

## WPLYW ENZYMÓW PASZOWYCH NA WYNIKI CHOWU ORAZ POZORNĄ STRAWNOŚĆ JELITOWĄ AMINOKWASÓW U BROJLERÓW ŻYWIANYCH DIETAMI ZAWIERAJĄCYMI MAKUCH RZEPAKOWY\*

Franciszek Brzoska, Witold Szczurek, Bogdan Śliwiński,  
Dorota Bederska-Łojewska, Mariusz Pietras

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

*Celem badań była ocena wpływu egzogennych enzymów paszowych na masę ciała, śmiertelność, wykorzystanie paszy i jakość tuszek (dośw. 1) oraz jelitową strawność aminokwasów (dośw. 2) u kurcząt brojlerów żywionych sypkimi mieszankami z zawartością 11% (starter) i 20% (grower) makuchu rzepakowego, przy obniżeniu poziomu poekstrakcyjnej śruty sojowej w dietach odpowiednio o 41,7% (starter) i 60,0% (grower). W doświadczeniu wzrostowym kurczęta Ross 308 podzielono na 5 grup żywieniowych, po 8 powtórzeń dla każdej płci i 8 kurcząt w kojcu, w następującym układzie: grupa kontrola pozytywna, zawierająca poekstrakcyjną śrutę sojową (SBM) – bez dodatku enzymów; grupa kontrolna negatywna, zawierająca makuch rzepakowy (RSC) – bez dodatku enzymów; grupy doświadczalne zawierające makuch rzepakowy (RSC), z dodatkiem: endo- $\beta$ -1,4-ksylanazy i endo-1,3(4- $\beta$ -glukanazy (grupa RSC + e KG), z dodatkiem proteazy serynowej (grupa RSC + e P) oraz z dodatkiem wszystkich ocenianych enzymów (RSC + e KG + e P). W drugim doświadczeniu badano pozorną strawność jelitową aminokwasów (AA) w 4 mieszankach paszowych: SBM, RSC, RSC + e KG, RSC + e P na kogutkach Ross 308. Skład recepturowy i wartość pokarmowa skarmianych mieszanek paszowych były takie same w obu doświadczeniach. Podawanie kurczętom mieszanek paszowych zawierających makuch rzepakowy istotnie obniżyło ich masę ciała w porównaniu z grupą otrzymującą w mieszance paszowej poekstrakcyjną śrutę sojową ( $P < 0,05$ ). Dodatek obu preparatów enzymatycznych, endo-1,4- $\beta$ -ksylanazy i endo-1,3(4- $\beta$ -glukanazy (e KG) i proteazy seryny (e P), stosowanych oddzielnie i łącznie, nie wpłynął istotnie na masę ciała brojlerów, natomiast obniżył istotnie śmiertelność kurcząt ( $P < 0,05$ ). Zamiana poekstrakcyjnej śruty sojowej na makuch rzepakowy obniżyła istotnie spożycie mieszanki paszowej ( $P < 0,05$ ). Preparaty enzymatyczne istotnie obniżyły wskaźnik wykorzystania paszy ( $P < 0,05$ ). Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy grupami brojlerów w masie mięśni piersiowych i nóg oraz w procentowym udziale tych mięśni w ubojowej masie ciała brojlerów. Zamiana śruty sojowej na makuch rzepakowy istotnie obniżyła poziom tłuszczu zapasowego i jego procentowy udział w tuszkach ( $P < 0,05$ ). Nie stwierdzono istotnych różnic*

---

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

w składzie chemicznym mięśni piersiowych i mięśni nogi, z wyjątkiem istotnie niższej zawartości popiołu w mięśniach kurcząt otrzymujących mieszanki paszowe z enzymami ( $P < 0,05$ ). Nie stwierdzono istotnych różnic w poziomie wskaźników osocza krwi zależnie od rodzaju paszy białkowej w mieszankach paszowych oraz zależnie od stosowanego w mieszankach preparatu enzymatycznego. Zamiana śruty sojowej na makuch rzepakowy w mieszankach paszowych istotnie obniża strawność aminokwasów egzogennych, w tym lizyny, argininy, histydyny, izoleucyny, leucyny, fenyloalaniny i waliny ( $P < 0,05$ ). Dodatek enzymów endo-1,4- $\beta$ -ksylanazy i endo-1,3(4- $\beta$ -glukanazy (eKG) spośród wszystkich aminokwasów egzogennych i endogennych istotnie zwiększył strawność jelitową lizyny ( $P < 0,05$ ). Użycie enzymu proteazy serynowej (e P) istotnie zwiększyło strawność jelitową izoleucyny, leucyny, lizyny, fenyloalaniny, treoniny i waliny, a także alaniny, kwasu asparaginowego, cystyny, kwasu glutaminowego, glicyny, proliny i seryny, w porównaniu do strawności jelitowej aminokwasów mieszanki paszowej zawierających makuch rzepakowy bez dodatku enzymów ( $P < 0,05$ ).

*Słowa kluczowe: makuch rzepakowy, enzymy, jelitowa strawność aminokwasów*

Zakaz stosowania pasz zmodyfikowanych genetycznie (GM) w Polsce zmusza do poszukiwania alternatywnych źródeł białka paszowego dla zwierząt, a szczególnie dla kurcząt brojlerów. Analiza białkowych materiałów paszowych dla przemysłu mieszanek paszowych wykazała, że pasze rzepakowe stanowią 12,4% zużycia wysokobiałkowych materiałów paszowych, co w ekwiwalencie czystego białka stanowi 9,3% (Brzóska, 2009a, b; Dzwonkowski i in., 2015). Drugą obok poekstrakcyjnej śruty rzepakowej paszą uzyskiwaną z tłoczenia nasion rzepaku jest makuch rzepakowy. W Polsce w ostatnich trzech latach produkcja pasz rzepakowych wynosiła około 1170 tys. ton. Szacuje się, że makuch rzepakowy to 10–15% tej ilości (Brzóska i in., 2010). Polskie pasze rzepakowe ze względu na najniższy w Unii Europejskiej poziom glukozyolanów są paszami chętnie nabywanymi przez producentów mieszanek paszowych dla zwierząt gospodarskich. Czynnikiem obniżającymi strawność białka i aminokwasów oraz wartością energetyczną pasz rzepakowych jest włókno pokarmowe, w tym polisacharydy nieskrobiowe (NSP). Polisacharydy nieskrobiowe niecelulolityczne, jak arabinoza, ksyloza, galaktoza, glukoza, mannoza, ramnoza, fukoza i kwasy uronowe stanowią 13–16% pasz rzepakowych (Slonimski i Campbell, 1990). Polisacharydy celulolityczne zawierają frakcje ścian komórkowych zbudowanych z celulozy, hemicelulozy, pentozanów i pektyn. NSP i ligniny występują głównie w częściach wegetatywnych roślin, ale również w osłonkach nasiennych i tworzą trudno hydrolizowane kompleksy, ściśle powiązane z azotem (Theander i Åman, 1977). Część rozpuszczalna NSP wiąże wodę, co skutkuje wzrostem lepkości treści pokarmowej, obniżeniem hydrolizy i wchłaniania oraz strawności składników pokarmowych (Bedford i in., 1991; Meng i in., 2005). Hong i in. (2002) wykazali, że mieszanina enzymów zawierających ksylanazę, amylazę i proteazę poprawia strawność i efektywność produkcyjną paszy kukurydziano-sojowej. Marsman i in. (1997) stwierdzili poprawę strawności składników pokarmowych u brojlerów otrzymujących egzogenną proteazę i karbohydrazę. Badania te potwierdzone zostały przez Ritza i in. (1995), Zanellę i in. (1999) oraz Grację i in. (2003). Stosowanie enzymów egzogennych w mieszankach paszowych zawierających poekstrakcyjną śrutę rzepakową

były mniej obiecujące, jakkolwiek wyniki w tym zakresie są sprzeczne (Brzóska i in., 2018). Badania Auloui i in. (1994) nie wykazały istotnego wpływu kilku enzymatycznych preparatów paszowych na wzrost brojlerów, jakkolwiek kurczęta otrzymujące w paszy hemicelulozę,  $\beta$ -glukanazę, celulazę, celobiozę i ksylanazę miały wyższą masę ciała i lepsze wykorzystanie paszy. W innych badaniach Szymczyk i in. (2005), stosując mieszaninę zawierającą amylazę, proteazę,  $\beta$ -glukanazę, ksylanazę i celulazę w mieszankach paszowych dla brojlerów żywionych z udziałem owsa bezłuskiego, stwierdzili istotne zmniejszenie lepkości treści pokarmowej i wyższą masę ciała kurcząt. Stwierdzono, że enzymy ksylanaza i amylaza degradują rozpuszczalne NSP do wolnych cukrów, w tym arabinozy i ksylozy (Choct i in., 2004). Sugerowano, że ksylanaza może zwiększać podatność komórek na endogenne enzymy hydrolizujące ściany komórkowe arabinoksylianów i obniżać antyżywieniowy wpływ polisacharydów nieskrobiowych (Kocher i in., 2003; Meng i in., 2005; Francesch i Geraert, 2009).

Podawanie brojlerom mieszanek paszowych zawierających różne poziomy poekstrakcyjnej śruty rzepakowej nie wykazały korzystnego wpływu enzymów ksylanazy z glukanazą i proteazą na masę ciała kurcząt i jakość tuszek. Wykazały natomiast degradujący wpływ śruty rzepakowej bez i z dodatkiem enzymów paszowych na strawność pozorną aminokwasów (Brzóska i in., 2018).

W otrzymywaniu i produkcji enzymów paszowych następuje stały postęp. W ostatnich latach otrzymano enzymy o zwiększonej aktywności zależnie od temperatury, odczynu i czasu działania, a także opornych na barotermiczną obróbkę mieszanek paszowych, w tym enzymy pochodzące z mikroorganizmu *Trichoderma longibrachiatum* (ATCC 2105; ATC 2106).

Celem badań było sprawdzenie efektywności stosowania w żywieniu brojlerów mieszanek paszowych o zwiększającej się zawartości makucho rzepakowego, wpływu na jakość tuszek oraz pozorną strawność aminokwasów pod wpływem działania preparatów enzymów ksylanolitycznych, glukolitycznych i proteolitycznych nowej generacji przeznaczonych do mieszanek paszowych zawierających pasze rzepakowe. 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 zawartych w nich cukrów, zwiększając strawność aminokwasów. Podjęto próbę sprawdzenia, czy enzym proteolityczny otrzymywany z bakterii *Bacillus licheniformis* wpływa na pozorną strawność jelitową aminokwasów.

## Material i metody

Warunki utrzymania ptaków oraz wszystkie zastosowane procedury doświadczalne zostały zaaprobowane przez II Lokalną Komisję Etyczną w Krakowie.

### Doświadczenie 1 – wzrostowe

Doświadczenie wzrostowe wykonano na seksowanych kurczętach brojlerach Ross 308, podzielonych na 2 grupy kontrolne, pozytywną i negatywną oraz 3 grupy doświadczalne. Każda grupa składała się z kurcząt obu płci, przydzielonych do 16 powtórzeń po 8 dla każdej płci, a każde powtórzenie liczyło 8 ptaków. Grupa kon-

rolna pozytywna otrzymywała standardową mieszankę paszową zawierającą poekstrakcyjną śrutę sojową (SBM). Grupa kontrolna negatywna otrzymywała mieszankę zawierającą makuch rzepakowy (RSC). Grupy doświadczalne otrzymywały mieszanki paszowe o identycznym składzie recepturowym jak grupa kontrolna negatywna otrzymująca mieszankę zawierającą makuch rzepakowy (RSC, tab. 1), z dodatkiem:

1) preparatu Novagro WXVP (grupa RSC + 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) oraz 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 RSC + 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);

3) trzecia grupa doświadczalna otrzymywała mieszanki paszowe zawierające oba preparaty łącznie (RSC + e KG + e P).

Preparat Novagro stosowano zgodnie z zaleceniem producenta w ilości 3,5 kg na tonę mieszanki paszowej, a preparat Ronozyme® ProAct stosowano zgodnie z rekomendacjami wytwórcy w ilości 200 g/t paszy.

Sporządzono sypkie mieszanki paszowe typu starter (na pierwszy okres chowu, 1–21 dni) oraz typu grower (na drugi okres chowu 22–42 dni). Komponent zbożowy mieszanek stanowiły kukurydza lub kukurydza i pszenica, a komponentami białkowymi w grupach 2, 3, 4 i 5 były, poza makuchem rzepakowym, suszony kukurydziany wywar gorzelniany (DDGS) oraz drożdże paszowe – materiały niezbędne dla wyrównania poziomu białka ogólnego w dietach dla brojlerów o obniżonej zawartości poekstrakcyjnej śruty sojowej (tab. 1). Mieszanki paszowe sporządzono w Instytucie Zootechniki PIB w Aleksandrowicach, według receptur opracowanych i zoptymalizowanych przy użyciu programu WinPasze PRO 3.6.

Tabela 1. Materiały paszowe i wartość pokarmowa mieszanek dla brojlerów

Table 1. Feed materials and nutrient value of feedstuffs for broilers

Materiały paszowe (%) Feed materials (%)	Grupa i mieszanka paszowa Group and feedstuffs			
	SBM Starter I	RSC Starter I	SBM Grower II–V	RSC Grower II–V
1	2	3	4	5
Kukurydza Corn	58,01	38,91	62,37	37,18
Pszenica Wheat	–	10,00	–	10,00
Poekstrakcyjna śruta sojowa Solvent soybean meal	36,00	21,00	30,00	12,00
Makuch rzepakowy Rapeseed cake	–	11,00	–	20,00
Wywar gorzelniany suszony DDGS	–	8,00	–	8,00

cd. tab. 1 – Table 1 contd.

1	2	3	4	5
Drożdże paszowe Fodder yeast	–	4,00	–	4,00
Olej rzepakowy Rapeseed oil	2,50	3,50	3,80	5,60
Fosforan 2-wapniowy Dicalcium phosphate	1,30	1,30	1,70	1,00
Węglan wapnia Calcium carbonate	1,00	1,00	0,90	0,90
Sól pastewna Fodder salt	0,35	0,35	0,35	0,35
L-Lizyna L-Lysine	0,10	0,20	0,16	0,25
DL-Metionina DL-Methionine	0,24	0,24	0,22	0,22
Mieszanka mineralno-witaminowa Mineral-vitamin premix	0,50	0,50	0,50	0,50
Enzymy Enzymes	–	+	–	+
Składniki pokarmowe wyliczone (g/kg) Calculated nutrients (g/kg)				
energia metaboliczna (MJ) metabolizable energy (MJ)	12,5	12,5	13,0	13,0
sucha masa dry matter	884	893	885	900
białko ogólne crude protein	220	220	202	202
tłuszcz surowy crude fat	51,8	56,6	53,9	58,9
włókno surowe crude fibre	27,0	38,8	26,3	40,2
skrobia starch	379	315	389	309
popiół surowy crude ash	29,1	35,6	26,6	36,2
wapń calcium	9,16	9,27	9,18	9,25
fosfor przyswajalny phosphorus available	3,30	3,53	3,38	3,45
lizyna lysine	12,5	12,5	11,6	11,6
metionina methionine	5,76	5,72	5,46	5,41
tryptofan tryptophan	2,64	2,54	2,26	2,22

cd. tab. 1 – Table 1 contd.

	1	2	3	4	5
treonina threonine		8,44	8,29	7,41	7,31

\* 1 kg premiksu DKA Starter 0,5% zawiera: wit. A – 13 5000 j.m.; wit. D – 3250 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 – 3250 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 DKA Starter 0.5% contains: vit. A – 13 5000 i.u.; vit. D – 3250 i.u.; 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 DKA Grower 0.5% contains: vit. A – 12 000 i.u.; vit. D – 3250 i.u.; 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.

Kurczęta utrzymywano w boksach na ściółce z wiórów drzew liściastych i żywno sypkimi mieszankami paszowymi, skarmianymi do woli. W okresie pierwszych sześciu dni odchowu 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 odchowu. 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 odchowu kurcząt. W pomieszczeniu zapewniono odpowiednie warunki wymiany powietrza oraz stałe oświetlenie żarowe o wymaganej intensywności.

W trakcie doświadczenia określano pobranie paszy, ważąc w poszczególnych boksach paszę niezjedzoną w ciągu doby. Dla oznaczenia tempa wzrostu kurcząt zważono 40 losowo wybranych jednodniowych piskląt oraz wszystkie kurczęta po 12-godzinnym przegłodzeniu w wieku 21 i 42 dni. Masa ciała jednodniowych piskląt wynosiła średnio 39,2±4,6 g. Codziennie kontrolowano przeżywalność ptaków we wszystkich grupach. Z uwzględnieniem upadków 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 24-godzinnym przegłodzeniu ptaki ważono, a następnie ubijano poprzez oszołomienie impulsem elektrycznym i skrwawienie. Po oparzeniu i mechanicznym usunięciu piór oraz głowy, tuszki patroszono. Określano masę tuszki ciepłej, masę żołądka, wąż-

troby 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 chłodzono przez 24 godziny w temperaturze 5°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. Próbki mięśni mielono i zamrażano w temperaturze -18°C. Analizy wykonano po 30 dniach chłodniczego przechowywania próbek.

### **Doświadczenie 2 – strawnościowe**

Pozorną strawność jelitową aminokwasów zawartych w czterech mieszankach paszowych: SBM, RSC, RSC + e KG, RSC + e P typu grower (tab. 1) oznaczano na 320 kogutkach Ross 308, podzielonych na 4 grupy, w 8 powtórzeniach po 10 sztuk w każdej. Warunki utrzymania ptaków, sposób żywienia oraz skład recepturowy i wartość pokarmowa pasz stosowanych w odpowiednich grupach były analogiczne jak w doświadczeniu wzrostowym. Do mieszanek paszowych typu grower podawanych kurczętom w ostatnim tygodniu odchowu wprowadzano trójtlenek chromu (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) w ilości 5 g/kg diety, jako wskaźnik 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 jelita 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° 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). Poziom 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. Krew do analiz wskaźników biochemicznych pobierano do próbek zawierających heparynę, w czasie uboju i skrwawiania kurcząt, następnie wirowano dla uzyskania osocza. W świeżym osoczu oznaczono poziom glukozy, a pozostałą jego część zamrażano do dalszych analiz. Poziom glukozy oznaczano z wykorzystaniem metody enzymatycznej z użyciem oksydazy glukozy. Po 14 dniach osocze rozmrażano i oznaczono białko cał-

kwite, trójglicerydy, cholesterol całkowity i lipoproteiny wysokocząsteczkowe (HDL). Analizy wykonano metodą enzymatyczno-kolorymetryczną przy użyciu zestawów diagnostycznych firmy Cormay Diagnostyka Polska. Oznaczenia wykonano na spektrofotometrze Beckman DU® 640. 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 dietach i w 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):

$$AID (\%) = 100 - [(Cr_d \times AA_y) / (Cr_y \times AA_d)] \times 100$$

gdzie:

$Cr_d$  i  $Cr_y$  – zawartość wskaźnika (Cr) odpowiednio w suchej masie diety i treści jelitowej;

$AA_y$  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. Ponadto wykonano analizę statystyczną wyników metodą kontrastów ortogonalnych, porównując uzyskane wyniki parami. Obliczenia wykonano z użyciem programu komputerowego SAS 9.3.TS Level 1 MO.

## Wyniki

Skład recepturowy mieszank paszowych i ich wartość pokarmową pasz podano w tabeli 1. Zastąpienie poekstrakcyjnej śrutu sojowej makuchem rzepakowym obniżyło istotnie masę ciała kurcząt brojlerów ( $P < 0,05$ ; tab. 2). Dodatek obu preparatów enzymatycznych, endo-1,4- $\beta$ -ksylanazy i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy e KG) oraz proteazy seryny (e P) stosowanych oddzielnie i łącznie, nie różnicował istotnie masy ciała brojlerów, natomiast obniżył istotnie śmiertelność kurcząt ( $P < 0,05$ ). Zastąpienie poekstrakcyjnej śrutu sojowej makuchem rzepakowym obniżyło istotnie spożycie paszy, a dodatek enzymu endo-1,4- $\beta$ -ksylanazy, endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy (e KG) i proteazy serynowej do mieszank paszowych obniżył spożycie istotnie w porównaniu do mieszanki paszowej z makuchem bez enzymów ( $P < 0,05$ ). Zamiana obu pasz wysokobiałkowych w mieszankach paszowych nie wpłynęła istotnie na wielkość wskaźnika wykorzystania paszy.



Tabela 2. Efektywność chowu kurecząt brojlerów żywionych dietami zawierającymi makuch rzepakowy  
 Table 2. Rearing efficiency of broiler chickens fed the diets with rapeseed cake

Wyszczególnienie Item	Masa ciała (g) Body weight (g)		Spożycie paszy g/42 dni Feed consumption g/42 days	Wykorzystanie paszy kg/kg MC Feed conversion ratio kg/kg BW gain	Śmiertelność (%) Mortality (%)	Europejski Index Efektywności Produkcji European Performance Efficiency Index
	21 dni 21 day	42 dni 42 day				
	SBM	718	2466 a	4567 a	1,84 a	4,8 a
RSC	738	2329 b	4207 a	1,81 a	3,2 a	297 b
RSC + e KG	726	2318 b	3988 b	1,72 b	1,6 b	316 a
RSC + e P	734	2339 b	4011 b	1,71 b	1,1 b	322 a
RSC + e KG + e P	759	2401 ab	4020 b	1,68 b	1,6 b	335 a
SEM	8	22	83	0,11	0,3	11
Wartość P	0,518	0,000	0,000	0,008	0,013	0,000
P-value						
Kontrasty ortogonalne (wartość P): Orthogonal contrasts (P-value):						
SBM vs RSC	0,431	0,000	0,288	0,162	0,486	0,299
RSC vs RSC + e KG	0,623	0,878	0,023	0,007	0,003	0,017
RSC vs RSC + e P	0,883	0,876	0,001	0,000	0,000	0,004
RSC vs RSC + e KG + e P	0,376	0,278	0,038	0,000	0,003	0,000

Objaśnienia:

SBM – poekstrakcyjna śruta sojowa; RSC – makuch rzepakowy; SEM – błąd standardowy średniej; MC – masa ciała; a, b – P<0,05.

Notes:

SBM – solvent soybean meal; RSC – rapeseed cake; SEM – standard error of the mean; BW – body weight; a, b – P<0.05.

Tabela 3. Masa tuszki i wydajność rzeźna, masa mięśni, tłuszczu zapasowego i udział żołądka oraz wątroby w tuszkach  
 Table 3. Carcass weight, dressing percentage, muscle weight, abdominal fat weight, percentage of gizzard and liver

Wyszczególnienie Item	Ubojowa masa ciała (g) Slaughter weight (g)	Masa tuszki zimnej (g) Cold carcass weight (g)	Wydajność rzeźna (%) Dressing percentage (%)	Mięśnie piersi Breast muscles		Mięśnie nogi Leg muscles		Tłuszcz zapasowy Abdominal fat		Żołądek Gizzard	Wątroba Liver
				g	%	g	%	g	%		
SBM	2431 a	1776 a	74,2	498	28,0	372	20,9	39,4 a	2,24 a	1,57	2,82
RSC	2292 c	1686 b	75,1	488	28,9	349	20,7	25,8 b	1,52 bc	1,61	2,65
RSC + e KG	2365 b	1720 a	74,1	479	29,0	348	20,2	32,1 ab	1,87 ab	1,71	2,91
RSC + e P	2345 b	1711 a	74,1	481	27,9	354	20,6	27,1 b	1,59 bc	1,75	2,73
RSC + e KG + e P	2390 ab	1769 a	75,6	513	29,0	362	20,5	22,5 b	1,26 c	1,56	2,60
SEM	28	21	0,3	9	0,3	6	0,2				
Wartość P	0,625	0,647	0,384	0,793	0,576	0,721	0,858	0,009	0,011	0,622	0,446
P-value											
Kontrasty ortogonalne (wartość P): Orthogonal kontras (P-value):											
SBM vs RSC	0,000	0,000	0,314	0,758	0,320	0,246	0,725	0,006	0,011	0,791	0,349
RSC vs RSC + e KG	0,009	0,023	0,305	0,765	0,944	0,984	0,471	0,187	0,213	0,494	0,155
RSC vs RSC + e P	0,011	0,033	0,301	0,801	0,272	0,796	0,912	0,787	0,789	0,358	0,652
RSC vs RSC + e KG + e P	0,000	0,000	0,608	0,425	0,962	0,497	0,728	0,487	0,348	0,735	0,811

Objaśnienia:

SBM – poekstrakcyjna śruta sojowa; RSC – makuch rzepakowy; SEM – błąd standardowy średniej; a, b, c – P<0,05.

Notes:

SBM – solvent soybean meal; RSC – rapeseed cake; SEM – standard error of the mean; a, b, c – P<0,05.

Tabela 4. Skład chemiczny mięśni piersi i nogi  
Table 4. Chemical composition of breast and leg muscles

Wyszczególnienie Item	Mięśnie piersi Breast muscles				Mięśnie nogi Leg muscle			
	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 b	26,58	18,94	7,11	1,02
RSC	25,50	23,65	1,59	1,27 a	26,02	19,06	6,70	1,04
RSC + e KG	25,41	23,26	1,88	1,21 b	26,14	19,07	6,83	1,02
RSC + e P	25,14	23,64	1,63	1,18 b	25,66	18,70	6,57	1,05
RSC + e KG + e P	25,12	23,39	1,58	1,15 b	25,35	19,06	6,03	1,03
SEM	0,078	0,076	0,074	0,007	0,166	0,062	0,177	0,003
Wartość P	0,344	0,183	0,701	0,000	0,171	0,272	0,403	0,105
P-value								
Kontrasty ortogonalne (wartość P): Orthogonal contrasts (P-value):								
SBM vs RSC	0,935	0,568	0,539	0,038	0,276	0,550	0,468	0,099
RSC vs RSC + e KG	0,711	0,107	0,236	0,000	0,814	0,953	0,408	0,099
RSC vs RSC + e P	0,147	0,983	0,868	0,000	0,485	0,071	0,812	0,632
RSC vs RSC + R KG + e P	0,128	0,279	0,971	0,000	0,197	0,984	0,234	0,192

Objaśnienia: patrz tabela 2.

For notes, see Table 2.

Tabela 5. Wskaźniki biochemiczne osocza krwi brojlerów  
Table 5. Biochemical indicators of blood serum in broilers

Wyszczególnienie Item	Glukoza Glucose (mmol/l)	Białko ogólne Crude protein (g/l)	Trójglicerydy Triglycerides (mmol/l)	Cholesterol całkowity Total cholesterol (mmol/l)	Cholesterol HDL HDL cholesterol (mmol/l)	Cholesterol LDL LDL cholesterol (mmol/l)
SBM	15,8	41	0,63	3,9	3,1	0,8
RSC	16,3	40	0,75	4,0	3,0	1,0
RSC + e KG	14,7	39	0,71	4,1	3,1	1,0
RSC + e P	15,8	41	0,76	4,2	3,1	1,1
RSC + e KG + e P	16,1	42	0,70	4,0	3,2	0,8
SEM	0,8	3	0,06	0,3	0,2	0,1
Wartość P P-value	0,2345	0,0896	0,2007	0,2710	0,1941	0,1299
Kontrasty ortogonalne (wartość P): Orthogonal contrasts (P-value):						
SBM vs RSC	0,2456	0,1677	0,0999	0,4677	0,2966	0,1371
RSC vs RSC + e KG	0,1788	0,3599	0,0871	0,1470	0,1811	0,1006
RSC vs RSC + e P	0,0896	0,2112	0,4201	0,3996	0,3407	0,0128
RSC vs RSC + e KG + e P	0,0811	0,1719	0,0441	0,3118	0,1991	0,1144

Objaśnienia: patrz tabela 2.  
For notes, see Table 2.

Tabela 6. Pozorna strawność jelitowa aminokwasów  
Table 6. Apparent ileal amino acid digestibility

Wyszczególnienie Item	Czynnik główny Main effect						Kontrasty ortogonalne (wartość P) Orthogonal contrasts (P-value)			
	SBM	RSC	RSC + e kG	RSC + e P	SEM	P-value	SBM vs RSC	RSC vs RSC + e KG	RSC vs RSC + e P	10
Aminokwasy egzogenne Essential amino acids										
arginina arginine	92 a	86 b	86 b	87 b	0,71	0,0001	0,0000	0,9815	0,1482	
histydyna histidine	86 a	77 c	78 c	79 b	0,98	0,0000	0,0000	0,4101	0,2036	
izoleucyna isoleucine	86 a	76 bc	78 bc	81 b	1,06	0,0000	0,0000	0,1043	0,0674	
leucyna leucine	88 a	80 c	82 bc	85 b	0,83	0,0001	0,0000	0,1059	0,0519	
lizyna lysine	89 a	78 d	82 c	86 b	1,04	0,0000	0,0000	0,0008	0,0018	
metionina methionine	91 a	92 a	93 a	93 a	0,27	0,1151	0,5538	0,1203	0,8108	
fenylalanina phenylalanine	89 a	80 c	83 bc	85 b	0,88	0,0001	0,0000	0,0737	0,1031	
treonina threonine	81 a	87 c	69 b	73 b	1,50	0,0001	0,0000	0,0000	0,0744	
walina valine	85 a	74 c	76 bc	79 b	1,17	0,0001	0,0000	0,2192	0,0565	
Aminokwasy endogenne Nonessential amino acids										
alanina alanine	86 a	77 c	78 c	81 b	0,98	0,0004	0,0001	0,3642	0,0628	

cd. tab. 6 – Table 6 – contd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
kwas asparaginowy aspartic acid	85 a	73 c	75 bc	77 b	1,24	0,0001	0,0000	0,2710	0,1901
cystyna cystine	81 a	68 c	72 bc	75 b	1,40	0,0006	0,0001	0,1298	0,1893
kwas glutaminowy glutamic acid	90 a	84 c	86 bc	87 c	0,69	0,0001	0,0000	0,0836	0,1366
glicyna glycine	81 a	71 c	73 bc	76 b	1,14	0,0005	0,0000	0,2352	0,1221
prolina proline	88 a	78 c	80 bc	82 b	1,05	0,0000	0,0000	0,2881	0,0883
seryna serine	85 a	73 c	76 bc	78 b	1,27	0,0001	0,0000	0,1719	0,0987
tyrozyna tyrosine	90 a	78 b	79 b	80 b	1,32	0,0000	0,0000	0,2847	0,3488

Objaśnienia: patrz tabela 2.  
For notes, see Table 2.

Oba preparaty enzymatyczne stosowane oddzielnie lub łącznie istotnie zmniejszyły wskaźnik wykorzystania paszy ( $P < 0,05$ ). Zastąpienie poekstrakcyjnej śruty sojowej makuchem rzepakowym pogorszyło istotnie Europejski Indeks Efektywności Produkcji, natomiast użycie obu preparatów enzymatycznych stosowanych oddzielnie lub łącznie w mieszankach paszowych istotnie go poprawiło w porównaniu do obu grup kontrolnych ( $P < 0,05$ ).

Podawanie brojlerom mieszanki paszowej z makuchem rzepakowym bez enzymów istotnie obniżyło masę ubojową kurcząt, a dodatek enzymów istotnie ją zwiększył (tab. 3). Nie stwierdzono istotnych różnic w wydajności rzeźnej kurcząt brojlerów pomiędzy poszczególnymi grupami ptaków. Nie stwierdzono również istotnych różnic pomiędzy grupami brojlerów w masie mięśni piersiowych i masie mięśni nogi oraz w procentowym udziale tych mięśni w masie tuszki schłodzonej. Nie stwierdzono istotnych różnic w udziale masy żołądka i wątroby w masie ubojowej tuszki. Zastąpienie poekstrakcyjnej śruty sojowej makuchem rzepakowym w mieszankach paszowych istotnie obniżyła poziom tłuszczu zapasowego i jego procentowy udział w tuszkach ( $P < 0,05$ ). Użycie obu preparatów enzymatycznych w mieszankach paszowych endo-1,4- $\beta$ -ksylanazy i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy (e KG) oraz proteazy serynowej (e KG + e P) nie wpłynęło istotnie na poziom tłuszczu zapasowego w tuszkach, w porównaniu do brojlerów żywionych paszą z makuchem rzepakowym bez enzymów.

Wyniki zawartości składników pokarmowych w mięśniach piersiowych i mięśniach nogi nie wykazały istotnych różnic pomiędzy poszczególnymi grupami brojlerów (tab. 4). Zamiana obu pasz wysokobiałkowych w mieszankach paszowych, a także stosowanie dodatku preparatów enzymatycznych nie różnicowało istotnie zawartości suchej masy, białka i tłuszczu w mięśniach piersiowych i mięśniach nogi, za wyjątkiem zawartości popiołu surowego ( $P < 0,05$ ).

Nie stwierdzono istotnych różnic w poziomie wskaźników w osoczu krwi zależnie od badanych czynników doświadczalnych (tab. 5).

Zastąpienie poekstrakcyjnej śruty sojowej makuchem rzepakowym w mieszankach paszowych istotnie obniżyło strawność aminokwasów egzogennych, w tym lizyny, argininy, histydyny, izoleucyny, leucyny, fenyloalaniny i waliny ( $P < 0,05$ ; tab. 6). Nie uległa zmianie strawność metioniny, a strawność treoniny istotnie wzrosła ( $P < 0,05$ ). Istotnie obniżyła się strawność aminokwasów endogennych, w tym m.in. alaniny, cystyny, glicyny i seryny ( $P < 0,05$ ). Dodatek enzymów endo-1,4- $\beta$ -ksylanazy i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy (e KG), spośród wszystkich aminokwasów egzogennych i endogennych, istotnie zwiększył strawność jelitową lizyny ( $P < 0,05$ ). Użycie enzymu proteazy serynowej (e P) istotnie zwiększyło strawność jelitową izoleucyny, leucyny, lizyny, fenyloalaniny, treoniny i waliny, a także alaniny, kwasu asparaginowego, cystyny, kwasu glutaminowego, glicyny, proliny i seryny, w porównaniu do strawności jelitowej aminokwasów mieszanki zawierającej makuch rzepakowy bez dodatku enzymów ( $P < 0,05$ ).

Dodatek enzymu proteazy serynowej (e P), w porównaniu do enzymów endo-1,4- $\beta$ -ksylanazy i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy (e KG), zwiększył istotnie strawność jelitową lizyny ( $P < 0,05$ ).

## Omówienie wyników

### Efektywność chowu brojlerów

Produkcja oleju z nasion rzepaku sprawia, że do makuchu przechodzi około 65% masy nasion, zewnętrzna jej powłoka oraz struktura wewnętrzna niebędąca olejem, w tym polisacharydy nieskrobiowe. Zależnie od rodzaju prasy i siły nacisku makuch może zawierać od około 8 do 20% oleju. Polisacharydy nieskrobiowe (NSP) zawarte w paszach rzepakowych zawierają fragmenty ścian komórkowych zbudowanych z celulozy, hemicelulozy, a także pektyn. 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. Frakcja węglowodanowa niecelulolityczna, wchodząca w skład NSP, w tym arabinoza, ksyloza, galaktoza, glukoza, mannoza, ramnoza, fukoza i kwasy uronowe, stanowi 13–16% pasz rzepakowych (Slonimski i Campbell, 1990). Polisacharydy nieskrobiowe (NSP) zbudowane są z cząsteczek cukrów połączonych pomiędzy sobą atomami węgla w pozycji  $\beta$ -1,3- i  $\beta$ -1,4-glikozydowymi, a ponadto występują w różnych konfiguracjach z polisacharydami celulolitycznymi i ligniną. Zwierzęta monogastryczne, w tym ptaki, nie posiadają endogennych enzymów trawiennych zdolnych do rozkładania wiązań  $\beta$ -1,3-glikozydowych. Zdolność taką posiadają organizmy niższe, w tym grzyby i bakterie symbiotyczne bytujące w jelicie ślepym zwierząt monogastrycznych. Przyjmuje się, że produkty rozkładu NSP są fermentowane do niższych kwasów tłuszczowych i wchłaniane w jelicie ślepym, poprawiając bilans energetyczny organizmu ptaków. Polisacharydy nieskrobiowe (NSP) są substancjami hydrofobowymi, a ich część rozpuszczalna łatwo chłonie wodę, co zwiększa ich lepkość oraz osłabia procesy trawienia i wchłaniania składników pokarmowych w przewodzie pokarmowym ptaków. Od wielu lat podejmowane są próby zastosowania enzymów egzogennych, zdolnych do rozkładania polisacharydów nieskrobiowych i poprawy efektów produkcyjnych, szczególnie brojlerów. Badano kolejne generacje enzymów paszowych mających wpływać na rozkład NSP, głównie zbóż, w tym żyta i jęczmienia oraz owsa. Nowe generacje enzymów paszowych zawierają 1,4- $\beta$ -ksylanazę otrzymywaną z mikroorganizmu *Aspergillus niger* (CBS 109.713) i 1,3- $\beta$ -glukanazę wytwarzaną przez mikroorganizm *Trichoderma longibrachiatum* (ATCC 2106). Dla zwiększenia przyswajalności białka z pasz rzepakowych opracowano preparat proteazy serynowej (EC 3.4.21) hydrolizującej wiązania peptydowe.

Badania wykonane w naszej pracy wykazały, że zastąpienie poekstrakcyjnej śruty sojowej makuchem rzepakowym bez dodatku enzymów obniżyło istotnie masę ciała kurcząt brojlerów. Podobną reakcję kurcząt stwierdzono, kiedy w miejsce poekstrakcyjnej śruty sojowej użyto poekstrakcyjnej śruty rzepakowej bez i z dodatkiem enzymów w porównaniu do diety brojlerów zawierających poekstrakcyjną śrutę sojową (Brzóska i in., 2018). Wyniki badań wykazały, że polisacharydy nieskrobiowe (NSP) pasz rzepakowych nie podlegają hydrolizie pod wpływem ekstrakcji rozpuszczalnikami tłuszczowymi w procesie produkcji śruty poekstrakcyjnej, a także w czasie kondycjonowania i tłoczenia oleju z nasion dla otrzymania makuchu rzepakowego. Substancje te są chemicznie i termicznie stabilne. Badania Michalik-Rutkowskiej (2016) wykazały ponadto, że strawność jelitowa białka ogólnego i aminokwasów makuchu



jest wyższa niż śruty poekstrakcyjnej rzepakowej, bowiem makucho nie jest poddawany procesowi toastowania w wysokiej temperaturze i pod zwiększonym ciśnieniem.

We wnętrzu komórek znajduje się również pewna część peptydów i białek, do rozkładu których użyto enzymu proteazy serynowej. Część białek zawarta w ścianach komórkowych roślin zamyka drogę dla enzymów endogennych ptaków. Zakładano, że użycie endo- $\beta$ -1,4-ksylanazy i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy wraz z proteazą serynową zwiększy uwalnianie niedostępnych dla brojlerów białek poprzez wstępny rozkład NSP celulozowych i być może zwiększy strawność aminokwasów diety zawierającej poekstrakcyjną śrutę rzepakową. Korzystniejszy bilans energetyczny kurcząt i wyższa strawność aminokwasów mogłaby poprawić parametry wzrostu i jakości tuszek kurcząt brojlerów. We wcześniejszych badaniach Szczurek i Korelski (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 brojlerów, a efektywność jego stosowania poprawiła się przy równoczesnym użyciu enzymów rozkładających polisacharydy nieskrobiowe. Simbaya i in. (1996) wykazała, że enzym proteaza poprawiał wzrost brojlerów żywionych dietami zawierającymi śrutę rzepakową otrzymaną z tłoczenia rzepaku odmiany Canola, natomiast kompleks 8 komercyjnych enzymów typu karbohidrazy, jakkolwiek zwiększał rozpuszczalność frakcji polisacharydowej ścian komórkowych *in vitro*, nie wpływał istotnie na tempo wzrostu i masę brojlerów w doświadczeniu żywieniowym *in vivo*. Inne badania wykazały, że dodatek wieloenzymatycznego preparatu zawierającego ksylanazę, amylazę i proteazę do mieszanki paszowej kukurydziano-sojowej podawanej brojlerom zwiększył istotnie masę ciała o 1,9% i poprawił wykorzystanie paszy o 2,2%, jako efekt poprawy strawności białka i energii metabolicznej (Zanella i in., 1999). U brojlerów spożywających podobną dietę nie obserwowano zwiększonego przyrostu masy ciała, pomimo istotnej poprawy strawności jelitowej energii (Douglas i in., 2000).

W badaniach pasz rzepakowych stosowanie wieloenzymatycznych preparatów w dietach dla drobiu zwiększało strawność polisacharydów nieskrobiowych śruty rzepakowej (Słominski i Campbell, 1990; Simbaya i in., 1996; Kocher i in., 2000; Meng i Słominski, 2005), lecz w większości badań enzymy nie zwiększały masy kurcząt brojlerów. Wyniki tych badań nie wykazały, na jakie cele uwolniona z NSP energia i białko zostały spożytkowane w organizmach ptaków.

Wyniki badań w naszej pracy potwierdziły, że makucho rzepakowy w porównaniu do poekstrakcyjnej śruty sojowej użyty w mieszance paszowej dla brojlerów daje istotnie niższą masę ciała w czasie 42 dni odchowu, przy braku istotnych różnic w czasie 21 dni odchowu, jakkolwiek masa ciała kurcząt była wyższa niż przy skarmianiu pasz zawierających poekstrakcyjną śrutę rzepakową (Brzóska i in., 2018). Zastosowanie obu preparatów enzymatycznych zawierających endo- $\beta$ -1,4-ksylanazę i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazę oraz preparat zawierający enzym proteazę serynową nie wpłynęło na masę ciała brojlerów. Wykazano, że podawanie kurczętom mieszanek paszowych zawierających makucho rzepakowy bez i z dodatkiem enzymów istotnie obniża spożycie paszy w porównaniu do mieszanki zawierającej śrutę sojową. Sugerować to może, że makucho rzepakowy, podobnie jak śruta rzepakowa, zawiera substancje wpływające na pobieranie paszy w warunkach żywienia do woli, co

stwierdzono również we wcześniejszych badaniach (Michalik-Rutkowska, 2016; Brzóska i in., 2018). Skarmianie mieszanki paszowej zawierającej makuch rzepakowy w porównaniu do mieszanki z poekstrakcyjną śrutą sojową nie wpłynęło istotnie na wielkość wskaźnika wykorzystania paszy, natomiast skarmianie paszy zawierającej makuch rzepakowy z dodatkiem enzymów istotnie zmniejszyło wykorzystanie paszy. Uwzględniając brak istotnych różnic w masie ciała brojlerów żywionych z dodatkiem enzymów, poprawa wskaźników wykorzystania paszy może sugerować poprawę bilansu energetycznego i białkowego kurcząt w wyniku częściowego rozkładu polisacharydów niebiałkowych (NSP) pod wpływem zastosowanych enzymów endo- $\beta$ -1,4-ksylanazy i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy oraz enzymu proteazy serynowej. W badaniach autorów kanadyjskich wykazano jednakże, że wskaźnik degradacji frakcji NSP enzymami u brojlerów jest niski i waha się od 3 do 6% (Meng i Słominski, 2005). Autorzy ci nie podali, czy składniki energetyczne i białkowe uwolnione z NSP wpływają na poprawę wskaźników wykorzystania paszy przez kurczęta brojlery, co potwierdziły wyniki badań w niniejszej pracy.

Wyniki pozytywnych badań stosowania enzymów w mieszankach paszowych zawierających pasze rzepakowe nie znajdują potwierdzenia w rezultatach pracy de Vriesa i in. (2014). Badając wpływ enzymów pektynolitycznych na degradację NSP mieszanki paszowej ze śrutą rzepakową, autorzy ci 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. Podobnie w badaniach Banaszkiwicz i in. (2013) stwierdzono, że dodatek endo-1,4- $\beta$  ksylanazy pochodzącej z *Aspergillus oryzae* do mieszanki paszowej dla brojlerów zawierającej 15% makuchu rzepakowego odmiany Kaszub nie zwiększał istotnie masy ciała kurcząt 21-dniowych, z tendencją rosnącą przy pobraniu paszy oraz poprawą strawności białka, tłuszczu i fosforu.

Zwiększenie ilości makuchu rzepakowego w mieszankach paszowych dla brojlerów z dodatkiem endo- $\beta$ -1,4-ksylanazy i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy oraz proteazy serynowej oddzielnie, na poziomie 11% (starter) i 20% (grower), a także obu preparatów łącznie, istotnie obniżyło śmiertelność kurcząt w porównaniu do brojlerów żywionych mieszankami paszowymi zawierającymi poekstrakcyjną śrutę sojową i makuch rzepakowy bez enzymów. Wyniki te potwierdzają dane wpływu poekstrakcyjnej śrutę rzepakowej w dietach dla brojlerów na ich przeżywalność w czasie 42 dni odchowu (Brzóska i in., 2018), gdzie podawanie brojlerom endo- $\beta$ -1,4-ksylanazy i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy oraz proteazy serynowej oddzielnie i łącznie ograniczyło śmiertelność kurcząt. Ponieważ wskaźnik przeżywalności brojlerów jest elementem algorytmu do oceny efektywności produkcyjnej kurcząt mięsnych, im jest on mniejszy, tym efektywność produkcyjna brojlerów jest wyższa, co potwierdziły wyniki naszej pracy w wyliczeniach Europejskiego Indeksu Efektywności Produkcji.

### **Jakość tuszek i skład mięsa**

Przyjmuje się, że głównym czynnikiem determinującym masę ciała brojlerów i umięśnienie tuszek jest faza embriogenezy, kiedy ustalona zostaje liczebność miofibrili w mięśniach (Henry i Burke, 1998). Jakość tuszek kurcząt brojlerów zależy od masy części kulinarnych, głównie mięśni piersiowych i nóg. Z technologicznego

punktu widzenia istotna jest wydajność rzeźna kurcząt. Kocher i in. (2001) stwierdzili, że poekstrakcyjna śruta rzepakowa stosowana jako substytut poekstrakcyjnej śruty sojowej w mieszankach paszowych zawierających sorgo, poprawiła wydajność rzeźną i masę mięśni piersiowych do poziomu wskaźników uzyskanych na mieszankach zawierających poekstrakcyjną śrutę sojową. Masa mięśni piersiowych i nóg oraz zawartość w nich składników odżywczych w tej pracy odpowiadała parametrom tuszek i mięśni opisanych w pracy Havensteina i in. (2003), oceniających ich jakość w latach 1957–2001. Wyniki badań opisanych w naszej pracy wykazały, że zamiana poekstrakcyjnej śruty sojowej w mieszankach paszowych dla kurcząt brojlerów na makuch rzepakowy bez dodatku enzymów paszowych istotnie obniżyła masę tuszek, lecz nie różnicowała istotnie wydajności rzeźnej kurcząt. Również użycie enzymów paszowych endo- $\beta$ -1,4-ksylanazy i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy oraz proteazy serynowej oddzielnie, a także obu preparatów łącznie nie różnicowało istotnie wydajności rzeźnej, masy mięśniowej, a także udziału masy żołądka i wątroby w tuszkach. Stosowanie enzymów paszowych w naszej pracy nie różnicowało istotnie jakości tuszek, w tym masy i procentowego udziału mięśni piersiowych i mięśni nóg w tuszkach. Zamiana poekstrakcyjnej śruty sojowej na makuch rzepakowy w mieszankach paszowych istotnie obniżyła zawartość i procentowy udział tłuszczu zapasowego w tuszkach. Podobne wyniki uzyskano, kiedy w mieszankach paszowych dla brojlerów stosowano poekstrakcyjną śrutę rzepakową bez i z dodatkiem enzymów paszowych jako zamiennik poekstrakcyjnej śruty sojowej (Brzóska i in., 2018). Zbliżone do opisanych wyników otrzymano w badaniach Kondzielskiej i Pisarskiego (2000), 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. Stwierdzili oni, że preparaty z udziałem  $\beta$ -glukanazy istotnie zmniejszyły zawartość tłuszczu w mięśniach brojlerów, a w największym stopniu u kurcząt żywionych mieszankami paszowymi natłuszczonymi. Pod wpływem preparatów enzymatycznych nie zmieniały się zawartość suchej masy, białka ogólnego i popiołu surowego w tuszkach.

Badania składu chemicznego mięśni piersiowych i mięśni nóg nie wykazały istotnych różnic zależnie od rodzaju pasz wysokobiałkowych w mieszankach paszowych, a także zależnie od użytego dodatku enzymów paszowych, z wyjątkiem zmniejszenia się zawartości popiołu surowego w mięśniach piersiowych pod wpływem enzymów paszowych. Podobnego zjawiska nie stwierdzono we wcześniejszych badaniach. Najważniejsze składniki mięśni szkieletowych ptaków, w tym mięśni piersiowych i mięśni nóg, charakteryzują się stabilną zawartością białka ogólnego i tłuszczu surowego. Na zmiany zawartości i skład kwasów tłuszczowych bardziej podatny od białka jest tłuszcz surowy, jakkolwiek uzyskane wyniki wskazują, że użyty w badaniach makuch rzepakowy o stosunkowo niskiej zawartości tłuszczu surowego (8,9%) użyty bez i z dodatkiem enzymów paszowych nie wpływał na poziom tłuszczu w tkance mięśniowej brojlerów. Szczurek (2008), badając wpływ diet dla brojlerów w oparciu o aminokwasy ogólne i strawne, wykazał, że dodawanie enzymów  $\beta$ -glukanazy, celulazy, ksylanazy,  $\alpha$ -amylazy i proteazy istotnie podwyższało zawartość białka ogólnego w mięśniach piersiowych, a obniżało zawartość tłuszczu, nie wpływając

na poziom popiołu surowego, jeśli skład diety tworzonego na podstawie aminokwasów ogólnych względem aminokwasów strawnych.

Analiza osocza krwi brojlerów nie wykazała istotnego zróżnicowania zależnie od rodzaju poekstrakcyjnej śruty sojowej i makuchu rzepakowego oraz stosowanych enzymów w mieszankach paszowych. Poziom glukozy, białka ogólnego, trójglicerydów oraz cholesterolu kształtował się na poziomie przyjętym za wartości referencyjne dla kurcząt brojlerów.

### **Strawność aminokwasów**

Wyniki wcześniejszych badań wykazały, że brojlery żywione dietą kukurydziano-sojową z dodatkiem enzymów paszowych, w tym fitazy, amylazy, ksylanazy zwiększają strawność skrobi (Stefanello i in., 2015). Inne wyniki badań sugerowały, że NSP są niestrawne (Graham i Amon, 1991) lub bardzo słabo trawione (Słominski i Campbell, 1990; Kocher i in., 2003). Stwierdzono, że NSP, zwiększając lepkość treści pokarmowej, obniżają strawność skrobi, białka i tłuszczu (Bedford i in., 1991; Meng i in., 2005). Niniejsze badania miały wykazać, jak kształtuje się pozorna jelitowa strawność aminokwasów u brojlerów żywionych dietami o zwiększającej się, ponadnormatywnej zawartości makuchu rzepakowego stosowanego jako zamiennik śruty sojowej w dietach dla brojlerów bez i z dodatkiem enzymów paszowych. Uzyskane wyniki wykazały, że substytucja śruty sojowej w mieszankach paszowych makuchem rzepakowym na poziomie 11% (starter) i 20% (grower) istotnie obniża pozorną strawność wszystkich aminokwasów, z wyjątkiem metioniny. Wyniki te zgodne są z rezultatami badań Michalik-Rutkowskiej i in. (2016) którzy badali strawność białka i aminokwasów na trzech poziomach substytucji śruty sojowej w mieszankach paszowych przy użyciu śruty i makuchu rzepakowego, a także badaniami strawności jelitowej aminokwasów z diet zawierających poekstrakcyjną śrutę rzepakową (Brzóska i in., 2018). 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 istotnie zwiększył strawność lizyny, nie naruszając strawności pozostałych aminokwasów. Lizyna jest aminokwasem decydującym o wzroście mięśni i syntezie białek w mięśniach kurcząt, zaś niedobór strawnej lizyny w badaniach Mushtaq i in. (2007) wpłynął na obniżenie masy ciała brojlerów grupy kontrolnej negatywnej i pozostałych grup otrzymujących enzymy paszowe. Użycie enzymu proteazy serynowej zwiększyło strawność lizyny w porównaniu do brojlerów otrzymujących dodatek endo- $\beta$ -1,4-ksylanazy i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy, a także bez enzymów, nie wpływając na istotne zróżnicowanie współczynników strawności pozostałych aminokwasów. We wcześniejszych badaniach (Brzóska i in., 2018) dodatek proteazy serynowej zwiększył strawność izoleucyny, lizyny, metioniny, waliny, nie wpływając na istotne zróżnicowanie współczynników strawności pozostałych aminokwasów. Strawność jelitowa aminokwasów, z wyjątkiem metioniny, u brojlerów żywionych mieszanką paszową kontrolną zawierającą poekstrakcyjną śrutę sojową była istotnie wyższa od strawności wszystkich aminokwasów u brojlerów żywionymi mieszankami zawierającymi makuch rzepakowy bez i z dodatkiem enzymów paszowych. W innych badaniach wykazano, że podwyższony poziom enzymu celulazy w diecie

dla kurcząt brojlerów może zwiększać straty endogenne aminokwasów u brojlerów (Kluth i Rodehutschard, 2009), co skutkowałoby obniżoną ich strawnością. Sprzeczne wyniki uzyskano, badając wpływ enzymu fitazy na strawność aminokwasów w dietach dla brojlerów. W części badań wykazano poprawę wykorzystania białka i istotne zwiększenie strawności aminokwasów (Yi i in., 1996; Cowieson i in., 2006).

Reasumując, należy stwierdzić, że zastąpienie poekstrakcyjnej śruty sojowej w mieszankach paszowych dla brojlerów makuchem rzepakowym na poziomie 11% (starter) i 20% (grower), przy obniżeniu poziomu poekstrakcyjnej śruty sojowej odpowiednio o 41,7% (starter) i 60,0% (grower) obniża istotnie masę ciała kurcząt i umięśnienie tuszek, lecz istotnie poprawia zdrowotność, obniżając śmiertelność.

Stosowanie enzymów paszowych typu endo- $\beta$ -1,4-ksylanazy i endo-1,3(4)- $\beta$ -glukanazy, a także proteazy serynowej oddzielnie lub łącznie w porównaniu z dietą bez tych enzymów w mieszankach paszowych zawierających makucho rzepakowy nie wpływa na masę ciała brojlerów w porównaniu do ptaków otrzymujących diety bez enzymów oraz istotnie obniża strawność jelitową aminokwasów, z wyjątkiem aminokwasu metioniny.

### Podziękowania

Dziękujemy mgr inż. Barbarze Brzósce za nadzór nad przygotowaniem pasz oraz opiekę nad brojlerami, a także nad ich ubojem, dysekcją i pomoc w oznaczeniu strawności jelitowej. Pracownikom Centralnego Laboratorium IZ dziękujemy za wykonane analizy chemiczne.

### Piśmiennictwo

- AOAC (2006). Official Methods of Analysis. 18th Ed. AOAC, Gaithersburg, MD.
- Auloui O., Chibowska M., Smulikowska S. (1994). Effect 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.
- Banaszkiewicz T., Borkowska K., Kot B. (2013). The effect of rape cakes and addition of enzyme preparations on performance, nutrient digestibility and number of lactic acid bacteria in intestine of broiler chickens. *Acta Veterinaria (Beograd)*, 59 (5–6): 535–545.
- Bedford M.R., Classen H.L., Campbell G.L. (1991). The effect of pelleting, salt and pectinase on the viscosity of intestinal contents and the performance of broilers fed rye. *Poultry Sci.*, 70: 1571–1577.
- Brzóska F. (2009a). Czy istnieje możliwość substytucji białka GMO innymi surowcami białkowymi? (Część I). *Wiad. Zoot.*, 1: 3–9.
- Brzóska F. (2009b). Czy istnieje możliwość substytucji białka GMO innymi surowcami białkowymi? (Część II). *Wiad. Zoot.*, 2, 1: 3–11.
- Brzóska F., Hanczakowska E., Koreleski J., Strzetelski J., Świątkiewicz S. (2010). Pasze rzepakowe w żywieniu zwierząt. Wyd.: Polskie Stowarzyszenie Producentów Oleju. Warszawa, ss. 1–79.
- Brzóska F., Śliwiński B. (2018). Wpływ enzymów paszowych na produktywność, jakość tuszek oraz strawność jelitową aminokwasów u kurcząt brojlerów żywionych dietami zawierającymi poekstrakcyjną śrutę rzepakową. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 45: 25–48.
- Choct M.A., Kocher A., Waters D.L.E., Pettersson D., Ross D.P. (2004). A comparison of three xylanases on the nutritive value of two wheats for broiler chickens. *Br. J. Nutr.*, 92: 53–61.
- Cowieson A.J., Acamovic T., Bedford M.R. (2006). Supplementation of corn-soy based diets with an *Escherichia coli* derived phytase: Effect on broiler chicks performance and the digestibility of amino acids and the metabolizability of minerals and energy. *Poultry Sci.*, 85: 1389–1397.

- de Vries S., Pustjens A.M., Kabel M.A., Kwakkel R.P., Gerrits W.J.J. (2014). Effects of processing technologies and pectolic enzymes on digestibility of nonstarch polysaccharides from rapeseed meal in broilers. *Poultry Sci.*, 93: 589–598.
- Douglas M.W., Parsons C.M., Bedford M.R. (2000). Effect of various soybean meal sources and Avizyme on chick growth performance and ileal digestibility energy. *J. Appl. Poult. Res.*, 9: 74–80.
- Dzwonkowski W., Rola K., Hanczakowska E., Nawińska B., Świątkiewicz S. (2015). Raport sytuacji na światowym rynku roślin GMO i możliwościach substitucji genetycznie zmodyfikowanej soi krajowymi roślinami białkowymi w aspekcie bilansu paszowego. Wyd. Instytut Ekonomiki i Gospodarki Żywnościowej, 138 ss.
- ETEVPF (1989). European Table of Energy Values for Poultry Feedstuffs. WPSA. Spelderholt Centre for Poultry Research and Extension. Beekbergen (The Netherlands).
- Francesch M., Geraert P.A. (2009). Enzyme complex containing carbohydrases and phytase improves growth performance and bone mineralization of broilers fed reduced nutrient corn-soybean-based diets. *Poultry Sci.*, 88: 1915–1924.
- Gracia M.I., Aranibar M.J., Lázaro L., Medel P., Mateos G.G. (2003).  $\alpha$ -amylase supplementation of broiler diets based on corn. *Poultry Sci.*, 82: 436–442.
- Graham H., Amon P. (1991). Nutritional aspects of dietary fibers. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 32: 143–158.
- Havenstein G.B., Ferket P.R., Qureshi M.A. (2003). Carcass composition and yield of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poultry Sci.*, 82: 1509–1518.
- Henry M.H., Burke W.H. (1998). Sexual dimorphism in broiler chick embryos and embryonic muscle development in late incubation. *Poultry Sci.*, 77: 728–736.
- Hong D., Burrows H., Adeola O. (2002). Addition of enzymes to starter and grower diets for ducks. *Poultry Sci.*, 81: 1842–1849.
- 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.
- Kluth H., Rodehutschard M. (2009). Effect of inclusion of cellulose in the diet on the inevitable endogenous amino acid losses in the ileum of broiler chicken. *Poultry Sci.*, 88: 1199–1205.
- Kocher A., Choct M., Porte 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., Choct M., Morrisroe L., Broz J. (2001). Effect of enzyme supplementation on the replacement value of canola meal for soybean meal in broiler diets. *Aust. J. Agric. Res.*, 52: 447–452.
- Kocher A., Choct M., Ross G., Broz J., Chung T.K. (2003). Effect of enzyme combinations on apparent metabolizable energy of corn-soybean meal based diets in broilers. *J. Appl. Poult. Res.*, 12: 275–283.
- Kondzielska L., Pisarski R. (2000). Wpływ enzymów paszowych na skład chemiczny mięśnia piersiowego kurcząt. *Rocz. Nauk. – Ann. Anim. Sci.*, 27 (1): 219–230.
- Marsman G.J.P., Gruppen H., Van der Poel A.F.B., Kwakkel R.P., Verstegen M.W.A., Voragen A.G.J. (1997). The effect of thermal processing and enzyme treatments of soybean meal on growth performance, ileal nutrient digestibilities, and chyme characteristics in broiler chicks. *Poultry Sci.*, 76: 864–872.
- Meng X., Słominski B.A. (2005). Nutritive value 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.
- Meng X., Słominski B.A., Nyachoti C.M., Campbell L.D., Guenter W. (2005). The effects of enzyme addition to broiler diets containing high concentration of canola and sunflower meal. *Poultry Sci.*, 79: 1767–1774.
- 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.
- Mushtaq T., Sarwar M., Ahmad G., Mirza M.A., Nawaz H., Mushtaq 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.).
- Ritz C.W., Hulet R.M., Self B.B., Denbow D.M. (1995). Endogenous amylase levels and response to supplemental feed enzymes in male turkeys from hatch to eight weeks of age. *Poultry Sci.*, 74: 1317–1322.
- 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.
- Simbaya J., Slominski B.A., Guenter W., Morgan A., Campbell L.D. (1996). The effects 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.
- Slominski 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: 175–184.
- Stefanello C., Viera S.L., Santiago G.O., Kindlein L., Sorbara J.O.B., Cowieson A.J. (2015). Starch digestibility, energy utilization, and growth performance of broilers fed corn-soybean basal diets supplemented with enzymes. *Poultry Sci.*, 94: 2472–2479.
- 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.
- Szczurek W., Korelski 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.
- 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.
- Theander O., Åman P. (1977). Fractionation and characterization of polysaccharides in rapeseed (*Brassica napus*) meal. *Swedish J. Agric. Res.*, 7: 69–77.
- Yi Z., Kornegay E.T., Denbow D.M. (1996). Effect of microbial phytase on nitrogen and amino acid digestibility and nitrogen retention of turkey poults fed corn-soybean meal diets. *Poultry Sci.*, 75: 979–990.
- Zanella I., Sakomura N.K., Silverside F.G., Figueiro A., Pack M. (1999). Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. *Poultry Sci.*, 78: 561–568.
- Zglobica A., Różycka B. (1972). *Procedura analizy tusze kurcząt*. Wyd. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, V: 72–85.

Zatwierdzono do druku 11 I 2019

FRANCISZEK BRZÓSKA, WITOLD SZCZUREK, BOGDAN ŚLIWIŃSKI,  
DOROTA BEDERSKA-ŁOJEWSKA, MARIUSZ PIETRAS

**Effect of feed enzymes on performance and apparent ileal amino acid digestibility of broiler chickens fed diets with rapeseed cake**

SUMMARY

The study was designed to determine the effect of exogenous feed enzymes on body weight, mortality, feed conversion and carcass quality (exp. 1) as well as ileal amino acid digestibility (exp. 2) in broiler

chickens fed mash diets containing 11% (starter) and 20% (grower) rapeseed cake concurrently with lower dietary levels of solvent soybean meal, by 41.7% (starter) and 60.0% (grower). In the growth trial, Ross 308 chickens were divided into 5 feeding groups with 8 replications for each sex and with 8 chickens per pen, using the following design: positive control group with solvent soybean meal (SBM) and without enzymes, negative control group with rapeseed cake (RSC) and without enzymes; experimental groups containing rapeseed cake (RSC) and supplemented with endo- $\beta$ -1,4-xylanase and endo-1,3(4)- $\beta$ -glucanase (group RSC + e KG), serine protease (group RSC + e P) and all the experimental enzymes (RSC + e KG + e P).

The second experiment examined apparent ileal amino acid digestibility (AA) in the 4 compound feeds: SBM, RSC, RSC + e KG, RSC + e P using Ross 308 cockerels. The ingredient composition and nutritive value of the compound feeds were the same in both experiments.

Feeding chickens with the diets containing rapeseed cake caused a significant decrease in their body weight compared to the group supplemented with solvent soybean meal ( $P < 0.05$ ). The addition of both enzyme preparations, endo-1,4- $\beta$ -xylanase and endo-1,3(4)- $\beta$ -glucanase (e KG) and serine protease (e P), separately or in combination, did not have a significant effect on body weight, but caused a significant reduction in chicken mortality ( $P < 0.05$ ). Replacing solvent soybean meal with rapeseed cake significantly decreased the consumption of the feed ( $P < 0.05$ ). The enzyme preparations significantly improved the feed conversion ratio ( $P < 0.05$ ). No significant differences were observed between the broiler groups in the weight of breast and leg muscles and their percentage in slaughter weight. Replacing soybean meal with rapeseed cake caused a significant reduction in the level of abdominal fat and its percentage in the carcass ( $P < 0.05$ ).

There were no significant differences in the chemical composition of breast and leg muscles except for the significantly lower ash content of the muscles from enzyme-supplemented chickens ( $P < 0.05$ ). No significant differences were noted in the level of blood plasma indicators depending on the type of protein feed in the diets and depending on the enzyme preparation used.

The replacement of soybean meal with rapeseed cake in the diets caused a significant decrease in the digestibility of essential amino acids, including lysine, arginine, histidine, isoleucine, leucine, phenylalanine and valine ( $P < 0.05$ ). Supplementing endo-1,4- $\beta$ -xylanase and endo-1,3(4)- $\beta$ -glucanase (e KG), out of all essential and nonessential enzymes, significantly increased the ileal digestibility of lysine ( $P < 0.05$ ). The use of the enzyme serine protease (e P) caused a significant increase in the ileal digestibility of isoleucine, leucine, lysine, phenylalanine, threonine and valine, as well as alanine, aspartic acid, cystine, glutamic acid, glycine, proline and serine when compared to the ileal digestibility of the amino acids from the compound feed containing rapeseed cake without supplemental enzymes ( $P < 0.05$ ).

**Key words:** rapeseed cake, enzymes, growth, broiler chickens, carcass traits, apparent amino acid digestibility