

## WPLYW SUBSTYTUCJI ŚRUTY SOJOWEJ ŚRUTĄ RZEPAKOWĄ NA MASĘ CIAŁA KURCZĄT, JAKOŚĆ TUSZEK I POZORNĄ STRAWNOŚĆ JELITOWĄ AMINOKWASÓW\*

Olga Michalik-Rutkowska<sup>1</sup>, Franciszek Brzoska<sup>2</sup>, Bogdan Śliwiński<sup>2</sup>,  
Mariusz Pietras<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departament Bezpieczeństwa Żywności Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 00-930 Warszawa

<sup>2</sup>Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy, Dział Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa,  
32-083 Balice k. Krakowa

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

*Celem badań była ocena możliwości substytucji śrutu sojowej poekstrakcyjnej śrutą rzepakową poekstrakcyjną w mieszankach paszowych dla kurcząt brojlerów. 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. Kogutki i kurki utrzymywano w oddzielnych klatkach, po 8 powtórzeń dla każdej płci. Mieszanki paszowe w grupach żywieniowych zawierały 4 malejące poziomy śrutu sojowej (starter/grower-finisher) 36/30; 24,3/20,4; 21,2/17,7 i 17,1/11,2% oraz 4 rosnące poziomy śrutu rzepakowej, odpowiednio: 0/0; 4/12,6 (poziom niski); 7/16,2 (poziom średni) i 11/20,7% (poziom wysoki). Diety zawierające śrutę rzepakową uzupełniono dodatkiem suszonego wywaru gorzelnianego (DDGS) i drożdży paszowych. Potrzeby aminokwasowe wszystkich grup zbilansowano dodatkiem L-lizyny i DL-metioniny. Substytucja śrutu sojowej śrutą rzepakową obniżyła masę ciała kurcząt w porównaniu do grupy sojowej (kontrola) odpowiednio o 5,5; 5,4 i 9,8% ( $P \leq 0,01$ ) oraz zwiększyła zużycie paszy na przyrost masy ciała odpowiednio o 4,8; 5,8 i 8,2%. Istotnie zwiększyła się śmiertelność kurcząt, a zmniejszeniu uległy masa i parametry kulinarne tuszek ( $P \leq 0,01$ ). Poziom wysoki śrutu rzepakowej w mieszankach paszowych (11 starter, 20,7% grower-finisher) istotnie zwiększył śmiertelność kurcząt ( $P \leq 0,01$ ). Nie stwierdzono różnic w pobraniu paszy, lecz nastąpiło istotne pogorszenie wskaźnika wykorzystania paszy. Ocenę pozornej jelitowej strawności białka ogólnego i aminokwasów wykonano na 320 kogutkach odmiany Ross 308, w wieku 2–4 tygodni, podzielonych na 4 grupy, każda w 8 powtórzeniach po 10 kurcząt. Badania prowadzono metodą wskaźnikową z użyciem trójtlenku chromowego. Kurczęta żywiono mieszankami typu grower-finisher, o składzie i wartości pokarmowej jak w doświadczeniu wzrostowym. Substytucja śrutu sojowej istotnie obniżyła pozorną strawność białka ogólnego w dietach doświadczalnych w porównaniu do kontrolnej z 85,5 do 76,7; 76,6 i 75,7%, lizyny z 88,2 do 81,8; 80,1 i 79,2% oraz metioniny z 93,9 do 86,9; 90,5 i 88,5%. Wyniki badań wykazały, że poekstrakcyjna śruta rzepakowa nie może zastąpić śrutu sojowej w mieszankach paszowych dla kurcząt brojlerów, a jej poziom powyżej 4% dla kurcząt młodszych (starter) i 12–16% dla kurcząt starszych (grower-finisher) przy zawartości około 9,5 glukozyolanów na gram poekstrakcyjnej śrutu rzepakowej obniża produkcję, jakość tuszek i pozorną strawność jelitową białka oraz aminokwasów, a także istotnie zwiększa zużycie paszy na jednostkę produkcji.*

*Słowa kluczowe: poekstrakcyjna śruta sojowa, poekstrakcyjna śruta rzepakowa, kurczęta brojlery, substytucja*

Zgodnie z przepisami Ustawy o Paszach z dnia 22 lipca 2006 r. (Dz. U. Nr 144, poz. 1045, z późn. zm.) wprowadzony został zakaz stosowania pasz genetycznie zmodyfikowanych (GM) w żywieniu zwierząt w Polsce (Brzóska, 2009a). Nowelizacja Ustawy Paszowej przez Sejm i Senat RP trzykrotnie przesuwała termin wejścia zakazu w życie i ostatecznie ustalona została na dzień 1.01.2019 roku. Powyższy fakt zmusza do poszukiwania alternatywnych wysokobiałkowych źródeł białka paszowego do żywienia zwierząt. Podstawową paszą wysokobiałkową dla zwierząt w Unii Europejskiej, w tym w Polsce, jest poekstrakcyjna śruta sojowa. Występuje ona w dwóch postaciach jako śruta sojowa o 44 i 48% zawartości białka ogólnego (Brzóska i Śliwa, 2016). Import pasz sojowych, pełnych nasion i śruty sojowej z Argentyny, Brazylii i USA do Unii Europejskiej wynosi corocznie ponad 34 000 000 ton, w tym 2 050 000 ton do Polski. Badania monitoringowe wykonane w Polsce wykazały, że 95% śruty sojowej znajdującej się na polskim rynku było śrutą zmodyfikowaną genetycznie, odporną na glifosat, czynnik aktywny herbicydu Roundup Ready (Markowski i Korol, 2006). Około 59% śruty sojowej zużywa się do produkcji mieszanek paszowych dla drobiu, w tym dla kurecząt rzeźnych brojlerów (Brzóska, 2009a, b; Dzwonkowski i in., 2015). Pozostałymi wysokobiałkowymi materiałami paszowymi w naszym kraju są pasze rzepakowe, śruta i makuch, śruta poekstrakcyjna słonecznikowa, nasiona roślin strączkowych, w tym groch, bobik i łubin, a także drożdże paszowe i suszony wywar gorzelniany (DDGS). Dzięki importowi śruty sojowej Polska jest największym producentem i eksporterem mięsa drobiowego w Unii Europejskiej (Eurostat, 2016).

Badania naukowe prowadzone od wczesnych lat 80-tych XX w. wskazują, że pasze rzepakowe nie są pełnowartościowym substytutem śruty sojowej w żywieniu zwierząt (Jamroz, 1984; Koreleski i in., 1986; Mazanowska i in., 1987) co oznacza, że śruty sojowej w mieszankach paszowych nie można zastąpić w pełni innymi materiałami paszowymi. Potwierdzają to badania zagraniczne, w tym niemieckie i kanadyjskie, stwierdzające, że jakkolwiek białko pasz rzepakowych jest wartościowe, to nie może być substytutem białka sojowego w całości (Lee i in., 1991; Dänicke i in., 1998; Jeroch i in., 2008). Pasze rzepakowe zawierają substancje antyodżywcze, w tym glukozynolany i znaczną ilość włókna surowego. Oba czynniki istotnie ograniczają wykorzystanie pasz rzepakowych w mieszankach dla zwierząt monogastrycznych, w tym kurecząt brojlerów. Badania prowadzone w latach 90-tych XX w. nad poekstrakcyjną śrutą rzepakową pozwoliły na opracowanie zalecanych i dopuszczalnych poziomów tych pasz w mieszankach paszowych dla zwierząt, w tym dla drobiu (Pastuszewska i in., 1992; Jeroch i in., 2001). Od tamtego czasu minęło 25 lat systematycznie prowadzonej pracy selekcyjnej nad nowymi odmianami rzepaku. Dopuszczono do uprawy odmiany rzepaku o niskiej zawartości glukozynolanów. Glukozynolany są substancjami pełniącymi istotną rolę fizjologiczną w roślinach krzyżowych (Fenwick i in., 1983; Słominski, 1986; Drozdowska, 1994; Mawson i in., 1994; Chen i Anderson, 2001; Tripathi i Mishra, 2007), natomiast są niepożądane w dietach dla drobiu. Po zniszczeniu struktury fizycznej nasion rzepaku, pod wpływem enzymu myrozynazy glukozynolany hydrolizowane są do glukozy i substancji antyodżywczych o działaniu wolotwórczym, w tym kwaśnych siarczków, tiocyjaneków, izotiocyjaneków i nitryli (Oleszek, 1995; Zduńczyk, 1995). Obecnie krajowe

odmiany rzepaku, w większości mieszańcowe, zawierają poniżej 1,5% kwasu erukowego, a zawartość glukozyzolanów w nich nie przekracza 15–18  $\mu\text{M/g}$  powietrznie suchej masy. W kraju zarejestrowano i dopuszczono do uprawy 31 odmian jarych i 111 odmian ozimych rzepaku (COBORU, 2015). Areał uprawy rzepaku w Polsce w 2014 r. wyniósł 941,6 tys./ha, a zbiory powyżej 3 200 000 ton nasion. Produkcja poekstrakcyjnej śruty rzepakowej w Polsce przekracza 2 200 000 ton, z czego 906 tys. ton wykorzystywane jest do produkcji mieszanek paszowych, a około 40% jest eksportowane, głównie do Niemiec (Dzwonkowski i in., 2015). Udział poekstrakcyjnej śruty rzepakowej w produkcji mieszanek paszowych w Polsce wynosi około 22% (Brzóska i in., 2009a, b; Dzwonkowski i in., 2015).

Przyjęto założenie, że wobec systematycznej pracy nad doskonaleniem odmian rzepaku oraz otrzymaniem odmian rzepaku o niskiej zawartości glukozyzolanów na średnim poziomie 15  $\mu\text{M/g}$  SM możliwe będzie zwiększenie poziomu poekstrakcyjnej śruty rzepakowej w mieszankach paszowych dla brojlerów. Dane w opracowaniu Pastuszewskiej i in. (1992) zawierają informacje ogólne o poziomie zalecanym i dopuszczalnym pasz rzepakowych w mieszankach paszowych dla drobiu nieśnego i mięsnego, nie różnicując wieku i okresu chowu kurcząt. Zamiana śruty sojowej poekstrakcyjną śrutą rzepakową w mieszankach paszowych dla drobiu wymaga uwzględnienia w recepturach mieszanek paszowych również innych pasz o wysokiej zawartości białka i aminokwasów. W polskich warunkach mogą to być nasiona roślin strączkowych, głównie grochu, bobiku i łubinów, a także suszony wywar gorzelniany (DDGS) i drożdże paszowe. Nieliczne są wyniki badań nad strawnością diet pokarmowych dla kurcząt brojlerów zawierających zwiększające się ilości poekstrakcyjnej śruty rzepakowej, przy malejącej ilości śruty sojowej w mieszankach i w dietach, w warunkach chowu współczesnych rodów i mieszańców kurcząt brojlerów.

Celem badań było określenie maksymalnego udziału poekstrakcyjnej śruty rzepakowej jako substytutu poekstrakcyjnej śruty sojowej w dietach dla kurcząt rzeźnych brojlerów w dwóch okresach ich odchowu. Badania miały na celu określenie masy ciała, pobrania i wykorzystania paszy, śmiertelności kurcząt oraz wpływu diet sojowej oraz sojowo-rzepakowych na wydajność rzeźną, udział cennych partii mięśni w tuszkach, a także wybrane parametry metabolizmu na podstawie analiz składników osocza. Ponadto oznaczono pozorną strawność jelitową białka i aminokwasów.

## Material i metody

### Układ doświadczenia wzrostowego i diety doświadczalne

Doświadczenie wzrostowe wykonano w układzie bloków losowym na 640 sekowanych kurczętach brojlerach odmiany Ross 308. Czynniki doświadczalnymi był poziom substytucji śruty sojowej w mieszankach paszowych oraz płeć kurcząt (4 poziomy x 2 płci x 8 powtórzeń x 10 kurcząt w powtórzeniu). Brojlery podzielono na 4 grupy, 2 podgrupy, każda w 8 powtórzeniach po 10 kurcząt. Kogutki i kurki utrzymywano oddzielnie w 8 powtórzeniach dla każdej płci. Kurczęta utrzymywano w metalowych boksach na ściółce z wiórów drzew liściastych, ze swobodnym dostępem do wody i paszy. Masa ciała 1-dniowych piskląt przed doświadczeniem

wynosiła  $41,8 \pm 3,4$  g. Kurczęta ważono 21. i 42. dnia życia, a także 43. dnia życia, określając ubojową masę ciała. Kurczęta żywiono sypkimi mieszankami paszowymi do woli, niepoddanyymi ciśnieniowo-termicznemu przetwarzaniu. Przez pierwsze 6 dni paszę podawano na płaskich tackach, od 7. dnia w pionowych karmnikach. Wodę podawano centralnie poprzez system rur i poidel kropelkowych. Na każdy boks przypadały dwa poidła, co zaspokajało potrzeby kurcząt. Mieszanki wykonano w Instytucie Zootechniki w Aleksandrowicach, pod nadzorem pracownika inżynierijno-technicznego, w oparciu o przygotowane receptury. Sporządzono mieszanki typu starter na pierwszy okres chowu (1–21 dni) i typu grower-finisher na drugi okres chowu (22–42 dni). Wartość energetyczną mieszanek paszowych wyliczono przy użyciu programu komputerowego WINPasze (2017). Zawartość śruty sojowej i rzepakowej oraz glukozynolanów w dietach dla kurcząt na oba okresy doświadczenia podano w tabeli 1.

Tabela 1. Poziom śruty sojowej, śruty rzepakowej i glukozynolanów w mieszankach paszowych  
Table 1. Level of soybean meal, rapeseed meal seed and glucosinolates in compound feeds

Mieszanka paszowa Compound feed		Poziom śrut wysokobiałkowych (%) Level of high-protein ground grains (%)			
		kontrola control	niski low	średni medium	wysoki high
Starter	Śruta sojowa (%)	33,0	24,3	21,2	17,1
	Soybean meal (%)				
	Śruta rzepakowa (%)	0,0	4,0	7,0	11,0
	Rapeseed meal (%)				
	Glukozynolany ( $\mu\text{M/g}$ ) Glucosinolates ( $\mu\text{M/g}$ )	0,0	0,38	0,67	1,05
Grower-finisher Grower-finisher	Śruta sojowa (%)	30,0	20,4	17,7	11,2
	Soybean meal (%)				
	Śruta rzepakowa (%)	0,0	12,6	16,2	20,7
	Rapeseed meal (%)				
	Glukozynolany ( $\mu\text{M/g}$ ) Glucosinolates ( $\mu\text{M/g}$ )	0,0	1,20	1,55	1,98

W oparciu o oznaczony poziom glukozynolanów wyliczono poziomy poekstrakcyjnej śruty rzepakowej w mieszankach paszowych, ustalając ich poziom jako niski, średni i wysoki. Za poziom dopuszczalny glukozynolanów w mieszankach paszowych dla kurcząt brojlerów przyjęto wartość  $0,5\text{--}1,0$   $\mu\text{M/g}$  paszy (Pastuszewska i in., 1992; Smulikowska i Rutkowski, 2005). Zawartość glukozynolanów w mieszankach paszowych starter była 2–3-krotnie mniejsza jak w mieszankach grower-finisher. Poziom białka i aminokwasów w dietach zawierających poekstrakcyjną śrutę rzepakową bilansowano dodatkiem suszonego wywaru gorzelnianego, drożdży paszowych oraz krystalicznych aminokwasów L-lizyny i DL-metioniny. Materiały i dodatki paszowe niezbędne do komponowania mieszanek paszowych pochodziły z obrotu handlowego. Suszony wywar posiadał certyfikat stwierdzający brak toksyn pleśniowych.

### **Warunki prowadzenia doświadczeń**

Gęstość obsady piskląt w obu doświadczeniu wzrostowym i strawnościowym wynosiła 15 szt./m<sup>2</sup> w pierwszym okresie chowu, co odpowiadało obciążeniu około 33–35 kg masy ciała kurcząt/m<sup>2</sup> powierzchni w końcowym okresie chowu. W ramach programu ochrony piskląt przed schorzeniami kurczęta w czasie pierwszych 3 dni otrzymywały preparat przeciw bieguncie w formie 10% roztworu leku SCANOFLOX w ilości 1 ml l<sup>-1</sup> wody. 7. dnia kurczętom podawano rozpuszczoną w wodzie szczepionkę przeciw chorobie Gumboro. 14. dnia kurczęta szczepiono przeciw pomorowi drobiu (choroba Newcastle) preparatem typu BIO-VAC ND-IB. Ponadto przez cały okres doświadczenia kurczętom podawano preparat witaminowy Vitazol w wodzie. Temperaturę pomieszczenia w ciągu 3 dni przed zasiedleniem doprowadzono do 34°C, poziomu wymaganego warunkami chowu piskląt, a następnie utrzymywano zgodnie z obowiązującymi normami przez 5 dni, po czym stopniowo zmniejszano do 24°C. W pomieszczeniach utrzymywano stałe oświetlenie. Codziennie w poszczególnych kojcach będących powtórzeniami w grupach, określano pobranie paszy, ważąc paszę niezjedzoną w ciągu ostatniej doby. Dla oznaczenia tempa wzrostu kurcząt, wszystkie kurczęta ważono 21. i 42. dnia doświadczenia. Przed ważeniem kurczęta głodzono 12 godzin. Wyliczano pobranie i wykorzystanie paszy oraz kontrolowano przeżywalność ptaków.

### **Ubój kurcząt i dysekcja tuszek, pobieranie tkanek i krwi**

43. dnia doświadczenia z każdej grupy wybrano losowo 10 kurcząt obu płci (5 kogutków i 5 kurek), oznaczono masę ciała i ubito po elektrycznym oszołomieniu i skrwawieniu. W czasie skrwawienia pobierano próbki krwi celem uzyskania osocza przeznaczonego do analiz chemicznych. Po mechanicznym usunięciu piór i głowy kurczęta patroszono. Oznaczono masę tuszki ciepłej, masę żołądka, wątroby, tłuszczu około żołądkowego i tłuszczu sadelkowego. Oba rodzaje tłuszczu przyjęto określać jako tłuszcz zapasowy.

W oparciu o masę ubojową i masę tuszek przed schłodzeniem wraz z podrobami i łapami, wyliczono wydajność rzeźną. Tuszki schłodzono w czasie 24 godz. w komorze chłodniczej w temperaturze 5°C, a następnie poddano dysekcji. Dysekcja polegała na wypreparowaniu i zważeniu elementów tuszki o znaczeniu kulinarnym, z prawej połowy tuszki, w tym masy mięśni piersiowych, mięśni nóg, wątroby, tłuszczu zapasowego i skóry. Wyliczono procentowy udział elementów tuszki w masie ciepłej (wątroba, tłuszcz zapasowy) i w masie tuszki schłodzonej (mięsień piersiowy, mięsień nogi, skóra). 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.

### **Układ i przebieg doświadczenia strawnościowego**

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 sybkimi grower-finisher, 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 próbki analityczne. Po zakończeniu kolekcji 10 kurcząt z każdej grupy uśmiercano zastrzykiem preparatu Marbital (pentobarbital sodu). Po rozcięciu powłok brzusznych wyjmowano przewód pokarmowy. Preparowano końcowy odcinek jelita cienkiego (*Intestinum ileum*) 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  $-18^{\circ}\text{C}$ . Po 20 dniach rozmrażano, liofilizowano i poddano analizie chemicznej na zawartość białka ogólnego i aminokwasów oraz wskaźnika strawności. Żywienie kurcząt brojlerów, sposób postępowania i przygotowania próbek do analiz białka oraz aminokwasów był zgodny 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 materiałach paszowych, w tym śrucie sojowej i poekstrakcyjnej śrucie rzepakowej oraz tkankach kurcząt oznaczano zgodnie z metodami podanymi w normach analitycznych (AOAC, 2006). Zawartość glukozy i glikozynolanów w makuchu rzepakowym oznaczano według normy PN-ISO 10633-1:2000P, metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej na aparacie HPLC Agilent 1100 Series, na kolumnie Zorbax ODS 5  $\mu\text{l}$  4,6  $\times$  250 mm Agilent. Urządzenie posiadało detektor UV-Vis, 229 nm. Stosowano objętość 50  $\mu\text{l}$  nastrzyku (Agilent Autosampler) oraz elucję gradientową na kolumnie z odwróconymi fazami A:  $\text{H}_2\text{O}$ , B: Acetonitryl:  $\text{H}_2\text{O}$  (20:80 v/v). Przepływ wynosił 1,0 ml/min, a czas analizy trwał około 43 minut. Próby zostały oznaczone z niepewnością  $N_c = 18,1\%$ . Zawartość skrobi oznaczono zgodnie z normą PN-R-64785: 1994; wapń zgodnie z normą PN-EN ISO 6869:2000P, a fosfor zgodnie z normą PN-ISO 6491-2002P. Zawartość składników pokarmowych w dietach dla kurcząt wyliczano z zawartości składników pokarmowych w komponentach mieszanek i ich procentowego udziału w mieszankach przy użyciu programu WINPasz zawierającego wzory podane w Europejskich Tabelach Wartości Energetycznej Pasz dla Drobiu (1989), a także w opracowaniu Smulikowskiej i Rutkowskiego (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). Próbki 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 przy użyciu 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 (Saha i Gilberth, 1991) w mieszaninie kwasu azotowego i nadchlorowego  $\text{HNO}_3/\text{HClO}_4$  (1:1,5). 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 nadmanganowym. Aminokwasy oznaczono metodą chromatografii wysokosprawnej 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 ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) jako wskaźnik (Kadim i Moughan, 1997):

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

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 o śmiertelności podlegały transformacji zgodnie z równaniem  $x = \log(x+2)$  dla procentowych wskaźników, a przekształcone dane poddano analizie statystycznej. Interpretację statystyczną wyników doświadczenia wzrostowego wykonano 2-czynnikową analizą dla poziomów paszy sojowej i rzepakowej oraz płci kurcząt, z oznaczeniem interakcji obu czynników. Istotność różnic dla wartości średnich 4 grup oceniano 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 analizą wariancji, identyfikując różnice pomiędzy grupami testem Fishera (NIR) dla 5% prawdopodobieństwa.

## Wyniki

Skład komponentowy mieszanek paszowych użytych w badaniach podano w tabeli 2. Zawartości glukozyolanów w poekstrakcyjnej śrucie rzepakowej użytej do komponowania składu mieszanek paszowych wynosiła 9,57  $\mu\text{M/g}$  paszy. Zawartość glukozyolanów w mieszankach paszowych przyjmowała wartości niższe, stosowa-

nie do udziału tej paszy w recepturze. Zwiększenie poziomu poekstrakcyjnej śruty rzepakowej i glukozyolanów w dietach dla kurcząt istotnie obniżyło masę ciała kurcząt w pierwszym i w całym okresie chowu, na wszystkich poziomach zamiany śrutu sojowej (tab. 3;  $P < 0,05$ ). Wykazano istotnie wyższą masę ciała kogutków w obu okresach chowu ( $P < 0,05$ ), a interakcja poziomu poekstrakcyjnej śruty rzepakowej względem płci nie była istotna. Poekstrakcyjna śruta rzepakowa w mieszankach i glukozyolany w dietach na poziomie wysokim istotnie zwiększyły śmiertelność ptaków ( $P < 0,05$ ). Wskaźnik ten był nieistotnie wyższy u kogutów, przy braku istotnej interakcji poziomu śrutu rzepakowej względem płci. Nie wykazano istotnego wpływu poziomu substytucji śrutu sojowej na pobranie paszy, przy istotnym pogorszeniu wskaźnika wykorzystania paszy oraz istotnej interakcji poziomu poekstrakcyjnej śrutu rzepakowej względem płci w oddziaływaniu na oba badane parametry.

Tabela 2. Komponenty i składniki pokarmowe mieszanek paszowych dla kurcząt brojlerów  
Table 2. Components and nutrients content of feed mixtures for broiler chickens

Wyszczególnienie Item	Śruta sojowa Soybean meal		Poziom pasz wysokobiałkowych w diecie Dietary inclusion level of high-protein feeds					
	starter	grower- -finiszer grower- -finisher	niski – low		średni – medium		wysoki – high	
			starter	grower- -finiszer grower- -finisher	starter	grower- -finiszer grower- -finisher	starter	grower- -finiszer grower- -finisher
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Śruta kukurydziana Maize, ground	55,8	48,2	50,1	42,0	49,7	41,2	48,9	40,7
Śruta pszenna Wheat, ground	-	10,0	-	10,0	-	10,0	-	10,0
Śruta sojowa Soybean meal	36,0	30,0	24,3	20,4	21,2	17,7	17,1	11,2
Poekstrakcyjna śruta rzepa- kowa Rapeseed meal	-	-	4,0	12,6	7,0	16,2	11,0	20,7
Wywar gorzelniany Distillers dried grain with solubles	-	-	12,0	4,0	12,0	4,0	12,0	4,0
Drożdże paszowe Fodder yeast	-	3,0	2,0	2,0	3,0	2,0	4,0	4,0
Olej rzepakowy Rape oil	3,0	4,5	3,0	5,0	3,0	5,0	3,0	5,5
Kreda paszowa Ground limestone	2,0	1,2	1,7	1,3	1,2	1,2	1,1	1,2
Fosforan dwuwapniowy Dicalcium phosphate	2,0	1,9	1,7	1,5	1,7	1,5	1,7	1,5



cd. tabeli 2 – table 2 contd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sól paszowa	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Fodder salt								
DL-Metionina (99%)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
DL-Methionine (99%)								
L-Lizyna (78%)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
L-Lysine (78%)								
Premiks <sup>1-2</sup>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Premix								
Składniki pokarmowe (g/kg)								
Nutrients (g/kg)								
sucha masa	886,1	888,4	888,3	894,8	889,4	896,9	889,9	890,6
dry matter								
AME <sub>n</sub> MJ/kg	12,52	12,20	12,54	12,17	12,56	12,18	12,50	12,18
białko ogólne	221,6	209,8	221,3	210,3	222,0	210,3	221,3	209,2
crude protein								
ekstrakt eterowy	31,7	60,1	48,4	74,6	45,4	82,1	54,2	72,9
ether extract								
włókno surowe	30,3	26,2	34,4	46,2	40,4	40,0	42,1	49,0
crude fibre								
skrobia	424,8	378,7	412,0	340,1	422,5	328,8	405,7	335,2
starch								
popiół	60,8	50,1	61,3	54,2	62,3	53,5	57,5	53,8
ash								
wapń	8,5	8,4	8,7	8,5	8,5	8,4	8,6	8,4
calcium								
fosfor	4,8	4,7	5,0	4,7	4,9	4,6	5,0	4,7
phosphorus								
lizyna	13,8	12,6	13,7	12,5	13,8	12,7	13,7	12,6
lysine								
metionina	5,1	4,3	5,2	5,9	5,2	6,2	5,2	4,9
methionine								
cystyna	3,8	3,2	3,8	3,2	3,8	3,1	3,7	3,2
cystine								

<sup>1)</sup> W 1 kg mieszanki paszowej starter: witaminy A – 13 500 IU; D – 3600 IU; E – 45 mg; B<sub>1</sub> – 3,25 mg; B<sub>2</sub> – 7,5 mg; B<sub>6</sub> – 5 mg; B<sub>12</sub> – 0,0325 mg; K<sub>3</sub> – 3 mg; biotyna – 0,15 mg; kwas nikotynowy 45 mg; Ca-pantothenate – 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.

<sup>2)</sup> W 1 kg mieszanki paszowej grower: witaminy A – 12 000 IU; D – 3250 IU; E – 40 mg; B<sub>1</sub> – 2 mg; B<sub>2</sub> – 7,25 mg; B<sub>6</sub> – 4,25 mg; B<sub>12</sub> – 0,03 mg; K<sub>3</sub> – 2,25 mg; biotyna – 0,1 mg; kwas nikotynowy – 40 mg; Ca-pantothenate – 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 – 0,79 g.

<sup>1)</sup> Supplied to 1 kg of starter diet: vit. A – 13 500 IU; vit. D – 3 600 IU; vit. E – 45 mg; vit. B<sub>1</sub> – 3.25 mg; vit. B<sub>2</sub> – 7.5 mg; vit. B<sub>6</sub> – 5 mg; vit. B<sub>12</sub> – 0.0325 mg; vit. K<sub>3</sub> – 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.

<sup>2)</sup> Supplied to 1 kg of grower diet: vit. A – 12 000 IU; vit. D – 3 250 IU; vit. E – 40 mg; vit. B<sub>1</sub> – 2 mg; vit. B<sub>2</sub> – 7.25 mg; vit. B<sub>6</sub> – 4.25 mg; vit. B<sub>12</sub> – 0.03 mg; vit. K<sub>3</sub> – 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 – 0.79 g.

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		Poziom śrutę rzepakowej w diecie Dietary RSM inclusion level			SEM	Płeć Sex		Wartość – P P-value	
	niski low	wysoki high	średni medium	wysoki high	kogutki roosters		kurki hens	poziom level	pleć sex	interakcja interaction
Masa ciała (g) Body weight (g)										
21st day	703,7 Aa	701,4 Aa	700,7 Aa	656,8 Bb	4,3	725,2 Aa	656,2 Bb	<0,001	<0,001	0,588
42 dni	2537 Aa	2397 Bb	2399 Bb	2289 Cc	13,3	2510 Aa	2301 Bb	<0,001	<0,001	0,763
42nd day	6 Bb	5 Bb	7 Aa Bb	9 Aa	3	8	6	<0,001	0,690	0,858
Śmiertelność (%) Mortality (%)	4,51	4,47	4,53	4,44	0,18	4,51	4,47	0,651	0,822	0,800
Pobranie paszy (kg/42 dni) Feed consumption (kg/42 days)	1,78 Bb	1,87 Aa	1,89 Aa	1,94 Aa	0,16	1,88	1,86	<0,001	0,777	0,650
Wykorzystanie paszy (kg/kg MC) Feed conversion (kg/kg BW)	319 Aa	290 Bb	281 Bb	256 Cc	12	292 Aa	277 Bb	<0,001	<0,001	0,790
EPEI (pkt) EPEI (pts)										

A, B, C, D – wartości w wierszach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla  $P < 0,01$ .

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

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

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

EPEI, punkty – Europejski Indeks Efektywności Produkcji.

EPEI, points – European Performance Efficiency Index.

SEM – błąd standardowy średniej.

SEM – standard error of mean.

MC – masa ciała.

BW – masa ciała.

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

Wyszczególnienie Item	Śruta sojowa Soybean meal		Poziom śrutę rzepakowej w diecie Dietary RSM inclusion level			SEM	Płeć Sex			Wartość – P P-value	
	miski low		średni medium	wysoki high	kogutki cockerels		kurki pullets	poziom level	pleć sex	interakcja interaction	
	2545 Aa	2450 ABab	2403 Aab	2247 Cc	2613 Aa		2209 Bb	< 0,001	< 0,001	0,592	
Masa ubojowa (g) Slaughter weight (g)	1903 Aa	1829 Aa	1783 ABa	1628 Cc	1920 Aa	1652 Bb	< 0,001	< 0,001	0,418		
Tuszka świeża (g) Fresh carcass weight (g)	1843 Aa	1770 Aa	1727 ABa	1576 Cc	1858 Aa	1600 Bb	< 0,001	< 0,001	0,325		
Tuszka schłodzona (g) Cold carcass weight (g)	74,77 Aa	74,65 Aa	74,20 Aa	72,45 Bb	73,45 Bb	74,60 Aa	0,002	0,008	0,005		
Wydajność rzeźna (%) Carcass yield (%)	520,8 Aa	487,4 ABab	471,2 Bb	415,4 Cc	499,2 Aa	448,2 Bb	< 0,001	< 0,001	0,247		
Części tuszki (g) Parts of carcass (g)	411,4 Aa	392,0 ABab	382,3 Bb	335,8 Cc	414,8 Aa	346,0 Bb	0,006	< 0,001	0,343		
mięśnie piersiowe breast muscles	50,0	51,8	49,7	55,6	55,3 Aa	48,2 Bb	0,768	0,047	0,262		
mięśnie nóg leg muscles	28,4 a	27,4 ab	27,3 ab	26,4 b	26,9 b	28,0 a	0,040	0,036	0,285		
wątroba liver	22,3 a	22,1 b	22,1 a	21,3 a	22,3 a	21,6 b	0,024	0,002	0,343		
Części tuszki (%) Carcass parts (%)	2,6 Bb	2,8 Bb	2,8 Bb	3,4 Aa	2,9	2,9	< 0,001	0,433	0,255		
mięśnie piersiowe <sup>1</sup> breast meat <sup>1</sup>											
mięśnie nogi <sup>1</sup> leg meat <sup>1</sup>											
wątroba <sup>2</sup> liver <sup>2</sup>											

<sup>1</sup>W odniesieniu do schłodzonej masy tuszki – in relation to cold carcass weight.

<sup>2</sup>W odniesieniu do świeżej masy tuszki – in relation to fresh carcass weight.

<sup>3</sup>A, B, C, D – wartości w wierszach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla P<0,01.

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

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

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

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

Wyszczególnienie Item	Śruta sojowa Soybean meal	Poziom śruty rzepakowej w diecie Dietary rapeseed meal inclusion level			SEM	Płeć Sex		Wartość – P P-value		
		niski low	średni medium	wysoki high		kogutki roosters	kurki hens	poziom level	pleć sex	interakcja interaction
		Mięśnie piersiowe (% SM) Breast meat nutrients (% of DM)								
sucha masa (%) dry matter (%)	25,96	25,96	25,85	25,90	0,08	25,91	25,91	0,771	0,698	0,671
białko ogólne crude protein	23,72	23,78	23,67	23,66	0,06	23,71	23,70	0,893	0,907	0,536
tłuszcz surowy crude fat	1,07	0,99	1,00	1,07	0,03	1,03	1,03	0,613	0,958	0,147
popiół surowy crude ash	1,17	1,19	1,18	1,17	0,00	1,19	1,18	0,357	0,299	0,819
Parametry osocza krwi Blood plasma indices										
glukoza (mmol/l) glucose (mmol/l)	15,6	15,3	15,0	15,4	4	15,3	15,3	0,546	0,885	0,741
białko ogólne (g/l) total protein (g/l)	36	34	37	38	2,6	37	36	0,561	0,859	0,153
trójglicerydy (mmol/l) triglycerides (mmol/l)	0,79 Bb	0,70 Bb	0,70 Bb	1,04 Aa	1,0	0,79 b	0,83 a	0,008	0,046	0,748
cholesterol całkowity (mmol/l) total cholesterol (mmol/l)	3,66	3,47	3,39	3,74	4,1	3,67 a	3,45 b	0,218	0,044	0,776
HDL (mmol/l)	2,37	2,24	2,26	2,30	2,3	2,44 b	2,14 a	0,498	0,022	0,549

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

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

Pod wpływem zwiększających się poziomów poekstrakcyjnej śruty rzepakowej w mieszankach wykazano istotne obniżenie wydajności rzeźnej ( $P<0,05$ ) (tab. 4). Zwiększająca się zawartość śruty rzepakowej w dietach istotnie obniżyła masę tuszek kurcząt wyrażoną w wartościach bezwzględnych, w tym mięśni piersiowych i mięśni nóg ( $P<0,05$ ). Cechy te były istotnie wyższe u kogutków ( $P<0,05$ ). Nie wykazano istotnych różnic masy wątroby zależnie od poziomu poekstrakcyjnej śruty rzepakowej w mieszankach paszowych i dietach dla kurcząt ( $P>0,05$ ). Stwierdzono istotny spadek udziału mięśni piersiowych, mięśni nóg i podwyższenie zawartości wątroby w tuszkach kurcząt grup doświadczalnych wyrażony w wartościach względnych ( $P<0,05$ ). Mięśnie piersiowe i mięśnie nóg u kogutów miały wyższą masę jak u kurek, a tłuszcz zapasowy kurek był istotnie wyższy jak kogutów ( $P<0,05$ ). Dla wszystkich parametrów oceny tuszek kurcząt nie stwierdzono istotnej interakcji poziomu śruty rzepakowej względem płci.

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	Poziom śruty rzepakowej Level of rapeseed meal			SEM	Wartość – P P-value
		niski low	średni medium	wysoki high		
1	2	3	4	5	6	7
Białko ogólne Crude protein	85,5 a	76,7 b	76,6 b	75,7 b	1,1	<0,001
Aminokwasy egzogenne Essential amino acids						
arginina arginine	88,5 a	82,9 b	80,3 b	80,3 b	1,0	<0,001
histydyna histidine	85,7 a	75,5 b	76,0 b	75,2 b	1,2	<0,001
izoleucyna isoleucine	86,6 a	77,6 b	77,4 b	77,1 b	1,1	<0,001
leucyna leucine	88,0 a	81,6 b	81,2 b	80,7 b	0,8	<0,001
lizyna lysine	88,2 a	81,8 b	80,1 b	79,2 b	1,0	<0,001
metionina methionine	93,9 a	86,9 c	90,5 b	88,5 b	0,7	<0,001
fenyloalanina phenylalanine	87,7 a	81,62	80,8 b	81,6 b	0,8	<0,001
treonina threonine	81,5 a	70,5 b	70,3 b	69,4 bc	1,3	<0,001
walina valine	85,0 a	76,4 b	76,0 b	76,0 b	1,1	<0,001

cd. tabeli 6 – table 6 contd.

1	2	3	4	5	6	7
Aminokwasy endogenne						
Non essential amino acids						
alanina	86,2 a	78,5 b	78,1 b	77,2 b	1,0	<0,001
alanine						
kwas asparaginowy	84,1 a	74,7 b	74,2 b	73,9 b	1,2	<0,001
aspartic acid						
cystyna	78,5 a	68,7 c	73,4 b	72,3 b	1,1	0,001
cystine						
kwas glutaminowy	90,4 a	85,0 b	84,5 b	84,8 b	0,7	<0,001
glutamic acid						
prolina	87,1 a	80,7 b	80,4 b	80,5 b	0,8	<0,001
proline						
seryna	83,8 a	73,9 b	74,0 b	73,6 b	1,2	<0,001
serine						
tyrozyna	86,2 a	79,3 b	76,1 b	75,2 b	1,3	<0,001
tyrosine						
glicyna	82,4 a	73,3 b	73,7 b	73,6 b	1,2	<0,001
glycine						

Nie wykazano istotnego wpływu poziomu śruty rzepakowej w dietach na skład chemiczny mięśni piersiowych oraz poziom glukozy, białka całkowitego oraz cholesterolu całkowitego i wysokocząsteczkowego (HDL) w osoczu krwi kurcząt (tab. 5). Zwiększającej się zawartości poekstrakcyjnej śruty rzepakowej w dietach na poziomie wysokim, odpowiadał istotny wzrost zawartości trójglicerydów w osoczu krwi ( $P < 0,05$ ). Osocze kogutków charakteryzowała istotnie niższa zawartość trójglicerydów, a wyższa zawartość cholesterolu całkowitego i lipoprotein wysokiej gęstości HDL ( $P < 0,05$ ). Nie stwierdzono istotnej interakcji poziom poekstrakcyjnej śruty rzepakowej względem płci dla składników mięśni piersiowych oraz parametrów osocza krwi.

Badania wykazały istotne obniżenie strawności białka ogólnego i aminokwasów na wszystkich poziomach poekstrakcyjnej śruty rzepakowej w mieszankach paszowych dla brojlerów, w tym aminokwasów egzogennych i endogennych (tab. 6). Zwiększenie poziomu poekstrakcyjnej śruty rzepakowej w miejsce śruty sojowej z poziomu niskiego do średniego i wysokiego nie powodowało dalszego zmniejszenia współczynników strawności większości aminokwasów, za wyjątkiem tyrozyny. Najniższą strawnością charakteryzowały się histydyna, izoleucyna, treonina i walina, a także kwas asparaginowy i seryna. Najwyższą strawnością charakteryzowały się natomiast metionina i kwas glutaminowy.

## Omówienie wyników

### Pobranie i wykorzystanie paszy, śmiertelność kurcząt

Wyniki badań pobrania i wykorzystania diet zawierających poekstrakcyjną śrutę rzepakową są rozbieżne. W badaniach Ahmada i in. (2007) i Mushtaga i in. (2007) diety zawierające 18% śrutę rzepakową istotnie obniżyły wykorzystanie paszy. W innych badaniach mieszanki paszowe zawierające 15 i 30% poekstrakcyjnej śrutę rzepakową obniżyły istotnie pobranie paszy, przyrost masy ciała, a także wykorzystanie paszy (Kermanshahi i Abbasi Pour, 2006). Wyniki badań zamieszczone w niniejszej pracy nie wykazały istotnego obniżenia pobrania paszy, przy istotnym spadku wskaźnika ich wykorzystania. Spadek wykorzystania pasz zawierających różne poziomy poekstrakcyjnej śrutę rzepakową mógł wynikać z mniejszej pozornej strawności białka i aminokwasów tych pasz. Obecność w dietach suszonego wywaru gorzelnianego (DDGS) na stałym, relatywnie wysokim poziomie i zwiększający się poziom drożdży paszowych mogły łagodzić ujemny wpływ pasz rzepakowych na procesy zachodzące w przewodzie pokarmowym kurcząt. W literaturze naukowej brak jest informacji na temat wzajemnej reakcji poekstrakcyjnej śrutę rzepakowej do innych pasz wysokobiałkowych stosowanych w mieszankach paszowych w tej pracy. Zduńczyk (1995), a także Lee i Hill (1983) przytoczyli opinie, że pasze rzepakowe ze względu na zawartość glukozyzolanów, synapiny i tanin, posiadających gorzki i cierpki smak, pobierane są przez drób w mniejszej ilości, a strawność aminokwasów jest mniejsza. W innych badaniach podawanie brojlerom diet zawierających glukozyzolanów zmniejszało pobranie paszy, ograniczało tempo wzrostu i zwiększało śmiertelność ptaków (McNeill i in., 2004). Wyniki uzyskane w tej pracy nie potwierdziły ujemnego wpływu śrutę rzepakowej na pobranie mieszanek paszowych, mimo relatywnie wysokiej jej zawartości w czwartej grupie doświadczalnej sięgającej 11% w pierwszym okresie i około 21% mieszanki w drugim okresie odchowu.

Wcześniejsze badania krajowe wykazały, że wzrost poziomu glukozyzolanów w diecie poprzez zamianę śrutę sojowej na makuch rzepakowy nie wpływał na współczynnik konwersji paszy, zwiększał natomiast wielkość gruczołu tarczycy i hamował wzrost kurcząt brojlerów (Smulikowska i in., 1990). W pracy Denbowa (1994) sugerowano, że pobranie paszy przez drób jest kontrolowane częściowo przez metabolizm wątrobowy składników, jak glukoza, tłuszcze oraz aminokwasy. Woyengo i in. (2011) postawili hipotezę, że pobranie mieszanki paszowej zawierającej pasze rzepakowe może obniżyć mikrobiologiczną degradację glukozyzolanów w jelitach oraz zwiększać metabolizm wątroby. Istotne powiększenie masy wątroby na poziomie wysokim poekstrakcyjnej śrutę rzepakowej w mieszance paszowej w tej pracy potwierdza tą opinię.

Obniżenie pobrania mieszanek paszowych zawierających makuch rzepakowy przypisywano także obecności synapiny, na co zwrócił uwagę Clandinin (1961). Z drugiej strony ptaki mają słabo rozwinięte poczucie smaku (Go, 2006) co sugerowałyby, że glukozyzolan i synapina w niewielkim stopniu wpływają na pobranie paszy. Wyniki uzyskane w tej pracy wskazują, że ilości poekstrakcyjnej śrutę rzepakowej przekraczające graniczny udział w mieszankach paszowych dla kurcząt brojlerów nie obniżały pobrania mieszanek paszowych, z tendencją do pogorszenia wykorzystania paszy.

Pastuszewska i in. (1992) podają, że dopuszczalny poziom glukozynolanów w mieszankach paszowych dla drobiu wynosi 0,5–1,0  $\mu\text{M/g}$  paszy. Powyższe wartości odpowiadają zalecanym poziomom pasz rzepakowych w ilości 10% mieszanki paszowej, lecz znacznie odbiegają od poziomu dopuszczalnego 15%. Wartości glukozynolanów w mieszankach paszowych dla ptaków reprodukcyjnych zostały określone przez Smulikowską i Rutkowskiego (2005) na poziomie 0,5  $\mu\text{M/g}$  w paszy na pierwszy okres i 1,0  $\mu\text{M/g}$  paszy na końcowy okres odchowu. W tej pracy poziom glukozynolanów w dietach doświadczalnych mieścił się w zakresie od 0,38 do 1,05  $\mu\text{M/g}$  paszy (starter) oraz od 1,20 do 1,98  $\mu\text{M/g}$  paszy (grower-finisz) co wskazuje, że poziom zalecany w okresie odchowu kurcząt został przekroczony na wszystkich poziomach zamiany śrutu sojowej poekstrakcyjną śrutą rzepakową, poza poziomem niskim, w pierwszym okresie odchowu kurcząt.

Wyniki uzyskane w tej pracy wskazują, że zamiana śrutu sojowej na poekstrakcyjną śrutę rzepakową w mieszankach paszowych dla kurcząt brojlerów, przy znacznym udziale suszonego wywaru gorzelnianego i drożdży paszowych oraz przekroczeniu dopuszczalnego poziomu glukozynolanów w dietach zwiększyła śmiertelność kurcząt, już w pierwszym okresie doświadczenia. Jakkolwiek nie identyfikowano sekcyjnie przyczyn upadków kurcząt, można je przypisać negatywnemu wpływowi glukozynolanów na homeostazę ptaków i ich funkcjonowanie, a szczególnie na metabolizm wątroby (Denbow, 1994). Wzrost masy wątroby w doświadczeniu był bez wątpienia objawem procesów detoksykacyjnych zachodzących w tym organie pod wpływem glukozynolanów zawartych w mieszankach paszowych. Kurczęta, szczególnie o mniejszej masie ciała wylęgowej, nie chorowały, lecz padały nocą, a upadki były bezobjawowe. Czynnikiem toksycznym mogły być produkty rozkładu glukozynolanów. Sugerować to może, iż toastowanie nasion rzepaku w procesie produkcyjnym śrutu nie jest w pełni skuteczne lub że współczesne rody kurcząt mięsnych selekcyjonowane na szybkie tempo wzrostu i wykorzystywanie paszy są bardzo wrażliwe na glukozynolany zawarte w diecie. Powyższe wyniki sugerują, że pomimo niskiej zawartości glukozynolanów we współczesnych polskich odmianach rzepaku możliwości zwiększenia poziomu poekstrakcyjnej śrutu rzepakowej w mieszankach paszowych dla brojlerów są bardzo ograniczone. Przekroczenie zalecanych i dopuszczalnych poziomów glukozynolanów w mieszankach paszowych skutkowało ich ujemnym wpływem na śmiertelność kurcząt.

Wzrost śmiertelności kurcząt brojlerów otrzymujących w dietach śrutę rzepakową w badaniach kanadyjskich wiązano z niedoborem aminokwasu argininy. Arginina jest prekursorem tlenku azotu (NO) i czynnikiem rozszerzającym naczynia krwionośne (Collier i Vallance, 1989). Brak tlenku azotu w krwi implikował patogenezę nadciśnienia płucnego u drobiu (Shaul, 2002). Schorzenie to może być przyczyną śmiertelności kurcząt brojlerów otrzymujących materiały paszowe z nasion rzepaku. W związku z powyższym Basoo i in. (2012) zweryfikowali zapotrzebowanie 2- i 6-tygodniowych kurcząt na argininę, na poziomie o 20% wyższym niż podają zalecenia NRC (1994). Wyniki badań w tej pracy wykazały brak istotnej interakcji poziomu poekstrakcyjnej śrutu rzepakowej w mieszankach względem płci kurcząt na śmiertelność kurcząt, co oznacza że kogutki i kurki podobnie reagowały na mieszanki paszowe o zmiennej zawartości poekstrakcyjnej śrutu rzepakowej. Posiada to istotną praktyczną implikację,



ponieważ w masowej produkcji kurcząt brojlerów stosuje się stada mięsne kogutków i kurek w proporcji zbliżonej do 50%.

### **Masa ciała i jakość tuszek**

Czynnikami wpływającymi na efektywność produkcji kurcząt brojlerów, obok wskaźnika wykorzystania paszy i śmiertelności, są tempo wzrostu oraz masa ciała brojlerów uzyskana w czasie 5 lub 6 tygodni chowu, a także jakość poubojowa tuszek. Składa się na to masa poszczególnych elementów kulinarnych tuszki, w tym masa mięśni piersiowych i masa nóg. Ważne są również wydajność rzeźna, masa podrobów, w tym żołądka i wątroby, skład i jakość mięsa. Tłuszcz zapasowy, okołożołądkowy i sadełkowy obniża jakość tuszek. Liczne wyniki badań nad paszami rzepakowymi w żywieniu kurcząt brojlerów dają wyniki zróżnicowane, a często rozbieżne. Jamroz (1984) podsumowała wyniki rezultatów badań z lat 70-tych i początku lat 80-tych XX w., wnioskując, że odmiany rzepaku dwuzerowego pozwalają na zastosowanie w dietach dla kurcząt brojlerów powyżej 15% śruty poekstrakcyjnej rzepakowej, bez obawy pogorszenia wyników produkcyjnych. Fritz i in. (1984) oceniając badania wykonane przed 1983 rokiem stwierdzili, że przyczyną występujących rozbieżności żywienia kurcząt brojlerów paszami rzepakowymi mogły być różnice składu diet i pasz rzepakowych w zawartości produktów degradacji glukozynolanów, w tym izotiocyjanianów (ITC) i 5 winylo-2-oksazolidyno-metioniny (WOT), a także różne pochodzenie śrut. Mazanowska i in. (1987) w żywieniu kurcząt brojlerów odchowywanych do 56. dnia stosowali 10 i 20% poekstrakcyjnej śrutę rzepakowej odmiany dwuzerowej Jantar, jako zamiennik śrutę sojowej. Końcowa masa ciała kurcząt wynosiła 1800–1850 g. Uzyskano pogorszenie wykorzystania paszy odpowiednio o 3,4 i 0,8%. Śmiertelność ptaków grupy sojowej wynosiła 4,2%, a grup rzepakowych odpowiednio 2,9 i 6,5%. Obserwowano istotny wzrost masy wątroby i tarczycy. Stwierdzono bardzo niską wydajność rzeźną kurcząt otrzymujących dietę rzepakową. Wyniki uzyskane w niniejszej pracy po części odpowiadają opisanym rezultatom cytowanych badań, pomimo różnic czasowych w realizacji badań i odmiennych kurcząt broilerów wówczas i obecnie.

Badania wykonane w Wielkiej Brytanii potwierdzały możliwość stosowania śrutę rzepakowej w żywieniu kurcząt brojlerów, lecz w ograniczonej ilości (Gordon i in., 2004). Stosując w dietach dla kurcząt zwiększające się poziomy poekstrakcyjnej śrutę rzepakowej od 0 do 16%, z odstępami co 2% wykazali, że najwyższy poziom śrutę rzepakowej obniżył masę ciała kurcząt, lecz zwiększył pobranie paszy. Rekomendowano poziom 6% poekstrakcyjnej śrutę rzepakowej w mieszankach paszowych jako poziom optymalny dla brojlerów. Zalecenia van Kempena i Jansmana (1994) oraz Lessona i Summersa (1997) wskazywały na podobny poziom śrutę rzepakowej w mieszankach paszowych, jako optymalny. Wyniki uzyskane w tej pracy zbliżone są do zaleceń brytyjskich i wskazują, że dla młodszych kurcząt w pierwszym okresie odchowu dotychczasowe zalecenia poziomu poekstrakcyjnej śrutę rzepakowej w mieszankach są zbyt wysokie. Nie można wykluczyć, że współczesne genotypy kurcząt brojlerów, przystosowane do szybkiego tempa wzrostu masy ciała, są bardziej wrażliwe nawet na obniżone poziomy glukozynolanów w paszy.

W dalszych badaniach nad żywieniem brojlerów paszami rzepakowymi stosowano 10 i 20% poekstrakcyjnej śruty rzepakowej w mieszankach paszowych. Pobranie paszy zmalało o 10,5 i 9,5%, a za optymalny poziom śruty rzepakowej w dietach uznano 10% (McNeill i in., 2004). Opisane wyniki badań nie precyzowały poszczególnych okresów chowu kurcząt brojlerów, podając interpretację dla całego okresu chowu kurcząt brojlerów.

Jako przyczynę zwolnionego i osłabionego tempa wzrostu kurcząt otrzymujących w dietach materiały paszowe z rzepaku przypisywano glukozyolanom, zakładając niezupełny stopień dezaktywacji enzymu myrozynazy w czasie procesu toastowania wyekstrahowanej z tłuszczu śruty. Uznano fakt, że produkty degradacji glukozyolanów, szczególnie progoitryna, upośledza pobieranie jodu z krwi przez gruczoł tarczycy, niezbędny dla syntezy hormonu 4-jodotyroniny odpowiedzialnego za mechanizmy wzrostu i rozwoju ptaków (Schöne i in., 1997).

Mniejsze masy ciała kurcząt otrzymujących poekstrakcyjną śrutę rzepakową w mniejszych badaniach skutkowały mniejszą masą tuszek i proporcjonalnie mniejszymi elementami tuszek, głównie mięśni piersiowych i mięśni nóg. Cechy te są silnie determinowane czynnikami genetycznymi kurcząt i zależą od masy ciała w dniu uboju, a także od wydajności rzeźnej (Scheuermann i in., 2003). Wyniki uzyskane w tej pracy wskazują, że przekroczenie 7% śruty rzepakowej w mieszankach starter na początkowy okres chowu oraz około 16% w mieszankach typu grower-finisher, na końcowy okres chowu, skutkuje obniżeniem masy ciała kurcząt brojlerów o 5,4%, przy istotnym wzroście śmiertelności ptaków powyżej 4%, przyjętych jako poziom normatywny w masowej produkcji brojlerów. Wyniki te mogą sugerować niższą opłacalność produkcji kurcząt brojlerów po przekroczeniu 7% i 16% poekstrakcyjnej śruty rzepakowej w mieszankach paszowych, odpowiednio na pierwszy (starter) i drugi okres chowu (grower-finisher). Wyniki wykazały jednocześnie istotne zróżnicowanie płci pod względem masy ciała i brak interakcji poziomu poekstrakcyjnej śruty rzepakowej w mieszankach względem płci kurcząt w oddziaływaniu na masę ciała i parametry poubojowe kurcząt. Oznacza to, że zarówno kogutki, jak kurki w ten sam sposób reagowały na poziom poekstrakcyjnej śruty rzepakowej w mieszankach paszowych.

W badaniach oceniających jakość tuszek stwierdzono, że materiały paszowe z rzepaku nie różnicowały istotnie zawartości suchej masy, białka, tłuszczu i popiołu w mięśniach piersiowych kurcząt. Udział mięśni piersiowych i nogi kształtował się na względnie wysokim poziomie. We wcześniejszych badaniach stanowiły około 22–24%, a mięśnie nogi około 21–22% masy tuszek schłodzonych (Brake i in., 1993; Young i in., 2001; Brzóska i in., 2013). W tej pracy kształtowały się na zbliżonym poziomie.

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 przeprowadzonych badaniach nie stwierdzono istotnego wpływu poekstrakcyjnej śruty rzepakowej zawartej w mieszankach paszowych w ponad normatywnych ilościach na wskaźniki krwi. Wyjątkiem jest istotne zwiększenie zawartości trójglicerydów w osoczu krwi na poziomie wysokim śruty rzepakowej w mieszankach.

Nie stwierdzono istotnej interakcji poziomu pasz rzepakowych i glukozyolanów w mieszankach paszowych dla kurcząt brojlerów względem płci kurcząt na kształtowanie się wyżej opisanych parametrów wzrostu i jakości tuszek, mięśni piersiowych i osocza krwi. Oznacza to, że zarówno kogutki, jak i kurki, w sposób jednakowy reagowały na zamianę śrutę sojowej poekstrakcyjną śrutą rzepakową. Wyjątkiem była wyższa zawartość tłuszczu zapasowego w tuszkach kurek w porównaniu do tuszek kogutów, przy braku istotnych różnic zawartości tłuszczu w mięśniach piersiowych.

### **Strawność jelitowa białka i aminokwasów**

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. Huang i in. (2005) stwierdzili, że strawność aminokwasów 8 materiałów paszowych zwiększała się wraz z wiekiem, co przypisano rozwojowi powierzchni chłonnej jelita cienkiego u rosnących kurcząt. Wykazano również, że na strawność aminokwasów w przewodzie pokarmowym wpływa tempo pasażu treści pokarmowej. 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 (Shires i in., 1987). Przyjęto, że strawność aminokwasów u drobiu limitowana jest przez substancje antyodżywcze zawarte w diecie, głównie włókno surowe i taniny (Fan i Sauer, 1999). W dostępnym piśmiennictwie nie stwierdzono bezpośrednich zależności pomiędzy poziomem glukozyolanów w dietach a strawnością pozorną lub rzeczywistą aminokwasów w jelicie cienkim.

W niniejszych badaniach wykazano, że mieszanki na drugi okres żywienia brojlerów zawierające poekstrakcyjną śrutę rzepakową na wszystkich poziomach poekstrakcyjnej śrutę rzepakowej charakteryzowały się istotnie niższą pozorną strawnością jelitową białka i aminokwasów, w porównaniu do mieszanek zawierających poekstrakcyjną śrutę sojową. Potwierdza to wcześniejsze wyniki badań, że strawność jelitowa białka i aminokwasów pasz rzepakowych u drobiu jest niższa od strawności śrutę sojowej (Szcurek, 2009). Proces ekstrakcji tłuszczu z nasion rzepaku i z nasion soi, rodzaj rozpuszczalnika tłuszczowego i temperatura są podobne, jakkolwiek ze względu na 2-krotnie wyższą zawartość tłuszczu w nasionach rzepaku ekstrakcja trwa znacznie dłużej. Czynnikiem obniżającym strawność białka i aminokwasów poekstrakcyjnej śrutę rzepakowej może być również proces odparowywania resztek rozpuszczalnika, toastowania wyekstrahowanej śrutę przebiegający w temperaturze około 105°C w czasie 30–45 minut. Czynnikiem chroniącym białko przed nadmierną degradacją termiczną może być również wyższa zawartość skrobi w nasionach soi w porównaniu do nasion rzepaku. We wcześniejszych badaniach stwierdzono, że pozorna strawność jelitowa aminokwasów dla pasz przetwarzanych termicznie, poddanych procesom technologicznym, jak toastowanie czy suszenie, jest niższa od strawności aminokwasów ziarna zbóż nieprzetwarzanego mechanicznie i termicznie (Szcurek, 2008). Panuje zgodność co do tego, że ekstrakcja i toastowanie śrutę rzepakowej dezaktywują substancje antyżywniowe, ale mogą równocześnie obniżać strawność jelitową lizyny i pozostałych aminokwasów, poprzez przegrzanie śrutę na-

sion rzepaku, co wykazano w badaniach Newkirka i Classena (2002). Ogrzewanie w procesie odparowywania rozpuszczalnika może uszkadzać białko pasz, wywołując reakcję Maillarda (Van Soest, 1994), w wyniku czego maleje strawność białka i aminokwasów. Wcześniej wykonane badania wykazały, że strawność lizyny i cystyny pasz rzepakowych jest mniejsza od strawności tych aminokwasów śruty sojowej (Parsons i in., 1991; Newkirk i Classen, 1999; Newkirk i in., 2000) co sugerowało, że traktowanie śruty rzepakowej temperaturą i ciśnieniem może silniej uszkadzać białko i aminokwasy oraz obniżać ich przyswajalność u kurcząt. Badania wykazały, że przegrzanie śruty rzepakowej obniżało strawność białka w badaniach *in vivo*, a także zmniejszało tempo wzrostu kurcząt i obniżało strawność aminokwasów u dorosłych kogutów (Anderson-Hafermann i in., 1993). Przed procesem toastowania wyekstrahowana śruta rzepakowa posiadała kolor żółty, a na końcu procesu była brązowa, co wskazuje na zachodzącą reakcję Maillarda (Newkirk i Classen, 1999). Odparowanie rozpuszczalnika heksanu bez stosowania pary wodnej dało produkt lekko żółty i nie brązowiejący (Newkirk i Classen, 2002). Pastuszevska i in. (2003) wykazali, że zwiększenie temperatury ogrzewania makuchu rzepakowego z 90 do 140°C w czasie 45 minut zwiększyło degradację białek z około 0,36 do 0,55% s.m. Classen i in. (2004) potwierdzili, że reakcja Maillarda w śrucie rzepakowej występuje w czasie odparowywania rozpuszczalnika i toastowania, kiedy temperatura osiąga ponad 105°C, w obecności wilgoci, kiedy proces ten trwał 30–45 minut. Rozpuszczalnik usuwany jest ze śruty na drodze infuzji gorącej pary wodnej, co zwiększa wilgotność śruty do 15–18% i wymaga ona dosuszenia (Spragg i Mailer, 2007).

Wykazano również, że zamiana białka śruty sojowej na białko pasz rzepakowych w dietach dla kurcząt broilerów obniżyła poziom argininy poniżej zapotrzebowania kurcząt, co skutkowało niższą masą ciała kurcząt (Izadinia i in., 2010). W dietach zawierających materiały paszowe z rzepaku szczególnie niska była strawność argininy w porównaniu do diety zawierającej śrutę sojową (Khajali i Slominski, 2012). Znalazło to potwierdzenie w niniejszej pracy, gdzie strawność argininy diet zawierających poekstrakcyjną śrutę rzepakową była o około 5–8 jednostek niższa od strawności śruty sojowej. Toghyani i in. (2015) wykazali, że temperatura obróbki nasion rzepaku ma wpływ na strawność lizyny, co sugeruje wystąpienie reakcji Maillarda. Pozorną strawność jelitową AID dla poekstrakcyjnej śruty rzepakowej z kanadyjskich odmian Canola w cytowanych badaniach obserwowano dla argininy, histydyny, metioniny i kwasu glutaminowego, a mniejszą dla tyrozyny, cystyny i proliny. Wyniki tych badań częściowo potwierdzono w niniejszej pracy. Newkirk i Classen (2002) stwierdzili, że nietoastowana poekstrakcyjna śruta z nasion rzepaku odmian Canola zawierała istotnie więcej lizyny, argininy, histydyny, seryny, waliny, leucyny, izoleucyny, proliny i fenyloalaniny.

Björck i in. (1984) wykazali, że wysoka temperatura modyfikuje matrycę ścian komórkowych, niszcząc mostki pomiędzy łańcuchami polisacharydów. W konsekwencji depolimeryzuje cząstki włókna, prowadząc do tworzenia fragmentów rozpuszczalnych w wodzie. W wyniku modyfikacji matrycy włókna zwiększa się jego rozpuszczalność, prowadząc do wzrostu lepkości i obniżenia strawności składników pokarmowych (Mateos i in., 2002; Garcia i in., 2008). Dane tabelaryczne wykazują, że zawartość włókna surowego w śrucie rzepakowej dwukrotnie przewyższa jego

zawartość w śrucie sojowej (Smulikowska i Rutkowski, 1994; Brzóska i in., 2015). Część białka obu pasz zawarta jest w włóknie surowym, co mogło być przyczyną niższej pozornej strawności jelitowej, zarówno białka, jak aminokwasów diet zawierających poekstrakcyjną śrutę rzepakową, użytą jako częściowy zamiennik śruty sojowej w żywieniu kurcząt brojlerów w niniejszych badaniach. Włókno surowe diety pokarmowej u drobiu zwiększa tempo pasażu treści w przewodzie pokarmowym, a czas pasażu treści wpływa na czas przesuwania treści w części chłonnej jelita cienkiego, skraca czas oddziaływania enzymów trawiennych na białko i peptydy, a w efekcie na strawność i wykorzystanie białka oraz aminokwasów. Toghyani i in. (2015) wskazali na negatywną istotną korelację pomiędzy zawartością neutralnego włókna detergentowego (NDF) i neutralnego detergentowego nierozpuszczalnego azotu (NDIN) w dietach zawierających poekstrakcyjną śrutę rzepakową a strawnością lizyny. Autorzy ci potwierdzili, że młodsze kurczęta przed ukończeniem 21. dnia życia są bardziej wrażliwe na substytucję śruty sojowej poekstrakcyjną śrutą rzepakową, co w pełni potwierdziły badania przedstawione w tej pracy.

Reasumując, można wnioskować, że substytucja śruty sojowej poekstrakcyjną śrutą rzepakową w mieszankach paszowych, przy zbilansowaniu diet suszonym wywarem gorzelnianym (DDGS) i drożdżami paszowymi, a także L-lizyną i DL-metioniną dla kurcząt brojlerów, niezależnie od poziomu substytucji w zakresie od 4 do 11% w mieszankach typu starter i od 12,6 do 20,7% w mieszankach typu grower-finisher, po przekroczeniu poziomu glukozyolanów 0,38–1,05  $\mu\text{M/g}$  (starter) i 1,20–1,98  $\mu\text{M/g}$  (grower-finisher) w mieszankach paszowych istotnie obniża efektywność produkcji brojlerów, głównie poprzez obniżenie pozornej strawności jelitowej białka ogólnego i aminokwasów, na wszystkich poziomach zamiany pasz, w tym lizyny, metioniny, argininy i treoniny. Za optymalny poziom należałoby w mieszankach paszowych przyjąć poziom 4–6% poekstrakcyjnej śruty rzepakowej dla kurcząt młodszych (starter) i 8–10% dla kurcząt starszych (grower-finisher), jeśli poziom glukozyolanów w poekstrakcyjnej śrucie rzepakowej nie przekracza 9,5  $\mu\text{M/g}$ . Przekroczenie wartości otrzymanych w badaniach może skutkować obniżeniem masy ciała i jakości tuszek brojlerów, przy pogorszeniu wskaźnika wykorzystania paszy.

## Piśmiennictwo

- Ahmad G.T., Mushtaq T., Mirza M.A., Ahmad Z. (2007). Comparative bioefficacy of lysine from L-lysine hydrochloride or L-lysine sulfate in basal diets containing graded levels of canola meal for female broiler chickens. *Poultry Sci.*, 86: 525–530.
- Anderson-Hafermann J.C., Zhang Y., Parsons C.M. (1993). Effects of processing on the nutritional quality of canola meal. *Poultry Sci.*, 72: 326–333.
- AOAC (2006). *Official Methods of Analysis*. 18th Ed. AOAC, Gaithersburg, MD.
- Basoo H., Khajali F., Khoshoui E.A., Faraji M., Wideman R.F. (2012). Re-evaluation of arginine requirements for broilers exposed to hypobaric condition during the 3- to 6- week period. *J. Poultry Sci.*, 49, 4: 303–307.
- Björck I., Nyman 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.
- Brake J., Havenstein G.B., Scheideler S.E., Ferket P.R., Rives D.V. (1993). Relationships of sex, age and body weight to broiler carcass yield and offal production. *Poultry Sci.*, 74: 1137–1145.

- Brzó ska F. (2009a). Czy istnieje możliwość substytucji białka GMO innymi surowcami białkowymi (Cz. I). *Wiad. Zoot.*, 1: 3–9.
- Brzó ska F. (2009b). Czy istnieje możliwość substytucji białka GMO innymi surowcami białkowymi (Cz. II). *Wiad. Zoot.*, 2, 1: 3–11.
- Brzó ska F., Śliwa J. (2016). Soja niemodyfikowana genetycznie – jej produkcja i możliwości wykorzystania w żywieniu zwierząt. Część I. Soja w bilansie paszowym i jej uprawa w kraju. *Wiad. Zoot.*, 4: 98–110.
- Brzó ska F., Śliwiński B., Michalik-Rutkowska O., Kłopotek E. (2013). Effect of organic additive on growth, mortality, post-slaughter parameters and meat composition of broiler chickens. *Ann. Anim. Sci.*, 13 (1): 85–96.
- Brzó ska F., Śliwiński B., Furgat-Dierzuk I. (2015). Tabele składu chemicznego i wartości pokarmowej pasz krajowych. Dane zawarte w Bazie Danych Pasz Krajowych. Wyd.: Instytut Zootechniki PIB, Kraków.
- Chen S., Anderson E. (2001). Update of glucosinolate metabolism and transport. *Plant Physiol. Biochem.*, 39: 743–758.
- Clandinin D.R. (1961). Effect of sinapin, the bitter substance in rapeseed oil meal, on growth of chickens. *Poultry Sci.*, 40: 484–487.
- 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.
- COBORU (2015). Lista Odmian Roślin Rolniczych wpisanych do krajowego rejestru w Polsce. Wyd.: Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, Słupia Wielka.
- Collier J., Vallance P. (1989). Second messenger role for NO widens to nervous and immune system. *Trends Pharmacol. Sci.*, 10: 427–431.
- 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.
- Drozdowska L. (1994). Rola biologiczna glukozyzolanów. *Post. Nauk Roln.*, 5: 61–67.
- 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.
- Eurostat (2016). The EU in the World 2016. A statistical portrait.
- 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.
- Fenwick G.R., Heaney R.K., Mullin W.G. (1983). Glucosinolates and their breakdown products in food and feeding stuffs. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 18: 123–201.
- Fritz Z., Kinal S., Jamroz D., Schleicher A., Jarosz L. (1984). Mieszanki pełnoporcjowe z dużym udziałem poekstrakcyjnych śrut rzepakowych z odmian Start 0,0 i Quinta w żywieniu kurcząt rzeźnych. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 11 (1): 105–117.
- Garcia M.R., Lazaro 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.
- Go Y. (2006). Lineage-specific expansions and contractions of the bitter taste receptor gene repertoire in vertebrates: Proc. of the SBE Tri-National Young Investigators' Workshop 2005. *Mol. Biol. Evol.*, 23: 964–972.
- Gordon S.H., Short F., Wilson D.W., Croxall R. (2004). The effect of dietary concentration of rapeseed meal or whole rapeseed on broiler performance and litter quality. *Br. Poultry Sci.*, 45, Suppl. 1: S21–S22.
- 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.
- Izadinia M., Nobakht M., Khajali F., Faraji M., Zamani F., Qujeq D., Karimi J. (2010). Pulmonary hypertension and ascites as affected by dietary protein source in broiler chickens reared in cool temperature at high altitudes. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 155: 194–200.
- Jamroz D. (1984). Substytucja pasz importowanych komponentami produkcji krajowej w mieszankach paszowych dla drobiu. *Post. Nauk Roln.*, 5: 31–39.

- Jeroch H., Jankowski J., Schöne F. (2008). Rapeseed products in the feeding of broiler and laying hens. *Arch. Geflügelk.*, 72: 49–55.
- Jeroch H., Kracht W., Dänicke S. (2001). Feeding value of rape products and its improvement for broilers and laying hens. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 103: 7–11.
- 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.
- Kermanshahi H., Abbasi Pour A.R. (2006). Replacement value of soybean meal with rapeseed meal supplemented with or without a dietary NSP-degrading enzyme on performance, carcass traits, and thyroid hormones of broiler chickens. *Int. J. Poultry Sci.*, 5: 932–937.
- Khajali F., Słominski B.A. (2012). Factors that affect the nutritive value of canola meal for poultry. *Poultry Sci.*, 91: 2564–2575.
- 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.
- Koreleski J., Ryś R., Młodkowski M., Ombach A., Kubicz M. (1986). Wpływ skarmiania śruty poekstrakcyjnej z rzepaku tradycyjnego niskoglukozynolanowego na wyniki odchovu i gospodarkę witaminowo-mineralną u kurcząt brojlerów oraz wzrost szczurów. *Rocz. Nauk. Zoot. Monografie i Rozprawy*, 24: 281–297.
- 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.
- Lee K-H., Olomu 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.
- Leeson S., Summers J.D. (1997). *Commercial Poultry Nutrition*. University Books, Guelph.
- Markowski J., Korol W. (2006). Informacje o wynikach badań GMO wykrywanych w KLP Szczecin w ramach Krajowego Planu Kontroli Pasz. *Pasz. Przemysłowe*, 1: 25–30.
- Mateos G.G., Lazaro R.P., Gracia M.I. (2002). The feasibility of using nutritional modifications to replace drugs in poultry. *Feed. J. Appl. Poultry 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.
- Mazanowska A., Kinal S., Gwara T. (1987). Zastosowanie poekstrakcyjnej śruty rzepaku z odmian podwójnie ulepszonych (MAH+BOH\*) w żywieniu kurcząt brojlerów. *Rocz. Nauk. Zoot. Monografie i Rozprawy*, 25: 191–203.
- 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.
- Mushtag T., Sarwar M., Ahmad G., Mirza M.A., Nawaz H., Mushtag-Haroon M.M., Noreen U. (2007). Influence of canola meal-based diets supplemented with exogenous enzyme and digestible lysine on performance, digestibility, carcass, and immunity responses of broiler chickens. *Poultry Sci.*, 86: 2144–2151.
- Newkirk R.W., Classen H.L. (1999). The effect of standard oilseed extraction and processing on the nutritional value of canola meal for broiler chickens. *Poultry Sci.*, 78, (Suppl. 1): 39 (Abstr.).
- Newkirk R.W., Classen H.L. (2002). The effect of toasting canola meals on body weight, feed conversion efficiency, and mortality in broiler chickens. *Poultry Sci.*, 81: 815–825.
- 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.).
- NRC (1994). National Research Council. *Nutritional Requirements of Poultry*. 9th rev. Ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Oleszek W. (1995). Glukozynolany – występowanie i znaczenie ekologiczne. *Wiad. Roln.*, 39 (1/2): 49–58.
- 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.
- Pastuszevska 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. B. Pastuszewskiej, s. 27.
- Pastuszewska B., Jablecki G., Buraczewska L., Dakowski P., Taciak M., Matyjek R., Ochtabińska A. (2003). The protein value of differently processed rapeseed solvent meal and cake assessed by *in vitro* methods and in tests with rats. *Anim. Feed Sci., Technol.*, 106: 175–188.
- Rutkowski A., Dąbrowski K. (1984). Żywienie śrutą rzepakową a jakość mleka, jaj i mięsa. *Post. Nauk Roln.*, 3: 9–20.
- Saha D.C., Gilbert 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.
- Shaul P.W. (2002). Regulation of endothelial nitric oxide synthase. *Ann. Rev. Physiol.*, 64: 749–774.
- 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. (1986). Glukozynolany nasion rzepaku (*Brassica napus* L.). Charakterystyka chemiczna, efekt biologiczny, usuwanie. *Post. Nauk. Roln.*, 1, 43: 55.
- Smulikowska S., Chibowska M., Wiśniewska J. (1990). Effects of low glucosinolate rape seed – 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., Rutkowski A. (2005). Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz. *Normy Żywienia drobiu. Wydanie czwarte zmienione i uzupełnione*. Wyd.: Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN, Jabłonna.
- Spragg J., Mailer R. (2007). Canola meal value chain quality improvement. Accessed Jan. 31: 2009.
- 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. (2009). Standardized ileal digestibility of amino acid from several cereal grains and protein-rich feedstuffs in broiler chickens at the age of 30 days. *J. Anim. Feed. Sci.*, 18: 662–676.
- Toghiani M., Rodgers N., Iji P.A., Swick R.A. (2015). Standardized ileal amino digestibility of expeller-extracted canola meal subjected to different processing conditions for starter and grower broiler chickens. *Poultry Sci.*, 94: 992–1002.
- Tripathi M.K., Mishra A.S. (2007). Glucosinolates in animal nutrition: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 132: 1–27.
- van Kempen G.J.M., Jansman A.J.M. (1994). Use of EC produced oil seeds in animal feeds. In: *Recent advances in animal nutrition*. Garnworthy P.C., Cole D.J.A. (Eds). Nottingham University Press, pp. 31–56.
- Van Soest J.P. (1994). *Nutritional Ecology of Ruminants*. 2nd ed. Cornell University Press, Ithaca, NY.
- 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.
- Young L.L., Northcutt J.K., Buhr R.J., Lyon C.E., Ware G.O. (2001). Effect of age, sex, and duration of postmortem aging on percentage yield of parts from broiler chicken carcasses. *Poultry Sci.*, 80: 376–379.
- Zduńczyk Z. (1995). Glukozynolany rzepaku – wpływ na spożycie pasz, zdrowie i produktywność zwierząt oraz jakość produktów zwierzęcych. *Post. Nauk. Roln.*, 5: 431–454.
- Zgłobica A., Różycka B. (1972). *Procedura analizy tusze kurcząt*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, V: 72–85.



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

**Effect of substituting soybean meal with rapeseed meal on body weight of broiler chickens, carcass quality and apparent ileal amino acid digestibility**

SUMMARY

The aim of the study was to investigate the effect of substituting soybean meal (SBM) with rapeseed meal (RSM) in maize-wheat meal based diets, balanced with DDGS, fodder yeast, L-lysine and DL-methionine, on the growth performance, mortality, feed consumption and conversion, carcass traits and meat composition of broiler chickens and to determine ileal crude protein and amino acid apparent digestibility at 2–4 weeks of age. A total of 640 sexed chicks (Ross 308, 1 d old) were divided into 4 groups with 2 semi groups each (male and female), with 8 replications, 10 birds in each replication, and fed 4 mash diets. The diets were a complete corn-wheat meal with 4 decreasing SBM contents (starter/grower-finisher) in percent: 36/30; 24.3/20.4; 21.2/17.7 and 17.1/11.2, and 4 increasing RSM contents respectively: 0/0 (control); 4/12.6 (Low level); 7/16.2 (Medium level) and 11/20.7 (High level). Adequately to the RSM in the diets, the level of glucosinolates in the diets was, in  $\mu\text{M/g}$ , respectively: 0.0; 0.38; 0.67 and 1.05 (starter) and 0.0; 1.20; 1.55 and 1.98 (grower-finisher). The diets were formulated to have the same ME, CP, Ca, P and amino acids content using DDGS, yeast, L-Lys and DL-Met.

The dietary inclusion of RSM instead of SBM significantly decreased the body weight by 5.5%; 5.4% and 9.8% respectively compared to the control diet ( $P \leq 0.01$ ). The feed conversion significantly increased by 4.8%; 5.8% and 8.2% respectively compared to the control diet ( $P \leq 0.01$ ). The highest level of RSM in the diet, significantly decreased the broiler chicken mortality ( $P \leq 0.01$ ). There was an increase in dietary level of RSM, a decrease of SBM, a decrease in the carcass, breast and leg muscles, but a significant increase of the liver weight at High level of RSM inclusion in the diet.

The effect of SBM substitution with RSM on ileal CP and AA apparent digestibility was also studied. A total of 320 cockerels (Ross 308), 2–4 weeks old were divided into 4 groups, with 8 replications, 10 birds in each replication, and fed 4 mash diets as in growing experiment (grower), with  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  as ileum digestibility marker. The diets were a complete corn-wheat meal with 4 decreasing SBM contents (starter/grower-finisher). RSM replaced dietary SBM, with DDGS and yeast significantly decreasing the CP and AA ileal digestibility at all levels of rapeseed meal in the experimental feed mixtures.

The results suggest that solvent rapeseed meal cannot replace soybean meal without adverse effects on performance, protein and apparent ileal amino acid digestibility of broiler chickens if used at more than 4–6% in starter and 8–10% in grower commercial feeds, if the concentration of glucosinolates in rapeseed meal does not exceed 9.5  $\mu\text{M/g}$ .

Key words: soybean meal, rapeseed meal, broiler chicken, productivity, apparent digestibility of amino acids