

Waldemar Kuśnierek, Andrzej Potkański, Sylwia Kuśnierek

Akademia Rolnicza w Poznaniu, Katedra Żywienia Zwierząt i Gospodarki Paszowej

## Strawność całkowita i jelitowa u świń białka i aminokwasów poekstrakcyjnej śruty rzepakowej przed i po ekstruzji w temperaturach 140 i 160°C

### Apparent ileal and total digestibility in pigs of protein and amino acids of rapeseed meal before and after extrusion at 140 and 160°C

**Słowa kluczowe:** śruta rzepakowa, ekstruzja, strawność, aminokwasy, świnie

Celem badań było określenie pozornej strawności całkowitej i jelitowej u świń poekstrakcyjnej śruty rzepakowej poddanej ekstruzji w temperaturze 140 i 160°C. Przygotowano cztery mieszanki półsyntetyczne, w których źródłem białka była śruta sojowa (gr. I), zastąpiona częściowo poekstrakcyjną śrutą rzepakową nie ekstrudowaną (gr. II), po ekstruzji w temperaturze 140°C (gr. III) i w temperaturze 160°C (gr. IV). Świnie żywiono indywidualnie, doświadczenie strawnościowe trwało 14 dni i było podzielone na dwa okresy – wstępny i właściwy.

W wyniku ekstruzji obniżyła się strawność całkowita i jelitowa białka i większości aminokwasów. Strawność całkowita białka i aminokwasów była z reguły wyższa niż strawność jelitowa. Zmiany w strawności całkowitej i jelitowej metioniny były większe niż lizyny. Na skutek ekstruzji obniżył się również poziom glukozynolanów. Ekstruzja nie wpłynęła na obniżenie poziomu włókna w śrucie rzepakowej, ale miała wpływ na wzrost frakcji NDF.

**Keywords:** rapeseed meal, extrusion, digestibility, amino acids, pigs

The aim of the experiment was to determine apparent total and ileal digestibility in pigs of rapeseed meal extruded at the temperature of 140 and 160°C. 16 barrows wbp × pbz × Pietrain of 28 kg mean body weight were divided into 4 experimental groups of 4 animals in each. Animals were cannulated using PTVC method (the Post Valve T-Caecum cannula). Four semisynthetic diets contained soyabean meal (gr. I) or soyabean meal partly replaced with rapeseed meal non-extruded (gr. II), extruded at 140°C (gr. III) or at 160°C (gr. IV). Rapeseed meals constituted 28.5% (gr. II), 29.4% (gr. III), 29.1% (gr. IV) of diets. Animals were fed individually. Digestibility experiment, which lasted 14 days, was divided in two periods: initial and experimental of 7 days each. Digestibility coefficients were calculated using the difference method and comparing the results of group I with those obtained for groups II, III, IV.

Extrusion, especially at 160°C, reduced the total and ileal digestibility of protein and amino acids. The total digestibility of protein and amino acids was higher than the ileal digestibility. The applied extrusion treatment failed to increase digestibility of any of amino acids. Changes in total and ileal digestibility of methionine were higher than of lysine. After extrusion the level of glucosinolates was lower, from 12.70 µM/g to 9.70 µM/g and 7.70 µM/g, after extrusion at 140 and 160°C, respectively. Extrusion had no effect on the level of crude fiber, but increased NDF fraction from 20.62% in non-extruded rapeseed meal to 24.18% and 26.14% in extruded at 140 and 160°C, respectively.

## Wstęp

---

Poekstrakcyjna śruta rzepakowa jest jedną z najpopularniejszych krajowych pasz białkowych w żywieniu świń. Dla podniesienia wartości odżywczej pasz białkowych, w tym nasion rzepaku i poekstrakcyjnej śruty rzepakowej, stosuje się coraz częściej metody barotermiczne, jedną z nich jest ekstruzja. W wyniku tego procesu następuje szereg korzystnych zmian: zwiększa się strawność, szczególnie węglowodanów, następuje żelatynizacja skrobi, obniża się zawartość substancji antyżywniowych, wzrasta wartość energetyczna. Wszystkie metody obróbki termicznej pasz mogą wpływać także na strawność białka i aminokwasów. W zależności od przebiegu tych procesów (temperatura, wilgotność, czas, typ urządzeń) mogą one wpływać zarówno korzystnie jak i niekorzystnie na strawność tych składników (Li i in. 2002). Z uwagi na duże znaczenie strawności białka i aminokwasów w ocenie wartości pasz dla świń, przeprowadzono szereg doświadczeń, których wyniki są w tej pracy prezentowane.

W badaniach na świniami oprócz strawności całkowitej została oznaczona strawność jelitowa. Określenie strawności jelitowej jest obecnie metodą pozwalającą na najdokładniejsze określenie ilości dostępnych aminokwasów dla świń (Jansmann i in. 2002, Frankiewicz 1999, Valaja i in. 1996, Viljoen i in. 2000).

## Material i metody

---

Badania strawnościowe przeprowadzono w chlewni Zakładu Doświadczalnego Żywienia Zwierząt w Gorzynie. Materiałem do badań była handlowa poekstrakcyjna śruta rzepakowa z odmian podwójnie ulepszonych, otrzymana z Zakładów Przemysłu Tłuszczowego w Szamotułach. Zawierała ona 34,46% białka i 5,71 g/16 g N lizyny. Część zakupionej partii poekstrakcyjnej śruty rzepakowej poddano ekstruzji przez 40 s, w dwóch zakresach temperaturowych 140 i 160°C i wilgotności 20% w ekstruderze INSTA PRO–2000R. Do badań przygotowano cztery mieszanki półsyntetyczne. W pierwszej z nich (I) jedynym komponentem białkowym była poekstrakcyjna śruta sojowa (38,0%), a w kolejnych trzech jej ilość zmniejszono do 13,0% i zastąpiono ją poekstrakcyjną śrutą rzepakową nie ekstrudowaną w ilości 28,5% (gr. II), ekstrudowaną w temperaturze 140°C w ilości 29,4% (gr. III) oraz ekstrudowaną w temperaturze 160°C w ilości 29,1% (gr. IV). Pozostałe składniki stanowiła skrobia kukurydziana, cukier, olej rzepakowy, premiks PT-1 (tab. 1). Wprowadzenie do mieszanek dla grup II, III i IV poekstrakcyjnej śruty sojowej miało na celu wyeliminowanie ewentualnych trudności wynikających ze skarmiania bardzo dużych ilości poekstrakcyjnej śruty rzepakowej.

Tabela 1

Skład diet — *Composition of diets (%)*

| Wyszczególnienie — <i>Item</i>                              | I    | II                 | III                | IV                 |
|---|------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Poekstrakcyjna śruta sojowa<br><i>Soyabean meal</i>         | 38,0 | 13,0               | 13,0               | 13,0               |
| Poekstrakcyjna śruta rzepakowa<br><i>Rapeseed meal</i>      | —    | 28,5 <sup>1)</sup> | 29,4 <sup>2)</sup> | 29,1 <sup>3)</sup> |
| Skrobia kukurydziana — <i>Corn starch</i>                   | 48,9 | 45,4               | 48,0               | 44,8               |
| Składniki stałe — <i>Constant contitues<sup>4)</sup></i>    | 13,1 | 13,1               | 13,1               | 13,1               |
| Energia metaboliczna [MJ/kg]<br><i>Metabolizable energy</i> | 14,1 | 13,5               | 13,5               | 13,5               |
| Białko ogólne — <i>Crude protein [%]</i>                    | 15,8 | 15,65              | 15,65              | 15,65              |
| Włókno surowe — <i>Crude fiber [%]</i>                      | 2,59 | 3,32               | 3,37               | 3,41               |
| Lizyna — <i>Lysine [%]</i>                                  | 0,81 | 0,79               | 0,78               | 0,78               |
| Metionina + cystyna [%]<br><i>Methionine + cystine</i>      | 0,35 | 0,40               | 0,39               | 0,39               |
| Ca [%]  | 0,78 | 0,88               | 0,88               | 0,85               |
| P [%]   | 0,58 | 0,68               | 0,66               | 0,67               |
| Na [%]  | 0,13 | 0,13               | 0,13               | 0,13               |

1) nie ekstrudowana — *non-extruded*2) ekstrudowana w temperaturze 140°C — *extruded at temperature 140°C*3) ekstrudowana w temperaturze 160°C — *extruded at temperature 160°C*4) cukier 8%, olej rzepakowy 2%, premiks PT-1 1%, fosforan dwuwapniowy 1,5%, sól pastewna 0,3%, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,3% — *sugar 8%, rapeseed oil 2%, PT-1 Premix 1%, dicalcium phosphate 1,5%, salt 0,3%, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,3%*

Mieszanki z udziałem śruty rzepakowej były izobiałkowe i izoenergetyczne, zawierały 13,50 MJ EM/kg, 15,65% białka ogólnego, 0,79% lizyny, 0,40% metioniny z cystyną oraz 0,3% trójtlenku chromu, stosowanego jako wskaźnik. Do badań użyto wieprzki, mieszańce wbp × pbz × Pietrain o masie ciała średnio 28 kg. Zwierzętom założono kaniule typu T za ujściem biodrowo-ślepo-okrężniczym jelita, według metody PVTC (the Post Valve T-Caecum cannula) (van Leeuwen i in. 1988, 1991). Metoda ta pozwala na porównanie strawności całkowitej i jelitowej u tego samego osobnika. Zwierzęta podzielono na 4 grupy po 4 osobniki. Świnie umieszczono w klatkach metabolicznych i żywiono indywidualnie. Dzienna dawka paszowa wynosiła 2,2 kg i była podzielona na dwa równe odpasy — ranny i wieczorny. Doświadczenia strawnościowe były podzielone na dwa okresy — wstępny i właściwy, po 7 dni każdy. Okres właściwy składał się z dwóch podokresów, czterodniowej kolekcji kału i trzydniowej kolekcji treści jelita. W uśred-

Tabela 2

Skład chemiczny śrut rzepakowych — *Chemical composition of rapeseed meals (%)*

| Wyszczególnienie<br><i>Item</i>   | Śruta rzepakowa<br>nie ekstrudowana<br><i>Non-extruded<br/>rapeseed meal</i> | Śruta rzepakowa ekstrudowana w temperaturze:<br><i>Rapeseed meal extruded at temperature:</i> |       |
|---|--|---|-------|
|   |  | 140°C   | 160°C |
| Sucha masa — <i>Dry matter</i>  | 90,92  | 90,77   | 90,53 |
| Popiół surowy — <i>Crude ash</i>  | 7,17   | 6,88  | 6,70  |
| Białko ogólne — <i>Crude protein</i>  | 34,46  | 33,42   | 33,75 |
| Włókno surowe — <i>Crude fiber</i>  | 12,57  | 12,72   | 13,10 |
| ADF   | 19,50  | 19,23   | 18,87 |
| NDF   | 20,62  | 24,18   | 26,14 |
| Tłuszcz surowy — <i>Crude fat</i>   | 1,70   | 1,61  | 1,56  |
| Związki bezazotowe wyciągowe<br><i>N-free extractives</i>   | 35,02  | 36,14   | 35,42 |
| Taniny — <i>Tannins</i>   | 0,56   | 0,70  | 0,60  |
| Suma glukozynolanów ( $\mu\text{M/g}$ )*<br><i>Total glucosinolates (<math>\mu\text{M/g}</math>)*</i> | 12,70  | 9,70  | 7,70  |

\* Suchej masy beztuszczowej — *Fat free dry matter*

Tabela 3

Zawartość aminokwasów w śrutach rzepakowych — *Amino acids content in rapeseed meals*

| Aminokwasy<br><i>Amino acids</i><br>[g/16g N] | Śruta rzepakowa<br>nie ekstrudowana<br><i>Non- extruded<br/>rapeseed meal</i> | Śruta rzepakowa ekstrudowana w temperaturze:<br><i>Rapeseed meal extruded at temperature:</i> |       |
|---|---|---|-------|
|   |   | 140°C   | 160°C |
| ALA   | 4,57  | 4,51  | 4,49  |
| ARG   | 6,22  | 6,18  | 6,15  |
| ASP   | 8,11  | 8,22  | 8,14  |
| CYS   | 2,13  | 2,09  | 2,04  |
| GLU   | 20,06   | 19,72   | 19,49 |
| GLY   | 4,69  | 4,88  | 4,80  |
| HIS   | 3,07  | 3,03  | 3,04  |
| ILE   | 3,47  | 3,54  | 3,53  |
| LEU   | 6,82  | 6,87  | 6,90  |
| LYS   | 5,71  | 5,46  | 5,37  |
| MET   | 1,69  | 1,57  | 1,61  |
| PHE   | 4,34  | 4,51  | 4,71  |
| PRO   | 7,32  | 7,13  | 7,56  |
| SER   | 4,57  | 4,82  | 4,81  |
| THR   | 4,61  | 4,68  | 4,57  |
| TYR   | 3,02  | 3,03  | 3,09  |
| VAL   | 4,61  | 4,76  | 4,69  |

nionych próbach pasz, kału i treści jelitowej oznaczono skład podstawowy pasz, skład aminokwasowy i zawartość chromu. Wykorzystując metodę różnicową (grupa I z grupami II, III i IV obliczono pozorną strawność jelitową i całkowitą białka i aminokwasów (Frankiewicz 1999). Do obliczeń wykorzystano program komputerowy SAS wersja 6.12 (1996).

W próbach pasz, kału i treści jelita oznaczono na drodze analizy weendeńskiej składniki paszowe, azot za pomocą aparatu firmy Kjehl–Foss typ 16200, a aminokwasy przy użyciu analizatora aminokwasów typu AAA-T-339, chrom za pomocą spektrofotometru typu AAS-3 firmy Carl Zeiss Jena. Próby kału i treści jelitowej wcześniej zliofilizowano w liofilizatorze typu Christ. Glukozynolany w poekstrakcyjnej śrucie rzepakowej i jej ekstrudatach oznaczono metodą chromatografii gazowej (Michalski i in. 1995), a zawartość tanin w przeliczeniu na katechinę.

## Wyniki badań i dyskusja

---

W przeprowadzonych badaniach określono współczynniki pozornej strawności jelitowej białka i aminokwasów poekstrakcyjnej śruty sojowej oraz poekstrakcyjnej śruty rzepakowej (tab. 4).

Strawność jelitowa białka i aminokwasów poekstrakcyjnej śruty rzepakowej charakteryzowała się niższymi współczynnikami strawności w porównaniu ze śrutą sojową. Współczynnik pozornej strawności jelitowej białka poekstrakcyjnej śruty sojowej wynosił 78,26%, natomiast jelitowa strawność białka w poekstrakcyjnej śrucie rzepakowej była niższa o 8,29 punktu procentowego i wynosiła 69,97%, różnica ta została potwierdzona statystycznie ( $P < 0,05$ ). Także strawność jelitowa lizyny i metioniny była statystycznie istotnie wyższa ( $P < 0,05$ ) w poekstrakcyjnej śrucie sojowej (odpowiednio 82,37 i 88,68%) niż w poekstrakcyjnej śrucie rzepakowej (odpowiednio 67,33 i 73,46%).

Białko poekstrakcyjnej śruty rzepakowej charakteryzowało się statystycznie istotnie niższą strawnością jelitową ( $P < 0,05$ ) argininy, kwasu asparaginowego, cystyny, glicyny, fenyloalaniny, seryny oraz tyrozyny w porównaniu ze śrutą sojową.

W poekstrakcyjnych śrutach rzepakowych w wyniku ekstruzji w obu temperaturach nie zaobserwowano istotnych zmian w zawartości składników pokarmowych, za wyjątkiem NDF, których ilość wzrosła (tab. 2).

W wyniku ekstruzji w 140 i 160°C pozorna strawność jelitowa białka uległa obniżeniu z 69,97 do 65,94 i 60,84% (tab. 5).

Tabela 4

Średnie współczynniki pozornej strawności jelitowej białka i aminokwasów śruty sojowej i rzepakowej — *Mean coefficients of ileal apparent digestibility of protein and amino acids in soyabean meal and rapeseed meal [%]*

| Wyszczególnienie<br><i>Item</i>      | Śruta sojowa<br><i>Soyabean meal</i> | Śruta rzepakowa<br><i>Rapeseed meal</i> |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---|
| Białko ogólne — <i>Crude protein</i> | 78,26 ± 0,85 a                       | 69,97 ± 1,59 b                          |
| ALA                                  | 68,56 ± 0,98                         | 66,82 ± 1,76                            |
| ARG                                  | 88,67 ± 0,80 a                       | 74,55 ± 0,92 b                          |
| ASP                                  | 78,21 ± 0,61 a                       | 63,47 ± 1,57 b                          |
| CYS                                  | 75,88 ± 1,78 a                       | 64,55 ± 0,83 b                          |
| GLU                                  | 84,06 ± 0,87 a                       | 76,90 ± 0,86 b                          |
| GLY                                  | 63,64 ± 0,99                         | 63,09 ± 0,84                            |
| HIS                                  | 77,22 ± 0,56                         | 80,56 ± 0,38                            |
| ILE                                  | 75,59 ± 1,24                         | 68,87 ± 0,58                            |
| LEU                                  | 77,52 ± 1,22                         | 72,29 ± 0,77                            |
| LYS                                  | 82,34 ± 0,90 a                       | 67,33 ± 1,21 b                          |
| MET                                  | 88,68 ± 1,00 a                       | 73,46 ± 1,59 b                          |
| PHE                                  | 78,16 ± 2,22 a                       | 67,77 ± 0,84 b                          |
| PRO                                  | 75,85 ± 3,20                         | 72,72 ± 1,33                            |
| SER                                  | 76,41 ± 0,69 a                       | 68,41 ± 1,14 b                          |
| THR                                  | 72,08 ± 0,53                         | 69,80 ± 0,66                            |
| TYR                                  | 79,66 ± 3,12 a                       | 65,79 ± 1,41 b                          |
| VAL                                  | 70,74 ± 1,08                         | 68,86 ± 0,68                            |

a, b średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie  $P < 0,05$   
*means in rows with different letters are significantly different at  $P < 0.05$*

Spośród aminokwasów limitujących wartość białka większości pasz dla świń, takich jak lizyna i metionina, w wyniku ekstruzji w temperaturze 140 i 160°C strawność jelitowa metioniny obniżyła się z 73,46 do 67,52 i 65,22% (różnice potwierdzone statystycznie), natomiast spadek strawności lizyny był nieznaczny z 67,33 do 65,90 i 66,94%, i nie był statystycznie udowodniony.

Strawność jelitowa większości aminokwasów także obniżyła się, zwłaszcza na skutek ekstruzji w temperaturze 160°C. Statystycznie istotne obniżenie strawności stwierdzono dla alaniny, cystyny, kwasu glutaminowego, histydyny, izoleucyny, leucyny, metioniny, fenyloalaniny, proliny, seryny, treoniny. W wyniku ekstruzji strawność jelitowa żadnego z aminokwasów w poekstrakcyjnej śrucie rzepakowej nie wzrosła.

Tabela 5

Średnie współczynniki pozornej strawności jelitowej białka i aminokwasów śruty rzepakowej przed i po ekstruzji — *Mean coefficients of ileal apparent digestibility of protein and amino acids in rapeseed meal before and after extrusion*

| Wyszczególnienie<br><i>Item</i>      | Śruta rzepakowa<br>nie ekstrudowana<br><i>Non-extruded<br/>rapeseed meal</i> | Śruta rzepakowa ekstrudowana w temperaturze:<br><i>Rapeseed meal extruded at temperature:</i> |                |
|--------------------------------------|--|---|----------------|
|                                      |  | 140°C   | 160°C          |
| Białko ogólne — <i>Crude protein</i> | 69,97 ± 1,59 a   | 65,94 ± 2,22 ab   | 60,84 ± 1,44 b |
| ALA                                  | 66,82 ± 1,76 a   | 62,67 ± 1,79 ab   | 60,21 ± 1,59 b |
| ARG                                  | 74,55 ± 0,92   | 69,87 ± 2,35  | 69,62 ± 1,03   |
| ASP                                  | 63,47 ± 1,57   | 62,01 ± 2,25  | 60,92 ± 2,25   |
| CYS                                  | 64,55 ± 0,83 a   | 59,31 ± 1,33 b  | 56,56 ± 2,13 b |
| GLU                                  | 76,90 ± 0,86 a   | 69,97 ± 2,35 b  | 65,87 ± 0,93 b |
| GLY                                  | 63,09 ± 0,84   | 58,67 ± 1,92  | 58,99 ± 0,92   |
| HIS                                  | 80,56 ± 0,38 a   | 75,36 ± 1,58 b  | 72,97 ± 1,11 b |
| ILE                                  | 68,87 ± 0,58 a   | 67,14 ± 1,30 ab   | 64,69 ± 1,31 b |
| LEU                                  | 72,29 ± 0,77 a   | 68,37 ± 1,50 b  | 67,70 ± 1,19 b |
| LYS                                  | 67,33 ± 1,21   | 65,90 ± 0,77  | 66,94 ± 1,62   |
| MET                                  | 73,46 ± 1,59 a   | 67,52 ± 1,00 b  | 65,22 ± 1,87 b |
| PHE                                  | 67,77 ± 0,84 a   | 65,30 ± 1,36 b  | 59,74 ± 1,41 b |
| PRO                                  | 72,72 ± 1,33 a   | 67,90 ± 0,54 b  | 63,59 ± 1,70 c |
| SER                                  | 68,41 ± 1,14 a   | 64,70 ± 1,20 ab   | 61,04 ± 1,53 b |
| THR                                  | 69,80 ± 0,66 a   | 63,21 ± 1,89 b  | 58,26 ± 1,27 c |
| TYR                                  | 65,79 ± 1,41   | 61,87 ± 2,03  | 60,89 ± 0,82   |
| VAL                                  | 68,86 ± 0,68   | 66,50 ± 1,92  | 64,76 ± 0,91   |

a, b średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie  $P < 0,05$   
*means in rows with different letters are significantly different at  $P < 0.05$*

Współczynniki pozornej strawności całkowitej białka i aminokwasów poekstrakcyjnej śruty sojowej oraz poekstrakcyjnej śruty rzepakowej przedstawiono w tabeli 6.

Strawność całkowita białka uzyskana dla poekstrakcyjnej śruty sojowej wyniosła 86,90% i była statystycznie istotnie wyższa ( $P < 0,05$ ) od całkowitej strawności białka dla poekstrakcyjnej śruty rzepakowej (78,25%). Lizyna poekstrakcyjnej śruty sojowej była trawiona w 85,41%. Istotnie niższą ( $P < 0,05$ ) całkowitą strawność uzyskano dla lizyny białka poekstrakcyjnej śruty rzepakowej, która wyniosła 78,58%. Natomiast strawność całkowita metioniny była wyższa w śrucie rzepakowej (82,71%) niż w śrucie sojowej (79,84%), jednak różnice te nie były istotne statystycznie. Dla argininy, kwasu asparaginowego, cystyny, izoleucyny, proliny, seryny i tyrozyny poekstrakcyjnej śruty sojowej odnotowano statystycznie istotnie wyższą strawność całkowitą niż w poekstrakcyjnej śrucie rzepakowej.

Tabela 6

Średnie współczynniki pozornej strawności całkowitej białka i aminokwasów śruty sojowej i śruty rzepakowej — *Mean coefficients of total apparent digestibility of protein and amino acids in soyabean meal and rapeseed meal [%]*

| Wyszczególnienie<br><i>Item</i>      | Śruta sojowa<br><i>Soyabean meal</i> | Śruta rzepakowa<br><i>Rapeseed meal</i> |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---|
| Białko ogólne — <i>Crude protein</i> | 86,90 ± 0,25 a                       | 78,25 ± 0,79 b                          |
| ALA                                  | 75,70 ± 0,31                         | 73,07 ± 1,86                            |
| ARG                                  | 91,48 ± 0,24 a                       | 81,80 ± 1,38 b                          |
| ASP                                  | 86,23 ± 0,31 a                       | 75,97 ± 1,85 b                          |
| CYS                                  | 89,11 ± 0,41 a                       | 75,05 ± 0,88 b                          |
| GLU                                  | 90,26 ± 0,35                         | 86,90 ± 0,86                            |
| GLY                                  | 79,28 ± 0,41                         | 82,59 ± 1,29                            |
| HIS                                  | 86,11 ± 0,28                         | 89,56 ± 1,28                            |
| ILE                                  | 80,37 ± 0,20 a                       | 71,12 ± 1,03 b                          |
| LEU                                  | 81,28 ± 0,28                         | 80,79 ± 1,40                            |
| LYS                                  | 85,41 ± 0,20 a                       | 78,58 ± 1,51 b                          |
| MET                                  | 79,84 ± 1,20                         | 82,71 ± 1,29                            |
| PHE                                  | 81,64 ± 0,61                         | 75,77 ± 2,20                            |
| PRO                                  | 86,09 ± 0,21 a                       | 79,97 ± 1,90 b                          |
| SER                                  | 84,20 ± 0,28 a                       | 78,41 ± 1,14 b                          |
| THR                                  | 80,01 ± 0,33                         | 77,05 ± 1,83                            |
| TYR                                  | 77,44 ± 0,97 a                       | 76,29 ± 1,13 b                          |
| VAL                                  | 79,00 ± 0,18                         | 76,11 ± 1,85                            |

a, b średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie  $P < 0,05$   
*means in rows with different letters are significantly different at  $P < 0.05$*

W wyniku ekstruzji poekstrakcyjnej śruty rzepakowej (tab. 7) obniżyła się strawność całkowita białka i szeregu aminokwasów, w tym: argininy, kwasu glutaminowego, glicyny, histydyny, leucyny, lizyny, metioniny, fenyloalaniny, proliny, seryny, treoniny, tyrozyny. Strawność żadnego z aminokwasów nie była wyższa w wyniku poddania procesowi ekstruzji. Statystycznie udowodniony spadek strawności lizyny wystąpił dopiero po ekstruzji w temperaturze 160°C (z 78,58 do 69,01%).

Strawność całkowita białka i aminokwasów śruty rzepakowej i jej ekstrudatów w 140 i 160°C okazała się wyższa od uzyskanej strawności jelitowej. Największe różnice wystąpiły w strawności glicyny, lizyny, metioniny, tryptofanu i waliny.

Oznaczone współczynniki strawności, zarówno jelitowej jak i całkowitej, dotyczą strawności pozornej, ponieważ przy ich obliczaniu nie uwzględniono związków azotowych pochodzenia endogennego.



Tabela 7

Średnie współczynniki pozornej strawności całkowitej białka i aminokwasów śruty rzepakowej przed i po ekstruzji — *Mean coefficients of total apparent digestibility of protein and amino acids in rapeseed meal before and after extrusion [%]*

| Wyszczególnienie<br><i>Item</i>      | Śruta rzepakowa<br>nie ekstrudowana<br><i>Non- extruded<br/>rapeseed meal</i> | Śruta rzepakowa ekstrudowana w temperaturze:<br><i>Rapeseed meal extruded at temperature:</i> |                |
|--------------------------------------|---|---|----------------|
|                                      |   | 140°C   | 160°C          |
| Białko ogólne — <i>Crude protein</i> | 78,25 ± 0,79 a  | 76,18 ± 3,53 ab   | 67,54 ± 3,20 b |
| ALA                                  | 73,07 ± 1,86  | 69,73 ± 1,48  | 67,71 ± 3,54   |
| ARG                                  | 81,80 ± 1,38 a  | 76,40 ± 1,41 b  | 74,66 ± 1,68 b |
| ASP                                  | 75,97 ± 1,85  | 71,87 ± 2,00  | 70,66 ± 1,12   |
| CYS                                  | 75,05 ± 0,88  | 71,82 ± 3,37  | 69,43 ± 2,28   |
| GLU                                  | 86,90 ± 0,86 a  | 82,98 ± 1,81 ab   | 78,86 ± 1,96 b |
| GLY                                  | 82,59 ± 1,29 a  | 72,15 ± 1,87 b  | 67,75 ± 1,93 b |
| HIS                                  | 89,56 ± 1,28 a  | 70,33 ± 2,38 b  | 65,72 ± 1,20 b |
| ILE                                  | 71,12 ± 1,03  | 69,06 ± 1,65  | 66,61 ± 2,57   |
| LEU                                  | 80,79 ± 1,40 a  | 72,43 ± 1,79 b  | 65,88 ± 2,10 c |
| LYS                                  | 78,58 ± 1,51 a  | 77,38 ± 2,42 a  | 69,01 ± 2,71 b |
| MET                                  | 82,71 ± 1,29 a  | 76,05 ± 1,39 b  | 69,46 ± 1,07 c |
| PHE                                  | 75,77 ± 2,20 a  | 71,16 ± 1,48 ab   | 66,34 ± 1,37 b |
| PRO                                  | 79,97 ± 1,90 a  | 78,36 ± 0,79 a  | 67,33 ± 1,71 b |
| SER                                  | 78,41 ± 1,41 a  | 77,14 ± 1,72 a  | 70,73 ± 1,98 b |
| THR                                  | 77,05 ± 1,83 a  | 73,80 ± 1,72 a  | 65,69 ± 1,50 b |
| TYR                                  | 76,29 ± 1,13 a  | 72,76 ± 1,47 ab   | 67,99 ± 2,40 b |
| VAL                                  | 76,11 ± 1,85 a  | 70,54 ± 2,05  | 69,70 ± 1,99   |

a, b średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie  $P < 0,05$   
*means in rows with different letters are significantly different at  $P < 0.05$*

Strawność jelitowa białka ogólnego poekstrakcyjnej śruty rzepakowej wynosiła 69,6% i była zbliżona do wyników innych autorów (Sauera i in. 1982; Knabe i in. 1989; Fana i in. 1993, 1996; van Leeuwena i in. 1993; Lange i in. 1998; Frankiewicz 1999), w których strawność jelitowa białka kształtowała się w granicach 67,2–73,0%. Natomiast współczynniki strawności aminokwasów w badaniach własnych były na ogół niższe. Pozorna strawność jelitowa lizyny i metioniny w śrucie rzepakowej wyniosła odpowiednio 67,33 i 73,46%, i była niższa średnio od 1 do 6 punktów procentowych dla lizyny i od 3 do 6 punktów procentowych dla metioniny w porównaniu z wynikami badań uzyskanymi przez Sauera i in. (1982), Knabe i in. (1989), Fana i in. (1993, 1996), van Leeuwena i in. (1993), Lange i in. (1998) oraz Frankiewicza (1999).

Strawność składników pokarmowych jest między innymi limitowana przez obecność substancji antyżywniowych takich jak: glukozynolany, myrozynaza, synapiny, taniny czy też kwas fitynowy. Uważa się, że obecność glukozynolanów bywa głównym czynnikiem limitującym możliwość większego wykorzystania poekstrakcyjnej śruty rzepakowej w dietach dla świń. W badaniach Nystroma i in. (1996) wykazano, że ogrzewanie wytłoku rzepakowego w temperaturze 120 lub 140°C w niewielkim stopniu zmniejszyło strawność białka (z 80,4 do 76,6%) i nie miało wpływu także na obniżenie jego wartości biologicznej. Natomiast przy działaniu wysokiej temperatury zaobserwowano znaczny spadek zawartości glukozynolanów z 22,9 do 9,1  $\mu\text{m/g}$  beztłuszczowej SM. W badaniach własnych również stwierdzono podobną tendencję spadku zawartości glukozynolanów z 12,7 do 7,7  $\mu\text{M/g}$  po ekstruzji w 160°C.

Uważa się, że zawartość włókna surowego oraz, być może, szybsze tempo przepływu treści przez przewód pokarmowy zwierząt żywionych mieszankami z udziałem poekstrakcyjnej śruty rzepakowej, mogą być przyczyną gorszej strawności aminokwasów (Sauer i Ozimek 1986; Imbeah i Sauer 1991; Fan i in. 1993; Grala i in. 1998; Frankiewicz 1999). Fan i in. (1996) oraz Buraczewska i in. (1998) wykazali negatywny wpływ wysokiej zawartości NDF na strawność aminokwasów w poekstrakcyjnej śrucie rzepakowej (canola). Pozorna strawność jelitowa białka i aminokwasów przemysłowej śruty rzepakowej maleje wraz ze wzrostem zawartości NDF w śrucie, a przekroczenie zawartości 30% NDF powoduje obniżenie współczynników pozornej strawności jelitowej aminokwasów (Buraczewska 2001). Doświadczenia przeprowadzone przez Frankiewicza (1999) oraz Sauera i in. (1991) potwierdzają niekorzystny wpływ podwyższonej zawartości włókna na jelitową strawność aminokwasów. Przypuszczalnie obecność dużej ilości włókna zwiększa endogenne straty aminokwasów (Grala i in. 1998), następuje też absorpcja aminokwasów i peptydów przez włókno, jak również wiązanie enzymów trawiennych przez składniki włókna ścian komórkowych roślin (Sauer i Ozimek 1986). Według Grali i in. (1994) warunki technologiczne procesów termicznych mają istotny wpływ na skład i wartość odżywczą białka śruty rzepakowej. Wielkość strat białka podczas reakcji Maillarda zależy od czasu, temperatury, stopnia wilgotności oraz zawartości cukrów redukujących w materiale paszowym. Na obniżenie strawności białka i aminokwasów po obróbce cieplnej zwraca uwagę również Persons (1996) zakładając, że przyczyną obniżenia ilości strawnej lizyny może być reakcja Millarda, polegająca na tworzeniu kompleksów lizyny z cukrami redukującymi, które są trudno strawne dla zwierząt monogastycznych. Keady i O'Doherty (2000), badając wpływ ekstruzji poekstrakcyjnej śruty rzepakowej na wartość odżywczą białka dla świń, uzyskali rezultaty wskazujące na brak wpływu procesu ekstruzji na strawność azotu i NDF. Doświadczenia własne wskazują, że w wyniku ekstruzji w temperaturze 140 i 160°C nastąpiło pogorszenie strawności całkowitej i jelitowej białka i aminokwasów w porównaniu

ze śrutą nie poddaną temu procesowi. Jednocześnie nastąpił wzrost ilości NDF. Spadek strawności białka i aminokwasów w śrucie poddanej ekstruzji może być spowodowany właśnie wiązaniem białka z NDF, tworzącego frakcje niedostępne dla enzymów układu pokarmowego świń.

## Wnioski

---

Ekstruzja poekstrakcyjnej śruty rzepakowej spowodowała spadek strawności jelitowej i całkowitej białka oraz większości aminokwasów w porównaniu do pasz nie ekstrudowanych. Ekstruzja w temperaturze 160°C obniżała na ogół współczynniki strawności całkowitej i jelitowej białka i aminokwasów. Proces ekstruzji pasz białkowych nie spowodował znaczącego obniżenia zawartości włókna surowego, ale wpłynął na wzrost ilości frakcji NDF, natomiast spowodował spadek zawartości glukozyolanów.

## Literatura

---

- Buraczewska L. 2001. Fibre components negatively affect ileal protein digestibility in pigs. *J. Anim. Feed Sci.* 10, Suppl 1: 139-152.
- Buraczewska L., Gdala J., Wasilewko J., Buraczewski S. 1998. Ileal digestibility in pigs of protein and amino acids of heat treated rapeseed feeds as affected by protein associated with the fibre (NDF) fraction. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XIX (1), 175-186.
- Fan M.Z., Sauer W.C., Gabert V.M. 1996. Variability of apparent ileal amino acid digestibility in canola meal for growing-finishing pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, 76: 563-569.
- Fan M.Z., Saure W.C., Li S. 1993. The additivity of the digestible energy and apparent ileal digestible amino acid supply in barley, wheat and canola meal or soybean meal diets for growing pigs. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.*, 70: 72-81.
- Frankiewicz A. 1999. Jelitowa strawność aminokwasów pasz białkowych jako podstawa bilansowania składu mieszanek dla rosnących świń. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Rozprawy Naukowe, Zeszyt 296*.
- Grała W., Buraczewska L., Gdala J., Pastuszewska B. 1994. Effect of the thermal processing on the protein value of double-low rapeseed products. 1. Effect of toasting temperature on protein value of rapeseed oil meal for pigs. *J. Anim. Feed Sci.*, 3: 33-42.
- Grała W., Verstegen M.W.A., Jansman A.J.M., Huisman J., van Leeusen P. 1998. Ileal Apparent Protein and Amino Acid Digestibilities and Endogenous Nitrogen Losses in Pigs Fed Soybean and Rapeseed Products. *J. Anim. Sci.*, 76: 557-568.
- Imbeah M., Sauer W.C. 1991. The effect of dietary of fat on amino acid digestibilities in soybean and canola meal and on rate of passage in growing pigs. *Livest. Prod. Sci.*, 29: 227-239.
- Jansman A.J.M., Smink W., van Leeuwen P., Rademacher M. 2002. Evaluation through literature data of the amount and amino acid composition of basal endogenous crude protein at the terminal ileum of pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 98: 49-60.

- Keady U., O'Doherty J.V. 2000. The effect of extrusion on the nutritive value of rapeseed meal for growing and finishing pigs. *Irish J. Agric. and Food Research*, 39: 419-431.
- Knabe D.A., La Rue D.C., Gregg E.J., Martinez G.M., Tanksley T.D. 1989. Apparent digestibility of nitrogen and amino acids in protein feedstuffs by growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 67: 441-458.
- Lange C.F.M., Gabert V.M., Gillis D., Patience J.F. 1998. Digestible energy contents and apparent ileal amino acid digestibility in regular or partial mechanical dehulled canola meal samples fed to growing pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, 78: 641-648.
- Li D., Pengbin X., Liming G., Shijun F., Canghai H. 2002. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in rapeseed meal and cake processed at different temperatures using the direct and difference method with growing pigs. *Arch. Tierernähr.*, 56 (5): 339-349.
- Michalski K., Kołodziej K., Krzymański J. 1995. Quantitative analysis of glucosinolates in seeds of oilseeds rape. Effect of sample preparation on analytical results. *Proc. 9<sup>th</sup> Intern. Rapeseed Congress*, Cambridge UK 4–7.07.1995, vol. 1: 6-8.
- Nystrom R., Pastuszewska B., Buraczewska L., Tulisalo U., Ochtabińska A. 1996. Effects of pressing technology of oil separation and heat treatment on the protein value of low-glicosinolate rapeseed cake for non-ruminants. *J. Anim. Feed Sci.*, 5: 235-249.
- Parsons C.M. 1996. Digestible amino acids for poultry and swine. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 59: 147-153.
- Sauer W.C., Cichon R., Misir R. 1982. Amino acid availability and protein quality of canola and rapeseed meal for pigs and rats. *J. Anim. Sci.*, 54: 292-301.
- Sauer W.C., Ozimek 1986. Digestibility of amino acid in swine: Results and their practical applications – A review. *Livest. Prod. Sci.*, 15: 367-388.
- Valaja J., Siljanderrasi H., Makinen M. 1996. Effects of feed processing on the apparent ileal digestibility of amino acid in pig diets containing wheat bran or wheat middlings. *Agricul. Food Sci. In Finland*, 5: 557-565.
- Van Leeuwen P., Jansman A.J.M., van Kempen G.J.M., Verstegen M.W.A., Huisman J. 1993. Mathematical analysis of apparent ileal digestibility of amino acids in feedstuffs for pig. *Livest. Prod. Sci.*, 36: 255-272.
- Van Leeuwen P., van Kleef D.J., van Kempen G.J.M., Huisman J., Verstegen M.W.A. 1991. The Post Valve T-Caecum cannulation technique in pigs applicated to determine the digestibility of amino acid in maize, groundnut and sunflower meal. *J. Anim. Physiol. a. Anim Nutr.*, 65: 183-193.
- Van Leeuwen P., Huisman J., van Kleef D.J., Baak M., van Kleef D., Verstegen M.W.A., den Hartog L.A. 1988. A new technique for quantitative collection of ileal chyme in pigs. *Proc. 4th International Seminar on Digestive Physiology in the Pig*, Jabłonna: 289-296.
- Viljoen J., Coetzee S.E., Fick J.C., Siebrits F.K., Hayes J.P. 2000. Evaluation of in vivo techniques for the determination of apparent ileal amino acid digestibilities in feedstuffs for piglets. *South Afric. J. Anim. Sci.*, 30: 7-15.