

Soja niemodyfikowana genetycznie – jej produkcja i możliwości wykorzystania w żywieniu zwierząt w Polsce Część II. Pasze sojowe w żywieniu zwierząt

Franciszek Brzóska

*Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy, Dział Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa,
32-083 Balice k. Krakowa*

Produkcja pasz z nasion soi – czy możliwa w Polsce?

Dominującą rośliną olejarską w Polsce jest rzepak ozimy, a w niewielkim stopniu rzepak jary. Produkcją oleju z krajowych i importowanych nasion rzepaku zajmuje się 6 dużych spółek, zakładów tłuszczowych i kilkanaście mniejszych tłoczni. Najmniejszy zakład tłuszczowy, BIELMAR w Bielsku-Białej przetwarza około 260 t nasion rzepaku na dobę. Jest również kilkanaście spółek tłoczących nasiona rzepaku celem pozyskania oleju do produkcji estrów kwasów tłuszczowych, dodawanych zgodnie z istniejącymi przepisami do oleju napędowego silników wysokoprężnych. Założono, że w Unii Europejskiej w 2020 r. będzie pozyskiwane 20% energii z biopaliw. Według technologów przemysłu olejarskiego, tłoczenie oleju sojowego i pozyskiwanie makuchu lub śrutu sojowej poekstrakcyjnej byłoby możliwe przy rocznym zbiorze i skupie co najmniej 100 tys. t pełnotłustych nasion soi. Dałoby to możliwość ustawienia jednej linii tłoczenia i ekstrakcji przez co najmniej 1 rok w najmniejszym zakładzie tłuszczowym lub przez 1 kwartał w największych zakładach tłuszczowych w Polsce. Inną możliwość daje budowa oddzielnej linii technologicznej tłoczenia oleju sojowego przy kontraktacji nasion i zorganizowaniu ich skupu. Kontraktacją nasion soi w Polsce zajmuje się spółka ukraińska Agro-Yumis, producent odmian soi niemodyfikowanych genetycznie. Brak jest informacji o ilości nasion soi skupowanych przez tę firmę i inne podmioty gospodarcze. W celu uzyskania

około 100 tys. t nasion należałoby uprawiać soję na areale 45 tys. ha, przy średnim plonie 20 dt/ha lub 40 tys. ha przy średnim plonie 25 dt/ha (Brzóska i Śliwa, 2016). Taka perspektywa produkcji śrutu sojowej poekstrakcyjnej nie wydaje się realna w najbliższych 10 latach. Rozwijająca się powolnie w Polsce uprawa soi niemodyfikowanej genetycznie przez wiele lat nie zładzi deficytu śrutu sojowej poekstrakcyjnej przeznaczonej dla drobiu, w tym kurcząt brojlerów, indyków rzeźnych, kur niosek i trzody chlewnej, a zwiększający się deficyt białka paszowego skłania do importu coraz większych ilości śrutu sojowej zmodyfikowanej genetycznie. Niewielkie ilości pełnych nasion soi są importowane z Ukrainy i przerabiane przez wytwórnie pasz dla zwierząt po uprzednim ogrzaniu i ześrutowaniu.

W 2015 r. powierzchnię zasiewów i uprawy soi w Polsce szacowano na 5–6 tys. ha, o największym nasileniu w rejonie Głubczyc na Górnym Śląsku, co dało zbiór około 15 tys. t nasion rocznie. Zbierana obecnie ilość nasion soi z punktu widzenia zakładów tłuszczowych jest za mała, a tłoczenie takiej ilości nasion byłoby operacją nieopłacalną, pomimo zakupów pewnej ilości oleju sojowego przez zakłady tłuszczowe do produkcji margaryn. Do czasu zwiększenia areалу uprawy soi w Polsce i zbiorów nasion na wymaganym poziomie nie jest możliwa produkcja śrutu sojowej poekstrakcyjnej w skali przemysłowej. Możliwa jest natomiast produkcja pasz sojowych z nasion surowych poddanych ogrzewaniu dla unieczynnienia substancji antyodżywczych oraz produkcja śrutu sojowej o ob-

nizonej rozkładalności żwaczowej, przeznaczonych dla krów o wysokiej wydajności mlecznej.

Produkty paszowe pozyskiwane z nasion soi

Z pełnotłustych nasion soi otrzymuje się 7 podstawowych materiałów paszowych (tab. 1), łącznie kilkanaście produktów paszowych o różnym zastosowaniu, głównie w przemyśle spożywczym.

Z nasion soi otrzymuje się dwa podstawowe rodzaje śruty poekstrakcyjnej. Z nasion odolejonych i wyekstrahowanych pochodzi standardowa śruta sojowa o zawartości około $44 \pm 2,0\%$ białka, a z nasion pozbawionych łuski nasiennej – śruta poekstrakcyjna o zawartości $48 \pm 2,0\%$ białka. Z ogrzewanych pełnych nasion

soi otrzymuje się paszę wysokobiałkową, a z ogrzewanej śruty poekstrakcyjnej – śrutę sojową poekstrakcyjną RUP o silnie obniżonej rozkładalności żwaczowej. Obie pasze są przeznaczone do żywienia krów wysokomlecznych.

W przemyśle spożywczym śrutę sojową przetworzoną wykorzystuje się jako komponent farszu mięsno-roślinnego, stosowanego do wypełniania wyrobów wędliniarskich.

Z nasion soi otrzymuje się ponadto mleczko sojowe, a po jego fermentacji bakteryjnej i wytrąceniu białek – ceniony serek sojowy o nazwie „Tofu”, stosowany jako komponent licznych potraw, uznawanych za ekskluzywne, podawanych w najlepszych hotelach i restauracjach.

Tabela 1. Skład chemiczny i wartość pokarmowa materiałów paszowych z nasion soi przeznaczonych do żywienia przeżuwaczy

Table 1. Chemical composition and nutritive value of soybean feed materials for ruminants

Składniki pokarmowe <i>Nutrients</i>	Pasze sojowe – <i>Soybean feeds</i>						
	Nasiona soi surowe <i>Raw soybean</i>	Nasiona soi ogrzewane <i>Heat-treated soybean</i>	Śruta sojowa ¹ 44% <i>Soybean meal¹</i> 44%	Śruta sojowa ² 48% <i>Soybean meal²</i> 48%	Śruta sojowa RUP ³ <i>RUP soybean meal³</i>	Makuch ekspeler sojowy ⁴ <i>Soybean expeller cake⁴</i>	Łuska sojowa <i>Soybean hulls</i>
SM – DM (%)	86,0	90,0	88,0	88,0	92,0	91,0	90,0
BO – CP (%)	40,9	40,9	50,0	54,5	48,7	48,5	12,1
RUP (% BO/CP)	26,0	50,0	35,0	35,0	51,0	60,0	30,0
RUP (% SM/DM)	10,6	20,5	17,5	19,1	24,8	29,1	3,6
ADF (%)	10,0	11,0	10,0	6,0	8,2	8,5	50,0
NDF (%)	13,0	13,8	14,0	8,0	20,6	12,5	67,0
NEL (MJ/kg)	8,87	9,15	8,11	8,38	8,20	8,23	7,37
NFC (%)	23,3	21,9	27,3	30,0	18,1	27,1	13,5
Tłuszcz – Fat (%)	17,7	18,3	1,4	1,0	6,8	5,4	2,3
Popiół – Ash (%)	5,1	5,1	7,3	6,5	5,8	6,5	5,1

Źródło: Dairy Reference Manual, 3rd edition. NRAES-63; NFC – węglowodany niewłókniste.

¹Śruta sojowa poekstrakcyjna (standardowa; Low-Prot); ²śruta sojowa z odłuszczonych nasion (High-Prot); ³śruta sojowa o zmniejszonej rozkładalności żwaczowej; ⁴makuch (ekspeler) z nasion soi.

Source: Dairy Reference Manual, 3rd edition. NRAES-63; NFC – non-fibre carbohydrates.

¹Extracted soybean meal (standard; Low-Prot); ²fat-extracted soybean meal (High-Prot); ³soybean meal with rumen-undegraded protein; ⁴soybean expeller cake.

Składniki pokarmowe i wartość energetyczna pełnej soi z upraw krajowych i w tabelach wartości pokarmowej pasz

Skład chemiczny pełnych nasion soi uprawianej i zebranej w Zakładach Doświadczalnych Instytutu Zootechniki PIB podano

w tabeli 2, a skład aminokwasowy w tabeli 3, w porównaniu do informacji o pełnych nasionach soi zawartych w Zaleceniach żywienia drobiu (Smulikowska i Rutkowski, 2005) oraz Tabelach składu chemicznego i wartości pokarmowej pasz krajowych (Brzóška i in., 2015).

Tabela 2. Składniki pokarmowe i wartość energetyczna 1 kg pełnych nasion soi o podanej wilgotności
 Table 2. Nutrients and energy value of 1 kg full soybeans with specified moisture content

Składniki pokarmowe <i>Nutrients</i>	Grodziec Śląski Śląsk	Pawłowice Wielkopolska	Smulikowska i Rutkowski (2005)	Brzóska i in. (2015)
	g/kg paszy – g/kg feed			
Wilgotność – <i>Moisture content</i>	11,6%	10,2%	7,0%	6,8%
Białko ogólne – <i>Crude protein</i>	358,3	372,9	345,2	349,7
Tłuszcz surowy – <i>Crude fat</i>	184,0	188,5	197,0	186,0
Włókno surowe – <i>Crude fibre</i>	45,1	43,0	62,0	69,1
Popiół surowy – <i>Crude ash</i>	42,5	54,1	57,0	61,1
Skrobia – <i>Starch</i>	45,6	42,1	47,0	46,9
Cukier – <i>Sugar</i>	–	–	66,0	–
NDF	–	–	–	132,8
Energia metaboliczna <i>Metabolizable energy (MJ)</i> ¹	13,39	14,63	13,80	13,44
Wapń – <i>Calcium</i>	2,1	2,4	2,6	2,4
Fosfor ogólny <i>Total phosphorus</i>	5,8	6,0	6,2	5,9
Fosfor przyswajalny <i>Available phosphorus</i>	2,3	2,4	2,6	2,4
Sód – <i>Sodium</i>	0,3	0,3	0,3	0,3
Sód – <i>Sodium</i>	19,0	21,2	15,6	20,5
Potas – <i>Potassium</i>				
Magnez – <i>Magnesium</i>	2,5	2,7	2,8	2,7

¹Do wyliczenia energii metabolicznej użyto wzoru zawartego w Europejskich tabelach wartości energetycznej pasz dla drobiu (1989) oraz przyjęto strawność składników pokarmowych na poziomie: białka ogólnego 0,84; tłuszczu surowego 0,82 i związków bezazotowych wyciągowych 0,48.

¹*Metabolizable energy was calculated using a formula from the European Table of Energy Values for Poultry Feedstuffs (1989); nutrient digestibility was assumed to be 0.84 for crude protein; 0.82 for crude fat; and 0.48 for N-free extractives.*

Tabela 3. Poziom aminokwasów w 1 kg pełnych nasion soi o zawartości suchej masy podanej w tabeli 2
 Table 3. Level of amino acids in 1 kg of full soybean with DM content specified in Table 2

Składniki pokarmowe <i>Nutrients</i>	Grodziec Śląski Śląsk	Pawłowice Wielkopolska	Smulikowska i Rutkowski (2005)	Brzóska i in. (2015)
	g/kg paszy – g/kg feed			
Arginina – <i>Arginine</i>	27,1	28,8	23,4	22,6
Fenylalanina – <i>Phenylalanine</i>	17,9	19,4	32,5	15,1
Histydyna – <i>Histidine</i>	8,9	9,4	8,5	10,6
Izoleucyna – <i>Isoleucine</i>	14,4	15,7	14,4	14,1
Leucyna – <i>Leucine</i>	25,9	27,7	24,3	24,1
Lizyna – <i>Lysine</i>	22,4	22,9	19,5	22,3
Metionina – <i>Methionine</i>	4,9	5,8	4,4	5,8
Cystyna – <i>Cystine</i>	5,2	5,4	5,0	6,4
Treonina – <i>Threonine</i>	12,6	13,9	12,6	14,7
Walina – <i>Valine</i>	15,3	16,9	15,4	15,3
Tryptofan – <i>Tryptophan</i>	–	–	4,3	–
Alanina – <i>Alanine</i>	14,8	14,1	–	10,8

Poziom aminokwasu fenyloalaniny w nasionach soi, podany w Zaleceniach żywienia drobiu (Smulikowska i Rutkowski, 2005), jest bardzo wysoki, niemal dwukrotnie wyższy niż

w pełnych nasionach soi zebranej w kraju, a także wykazany w informacji zawartej w Bazie Danych Pasz Krajowych (Brzóska i in., 2015).

Zbiór nasion soi w Polsce jest zagrożony

nadmierną wilgotnością, powodowaną relatywnie późnym zbiorem i skracającym się dniem, osłabiającym promieniowanie słoneczne. Przypada on, po 140 dniach wegetacji, na pierwszą dekadę września. Nasiona górnej części roślin, najpóźniej zawiązywane mogą posiadać wilgotność przekraczającą 18%, a strąki położone najniżej i najwcześniej zawiązywane są narażone – pod wpływem różnic w wilgotności powietrza pomiędzy dniem i nocą – na pęknięcie i obsypywanie się nasion. Istotnym elementem selekcji i oceny odmian soi jest zatem wysokość zawiązywania pierwszych strąków, co ogranicza straty powodowane wysokością pracy hederów kombajnów. Wyższą wilgotność posiadały nasiona soi w Grodźcu Śląskim, co wynika z większej ilości opadów atmosferycznych charakterystycznych dla terenów podgórszych Beskidu Śląskiego, położenia na wysokości około 300 m n.p.m. oraz ukształtowania terenu. Wilgotność nasion soi zbieranych w pierwszej połowie września 2014 r. ze względu na sprzyjające warunki atmosferyczne mieściła się w przedziale 10–12%, dzięki czemu nie wymagały one dosuszania. Nasiona soi zawierały odpowiednio około 358 i 373 g/kg białka ogólnego. Zawartość białka ogólnego w nasionach soi uprawianej w Zakładach Doświadczalnych był wyższa niż podana w informacjach zawartych w tabelach wartości pokarmowej pasz (Smulikowska i Rutkowski, 2005; Brzóška i in., 2015). Nasiona zawierały odpowiednio 184 i 189 g/kg tłuszczu surowego. Zawartość włókna surowego nie przekroczyła 46,0 g/kg. Poziom energii metabolicznej w pełnych nasionach soi w Zaleceniach żywienia drobiu wynosi 13,8 MJ/kg paszy o wilgotności podanej w tabeli 2 (Smulikowska i Rutkowski, 2005), w nasionach zebranych w Grodźcu Śląskim – 13,39 MJ/kg; zebranych w Pawłowicach – 14,63 MJ/kg paszy. Poziom energii w nasionach soi średnio dla około 80 analizowanych próbek zawartych w Bazie Danych Pasz Krajowych wynosił 13,44 MJ/kg paszy (Brzóška i in., 2015).

Zawartość aminokwasów w nasionach soi była wyrównana (tab. 3). Skład aminokwasowy nasion soi o podanej wilgotności, zebranych w Zakładach Doświadczalnych i podany w tabelach wartości pokarmowej pasz był zbliżony. Wartości te nie różniły się znacząco przy przeliczeniu na suchą masę. Poziom lizyny wynosił od 22,4 do 22,9 g/kg, a metioniny od 4,9

do 5,8 g/kg. Wartości zamieszczone w tabelach dotyczą co najmniej kilkudziesięciu wyników analiz próbek nasion pochodzących z różnych rejonów kraju, soi uprawianej w zróżnicowanych warunkach glebowych i klimatycznych. Tabele wartości pokarmowej pasz zawarte w Zaleceniach żywienia drobiu (Smulikowska i Rutkowski, 2005) mogą zawierać informacje o soi importowanej do Polski. Zawartość białka nierozkładalnego w żwaczu w pełnych nasionach soi wynosiła 10,6% suchej masy, a w odniesieniu do białka ogólnego 26,0%. Ogrzewanie nasion zwiększa zawartość białka nierozkładalnego odpowiednio do 20,5% suchej masy i 50,0% białka ogólnego.

Pelne nasiona soi ogrzewane w żywieniu zwierząt

Pełnotłuste surowe nasiona soi, ogrzewane i ekstradowane, ze względu na wysoką zawartość tłuszczu są paszami stosowanymi dotychczas wyłącznie w żywieniu krów wysokomlecznych. Znikoma jest ilość badań naukowych nad ich wykorzystaniem w żywieniu świń i drobiu. Surowe nasiona soi mogą być stosowane głównie w dawkach pokarmowych dla bydła, ponieważ zawarte w nich substancje antyodżywcze ulegają w czasie kilkugodzinnej fermentacji żwaczowej częściowej dezaktywacji. Amerykańskie dane zalecają stosowanie nie więcej jak 10% suchej masy surowych nasion soi w dawkach pokarmowych dla krów mlecznych, co odpowiada 1,8–2,2 kg nasion soi na dobę, korzystnie w paszy pełnodawkowej PMR i TMR lub w dwóch porcjach dziennie w tradycyjnych systemach żywienia krów.

Doświadczenia zagraniczne (Holandia, Niemcy, USA) wskazują, że najbardziej efektywnym sposobem przerobu pełnych nasion soi na pasze dla zwierząt jest wytlaczanie oleju o charakterze spożywczym i produkcja poekstrakcyjnej śruty sojowej. Skala produkcji nasion sojowych w naszym kraju jest za mała i nie pozwala na przemysłową produkcję śruty sojowej poekstrakcyjnej (Brzóška i Śliwa, 2016).

Metody prostsze i mniej zaawansowane technologicznie przerobu pełnych nasion soi na pasze dla krów polegają na ogrzewaniu nasion pełnych lub częściowo odtłuszczonych w postaci makuchu (ekspeleru) sojowego. Brak jest dostatecznej ilości badań pozwalających na opraco-

wanie naukowych podstaw wykorzystania ogrzewanych nasion pełnotłustej soi dla drobiu. Dysponujemy jedynie zaleceniami na podstawie nielicznych prób wykorzystania nasion pełnych w żywieniu świń. Ze względu na wysoką zawartość tłuszczu – na poziomie około 20–21% – nasiona pełne nie są dobrym komponentem do mieszanek paszowych dla prosiąt, kurcząt hodowlanych i brojlerów.

Metody ogrzewania nasion soi dla krów mlecznych rozwinięto w USA i Holandii, a dla ich opisu posłużę się informacjami zawartymi w opracowaniu Uniwersytetu Pensylwania College of Agricultural Science, Department of Dairy and Animal Science (Ishler i Varga, 2000). Nasiona soi ogrzewane są nasionami surowymi poddanyymi działaniu podwyższonej temperatury celem unieczynnienia substancji termolabilnych o charakterze antyodżywczych. Są to enzymy ulegające pod wpływem temperatury denaturacji i unieczynnieniu. Nasiona soi ogrzewane zawierają 33–36% białka ogólnego, 15–22% tłuszczu, przy wilgotności około 8–12%. W wyniku ogrzewania nasion zawartość białka nierozkładalnego (RUP), wyrażona w procentach białka ogólnego zwiększa się z około 20% do 50%.

Znane są konstrukcje pieców przewoźnych i stacjonarnych, o bardzo szerokim zakresie wydajności od 40 kg do 2000 kg/godzinę, przy zapotrzebowaniu mocy od 0,75 do 2,1 kW.

W tabeli 4 podano wpływ ogrzewania i ekstruzji pełnych nasion soi na zawartość białka nierozpuszczalnego RUP w otrzymanych paszach. Ziarno przebywa w wysokiej temperaturze przez około 1 minutę. Dłuższe ogrzewanie może powodować nieodwracalne uszkodzenie nasion. Optymalna temperatura ogrzewania nasion soi wynosi 146°C, bez późniejszego schładzania ziarna. Czas i temperatura ogrzewania nasion soi są dostosowane przez ich producentów do poszczególnych urządzeń. Wykazano, że jeśli temperatura ogrzewania jest za niska, rozkładalność żwaczowa paszy jest zbyt wysoka, a jeśli temperatura jest za wysoka, pojawiają się produkty degradacji termicznej białka i aminokwasów oraz maleje strawność obu składników w jelicie cienkim. Wykazano, że wydłużanie czasu ogrzewania i przekroczenie optymalnej temperatury obniża przyswajalność jelitową lizyny. Producenci urządzeń do ogrzewania nasion soi posiadają na ogół własne zalecenia co do czasu i temperatury ogrzewania.

Tabela 4. Poziom białka nierozkładalnego w żwaczu (RUP), wapnia, fosforu i potasu w paszach sojowych zależnie od procesu przetworzenia

Table 4. Level of rumen undegraded protein (RUP), calcium, phosphorus and potassium in soybean feeds depending on processing method

Rodzaj paszy sojowej <i>Type of soybean feed</i>	Zawartość w 1 kg paszy (g) <i>Content in 1 kg feed (g)</i>				
	białko ogólne <i>crude protein</i>	RUP ¹ (% BO/CP)	Ca	P	K
Pełne nasiona soi – <i>Full soybean</i>	410	28	2,7	6,4	1,9
Ogrzewane pełne nasiona soi – <i>Heat-treated soybean</i>	400	48	2,7	6,4	2,0
Pełne nasiona soi ekstrudowane – <i>Extruded full soybean</i>	400	35	2,7	6,4	2,0
Łuska sojowa – <i>Soybean hulls</i>	120	25	5,5	2,0	1,3
Śruta sojowa poekstrakcyjna (42–46% BO) <i>Extracted soybean meal (42–46% CP)</i>	460	35	3,6	7,0	2,2
Śruta sojowa poekstrakcyjna (>47% BO) <i>Extracted soybean meal (>47% CP)</i>	540	33	3,5	7,5	2,3

¹ RUP – białko nierozkładalne w żwaczu; ² Źródło: Dairy Reference Manual, 3rd edition; NRAES-63 (Adams i in., 1995).

¹ RUP – rumen undegraded protein; ² Source: Dairy Reference Manual, 3rd edition; NRAES-63 (Adams et al., 1995).

Ogrzewane nasiona mogą być stosowane w ilości 10–18% suchej masy dawki pokarmo-

wej TMR i PMR dla krów mlecznych, jakkolwiek zawartość tłuszczu w nasionach i dawce

pokarmowej może limitować ich użycie. Nadmierna ilość łatwo hydrolizowanego w żwaczu oleju sojowego może zaburzać procesy fermentacji bakteryjnej celulozy i hemicelulozy, a w efek-

cie wpływać ujemnie na obniżenie zawartości tłuszczu w mleku. Nadmierny wzrost zawartości kwasów nienasyconych w mleku może zwiększać podatność antyoksydacyjną tłuszczu mlecznego.

Tabela 5. Wydajność i skład mleka krów żywionych ogrzewanymi pełnymi nasionami soi (Knapp i in., 1991)
Table 5. Yield and composition of milk from cows fed heat-treated full soybean (Knapp et al., 1991)

Wyszczególnienie Item	Ogrzewane pełne nasiona soi (% suchej masy dawki pokarmowej) Heat-treated full soybean (% ration dry matter)			
	0	12	18	24
Pobranie SM (kg/dzień) – <i>DM intake (kg/day)</i>	24,6	24,9	25,0	24,9
Pobranie NEL (MJ/dzień) – <i>NEL intake (MJ/day)</i>	172,9	178,4	180,0	181,3
Pobranie białka RUP (kg/dzień) – <i>RUP intake (kg/day)</i>	1,4	1,6	1,8	2,0
Wydajność mleczna (kg/dzień) – <i>Milk yield (kg/day)</i>	34,9 c	37,5 b	38,8 a	38,8 a
Zawartość tłuszczu w mleku (%) – <i>Milk fat content (%)</i>	3,23 b	3,20 b	3,32 a	3,37 a
Produkcja tłuszczu w mleku (g/dzień) – <i>Milk fat production (g/day)</i>	1,12 c	1,19 a	1,16 b	1,17 b
Zawartość białka w mleku (%) – <i>Milk protein content (%)</i>	3,11 a	3,03 b	3,00 b	3,01 b
Produkcja białka w mleku (g/dzień) <i>Milk protein production (g/day)</i>	1,08 c	1,13 b	1,16 a	1,17 a

a, b, c – $P < 0,05$.

¹RUP – białko nierozkładalne w żwaczu – *rumen undegraded protein*.

W doświadczeniu żywieniowym, wykonanym na krowach mlecznych określono optymalne ilości ogrzewanego pełnego nasiona soi dla krów; wynoszą one nie więcej niż 18% suchej masy dawki pokarmowej (tab. 5). Wykazano, że zwiększająca się ilość ogrzewanego nasiona soi w dawkach pokarmowych dla krów nie wpływa na żwaczową strawność włókna, a olej sojowy nie zakłóca syntezy kwasów tłuszczowych mleka. Zalecenia skarmiania ogrzewanego nasiona soi podają dawkę 3,6 kg/dzień jako maksymalną ilość dla krów mlecznych o masie ciała około 600–700 kg (Rueggsegger i Schults, 1985). Dawki pokarmowe we wspomnianych badaniach składały się z pasz podobnych do stosowanych w żywieniu krów wysokowydajnych w Polsce, jak kiszonka z kukurydzy, sianokiszonka z lucerny, kiszona wilgotna kolba kukurydzy, pasza sojowa, składniki mineralne i witaminy.

Nasiona soi zbierane w rejonie Głubczyc są przerabiane według węgierskiej technologii, polegającej na ogrzewaniu, śrutowaniu i wprowadzaniu do mieszanek paszowych dla krów wysokomlecznych, co pozwala wyeliminować śrutę sojową poekstrakcyjną z dawek pokarmo-

wych. Dalsze badania wykazały, że nie ma istotnej przewagi pełnego nasiona soi ogrzewanego nad nasionami ekstrudowanymi w żywieniu krów mlecznych o przeciętnej wydajności około 30 kg FCM/dzień (Scott i in., 1991). Proces ekstruzji najsilniej wpływa na skrobię zawartą w wysokoskrobiowych materiałach paszowych. W ziarnie nasiona soi zawartość skrobi jest relatywnie niska i wynosi około 40–60 g/kg, stąd efekt oddziaływania temperaturą i ciśnieniem może nie ujawnić się zwiększoną produkcją mleka krów.

Śruty sojowe poekstrakcyjne

W pełnym cyklu przetwarzania pełnego nasiona soi na śrutę poekstrakcyjną poddaje się je czyszczeniu, polegającym na oddzieleniu chwastów, plew i nasion silnie uszkodzonych. Po nawilżeniu nasiona poddaje się gnieceniu na prasach ślimakowych dla uzyskania oleju i makucho (ekspeleru) sojowego. Przy zawartości 18–21% (180–210 g/kg) tłuszczu w nasionach w makuchu pozostaje 5–9% (50–89 g/kg) tłuszczu. Z 1 tony pełnego nasiona soi uzyskuje się w wyniku tłoczenia około 120–130 kg oleju so-

jowego i około 880 kg makuchu. Tę frakcję oleju określa się jako tłoczoną na zimno. W procesie wytłaczania oleju nasiona ulegają miazdzeniu, a w wyniku tarcia temperatura miazgi sojowej osiąga 70–90°C. Makuch poddaje się następnie ekstrakcji w rozpuszczalniku organicznym. Najczęściej jest to heksan. Heksan jest organicznym związkiem chemicznym z grupy alkanów, a jego produkt przemysłowy o zawartości około 50% wagowych heksanu wrze w temperaturze 65–70°C. Skutkiem ekstrakcji pozyskuje się dodatkowo 40–50 kg oleju z makuchu. W śrucie sojowej poekstrakcyjnej pozostaje 1,0–1,6% (10–16 kg/100 kg) tłuszczu.

Ekstrakcja tłuszczu z makuchu kończy się procesem określanym jako toastowanie, polegającym na lekkim nawilżeniu wyekstrahowanej śruty i odparowaniu resztek heksanu w temperaturze 100–105°C pod ciśnieniem około 30 atmosfer w czasie 45–50 minut. Istnieją normy określające dopuszczalny poziom heksanu w śrucie sojowej i rzepakowej. Heksan zawarty w nadmiarze w paszach dla zwierząt i żywności dla ludzi jest substancją szkodliwą, a nawet tok-

syczną. Śruty poekstrakcyjne z nasion roślin oleistych nie mogą być stosowane w ekologicznych systemach żywienia zwierząt.

Odluszczenie pełnych nasion soi sprawia, że zawartość białka ogólnego w śrucie sojowej poekstrakcyjnej zwiększa się, a zawartość frakcji ścian komórkowych (NDF i ADF) proporcjonalnie maleje. Stąd różni się dwa zasadnicze rodzaje śruty poekstrakcyjnej sojowej:

- śrutę klasyczną o zawartości 42–46% białka ogólnego,
- śrutę z nasion soi odluszczonej o zawartości 47–50% białka ogólnego.

Poza tymi dwoma rodzajami sojowych śrut poekstrakcyjnych specjalne miejsce zajmuje śruta sojowa poekstrakcyjna RUP o zmniejszonej rozkładalności żwaczowej, co skutkuje wyższym przepływem aminokwasów ze żwacza do jelita cienkiego krów.

W tabelach 6 i 7 podano informacje o składzie chemicznym i wartości aminokwasów w śrutach sojowych poekstrakcyjnych na podstawie polskich, amerykańskich i niemieckich tabel wartości pokarmowej pasz.

Tabela 6. Skład chemiczny i wartość energetyczna 1 kg śruty sojowej poekstrakcyjnej
Table 6. Chemical composition and energy value of 1 kg extracted soybean meal

Składniki pokarmowe <i>Nutrients</i>	Smulikowska i Rutkowski (2005)		Brzóska i in. (2015)		NRC (1994)	
	g/kg paszy – g/kg feed					
	1	2	1	2	1	2
Sucha masa – <i>Dry matter</i>	880	880	894	891	890	890
Białko ogólne – <i>Crude protein</i>	430	474	399	453	490	540
Tłuszcz surowy – <i>Crude fat</i>	18	10	19	18	15	11
Związki bez N-wyciągowe <i>N-free extractives</i>	303	298	351	307	–	–
Włókno surowe – <i>Crude fibre</i>	66	38	61	47	70	40
NDF	–	–	–	–	150	100
ADF	–	–	–	–	100	60
Popiół surowy – <i>Crude ash</i>	63	60	64	67	70	70
Skrobia – <i>Starch</i>	63	63	–	–	–	–
Cukier – <i>Sugar</i>	92	92	–	–	–	–
Energia metaboliczna (MJ) <i>Metabolizable energy (MJ)</i>	9,0	10,0	8,8	9,4	9,5	10,1
Energia netto laktacji (MJ) <i>Net energy for lactation (MJ)</i>	–	–	8,1	8,6	8,7	9,0

¹42–46% BO; ²> 46% BO.

¹42–46% CP; ²> 46% CP.

Pierwsza forma śruty poekstrakcyjnej sojowej jest podstawową paszą białkową stosowaną w żywieniu drobiu i świń, a także krów wysokomlecznych w naszym kraju. Druga forma jest wykorzystywana do produkcji mieszanek paszowych uzupełniających, określanych popu-

larnie jako koncentraty białkowe. Koncentraty te są przeznaczone dla hodowców i producentów świń, sporządzających mieszanki paszowe pełnoporcjowe w gospodarstwie w oparciu o własne zboża, kredę paszową, fosforany paszowe, sól i premiksy farmerskie.

Tabela 7. Zawartość aminokwasów w 1 kg śruty sojowej poekstrakcyjnej
Table 7. Content of amino acids in 1 kg of extracted soybean meal

Aminokwasy <i>Amino acids</i>	Smulikowska i Rutkowski (2005)		Brzóška i in. (2015)		Ajonomoto ³ Eurolysine S.A.S.
	g/kg paszy – g/kg feed				
	1	2	1	2	2
Białko ogólne – <i>Crude protein</i>	430	474	431,5	511,9	–
Lizyna – <i>Lysine</i>	25,9	28,1	27,9	28,6	28,4
Metionina – <i>Methionine</i>	5,8	6,4	5,8	7,3	6,1
Cystyna – <i>Cystine</i>	6,7	7,1	6,5	8,2	6,5
Treonina – <i>Threonine</i>	16,6	18,3	16,3	18,9	18,0
Tryptofan – <i>Tryptophan</i>	5,7	6,2	4,9	7,1	6,3
Izoleucyna – <i>Isoleucine</i>	19,5	21,1	18,1	20,7	21,1
Leucyna – <i>Leucine</i>	32,7	35,5	23,0	37,6	35,4
Walina – <i>Valine</i>	20,5	22,4	19,0	22,3	22,1
Histydyna – <i>Histidine</i>	11,4	12,2	14,6	14,1	11,8
Arginina – <i>Arginine</i>	31,5	34,4	40,0	34,8	33,5
Fenylalanina – <i>Phenylalanine</i>	37,3	41,2	16,4	24,2	23,7

¹42–46% BO/CP; ²> 46% BO/CP; ³<http://ajinomoto-eurolysine.com/index.html>

Śruty sojowe RUP – o zmniejszonej rozkładalności białka w żwaczu

Pełne nasiona soi, a zwłaszcza częściowo odłuszczone nasiona w postaci makuchu sojowego poddaje się procesowi obróbki termicznej, w wyniku czego następuje kontrolowana reakcja cukrów z aminokwasami, odpowiadająca ograniczonej reakcji Maillarda, skutkiem czego zmniejsza się rozkładalność białka w żwaczu. Klasyczne formy śruty sojowej opisane powyżej charakteryzują się wysokim rozkładem żwaczowym, dochodzącym do 75–85%. Do produkcji śrut sojowych RUP wykorzystuje się najczęściej nasiona soi odłuszczone, posiadające wyższą zawartość białka i aminokwasów w porównaniu do klasycznej śruty sojowej.

Obniżenie rozkładu żwaczowego śruty z pełnych nasion lub makuchu sojowego do 50%

sprawia, że przy skarmianiu 3 kg paszy, zawierającej około 48–50% białka, do jelita cienkiego przepływa 750–800 g białka nierozłożonego w żwaczu, co w znacznym stopniu pokrywa zapotrzebowanie krowy wysokomlecznej na aminokwasy trawione jelitowo. W Stanach Zjednoczonych A.P. opracowano i opatentowano kilka sposobów otrzymywania pasz sojowych o wysokim i obniżonym rozkładzie żwaczowym. Metody te określa się jako:

- podgrzewanie i tłoczenie,
- ekstruzję i tłoczenie,
- nieenzymatyczne brązowienie.

Komercyjne pasze otrzymywane w technologii pierwszej noszą nazwę Soy Plus[®], w drugiej – Soy Best[®], a według trzeciej Soy Pass[®]. Pasze te posiadają parametry podane w tabeli 8.

Tabela 8. Składniki pokarmowe pasz sojowych RUP otrzymywanych w technologii podgrzewania i tłoczenia oraz nieenzymatycznego brązowienia (Ishler i Varga, 2000)

Table 8. Nutrients in RUP soybean feeds obtained by heat treatment and extraction, and non-enzymatic browning (Ishler and Varga, 2000)

Składniki pokarmowe <i>Nutrients</i>	Soy Plus [®]	Soy Best [®]	Soy Pass [®]
Białko ogólne (%) – <i>Crude protein (%)</i>	48,9	47,7–48,3	53,2
RUP (% BO) ¹ – <i>RUP (% CP)</i> ¹	60	56–58	74
Włókno neutralne detergentowe (NDF) (%) <i>Neutral detergent fibre (NDF) (%)</i>	23,7	27,3	7,7
Włókno kwaśne detergentowe (ADF) (%) <i>Acid detergent fibre (ADF) (%)</i>	8,0	8,0	5,8
Tłuszcz surowy (%) – <i>Crude fat (%)</i>	5,7	5,0–5,1	1,0

¹RUP – białko nierozkładalne w zważcu, % białka ogólnego.¹RUP – rumen undegraded protein, % crude protein.

Wykonano wiele badań żywieniowych na krowach mlecznych, porównując efektywność paszy Soy Plus[®] do standardowej śruty sojowej nieogrzejanej. W paszy Soy Plus[®] wykazano poziom RUP mieszczący się pomiędzy 55 a 67% białka ogólnego. W większości badań wykazano pozytywny wpływ paszy RUP na wydajność mleczną krow. Pozytywne wyniki żywienia krow osiągnięto również skarmiając paszę Soy Best[®], uzyskując wartość RUP na poziomie około 52%.

Produkowane są również pasze wytwarzane w technologii ekstruzji i tłoczenia. Proces ekstruzji polega na krótkotrwałym poddawaniu korzystnie ześrutowanych nasion soi temperaturze 132–149°C w warunkach wysokiego ciśnienia, przy penetracji pary wodnej poprzez śrutę przeciskaną przez wąską szczelinę. Wzrost ciśnienia na ślimaku uzyskuje się poprzez zwięzającą się do wylotu tuleję ekstrudera, natomiast para wodna rozpręża ekstrudowaną paszę w trakcie wychodzenia z urządzenia. Ekstruzja narusza węglowodany frakcji ścian komórkowych (ADF, NDF), zwiększając istotnie strawność skrobi. Znane są produkty ekstrudowanej śruty sojowej, pod nazwami Soy King[®], Insta Soy-XP[®] i Soy Mix[®] przeznaczone dla krow wysokomlecznych.

Trzecia technologia wytwarzania pasz o obniżonej rozkładalności żwaczowej, określana jako nieenzymatyczne brązowienie, polega na traktowaniu śruty sojowej lignosiarzanami. Stwierdzono, że zmniejszenie rozkładu żwaczowego białka śruty sojowej pojawia się po 30 mi-

nutach ogrzewania soi w temperaturze 149°C, po uprzednim wymieszaniu pasz z ksylozą, przy wilgotności 17%. Otrzymana pasza nosi nazwę Soy Pass[®] (tab. 8). Wykonano wiele badań dla sprawdzenia efektywności tej paszy w żywieniu krow mlecznych. Poziom RUP oszacowano na 66–82% białka ogólnego. Większość badań wykazała pozytywny wynik, jakkolwiek zwiększonej mleczności nie uzyskano we wszystkich badaniach.

W Dziale Żywienia Zwierząt IZ PIB prowadzono badania nad paszą RUP otrzymywaną ze śruty rzepakowej poekstrakcyjnej (Pieszka i Brzóska, 2001). Mimo obniżonego rozkładu białka i pozytywnych wyników żywienia krow mlecznych firma, która wdrożyła metodę, nie opatentowała jej, a wobec braku zainteresowania producentów mleka tą paszą zakończyła działalność.

Paszą uboczną obróbki nasion soi jest łuska sojowa. Jest ona materiałem o wysokiej zawartości frakcji ścian komórkowych (NDF, ADF, ADL). W USA stosuje się w żywieniu krow łuskę sojową jako 10% dodatek do dawki pokarmowej PMR i TNR.

Pasze sojowe w żywieniu drobiu i świń

W Dziale Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa IZ PIB prowadzone są badania nad wykorzystaniem pełnych nasion soi o obniżonej zawartości tłuszczu w żywieniu kurcząt brojlerów, natomiast w Niemczech – obserwacje nad wykorzystaniem nasion soi z własnych upraw w żywieniu trzody chlewnej. Badania wykazały,

że podawanie prosiętom dawek pokarmowych zawierających 10% śrutowanych pełnych nasion soi zmniejszało pobranie paszy o około 20%, przyrosty tuczników o około 10% i pogarszało wykorzystanie paszy o 5%. Podawanie świniom nasion soi ekstrudowanych eliminowało niekorzystne zjawiska (Kamyczek, 2015). Pełne nasiona soi ogrzewane lub ekstrudowane nie są jednak dobrą paszą dla tuczników ze względu na wysoką zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych, pogarszających jakość i stabilność oksydacyjną słoniny, która jest wykorzystywana do produkcji wyrobów wędliniarskich, posiadających wydłużoną trwałość przechowalniczą.

Czynnikiem obniżającym poziom substancji antyodżywczych w nasionach soi, obok ogrzewania, jest fermentacja mlekowa (Hachmeister i Fung, 1993). Stwierdzono, że zamiana śrutu sojowej poekstrakcyjnej na fermentowaną śrutę sojową, uprzednio autoklawowaną w 120°C w czasie 20 minut, w ilości 5, 10, i 15% około 5,5 kg dawki pokarmowej dla karmiących loch, zwiększało pozorną strawność białka i tłuszczu, wapnia i fosforu. Uzyskano zmniejszoną śmiertelność prosiąt i wyższą masę miotu od loch żywionych dawką pokarmową zawierającą od 5% do 15% fermentowanej śrutu sojowej z dodatkiem 2% śrutu kukurydzianej, 1% glukozy (Wang i in., 2016). Na podstawie opisanych badań nie możemy stwierdzić, w jakim stopniu autoklawowanie a w jakim fermentacja pełnych nasion soi wpływały na rozkład substancji antyodżywczych soi i jej przydatność w żywieniu świń. Szuba-Trznadel i in. (2016) podają orientacyjne ilości ekstrudowanych lub ekspandowanych nasion soi w mieszankach paszowych dla warchlaków (8–10%), tuczników 12–15%, loch prośnych 12%, a dla loch karmiących 8–10%.

W Dziale Żywienia Zwierząt IZ PIB podjęto badania nad wykorzystaniem pełnych nasion soi pozbawionych części tłuszczu, a następnie ekstrudowanych w żywieniu kurcząt brojlerów. Podawanie mieszanki paszowej zawierającej śrutę surowych nasion soi jako zamiennik śrutu poekstrakcyjnej obniżyło w porównaniu do śrutu sojowej poekstrakcyjnej tempo wzrostu kurcząt do 21. dnia o około 50%, wpływając na zwiększenie masy trzustki. Skarmianie mieszanek paszowych starter i grower, zawierających ekstrudowany makuch sojowy jako zamiennik śrutu sojowej poekstrakcyjnej

w ilości 25%, 50% i 100%, przy uzupełnieniu diet drożdżami paszowymi i syntetycznymi aminokwasami DL-metioniną i L-lizyną, obniżyło efektywność produkcji brojlerów odpowiednio o około 3–5%, 6% i 8–9%, pogarszając wykorzystanie paszy o około 6% (Śliwa i Brzóška, 2015). Szuba-Trznadel i in. (2016) zalecają stosowanie w żywieniu drobiu 15% i 20% ekstrudowanych nasion soi w mieszankach paszowych starter i grower dla kurcząt brojlerów oraz 16% w mieszankach paszowych dla kur niosek.

Substancje antyodżywcze w nasionach soi

Nasiona soi, podobnie jak nasiona innych roślin strączkowych zawierają substancje i związki chemiczne określane jako wtórne metabolity. Z fizjologicznego punktu widzenia są one dla roślin niezbędne, chroniąc rośliny i nasiona przed chorobami oraz szkodnikami. Z punktu widzenia potrzeb pokarmowych ludzi i zwierząt uznaje się je za substancje antyodżywcze. Zalicza się do nich inhibitory enzymów proteolitycznych, trypsyny i chymotrypsyny, hemoaglutyniny, ureazę, saponiny, goitrogeny, alergeny, fitoestrogeny, oligosacharydy, w tym stachiozę i rafinozę, fityniany oraz lipazy. Większość spośród wymienionych substancji i związków chemicznych jest enzymami termolabilnymi, w których aminokwasowa lub peptydowa grupa prosteyczna ulega denaturacji w czasie ogrzewania.

Lipaza i lipooksydaza

Surowa soja zawiera enzymy we frakcji tłuszczowej nasion – lipazę i lipooksydazę. Lipaza może wywoływać hydrolityczne jęłczenie lub uwalnianie wolnych kwasów tłuszczowych z oleju sojowego. Enzymy te są inaktywowane w temperaturze powyżej 79°C. Lipooksydaza jest promotorem tlenowego jęłczenia i tworzenia się nadtlenków. Nadtlenki są toksyczne dla mikroorganizmów żwaczowych w przypadku wysokiego pobrania surowych nasion, co może obniżyć żwaczowe trawienie celulozy oraz produkcję niskocząsteczkowych kwasów tłuszczowych z dalszymi tego konsekwencjami, zwłaszcza spadkami zawartości tłuszczu w mleku i dobowej jego produkcji. Szczególnie wrażliwe na nadtlenki są młode cielęta. Stąd, surowe nasiona soi można podawać cielętom nie wcześniej jak w wieku 4 miesięcy. Lipooksydaza jest unieczynniana w temperaturze przekraczającej 49°C. W celu

uniknięcia kłopotów związanych z lipazą i lipo-
oksydazą oraz jęlczeniem surowych nasion zaleca
się przechowywać surowe nasiona soi nieroz-
drobnione. W przypadku, jeśli nie zamierza się
skarmiać całych nasion, przed skarmianiem mie-
szanki paszowej można je zgniatać lub śrutować.
Rozdrobnione nasiona można przechowywać nie
dłużej jak 2 tygodnie zimą i 1 tydzień latem.

Inhibitory enzymów trzustkowych

Surowe nasiona soi zawierają inhibitory
enzymów trzustkowych trypsyny, chymotrypsy-
ny i amylazy. Inhibitory enzymów trzustkowych
są uznawane za najważniejsze spośród czynników
antyodżywczych zawartych w nasionach soi, ha-
mujących wzrost zwierząt poprzez blokowanie
enzymów proteolitycznych wydzielanych przez
trzustkę (Liener i Kakade, 1980; Rackis i in.,
1986). Inhibicja enzymów trzustkowych prowa-
dzi do rozrostu gruczołu trzustkowego. Bura-
czewska (1991) podaje, że jest to skutkiem tzw.
zwrotnej regulacji sekrecyjnej trzustki przez wol-
ną trypsynę i chymotrypsynę, które blokują hor-
mon jelitowy cholecystokino-pankrozyminę,
stymulującą sekrecję trzustkową. W przeciwień-
stwie do wolnych enzymów ich kompleksy z in-
hibitorami trypsyny stymulują uwalnianie tego
hormonu. W zważu bydła inhibitory proteaz
trzustkowych ulegają znacznemu unieczynnieniu
w procesie fermentacji zważowej, natomiast są
silnym czynnikiem antyodżywczym w żywieniu
drobiu i świń, obniżającym strawność i wykorzy-
stanie białka przez zwierzęta monogastryczne.
Obserwacje wykonane w Dziale Żywienia Zwi-
erząt IZ PIB nad podawaniem w mieszankach pa-
szowych kurczętom Ross 308 surowej, częściowo
odtłuszczonej śrutu sojowej wykazały, że obniża-
ło ono masę ciała kurcząt w wieku 21 dni o około
50% w porównaniu do podawania śrutu sojowej
poekstrakcyjnej (Śliwa i Brzóška, 2015).

Trypsyna należy do endopeptydaz katali-
zujących wiązania peptydowe, w miejscach
w których grupy karbonylowe należą do argininy
i lizyny. Rozkłada białka do peptydów różnej
długości. Próby ekstruzji surowych, rozdrobnio-
nych i lekko nawilżonych nasion soi, prowadzone
w Dziale Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa
PIB w temperaturze 125–140°C, po uprzednim
obniżeniu zawartości tłuszczu wykazały, że za-
wartość inhibitora trypsyny maleje z 22,5 do 2,0–
4,0 mg/g makuchu sojowego (Śliwa i Brzóška,
2015).

Ureaza

Surowe nasiona soi zawierają ponadto
enzym ureazę, który hydrolizuje mocznik do
amoniaku. Obecność ureazy w nasionach soi wy-
korzystuje się w metodzie oznaczania zawartości
mocznika w mieszankach paszowych i mleka
w proszku, np. w przypadku zafałszowania i za-
wyżenia zawartości białka ogólnego dodatkiem
mocznika.

Stąd, nie zaleca się stosowania rozdrob-
nionych nasion soi do mieszanek paszowych za-
wierających dodatek mocznika. Mocznik w kon-
tacie z soją bardzo szybko uwalnia amoniak.
Zwierzęta, w tym krowy, bydło opasowe, owce są
bardzo czułe na amoniak gazowy w paszy, co
powoduje drastyczny spadek jej pobierania.
W dawkach pełnoporcjowych PMR i TMR moż-
na używać całych ogrzewanych, uprzednio gnie-
cionych nasion surowych soi.

Oligosacharydy

Spośród oligosacharydów w nasionach
soi występują rafinoza i stachioza. Są to α -ga-
laktozy, łączące się z resztą glukozową sacharozą
wiązaniami α (1–4).

Cechą charakterystyczną tych cukrów
jest, że nie są hydrolizowane w przewodzie po-
karmowym zwierząt monogastrycznych wobec
braku enzymu α -galaktozydazy, który rozszcze-
pia wiązanie alfa. Cukry te ulegają rozkładowi głów-
nie w jelicie grubym pod wpływem α -gala-
ktozydazy bakteryjnej (Buraczewska, 1991). Brak
jest informacji na temat zachowania się oligosa-
charydów pod wpływem ogrzewania i ekstruzji
nasion soi. Nasiona soi zawierają 1–9 g/kg paszy
rafinozy i 14–41 g/kg paszy stachiozy (Douglas,
1996).

Testy kontroli termicznej obróbki pasz sojo- wych

Niedogrzenie pełnych nasion soi może
skutkować zawyżonymi poziomami substancji
antyodżywczych, szczególnie inhibitorów prote-
az białkowych, natomiast przegrzanie zagraża
reakcją Maillarda i obniżoną strawnością jelito-
wą aminokwasów. Dla potrzeb kontroli laborato-
ryjnej pasz sojowych opracowano kilka testów.
Opisane zostały w artykułach Korola (2006),
Szmigielskiego (2001) i Van Eys (2002), opu-
blikowanych w czasopiśmie wydawanym przez
Krajowe Laboratorium Pasz IZ PIB pt. „Pasze
Przemysłowe”.

Podsumowanie

Nasiona soi, ze względu na wysoką zawartość białka ogólnego i aminokwasów egzogennych są jednym z najcenniejszych roślinnych materiałów paszowych. Intensywna i półintensywna produkcja zwierzęca w świecie oparta jest o białkowe komponenty paszowe pochodzenia sojowego. Aktualnie produkowane w Polsce pełne, surowe nasiona soi niezmodyfikowanej genetycznie należy wykorzystywać jako wartościowy komponent białkowy (po przetworzeniu termicznym) do żywienia krów, a być może również starszych grup trzody chlewnej w miejsce standardowej, importowanej śrutu sojowej poekstrakcyjnej, która w ponad 95% jest zmodyfikowana genetycznie (Markowski i Korol, 2006). Należy również w szerszym zakresie jak dotąd podejmować badania i popularyzację uprawy soi niezmodyfikowanej genetycznie w Polsce oraz jej wykorzystanie w żywieniu zwierząt i w przemyśle rolno-spożywczym dla uzyskania żywności akceptowalnej przez konsumentów, a także produkcji żywności organicznej i ekologicznej. Firmy paszowe posiadają możliwości techniczne ogrzewania i przetwarzania ciśnieniowo-termicznego nasion soi. Już obecnie przetwarzane są przez firmy paszowe pełne nasiona soi importowane z Ukrainy. Stosowane są one jako zamiennik śrutu sojowej poekstrakcyjnej w mieszankach paszowych dla zwierząt.

Skarmianie surowych pełnych nasion soi, śrutowanych lub gniecionych nie jest wskazane ze względu na aktywność substancji anty-

odżywczych, szczególnie inhibitorów proteaz trzustkowych. Najbardziej efektywne jest ogrzewanie nasion soi w profesjonalnych urządzeniach, z przeznaczeniem do żywienia krów o wydajności powyżej 9 tys. kg mleka. Najwyższe ilości ogrzewanych nasion soi dla krów nie powinny przekraczać 3–3,6 kg/dzień, skarmianych w mieszankach paszowych lub dawkach TMR i PMR.

W świetle nielicznych, dotychczas wykonanych badań naukowych najbardziej efektywną metodą skarmiania pełnych nasion soi w żywieniu zwierząt monogastrycznych, kurcząt brojlerów, kur niosek i świń jest ekstrudowanie nasion soi pełnotłustych lub makuchu sojowego. Ilość ekstrudowanej soi dla kurcząt brojlerów nie powinna przekraczać 20%, a dla kur niosek 16% mieszanki paszowej. Za optymalną temperaturę ekstruzji przyjęto 130–135°C, obniżając poziom inhibitorów trypsynowych w nasionach soi z około 22,5 mg/kg do 2–4 g/kg paszy. Maksymalną dopuszczalną zawartość tych substancji w paszach sojowych przyjęto na 5 mg/kg (Van Eys, 2002).

Rozwijanie w Polsce uprawy soi niezmodyfikowanej genetycznie wymaga, obok prowadzenia doświadczeń odmianowych i uprawowych, wykonywania doświadczeń żywieniowych na zwierzętach, w tym trzodzie chlewnej i drobiu, celem optymalizacji dawek pokarmowych i receptur mieszanek paszowych, zawierających przetwarzane termicznie i termicznie-ciśnieniowo nasiona soi.

Literatura

- Adams R.S., Comerford J.W., Ford S.A., Graves R.E., Heald C.W., Heinriche A.J., Henning W.R., Hutchinson L.G., Ishler V.A., Keyser R.B., O'Connor M.L., Specht L.W., Spencer S.B., Varga G.A., Yonkers R.D. (1995). Dairy Reference Manual, 3rd ed. NRAES-63. Natural Resource. Agricultural and Engineering Service. Cooperative Extension.
- Brzóska F., Śliwa J. (2016). Soja niemodyfikowana genetycznie – jej produkcja i możliwości wykorzystania w żywieniu zwierząt w Polsce. Część I. Soja w bilansie paszowym i jej uprawa w kraju. *Wiad. Zoot.*, 2016, LIV, 4: 98–110.
- Brzóska F., Śliwiński B., Furgał-Dierzuk I. (2015). Tabele składu chemicznego i wartości pokarmowej pasz krajowych. Dane zawarte w Bazie Danych Pasz Krajowych. Wyd. Instytut Zootechniki PIB, Kraków.
- Buraczewska L. (1991). Inhibitory enzymów, taniny, oligosacharydy i fityniany w nasionach roślin strączkowych – problemy przedstawione na seminarium w Holandii w 1988 r. *Post. Nauk Roln.*, 3: 121–127.
- Douglas J.S. (1996). Recommended compositional and nutritional parameters to test in soybean. Report No. A59915, pp. 787–793; ISSN 0032-6791.
- Europejskie tabele wartości energetycznej pasz dla drobiu (1989). *European Table of Energy Values for Poultry Feedstuffs*. 9th ed.
- Hachmeister K.A., Fung D.Y. (1993). Tempeh: a mold-modified indigenous fermented food made from soy-

- beans and/or cereal grains. *Crit. Rev. Microbiol., Phil.* 19: 137–188.
- Ishler V., Varga G. (2000). Soybeans and soybean byproduct for dairy cattle. Publication DAS 00-3. Ed. College of Agricultural Sciences. Cooperative Extension.
- Kamyczek M. (2015). Wykorzystanie nasion soi z krajowych zbiorów w żywieniu zwierząt; <http://www.famer.pl/produkcja-zwierzeza/trzoda-chlewna>
- Knapp D.M., Grummer R.R., Dentine M.R. (1991). The response of lactating dairy cows to increasing levels of whole roasted soybeans. *J. Dairy Sci.*, 74: 2563–2563.
- Korol W. (2006). Ocena jakości produktów sojowych na cele paszowe. *Pasze Przem.*, 9: 2–6.
- Liener I.E., Kakade M.L. (1980). Protease inhibitors. In: I.E. Liener (ed.), *Toxic constituents of plant foodstuffs*, Academic Press, New York, pp. 7–71.
- Markowski J., Korol W. (2006). Informacje o wynikach badań GMO wykrywanych w KLP Szczecin w ramach Krajowego Planu Kontroli Pasz. *Pasze Przem.*, 1: 25–30.
- NRC (1994). *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Pieszka M., Brzóska F. (2001). Wpływ osłony białka paszowego przed rozkładem w żwaczu przy użyciu soli wapniowych kwasów tłuszczowych na procesy trawienne w żwaczu i jelicie cienkim. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 28 (2): 237–249.
- Rackis J.J., Wolf W.J., Baker E.C. (1986). Protease inhibitors in plant foods: Content and inactivation. In: M. Friedman (ed.), *Nutritional and toxicological significance of enzyme inhibitors in foods*. Plenum Publishing, New York, pp. 299–347.
- Rueggseggar G.J., Schults L.H. (1985). Response of high producing dairy cows in early lactation to the feeding of heat-treated whole soybeans. *J. Dairy Sci.*, 68: 3272–3279.
- Scott T.A., Combs D.K., Grummer R.R. (1991). Effect of roasting, extrusion, and particle size on the feeding value of soybeans for dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 74: 2555–2562.
- Smulikowska S., Rutkowski A. (2005). Zalecenia żywienia drobiu. Tabele wartości pokarmowej pasz. Wyd. Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN, Jabłonna.
- Szmiągowski M. (2001). Test do oceny skuteczności obróbki termicznej nasion soi. *Pasze Przem.*, 10: 24–25.
- Szuba-Trznadel A., Bodarski R., Hikawczuk T. (2016). Pełnotłuste nasiona soi jako składnik diet; <https://agrofakt.pl>
- Śliwa J., Brzóska F. (2015). Sprawozdanie z realizacji zadania 07–5.04.7. Plan naukowo-badawczy Instytutu Zootechniki PIB.
- Van Eys J.E. (2002). Wykorzystanie soi i śrutki sojowej w przemyśle paszowym: znaczenie optymalizacji receptur i zapewnienia jakości. *Pasze Przem.*, 9/10: 9–16.
- Wang P., Fan C.G., Chang J., Yin Q.Q., Song A.D., Dang X.W., Lu F.S. (2016). Study on effects of microbial fermented soybean meal on production performances of sows and suckling piglets and its acting mechanism. *J. Anim. Feed Sci.*, 25, 12–19.

NON-GM SOYBEAN – ITS PRODUCTION AND POSSIBLE USE IN ANIMAL FEEDING IN POLAND

Part II. Soybean feeds in animal feeding

Summary

Poland imports more than 2 million tones of soybean meal and full-fat soybean for animal feeds. Around 60% of this amount is used to produce complete diets for broiler chickens and laying hens. The rest is used mainly in complementary feedingstuffs (concentrates) for pigs. A small part is used by the food industry to make food products for humans.

This article discusses the possibility of cultivating non-GM soybean, the chemical composition and nutritive value of full-fat (raw) soybean, and the feeds made thereof. Detailed information is provided on the nutritive value and suitability for feeding to animals of heat-treated full-fat soybean, RUP soybean meals with rumen-undegraded protein for ruminants, in particular cows with high milk yield. The nutritive value and suitability of soybean meals for poultry and pig diets are also discussed. Major antinutritive substances in soybean are also presented and discussed, such as pancreatic enzyme inhibitors, urease, oligosaccharides, lipase and lipoxylase. Literature references discussing control tests for heat treatment of soybean feeds are also reported.