

WPLYW ZAMIANY POEKSTRAKCYJNEJ ŚRUTY SOJOWEJ MAKUCHEM RZEPAKOWYM W DIETACH DLA KURCZĄT BROJLERÓW NA MASĘ CIAŁA, JAKOŚĆ TUSZEK I POZORNĄ STRAWNOŚĆ JELITOWĄ AMINOKWASÓW*

Olga Michalik-Rutkowska¹, Franciszek Brzoska², Mariusz Pietras²,
Bogdan Śliwiński²

¹Departament Bezpieczeństwa Żywności MRiRW, 00-930 Warszawa

²Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Fizjologii Żywienia,
32-083 Balice k. Krakowa

e-mail: franciszek.brzoska@izoo.krakow.pl

Celem badań było określenie optymalnego poziomu makuchu rzepakowego w mieszankach paszowych i dietach dla kurcząt brojlerów, w dwóch okresach ich żywienia, jako zamiennika poekstrakcyjnej śruty sojowej, w tym wpływu na wzrost, śmiertelność, pobranie i wykorzystanie paszy, a także na pozorną strawność jelitową aminokwasów. Doświadczenie wzrostowe wykonano na 640 1-dniowych seksowanych kurczętach odmiany Ross 308, w układzie Split-Plot, podzielonych na 4 grupy, każda w 16 powtórzeniach po 10 kurcząt. Mieszanki paszowe w grupach żywieniowych zawierały 4 malejące poziomy śruty sojowej w procentach (starter/grower-finisher) 36/30; 26/18; 24/15,5 i 21,5/13 i 4 rosnące poziomy makuchu rzepakowego w procentach, odpowiednio: 0/0; 4/8 (poziom niski); 7/12 (poziom średni) i 11/16 (poziom wysoki). Mieszanki paszowe zawierające makuch rzepakowy uzupełniono dodatkiem suszonego wywaru gorzelnianego i drożdży paszowych oraz dodatkiem L-lizyny i DL-metioniny. Substytucja śruty sojowej makuchem rzepakowym w mieszankach paszowych obniżyła masę ciała brojlerów w porównaniu do grupy sojowej (kontrola) w 42. dniu życia, w grupach doświadczalnych odpowiednio o 1,3; 3,7 i 2,9% ($P < 0,01$) oraz zwiększyła zużycie paszy na przyrost masy ciała odpowiednio o 4,4; 8,5 i 6,0%. Europejski Indeks Efektywności Produkcji w grupach doświadczalnych zmalał odpowiednio o 8,8; 12,6 i 12,9%. Poziom średni i wysoki makuchu rzepakowego istotnie zwiększyły śmiertelność kurcząt ($P < 0,01$), a obniżeniu uległy masa i parametry kulinarne tuszek, w tym mięśni piersiowych i mięśni nóg ($P < 0,01$). Nie stwierdzono różnic w zawartości białka i tłuszczu w mięśniach piersiowych. Istotnie wzrósł poziom glukozy, a zmalał poziom trójglicerydów w osoczu krwi ($P < 0,05$). Ocenę pozornej jelitowej strawności białka ogólnego i aminokwasów wykonano na 320 kogutkach odmiany Ross 308, w wieku 2–4 tygodni, w układzie blokowym, podzielonych na 4 grupy, każda w 8 powtórzeniach po 10 kurcząt. Badania prowadzono metodą wskaźnikową z użyciem 0,5% trójtlenku chromu. Kurczęta żywiono mieszankami typu grower-finisher, o składzie i wartości pokarmowej, jak w doświadczeniu wzrostowym. Wykazano istotny spadek pozornej strawności jelitowej białka ogólnego na poziomie średnim i wysokim makuchu rzepakowego w mieszankach paszowych ($P < 0,05$). Istotnie obniżyła się strawność jelitowa argininy, histydyny, izoleucyny,

leucyny, lizyny, metioniny, treoniny, waliny, a także alaniny, kwasu asparaginowego, cystyny, kwasu glutaminowego, proliny i seryny ($P < 0,05$). Wyniki badań wskazują, że makuch rzepakowy nie może zastąpić śruty sojowej poekstrakcyjnej w mieszankach paszowych dla kurcząt brojlerów, bez negatywnego wpływu na masę ciała, wykorzystanie paszy, jakość tuszek i pozorną strawność jelitową białka oraz aminokwasów, a jego poziom powyżej 4% w mieszankach paszowych w okresie starterowym (1–21 dni) oraz 8% okresie growerowo-finiszowym (22–42 dni) w makuchu skutkuje istotnym obniżeniem efektywności produkcji kurcząt brojlerów, zwiększeniem śmiertelności, obniżeniem jakości tuszek oraz pogorszeniem wykorzystania paszy.

Słowa kluczowe: śruta sojowa, makuch rzepakowy, kurczęta brojlery, produktywność, strawność aminokwasów

Z dniem 1 stycznia 2017 r. został przesunięty do dnia 1 stycznia 2019 r. termin wejścia w życie zakazu wytwarzania, wprowadzania do obrotu i stosowania w żywieniu zwierząt pasz oraz organizmów genetycznie zmodyfikowanych przeznaczonych do użytku paszowego. Zakaz ten ustanowiony został przez Sejm RP w art. 15 ust. 1 punkt 4 z dnia 22 lipca 2006 r. Ustawy o Paszach (Dz. U. 2014, poz. 398). Termin wejścia zakazu w życie był trzykrotnie odraczany w czasie, z uwagi na ujemne skutki dla produkcji i eksportu mięsa drobiowego oraz brak alternatywnych dla śruty sojowej GMO pasz o wysokiej zawartości białka i aminokwasów. Mimo że badania wykonane przez Instytut Zootechniki PIB i Instytut Weterynarii PIB na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa nie wykazały szkodliwości pasz GMO na produktywność i zdrowotność zwierząt gospodarskich i laboratoryjnych, powyższy zakaz został podtrzymany (Świątkiewicz i in., 2010; 2011; Świątkiewicz i Arczewska-Włosek, 2011). Pomimo dotacji do uprawy roślin strączkowych, wzrostu areału zasiewów i zwiększonych zbiorów grochu, bobiku i łubinów ich udział w produkcji mieszanek paszowych wynosi 12,4%, a w przeliczeniu na czyste białko paszowe 9,3% (Brzóska i in., 2009a; b; Dzwonkowski i Hryszko, 2011; Dzwonkowski i in., 2015). Dwukrotnie wyższy udział w krajowym bilansie pasz białkowych stanowią śruta i makuch (ekspeler, wyciek) rzepakowy. Wcześniejsze badania wykazały, że pasze rzepakowe zawierają substancje antyodżywcze, w tym glukozytolany i włókno surowe, co ujemnie wpływa na efekty produkcyjne, szczególnie kurcząt i prosiąt (Clandinin i Robblee, 1983; Lee i in., 1991; Dänicke i in., 1998; Jeroch i in., 2008). Produkcja pasz rzepakowych, poekstrakcyjnej śruty i makuchu w Polsce w 2015 r. według Polskiego Stowarzyszenia Producentów Oleju przekroczyła 2200 tys. ton. Szacuje się, że 10–15% pasz rzepakowych stanowi makuch rzepakowy. O ile zakłady tłuszczowe tłoczą nasiona dla pozyskania oleju na cele spożywcze, kilkanaście podmiotów tłoczy olej rzepakowy do dalszej przeróbki na estry kwasów tłuszczowych stosowane jako komponent oleju napędowego silników wysokoprężnych (Brzóska i in., 2010). Podmioty te zbywają makuch rzepakowy do wytwórni mieszanek paszowych, a sporadycznie do elektrociepłowni spalających makuch jako komponent energetyczny dla obniżenia emisji dwutlenku węgla. Prowadzone są systematyczne badania genetyczne celem obniżenia zawartości glukozytolanów i włókna surowego w nowych odmianach rzepaku

(Bartkowiak-Broda i in., 2011). Do Księgi Roślin Uprawnych w Polsce wpisywane są odmiany rzepaku o zawartości glukozyzolanów poniżej 15 $\mu\text{M/g}$ nasion, natomiast do rejestru unijnego odmiany poniżej 25 $\mu\text{M/g}$ (Krzymański, 1992; 1993). Zużycie poekstrakcyjnej śruty i makuchu rzepakowego do produkcji mieszanek paszowych w latach 2014/2015 szacowane było na 907 tys. ton (Dzwonkowski i in., 2015). Ustalono zalecane i dopuszczalne poziomy pasz rzepakowych, w tym makuchu rzepakowego dla różnych gatunków zwierząt (Pastuszewska i in., 1992; Smulikowska i Rutkowski, 2005). Zalecenia dla makuchu rzepakowego oparte były o wyniki badań w czasach, kiedy olej z nasion rzepaku pozyskiwano przy użyciu niskowydajnych pras, a makuch zawierał 16–20% tłuszczu surowego (Smulikowska, 2003). Aktualnie makuch rzepakowy otrzymywany jest przy użyciu pras wysokiego zgniotu i zawiera około 8–10% tłuszczu surowego, przy zawartości białka ogólnego powyżej 360 g/kg. Produkcja makuchu w porównaniu do poekstrakcyjnej śruty rzepakowej pomija etap ekstrakcji tłuszczu i toastowania, polegającego na nawilżaniu śruty i odparowywaniu resztek rozpuszczalnika tłuszczowego. Proces ten przebiega w temperaturze około 105° C w czasie 30–40 minut i obniża strawność białka ogólnego oraz aminokwasów egzogennych (Michalik-Rutkowska i in., 2017). Makuch, w przeciwieństwie do śruty rzepakowej, jest paszą, która może być stosowana w warunkach ekologicznego żywienia zwierząt, o ile uprawiany był w warunkach spełniających wymogi takich upraw. Zalecenia wykorzystania makuchu rzepakowego w żywieniu kurcząt brojlerów odnoszące się generalnie do pasz rzepakowych precyzują jego ilości w mieszankach paszowych dla ptaków reprodukcyjnych na poziomie 0,5 $\mu\text{M/g}$ glukozyzolanów na pierwszy okres odchowu ptaków rzeźnych, 1 $\mu\text{M/g}$ na drugim okresie tuczu brojlerów i 1,5 $\mu\text{M/g}$ w mieszankach dla kur niosek (Smulikowska i Rutkowski, 2005). Od opracowanych zaleceń minęło kilkanaście lat. Kurczęta brojlery w okresie ostatnich 20–30 lat uległy znacznym przeobrażeniom. W okresie 6 tygodni odchowu osiągają masę ciała 2,6 kg (poprzednio 2,2–2,4 kg masy ciała), a wykorzystanie paszy zmalało z 2,0–2,2 do 1,6–1,8 kg paszy na kilogram masy ciała. W piśmiennictwie naukowym brak jest informacji, jak kształtuje się odporność współczesnych genotypów kurcząt rzeźnych na substancje antyodżywcze, w tym glukozyzolany zawarte w paszach rzepakowych.

Celem badań było określenie optymalnych poziomów makuchu rzepakowego w mieszankach paszowych i dietach dla kurcząt brojlerów, w dwóch okresach ich żywienia, jako zamiennika poekstrakcyjnej śruty sojowej, w tym wpływu na wzrost, śmiertelność, pobranie i wykorzystanie paszy, a także na pozorną strawność jelitową aminokwasów.

Material i metody

Badania składały się z monitoringu zawartości składników pokarmowych i glukozyzolanów w makuchu rzepakowym pochodzącym z Zakładów Tłuszczowych BIELMAR oraz dwóch doświadczeń na kurczętach brojlerach – wzrostowego i strawnościowego.

Poziom glukozyzolanów w makuchu rzepakowym

Próbki makuchu rzepakowego pobierano na linii technologicznej Zakładów Tłuszczowych BIELMAR w Bielsku-Białej w okresie skupu rzepaku, 6-krotnie w odstępie co 2 tygodnie i przesyłano do Działu Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa. Zakłady BIELMAR są jedynym zakładem tłuszczowym w Polsce pozyskującym olej z nasion rzepaku, gdzie makuch rzepakowy jest produktem ubocznym produkcji, z pominięciem jego ekstrakcji w rozpuszczalnikach tłuszczowych. W makuchu oznaczano wilgotność, zawartość białka ogólnego, tłuszczu surowego, włókna surowego, skrobi i glukozyzolanów oraz wyliczono koncentrację energii metabolicznej.

Doświadczenie wzrostowe

Doświadczenie wykonano w układzie losowym dwuczynnikowym, na 640 kurczątach brojlerach seksowanych odmiany Ross 308. Czynnikiem głównym doświadczenia był poziom śrutu sojowej i zamiennie makuchu rzepakowego, przy zwiększającym się poziomie glukozyzolanów w mieszankach paszowych, a czynnikiem drugim była płeć kurcząt. Brojlery podzielono na 4 grupy, z dwoma podgrupami dla płci, każda w 8 powtórzeniach po 10 kurcząt. Kurczęta utrzymywano w metalowych boksach na ściółce z wiórów drzew liściastych, ze swobodnym dostępem do wody i paszy. Masa ciała 1-dniowych kurcząt wynosiła średnio $46,8 \pm 4,1$ g ($n=46$). Kurczęta żywiono mieszankami paszowymi pełnoporcjowymi sypkimi do woli, niepoddanyymi przetwarzaniu ciśnieniowo-termicznemu. Przez pierwsze 6 dni paszę podawano na płaskich tackach, od 7. dnia pionowych karmnikach. Wodę podawano centralnie z układu wodociągowego, poprzez system rur i poidel kropelkowych. Na każdy boks przypadały dwa poidła. Mieszanki wykonano w Dziale Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa IZ PIB w Aleksandrowicach pod nadzorem pracownika inżynierijno-technicznego. Sporządzono mieszanki typu starter na pierwszy okres chowu (1–21 dni) i typu grower-finisher na drugi okres chowu (22–42 dni). Układ schematyczny doświadczenia wzrostowego podano w tabeli 1. Skład recepturowy mieszanek paszowych wyliczono przy użyciu programu WINpasze, kierując się poziomami glukozyzolanów na trzech poziomach ich zawartości w mieszankach paszowych i dietach dla kurcząt. W mieszankach paszowych na pierwszy okres chowu (1–21 dni) poziom śrutu sojowej obniżono z 33,0 do 26,0; 24,0 i 21,5%. Zawartość makuchu rzepakowego zwiększono odpowiednio z 0,0 do 4,0; 7,0 i 11,0%. Zawartość glukozyzolanów w mieszankach paszowych typu starter wynosiła 0,57; 1,00 i 1,57 $\mu\text{M/g}$ paszy, dla poziomów niskiego, średniego i wysokiego. W mieszankach paszowych na drugi okres chowu (22–42 dni) poziom śrutu sojowej obniżono z 30,0 do 18,0; 15,5 i 13,0%, zwiększając zawartość makuchu rzepakowego z do 0,0; 8,0; 12,0 i 16,0%, co odpowiadało poziomowi glukozyzolanów 1,14; 1,72 i 2,29 $\mu\text{M/g}$ paszy, przyjętych jako poziom niski, średni i wysoki. Poziomy glukozyzolanów w mieszankach paszowych przyjęto na poziomie niskim poniżej poziomu zalecanego, a na poziomie średnim zbliżonym do zalecanego i na poziomie wysokim, znacznie powyżej poziomu zalecanego.

Warunki prowadzenia doświadczeń

Dla zbilansowania poziomu białka, lizyny i metioniny w mieszankach paszowych użyto suszonego wywaru gorzelnianego z kukurydzy (DDGS), drożdży paszowych

i krystalicznych dodatków DL-metioniny (99%) oraz L-lizyny HCl (78%). W mieszankach paszowych jako dodatek mikroelementów i witamin zastosowano komercyjne mieszanki mineralno-witaminowe (premiksy) DKA Starter i DKA Grower w ilości 0,5%.

Tabela 1. Makuch rzepakowy jako suplement śrutu sojowej w dietach dla kurcząt brojlerów
Table 1. Rapeseed cake as soybean meal supplement in diets for broiler chickens

Mieszanka paszowa Feedingstuffs	Pasze wysokobiałkowe w diecie High protein feedingstuffs in the diet			
	kontrola control	niski low	średni medium	wysoki high
Starter (S)	33,0	26,0	24,0	21,5
śruta sojowa (%) soybean meal (%)				
makuch rzepakowy (%) rapeseed cake (%)	0,0	4,0	7,0	11,0
glukozytolany (μM/g) glucosinolates (μM/g)	0,0	0,57	1,0	1,57
Grower-Finisz (G-F)	30,0	18,0	15,5	13,0
śruta sojowa (%) soybean meal (%)				
makuch rzepakowy (%) rapeseed cake (%)	0,0	8,0	12,0	16,0
glukozytolany (μM/g) glucosinolates (μM/g)	0,0	1,14	1,72	2,29

Gęstość obsady piskląt w obu doświadczeniach wynosiła 15 szt./m² w pierwszym okresie chowu, co odpowiadało obciążeniu na poziomie 33–35 kg masy ciała kurcząt/m² powierzchni w końcowym okresie chowu. W ramach programu ochrony piskląt przed schorzeniami kurczęta w czasie pierwszych 3 dni otrzymywały preparat przeciw biegunce w formie 10% roztworu leku SCANOFLOX w ilości 1 ml l⁻¹ wody. 7. dnia kurczętom podawano rozpuszczoną w wodzie szczepionkę przeciw chorobie Gumboro. 14. dnia doświadczenia kurczęta szczepiono przeciw pomorowi drobiu (choroba Newcastle) preparatem typu BIO-VAC ND-IB. Ponadto, przez cały okres doświadczenia kurczęta otrzymywały preparat witaminowy Vitazol podawany w wodzie. Temperaturę pomieszczenia w ciągu 3 dni przed zasiedleniem doprowadzono do poziomu wymaganego warunkami chowu piskląt do 34°C, a następnie utrzymywano zgodnie z obowiązującymi normami pomieszczeń dla kurcząt brojlerów przez 5 dni, po czym stopniowo zmniejszono do 24°C. W pomieszczeniach utrzymywano stałe oświetlenie żarowe, na wymaganym poziomie. Paszę podawano w pierwszych 6 dniach na płaskich tacach, a od 7. dnia w karmnikach pionowych zasypywanych od góry raz dziennie.

Codziennie w poszczególnych kojcach będących powtórzeniami w grupach określano pobranie paszy, ważąc paszę niezjedzoną w ciągu ostatniej doby. Dla oznacze-

nia tempa wzrostu kurcząt wszystkie kurczęta ważono 21. i 42. dnia doświadczenia. Przed ważeniem kurczęta głodzono 12 godzin. Wyliczano pobranie i wykorzystanie paszy. Kontrolowano przeżywalność ptaków, usuwając kurczęta martwe.

Ubój kurcząt i dysekcja tuszek, pobieranie tkanek i krwi

W 43. dniu doświadczenia z każdej grupy wybrano losowo 10 kurcząt obu płci (5 kogutków, 5 kurek), oznaczono masę ciała i ubito przez oszołomienie impulsem elektrycznym i skrwawiono. W czasie skrwawienia pobrano próbki krwi celem uzyskania osocza przeznaczonego do analiz chemicznych. Po oparzeniu i mechanicznym usunięciu głowy i piór kurczęta patroszono. Oznaczono masę tuszki ciepłej, masę żołądka, wątroby, tłuszczu okołożołądkowego i tłuszczu sadełkowego. Oba rodzaje tłuszczu przyjęto określać jako tłuszcz zapasowy.

W oparciu o masę ubojową kurcząt bez głowy oraz masę tuszki ciepłej z podrobami i łapami wyliczono wydajność rzeźną. Tuszki schłodzono w czasie 24 godzin w komorze chłodniczej w temperaturze 5°C, a następnie prawą połowę tuszki poddano dysekcji. Dysekcja polegała na wypreparowaniu i zważeniu elementów tuszki o znaczeniu kulinarnym, w tym mięśni piersiowych i mięśni nóg. Wyliczono wydajność rzeźną i procentowy udział elementów tuszki w masie ciepłej (wątroba, żołądek) i w masie schłodzonej (mięsień piersiowy, mięsień nogi). Dysekcję wykonano zgodnie z procedurą opisaną przez Zgłobicę i Różycką (1972). Do analiz chemicznych pobrano próbki mięśnia piersiowego, które zmielono i zamrożono w temperaturze -18°C. Analizy wykonano po 30 dniach przechowywania próbek.

Doświadczenie strawnościowe

Doświadczenie strawnościowe wykonano w układzie losowym, na 320 kurczętach kogutkach odmiany Ross 308, w wieku od 2 do 4 tygodni, podzielonych na 4 grupy, każda grupa w 8 powtórzeniach, po 10 kurcząt w powtórzeniu. Kurczęta żywiono mieszankami paszowymi sypkimi typu grower-finisher, jak w doświadczeniu pierwszym, skarmianymi do woli. Jako wskaźnika strawności użyto trójtlenku chromu w ilości 0,5% mieszanki paszowej. Doświadczenia trwały 21 dni, w tym 14 dni okres wstępny i 7 dni okres właściwy. Przed i po doświadczeniu pobrano próbki mieszanek paszowych, łączono, mieszano i wydzielano dla całego okresu doświadczenia średnie próbki analityczne. Po zakończeniu kolekcji 10 kurcząt każdego powtórzenia uśmiercano zastrzykiem preparatu Marbital (Pentobarbital sodu). Po rozcięciu powłok brzusznych wyjmowano przewód pokarmowy. Preparowano końcowy odcinek jelita cienkiego (*Intestinum illeum*) od uchyłku Meckela (*Meckel's diverticulum*) do punktu w odległości 20 mm przed połączeniem jelit ślepych z jelitem grubym, wyciskając delikatnie treść pokarmową do pojemnika ze sztucznego tworzywa. Próbki treści jelitowej zamrażano w temperaturze -18°C. Po 20 dniach próbki rozmrażano, liofilizowano i poddano analizie chemicznej. Żywienie kurcząt brojlerów, sposób postępowania i przygotowania próbek do analiz białka oraz aminokwasów było zgodne z procedurami opisanymi przez Kadima i Moughana (1997). Warunki utrzymania ptaków i procedury doświadczalne były wykonane za zgodą Lokalnej Komisji Etycznej dla Zwierząt Doświadczalnych w Krakowie.

Analizy laboratoryjne pasz, tkanek, krwi i treści jelitowej

Zawartość suchej masy, białka ogólnego, tłuszczu surowego i włókna surowego w nasionach rzepaku, śrucie sojowej i makucho rzepakowym oraz tkankach kurcząt oznaczano zgodnie z metodami podanymi w normach analitycznych (AOAC, 2006). Zawartość glukozyolanów w makucho rzepakowym oznaczano według normy PN-ISO 10633-1:2000 P, metodą wysokosprawną chromatografią cieczową na aparacie HPLC Agilent 1100 Series, na kolumnie Zorbax ODS 5 μ l 4,6 x 250 mm Agilent. Urządzenie posiadało detektor UV-Vis, 229 nm. Stosowano objętość 50 μ l nastrzyku (Agilent Autosampler) oraz elucencję gradientową na kolumnie z odwróconymi fazami A: H₂O, B: Acetonitryl: H₂O (20:80 v/v). Przepływ wynosił 1,0 ml/min, integracja Agilent ChemStation, a czas analizy trwał około 43 minut. Próby zostały oznaczone z niepewnością Nc = 18,1%. Zawartość wapnia oznaczano metodą absorpcyjną spektrometrii atomowej (PN-EN ISO 6869-2000P), a fosforu metodą spektrometryczną według PN-ISO-6491:2002P. Poziom skrobi w mieszankach paszowych oznaczano metodą polarymetryczną (PN-R-64785:1994). Zawartość energii metabolicznej w komponentach mieszanek paszowych wyliczano z ich składu chemicznego według wzorów i z zastosowaniem współczynników strawności podanych w European Tables of Energy Value for Poultry Feedstuffs (1989) zawartych w zaleceniach żywienia drobiu (Smulikowska i Rutkowski, 2005). W próbkach mięśni piersiowych oznaczano zawartość suchej masy, białka ogólnego, tłuszczu surowego i popiołu surowego. Analizy pasz i mięśni kurcząt wykonano metodami analitycznymi, zgodnie z rozporządzeniem Komisji (WE) nr 152/2009 z dnia 27 stycznia 2009 r. ustanawiającym metody pobierania próbek i dokonywania analiz do celów urzędowej kontroli pasz (Dz. U. L 54 z 26.2.2009, str. 1). Próbkę krwi pobierano do próbek zawierających heparynę, w czasie uboju i skrawiania 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. W osoczu oznaczono białko całkowite, trójglicerydy, cholesterol całkowity i cholesterol wysokocząsteczkowy (HDL). Analizy wykonano metodą enzymatyczno-kolorymetryczną przy użyciu zestawów diagnostycznych firmy Cormay Diagnostyka Polska, zgodnie z procedurami opisanymi przez Kokota i Kokota (1996). Treść jelitową po rozmrożeniu liofilizowano, po czym poddano analizie chemicznej na zawartość chromu, białka ogólnego i aminokwasów. Zawartość chromu w paszy i treści jelitowej oznaczono po mineralizacji mokrej w mieszaninie kwasu azotowego i nadchlorowego HNO₃/HClO₄ (1:1,5) (Saha i Gilbert, 1991). Przed analizą aminokwasów w paszach i treści jelitowej wszystkie próbki poddano hydrolizie w 6 N HCl w 110°C w czasie 22 godzin. Dla oznaczenia metioniny i cystyny wykonano wstępne utlenianie próbek w kwasie nadmirkowym. Aminokwasy oznaczono metodą chromatografii wysokosprawną HPLC, po postkolumnowej derywatywacji na analizatorze Beckman 126 AA System Gold (AOAC, 2006). Zawartość aminokwasów korygowano na niepełny odzysk z hydrolizy.

Współczynniki pozornej strawności jelitowej białka i aminokwasów (AID) zawartych w poszczególnych mieszankach paszowych wyliczono według następującego wzoru, stosując bezwodny trójtlenek chromu (Cr₂O₃) jako wskaźnik (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 białka lub aminokwasu odpowiednio w suchej masie treści jelitowej i diety.

Analiza statystyczna danych

Przed wyliczeniem istotności różnic pomiędzy grupami kurcząt uzyskane informacje podlegały transformacji zgodnie z równaniem $x = \log(x+2)$ dla procentowych wskaźników śmiertelności. Przekształcone dane poddano analizie statystycznej. Interpretację statystyczną wyników doświadczenia wzrostowego wykonano 2-czynnikową analizą dla poziomów pasz rzepakowych i płci kurcząt z oznaczeniem interakcji obu czynników. Istotność różnic dla wartości średnich 4 grup oceniono testem Tukeya dla 1 i 5% prawdopodobieństwa. Obliczenia wykonano z użyciem programu komputerowego SAS 9.3.TS Level 1 MO. Dla strawności aminokwasów wykonano 1-czynnikową analizę wariancji, identyfikując różnice pomiędzy grupami testem Fishera (NIR) dla 5% prawdopodobieństwa.

Wyniki

Zawartość glukozyolanów w komercyjnych nasionach rzepaku wynosiła $12,25 \pm 4,96$, a w makuchu rzepakowym $14,30 \pm 1,14 \mu\text{M/g}$. Zawartość białka ogólnego w makuchu wynosiła odpowiednio $347,0 \pm 6,31$, tłuszczu surowego $82,8 \pm 4,57$, włókna surowego $110,5 \pm 1,6 \text{ g/kg}$, a energii metabolicznej $9,5 \text{ MJ/kg}$. Zawartość aminokwasów lizyny, metioniny i metioniny z cystyną wynosiła odpowiednio w g/kg : 16,3; 6,5 i 17,5; wapnia w g/kg : 6,4; fosforu ogólnego 10,6 i fosforu przyswajalnego 2,0. Poziom skrobi wynosił 35 g/kg .

Składniki mieszanek paszowych i ich wartość pokarmową podano w tabeli 2. Zwiększenie zawartości makuchu rzepakowego na wszystkich poziomach istotnie obniżyło masę ciała kurcząt w pierwszym i w całym okresie odchowu ($P < 0,01$). Stwierdzono istotnie wyższą masę ciała kogutków ($P < 0,01$), a interakcja poziomu śruty rzepakowej i płci była nieistotna (tab. 3). Makuch rzepakowy w mieszankach na poziomie średnim i wysokim istotnie zwiększył śmiertelność ptaków ($P < 0,01$). Nie stwierdzono wpływu płci na wartość tego wskaźnika, przy braku istotnej interakcji poziomu makuchu rzepakowego i płci. Nie stwierdzono również istotnego wpływu głównego czynnika doświadczalnego na pobranie paszy, z tendencją do jej zwiększenia w grupach doświadczalnych (tab. 3). Pobranie paszy przez kogutki było wyższe niż przez kurki, przy braku różnic statystycznie istotnych, a także istotnej interakcji poziomu makuchu rzepakowego i płci na ten parametr. Zamiana śruty sojowej na makuch rzepakowy wywołała istotne pogorszenie wskaźnika wykorzystania paszy ($P < 0,01$). Stopniowe ograniczanie śruty sojowej w mieszankach paszowych spowodowało statystycznie istotne obniżenie wskaźnika efektywności produkcji kurcząt brojlerów ($P < 0,01$).

Tabela 2. Komponenty i składniki pokarmowe mieszanek paszowych dla kurcząt brojlerów (S starter; G-F grower-finisher)
 Table 2. Components and nutrients content of feed mixture for broiler chickens (S starter; G-F grower-finisher)

Wyszczególnienie Item	Śruta sojowa Soybean meal		Pasze wysokobiałkowe w diecie (%) High protein feedingstuffs in the diet (%)					
	S	G-F	niski – low		średni – medium		wysoki – high	
			S	G-F	S	G-F	S	G-F
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Śruta kukurydziana Maize, ground	55,0	48,2	51,2	41,6	50,2	40,1	48,6	38,7
Śruta pszeniczna Wheat, ground	-	10,0	-	10,0	-	10,0	-	10,0
Śruta sojowa Soybean meal	36,0	30,0	26,0	18,0	24,0	15,5	21,5	13,0
Makuch rzepakowy Rapeseed cake	-	-	4,0	8,0	7,0	12,0	11,0	16,0
Wywar gorzelniany Distillers dried grain with solubles	-	-	8,0	10,0	8,0	10,0	8,0	10,0
Drożdże paszowe Fodder yeast	2,0	3,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Olej rzepakowy Rape oil	2,6	4,5	2,6	4,4	2,7	4,4	2,8	4,4
Kreda paszowa Ground limestone	1,2	1,2	1,3	1,3	1,2	1,3	1,2	1,2
Fosforan dwuwapniowy Dicalcium phosphate	2,0	1,9	1,7	1,5	1,7	1,5	1,7	1,5
Sól paszowa Fodder salt	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
DL-Metionina DL-Methionine	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
L-Lizyna L-Lysine	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Premiks ¹⁻² Premix	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Składniki pokarmowe (g/kg) Nutrients (g/kg)								
sucha masa dry matter	901,0	893,2	902,1	907,0	902,3	908,0	902,8	908,0
AME n MJ/kg	12,72	12,90	12,73	12,90	12,73	12,90	12,73	12,90

cd. tabeli 2 – Table 2 contd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
białko ogólne	223,2	214,7	223,3	214,9	223,3	214,8	223,2	214,9
crude protein								
tłuszcz surowy	32,2	57,8	43,7	71,0	54,8	72,4	58,2	73,8
crude fat								
włókno surowe	27,0	24,3	43,9	45,1	45,3	47,4	47,6	49,3
crude fibre								
skrobia	360	359	343	345	337	331	324	320
starch								
popiół	52,2	52,5	56,9	52,1	57,4	53,0	57,8	52,7
ash								
wapń	9,4	12,3	9,4	12,4	9,4	12,4	9,3	12,4
calcium								
fosfor	7,3	6,3	7,3	6,3	7,3	6,0	7,2	6,3
phosphorus								
lizyna	12,7	11,6	12,6	11,5	12,6	11,5	12,7	11,6
lysine								
metionina	5,5	5,6	5,4	5,5	5,4	5,6	5,4	5,6
methionine								
cystyna	3,4	3,3	3,4	3,3	3,4	3,3	3,4	3,3
cystine								

¹⁾ W 1 kg mieszanki paszowej starter: witaminy A – 13 500 IU; D – 3600 IU; E – 45 mg; B₁ – 3,25 mg; B₂ – 7,5 mg; B₆ – 5 mg; B₁₂ – 0,0325 mg; K₃ – 3 mg; biotyna – 0,15 mg; kwas nikotynowy 45 mg; pantotenian Ca – 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, wapń – 0,679 g.

²⁾ W 1 kg mieszanki paszowej grower: witaminy A – 12 000 IU; D₃ – 3250 IU; E – 40 mg; B₁ – 2 mg; B₂ – 7,25 mg; B₆ – 4,25 mg; B₁₂ – 0,03 mg; K₃ – 2,25 mg; biotyna – 0,1 mg; kwas nikotynowy – 40 mg; pantotenian Ca – 12 mg; kwas foliowy – 1 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, wapń – 0,7 g.

¹⁾ Supplied to 1 kg of starter diet: vit. A 13 500 IU; vit. D 3 600 IU; vit. E 45 mg; vit. B₁ 3.25 mg; vit. B₂ 7.5 mg; vit. B₆ 5 mg; vit. B₁₂ 0.0325 mg; vit. K₃ 3 mg; biotin 0.15 mg; nicotinic acid 45 mg; Ca-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 and calcium 0.679 g.

²⁾ Supplied to 1 kg of grower diet: vit. A 12 000 IU; vit. D 3 250 IU; vit. E 40 mg; vit. B₁ 2 mg; vit. B₂ 7.25 mg; vit. B₆ 4.25 mg; vit. B₁₂ 0.03 mg; vit. K₃ 2.25 mg; biotin 0.1 mg; nicotinic acid 40 mg; Ca-pantothenate 12 mg; folic acid 1 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 and calcium 0.7.

Nie stwierdzono istotnych różnic w wydajności rzeźnej pod wpływem zwiększających się poziomów makuchu rzepakowego w mieszankach paszowych, przy istotnie wyższej wydajności rzeźnej dla kurek ($P < 0,01$; tab. 4). Zwiększająca się zawartość makuchu rzepakowego w dietach istotnie obniżyła masę tuszek kurcząt wyrażoną w wartościach bezwzględnych, w tym masę mięśni piersiowych i mięśni nóg ($P < 0,01$). Cechy te były istotnie wyższe u kogutków ($P < 0,01$). Nie stwierdzono istotnych różnic masy wątroby zależnie od poziomu makuchu rzepakowego w dietach, z tendencją wzrostową dla poziomu wysokiego makuchu w mieszankach. Stwierdzono istotnie wyższą masę wątroby u kogutków ($P < 0,05$).

Tabela 3. Masa ciała, śmiertelność, spożycie i wykorzystanie paszy oraz indeks produkcji
 Table 3. Body weight, mortality, feed consumption and conversion, and index of production

Wyszczególnienie Item	Śruta sojowa Soybean meal	Pasze wysokobiałkowe w diecie (%) High protein feedingstuffs in the diet (%)			SEM	Płeć Sex		Wartość - P P-value					
		niski low	średni medium	wysoki high		kogutki cockerels	kurki pullets	poziom level	pleć sex	interakcja interaction			
Masa ciała (g) Body weight (g)													
21 dni	774 Aa	726,2 Bb	712,4 Bb	741,0 Cc	5,1	750,8 Aa	726,0 Bb	<0,000	<0,000				0,762
21 day													
42 dni	2523 a	2490 b	2429 c	2450 c	15,2	2500 Aa	2446 Bb	<0,001	<0,001				0,899
42 day													
Śmiertelność (%) Mortality (%)	1 Aa	2 Aa	5 Bb	6 Bb	2	4	3	<0,000	<0,000				0,867
Spożycie paszy (kg/42 dni) Feed consumption (kg/42 days)	4,33	4,48	4,57	4,49	0,14	4,54	4,40	0,378	0,378				0,667
Wykorzystanie paszy (kg/kg MC) Feed conversion (kg/kg BW)	1,72 Cc	1,80 Bb	1,88 Aa	1,83 AaBb	0,11	1,86	1,80	0,002	0,002				0,740
EIEP (punkty) EPEI (points)	340 Aa	310 Bb	297 Cc	296 Cc	21	312	310	<0,000	<0,000				0,886

A, B, C – wartości w rzędach z tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla P<0,01.

A, B, C – values in the rows with the same letters are not different at P<0,01.

a, b, c – wartości w rzędach z tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla P<0,05.

a, b, c – values in the rows with the same letters are not different at P<0,05.

EIEP (punkty) – Europejski Indeks Efektywności Produkcji.

EPEI (points) – European Performance Efficiency Index.

SEM – błąd standardowy średniej.

SEM – standard error of the mean.

MC – masa ciała.

BW – body weight.

Table 4. Ubojowa masa ciała, wydajność rzeźna i parametry poubojowe kurcząt brojlerów
Table 4. Chicken body weight, slaughter yield and post-slaughter parameters of broiler chickens

Wyszczególnienie Item	Śruta sojowa Soybean meal	Pasze wysokobiałkowe w diecie (%) High protein feedstuffs in the diet (%)			SEM	Płeć Sex		Wartość - P P-value		
		niski low	średni mMedium	wysoki high		kogutki cockerels	kurki pullets	poziom level	pleć sex	interakcja interaction
Masa ubojowa (g) Slaughter weight (g)	2501	2457	2421	2460	32	2645 Aa	2275 Bb	0,074	< 0,000	0,563
Tuszką świeżą (g) Fresh carcass weight (g)	1872 Aa	1844 Bb	1780 Cc	1847 Bb	25	1969 Aa	1703 Bb	0,010	< 0,000	0,780
Tuszką schłodzoną (g) Cold carcass weight (g)	1811 Aa	1783 Bb	1722 Cc	1742 Cc	22	1883 Aa	1646 Bb	0,009	< 0,000	0,641
Wydajność rzeźna (g) Slaughter yield (%)	74,85	75,05	73,52	75,08	0,26	73,73 Bb	75,55 Aa	0,087	0,007	0,900
Części tuszki (g) Carcass parts (g)	507,0 Aa	493,6 Bb	473,6 Cc	489,4 Bb	6,4	513,0 Aa	469,0 Bb	0,005	< 0,000	0,659
mięśnie piersiowe breast muscles	391,6 Aa	384,8 Bb	365,8 Cc	362,8 Cc	6,6	396,5 Aa	356,1 Bb	< 0,000	< 0,000	0,745
mięśnie nóg leg muscles	48,1	46,5	48,7	52,8	1,3	52,9 a	45,1 b	0,127	0,042	0,688
wątroba liver										
Części tuszki (%) Carcass parts (%)	28,0	27,7	27,5	28,1	0,6	27,2	28,5	0,530	0,226	0,611
mięśnie piersiowe ¹ breast muscles ¹	21,6	21,6	21,2	20,8	0,4	21,5	21,1	0,499	0,679	0,709
mięśnie nogi ¹ leg muscles ¹	2,0 c	2,5 b	2,7 b	2,9 a	0,5	2,6	2,5	0,028	0,191	0,810
wątroba ² liver ²										

¹W odniesieniu do świeżej masy tuszki. ¹ In relation to fresh carcass weight. ² W odniesieniu do schłodzonej masy tuszki. ² In relation to cool carcass weight.

A, B, C – wartości w rzędach z tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla P<0,01.

A, B, C – values in the rows with the same letters are not different at P<0.01.

a, b, c – wartości w rzędach z tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla P<0,05.

a, b, c – values in the rows with the same letters are not different at P<0.05.

Tabela 5. Skład chemiczny mięsni i parametry osocza krwi
Table 5. Meat chemical composition and blood serum parameters

Wyszczególnienie Item	Śruta sojowa Soybean meal	Pasze wysokobiałkowe w diecie (%) High protein feedings in the diet (%)			SEM	Płeć Sex		Wartość - P P-value		
		niski low	średni medium	wysoki high		kogutki cockerels	kurki pullets	poziom level	płeć sex	interakcja interaction
Mięsne pierświowe (% SM) Breast meat (% of DM)										
sucha masa (%) dry matter (%)	24,75 b	24,81 b	24,98 b	25,39 a	0,09	25,04	24,92	0,040	0,437	0,786
białko ogólne crude protein	23,56	23,60	23,58	23,65	0,06	23,57	23,63	0,975	0,682	0,916
tłuszcz surowy crude fat	1,00	0,97	0,99	1,18	0,04	1,04	1,04	0,204	0,453	0,523
popiół ash	1,19	1,16	1,15	1,15	0,01	1,17	1,16	0,068	0,371	0,328
Parametry osocza krwi Blood plasma indices										
glukoza (mmol/l) glucose (mmol/l)	14,9 b	14,7 b	15,8 a	15,6 a	0,8	15,4	15,1	0,026	0,365	0,779
białko ogólne (g/l) total protein (g/l)	39	39	37	38	3	37	39	0,482	0,672	0,636
trójglicerydy (mmol/l) triglycerides (mmol/l)	0,90 Aa	0,77 Bb	0,72 Bb	0,79 Bb	0,05	0,79	0,81	0,005	0,919	0,910
cholesterol całkowity (mmol/l) total cholesterol (mmol/l)	3,78	3,64	3,62	3,54	0,46	3,67	3,63	0,363	0,811	0,857
HDL (mmol/l)	2,50	2,48	2,48	2,47	0,08	2,52 a	2,44 b	0,993	0,034	0,692

A, B – wartości w rzędach z tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla $P < 0,01$.

A, B – values in the rows with the same letters are not different at $P < 0,01$.

a, b – wartości w rzędach z tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla $P < 0,05$.

a, b – values in the rows with the same letters are not different at $P < 0,05$.

Tabela 6. Pozorna strawność jelitowa białka ogólnego i aminokwasów
 Table 6. Apparent ileal crude protein and amino acids digestibility

Wyszczególnienie Item	Śruta sojowa Soybean meal	Pasze wysokobiałkowe w diecie (%) High protein feedingstuffs in the diet (%)			SEM	Wartość – P P-value
		niski low	średni medium	wysoki high		
Białko ogólne Crude protein	86,2 a	85,0 ab	82,1 b	81,7 b	1,09	< 0,001
Aminokwasy egzogenne Essentials amino acids						
arginina arginine	90,3 a	88,5 ab	85,2 b	84,4 b	0,97	< 0,001
histydyna histidine	85,1 a	83,3 ab	82,8 b	80,2 b	1,22	< 0,001
izoleucyna isoleucine	87,3 a	85,5 b	83,4 b	82,5 bc	1,11	< 0,001
leucyna leucine	88,0 a	87,2 ab	85,9 b	85,5 b	0,84	0,003
lizyna lysine	89,0 a	87,0 ab	84,3 b	83,7 b	1,01	< 0,001
metionina methionine	93,6 a	93,8 a	92,5 ab	89,9 b	0,73	0,006
fenyloalanina phenylalanine	87,7	87,0	86,1	86,2	0,83	0,322
treonina threonine	81,6 a	78,7 b	74,8 b	74,0 b	1,25	< 0,001
walina valine	86,7 a	84,7 ab	81,8 c	81,1 c	1,08	0,002
Aminokwasy endogenne Non essential amino acids						
alanina alanine	87,4 a	86,3 ab	83,9 b	83,0 b	1,00	< 0,001
kwas asparaginowy aspartic acid	85,4a	82,9 b	79,9 c	78,7 c	1,19	< 0,001
cystyna cystine	79,9 a	81,4 a	80,3 a	76,1 b	1,07	0,002
kwas glutaminowy glutamic acid	90,8 a	89,2 ab	87,9 b	88,1 b	0,69	0,004
prolina proline	86,4 a	84,4 b	82,0 bc	80,9 c	0,78	< 0,001
seryna serine	85,1 a	81,3 b	76,5 c	76,6 c	1,20	< 0,001
tyrozyna tyrosine	85,4	85,2	86,0	84,7	1,25	0,299
glicyna glycine	82,4 a	73,3 b	73,7 b	73,6 b	1,09	< 0,001

a, b, c – wartości w wierszach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla $P < 0,05$.

a, b, c – values in the rows with the same letters are not different at $P < 0,05$.

Nie stwierdzono istotnych różnic w udziale mięśni piersiowych, mięśni nóg u kurcząt z poszczególnych grup doświadczalnych liczonych w wartościach względnych jako procent masy tuszki schłodzonej, a także istotnych różnic dla płci (tab. 4). Dla

wszystkich parametrów oceny tuszek kurcząt nie stwierdzono istotnej interakcji poziomu makucho rzepakowego w dietach i płci brojlerów.

Nie stwierdzono istotnego wpływu poziomu makucho rzepakowego w dietach dla kurcząt na zawartość białka, tłuszczu i popiołu w mięśniach piersiowych oraz poziom białka całkowitego i cholesterolu całkowitego oraz wysokocząsteczkowego (HDL) w osoczu krwi (tab. 5). Zwiększającej się zawartości makucho rzepakowego w dietach na poziomie średnim i wysokim odpowiadał istotny wzrost zawartości glukozy i spadek zawartości trójglicerydów w osoczu krwi ($P < 0,05$). Nie stwierdzono istotnej interakcji poziomu makucho rzepakowego w dietach i płci dla składników mięśni piersiowych oraz parametrów osocza krwi (tab. 5).

Stwierdzono istotny spadek pozornej strawności jelitowej białka ogólnego na poziomie średnim i wysokim makucho rzepakowego w mieszankach paszowych ($P < 0,05$; tab. 6). Istotnie obniżyła się pozorna strawność jelitowa aminokwasów egzogennych, w tym argininy, histydyny, izoleucyny, leucyny, lizyny, metioniny, treoniny i waliny. Spośród aminokwasów endogennych także istotnie niższa była strawność jelitowa alaniny, kwasu asparaginowego, cystyny, kwasu glutaminowego, proliny i seryny ($P < 0,05$). Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w pozornej strawności jelitowej fenyloalaniny i tyrozyny.

Omówienie wyników

Niska zawartość tłuszczu w makucho z Zakładów Tłuszczowych BIELMAR wskazuje na zastosowanie profesjonalnych pras tłoczenia oleju z nasion rzepaku, o dużej sile zgniotu. Poziom tłuszczu w makucho nie przekraczał 8,3%, stąd zawartość białka w badanym makucho była relatywnie wysoka w porównaniu do danych zawartych w badaniach Smulikowskiej i in. (1997; 2006), gdzie zawartość tłuszczu surowego w makucho rzepakowym wahała się od 10,3 do 23,2% (Smulikowska i in., 1997). Niższa zawartość tłuszczu w makucho w niniejszej pracy skutkowałą mniejszą wartością energetyczną, lecz wyższą zawartością białka i aminokwasów. Zawartość glukozyńolanów w makucho była wyższa niż w nasionach, co wynikało z wyciśnięcia oleju zawartego w nasionach.

Efektywność żywienia zwierząt, w tym drobiu w kontekście zawartości glukozyńolanów w paszach rzepakowych omówiono w przeglądowej pracy Zduńczyka (1995). Podaje on, że smak śrutu rzepakowej wynika z zawartości gorzkiej synapiny i cierpkich tanin. Stwierdzono, że glukozyńolany przy zawartości powyżej 1,50 $\mu\text{M/g}$ mieszanki paszowej działają goitrogenie i wywołują przerost gruczołu tarczycy, co potwierdzają badania Campbella i Słomskiego (1991). W Polsce przyjęto poziom glukozyńolanów na poziomie 1,5 $\mu\text{M/g}$ mieszanki paszowej za maksymalną dopuszczalną zawartość w mieszankach paszowych dla drobiu (Pastuszewska i in., 1992). W normach żywienia drobiu Smulikowskiej i Rutkowskiego (2005) sprecyzowano iż zalecane poziomy wynoszą 0,5 $\mu\text{M/g}$ dla ptaków reprodukcyjnych, 1,0 $\mu\text{M/g}$ dla kurcząt młodszych (starter) i 1,5 $\mu\text{M/g}$ glukozyńolanów dla kurcząt starszych (grower-finisz). Wyniki badań zamieszczone w tej pracy nie wykazały obniżenia pobrania mieszanek dla kurcząt brojlerów na trzech poziomach zamiany śrutu sojowej na

makuch rzepakowy. Podobne wyniki uzyskano w badaniach nad poekstrakcyjną śrutą rzepakową jako zamiennikiem paszy sojowej w mieszankach paszowych dla kurcząt brojlerów (Michalik-Rutkowska i in., 2017). Być może inne komponenty mieszanek paszowych neutralizują negatywny wpływ glukozynolanów pasz rzepakowych na pobranie mieszanek paszowych. W tej pracy były to drożdże paszowe i suszony wywar gorzelniany. Wyniki badań nad pobraniem pasz zawierających komponenty rzepakowe są rozbieżne. Zduńczyk (1995), a także wcześniej Lee i Hill (1983) przytaczali opinie, że pasze rzepakowe ze względu na gorzki i cierpki smak powodowany obecnością glukozynolanów ograniczają pobranie i obniżają strawność aminokwasów pasz rzepakowych. W innych badaniach podawanie brojlerom diet zawierających glukozynolany zmniejszało pobranie paszy, ograniczało tempo wzrostu i zwiększało śmiertelność ptaków (McNeill i in., 2004). Wcześniejsze badania krajowe wykazały natomiast, że wzrost poziomu glukozynolanów w diecie poprzez zamianę śruty sojowej na makuch rzepakowy nie wpływał na współczynnik konwersji paszy, jak w cytowanych powyżej badaniach, jakkolwiek zwiększał wielkość gruczołu tarczycy i hamował wzrost kurcząt brojlerów (Smulikowska i in., 1990). Należy mieć na uwadze, że 20–30 lat temu nasiona rzepaku i wytwarzane z nich pasze zawierały niemal 2-krotnie więcej glukozynolanów niż obecnie. Polskie odmiany rzepaku w porównaniu do zagranicznych odmian zawierają znacznie mniej glukozynolanów (Krzymański, 1992; 1993).

Wcześniejsze badania wykazały, że pobranie paszy przez drób jest kontrolowane częściowo przez metabolizm wątrobowy składników, jak glukoza, tłuszcze i aminokwasy (Denbow, 1994). Obniżenie pobrania mieszanek paszowych zawierających makuch rzepakowy przypisywano również obecności synapiny, na co zwrócił uwagę Clandinin (1961). Z drugiej strony ptaki mają słabo rozwinięte poczucie smaku (Go, 2006), co sugeruje, że glukozynolany i synapina w niewielkim stopniu mogą wpływać na pobranie paszy. Woyengo i in. (2011) postawili hipotezę, że pobranie mieszanki paszowej zawierającej pasze rzepakowe może obniżać procesy mikrobiologicznej degradacji glukozynolanów, poprzez zwiększanie metabolizmu wątroby. Tendencję do wzrostu masy wątroby przy wysokim poziomie makuchu i glukozynolanów w dietach obserwowano również w naszej pracy. Wyniki uzyskane w niniejszych badaniach wskazują, że zawartość makuchu rzepakowego w dietach dla brojlerów przekraczająca zalecane udziały tych pasz w mieszankach paszowych dla kurcząt brojlerów (Pastuszewska i in., 1992; Smulikowska i Rutkowski, 2005) i zwiększających się poziomach glukozynolanów do poziomu 1,72 $\mu\text{M/g}$ (średni) i 2,29 $\mu\text{M/g}$ (wysoki) nie obniżały pobrania mieszanek paszowych, z tendencją do jego zwiększania. Stwierdzono natomiast statystycznie istotne obniżenie się wskaźnika wykorzystania paszy na wszystkich poziomach makuchu rzepakowego w mieszankach doświadczalnych. Poglądy na temat dopuszczalnego poziomu glukozynolanów w dietach dla kurcząt brojlerów ulegały zmianom. Przyjmowano, że zawartość glukozynolanów w dietach dla kurcząt brojlerów nie powinna przekraczać 6–10 $\mu\text{M/g}$ paszy (Tripathi i Mishra, 2007), a w pracy innych autorów poziom ten obniżono do 2,5 $\mu\text{M/g}$ paszy (Mushtag i in., 2007). W badaniach Smulikowskiej i in. (2006) przyjęto, że dopuszczalna zawartość glukozynolanów w paszy na pierwszy okres chowu brojlerów powinna wynosić 1,2–1,7 $\mu\text{M/g}$, a drugi okres chowu 1,8–2,5 $\mu\text{M/g}$ suchej masy beztłusz-

czowej. W świetle wyników badań prezentowanych w niniejszej pracy poziomy te są zbyt wysokie. Nie można wykluczyć faktu, że stała selekcja kurcząt ras mięsnych w kierunku masy ciała i wykorzystania paszy zwiększyła ich wrażliwość na obecność glukozyolanów w diecie, przy relatywnie niższej zawartości glukozyolanów w nasionach współczesnych polskich odmian rzepaku. W pracy Mawsona i in. (1994) podano maksymalne dopuszczalne zawartości glukozyolanów w dietach dla kurcząt według badań kanadyjskich. Przy 2–4 $\mu\text{M/g}$ diety obserwowano tendencję do obniżonego wzrostu, przy 6–10 $\mu\text{M/g}$ wzrost brojlerów ulegał obniżeniu o 10%, a przy ponad 6–10 $\mu\text{M/g}$ glukozyolanów w nasionach następowało silne zahamowanie wzrostu ptaków. Pastuszewska i in. (1992) zalecają, aby poziom glukozyolanów w dietach dla brojlerów nie przekraczał 1,5 $\mu\text{M/g}$, a dla kur niosek 0,50–1,54 $\mu\text{M/g}$ mieszanek paszowych. Badania wykonane przez Smulikowską (2004) wykazały, że produkowane wówczas makuchy rzepakowe zawierały od 9,3 do 21,8 μM glukozyolanów na gram paszy, natomiast wyniki uzyskane w naszej pracy wskazują, że ich poziom w makuchu rzepakowym nie przekraczał $14,30 \pm 1,14 \mu\text{M/g}$ paszy, przy zawartości w nasionach na poziomie $12,25 \pm 4,96 \mu\text{M/g}$.

Wyniki prezentowane w niniejszym opracowaniu wskazują, że zamiana śruty sojowej na makuch rzepakowy w mieszankach paszowych, przy udziale suszonego wywaru gorzelnianego (DDGS) i drożdży paszowych oraz krystalicznych aminokwasów L-lizyny i DL-metioniny w dietach dla brojlerów prowadzi do wzrostu śmiertelności kurcząt.

W oparciu o wcześniej publikowane wyniki badań, śmiertelność kurcząt można przypisać ujemnemu wpływowi substancji antyodżywczych w mieszankach paszowych, w tym glukozyolanów, na homeostazę organizmów ptaków i ich funkcjonowanie, a szczególnie na metabolizm wątroby (Mawsona i in., 1994). Wprowadzenie makuchu rzepakowego w miejsce śruty sojowej do mieszanek paszowych dla kurcząt zwiększało śmiertelność kurcząt również w badaniach Classena i in. (1991) oraz Newkirka i Classena (2002). Przyczynę upatrywano w zmianach chorobowych nóg, a także w chronicznych wadach serca (chronic heart failure), jako wynik wzmożonego metabolizmu organizmu (Newkirk i Classen, 2002). W prezentowanej pracy istotny wzrost śmiertelności kurcząt za cały okres odchowu obserwowano przy poziomie glukozyolanów na poziomie 1,0 i 1,57 $\mu\text{M/g}$ (starter) oraz 1,14 i 1,72 $\mu\text{M/g}$ (grower-finisher). Wyniki naszych badań wskazują, że zalecenia dopuszczalnej zawartości glukozyolanów w mieszankach paszowych dla brojlerów powinny zostać zrewidowane i obniżone w porównaniu do obecnie obowiązujących. Nie stwierdzono wyższej śmiertelności kogutków, co wykazano w innych badaniach nad śrutą rzepakową w dietach dla kurcząt brojlerów (Olkowski i Classen, 1998). Wyniki tej pracy wykazały brak istotnej interakcji poziomu pasz rzepakowych w mieszankach i płci kurcząt dla śmiertelności kurcząt, co oznacza że kogutki i kurki podobnie reagowały na mieszanki paszowe o zróżnicowanej zawartości makuchu rzepakowego.

Czynnikiem wpływającym na efektywność produkcji kurcząt brojlerów, oprócz śmiertelności, są tempo wzrostu i masa ciała uzyskiwana w czasie 5 lub 6 tygodni odchowu, a także jakość poubojowa tuszek, szczególnie wydajność rzeźna i udział mięśni w tuszce. Zamiana śruty sojowej na makuch rzepakowy skutkowała istotnym obniżeniem masy ciała kurcząt, niższą masą tuszek, mięśni piersiowych i mięśni nóg

oraz europejskiego indeksu efektywności produkcji brojlerów, przy braku różnic w wielkości wskaźnika wydajności rzeźnej, co pozostaje w zgodzie z wynikami badań Scheurmanna i in. (2003). Niższa masa ciała mogła być wynikiem wzrostu aktywności metabolicznej wątroby i rekcji detoksykacyjnych w niej zachodzących. Nie stwierdzono istotnych różnic w masie wątroby kurcząt wyrażonych w wartościach bezwzględnych, lecz istotny był wzrost jej udziału w masie tuszki w grupach doświadczalnych w porównaniu z grupą kontrolną. Przyjmuje się, że masa wątroby przy podawaniu w mieszankach paszowych makuchu rzepakowego jest wskaźnikiem wzrostu wykorzystania energii, zwiększonej utylizacji aminokwasów, składników mineralnych i witamin (Parke i Ioannides, 1981; Bauman i in., 1988). Qiao i Classon (2003) sugerowali, że wzrost masy wątroby pod wpływem makuchu rzepakowego może być wynikiem wzrostu aktywności enzymów detoksykacyjnych, jako rezultat absorpcji produktów degradacji glukozydów w śluzówce jelit. Potwierdzono, że nitryle jako produkty rozkładu glukozydów są związkami toksycznymi i że zwiększają aktywność wątrobowych enzymów detoksykacyjnych (Yang i in., 2001; Tanii i in., 2008). Wzrost aktywności enzymów wątrobowych powoduje wątrobową hiperplazję i hipertrofię, powiększając wymiary i masę wątroby (Person i in., 1983; Roland i in., 1996). Zwiększenie masy wątroby pod wpływem śruty rzepakowej wykazali również Slominski i Campbell (1991) i Newkirk i Classen (2002). Przyczynę zwolnionego i osłabionego tempa wzrostu kurcząt otrzymujących w dietach materiały paszowe z rzepaku przypisywano glukozydom, zakładając niepełny stopień dezaktywacji enzymu myrozynazy (Schöne i in., 1997). Badacze ci wnioskowali, że produkty degradacji glukozydów, szczególnie progoitryna, upośledzają pobieranie jodu z krwi przez gruczoł tarczycy, niezbędnego dla syntezy hormonu 4-jodotyroniny, odpowiedzialnego za mechanizmy wzrostu i rozwoju zwierząt, co zwalnia tempo wzrostu brojlerów.

Wyniki badań uzyskane w naszej pracy, a także wyniki wcześniejszych badań nie wykazały, aby pasze rzepakowe zawarte w mieszankach paszowych dla brojlerów istotnie wpływały na zawartość składników odżywczych zawartych w mięśniach piersiowych brojlerów. Trudno wytłumaczalny jest istotny wzrost zawartości suchej masy w mięśniach piersiowych brojlerów trzeciej grupy doświadczalnej. Brak różnic w zawartości białka i tłuszczu oraz popiołu w mięśniach piersiowych wskazuje, że makuch rzepakowy i zawarte w nim substancje podawane w mieszankach paszowych nie modyfikują procesów metabolicznych związanych z budową tkanki mięśniowej kurcząt brojlerów.

Nieliczne są wyniki wpływu pasz rzepakowych na kształtowanie się podstawowych wskaźników metabolicznych krwi. Zagadnienie to po części omówione zostało w przeglądowej pracy Rutkowskiego i Dąbrowskiego (1984). W niniejszej pracy stwierdzono istotny wpływ makuchu rzepakowego w mieszankach paszowych na wskaźniki krwi u brojlerów, w tym glukozy i trójglicerydów. Wzrost zawartości glukozy przy równoczesnym spadku trójglicerydów w osoczu krwi może sugerować zaburzenia mechanizmu wydzielania insuliny przez trzustkę, a dalej syntezy trójglicerydów. Problem ten mogłyby wyjaśnić bardziej pogłębione badania fizjologiczne na brojlerach. Wyniki te stoją w sprzeczności z wcześniejszymi badaniami dotyczącymi zamiany śruty sojowej na poekstrakcyjną śrutę rzepakową w mieszankach paszowych

dla brojlerów, w których poziom glukozy w osoczu był stabilny, a zawartość trójglicerydów zwiększała się istotnie (Michalik-Rutkowska i in., 2017). Nie stwierdzono również istotnej interakcji poziomu makuchu rzepakowego w mieszankach paszowych dla kurcząt brojlerów i płci kurcząt na kształtowanie się wyżej opisanych parametrów wzrostu oraz jakości tuszek, mięśni piersiowych i osocza krwi. Oznacza to, że zarówno kogutki, jak i kurki w sposób jednakowy reagowały na substytucję śrutę sojowej makuchem rzepakowym.

Strawność jelitowa aminokwasów u kurcząt brojlerów zależy od wielu czynników. Kim i Corzo (2012) wykazali, że rzeczywista strawność jelitowa aminokwasów u brojlerów zależy od linii, wieku i płci kurcząt. Jamroz i in. (2001) wskazali na różnice gatunkowe drobiu, w tym brojlerów, gęsi i kaczek pod względem strawności składników diet pokarmowych. Huang i in. (2005) wykazali, że strawność aminokwasów 8 materiałów paszowych zwiększała się wraz z wiekiem kurcząt brojlerów, co mogło wynikać z rozwoju powierzchni chłonnej jelita cienkiego u rosnących kurcząt. Wykazano również, że na strawność aminokwasów w przewodzie pokarmowym wpływa tempo pasażu treści pokarmowej i długość przewodu pokarmowego (Jamroz i in., 2002). Ptaki starsze posiadają wolniejsze tempo pasażu treści i dłuższy przewód pokarmowy, co zwiększa ekspozycję treści pokarmowej na hydrolityczne działanie enzymów trawiennych, a większa powierzchnia chłonna zwiększa strawność jelitową aminokwasów, co wykazano na paszach pochodzenia zwierzęcego (Shires i in., 1987). Przyjęto, że strawność aminokwasów u drobiu limitowana jest przez substancje antyodżywcze zawarte w diecie jak włókno surowe i taniny (Fan i Sauer, 1999). W dostępnym piśmiennictwie nie stwierdzono bezpośrednich zależności pomiędzy poziomem glukozy w dietach a strawnością pozorną lub rzeczywistą aminokwasów w jelicie cienkim. Wykazano natomiast, że pozorna strawność jelitowa aminokwasów dla pasz przetwarzanych termicznie, poddanych procesom technologicznym jak tostowanie czy suszenie, jest niższa od strawności aminokwasów ziarna zbóż (Szczurek, 2008).

W naszej pracy stwierdzono, że mieszanki typu grower dla kurcząt brojlerów zawierające różne poziomy makuchu rzepakowego charakteryzowały się niższą od 1 do 4 jednostek procentowych pozorną strawnością jelitową białka i aminokwasów, od mieszanek zawierających śrutę sojową. Pozorna strawność jelitowa aminokwasów była wyższa niż w badaniach poekstrakcyjnej śrutę rzepakowej, użytej jako zamiennika śrutę sojowej w badaniach wcześniejszych o około 4–6 jednostek (Michalik-Rutkowska i in., 2017). Makuch użyty w badaniach pochodził z nasion nawilżanych i ogrzewanych przed tłoczeniem oleju, natomiast w przeciwieństwie do śrutę rzepakowej nie był ekstrahowany i poddany wysokiemu ciśnieniu oraz temperaturze w procesie tostowania. Ogrzewanie może uszkadzać białko pasz, wywołując reakcję Maillarda, w wyniku czego maleje jelitowa strawność białka i aminokwasów (Van Soest, 1994). Wyniki badań uzyskane w niniejszej pracy potwierdzają rezultaty Woyengo i in. (2010), którzy w doświadczeniach na brojlerach wykazali wyższą strawność aminokwasów i energii makuchu rzepakowego, aniżeli poekstrakcyjnej śrutę rzepakowej, mimo wyższej zawartości glukozy w makuchu (Glencross i in., 2004). Stwierdzili oni istotnie wyższą strawność jelitową leucyny, treoniny, kwasu asparaginowego, kwasu glutaminowego, glicyny i seryny. Retencja N i energii całkowitej (GE) kurcząt ży-

wionych dietami zawierającymi makuch była wyższa niż kurcząt żywionych dietami z poekstrakcyjną śrutą rzepakową. Współczynniki strawności jelitowej aminokwasów mieszanek paszowych makuchu rzepakowego w naszej pracy nieznacznie odbiegają od rzeczywistej strawności jelitowej aminokwasów komercyjnej śruty poekstrakcyjnej i makuchu rzepakowego uzyskanej w badaniach Szczurka (2010). Niższą strawność makuchu rzepakowego w porównaniu z poekstrakcyjną śrutą sojową tłumaczono na kilka sposobów. Björck i in. (1984) wykazali, że wysoka temperatura modyfikuje matrycę ścian komórkowych, a w efekcie niszczy mostki pomiędzy łańcuchami polisacharydów. W konsekwencji rozkłada związki pomiędzy nimi i depolimeryzuje cząstki włókna, prowadząc do tworzenia fragmentów rozpuszczalnych w wodzie. W wyniku modyfikacji matrycy włókna zwiększa się rozpuszczalność włókna pokarmowego, prowadząc do wzrostu lepkości i obniżenia strawności składników pokarmowych (Mateos i in., 2002; Garcia i in., 2008). Wobec obecności białek i aminokwasów oraz wolnych grup karboksylowych następuje reakcja, w której cukry redukujące i fragmenty włókna, zawierającego celulozę, hemicelulozę i pektyny koniugują z aminokwasami, prowadząc do reakcji Maillarda, tworzenia się zabarwionych na brązowo, nierozpuszczalnych w wodzie i niestrawnych produktów. Jako wskaźnik uszkodzenia białka pasz przetwarzanych termicznie przyjęto rozpuszczalność w roztworze wodnym wodorotlenku potasowego (KOH) (Parsons i in., 1991; Dudley-Cash, 1999), a także ilość N związanego z frakcją ścian komórkowych (Molero-Vichez i Wedzicha, 1997). Wzrost zawartości nierozpuszczalnego N w neutralnym detergencie w śrucie rzepakowej poddanej odparowaniu rozpuszczalnika i toastowania stwierdzono w badaniach Classena i in. (2004) i Woyengo i in. (2010). Przedstawiono opinię, że wyższej strawności pozornej i rzeczywistej makuchu rzepakowego niż śruty rzepakowej sprzyja wyższa zawartość tłuszczu surowego w makuchu. Stwierdzono bowiem, że olej sojowy i rzepakowy dodane do diet zwiększały strawność aminokwasów w dietach dla kurcząt brojlerów (Li i Sauer, 1994; Cervantes-Pahm i Stein, 2008), jakkolwiek mechanizm tego zjawiska nie został wyjaśniony.

Reasumując, można stwierdzić, że makuch rzepakowy o zawartości tłuszczu około 9% stosowany w ilościach powyżej 4% mieszanki starter i 8% mieszanki grower-finisher dla kurcząt brojlerów istotnie obniża efektywność zootechniczną odchovu kurcząt brojlerów, wpływając ujemnie na wielkość produkcji, wykorzystanie paszy, jakość tuszek i pozorną strawność jelitową białka oraz aminokwasów. Poziom $0,57 \mu\text{M/g}$ w okresie starterowym (1–21 dni) oraz $1,14 \mu\text{M/g}$ w okresie growerowo-finisherowym (22–42 dni) zawartości glukozyolanów w mieszankach i dietach pokarmowych dla kurcząt brojlerów można uznać w świetle wykonanych badań za wartości graniczne, przy których następuje obniżenie efektywności produkcji kurcząt brojlerów. Wykazano, że współczesne kurczęta brojlery rodu Ross 308 wrażliwe są na obecność w mieszankach paszowych i dietach pokarmowych glukozyolanów, pomimo niższej ich zawartości w makuchu rzepakowym niż w minionych latach.

Piśmiennictwo

- AOAC (2006). Official Methods of Analysis. 18th Ed. AOAC, Gaithersburg, MD.
Bartkowiak-Broda I., Piotrowska A., Hernacki B., Michalski K., Krotka K.

- (2011). Genetic and molecular analysis of specific-origin yellow-seed winter rapeseed (*B. napus* L. var. *oleifera*). Proc. 13th Intern. Rapeseed Congress, Prague, Czech Republic, ss. 656–659.
- Bauman P.F., Smith K., Bray T.M. (1988). The effect of dietary protein and sulfur amino acids on hepatic glutathione concentration and glutathione dependent enzyme activities in the rat. *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, 66: 1048–1052.
- Björck I., Nymán M., Asp N.G. (1984). Extrusion-cooking and dietary fiber: Effects on dietary fiber content and on degradation in the rat intestinal tract. *Cereal Chem.*, 61: 174–179.
- Brzóska F. (2009a). Czy istnieje możliwość substytucji białka GMO innymi surowcami białkowymi (Cz. I). *Wiad. Zoot.*, 1: 3–9.
- Brzóska F. (2009b). Czy istnieje możliwość substytucji białka GMO innymi surowcami białkowymi (Cz. II). *Wiad. Zoot.*, 2: 3–11.
- Brzóska F., Hanczakowska E., Koreleski J., Strzetelski J., Świątkiewicz S. (2010). Pasze rzepakowe w żywieniu zwierząt. Wyd. Polskie Stowarzyszenie Producentów Oleju. T. IV, Warszawa, ss. 1–79.
- Campbell L.D., Słominski B.A. (1991). Nutritive quality of low-glucosinolate canola meal for laying hens. Proc. GCIRC 8th Inter. Rapeseed Congr., Saskatoon, Saskatchewan, Canada, vol. 2: 442–447.
- Cervantes-Pahm S.K., Stein H.H. (2008). Effect of dietary soybean oil and soybean protein concentration on the concentration of digestible amino acids in soy bean products fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 86: 1841–1849.
- Clandinin D.R. (1961). Effect of sinapin, the bitter substance in rapeseed oil meal, on growth of chickens. *Poultry Sci.*, 40: 484–487.
- Clandinin D.R., Robblee A.R. (1983). Canola meal can be good source of high quality protein for poultry. *Feedstuffs*, 55: 36–37.
- Classen H.L., Bell J.M., Clark W.D. (1991). Nutritional value of very low glucosinolate canola meal for broiler chickens. Proc. of the GCIRC 8th Int. Rapeseed Congr., 2: 390–395.
- Classen H.L., Newkirk R.W., Maenz D.D. (2004). Effect of conventional and novel processing on the feed value of canola meal for poultry. Proc. Austr. Poultry Sci. Sym., 16: 1–8.
- Dänicke S., Kracht W., Jeroch H., Zachmann R., Heidenreich E., Löwe R. (1998). Effect of different technical treatments of rapeseed on the feed value for broilers and laying hens. *Arch. Anim. Nutr.*, 51 (1): 53–62.
- Denbow D.M. (1994). Peripheral regulation of food intake in poultry. *J. Nutr.*, 124: 1349S–1354S.
- Dudley-Cash W.A. (1999). Methods for determining quality of soybean meal protein important. *Feedstuffs*, 71: 10–11.
- Dzwonkowski W., Hryszko K. (2011). Raport o sytuacji na światowym rynku pasz wysokobiałkowych ze szczególnym uwzględnieniem produkcji roślin GMO. Wyd.: IERiGŻ, Nr 22, Warszawa.
- Dzwonkowski W., Hanczakowska E., Niwińska B., Świątkiewicz S. (2015). Raport o sytuacji na światowym rynku roślin GMO i możliwościach substytucji genetycznie zmodyfikowanej soi krajowymi roślinami białkowymi w aspekcie bilansu białkowego. Wyd. IERiGŻ, Warszawa.
- European Tables of Energy Value for Poultry Feedstuffs (1989). Publ. Group No. 2, Nutrition, European Federation WPSA, Beekbergen, The Netherlands.
- Fan M.Z., Sauer W.C. (1999). Variability of apparent ileal amino acid digestibility in different pea samples for growing-finishing pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, 79: 467–475.
- García M.R., Lázaro R., Latorre M.A., Gracia M.I., Mateos G.G. (2008). Influence of enzyme supplementation and heat processing of barley on digestive traits and productive performance of broilers. *Poultry Sci.*, 87: 940–948.
- Glencross B., Hawkins W., Curnow J. (2004). Nutritional assessment of Australian canola meals. I. Evaluation of canola oil extraction methods and meal processing conditions on the digestible value of canola meals fed to the red seabream (*Pagrus auratus*, Paulin). *Aquacult. Res.*, 35: 15–24.
- Go Y. (2006). Lineage-specific expansions and contractions of the bitter taste receptor gene repertoire in vertebrates. Proc. of the SMBE Tri-National Young Investigators' Workshop 2005. *Mol. Biol. Evol.*, 23: 964–972.
- Huang K.H., Ravindran V., Li X., Bryden W.L. (2005). Influence of age on the apparent ileal amino acid digestibility of feed ingredients for broiler chickens. *Br. Poultry Sci.*, 46 (2): 236–245.

- Jamroz D., Jakobsen K., Orda J., Skorupińska J., Wiliczkiwicz A. (2001). Development of gastrointestinal tract and digestibility fibre and amino acids in young chickens, ducks and goose fed diets with high amounts of barley. *Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.*, 130: 643–652.
- Jamroz D., Wiliczkiwicz A., Orda J., Wartecki T., Skorupińska J. (2002). Aspects of development of digestive activity of intestine in young chickens, ducks and geese. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)*, 86: 353–366.
- Jeroch H., Jankowski J., Schöne F. (2008). Rapeseed products in the feeding of broiler and laying hens. *Arch. Geflügelk.*, 72: 49–55.
- 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.
- Kim E.J., Corzo A. (2012). Interactive effects of age, sex, and strain on apparent ileal amino acid digestibility of soybean meal and an animal by-product blend in broilers. *Poultry Sci.*, 91: 908–917.
- Kokot F., Kokot S. (1996). *Badania laboratoryjne. Zakres norm i interpretacja*. Warszawa. Wyd. PZWL.
- Krzymański J. (1992). Wymagania jakościowe rzepaku dla przemysłu olejarskiego i paszowego. *Więś Jutra*, 2 (43): 43–44.
- Krzymański J. (1993). Possibility to take the full advantages of the quality of double low oilseed rape (in Polish). *Post. Nauk Roln.*, 6: 161–166.
- Lee K-H., Oloju J.M., Sim J.S. (1991). Live performance, carcass yield, protein and energy retention of broiler chickens fed canola and flax full-fat seeds and the restored mixtures of meal and oil. *Can. J. Anim. Sci.*, 71: 897–903.
- Lee P.A., Hill R. (1983). Voluntary food intake of growing pigs given diets containing rapeseed meal from different types and varieties of rape, as the only protein supplement. *Br. J. Nutr.*, 50: 661–671.
- Li S., Sauer W.C. (1994). The effect of dietary fat content on amino acid digestibility in young pigs. *J. Anim. Sci.*, 72: 1737–1743.
- Mateos G.G., Lazaro R.P., Gracia M.I. (2002). The feasibility of using nutritional modifications to replace drugs in poultry feed. *J. Appl. Poult. Res.*, 11: 437–452.
- Mawson R., Heaney R.K., Zduńczyk Z., Kozłowska H. (1994). Rapeseed meal glucosinolates and their antinutritional effect. Part 3. Animal growth and performance. *Die Nahrung*, 38: 167–177.
- McNeill L., Bernard K., MacLeod M.G. (2004). Food intake, growth rate, food conversion and food choice in broilers fed on diets high in rapeseed meal and pea meal, with observations on sensory evaluation of the resulting poultry meat. *Br. Poultry Sci.*, 45: (4) 519–523.
- Michalik-Rutkowska O., Brzóška F., Pietras M., Śliwiński B. (2017). Wpływ substytucji śrutu sojowej śrutą rzepakową w dietach dla kurcząt brojlerów, na masę ciała, jakość tuszek i pozorną strawność jelitową aminokwasów. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 44, 1: 69–93.
- Molero-Vitchez M.D., Wedzicha B.L. (1997). A new approach to study the significance of Amadori compounds in the Maillard reaction. *Food Chem.*, 58: 249–254.
- 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. (2002). The effect of toasting canola meals on body weight, feed conversion efficiency, and mortality in broiler chickens. *Poultry Sci.*, 81: 815–825.
- Olkowski A.A., Classen H.L. (1998). High incidence of cardiac arrhythmias in broiler chickens. *J. Vet. Med.*, 45: 83–91.
- Parke D.V., Ioannides C. (1981). The role of nutrition in toxicology. *Annu. Rev. Nutr.*, 1: 207–234.
- Parsons C.M., Hashimoto K., Wedekind K.J., Baker D.H. (1991). Soybean protein solubility in potassium hydroxide. An *in vitro* test of *in vivo* protein quality. *J. Anim. Sci.*, 69: 2918–2924.
- Pastuszewska B., Smulikowska S., Raj S., Ziółcka A. (1992). *Rzepak w żywieniu zwierząt*. Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego PAN, Praca zbiorowa pod red. Pastuszewskiej B., 27.
- Pearson A.W., Greenwood N.M., Butler E.J., Fenwick G.R. (1983). Biochemical changes in layer and broiler chickens when fed on high glucosinolate rapeseed meal. *Br. Poultry Sci.*, 24: 417–427.

- Qiao H., Classon H.L. (2003). Nutritional and physiological effects of rapeseed meal sinapine in broiler chickens and its metabolism in the digestive tract. *J. Sci. Food Agric.*, 83: 1430–1438.
- Roland N., Rabot S., Nugon-Baudon L. (1996). Modulation of the biological effects of glucosinolates by inulin and oat fibre in gnotobiotic rats inoculated with a human whole faecal flora. *Food Chem. Toxicol.*, 34: 671–677.
- Rutkowski A., Dąbrowski K. (1984). Żywnienie śrutą rzepakową a jakością mleka, jaj i mięsa. *Post. Nauk Roln.*, 3: 9–20.
- Saha D.C., Gilberth 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.
- Scheuermann D.N., Bilgili S.F., Hess J.B., Mulvaney D.R. (2003). Breast muscle development in commercial broiler chicken. *Poultry Sci.*, 82: 1648–1658.
- Schöne F., Rudolph B., Kirchheim U., Knapp G. (1997). Counteracting the negative effects of rapeseed and rapeseed press cake in pig diets. *Br. J. Nutr.*, 78: 947–962.
- Shires A., Thompson J.R., Turner B.V., Kennedy P.M., Goh Y.K. (1987). Rate of passage of corn-canola meal and corn-soybean meal diets through the gastrointestinal tract of broiler and White Leghorn chickens. *Poultry Sci.*, 66: 289–298.
- Słominski B.A., Campbell L.D. (1991). Influence of indole glucosinolates on the nutritive quality of canola meal. Pages 396–401 in *Proc. 8th Int. Rapeseed Congress*, Saskatoon, Saskatchewan, Canada. Canola Council of Canada, Winnipeg, Manitoba, Canada.
- Smulikowska S. (2003). Wartość odżywcza wytlóków rzepakowych dla drobiu. *Polskie Drobiarstwo*, 6: 9–11.
- Smulikowska S. (2004). Wartość pokarmowa i wykorzystanie wytlóków rzepakowych w żywieniu drobiu i świń. *Wyd. Instytut Zootechniki PIB*.
- Smulikowska S., Rutkowski A. (2005). Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz. *Normy Żywnienia drobiu. Wydanie czwarte zmienione i uzupełnione*. Wyd.: Instytut Fizjologii i Żywnienia Zwierząt PAN, Jabłonna.
- Smulikowska S., Chibowska M., Wiśniewska J. (1990). Effects of low glucosinolate rapeseed – raw, pressed or extracted on performance, expeller status and fatty acid profile of broiler chickens. *Proc. of 8th European Poultry Conference*, Barcelona, pp. 348–351.
- Smulikowska S., Pastuszewska B., Mieczkowska A., Ochtabińska A. (1997). Chemical composition, energy value for chickens, and protein utilization in rats of rapeseed expeller cakes produced by different pressing technologies. *J. Anim. Feed Sci.*, 6: 109–121.
- Smulikowska S., Czerwiński J., Mieczkowska A. (2006). Nutritional value of rapeseed expeller cake for broilers: effect of dry extrusion. *J. Anim. Feed Sci.*, 15 (3): 445–453.
- Szczurek W. (2008). The use of assessed values of ileal amino acid digestibility in formulation of diets for broiler chickens between 3 and 6 weeks of age. *Proc. of the 37th Scientific Conference of Polish Academy of Sciences – Committee of Animal Science*. Szczecin, pp. 63–64.
- Szczurek W. (2010). Standardized ileal digestibility of amino acids in some cereals, rapeseed products and maize DDGS for broiler chickens at the age of 14 days. *J. Anim. Feed Sci.*, 19: 73–81.
- Świątkiewicz S., Arczewska-Włosek A. (2011). Prospects for the use of genetically modified crops with improved nutritional properties as feed materials in poultry nutrition. *World Poultry Sci. J.*, 67 (4): 631–642.
- Świątkiewicz S., Świątkiewicz M., Koreleski J., Kwiatek K. (2010). Nutritional efficiency of genetically-modified insect resistant corn (MON810) and glyphosate tolerant soybean meal (Roundup Ready) for broilers. *Bull. Vet. Inst. Puławy*, 54: 43–48.
- Świątkiewicz S., Koreleski J., Arczewska-Włosek A., Świątkiewicz M., Twardowska M., Markowski J., Mazur M., Kwiatek K. (2011). Detection of transgenic DNA from Bt maize and herbicide tolerant soybean meal in tissues, eggs and digestive tract content of laying hens fed diets containing genetically modified plants. *Ann. Anim. Sci.*, 11 (3): 413–424.
- Tanii H., Higashi T., Nishimura F., Higuchi Y., Saijoh K. (2008). Effects of cruciferous allyl nitrite on phase 2 antioxidant and detoxification enzymes. *Med. Sci. Monit.*, 14: 189–192.
- Tripathi M.K., Mishra A.S. (2007). Glucosinolates in animal nutrition: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 132: 1–27.
- Van Soest J.P. (1994). *Nutritional Ecology of Ruminants*. 2nd ed. Cornell University Press, Ithaca, NY.
- Woyengo T.A., Kiarie E., Nyachoti C.M. (2010). Metabolizable energy and standardized ileal

- digestible amino acid contents of expeller-extracted canola meal fed to broiler chicks. *Poultry Sci.*, 89: 1182–1189.
- Woyengo T.A., Kiarie E., Nyaachoti C.M. (2011). Growth performance, organ weights, and blood parameters of broilers fed diets containing expeller-extracted canola meal. *Poultry Sci.*, 90: 2520–2527.
- Yang O., Frandsen H., Hansen K.T., Sørensen J.N., Andersen O. (2001). Biochemical effects of dietary intakes of different broccoli samples. I. Differential modulation of cytochrome p-450 activities in rat liver, kidney, and colon. *Metabolism*, 50: 1123–1129.
- Zduńczyk Z. (1995). Glukozyzolinany rzepaku – wpływ na spożycie pasz, zdrowie i produktywność zwierząt oraz jakość produktów zwierzęcych. *Post. Nauk. Roln.*, 5: 431–54.
- Zgłobica A., Różycka B. (1972). Procedura analizy tuszek kurcząt. *Wyd. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa*, ss. 72–85.

Zatwierdzono do druku 8 I 2018

OLGA MICHALIK-RUTKOWSKA, FRANCISZEK BRZÓSKA, MARIUSZ PIETRAS,
BOGDAN ŚLIWIŃSKI

Effect of replacing soybean meal with rapeseed cake in broiler chicken diets on body weight, carcass quality and apparent ileal digestibility of amino acids

SUMMARY

The aim of the study was to investigate the effect of SBM substitution with RSC in maize-wheat meal based diets, balanced with DDGS and fodder yeast, L-Lysine, DL-Methionine on the growth performance, mortality, feed consumption and conversion, carcass traits and meat composition of broiler chickens and to determine apparent ileal crude protein and amino acids digestibility. The diets were formulated to have the same ME, CP, Ca, P and amino acids content. Chickens aged 2–4 wks, a total of 640 sexed broilers (Ross 308, 1 d old) were divided into 4 groups each having 2 semi-groups (male and female) with 8 replications, 10 birds in each replication, and fed 4 mash diets. The diets were a complete maize-wheat meal with 4 decreasing SBM contents (starter/grower-finisher), in percent: 33/30; 26/18; 24/15.5; and 21.5/13 and 4 increasing RSC contents, respectively 0/0 (control); 4/8 (Low level); 7/12 (Medium level) and 11/16 (High level). Adequately to the RSM in the diets, the level of glucosinolate in the diets was, in $\mu\text{M/g}$, respectively: 0.0; 0.57; 1.0; and 1.57 (starter) and 0.0; 1.14; 1.72; and 2.29 (grower-finisher).

Inclusion of the RSC instead of SBM in the diets, decreased significantly the body weight at 42 day respectively by 1.3; 3.7; and 2.9% compared to the control diet ($P \leq 0.01$). The feed conversion significantly increased, respectively by 4.4; 8.5; and 6.0% ($P \leq 0.01$). The highest level of RSC in the diet significantly decreased the broiler chicken mortality ($P \leq 0.01$). An increase in dietary level of RSM and a decrease in SBM caused a decrease in the carcass, breast and leg muscles weight, but significantly increased the liver weight at High level of RSC in the diet.

The aim of the study was also to investigate the effect of SBM substitution with RSC on ileal CP and AA digestibility. A total of 320 cockerels (Ross 308), 2–4 wks old were divided into 4 groups with 8 replications, 10 birds per replication, and fed 4 mash diets as in growing experiment (Grower), with Cr_2O_3 as ileal digestibility marker. The diets were a complete maize-wheat meal with 4 decreasing SBM contents (starter/grower-finisher). RSC that replaced dietary SBM significantly decreased the CP and AA ileal apparent digestibility in Medium and High substitution levels of the soybean meals.

The results suggest that RSC included in the diet for broiler chickens at more than 4 (starter) and 8% (grower), respectively with 0.57 and 1.14 $\mu\text{M/g}$ glucosinolates, had a negative effect on growth, carcass quality, apparent ileal protein and amino acid digestibility.

Key words: soybean meal, rapeseed cake, broiler chickens, productivity, amino acid digestibility