



SPRAWOZDANIE

z przeprowadzonych w 2025 r. badań podstawowych na rzecz rolnictwa ekologicznego, pt.:

Badania w zakresie opracowania efektywnych metod produkcji wysokobiałkowych ekologicznych komponentów pasz dla trzody chlewnej i drobiu.

Realizowanych przez:
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Na podstawie § 8 ust. 1 pkt 2, ust. 2 pkt 2 i ust. 10 rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 29 lipca 2015 r. w sprawie stawek dotacji przedmiotowych dla różnych podmiotów wykonujących zadania na rzecz rolnictwa (Dz. U. poz. 1170, z późn. zm.).

Kierownik tematu:

dr hab. Kazimierz Obremski, prof. UWM
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Główni wykonawcy:

dr hab. Józef Tyburski, prof. UWM, dr Paweł Wojtacha
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

OLSZTYN, 2025 r

1.	WPROWADZENIE	3
2.	METODYKA BADAŃ	6
	2.1. Material badawczy	6
	2.2. Analizy laboratoryjne	6
	2.2.1. Analiza składników pokarmowych i antyżywnościowych	6
3.	WYNIKI BADAŃ	7
	3.1. Składniki pokarmowe surowych nasion soi	7
	3.2. Składniki pokarmowe ekstrudowanych nasion soi	8
	3.3. Składniki pokarmowe makucha sojowego po tłoczeniu oleju na zimno	9
	3.4. Składniki pokarmowe ekstrudowanego makucha po tłoczeniu oleju na zimno	11
	3.5. Profil aminokwasowy surowych nasion soi	12
	3.6. Profil aminokwasowy ekstrudowanych nasion soi	13
	3.7. Profil aminokwasowy makucha sojowego po tłoczeniu oleju na zimno	15
	3.8. Profil aminokwasowy ekstrudowanego makucha sojowego po tłoczeniu na zimno	16
	3.9. Pierwiastki mineralne (makroelementy) ziaren soi i produktów ich przetworzenia	18
	3.10. Zanieczyszczenie soi i produktów jej przetwarzania mikotoksynami	21
4.	PODSUMOWANIE	29
5.	WNIOSKI	30
PIŚMIENNICTWO		31

1. WPROWADZENIE

W ramach zadania „*Badania w zakresie opracowania efektywnych metod produkcji wysokobiałkowych ekologicznych komponentów pasz dla trzody chlewnej i drobiu.*”, zespół badawczy złożony z pracowników Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie przeprowadził *badania oceny wartości pokarmowej surowych pełnotłustych nasion soi, ekstrudowanych pełnotłustych nasion soi, makucha po wytłoczeniu oleju na zimno i makucha ekstrudowanego po wytłoczeniu oleju na zimno odmian Abelina, Bilyavka, Lajma i Magnolia.*

Soja jest najwartościowszą rośliną strączkową, której nasiona łączą w sobie szereg cech ważnych w żywieniu zwierząt (Parrini i wsp. 2023), a w szczególności w żywieniu drobiu i świń. Areał uprawy soi w Polsce w 2024 roku sięgnął 80 tys. ha, niemniej jednak warunki klimatyczno-glebowe pozwalają na dalsze zwiększenie jej zasiewów nawet do 700 tys. ha. Taki wzrost mógłby pokryć blisko połowę zapotrzebowania przemysłu paszowego na białko sojowe, które obecnie niemal w całości pochodzi z importu. Największymi producentami i eksporterami soi i śruty sojowej są Stany Zjednoczone, Brazylia oraz Argentyna. Niestety w tych państwach uprawia się głównie soję modyfikowaną genetycznie. W przypadku wprowadzenia od 1 stycznia 2030 r. zakazu obrotu na terytorium Polski paszami pochodzącymi z roślin genetycznie zmodyfikowanych oraz organizmów genetycznie zmodyfikowanych przeznaczonych do użytku paszowego, istnieje pilna potrzeba zwiększenia stopnia samowystarczalności w zakresie białka paszowego poprzez zwiększenie lokalnej produkcji. Najbardziej realną alternatywą są nasiona krajowej soi, a obniżenie deficytu białka paszowego do 50% zapewniłoby minimalne bezpieczeństwo białkowe kraju.

W przypadku przetwórstwa ekologicznego technologia tłoczenia oleju przebiega na zimno, czyli bez stosowania podwyższonej temperatury czy chemicznej ekstrakcji tłuszczu z nasion, a produktem ubocznym przetwórstwa nasion roślin oleistych są makuchy, czyli pozostałość nasion, z których wytłoczono olej. Makuchy zaliczane do pasz białkowych lub wysokobiałkowych (Grela i wsp. 2023). Są one niezwykle wartościowe, gdyż mimo utraty części tłuszczu, pozostaje w nich duża (a w przypadku soi bardzo duża) ilość białka, węglowodanów, włókna, witamin i minerałów oraz substancje biologicznie czynne o działaniu prozdrowotnym.

W zależności od technologii tłoczenia oleju w makuchach sojowych pozostaje od 4 do 7% tłuszczu, a przeciętna zawartość białka wahała się w przedziale od 35 do 45%, w zależności

od odmiany soi, jakości gleby na której ją uprawiano i przebiegu wegetacji. Obecność tłuszczu w tym materiale paszowym uznaje się za dodatkowe źródło energii. Czynnikiem limitującym udział makuchów w dawce pokarmowej dla świń, oraz wykorzystanie tego białka i energii, jest odpowiedni poziom włókna surowego.

Jednym z podstawowych atutów soi jest wysoka zawartość białka i doskonały skład aminokwasowy, z dużą zawartością lizyny (Kudelka i wsp. 2021). Ma to szczególnie duże znaczenie w rolnictwie ekologicznym, gdzie nie ma możliwości stosowania syntetycznych aminokwasów. Należy również wziąć pod uwagę, że ekstrakcja tłuszczu wpływa na większe skoncentrowanie białka i aminokwasów, wobec czego związki te występują w większej koncentracji w śrutach poekstrakcyjnych soi, niż w jej pełnych nasionach. Te ostatnie posiadają jednak więcej surowego tłuszczu, co sprawia, że są wiele bardziej energetyczne, również ze względu na wysoką zawartość kwasów tłuszczowych nienasyconych, w tym np. kwasu linolenowego i linolowego. To wszystko sprawia, że nasiona soi stanowią pożądany materiał w przemyśle paszowym. Niestety, można tu dostrzec także i wady - nasiona soi zawierają tzw. inhibitory proteaz, czyli substancje hamujące aktywność enzymów proteolitycznych odpowiedzialnych za trawienie białka. Ich działanie skutkuje znacznym obniżeniem strawności białka paszowego, tym samym zaś zawyżoną sekrecją tych enzymów przez trzustkę, a w efekcie przerost tej ostatniej. Problem ten jest jednak prosty do rozwiązania, bo inhibitory te należą do substancji termolabilnych, których można się pozbyć, wystawiając nasiona na działanie temperatury. W ten sam sposób zlikwidujemy m.in. stanowiącą zagrożenie dla młodszych osobników antyżywnościową betakonglicyninę. Ponadto soja może zawierać mikotoksyny, produkowane przez grzyby pleśniowe. Związki te mogą wykazywać działanie kancerogenne, estrogenne, mutagenne, teratogenne i immunotoksyczne (D'Mello i wsp. 1999). Dodatkowym problemem następczą trudność w ich dezaktywacji, ponieważ są odporne na czynniki fizyczne, chemiczne i nie ulegają rozkładowi nawet podczas obróbki w procesach technologicznych, którym towarzyszy podwyższona temperatura i ciśnienie. Mikotoksyny od lat są uważane za istotny problem w toksykologii weterynaryjnej (Kuiper-Goodman 1995). Pomimo tego, że rzadko dochodzi do ostrych zatruc mikotoksynami, to ich obecność w paszach w niskich stężeniach i wzajemna interakcja ma negatywny wpływ na status zdrowotny zwierzęcia (Larsen i wsp. 2004). W konsekwencji prowadzi to do obniżenia produktywności zwierząt, powstania poważnych chorób i z tym związanych strat ekonomicznych, a również zagraża konsumentom w związku z przenoszeniem mikotoksyn i ich metabolitów w produktach pochodzenia zwierzęcego.

W Unii Europejskiej obowiązują szczegółowe zalecenia i akty prawne, których przestrzeganie ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa pasz i ochrony zdrowia zwierząt przed zatruciami mikotoksynami. Nadmierna zawartość tych toksycznych związków w paszach może prowadzić do obniżenia produktywności zwierząt, występowania poważnych chorób, strat ekonomicznych, a także stanowić zagrożenie dla konsumentów poprzez przenoszenie mikotoksyn i ich metabolitów do produktów pochodzenia zwierzęcego. Kwestie te są regulowane m.in. przez Rozporządzenie Komisji (UE) 2023/915 z dnia 25 kwietnia 2023 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych poziomów niektórych zanieczyszczeń w żywności (uchylające Rozporządzenie (WE) nr 1881/2006), Rozporządzenie Rady (WE) nr 834/2007 oraz Rozporządzenie Komisji (WE) nr 889/2008 dotyczące produkcji ekologicznej i bezpieczeństwa pasz, a także Zalecenie Komisji UE z dnia 27 marca 2013 r. (2013/165/UE) w sprawie obecności toksyn T-2 i HT-2 w zbożach i produktach zbożowych.

Abelina to odmiana soi o profilu raczej oleistym i cechuje się wysoką zawartością tłuszczu surowego (ok. 18% w s.m.), przy umiarkowanym poziomie białka (ok. 41–43% w s.m. w nasionach/makuchu). To dobra cecha przy żywieniu zwierząt wymagających wyższej koncentracji energii. Skład aminokwasowy Abeliny wyróżnia się wysoką zawartością lizyny, argininy i histydyny, co podnosi jakość białka. Można ją traktować jako odmianę przydatną do wykorzystania w systemach ekologicznych. Dobrze udaje się na różnych glebach, dosyć wczesnie dojrzewa, a przede wszystkim dobrze plonuje na terenie całej Polski.

Bilyavka to odmiana soi o najwyższej zawartości białka w nasionach surowych (ok. 45–46% s.m.), z dość niskim udziałem włókna surowego, co sprzyja strawności. Po tłoczeniu „na zimno” utrzymuje najwyższy udział białka (ok. 45%), więc dobrze sprawdza się jako surowiec na makuch paszowy. W profilu aminokwasowym w materiałach przetworzonych często ma najwyższy poziom argininy i lizyny, co jest korzystne szczególnie dla świń. Można ją rekomendować tam, gdzie priorytetem jest białko, a warunki polowe są przeciętne. Niestety w północnej części Polski, w warunkach opóźnionych siewów i niższych temperatur, opóźnia dojrzewanie.

Lajma to odmiana soi, najbardziej „paszowa” w sensie jakości białka. W większości analiz potwierdzono najwyższe poziomy kluczowych aminokwasów (kwas glutaminowy 68 µg/mg, leucyna/izoleucyna 24–24,5 µg/mg, metionina do 2,9 µg/mg po ekstruzji). Po procesie ekstruzji także utrzymuje najwyższy udział białka (do ok. 49–50% s.m.). Przy tym ma relatywnie niską zawartość ligniny i dość niski odsetek włókna surowego w produktach przetworzonych, co poprawia wykorzystanie paszowe u drobiu. To odmiana, którą można

wskazać jako najlepszą jakościowo do żywienia monogastrycznych. Plonuje dosyć dobrze, o ile zapewni się jej dobrą glebę (niezbyt związłą) oraz wysoki poziom agrotechniki

Magnolia to odmiana soi o nieco niższej zawartości białka w nasionach surowych (ok. 41%) i wyższym poziomie włókna surowego, ale za to z wysoką zawartością makroelementów (Ca, Mg, K) i dobrą reakcją na obróbkę. Po ekstruzji i w makuchach osiąga już białko surowe na poziomie 48% s.m. Ma więc wartość raczej „objętościowo-mineralną” i przydatna jest do produkcji mieszanek paszowych, gdy chcemy utrzymać poziom składników mineralnych i nieco tłuszczu, ale nie jest to jednak odmiana tak „białkowa” jak Lajma czy Bilyavka. Z punktu widzenia klimatu i gleb może być bardziej tolerancyjna, co jednak wiąże się z nieco wyższym poziomem włókna surowego. Bardzo dobrze udaje się na różnych (nie tylko najlepszych) glebach, wcześniej dojrzewa oraz dobrze plonuje na terenie całej Polski.

Celem badań była ocena porównawcza odmian soi Abelina, Bilyavka, Lajma i Magnolia w zakresie wartości pokarmowej surowych pełnotłustych nasion, ekstrudowanych pełnotłustych nasion soi, makucha po wyłoczeniu oleju na zimno, ekstrudowanego makucha sojowego.

2. METODYKA BADAŃ

2.1. Materiał badawczy

Soję uprawiano w certyfikowanym gospodarstwie ekologicznym Bartosza Piskorskiego w Kołodziejewie, pow. Inowrocław, w woj. kujawsko-pomorskim. Wybrane do badań odmiany soi Erica i Accassa finalnie zastąpiono odmianami Bilyavka i Lajma w związku z ich przedłużającym się okresem wegetacji. Zbiór odmian Erica i Accassa oszacowano na drugą połowę października, a to uniemożliwiłoby wykonanie zaplanowanych w projekcie badania i w konsekwencji terminowe przedstawienie raportu końcowego.

Proces ekstruzji pełnotłustych nasion, wytworzenie makucha sojowego po wyłoczeniu oleju na zimno oraz proces jego ekstruzji wykonano w ekologicznej, certyfikowanej firmie paszowej SBP Pasze Sp. z o.o. w Suszu, woj. warmińsko-mazurskie.

2.2. Analizy laboratoryjne

2.2.1. Analiza składników pokarmowych i antyżywniowych

W pełnotłustych surowych nasionach soi, w ekstrudowanych pełnotłustych nasionach soi, w makuchu sojowym po wyłoczeniu oleju na zimno oraz w ekstrudowanym makuchu sojowym po tłoczeniu oleju na zimno przeprowadzono następujące oznaczenia:

- a) suchą masę metodą suszarkowo-wagową, popiół surowy metodą wagową, spalając w 580°C w piecu muflowym, białko surowe metodą Kjeldahla (Kjeltek TM, Foss), tłuszcz surowy metodą wagową wg Soxhleta (Extractor ANKOM XT15), włókno surowe metodą wagową (Fibertec TM, Foss) i jego frakcje (NDF – włókno detergentowo neutralne, ADF – włókno detergentowo kwaśne i ADL – ligninę kwaśno-detergentową) metodą Van Soest'a (ANKOM 220 Fiber Analyzer);
- b) profil wybranych aminokwasów (alanina, arginina, fenyloalanina, glicyna, histydyna, kwas asparaginowy, kwas glutaminowy, leucyna/izoleucyna, lizyna, metionina, prolina, seryna, treonina i walina) przy użyciu wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC);
- c) składniki mineralne – wapń, fosfor ogólny, potas, magnezz) przy użyciu Spektrometrii Absorpcji Atomowej (ASA/AAS);
- d) mikotoksyny: aflatoksynę B1 (AFB1), deoksyniwalenol (DON), fumonizynę B1 i B2 (FB1 i FB2), toksynę T-2, toksynę HT-2, ochratoksynę A (OTA) oraz zearalenon (ZEN) metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej z detekcją masową HPLC-MS/MS.

3. WYNIKI BADAŃ

3.1. Składniki pokarmowe surowych nasion soi

W badaniu określono skład chemiczny surowych nasion soi czterech odmian: Abelina, Bilyavka, Lajma i Magnolia, obejmujący zawartość suchej masy (SM), białka surowego (BS), tłuszczu surowego (TS), włókna surowego (WS), frakcji włókna detergentowego (NDF, ADF, ADL) oraz popiołu surowego (PS) (Tabela 1). Wszystkie odmiany charakteryzowały się zbliżoną zawartością SM od 93,68% (Lajma) do 93,74% (Bilyavka), co wskazuje na podobny stopień dojrzałości i wilgotności nasion. Zawartość BS wahała się od 41,11% (Magnolia) do 45,66% (Bilyavka). Odmiany Bilyavka (45,66%) i Lajma (45,46%) charakteryzowały się najwyższym poziomem białka, co potwierdza ich wysoką wartość paszową i potencjał do wykorzystania w produkcji pasz białkowych. Abelina (41,75%) i Magnolia (41,11%) zawierały mniej białka, co może wskazywać na ich bardziej oleisty profil użytkowy. Zawartość TS wynosiła od 16,19% (Lajma) do 18,08% (Abelina). Najwyższy TS w odmianie Abelina (18,08%) potwierdza jej wysoką zawartość frakcji lipidowej, co czyni ją cenną odmianą oleistą. Odmiany Bilyavka (16,28%), Lajma (16,19%) i Magnolia (16,81%) miały nieco niższe wartości, wskazując na bardziej białkowy typ nasion. Zawartość WS mieściła się w granicach od 5,04% (Abelina) do 6,70% (Magnolia). Największa zawartość WS w nasionach Magnolia (6,70%) może wskazywać na grubszą okrywę nasienną i nieco mniejszą strawność, podczas

gdy niższe wartości u Abelina (5,04%) sprzyjają lepszej przyswajalności składników pokarmowych. W analizie frakcji włókna detergentowego odnotowano, że zawartość NDF wynosiła od 13,92% (Bilyavka) do 16,79% (Lajma), natomiast ADF od 11,51% (Bilyavka) do 14,01% (Magnolia). Z kolei ADL, będąca wskaźnikiem zawartości ligniny, wahała się od 0,76% (Lajma) do 2,52% (Abelina). Niska zawartość ligniny w odmianie Lajma (0,76%) świadczy o wysokiej strawności frakcji włóknistych i lepszej biodostępności białka, natomiast wyższe wartości u Abelina (2,52%) i Magnolia (1,68%) mogą ograniczać strawność. Zawartość PS była zbliżona we wszystkich odmianach i mieściła się w zakresie 4,63–4,86%, co wskazuje na podobną zawartość składników mineralnych w badanych nasionach.

Tabela 1. Skład chemiczny surowych nasion soi odmian Abelina, Bilyavka, Lajma i Magnolia [% s.m.].

Odmiana	SM [%]	BS	TS	WS	NDF	ADF	ADL	PS
Abelina	93,71	41,75	18,08	5,04	15,47	13,64	2,52	4,86
Bilyavka	93,74	45,66	16,28	5,16	13,92	11,51	1,46	4,63
Lajma	93,68	45,46	16,19	5,41	16,79	12,48	0,76	4,84
Magnolia	93,73	41,11	16,81	6,70	16,66	14,01	1,68	4,74

SM – sucha masa; BS – białko surowe; TS – tłuszcz surowy; WS – włókno surowe; NDF – włókno detergentowo neutralne; ADF – włókno detergentowo kwaśne; ADL – lignina kwaśno-detergentowa; PS – popiół surowy

3.2. Składniki pokarmowe ekstrudowanych nasion soi

W badaniu określono skład chemiczny ekstrudowanych nasion soi czterech odmian: Abelina, Bilyavka, Lajma i Magnolia, obejmujący zawartość suchej masy (SM), białka surowego (BS), tłuszczu surowego (TS), włókna surowego (WS), frakcji włókna detergentowego (NDF, ADF, ADL) oraz popiołu surowego (PS), wyrażonych w % suchej masy (Tabela 2). Zawartość SM wynosiła od 94,16% (Bilyavka) do 93,52% (Abelina i Magnolia), co świadczy o wyrównanym poziomie wilgotności materiału po ekstruzji i prawidłowym przebiegu procesu termiczno-ciśnieniowego. Niewielkie różnice mogą wynikać z odmianowych różnic w zdolności wiązania wody i wilgotności wyjściowej nasion. Zawartość BS była zróżnicowana i wahała się od 42,81% (Abelina) do 49,62% (Lajma). Najwyższy poziom BS w ekstrudowanych nasionach uzyskano dla odmiany Lajma (49,62%), co świadczy o dużej koncentracji frakcji białkowej po procesie ekstruzji i potwierdza jej wysoką wartość paszową. Wysoką zawartość BS odnotowano również w odmianie Bilyavka (44,44%),

natomiast niższe wartości w Abelina (42,81%) i Magnolia (45,77%) wynikają z większego udziału tłuszczu w tych odmianach. Zawartość TS kształtowała się w zakresie od 15,4% (Lajma) do 17,3% (Abelina). Najwyższy poziom TS utrzymała Abelina (17,3%), co potwierdza jej typowo oleisty charakter i dobrą stabilność frakcji lipidowej po ekstruzji. Niższe wartości u Lajma (15,4%) i Bilyavka (15,5%) wskazują na większe wykorzystanie oleju w procesie cieplnym lub nieco wyższą wilgotność wyjściową nasion. Zawartość WS mieściła się w granicach od 5,38% (Lajma) do 6,21% (Abelina). Najniższą zawartość WS zanotowano w Lajmie, co w połączeniu z wysokim poziomem BS wskazuje na większą strawność składników pokarmowych tej odmiany. Analiza frakcji włókna detergentowego wykazała, że zawartość NDF wynosiła od 8,65% (Bilyavka) do 9,98% (Magnolia), natomiast ADF mieściło się w zakresie 6,18% (Abelina) do 8,57% (Magnolia). Z kolei zawartość ADL była bardzo niska, od 0,14% (Lajma) do 0,40% (Abelina), co świadczy o dobrej strawności i niewielkim udziale składników niestrawnych po procesie ekstruzji. Zawartość PS była wyrównana i wahała się od 4,84% (Bilyavka) do 5,49% (Magnolia), co oznacza, że proces ekstruzji nie wpłynął znacząco na poziom składników mineralnych.

Tabela 2. Skład chemiczny ekstrudowanych nasiona odmian soi Abelina, Bilyavka, Lajma i Magnolia [% s.m.].

Odmiana	SM [%]	BS	TS	WS	NDF	ADF	ADL	PS
Abelina	93,52	42,81	17,30	6,21	9,22	6,18	0,40	5,39
Bilyavka	94,16	44,44	15,50	5,98	8,65	6,32	0,32	4,84
Lajma	93,53	49,62	15,40	5,38	9,90	6,60	0,14	5,48
Magnolia	93,52	45,77	16,00	5,97	9,98	8,57	0,30	5,49

SM – sucha masa. BS – białko surowe; TS – tłuszcz surowy; WS – włókno surowe; NDF – włókno detergentowo neutralne; ADF – włókno detergentowo kwaśne; ADL – lignina kwaśno-detergentowa; PS – popiół surowy

3.3. Składniki pokarmowe makucha sojowego po tłoczeniu oleju na zimno

W badaniu określono skład chemiczny makucha sojowego otrzymanego po tłoczeniu oleju na zimno z nasion czterech odmian soi: Abelina, Bilyavka, Lajma i Magnolia (Tabela 3). Analizie poddano zawartość suchej masy (SM), białka surowego (BS), tłuszczu surowego (TS), włókna surowego (WS), frakcji włókna detergentowego (NDF, ADF, ADL) oraz popiołu surowego (PS), wyrażonych w procentach suchej masy. Zawartość SM w makuchu wynosiła od 94,78% (Magnolia) do 94,37% (Lajma), co wskazuje na wyrównany poziom wilgotności materiału po procesie tłoczenia. Niewielkie różnice w SM mogą wynikać z odmianowej

struktury nasion i zdolności do zatrzymywania wilgoci po oddzieleniu oleju. Zawartość BS kształtowała się w zakresie od 43,33% (Magnolia) do 45,17% (Bilyavka). Najwyższą zawartość BS stwierdzono w makuchu odmiany Bilyavka (45,17%), a niewiele niższą w Lajma (44,86%). Wskazuje to, że obie odmiany zachowały wysoki potencjał białkowy po procesie tłoczenia. Abelina (43,38%) i Magnolia (43,33%) wykazywały nieco niższe wartości, co może wynikać z większego udziału pozostałości tłuszczu i włókna w makuchu tych odmian. Zawartość TS po tłoczeniu była znacznie niższa niż w surowych nasionach i mieściła się w granicach 11,6–12,3%. Najwyższy poziom TS utrzymała Abelina (12,30%), co potwierdza jej większą oleistość oraz mniejszą efektywność usuwania oleju podczas tłoczenia. Najniższą zawartość TS stwierdzono w makuchu Lajma (11,60%), co może świadczyć o większej wydajności procesu tłoczenia dla tej odmiany. Zawartość WS była zbliżona we wszystkich próbkach i wahała się od 5,06% (Lajma) do 6,05% (Abelina). Wyższy poziom WS w makuchu Abeliny może być związany z większym udziałem łupiny nasiennej, natomiast niższy u Lajmy z delikatniejszą strukturą materiału i wyższą zawartością białka. Analiza frakcji włókna detergentowego wykazała, że zawartość NDF mieściła się w zakresie od 8,88% (Lajma) do 9,98% (Abelina), natomiast ADF od 6,90% (Lajma) do 8,91% (Bilyavka). Najniższe wartości tych frakcji w Lajmie potwierdzają jej korzystny skład strukturalny i potencjalnie wyższą strawność. Zawartość ADL, czyli ligniny, była bardzo niska od 0,33% (Lajma) do 0,63% (Bilyavka), co oznacza, że proces tłoczenia nie zwiększył udziału substancji niestrawnych. Zawartość PS była wyrównana i wahała się od 4,92% (Magnolia) do 5,09% (Lajma), co wskazuje na zbliżony poziom składników mineralnych w makuchach badanych odmian.

Tabela 3. Skład chemiczny makucha sojowego po tłoczeniu oleju na zimno odmian soi Abelina, Bilyavka, Lajma i Magnolia [% s.m.].

Odmiana	SM [%]	BS	TS	WS	NDF	ADF	ADL	PS
Abelina	94,59	43,38	12,30	6,05	9,98	7,23	0,62	4,96
Bilyavka	94,41	45,17	11,70	5,49	9,40	8,91	0,63	4,95
Lajma	94,37	44,86	11,60	5,06	8,88	6,90	0,33	5,09
Magnolia	94,78	43,33	11,90	5,44	9,34	7,32	0,46	4,92

SM – sucha masa. BS – białko surowe; TS – tłuszcz surowy; WS – włókno surowe; NDF – włókno detergentowo neutralne; ADF – włókno detergentowo kwaśne; ADL – lignina kwaśno-detergentowa; PS – popiół surowy

3.4. Składniki pokarmowe ekstrudowanego makucha po tłoczeniu oleju na zimno

W badaniu określono skład chemiczny ekstrudowanego makucha sojowego otrzymanego po tłoczeniu oleju na zimno z czterech odmian soi: Abelina, Bilyavka, Lajma i Magnolia. Analizie poddano zawartość suchej masy (SM), białka surowego (BS), tłuszczu surowego (TS), włókna surowego (WS), frakcji włókna detergentowego (NDF, ADF, ADL) oraz popiołu surowego (PS), wyrażonych w procentach suchej masy (Tabela 4). Zawartość SM była wyrównana we wszystkich próbkach i mieściła się w zakresie 94,13–94,28%, co wskazuje na podobny poziom wilgotności materiału po ekstruzji. Najwyższą wartość odnotowano w odmianie Lajma (94,13%), a najniższą w Bilyavka (94,28%). Zawartość BS wahała się od 44,79% (Abelina) do 48,66% (Lajma). Najwięcej BS zawierały odmiany Lajma (48,66%) i Magnolia (48,20%), co świadczy o wysokiej koncentracji frakcji białkowej po procesie tłoczenia i ekstruzji. Wysoka zawartość BS po ekstruzji wskazuje, że obróbka cieplno-ciśnieniowa nie spowodowała degradacji białek, a jedynie poprawiła ich strawność poprzez częściową denaturację. Zawartość TS po ekstruzji była zbliżona dla wszystkich odmian i mieściła się w granicach 11,1–11,8%. Najwyższą wartość stwierdzono w Abelina (11,8%), natomiast najniższą w Lajma (11,1%). Wskazuje to, że proces ekstruzji nie spowodował istotnej utraty resztkowego tłuszczu, a różnice pomiędzy odmianami wynikają głównie z ich naturalnej zawartości lipidów. Zawartość WS wynosiła od 5,60% (Lajma) do 6,41% (Magnolia). Odmiana Magnolia (6,41%) wyróżniała się najwyższym udziałem WS, co może wpływać na nieco mniejszą strawność białka i energii, natomiast Lajma (5,60%) zachowała niższy poziom włókna, sprzyjający wyższej wartości pokarmowej. W analizie frakcji włókna detergentowego stwierdzono, że zawartość NDF wahała się od 9,07% (Lajma) do 11,67% (Magnolia), natomiast ADF od 6,17% (Lajma) do 7,93% (Magnolia). Najniższe wartości w obu frakcjach uzyskała Lajma, co wskazuje na jej korzystny profil strukturalny i wysoką strawność składników pokarmowych. Zawartość ADL była niska od 0,21% (Abelina) do 0,58% (Bilyavka), co oznacza niewielki udział ligniny, a tym samym dobrą przyswajalność białka i energii po procesie obróbki termicznej. Zawartość PS była wyrównana i mieściła się w przedziale 5,38–5,63%, co potwierdza, że proces ekstruzji nie wpłynął istotnie na poziom składników mineralnych.

Tabela 4. Skład chemiczny ekstrudowanego makucha po tłoczeniu oleju na zimno odmian soi Abelina, Bilyavka, Lajma i Magnolia [% s.m.].

Odmiana	SM [%]	BS	TS	WS	NDF	ADF	ADL	PS
Abelina	94,20	44,79	11,80	6,17	10,12	7,31	0,21	5,41
Bilyavka	94,28	47,11	11,20	5,68	9,54	7,11	0,58	5,38
Lajma	94,13	48,66	11,10	5,60	9,07	6,17	0,43	5,50
Magnolia	94,25	48,20	11,40	6,41	11,67	7,93	0,47	5,63

SM – sucha masa. BS – białko surowe; TS – tłuszcz surowy; WS – włókno surowe; NDF – włókno detergentowo neutralne; ADF – włókno detergentowo kwaśne; ADL – lignina kwaśno-detergentowa; PS – popiół surowy

3.5. Profil aminokwasowy surowych nasion soi

W badaniu porównano zawartość wybranych aminokwasów w nasionach czterech odmian soi: Abelina, Bilyavka, Lajma i Magnolia. Analizowane aminokwasy obejmowały zarówno aminokwasy egzogenne (niezbędne), jak i endogenne (wytwarzane przez organizm). Wyniki przedstawiono w µg/mg suchej masy białka (Tabela 5).

Spośród analizowanych odmian, najwyższą zawartością większości aminokwasów charakteryzowała się odmiana „Lajma”, co wskazuje na jej największą wartość biologiczną białka. Wysokie poziomy aminokwasów u tej odmiany mogą świadczyć o korzystnym profilu białkowym, istotnym w ocenie przydatności paszowej soi. Spośród aminokwasów kwaśnych (kwas asparaginowy i glutaminowy) odmiana Lajma wykazała najwyższe wartości – odpowiednio 48,27 µg/mg i 68,11 µg/mg, co potwierdza jej wysoką ogólną zawartość białka. Odmiana Bilyavka miała najniższe poziomy tych aminokwasów. Wśród aminokwasów rozgałęzionych (leucyna/izoleucyna, walina, treonina) najwięcej tych aminokwasów stwierdzono również w odmianie Lajma (24,42 µg/mg leucyny/izoleucyny, 14,31 µg/mg waliny, 15,12 µg/mg treoniny). Są to aminokwasy kluczowe dla syntezy białek mięśniowych i wzrostu zwierząt. Spośród aminokwasów siarkowych (metionina) najwyższą zawartość metioniny stwierdzono w odmianie Lajma (2,85 µg/mg), a najniższą w Bilyavka (1,90 µg/mg). Metionina jest aminokwasem limitującym w żywieniu drobiu, dlatego jej wyższy poziom zwiększa wartość paszową nasion. Spośród aminokwasów zasadowych (lizyna, arginina, histydyna) wyróżniała się Abelina, która miała najwyższą zawartość argininy (7,67 µg/mg), histydyny (9,43 µg/mg) i lizyny (6,8 µg/mg). Wysoka zawartość lizyny jest szczególnie pożądana, ponieważ zboża, podstawowy składnik pasz są w nią ubogie. Wśród pozostałych aminokwasów (alanina, glicyna, prolina, seryna, fenyloalanina) we wszystkich przypadkach

najwyższe wartości odnotowano dla odmiany Lajma. Dla przykładu, zawartość fenyloalaniny wyniosła 20,3 µg/mg, a glicyny 14,28 µg/mg.

Tabela 5. Zawartość aminokwasów w surowych nasionach soi odmian Abelina, Bilyavka, Lajma i Magnolia [µg/mg].

Aminokwas	Abelina	Bilyavka	Lajma	Magnolia	Najwyższa wartość
Alanina	13,17	10,57	14,78	12,80	Lajma
Arginina	7,67	7,15	7,03	5,66	Abelina
Fenyloalanina	17,46	11,60	20,30	16,20	Lajma
Glicyna	12,68	11,10	14,28	12,90	Lajma
Histydyna	9,43	8,35	6,62	6,20	Abelina
Kwas asparaginowy	43,13	32,45	48,27	41,53	Lajma
Kwas glutaminowy	57,27	44,01	68,11	56,06	Lajma
Leucyna/Izoleucyna	21,17	14,79	24,42	19,98	Lajma
Lizyna	6,80	5,72	3,88	3,40	Abelina
Metionina	2,52	1,90	2,85	2,44	Lajma
Prolina	9,93	8,86	11,61	10,24	Lajma
Seryna	14,77	11,76	16,13	14,19	Lajma
Treonina	13,05	8,92	15,12	12,41	Lajma
Walina	13,29	9,24	14,31	11,79	Lajma

3.6. Profil aminokwasowy ekstrudowanych nasion soi

W badaniu porównano zawartość wybranych aminokwasów w nasionach czterech odmian soi: Abelina, Bilyavka, Lajma i Magnolia. Analizowane aminokwasy obejmowały zarówno aminokwasy egzogenne (niezbędne), jak i endogenne (wytwarzane przez organizm). Wyniki przedstawiono w µg/mg suchej masy białka (Tabela 6).

Spośród analizowanych odmian, najwyższą zawartością większości aminokwasów charakteryzowała się odmiana Lajma, co wskazuje na jej największą wartość biologiczną białka. Wysokie poziomy aminokwasów u tej odmiany mogą świadczyć o korzystnym profilu białkowym, istotnym w ocenie przydatności paszowej soi. Spośród aminokwasów kwaśnych (kwas asparaginowy i glutaminowy) odmiana Lajma wykazała najwyższe wartości, odpowiednio 48,27 µg/mg i 68,11 µg/mg, co potwierdza jej wysoką ogólną zawartość białka.

Odmiana Bilyavka miała najniższe poziomy tych aminokwasów. Spośród aminokwasów rozgałęzionych (leucyna/izoleucyna, walina, treonina) najwięcej stwierdzono również w odmianie Lajma (24,42 µg/mg leucyny/izoleucyny, 14,31 µg/mg waliny, 15,12 µg/mg treoniny). Są to aminokwasy kluczowe dla syntezy białek mięśniowych i wzrostu zwierząt. Spośród aminokwasów siarkowych (metionina) najwyższą zawartość metioniny stwierdzono w odmianie Lajma (2,85 µg/mg), a najniższą w Bilyavka (1,90 µg/mg). Metionina jest aminokwasem limitującym w żywieniu drobiu, dlatego jej wyższy poziom zwiększa wartość paszową nasion. W grupie aminokwasów zasadowych (lizyna, arginina, histydyna) wyróżniała się Abelina, ponieważ miała najwyższą zawartość argininy (7,67 µg/mg), histydyny (9,43 µg/mg) i lizyny (6,8 µg/mg). Wysoka zawartość lizyny jest szczególnie pożądana, ponieważ zboża, podstawowy składnik pasz są w nią ubogie. Spośród pozostałych aminokwasów (alanina, glicyna, prolina, seryna, fenyloalanina) we wszystkich przypadkach najwyższe wartości odnotowano dla odmiany Lajma. Dla przykładu, zawartość fenyloalaniny wyniosła 20,3 µg/mg, a glicyny 14,28 µg/mg.

Tabela 6. Zawartość aminokwasów w ekstrudowanych nasionach soi odmian Abelina, Bilyavka, Lajma i Magnolia [µg/mg].

Aminokwas	Abelina	Bilyavka	Lajma	Magnolia	Najwyższa wartość
Alanina	13,52	7,57	14,47	6,62	Lajma
Arginina	3,78	4,24	3,46	3,61	Bilyavka
Fenyloalanina	16,59	7,34	18,97	5,90	Lajma
Glicyna	12,87	7,33	13,55	7,03	Lajma
Histydyna	5,37	5,42	6,08	4,88	Lajma
Kwas asparaginowy	37,60	20,86	39,17	16,46	Lajma
Kwas glutaminowy	52,49	27,72	58,01	23,65	Lajma
Leucyna/Izoleucyna	20,64	9,63	23,98	8,10	Lajma
Lizyna	2,57	2,89	2,26	2,73	Bilyavka
Metionina	2,52	1,30	2,79	1,11	Lajma
Prolina	10,65	6,54	11,91	5,78	Lajma
Seryna	13,40	7,37	13,83	6,35	Lajma
Treonina	12,52	5,99	14,16	4,95	Lajma
Walina	12,2	5,88	14,22	4,82	Lajma

3.7. Profil aminokwasowy makucha sojowego po tłoczeniu oleju na zimno

Zawartość aminokwasów w makuchu różniła się w zależności od odmiany (Tabela 7). Najwyższe wartości większości aminokwasów uzyskano w makuchu z soi Lajma, natomiast Abelina wyróżniała się podwyższoną zawartością aminokwasów zasadowych – głównie argininy, histydyny i lizyny. Bilyavka i Magnolia cechowały się niższą ogólną zawartością aminokwasów, co może wskazywać na mniejszą stabilność struktury białek tych odmian podczas procesu tłoczenia. Wśród aminokwasów kwaśnych (kwas asparaginowy i kwas glutaminowy) najwyższą zawartość uzyskano w makuchu z odmiany Lajma, w której zawartość kwasu asparaginowego wyniosła 48,27 µg/mg, a kwasu glutaminowego – 68,11 µg/mg. Dla porównania, w odmianie Abelina wartości te były niższe i wyniosły odpowiednio 43,13 µg/mg i 57,27 µg/mg, natomiast w odmianie Bilyavka – 32,45 µg/mg i 44,01 µg/mg. Aminokwasy te dominują w białkach soi i odgrywają kluczową rolę w metabolizmie azotu oraz syntezie białek roślinnych. Również grupa aminokwasów rozgałęzionych (leucyna/izoleucyna, walina, treonina), osiągnęła najwyższe wartości w odmianie Lajma – leucyna/izoleucyna 24,42 µg/mg, walina 14,31 µg/mg, treonina 15,12 µg/mg. Dla porównania, w odmianie Abelina wartości wynosiły odpowiednio 21,17 µg/mg, 13,29 µg/mg i 13,05 µg/mg. Aminokwasy te są egzogenne i szczególnie ważne w żywieniu zwierząt monogastrycznych, ponieważ wpływają na wzrost mięśni i metabolizm energetyczny. Wśród aminokwasów siarkowych zawartość metioniny była największa w odmianie Lajma – 2,85 µg/mg, a najmniejsza w odmianie Bilyavka – 1,90 µg/mg. Metionina jest aminokwasem ograniczającym w paszach pochodzenia roślinnego, dlatego wyższy poziom w Lajmie zwiększa wartość biologiczną jej białka. Spośród aminokwasów zasadowych (arginina, lizyna, histydyna) odmiana Abelina charakteryzowała się najwyższą ich zawartością – argininy 7,67 µg/mg, lizyny 6,80 µg/mg i histydyny 9,43 µg/mg. W pozostałych odmianach wartości te były niższe np. w Lajmie odpowiednio 7,03 µg/mg, 3,88 µg/mg i 6,62 µg/mg. Aminokwasy te odgrywają ważną rolę w metabolizmie białka, funkcjach odpornościowych i detoksykacji amoniaku, co nadaje Abelinie korzystne właściwości żywieniowe. W grupie aminokwasów obojętnych (alanina, glicyna, prolina, seryna, fenyloalanina, Lajma również uzyskała najwyższe wartości: alanina – 14,78 µg/mg, glicyna – 14,28 µg/mg, prolina – 11,61 µg/mg, seryna – 16,13 µg/mg oraz fenyloalanina – 20,30 µg/mg. Dla porównania, w Abelinie wartości były nieco niższe: alanina – 13,17 µg/mg, glicyna – 12,68 µg/mg, fenyloalanina – 17,46 µg/mg. Wysoka zawartość tych aminokwasów wskazuje na dużą odporność strukturalną białek i sprzyja lepszej wartości odżywczej makuchu.

Tabela 7. Zawartość aminokwasów w makuchu sojowym po tłoczeniu oleju na zimno odmian soi Abelina, Bilyavka, Lajma i Magnolia [$\mu\text{g}/\text{mg}$].

Aminokwas	Abelina	Bilyavka	Lajma	Magnolia	Najwyższa wartość
Alanina	13,17	10,57	14,78	12,80	Lajma
Arginina	7,67	7,15	7,03	5,66	Abelina
Fenylalanina	17,46	11,60	20,3	16,20	Lajma
Glicyna	12,68	11,10	14,28	12,90	Lajma
Histydyna	9,43	8,35	6,62	6,20	Abelina
Kwas asparaginowy	43,13	32,45	48,27	41,53	Lajma
Kwas glutaminowy	57,27	44,01	68,11	56,06	Lajma
Leucyna/Izoleucyna	21,17	14,79	24,42	19,98	Lajma
Lizyna	6,80	5,72	3,88	3,40	Abelina
Metionina	2,52	1,90	2,85	2,44	Lajma
Prolina	9,93	8,86	11,61	10,24	Lajma
Seryna	14,77	11,76	16,13	14,19	Lajma
Treonina	13,05	8,92	15,12	12,41	Lajma
Walina	13,29	9,24	14,31	11,79	Lajma

3.8. Profil aminokwasowy ekstrudowanego makucha sojowego po tłoczeniu oleju na zimno

W ekstrudowanym makuchu sojowym po tłoczeniu oleju na zimno na zimno czterech odmian soi: Abelina, Bilyavka, Lajma oraz Magnolia zawartość aminokwasów w badanych próbkach różniła się w zależności od odmiany soi (Tabela 8). Spośród aminokwasów kwaśnych (kwas asparaginowy i kwas glutaminowy) najwyższe wartości odnotowano w odmianie Lajma, gdzie zawartość kwasu asparaginowego wyniosła $45,38 \mu\text{g}/\text{mg}$, a kwasu glutaminowego – $65,51 \mu\text{g}/\text{mg}$. Dla porównania, w Abelinie wartości te wyniosły $40,07 \mu\text{g}/\text{mg}$ i $57,76 \mu\text{g}/\text{mg}$, a w Bilyavce – $40,16 \mu\text{g}/\text{mg}$ i $57,77 \mu\text{g}/\text{mg}$. Różnice wskazują, że Lajma posiada większy udział białek zapasowych, bogatych w aminokwasy kwasowe, które decydują o wartości odżywczej i funkcjonalnej białka sojowego. Wśród aminokwasów rozgałęzione (leucyna/izoleucyna, walina, treonina), należących do grupy egzogennych, najwyższe wartości w makuchu osiągnęły w odmianie Lajma: leucyna/izoleucyna – $23,77 \mu\text{g}/\text{mg}$, walina – $12,74 \mu\text{g}/\text{mg}$, treonina – $15,07$

µg/mg. W pozostałych odmianach poziomy tych aminokwasów były niższe, np. w Abelinie odpowiednio 21,60 µg/mg, 11,69 µg/mg i 13,45 µg/mg. Wysoka zawartość aminokwasów rozgałęzionych wskazuje na korzystny profil żywieniowy białka Lajmy, szczególnie dla zwierząt o wysokim zapotrzebowaniu energetycznym. Wśród aminokwasów siarkowych (metionina) zawartość metioniny była najwyższa w odmianie Lajma – 2,91 µg/mg, przy niewielkich różnicach między pozostałymi odmianami (Abelina – 2,61 µg/mg, Bilyavka – 2,68 µg/mg, Magnolia – 2,65 µg/mg). Metionina jest aminokwasem limitującym w białkach roślinnych, dlatego jej większa ilość w makuchu Lajmy zwiększa wartość biologiczną i strawność tego surowca. Spośród aminokwasów zasadowych (arginina, lizyna, histydyna) najwyższe wartości osiągnęła Bilyavka, w której zawartość argininy wyniosła 8,45 µg/mg, lizyny 5,18 µg/mg, a histydyny 9,00 µg/mg. Dla porównania, w Lajmie wartości te były odpowiednio 7,52 µg/mg, 4,20 µg/mg i 7,75 µg/mg. Arginina i lizyna pełnią kluczową rolę w procesach wzrostu i odporności, dlatego wyższy ich poziom w Bilyavce może być korzystny z punktu widzenia wykorzystania białka w paszach. Wśród aminokwasów obojętnych (alanina, glicyna, prolina, seryna, fenyloalanina) największe wartości odnotowano ponownie w odmianie Lajma, w której zawartość alaniny wyniosła 15,01 µg/mg, glicyny – 15,59 µg/mg, prolina – 12,41 µg/mg, seryna – 16,42 µg/mg oraz fenyloalaniny – 19,46 µg/mg. W porównaniu, w Abelinie wartości te były niższe: alanina – 13,64 µg/mg, glicyna – 14,10 µg/mg, fenyloalanina – 17,46 µg/mg. Różnice wskazują, że białka odmiany Lajma są bardziej odporne na degradację termiczną i zachowują pełniejszy profil aminokwasowy po ekstruzji.

Tabela 8. Zawartość aminokwasów w ekstrudowanym makuchu sojowym odmian soi
Abelina, Bilyavka, Lajma i Magnolia [µg/mg].

Aminokwas	Abelina	Bilyavka	Lajma	Magnolia	Najwyższa wartość
Alanina	13,64	13,66	15,01	13,88	Lajma
Arginina	6,22	8,45	7,52	5,97	Bilyavka
Fenyloalanina	17,46	16,86	19,46	18,74	Lajma
Glicyna	14,1	14,37	15,59	14,41	Lajma
Histydyna	7,07	9,00	7,75	6,72	Bilyavka
Kwas asparaginowy	40,07	40,16	45,38	41,80	Lajma
Kwas glutaminowy	57,76	57,77	65,51	61,20	Lajma
Leucyna/Izoleucyna	21,60	20,18	23,77	22,23	Lajma

Lizyna	3,54	5,18	4,20	3,21	Bilyavka
Metionina	2,61	2,68	2,91	2,65	Lajma
Prolina	10,67	11,11	12,41	11,54	Lajma
Seryna	14,61	14,08	16,42	15,64	Lajma
Treonina	13,45	13,43	15,07	14,72	Lajma
Walina	11,69	10,55	12,74	11,93	Lajma

3.9. Pierwiastki mineralne (makroelementy) ziaren soi i produktów ich przetworzenia

W badaniu oznaczono zawartość wybranych makroelementów – wapnia (Ca), magnezu (Mg), fosforu (P) oraz potasu (K) w surowych nasionach czterech odmian soi: Abelina, Bilyavka, Lajma i Magnolia (Tabela 9). Wyniki wykazały pewne zróżnicowanie składu mineralnego pomiędzy odmianami, co może wynikać z różnic genetycznych oraz warunków glebowo-klimatycznych uprawy. Zawartość wapnia (Ca) wahała się od 1492,94 mg/kg w odmianie Lajma do 1974,92 mg/kg w odmianie Magnolia. Najwyższą zawartością Ca wyróżniały się Magnolia i Bilyavka (1956,43 mg/kg), natomiast najniższą Lajma, co może wskazywać na mniejszą akumulację tego pierwiastka w nasionach tej odmiany. Zawartość magnezu (Mg) była najwyższa w odmianie Magnolia (2616,17 mg/kg), a najniższa w odmianie Lajma (2004,40 mg/kg). Magnez jest składnikiem chlorofilu i enzymów biorących udział w fotosyntezie oraz metabolizmie białek, a jego poziom w nasionach odzwierciedla ogólną aktywność metaboliczną rośliny. W przypadku fosforu (P) najwyższą zawartość odnotowano w nasionach Abelina (7893,76 mg/kg), natomiast najniższą w Bilyavka (6023,32 mg/kg). Fosfor jest składnikiem związków wysokoenergetycznych (ATP, ADP) i kwasów nukleinowych, a jego ilość w nasionach wiąże się z intensywnością procesów energetycznych w roślinie. Zawartość potasu (K), będącego głównym kationem komórkowym, była najwyższa w odmianie Lajma (18956,63 mg/kg), a najniższa w Abelina (16828,56 mg/kg). Potas odpowiada za regulację gospodarki wodnej i aktywność enzymatyczną, dlatego jego wysoka zawartość może być korzystna dla jakości nasion.

Tabela 9. Makroelementy w surowych nasionach odmian soi odmian Abelina, Bilyavka, Lajma i Magnolia [mg/kg].

Badany materiał	Ca	Mg	P	K
Abelina	1737,87	2121,42	7893,76	16828,56
Bielawka	1956,43	2101,99	6023,32	16991,16
Lajma	1492,94	2004,40	7283,59	18956,63
Magnolia	1974,92	2616,17	6057,82	18171,38

W surowych, ekstrudowanych nasionach soi odmian Abelina, Bielawka, Lajma i Magnolia zawartość makroelementów (Ca, Mg, P, K) była zróżnicowana (Tabela 10). Zawartość wapnia (Ca) wynosiła od 1875,35 mg/kg (Lajma) do 2105,75 mg/kg (Magnolia), przy czym najwyższe wartości odnotowano w odmianie Magnolia. Magnez (Mg) występował w ilościach od 1913,34 mg/kg (Bielawka) do 2871,47 mg/kg (Magnolia), natomiast fosfor (P) w zakresie 5240,19 - 8175,45 mg/kg, z największą zawartością w odmianie Abelina. Najwyższe wartości potasu (K) uzyskano w odmianie Magnolia (21058,93 mg/kg), a najniższe w Lajmie (15454,68 mg/kg). Proces ekstruzji mógł wpłynąć na zawartość i biodostępność tych pierwiastków. Wysoka temperatura i ciśnienie podczas ekstruzji mogą zmniejszać zawartość niektórych związków mineralnych w wyniku strat termicznych lub reakcji z innymi składnikami (np. z kwasem fitynowym), zwiększać biodostępność makroelementów, szczególnie fosforu, poprzez częściową degradację fitynianów, które wiążą minerały w formy trudno przyswajalne lub wyrównywać różnice między odmianami poprzez ujednolicenie struktury i składu fizykochemicznego materiału. Choć między odmianami występują różnice w zawartości Ca, Mg, P i K, proces ekstruzji może korzystnie wpływać na przyswajalność składników mineralnych, mimo ewentualnych niewielkich strat ilościowych.

Tabela 10. Makroelementy w ekstrudowanych nasionach odmian soi odmian Abelina, Bilyavka, Lajma i Magnolia [mg/kg].

Badany materiał	Ca	Mg	P	K
Abelina	1913,80	2505,92	8175,45	17892,49
Bielawka	1997,68	1913,34	5240,19	15515,88
Lajma	1875,35	2184,76	5254,53	15454,68
Magnolia	2105,75	2871,47	7190,61	21058,93

W makuchach po tłoczeniu oleju na zimno z nasion soi odmian Abelina, Bielawka, Lajma i Magnolia stwierdzono zróżnicowaną zawartość makroelementów (Ca, Mg, P, K) (Tabela 11). Zawartość wapnia (Ca) mieściła się w zakresie od 1708,51 mg/kg w odmianie Bielawka do 2129,41 mg/kg w odmianie Abelina, która wykazała najwyższy poziom tego pierwiastka. Magnez (Mg) występował w ilościach od 1995,48 mg/kg (Bielawka) do 2563,94 mg/kg (Magnolia), co wskazuje na zbliżone wartości między odmianami, z nieznacznie wyższym poziomem u Magnolii. Zawartość fosforu (P) wahała się od 5461,49 mg/kg w odmianie Bielawka do 7490,28 mg/kg w odmianie Abelina, natomiast potasu (K) od 15731,10 mg/kg (Bielawka) do 18041,86 mg/kg (Magnolia). Najwyższą ogólną zawartością makroelementów charakteryzował się makuch odmiany Abelina, szczególnie pod względem Ca i P, natomiast Magnolia wyróżniała się podwyższoną zawartością Mg i K. Bielawka wykazała najniższe wartości większości analizowanych pierwiastków.

Proces tłoczenia na zimno mógł mieć wpływ na zawartość makroelementów w makuchu. W wyniku oddzielenia frakcji tłuszczowej część pierwiastków może ulec zagęszczeniu w pozostałej masie stałej, ponieważ minerały nie przechodzą do oleju, co często prowadzi do relatywnego wzrostu ich stężenia w makuchu. Jednocześnie niewielkie różnice między odmianami mogą wynikać z różnej budowy nasion oraz odmiennej efektywności oddzielania tłuszczu, co wpływa na ostateczne proporcje składników mineralnych.

Tabela 11. Makroelementy w makuchu po tłoczeniu oleju na zimno odmian soi Abelina, Bilyavka, Lajma i Magnolia [mg/kg].

Badany materiał	Ca	Mg	P	K
Abelina	2129,41	2471,11	7490,28	16420,82
Bielawka	1708,51	1995,48	5461,49	15731,10
Lajma	1735,41	2071,27	6447,70	17522,34
Magnolia	1851,73	2563,94	6227,56	18041,86

W ekstrudowanym makuchu po tłoczeniu oleju na zimno z nasion soi odmian Abelina, Bielawka, Lajma i Magnolia stwierdzono zróżnicowaną zawartość makroelementów (Ca, Mg, P, K) (Tabela 12). Zawartość wapnia (Ca) mieściła się w zakresie od 1709,54 mg/kg w odmianie Lajma do 2153,68 mg/kg w odmianie Magnolia, która charakteryzowała się najwyższą zawartością tego pierwiastka. Magnez (Mg) występował w ilościach od 2113,46 mg/kg

(Bielawka) do 3075,98 mg/kg (Magnolia), co wskazuje na wyraźnie większe nagromadzenie tego składnika w tej odmianie. Zawartość fosforu (P) wahała się od 5522,37 mg/kg (Bielawka) do 8356,19 mg/kg (Abelina), natomiast potasu (K) od 15961,94 mg/kg (Bielawka) do 21644,70 mg/kg (Magnolia). Największą ogólną zawartością makroelementów wyróżniały się odmiany Magnolia i Abelina, które zawierały najwięcej odpowiednio Mg, K i Ca (Magnolia) oraz P (Abelina). Najniższe wartości wszystkich analizowanych pierwiastków odnotowano w odmianie Bielawka.

Proces ekstruzji makuchu po tłoczeniu na zimno mógł istotnie wpłynąć na skład mineralny produktu. Wysoka temperatura i ciśnienie podczas ekstruzji powodują rozpad struktur komórkowych i częściową degradację kwasu fitynowego, co może zwiększać biodostępność makroelementów, zwłaszcza fosforu, wapnia i magnezu. Jednocześnie, mimo możliwych niewielkich strat termicznych, proces ten sprzyja ujednoliceniu i utrwaleniu składu mineralnego, co jest korzystne z żywieniowego punktu widzenia.

Tabela 12. Makroelementy w ekstrudowanym makuchu po tłoczeniu oleju na zimno odmian soi Abelina, Bilyavka, Lajma i Magnolia [mg/kg].

Badany materiał	Ca	Mg	P	K
Abelina	2057,59	2584,98	8356,19	17910,72
Bielawka	2014,94	2113,46	5522,37	15961,94
Lajma	1709,54	2272,18	7211,88	20061,63
Magnolia	2153,68	3075,98	7184,74	21644,70

3.10. Zanieczyszczenie soi i produktów jej przetwarzania mikotoksynami

W surowych nasionach soi odmiany Abelina oraz w produktach ich przetwarzania tj. nasionach ekstrudowanych, makuchu tłoczonym na zimno i makuchu ekstrudowanym, stwierdzono bardzo niskie poziomy mikotoksyn, znacznie poniżej dopuszczalnych w UE (Tabela 13). W surowych nasionach wykryto zearalenon (ZEN) w zakresie 3,01–7,98 ng/g (dopuszczalne 500 ng/g) oraz sumę toksyn T-2 + HT-2 na poziomie 31,91–80,75 ng/g (dopuszczalne 200 ng/g). Pozostałe mikotoksyny, tj. DON (<2 ng/g, dopuszczalne 5000 ng/g), fumonizyny FB1 + FB2 (<2 ng/g, dopuszczalne 500 ng/g), aflatoksyna B1 (AFB1 <2–2,27 ng/g, dopuszczalne 20 ng/g) oraz ochratoksyna A (OTA <2 ng/g, dopuszczalne 100 ng/g),

występowały na poziomie poniżej granicy oznaczalności. W nasionach ekstrudowanych profil zanieczyszczeń był podobny, ZEN wynosił 2,59–7,56 ng/g, a toksyna T-2 + HT-2 56,92–61,35 ng/g, przy braku przekroczeń norm. W makuchu tłoczonym na zimno poziomy ZEN (3,76–9,67 ng/g) i toksyny T-2 + HT-2 (54,28–59,30 ng/g) pozostały niskie, nie przekraczając dopuszczalnych wartości. W makuchu ekstrudowanym odnotowano najniższe stężenia DON (<2–1,00 ng/g) i ZEN (<2–4,67 ng/g) oraz niewielkie ilości OTA (4,44 ng/g, przy dopuszczalnych 100 ng/g).

Wszystkie badane próbki soi Abelina i jej produktów przetwarzania spełniały wymagania bezpieczeństwa paszowego Unii Europejskiej. Procesy technologiczne, zwłaszcza ekstruzja, mogły dodatkowo przyczynić się do obniżenia zawartości mikotoksyn poprzez działanie wysokiej temperatury i ciśnienia, prowadzące do ich częściowej degradacji. Z kolei tłoczenie „na zimno” nie powodowało wzrostu zawartości toksyn, a różnice między produktami wynikały głównie z koncentracji składników w suchej masie po usunięciu frakcji olejowej.

Tabela 13. Średnia zawartość mikotoksyn w odmianie soi Abelina i produktach jej przetwarzania [µg/kg]

Badany materiał	Rodzaj mikotoksyny	Najniższe stężenie	Najwyższe stężenie	Dopuszczalne stężenie w UE
Surowe nasiona	DON	<2	<2	5000
	ZEN	3,01	7,98	500
	T-2 + HT-2	31,91	80,75	200
	FB1 + FB2	<2	<2	500
	AFB1	<2	2,27	20
	OTA	<2	<2	100
Nasiona ekstrudowane	DON	<2	2,00	5000
	ZEN	2,59	7,56	500
	T-2 + HT-2	56,92	61,35	200
	FB1 + FB2	<2	<2	500
	AFB1	<2	<2	20
	OTA	<2	<2	100
Makuch tłoczony na zimno	DON	<2	2,49	5000
	ZEN	3,76	9,67	500

	T-2 + HT-2	54,28	59,30	200
	FB1 + FB2	<2	<2	500
	AFB1	<2	<2	20
	OTA	<2	<2	100
Makuch ekstrudowany	DON	<2	1,00	5000
	ZEN	<2	4,67	500
	T-2 + HT-2	65,41	69,94	200
	FB1 + FB2	<2	<2	500
	AFB1	<2	<2	20
	OTA	<2	4,44	100

Limit detekcji powyżej 2 µg/kg (LOD > 2 µg/kg)

W surowych nasionach soi odmiany Bilyavka oraz w produktach ich przetwarzania tj. nasionach ekstrudowanych, makuchu tłoczonym na zimno i makuchu ekstrudowanym, stwierdzono niskie poziomy mikotoksyn, znacznie poniżej dopuszczalnych wartości określonych w przepisach UE (Tabela 14). W surowych nasionach wykryto jedynie sumę toksyn T-2 + HT-2 w zakresie 111,38–120,04 µg/kg (dopuszczalne 200 µg/kg), natomiast pozostałe mikotoksyny, takie jak DON (<2 µg/kg, dopuszczalne 5000 µg/kg), ZEN (<2–2,19 µg/kg, dopuszczalne 500 µg/kg), fumonizyny FB1 + FB2 (<2 µg/kg, dopuszczalne 500 µg/kg), aflatoksyna B1 (<2 µg/kg, dopuszczalne 20 µg/kg) oraz ochratoksyna A (<2 µg/kg, dopuszczalne 100 µg/kg), występowały na poziomie poniżej granicy oznaczalności. W nasionach ekstrudowanych odnotowano niewielki wzrost poziomu zearalenonu (ZEN) w zakresie 3,62–12,88 µg/kg, przy całkowitym braku przekroczeń dopuszczalnych norm, oraz niskie wartości T-2 + HT-2 (13,70–15,76 µg/kg). W makuchu tłoczonym na zimno stężenia ZEN mieściły się w zakresie <2–5,81 µg/kg, a T-2 + HT-2 osiągały 81,47–93,65 µg/kg, wciąż znacznie poniżej limitu 200 µg/kg. W makuchu ekstrudowanym poziomy mikotoksyn utrzymywały się na niskim poziomie: ZEN 3,90–5,88 µg/kg, T-2 + HT-2 60,42–98,40 µg/kg, pozostałe <2 µg/kg. Wszystkie badane próbki soi Bilyavka i jej produktów przetwarzania spełniały wymagania bezpieczeństwa paszowego UE, wykazując bardzo niskie stężenia mikotoksyn, dalekie od wartości granicznych. Proces ekstruzji mógł sprzyjać redukcji zawartości toksyn poprzez ich częściową degradację pod wpływem wysokiej temperatury i ciśnienia, natomiast tłoczenie na zimno nie powodowało wzrostu skażenia, a różnice w

poziomach wynikały głównie z koncentracji składników w suchej masie po usunięciu frakcji olejowej.

Tabela 14. Średnia zawartość mikotoksyn w odmianie soi Bilyavka i produktach jej przetwarzania [$\mu\text{g/kg}$].

Badany materiał	Rodzaj mikotoksyny	Najniższe stężenie	Najwyższe stężenie	Dopuszczalne stężenie w UE
Surowe nasiona	DON	<2	<2	5000
	ZEN	<2	2,19	500
	T-2 + HT-2	111,38	120,04	200
	FB1 + FB2	<2	<2	500
	AFB1	<2	<2	20
	OTA	<2	<2	100
Nasiona ekstrudowane	DON	<2	<2	5000
	ZEN	3,62	12,88	500
	T-2 + HT-2	13,70	15,76	200
	FB1 + FB2	<2	<2	500
	AFB1	<2	<2	20
	OTA	<2	<2	100
Makuch tłoczony na zimno	DON	<2	2,12	5000
	ZEN	<2	5,81	500
	T-2 + HT-2	81,47	93,65	200
	FB1 + FB2	<2	<2	500
	AFB1	<2	<2	20
	OTA	<2	<2	100
Makuch ekstrudowany	DON	<2	<2	5000
	ZEN	3,90	5,88	500
	T-2 + HT-2	60,42	98,40	200
	FB1 + FB2	<2	<2	500
	AFB1	<2	<2	20
	OTA	<2	<2	100

Limit detekcji powyżej 2 $\mu\text{g/kg}$ ($LOD > 2 \mu\text{g/kg}$)

W surowych nasionach soi odmiany Lajma oraz w produktach ich przetwarzania tj. nasionach ekstrudowanych, makuchu tłoczonym na zimno i makuchu ekstrudowanym, stwierdzono bardzo niskie poziomy mikotoksyn, znacznie poniżej dopuszczalnych limitów UE (Tabela 15). W surowych nasionach wykryto jedynie śladowe ilości zearalenonu (ZEN) w zakresie 1,82–2,47 µg/kg (dopuszczalne 500 µg/kg) oraz sumy toksyn T-2 + HT-2 w ilości 28,93–29,80 µg/kg (dopuszczalne 200 µg/kg). Pozostałe mikotoksyny, w tym DON (<2 µg/kg, dopuszczalne 5000 µg/kg), fumonizyny FB1 + FB2 (<2 µg/kg, dopuszczalne 500 µg/kg), aflatoksyna B1 (<2 µg/kg, dopuszczalne 20 µg/kg) oraz ochratoksyna A (<2 µg/kg, dopuszczalne 100 µg/kg), były poniżej granicy oznaczalności. W nasionach ekstrudowanych odnotowano niewielki wzrost zawartości DON (2,87–9,48 µg/kg), nadal znacznie niższy od dopuszczalnego poziomu, oraz nieznaczne ilości ZEN (<2–2,36 µg/kg) i T-2 + HT-2 (21,26–23,99 µg/kg). W makuchu tłoczonym na zimno stężenie ZEN było wyższe – 9,26–18,31 µg/kg, przy jednocześnie niskiej zawartości DON (<2–2,06 µg/kg) i T-2 + HT-2 (20,05–21,92 µg/kg). W makuchu ekstrudowanym odnotowano DON 2,07–3,80 µg/kg, ZEN 13,61–16,81 µg/kg i T-2 + HT-2 5,39–13,24 µg/kg, wszystkie wartości znacznie poniżej dopuszczalnych norm UE. Wszystkie analizowane próbki soi Lajma i jej produktów przetwarzania spełniały wymagania bezpieczeństwa paszowego Unii Europejskiej, a stężenia mikotoksyn pozostawały wielokrotnie niższe od ustalonych limitów. Procesy technologiczne, zwłaszcza ekstruzja, mogły przyczynić się do częściowej degradacji mikotoksyn, obniżając ich zawartość w produkcie końcowym. Z kolei w przypadku tłoczenia „na zimno” obserwowane nieznaczne wahania stężeń wynikały raczej z koncentracji składników w suchej masie po oddzieleniu frakcji olejowej niż ze wzrostu zanieczyszczeń.

Tabela 15. Średnia zawartość mikotoksyn w odmianie soi Lajma i produktach jej przetwarzania [µg/kg].

Badany materiał	Rodzaj mikotoksyny	Najniższe stężenie	Najwyższe stężenie	Dopuszczalne stężenie w UE
Surowe nasiona	DON	<2	<2	5000
	ZEN	1,82	2,47	500
	T-2 + HT-2	28,93	29,80	200
	FB1 + FB2	<2	<2	500
	AFB1	<2	<2	20
	OTA	<2	<2	100

Nasiona ekstrudowane	DON	2,87	9,48	5000
	ZEN	<2	2,36	500
	T-2 + HT-2	21,26	23,99	200
	FB1 + FB2	<2	<2	500
	AFB1	<2	<2	20
	OTA	<2	<2	100
Makuch tłoczony na zimno	DON	<2	2,06	5000
	ZEN	9,26	18,31	500
	T-2 + HT-2	20,05	21,92	200
	FB1 + FB2	<2	<2	500
	AFB1	<2	<2	20
	OTA	<2	<2	100
Makuch ekstrudowany	DON	2,07	3,80	5000
	ZEN	13,61	16,81	500
	T-2 + HT-2	5,39	13,24	200
	FB1 + FB2	<2	<2	500
	AFB1	<2	<2	20
	OTA	<2	<2	100

Limit detekcji powyżej 2 µg/kg (LOD > 2 µg/kg)

W surowych nasionach soi odmiany Magnolia oraz w produktach ich przetwarzania tj. nasionach ekstrudowanych, makuchu tłoczonym na zimno i makuchu ekstrudowanym, stwierdzono obecność mikotoksyn w bardzo niskich stężeniach, znacznie poniżej dopuszczalnych limitów określonych w przepisach Unii Europejskiej (Tabela 16). W surowych nasionach wykryto jedynie ZEN w ilości <2–12,87 µg/kg (dopuszczalne 500 µg/kg) oraz sumę toksyn T-2 + HT-2 w zakresie 125,21–132,37 µg/kg (dopuszczalne 200 µg/kg). Pozostałe mikotoksyny – DON (<2 µg/kg, dopuszczalne 5000 µg/kg), fumonizyny FB1 + FB2 (<2 µg/kg, dopuszczalne 500 µg/kg), aflatoksyna B1 (<2 µg/kg, dopuszczalne 20 µg/kg) i ochratoksyna A (<2 µg/kg, dopuszczalne 100 µg/kg) nie zostały wykryte powyżej granicy oznaczalności. W nasionach ekstrudowanych poziomy mikotoksyn pozostały równie niskie: ZEN 2,94–16,20 µg/kg i toksyn T-2 + HT-2 100,23–122,06 µg/kg, przy braku przekroczeń dopuszczalnych norm. W makuchu tłoczonym na zimno obserwowano niewielki wzrost stężenia ZEN (28,60–

34,69 µg/kg) i T-2 + HT-2 (66,37–77,29 µg/kg), nadal znacznie poniżej limitów 500 i 200 µg/kg. W makuchu ekstrudowanym wykryto nieco wyższe wartości ZEN (39,04–41,41 µg/kg) oraz T-2 + HT-2 (94,89–103,61 µg/kg), a także śladowe ilości DON (2,38–5,97 µg/kg), przy czym wszystkie mieściły się w dopuszczalnych granicach bezpieczeństwa. Wyniki wskazują, że odmiana Magnolia i jej produkty przetwarzania spełniają wymagania bezpieczeństwa paszowego UE, a zawartość mikotoksyn pozostaje wielokrotnie niższa od wartości granicznych. Proces ekstruzji mógł przyczynić się do częściowej degradacji toksyn, jednak niewielki wzrost ZEN i T-2/HT-2 w makuchu może wynikać z koncentracji składników w suchej masie po oddzieleniu frakcji olejowej. Ogółem poziom skażenia mikotoksynami w soi Magnolia i jej przetworach jest bardzo niski i bezpieczny dla zastosowań paszowych.

Tabela 16. Średnia zawartość mikotoksyn w odmianie soi Magnolia i produktach jej przetwarzania [µg/kg].

Badany materiał	Rodzaj mikotoksyny	Najniższe stężenie	Najwyższe stężenie	Dopuszczalne stężenie w UE
Surowe nasiona	DON	<2	<2	5000
	ZEN	<2	12,87	500
	T-2 + HT-2	125,21	132,37	200
	FB1 + FB2	<2	<2	500
	AFB1	<2	<2	20
	OTA	<2	<2	100
Nasiona ekstrudowane	DON	<2	<2	5000
	ZEN	2,94	16,20	500
	T-2 + HT-2	100,23	122,06	200
	FB1 + FB2	<2	<2	500
	AFB1	<2	<2	20
	OTA	<2	<2	100
Makuch tłoczony na zimno	DON	<2	<2	5000
	ZEN	28,60	34,69	500
	T-2 + HT-2	66,37	77,29	200
	FB1 + FB2	<2	<2	500
	AFB1	<2	<2	20

	OTA	<2	<2	100
Makuch ekstrudowany	DON	2,38	5,97	5000
	ZEN	39,04	41,41	500
	T-2 + HT-2	94,89	103,61	200
	FB1 + FB2	<2	<2	500
	AFB1	<2	<2	20
	OTA	<2	<2	100

Limit detekcji powyżej 2 µg/kg (LOD > 2 µg/kg)

4. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania obejmowały ocenę składu chemicznego, profilu aminokwasowego, zawartości makroelementów oraz poziomu mikotoksyn w surowych nasionach i produktach przetwarzania czterech odmian soi: Abelina, Bilyavka, Lajma i Magnolia. Analizie poddano nasiona surowe, nasiona ekstrudowane, makuch tłoczony na zimno oraz makuch ekstrudowany.

W zakresie składu chemicznego wykazano, że odmiana Lajma charakteryzowała się najwyższą zawartością białka ogólnego (ok. 49,6% s.m.) oraz korzystnym bilansem składników pokarmowych, co wskazuje na jej wysoką wartość paszową. Odmiany Abelina i Magnolia zawierały natomiast więcej tłuszczu surowego (ok. 16–17%), co czyni je przydatnymi jako surowiec energetyczny w mieszankach paszowych.

Analiza profilu aminokwasowego potwierdziła, że Lajma posiada najwyższą zawartość większości aminokwasów egzogennych (np. leucyna/izoleucyna 24,42 µg/mg, metionina 2,85 µg/mg, walina 14,31 µg/mg), co czyni ją najbardziej wartościową biologicznie spośród badanych odmian. Odmiana Abelina wyróżniała się natomiast większą zawartością aminokwasów zasadowych, zwłaszcza lizyny (6,8 µg/mg) i argininy (7,67 µg/mg), co ma duże znaczenie w żywieniu świń, których diety są zwykle ubogie w te aminokwasy.

Pod względem zawartości makroelementów (Ca, Mg, P, K) największą koncentracją składników mineralnych charakteryzowały się odmiany Magnolia (wysoki poziom Ca, Mg i K) oraz Abelina (najwięcej fosforu). Procesy technologiczne (tłoczenie i ekstruzja) nie obniżały istotnie poziomu makroelementów, a w przypadku ekstruzji prawdopodobnie zwiększały ich biodostępność poprzez częściowy rozkład kwasu fitynowego.

Analiza zanieczyszczenia mikotoksynami wykazała bardzo niskie poziomy wszystkich badanych toksyn (ZEN, DON, T-2 + HT-2, AFB1, OTA, FB1 + FB2), znacznie poniżej dopuszczalnych norm UE. Proces ekstruzji redukował zawartość mikotoksyn dzięki działaniu wysokiej temperatury i ciśnienia, natomiast tłoczenie na zimno nie wpływało negatywnie na bezpieczeństwo surowca. Wszystkie produkty soi spełniały wymagania paszowe i mogą być uznane za bezpieczne dla drobiu i świń.

Z punktu widzenia praktycznego, soja odmiany Lajma wyróżnia się najwyższą wartością biologiczną białka, co czyni ją szczególnie odpowiednią dla drobiu, natomiast odmiana Abelina, bogata w lizynę, fosfor i wapń, jest bardziej wskazana w żywieniu świń.

5. WNIOSKI

1. Wszystkie badane odmiany soi i produkty ich przetwarzania charakteryzowały się wysoką wartością odżywczą i niskim poziomem zanieczyszczeń, co potwierdza ich przydatność paszową.
2. Odmiana Lajma wykazała najlepszy profil białkowy i aminokwasowy, co predysponuje ją do stosowania w żywieniu drobiu.
3. Odmiana Abelina dzięki wyższej zawartości lizyny, fosforu i wapnia może stanowić cenne źródło składników dla świń.
4. Procesy tłoczenia i ekstruzji poprawiały właściwości paszowe surowca, ponieważ zwiększały biodostępność składników mineralnych i obniżały zawartość mikotoksyn.
5. Wszystkie analizowane surowce (nasiona surowe, nasiona ekstrudowane, makuch tłoczony na zimno oraz makuch ekstrudowany), spełniały normy bezpieczeństwa paszowego UE, co potwierdza, że produkty sojowe badanych odmian są bezpieczne i wartościowe żywieniowo dla zwierząt monogastrycznych.

PIŚMIENNICTWO

D'Mello J.P.F., Placinta C.M., MacDonald A.M.C. 1999. Fusarium mycotoxins: a review of global implications for animal health, welfare and productivity. *Anim. Feed Sci. Technol.* 80, 183–205.

Grela E.R., Zaworska-Zakrzewska A., Milewski Sz. 2023. Wartość pokarmowa i przydatność paszowa ubocznych produktów z gospodarstw ekologicznych w żywieniu zwierząt. *Wiadomości Zootechniczne*, R. LXI (2023), 1–2: 38–48

Kudęłka W., Kowalska M., Popis M. 2021. Quality of Soybean Products in Terms of Essential Amino Acids Composition. *Molecules*, 21;26(16):5071.

Kuiper-Goodman T. 1995. Mycotoxins: risk assessment and legislation, *Toxicol. Lett.* 82–83, 853–859.

Larsen J.C., Hunt J., Perrin I., Ruckebauer P. 2004. Workshop on trichothecenes with a focus on DON: summary report, *Toxicol. Lett.* 153, 1–22.

Parrini S., Aquilani C., Pugliese C., Bozzi R., Sirtori F. 2023. Soybean Replacement by Alternative Protein Sources in Pig Nutrition and Its Effect on Meat Quality. *Animals (Basel)*, 31;13(3):494.

Rozporządzenie Komisji (UE) 2023/915 z dnia 25 kwietnia 2023 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych poziomów niektórych zanieczyszczeń w żywności oraz uchylające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006

Rozporządzenie Rady (WE) nr 834/2007, Rozporządzenie Komisji (WE) nr 889/2008
Zalecenie Komisji UE z dnia 27 marca 2013 r. w sprawie obecności toksyn T-2 i HT-2 w zbożach i produktach zbożowych (2013/165/UE)