DDGS				
Drożdże paszowe	-	4,50	-	2,00
Fodder yeast				
Olej rzepakowy	3,50	5,00	4,00	6,00
Rapeseed oil				
Fosforan 2-wapniowy	2,00	1,50	1,60	1,20
Dicalcium phosphate				
Węglan wapnia	1,30	1,10	1,50	1,00
Calcium carbonate				
Sól pastewna	0,30	0,30	0,30	0,30
Fodder salt				
L-Lizyna HCl (78%)	0,10	0,17	0,18	0,30
L-Lysine HCl (78%)				
DL-Metionina (99%)	0,22	0,22	0,22	0,20
DL-Methionine (99%)				
Mieszanka mineralno-witaminowa*	0,50	0,50	0,50	0,50
Mineral-vitamin premix*				
Enzymy	-	+/-	-	+/-
Enzymes				
<b>Składniki pokarmowe wyliczone (g/kg)</b> <b>Calculated nutrients (g/kg)</b>				
Energia metaboliczna (MJ/kg)	12,6	12,6	13,0	13,0
Metabolizable energy (MJ/kg)				
Sucha masa	885	889	886	890
Dry matter				

cd. tabeli 1 – table 1 contd.

1	2	3	4	5
Białko ogólne	222	222	200	200
Crude protein				
Tłuszcz surowy	61,2	82,2	65,9	92,1
Crude fat				
Włókno surowe	26,7	38,2	26,3	39,0
Crude fibre				
Skrobia	370	33,0	390	34,0
Starch				
Popiół surowy	26,9	33,5	26,6	33,5
Crude ash				
Wapń	10,0	10,0	10,1	10,0
Calcium				
Fosfor przyswajalny	4,00	4,00	3,93	4,00
Available phosphorus				
Lizyna	12,10	12,10	12,00	12,00
Lysine				
Metionina	5,50	5,50	5,26	5,26
Methionine				
Tryptofan	2,30	2,00	2,30	2,00
Tryptophan				
Treonina	8,00	8,00	8,00	8,00
Threonine				

\* 1 kg premiksu DKA Starter 0,5% zawiera: wit. A – 13 5000 j.m.; wit. D<sub>3</sub> – 250 j.m.; wit. E – 40 mg; wit. B<sub>1</sub> – 3,25 mg; wit. B<sub>2</sub> – 7,5 mg; wit. B<sub>6</sub> – 5 mg; B<sub>12</sub> – 0,0323 mg; wit. K<sub>3</sub> – 6 mg; biotyna – 0,15 mg; kwas nikotynowy – 45 mg; pantetonian wapnia – 15 mg; kwas foliowy – 1,5 mg; chlorek choliny – 100 mg; Mn – 100 mg; Cu – 1,75 mg; Fe – 76,5 mg; Se – 0,275 mg; I – 1 mg; Zn – 75 mg; Co – 0,4 mg; Endox (antyoksydant) – 125 mg; Sincox (kokcydiostatyk) – 1 g; Ca – 0,679 g.

1 kg premiksu DKA Grower 0,5% zawiera: wit. A – 12 000 j.m.; wit. D<sub>3</sub> – 250 j.m.; wit. E – 40 mg; wit. B<sub>1</sub> – 2 mg; wit. B<sub>2</sub> – 7,25 mg; wit. B<sub>6</sub> – 4,25 mg; B<sub>12</sub> – 0,03 mg; wit. K<sub>3</sub> – 2,25 mg; biotyna – 0,1 mg; kwas nikotynowy – 40 mg; pantetonian wapnia – 12 mg; kwas foliowy – 1,0 mg; chlorek choliny – 450 mg; Mn – 100 mg; Cu – 1,75 mg; Fe – 76,5 mg; Se – 0,275 mg; I – 1 mg; Zn – 75 mg; Co – 0,4 mg; Endox (antyoksydant) – 125 mg; Sincox (kokcydiostatyk) – 1 g; Ca – 0,79 g.

\* 1 kg premix DKA Starter 0.5% contains: vit. A – 13 5000 IU; vit. D<sub>3</sub> – 250 IU; vit. E – 40 mg; vit. B<sub>1</sub> – 3.25 mg; vit. B<sub>2</sub> – 7.5 mg; vit. B<sub>6</sub> – 5 mg; B<sub>12</sub> – 0.0323 mg; vit. K<sub>3</sub> – 6 mg; biotin – 0.15 mg; nicotinic acid – 45 mg; calcium pantothenate – 15 mg; folic acid – 1.5 mg; choline chloride – 100 mg; Mn – 100 mg; Cu – 1.75 mg; Fe – 76.5 mg; Se – 0.275 mg; I – 1 mg; Zn – 75 mg; Co – 0.4 mg; Endox (antioxidant) – 125 mg; Sincox (coccidiostat) – 1 g; Ca – 0.679 g.

1 kg premix DKA Grower 0.5% contains: vit. A – 12 000 IU; vit. D<sub>3</sub> – 250 IU; vit. E – 40 mg; vit. B<sub>1</sub> – 2 mg; vit. B<sub>2</sub> – 7.25 mg; vit. B<sub>6</sub> – 4.25 mg; B<sub>12</sub> – 0.03 mg; vit. K<sub>3</sub> – 2.25 mg; biotin – 0.1 mg; nicotinic acid – 40 mg; calcium pantothenate – 12 mg; folic acid – 1.0 mg; choline chloride – 450 mg; Mn – 100 mg; Cu – 1.75 mg; Fe – 76.5 mg; Se – 0.275 mg; I – 1 mg; Zn – 75 mg; Co – 0.4 mg; Endox (antioxidant) – 125 mg; Sincox (coccidiostat) – 1 g; Ca – 0.79 g.

W trakcie doświadczenia określano pobranie paszy, ważąc w poszczególnych bokсах paszę niezjedzoną w ciągu doby. Dla oznaczenia tempa wzrostu kurcząt zważono 40 losowo wybranych jednodniowych piskląt oraz wszystkie kurczęta po 12-godzin-

nym przegłodzeniu w wieku 21 i 42 dni. Masa ciała jednodniowych piskląt wynosiła średnio  $39,2 \pm 4,6$  g. Codziennie kontrolowano przeżywalność ptaków we wszystkich grupach. Z uwzględnieniem masy padłych kurcząt wyliczono jednostkowe wykorzystanie paszy. W 43. dniu doświadczenia, po zakończeniu odchowu, z każdej grupy wybierano losowo 10 kurcząt obu płci (5 kogutków i 5 kurek). Po przegłodzeniu ptaki ważono, a następnie poddawano ubojowi poprzez oszołomienie impulsem elektrycznym i skrwawienie. W trakcie skrwawiania do heparynizowanych probówek pobierano próbki krwi celem uzyskania osocza przeznaczonego do analiz chemicznych. W świeżym osoczu oznaczono poziom glukozy, a pozostałą jego część zamrażano do dalszych analiz. Po oparzeniu i mechanicznym usunięciu piór oraz głowy, tuszki patroszono. Określano masę tuszki ciepłej, masę żołądka, wątroby oraz tłuszczu zapasowego zdefiniowanego jako suma tłuszczu okołożołądkowego i sadelkowego. W oparciu o masę ubojową kurcząt oraz masę tuszki ciepłej z podrobami i skokami, wyliczono wydajność rzeźną. Tuszki schładzano przez 24 godz. w temperaturze  $5^{\circ}\text{C}$ , a następnie prawą połowę tuszki poddawano dysekcji. Dysekcja polegała na wypreparowaniu i zważeniu elementów tuszki o znaczeniu kulinarnym, w tym mięśni piersiowych i mięśni nogi. Wyliczono wydajność rzeźną i procentowy udział elementów tuszki w masie ciepłej (wątroba, żołądek) i w masie schłodzonej (mięśnie piersiowe, mięśnie nogi). Dysekcję wykonano zgodnie z procedurą opisaną przez Zgłobicę i Różycką (1972). Do analiz chemicznych pobierano reprezentatywne próbki mięśni obu rodzajów. Próbki mielono i zamrażano w temperaturze  $-18^{\circ}\text{C}$ . Analizy wykonano po 30 dniach chłodniczego przechowywania próbek.

### **Doświadczenie 2 – strawnościowe**

Pozorną strawność jelitową aminokwasów zawartych w czterech mieszankach paszowych: SBM, RSM, RSM + e KG, RSM + e P typu grower (tab. 1) oznaczano na 320 kogutkach Ross 308, podzielonych na 4 grupy, w 8 powtórzeniach po 10 sztuk w każdym. Warunki utrzymania ptaków, sposób żywienia oraz skład recepturowy i wartość pokarmowa pasz stosowanych w odpowiednich grupach były takie same jak w doświadczeniu wzrostowym. Do partii gotowych mieszanek paszowych typu grower podawanych w ostatnim tygodniu odchowu wprowadzano trójtlenek chromu ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) w ilości 5 g/kg diety, jako marker strawności. W 35. dniu wszystkie ptaki uśmiercono drogą dootrzewnowej iniekcji preparatu Morbital (pentobarbital sodu). Po skrwawieniu tuszek i rozcięciu powłok brzusznych preparowano końcowy fragment jelita cienkiego (*intestinum ileum*) na odcinku od uchyłku Meckela (pozostałość przewodu żółtkowo-jelitowego) do punktu w odległości 20 mm przed połączeniem jelit ślepych z jelitem grubym, a następnie wyciskano delikatnie treść pokarmową do plastikowego pojemnika. Sposób postępowania i sekwencja procedur pozyskiwania treści jelitowej była zgodna z opisem podanym przez Kadima i Moughana (1997). Treść pobraną od pojedynczych osobników łączono w próby zbiorcze (powtórzeniami,  $n=10$ ) i zamrażano w temperaturze  $-18^{\circ}\text{C}$ . Po 20 dniach materiał rozmrażano, liofilizowano i poddawano analizom chemicznym na zawartość suchej masy, aminokwasów oraz chromu dodanego.



### Analizy chemiczne i obliczenia

Zawartość podstawowych składników chemicznych w materiałach paszowych oraz mięśniach i tkankach kurcząt oznaczano zgodnie z metodami podanymi w normach analitycznych AOAC (2006). Poziom skrobi w mieszankach paszowych oznaczano metodą polarymetryczną (PN-R-64785:1994). Koncentrację składników pokarmowych oraz poziom energii metabolicznej w dietach, obliczony w oparciu o wzory podane w Europejskich Tabelach Wartości Energetycznej Pasz dla Drobiu (ETEVPF, 1989) wyliczono jako sumy tych wartości dla poszczególnych materiałów paszowych. Poziom glukozy w osoczu krwi oznaczano z wykorzystaniem metody enzymatycznej przy użyciu oksydazy glukozy. Analizy zawartości białka całkowitego, trójglicerydów, cholesterolu całkowitego i cholesterolu wysokocząsteczkowego (HDL) wykonano metodą enzymatyczno-kolorymetryczną przy użyciu zestawów diagnostycznych firmy Cormay Diagnostyka Polska.

Zawartość chromu w paszy i treści jelitowej oznaczono po mokrej mineralizacji próbek w mieszaninie kwasu azotowego i nadchlorowego  $\text{HNO}_3/\text{HClO}_4$  (1:1,5) (Saha i Gilbreath, 1991). Przed analizą aminokwasów w paszach i treści jelitowej wszystkie próbki poddano hydrolizie w 6 N HCl w 110°C w czasie 22 godzin (AOAC, 2006). Dla oznaczenia metioniny i cystyny wykonano wstępne utlenianie próbek w kwasie nadmanganowym. Aminokwasy oznaczono metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej na analizatorze Beckman 126 AA System Gold. Zawartość aminokwasów korygowano na niepełny odzysk z hydrolizy. Współczynniki pozornej strawności jelitowej aminokwasów (AID) zawartych w poszczególnych mieszankach paszowych wyliczono według następującego wzoru (Kadim i Moughan, 1997):

$$AID (\%) = 100 - [(Cr_d \times AA_{ij}) / (Cr_{ij} \times AA_d)] \times 100$$

gdzie:

$Cr_d$  i  $Cr_{ij}$  – zawartość wskaźnika (Cr) odpowiednio w suchej masie diety i treści jelitowej;

$AA_{ij}$  i  $AA_d$  – zawartość aminokwasu odpowiednio w suchej masie treści jelitowej i diety.

### Analiza statystyczna danych

Dane dotyczące śmiertelności kurcząt podlegały transformacji zgodnie z równaniem  $x = \log(x+2)$  dla procentowych wskaźników śmiertelności. Przekształcone dane poddano analizie statystycznej. Istotność różnic pomiędzy grupami dla parametrów efektywności produkcyjnej wyliczono, stosując test Tukeya dla 5% prawdopodobieństwa. Dla strawności aminokwasów wykonano analizę wariancji, identyfikując różnice pomiędzy grupami testem Fishera (NIR) dla 5% prawdopodobieństwa. Pomiedzy grupami żywionymi z udziałem śrutu rzepakowej bez i z dodatkiem enzymów paszowych wyliczono najmniejszą istotną różnicę metodą kontrastów ortogonalnych. Obliczenia wykonano z użyciem programu komputerowego SAS 9.3.TS Level 1 MO.



## Wyniki

### Podstawowe parametry produkcyjne i wskaźniki biochemiczne krwi

Wprowadzenie poekstrakcyjnej śruty rzepakowej bez i z dodatkiem enzymów do mieszanek paszowych obniżyło istotnie masę ciała kurcząt brojlerów w porównaniu mieszanki sojowej ( $P < 0,05$ ; tab. 2). Nie stwierdzono istotnych różnic masy ciała brojlerów pomiędzy grupą kontrolną (RSM) bez enzymów a grupami z endo- $\beta$ -1,4-ksylanazą i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazą (grupa RSM + e KG) oraz z proteazą serynową (grupa RSM + e P). Mieszanka ze śrutą rzepakową (RSM) w porównaniu do mieszanki ze śrutą sojową (SBM) istotnie zwiększyła upadki kurcząt ( $P < 0,05$ ), natomiast mieszanka paszowa z proteazą serynową (RSM + e P) oraz mieszanka z oboma preparatami enzymatycznymi istotnie obniżyły śmiertelność brojlerów ( $P < 0,05$ ). Żywienie brojlerów mieszankami paszowymi zawierającymi śrutę rzepakową bez i z dodatkiem obu preparatów enzymatycznych istotnie obniżyło spożycie mieszanek paszowych w wartości względnej, w porównaniu do mieszanki paszowej zawierającej śrutę sojową średnio o 8,7% ( $P < 0,05$ ). Wykorzystanie paszy w grupie kontrolnej negatywnej było o 3,6% wyższe niż w grupie kontrolnej pozytywnej, a stosowanie enzymów paszowych obniżyło istotnie wskaźniki wykorzystania paszy, średnio o 9,7% wśród grup doświadczalnych otrzymujących enzymy, w porównaniu do grupy kontrolnej negatywnej nieotrzymującej dodatku enzymów ( $P < 0,05$ ). Skarmianie mieszanek paszowych z dodatkiem endo- $\beta$ -1,4-ksylanazy i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy istotnie obniżyło wskaźnik wykorzystania paszy w porównaniu brojlerów otrzymujących mieszanki paszowe ze śrutą sojową i śrutą rzepakową bez enzymów. Skarmianie mieszanek paszowych zawierających śrutę rzepakową bez enzymów istotnie obniżyło Europejski Indeks Efektywności Produkcji (EIEP), z powodu wysokiej śmiertelności kurcząt w tej grupie, natomiast mieszanki zawierające oba preparaty enzymatyczne stosowane osobno i łącznie istotnie go zwiększyło w porównaniu do grupy brojlerów otrzymujących mieszankę ze śrutą rzepakową bez enzymów ( $P < 0,05$ ).

Nie stwierdzono istotnych różnic w masie ubojowej, masie tuszek schłodzonych i w wydajności rzeźnej kurcząt brojlerów pomiędzy poszczególnymi grupami brojlerów (tab. 3). Nie stwierdzono również istotnych różnic pomiędzy grupami brojlerów w masie mięśni piersiowych, mięśni nóg, a także żołądków i wątroby w procentowym udziale w masie tuszek. Podawanie brojlerom mieszanek paszowych bez enzymów i z endo- $\beta$ -1,4-ksylanazą i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazą oraz proteazą serynową istotnie obniżyło zawartość tłuszczu zapasowego w tuszkach oraz procentowy udział tłuszczu w masie tuszki schłodzonej ( $P < 0,05$ ).

Skład chemiczny mięśni piersiowych i mięśni nóg w poszczególnych grupach brojlerów był wyrównany (tab. 4). Nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości suchej masy, białka ogólnego i tłuszczu surowego pomiędzy poszczególnymi grupami. Czynniki doświadczalne, w tym śruta rzepakowa i enzym proteaza serynowa w mieszankach dla brojlerów obniżyły zawartość popiołu surowego w mięśniach piersiowych i mięśniach nóg brojlerów. Istotnie wyższą zawartość popiołu surowego stwierdzono w mięśniach piersiowych brojlerów otrzymujących mieszankę z zawartością śruty sojowej i mieszankę z zawartością śruty rzepakowej z dodatkiem

endo- $\beta$ -1,4-ksylanazy i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy ( $P < 0,05$ ). Powyższe wartości mogły wynikać ze zróżnicowanej przyswajalności składników mineralnych mieszanek paszowych, jakkolwiek pozostaje to w charakterze hipotezy badawczej.

Tabela 2. Wyniki odchowu kurcząt brojlerów żywionych mieszankami z udziałem śruty sojowej oraz poekstrakcyjnej śruty rzepakowej bez i z enzymami  
Table 2. Performance results of broiler chickens fed diets containing soybean meal and solvent-extracted rapeseed meal with and without enzymes

Wyszczególnienie Item	Masa ciała (g) Body weight (g)		Śmiertelność (%) Mortality (%)	Spożycie paszy (g/szt./42 dni) Feed consumption (g/bird/42 days)	Wykorzystanie paszy (kg/kg PMC) Feed conversion (kg/kg BWG)
	21 dni 21 day	42 dni 42 day			
SBM	718 a	2466 a	4,8 b	4567 a	1,84 b
RSM	651 b	2182 b	7,3 a	3728 b	1,91 a
RSM + e KG	690 ab	2292 b	6,3 a	3950 b	1,63 d
RSM + e P	688 ab	2288 b	1,6 c	4083 b	1,75 c
RSM + e KG + e P	694 ab	2243 b	0,0 c	4080 b	1,82 b
SEM	9	27	0,8	75	0,02
Wartość P	0,1740	0,0070	0,015	0,0030	0,0002
P-value					
Kontrasty ortogonalne (wartość P): Orthogonal contrasts (P-value):					
SBM vs RSM	0,0151	0,0004	0,0005	0,0440	0,2300
RSM vs RSM + e KG	0,1421	0,1352	0,0004	0,0360	0,0002
RSM vs RSM + e P	0,1650	0,1511	0,0019	0,2970	0,0020
RSM vs RSM + e KG + e P	0,1080	0,3981	0,0014	0,7060	0,1340

Objaśnienia: SBM – poekstrakcyjna śruta sojowa; RSM – poekstrakcyjna śruta rzepakowa; e KG – enzymy endo- $\beta$ -1,4-ksylanaza i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanaza; e P – enzym proteaza serynowa; SEM – błąd standardowy średniej; wartość P – wartość prawdopodobieństwa; istotność testu F; PMC – przyrost masa ciała; a, b, c –  $P < 0,05$  (test Tukeya).

Abbreviations: SBM – soybean meal; RSM – solvent-extracted rapeseed meal; e KG – enzymes endo- $\beta$ -1,4-xylanase and endo-1,3(4)- $\beta$ -glucanase; e P – enzyme serine protease; SEM – standard error of the mean; P-value – probability value of an F-test; BWG – body weight gain; a, b, c –  $P < 0.05$  (Tukey's test).

Analiza podstawowych wskaźników osocza krwi nie wykazała istotnych różnic w ich poziomie zależnie od rodzaju mieszanki paszowej oraz stosowanego w mieszankach preparatu enzymatycznego (tab. 5).

Tabela 3. Wydajność rzeźna, masa i procent tuszki mięśni, tłuszczu zapasowego, żołądka i wątroby  
 Table 3. Dressing percentage, weight and percentage of carcass muscle, abdominal fat, gizzard and liver

Wyszczególnienie Item	Ubojowa masa ciała (g) Slaughter weight (g)	Masa tuszki schłodzonej (g) Cool carcass weight (g)	Wydajność rzeźna (%) Dressing percentage	Mięsień piersiowy Breast muscle		Mięśnie nóg Leg muscles		Tłuszcz zapasowy Abdominal fat		Żołądek Gizzard	Wątroba Liver
				g	%	g	%	g	%	%	%
SBM	2431	1776	74,2	498	28,0	372	20,9	39,4 a	2,24 a	1,57	2,82
RSM	2293	1650	73,1	470	28,8	336	20,4	27,9 b	1,70 ab	1,76	2,76
RSM + e KG	2298	1655	73,0	469	28,3	350	21,1	18,6 b	1,12 b	1,65	3,04
RSM + e P	233	1716	75,0	505	29,3	359	20,9	19,4 b	1,15 b	1,68	2,89
RSM + e KG + e P	2295	1657	73,5	490	29,6	346	20,8	20,5 b	1,22 b	1,70	2,81
SEM	27	22	0,3	7	0,3	6	0,2	1,9	0,11	0,04	0,07
Wartość P	0,444	0,282	0,131	0,355	0,341	0,470	0,789	0,0002	0,001	0,726	0,737
P-value											
Kontrasty ortogonalne (wartość P) Orthogonal contrasts (P-value)											
SBM vs RSM	0,115	0,069	0,229	0,205	0,366	0,083	0,416	0,017	0,067	0,177	0,773
RSM vs RSM + e KG	0,953	0,941	0,843	0,968	0,591	0,476	0,216	0,052	0,049	0,414	0,200
RSM vs RSM + e P	0,620	0,332	0,035	0,113	0,534	0,255	0,380	0,074	0,064	0,573	0,532
RSM vs RSM + e KG + e P	0,988	0,912	0,642	0,359	0,373	0,609	0,503	0,121	0,099	0,655	0,756

Objaśnienia: patrz tabela 2.

For abbreviations, see Table 2.

Tabela 4. Skład chemiczny mięśni piersiowych i mięśni nóg (% s.m.)  
Table 4. Chemical composition of breast and leg muscles (% DM)

Wyszczególnienie Item	Mięśnie piersiowe Breast muscles				Mięśnie nóg Leg muscles			
	sucha masa dry matter	białko ogólne crude protein	tłuszcz surowy ether extract	popiół surowy crude ash	sucha masa dry matter	białko ogólne crude protein	tłuszcz surowy ether extract	popiół surowy crude ash
SBM	25,48	23,78	1,74	1,21 a	26,58	18,94	7,11	1,02 b
RSM	25,16	23,62	1,45	1,17 b	25,04	19,08	5,57	1,05 a
RSM + e KG	25,17	23,71	1,64	1,18 ab	25,41	19,09	6,03	1,04 ab
RSM + e P	25,43	23,64	1,52	1,16 b	24,96	19,00	5,56	1,02 b
RSM + e KG + e P	24,94	23,39	1,35	1,16 b	25,45	19,13	5,91	1,05 a
SEM	0,084	0,083	0,065	0,005	0,196	0,063	0,205	0,003
Wartość P								
P-value	0,232	0,653	0,365	0,013	0,058	0,894	0,096	0,025
Kontrasty ortogonalne (wartość P)								
Orthogonal contrasts (P-value):								
SBM vs RSM	0,216	0,541	0,166	0,018	0,011	0,501	0,017	0,012
RSM vs RSM + e KG	0,950	0,731	0,358	0,433	0,518	0,985	0,460	0,385
RSM vs RSM + e P	0,301	0,918	0,750	0,339	0,893	0,680	0,988	0,012
RSM vs RSM + e KG + e P	0,403	0,398	0,640	0,600	0,475	0,820	0,588	0,708

Objaśnienia: patrz tabela 2.

For abbreviations, see Table 2.

Tabela 5. Wskaźniki biochemiczne osocza krwi kurcząt brojlerów  
Table 5. Biochemical indices of broilers' blood plasma

Wyszczególnienie Item	Glukoza Glucose (mmol/l)	Białko całkowite Total protein (g/l)	Trójglicerydy Triglycerides (mmol/l)	Cholesterol całkowity Total cholesterol (mmol/l)	HDL (mmol/l)	LDL (mmol/l)
SBM	15,6	43	0,65	4,0	3,1	0,62
RSM	16,8	41	0,79	4,0	3,1	0,57
RSM + e KG	15,8	41	0,60	4,3	3,3	0,67
RSM + e P	16,1	43	0,75	4,1	3,3	0,49
RSM + e KG + eP	15,7	37	0,64	4,1	3,1	0,74
SEM	0,9	4	0,04	0,53	0,12	0,03
Wartość P	0,2334	0,0999	0,1870	0,4306	0,4988	0,1224
P-value						
Kontrasty ortogonalne (wartość P)						
Orthogonal contrasts (P-value):						
SBM vs RSM	0,1879	0,1566	0,0839	0,4611	0,2897	0,1229
RSM vs RSM + e KG	0,1301	0,3777	0,0612	0,1339	0,0999	0,1088
RSM vs RSM + e P	0,0655	0,2019	0,3991	0,4009	0,3555	0,0044
RSM vs RSM + e KG + P	0,0029	0,0085	0,0333	0,2986	0,2009	0,0912

Objaśnienia: patrz tabela 2.

For abbreviations, see Table 2.



Aminokwasy endogenne									
Nonessential amino acids									
Alanina	86 a	80 bc	79 c	83 a	0,79	0,0022	0,0010	0,9103	0,0365
Alanine									
Kwas asparaginowy	85 a	77 b	76 b	79 b	0,97	0,0004	0,0004	0,3470	0,2667
Aspartic acid									
Cystyna	81 a	76 ab	74 b	78 ab	0,99	0,0372	0,0481	0,2691	0,6181
Cystine									
Kwas glutaminowy	90 a	87 b	87 b	88 b	0,44	0,0024	0,0014	0,6565	0,6418
Glutamic acid									
Glicyna	81 a	77 bc	76 c	80 ab	0,76	0,0063	0,0065	0,4982	0,0595
Glycine									
Prolina	88 a	83 b	79 c	83 b	0,89	0,0000	0,0023	0,0036	0,9493
Proline									
Seryna	85 a	80 bc	77 c	82 b	0,91	0,0012	0,0041	0,0826	0,2498
Serine									
Tyrozyna	90 a	84 b	82 b	83 b	0,93	0,0002	0,0004	0,1305	0,5949
Tyrosine									

Objaśnienia: patrz tabela 2; For abbreviations, see Table 2; a, b, c – P<0,05 – test NIR (LSD test).



### **Pozorna strawność aminokwasów**

Pozorna strawność jelitowa aminokwasów mieszanek zawierających poekstrakcyjnej śrutę rzepakową bez i z dodatkiem preparatów enzymatycznych była istotnie niższa od strawności aminokwasów mieszanki paszowej zawierającej śrutę sojową, z wyjątkiem cystyny ( $P < 0,05$ ; tab. 6). Średnie wartości dla strawności aminokwasów egzogennych w poszczególnych grupach wynosiły: 87, 82, 81 i 84%, a dla aminokwasów endogennych wynosiły odpowiednio: 86, 81, 79 i 82%. Dodatek preparatu zawierającego endo- $\beta$ -1,4-ksylanazę i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazę istotnie zwiększył strawność metioniny, a obniżył strawność proliny ( $P < 0,05$ ). Nie wpłynął istotnie na strawność pozostałych aminokwasów. Dodatek enzymu proteazy serynowej do mieszanki paszowej zwiększył istotnie strawność izoleucyny, lizyny, metioniny, waliny i alaniny ( $P < 0,05$ ), nie wpływając istotnie na strawność pozostałych aminokwasów.

## **Omówienie wyników**

### **Masa ciała, wydajność rzeźna, śmiertelność i wykorzystanie paszy**

Ptaki i ssaki nie posiadają w przewodzie pokarmowym enzymów endogennych rozkładających polisacharydy nieskrobiowe zawarte w paszach pochodzenia roślinnego, w tym wiązania 1,4- $\beta$ -ksylanazy i 1,3- $\beta$ -glukanazy. Stąd rozwinięto technologie wytwarzania enzymów paszowych pochodzących z mikroorganizmów, bakterii i grzybów posiadających enzymy rozkładające tego typu wiązania (Headon i Walsh, 1994; Groves, 1997). Podstawowym celem stosowania enzymów paszowych jest poprawa procesu trawienia polisacharydów nieskrobiowych (NSP), dla uwolnienia znajdującej się w nich energii, a także obniżenia lepkości treści pokarmowej obniżającej trawienie i wchłanianie składników pokarmowych. Piśmiennictwo naukowe dotyczące stosowania enzymów paszowych w Polsce, ale również w Niemczech dotyczy głównie poprawy wartości pokarmowej zbóż, w tym żyta, pszenżyta, jęczmienia i owsa, dla zwiększenia ich udziału w produkcji pełnoporcjowych mieszanek paszowych dla drobiu i świń (Szyczyk i in., 2005; Amerah, 2015), a także dla poprawy wartości odżywczej suszonego wywaru gorzelnianego (Świątkiewicz i Koreleski, 2006; Świątkiewicz i in., 2013). Oddzielną grupę stanowią prace poświęcone wykorzystaniu fosforu fitynowego z pasz pochodzenia roślinnego przez brojlery przy użyciu enzymu fitazy (Józefiak i in., 2010; Banaszkiwicz, 2012). Inną grupę stanowią prace dotyczą stosowania enzymów dla zwiększenia wartości pokarmowej pasz zawierających poekstrakcyjną śrutę (Alloui i in., 1994; Szczurek i Koreleski, 1998; Szczurek, 2008).

Zagadnienie to badane było w ramach prac nad substytucją poekstrakcyjnej śruty sojowej paszami rzepakowymi w mieszankach paszowych dla brojlerów (Ramesh i in., 2006; de Vries i in., 2014; Pustjens i in., 2014). Pasze rzepakowe zawierają wysoki poziom polisacharydów nieskrobiowych (NSP). Przez różnych autorów poziom NSP w paszach rzepakowych szacowany jest na 20 do 40% (Słominski i Campbell, 1990; Bach Knudsen, 1997; Słominski i in., 1999). Tworzą je struktury ścian komórkowych osłonki nasiennej, pozostającej po wytlóczeniu oleju rzepakowego z nasion, w tym celuloza, hemiceluloza i pektyny powiązane z ligninami oraz pozostałe skład-

niki NSP (Siddiqui i Wood, 1977). Shahidi (1990) określił skład frakcji węglowodanowej nasion rzepaku na 4–5% celulozy, 4–5% pektyn i 3% hemicelulozy oraz 45–50% frakcji tłuszczowej i 10% rozpuszczalnych cukrów. Zakładano, że użycie endo- $\beta$ -1,4-ksylanazy i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy potencjalnie zdolnych do hydrolizy frakcji ścian komórkowych i NSP uwolni część zawartej w nich glukozy. We wnętrzu komórek znajduje się również pewna część peptydów i białek, do uwolnienia których użyto enzymu proteazy serynowej. Część białek zawarta w ścianach komórkowych roślin zamyka drogę dla enzymów endogennych ptaków. Zakładano, że życie endo- $\beta$ -1,4-ksylanazy i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy wraz z proteazą serynową zwiększy uwalnianie niedostępnych dla brojlerów białek i być może zwiększy strawność aminokwasów diety zawierającej poekstrakcyjną śrutę rzepakową.

Mniej poznane są reakcje w czasie termicznej ekstrakcji i toastowania śruty rzepakowej, które mogą ograniczać przyswajalność glukozy z polisacharydów ścian komórkowych oraz aminokwasów z peptydów i białek pozostających w śrucie po wytłoczeniu oleju z nasion rzepaku. Szczurek i Koreleski (1998) do badań przegrzanej śruty rzepakowej w mieszankach paszowych użyli preparatu enzymu proteolitycznego i preparatu wieloenzymatycznego zawierającego ksylanazę i glukanazę. Stwierdzili, że enzym proteolityczny polepszał wskaźniki produkcyjne broilerów, a efektywność jego stosowania poprawiała się przy równoczesnym użyciu enzymów rozkładających polisacharydy nieskrobiowe.

Wyniki badań uzyskane w naszej pracy wskazują, że substytucja śruty sojowej śrutą rzepakową na poziomie 11% w pierwszej fazie chowu i 18% mieszanki paszowej w drugiej fazie chowu brojlerów bez dodatku enzymów istotnie obniżyła masę ciała kurcząt. Użycie preparatu enzymatycznego zawierającego endo- $\beta$ -1,4-ksylanazę i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazę oraz preparatu zawierającego enzym proteazę serynową oddzielnie, a także obu preparatów enzymatycznych łącznie zwiększyło masę ciała brojlerów średnio o około 4,2%, jakkolwiek stwierdzone różnice pomiędzy grupami kurcząt żywionych bez i z dodatkiem enzymów, w obu okresach ich chowu, były statystycznie nieistotne. Wyniki te potwierdzają zatem wcześniejsze rezultaty badań uzyskane przez Szczurka i Koreleskiego (1998), że enzymy z rodzaju endo- $\beta$ -1,4-ksylanazy i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy, ale również proteazy serynowej mogą uwalniać część energii diety i aminokwasów zawartych w polisacharydach nieskrobiowych (NSP), co może przekładać się na nieznacznie zwiększony wzrost masy ciała brojlerów, a także na obniżoną śmiertelność brojlerów.

Zagadnienie wpływu enzymów paszowych na efektywność produkcji brojlerów nie zostało do końca rozpoznane. Simbaya i in. (1996) wykazali, że proteaza serynowa poprawiała wzrost brojlerów żywionych dietami zawierającymi śrutę rzepakową otrzymaną z tłoczenia rzepaku odmiany Canola, natomiast kompleks 8 komercyjnych enzymów typu karbohydrazy, jakkolwiek zwiększał rozpuszczalność frakcji polisacharydowej ścian komórkowych *in vitro*, nie wpływał istotnie na tempo wzrostu i masę brojlerów. W pracy Banaszkiewicz i in. (2013) wykazano, że dodatek endo-1,4- $\beta$  ksylanazy pochodzącej z *Aspergillus oryzae* do mieszanki paszowej dla brojlerów zawierającej 15% makuchu rzepakowego odmiany Kana nie zwiększał istotnie masy ciała kurcząt 21-dniowych, z tendencją rosnącą w pobraniu paszy i strawności białka, tłuszczu i fosforu. W innych badaniach, Guenter i in. (1998), stosując dodatek

enzymów opisanych jako karbohydrazy do mieszanki sojowej ze śrutą rzepakową, uzyskali istotny wzrost masy ciała brojlerów.

Zastosowanie ponadnormatywnych ilości śruty rzepakowej w mieszance paszowej bez enzymów oraz z dodatkiem endo- $\beta$ -1,4-ksylanazy i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy oraz proteazy serynowej oddzielnie, a także obu preparatów łącznie w naszych badaniach istotnie zwiększyło śmiertelność kurcząt w porównaniu do brojlerów żywionych mieszankami zawierającymi śrutę sojową. W badaniach autorów kanadyjskich stwierdzono jednakże, że wskaźnik degradacji frakcji NSP enzymami u brojlerów jest niski i waha się od 3 do 6% (Meng i Słominski, 2005).

W niniejszej pracy proteaza serynowa otrzymana z mikroorganizmu *Bacillus licheniformis* dodana do mieszanki paszowej znacząco obniżyła śmiertelność brojlerów, zaś równoczesne użycie trzech enzymów, endo- $\beta$ -1,4-ksylanazy i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy oraz proteazy serynowej, wyeliminowało upadki kurcząt w zupełności. Powyższe wyniki wskazują, iż ze względu na konieczność ograniczenia upadków kurcząt celowe byłoby łączenie w preparatach multienzymatycznych aktywności ksylanaz i glukanaz z enzymami proteolitycznymi. Wskaźnik przeżywalności brojlerów jest elementem algorytmu do oceny efektywności produkcyjnej kurcząt mięsnych. Im jest on mniejszy, tym efektywność produkcyjna brojlerów jest wyższa, co potwierdzają wyniki tej pracy.

Wyniki naszych badań wskazują, że dodatek preparatów zawierających endo- $\beta$ -1,4-ksylanazy i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy oraz preparatu proteazy serynowej istotnie obniża wskaźnik wykorzystania paszy przez brojlery, jeśli stosowano je indywidualnie. Istotnemu obniżeniu ulega również wskaźnik wykorzystania paszy. Wyniki te nie znajdują potwierdzenia w rezultatach pracy de Vries i in. (2014). Badając wpływ enzymów pektynolitycznych na degradację NSP mieszanki paszowej ze śrutą rzepakową wykazali, że czynnik ten nie wpływa na pobranie paszy, masę ciała i konwersję paszy. Nie wykazano przy tym interakcji pomiędzy dodatkiem enzymu, a stopniem rozdrobnienia mieszanki paszowej i wielkością jej cząstek. Przyczyną rozbieżnych wyników badań może być różne pochodzenie poszczególnych enzymów, a także różna ilość jednostek aktywności użyta w badaniach. Znanych jest kilkadziesiąt preparatów enzymatycznych dopuszczonych do stosowania przez prawo paszowe, różniących się gatunkiem mikroorganizmu, z którego uzyskano enzymy i koncentracją aktywności enzymatycznej.

### **Jakość tuszek i skład mięsa**

Ocena jakości tuszek brojlerów jest ściśle związana z ubojową masą ciała. Wykazano, że zamiana śruty sojowej w mieszankach pełnoporcjowych dla brojlerów na śrutę rzepakową istotnie obniżyła masę tuszek, lecz nie różnicowała istotnie wydajności rzeźnej kurcząt. Michalik-Rutkowska (2016) wykazała, że zamiana śruty sojowej na śrutę rzepakową, na poziomie 4% (starter) i 12,6% (grower) mieszanek paszowych istotnie obniża masę ciała, zwiększając śmiertelność brojlerów. Wyniki badań nad efektywnością produkcyjną enzymów paszowych w żywieniu brojlerów nie są jednoznaczne. Kocher i in. (2001) stwierdzili, że śruta rzepakowa stosowana jako substytut śruty sojowej w mieszankach zawierających sorgo poprawiła wydajność rzeźną i masę mięśni piersiowych do poziomu wskaźników uzyskanych na mieszankach zawierających śrutę sojową.

Wyniki naszej pracy wskazują, że stosowanie enzymów w mieszankach paszowych nie różnicowało istotnie wydajności rzeźnej, masy mięśniowej, a także masy żołądka i wątroby. Parametry te pozostają w ścisłym związku z masą tuszki i genotypem kurcząt, a czynniki środowiskowe jak materiały paszowe tworzące mieszankę pełnoporcjową w niewielkim stopniu wpływają na różnicowanie proporcji poszczególnych elementów tuszki u brojlerów. Stosowanie enzymów paszowych w tej pracy nie różnicowało istotnie jakości tuszek. Częścią tuszki pozostającą pod wpływem żywienia jest ilość tłuszczu sadelkowego i okołożołądkowego. Podawanie brojlerom mieszanki ze śrutą rzepakową istotnie obniżyło w porównaniu do mieszanki zawierającej śrutę sojową zawartość tłuszczu zapasowego, a enzymy paszowe obniżyły jego zawartość w stosunku do tuszek kontrolnych bez enzymów. Podobne wyniki badań stwierdzono, kiedy do mieszanek paszowych z udziałem jęczmienia i pszenżyta, o różnej zawartości tłuszczu paszowego dodawano preparaty enzymatyczne o różnej konfiguracji zawierające:  $\beta$ -glukanazę;  $\beta$ -glukanazę, celulazę i ksylanazę oraz ksylanazę,  $\alpha$ -amylazę, pektynazę, proteazę i  $\beta$ -glukanazę (Kondzielska i Pisarski, 2000). Stwierdzili oni, że preparaty z udziałem  $\beta$ -glukanazy istotnie zmniejszyły zawartość tłuszczu w mięśniach brojlerów, w największym stopniu u kurcząt żywionych mieszankami natłuszczonymi. Pod wpływem preparatów enzymatycznych nie zmieniały się zawartość suchej masy, białka ogólnego i popiołu surowego w tuszkach.

W naszej pracy nie wykazano istotnych różnic w składzie chemicznym mięśni brojlerów ze względu na skład mieszanek oraz stosowanie enzymów paszowych. Nie stwierdzono również istotnych różnic we wskaźnikach biochemicznych kurcząt na podstawie analiz osocza krwi.

### **Strawność aminokwasów**

O przyroście masy ciała kurcząt brojlerów decyduje głównie jelitowa strawność aminokwasów, w tym aminokwasów egzogennych. Uzyskane wyniki wykazały, że substytucja śruty sojowej w mieszankach paszowych śrutą rzepakową na poziomie 11% (starter) i 18% (grower) istotnie obniża pozorną strawność wszystkich aminokwasów, za wyjątkiem metioniny i cystyny. Wyniki te zgodne są z rezultatami badań Michalik-Rutkowskiej (2016), która badała strawność białka i aminokwasów na trzech poziomach substytucji śruty sojowej w mieszankach paszowych przy użyciu śruty i makuchu rzepakowego. Przyjmuje się, że czynnikami obniżającymi strawność jelitową aminokwasów, w tym lizyny, jest ekstrakcja oleju z nasion i późniejsze toastowanie śruty (Newkirk i Classen, 1999; Newkirk i in., 2000).

Dodatek enzymów endo- $\beta$ -1,4-ksylanazy i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy w naszych badaniach istotnie zwiększył strawność metioniny, a obniżył strawność argininy i proliny. Nie wpłynął na strawność pozostałych aminokwasów. Dodatek proteazy serynowej zwiększył strawność izoleucyny, lizyny, metioniny, waliny, nie wpływając na istotne zróżnicowanie współczynników strawności pozostałych aminokwasów. Substytucja śruty sojowej w mieszankach paszowych istotnie obniżyła strawność lizyny. Zważywszy że lizyna jest najważniejszym aminokwasem decydującym o wzroście mięśni i syntezie białek w mięśniach kurcząt, niedobór strawnej lizyny w badaniach Mushtag i in. (2007) wpłynął na obniżenie masy ciała brojlerów grupy kontrolnej

negatywnej i pozostałych grup otrzymujących enzymy paszowe, co znalazło potwierdzenie w naszej pracy.

Reasumując, należy stwierdzić, że stosowanie enzymów paszowych typu endo- $\beta$ -1,4-ksylanazy i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy, a także proteazy serynowej w mieszankach paszowych dla brojlerów zawierających śrutę rzepakową w ilościach 11% (starter) i 18% (grower), a także DDGS i drożdże paszowe, w mieszankach paszowych nieprzetwarzanych barotermicznie, nie zwiększa istotnie masy ciała i tuszek kurcząt w porównaniu z dietą bez tych enzymów. Równoczesne podawanie tych enzymów poprawiało jelitową strawność pozorną aminokwasów w porównaniu z dietą bez enzymów, jakkolwiek była ona istotnie niższa, z wyjątkiem metioniny i cystyny, w porównaniu ze strawnością aminokwasów diety zawierającej poekstrakcyjną śrutę sojową.

### Podziękowania

Autorzy wyrażają szczerze podziękowania dr. hab. Witoldowi Szczurkowi za instrukcje i pomoc w zbieraniu próbek na strawność aminokwasów, a także w interpretacji statystycznej uzyskanych danych. Dziękujemy również personelowi technicznemu Centralnego Laboratorium IZ za przeprowadzanie analiz chemicznych pasz, mięśni i osocza krwi.

### Piśmiennictwo

- Alloui O., Chibowska M., Smulikowska S. (1994). Effects of enzyme supplementation on the digestion of low glucosinolate rapeseed meal *in vitro*, and its utilization by broiler chicks. *J. Anim. Feed Sci.*, 3: 119–128.
- Amerah A.M. (2015). Interactions between wheat characteristics and feed enzyme supplementation in broiler diets. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 199: 1–9.
- Annisson G., Choct M. (1991). Anti-nutritive activities of cereal non-starch polysaccharides in broiler diets and strategies minimizing their effect. *World Poultry Sci. J.*, 47: 232–242.
- AOAC (2006). *Official Methods of Analysis*. 18th ed. AOAC, Gaithersburg, MD.
- Bach Knudsen K.E. (1997). Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 67: 319–338.
- Banaszkiewicz T. (2012). Effect of phytase application to rape cake diet on nutrient deposition and bone quality in broiler chickens. *Bull. Vet. Pulawy*, 56: 663–668.
- Banaszkiewicz T. (2013). Effect of xylanase application to rapeseed cake diet on digestibility and deposition of nutrients and energy in young broiler chickens. *World J. Vet. Sci.*, 1: 18–24.
- de Vries S., Pustjens A.M., Schols H.A., Hendriks W.H., Gerrits W.J.J. (2012). Improving digestive utilization of fiber-rich feedingstuffs in pigs and poultry by processing and enzyme technologies: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 178: 123–138.
- de Vries S., Pustjens A.M., Kabel M.A., Kwakkel R.P., Gerrits W.J.J. (2014). Effects of processing technologies and pectolytic enzymes on digestibility of nonstarch polysaccharides from rapeseed meal in broilers. *Poultry Sci.*, 93: 589–598.
- Dzwonkowski W., Rola K., Hanczakowska E., Nawińska B., Świątkiewicz S. (2016). Ekonomiczne aspekty substytucji śruty sojowej GM krajowymi roślinami białkowymi. Wyd. Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej PIB, Warszawa.
- ETEVPF (1989). *European Tables of Energy Value for Poultry Feedstuffs*. Publ. Group No. 2, Nutrition, European Federation WPSA, Beekbergen, The Netherlands.
- Groves J.T. (1997). Artificial enzymes. The importance of being selective. *Nature*, Sep. 25; 389, 6649: 329–330.



- Guenter W., Slominski B.A., Campbell L.D. (1998). Enhancement of feeding value of canola meals using endogenous enzymes. Canola Utilization Assistance Program Research Report, No. 94-10/93-21C.
- Headon D.R., Walsh G. (1994). The industrial production of enzymes. *Biotechnol. Adv.*, 12: 635-46.
- Józefiak D., Ptak A., Kaczmarek S., Maćkowiak P., Sassek M., Słominski B.A. (2010). Multi-carbohydrase and phytase supplementation improves growth performance and liver insulin receptor sensitivity in broiler chickens fed diets containing full-fat rapeseed. *Poultry Sci.*, 89: 1939-1946.
- Kadim I.T., Moughan P.J. (1997). Development of an ileal amino acid digestibility assay for the growing chicken – effects of time after feeding and site of sampling. *Br. Poultry Sci.*, 38: 89-95.
- Kocher A., Choct M., Porter M.D., Broz J. (2000). The effect of enzyme addition to broiler diets containing high concentration of canola or sunflower meal. *Poultry Sci.*, 79: 1767-1774.
- Kocher A., Chect M., Morrisroe L., Broz J. (2001). Effect of enzyme supplementation of the replacement value of canola meal for soybean meal in broiler diets. *Aust. J. Agric. Res.*, 52: 447-452.
- Kondzielska L., Pisarski R.K. (2000). Wpływ enzymów paszowych na skład chemiczny mięśnia piersiowego kurcząt. *Rocz. Nauk. Zoot. – Ann. Anim. Sci.*, 27 (1): 219-230.
- McDugall G.J., Morrison I.M., Stewart D., Hillman J.R. (1996). Plant cell wall as dietary fiber: Range, structure, processing and function. *J. Sci. Food Agric.*, 70: 133-150.
- Meng X., Slominski B.A. (2005). Nutritive values of corn, soybean meal, canola meal, and peas for broiler chickens as affected by a multicarbohydrase preparation of cell wall degrading enzymes. *Poultry Sci.*, 84: 1242-1251.
- Michalik - Rutkowska O. (2016). Wpływ pasz rzepakowych otrzymywanych w różnych technologiach na produktywność kurcząt rzeźnych brojlerów, jakość tuszek i wykorzystanie paszy. Rozprawa doktorska. Instytut Zootechniki, Państwowy Instytut Badawczy, Balice.
- Mushtag T., Sarwar M., Ahmad G., Mirza M.A., Nawaz H., Mushtag Haroon M.M., Noreen U. (2007). Influence of canola meal-based diets supplemented with exogenous enzyme and digestible lysine on performance, digestibility, carcass, and immunity responses of broiler chickens. *Poultry Sci.*, 86: 2144-2151.
- Newkirk R.W., Classen H.L. (1999). The effect of standard oilseed extraction and processing on the nutritional value of canola meal for broiler chickens. *Poultry Sci.*, 78: (Suppl. 1), 39 (Abstr.).
- Newkirk R.W., Classen H.L., Scott T.A., Edney M.J. (2000). Commercial desolventization-toasting conditions reduce the content and digestibility of amino acids in canola meal. *Poultry Sci.*, 79 (Suppl. 1), 64 (abstr.).
- Pastuszewska B., Smulikowska S., Raj S., Ziolecka A. (1992). Rzepak w żywieniu zwierząt. Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego PAN, Praca zbiorowa pod red. Pastuszewskiej B., 27.
- Pustjens A.M., Schols H.A., Kabel M.A., Gruppen H. (2013). Characterisation of cell wall polysaccharides from rapeseed (*Brassica napus*) meal. *Carbohydr. Polym.*, 98: 1650-1656.
- Pustjens A.M., de Vries S., Schols H., Gruppen H., Gerrits W.J.J., Kabel M.A. (2014). Understanding carbohydrate structures fermented or resistant to fermentation in broilers fed rapeseed (*Brassica napus*) meal to evaluate the effect of acid treatment and enzyme addition. *Poultry Sci.*, 93: 926-934.
- Ramesh K.R., Devegowda G., Khosravinia H. (2006). Effect of enzyme addition to broiler diets containing varying levels of double zero rapeseed meal. *Asian-Austr. J. Anim. Sci.*, 19 (9): 1354-1360.
- Rybka K. (1994). Struktura i właściwości polisacharydów nieskrobiowych ziarna zbóż. *Post. Nauk. Roln.*, 1: 77-87.
- Saha D.C., Gilbreath R.L. (1991). Analytical recovery of chromium from diet and feces determined by colorimetry and atomic absorption spectrophotometry. *J. Sci. Food Agr.*, 55: 433-446.
- Shahidi F. (1990). *Canola and Rapeseed: Production, Chemistry, Nutrition and Processing Technology*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Siddiqui I.R., Wood P.J. (1977). Carbohydrates of rapeseed: A review. *J. Sci. Food Agric.* 28: 530-538.
- Simbaya J., Slominski B.A., Guenter W., Morgan A., Campbell L.D. (1996). The ef-

- fects of protease and carbohydrase supplementation on the nutritive value of canola meal for poultry: *In vitro* and *in vivo* studies. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 61: 219–234.
- Słominski B.A., Campbell L.D. (1990). Non-starch polysaccharides of canola meal: Quantification, digestibility in poultry and potential benefit of dietary enzyme supplementation. *J. Sci. Food Agric.*, 53 (2): 175–184.
- Słominski B.A., Simbaya J., Campbell L.D., Rakow G., Guenter W. (1999). Nutritive value for broilers of meals derived from newly developed varieties of yellow-seeded canola. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 78: 249–262.
- Smith C.H.M., Annison G. (1996). Non-starch polysaccharides in broiler nutrition – Towards a physiology valid approach to their determination. *World Poultry Sci. J.*, 52: 217–221.
- Smulikowska S., Rutkowski A. (2005). Zalecenia żywienia drobiu. Tabele wartości pokarmowej pasz. Wyd.: Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN, Jabłonna.
- Smulikowska S., Pastuszevska B., Mieczkowska A., Ochtabińska A. (1998). Composition and nutritional value for chickens and rats of seeds, cake and solvent meal from low-glucosinolate yellow seeded spring and dark seeded winter rape. *J. Anim. Feed Sci.*, 7: 4115–428.
- Szczurek W., Koreleski J. (1998). Wpływ różnego udziału przegrzanej śruty rzepakowej 00 i obecności preparatów enzymatycznych w mieszankach paszowych na wyniki odchowu kurcząt brojlerów. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 25 (3): 193–212.
- Szczurek W. (2008). Effects of formulating diets with digestible amino acids and enzyme supplementation on the chemical composition of breast muscles in two broiler genotypes. *J. Anim. Feed Sci.*, 17: 202–214.
- Szymczyk B., Hanczakowski P., Szczurek W. (2005). Performance and intestinal viscosity in broiler fed diets containing dehulled or naked oats and enzymes. *J. Anim. Feed Sci.*, 14 (1): 491–494.
- Świątkiewicz S., Koreleski J. (2006). Effect of maize distillers dried grains with solubles and dietary enzyme supplementation on the performance of laying hens. *J. Anim. Feed Sci.*, 15: 253–260.
- Świątkiewicz S., Hanczakowska E., Olszewska A. (2013). Effect of corn distillers dried grains with solubles (DDGS) in diets with NSP-hydrolysing enzymes on growth performance, carcass traits and meat quality of pig. *Ann. Anim. Sci.*, 13: 313–326.
- Zgłobica A., Różycka B. (1972). Procedura analizy tuszek kurcząt. Wyd. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.

Zatwierdzono do druku 7 VIII 2018

FRANCISZEK BRZÓSKA, BOGDAN ŚLIWIŃSKI

**Effect of feed enzymes on performance, carcass quality and ileal amino acid digestibility in broiler chickens fed diets containing solvent-extracted rapeseed meal**

SUMMARY

The aim of the study was to determine the effect of exogenous feed enzymes on body weight, mortality, feed conversion, carcass quality (exp. 1) as well as ileal amino acid digestibility (exp. 2) in broiler chickens fed mash diets containing 11% starter and 18% grower solvent-extracted rapeseed meal. In a growth trial, a batch of day-old sexed Ross 308 chickens were divided into 5 dietary treatments with 8 replicates per sex and 8 chickens per pen, based on the following design: positive control group with solvent-extracted soybean meal (SBM) – without enzymes; negative control group with rapeseed meal (RSM) – without enzymes; experimental groups with solvent-extracted rapeseed meal (RSM), supplemented with the enzymes endo- $\beta$ -1,4-xylanase and endo-1,3(4)- $\beta$ -glucanase (group RSM + e KG), serine protease (group RSM + e P), and all the enzymes (RSM + e KG + e P). Apparent ileal digestibility of



amino acids in the four grower diets: SBM, RSM, RSM + e KG, RSM + e P (exp. 2) was determined with 320 Ross 308 cockerels aged 2–4 weeks, which were fed the same diets as in exp. 1.

The rapeseed meal diets fed to the chickens caused a significant decrease in their body weight compared to the group fed the soybean meal diet ( $P < 0.05$ ). The body weight of the chickens receiving the diets with enzymes did not differ significantly from that of the chickens receiving no enzymes. Feeding the rapeseed meal diet without enzymes (RSM) caused a significant increase in chicken mortality compared to the positive control group (SBM,  $P < 0.05$ ). The diet with endo- $\beta$ -1,4-xylanase and endo-1,3(4)- $\beta$ -glucanase and the diet with serine protease significantly decreased it ( $P < 0.05$ ). Feeding the rapeseed meal diet with and without enzymes caused a significant decrease in feed intake ( $P < 0.05$ ). Feed conversion was significantly better for the rapeseed meal diet with enzymes than for the diet without enzymes ( $P < 0.05$ ). Treatment factors, rapeseed meal and feed enzymes had no effect on the dry matter and crude protein content of the breast and leg muscles, and on the level of biochemical blood plasma indicators while reducing the level of carcass abdominal fat ( $P < 0.05$ ).

Feeding broilers the rapeseed meal diets compared to the soybean meal diet caused a significant decrease in the digestibility of essential and non-essential amino acids except for methionine and cystine ( $P < 0.05$ ). Endo- $\beta$ -1,4-xylanase and endo-1,3(4)- $\beta$ -glucanase supplemented to the rapeseed meal diet significantly decreased arginine and proline digestibility, and increased methionine digestibility ( $P < 0.05$ ). The serine protease supplement significantly increased the digestibility of isoleucine, lysine, methionine and valine ( $P < 0.05$ ), without causing significant differences in the digestibility coefficients of the other amino acids.

Key words: rapeseed meal, enzymes, broiler performance, dressing percentage, digestibility, amino acids