

*Lucyna Buraczewska, Stanisław Buraczewski  
Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego PAN  
w Jabłonie*

## **Znaczenie treoniny w żywieniu trzody chlewnej\***

**Słowa kluczowe:** treonina, świnie, metabolizm, wymagania

### **Wstęp**

Treonina (Thr) jest aminokwasem niezbędnym (egzogennym), poznany najpóźniej, bo w 1935 r. Treonina (kwas  $\alpha$ -amino- $\beta$ -hydroksymasłowy, c.cz. 119,1) jest wyższym homologiem aminokwasu seryny. W łańcuchu węglowym treonina ma dwa asymetryczne atomy węgla, w wyniku czego mogą występować cztery izomery treoniny, z których w białku organizmów żywych występuje tylko L-treonina.

Treonina jest aminokwasem polarnym, ponieważ ma grupę alkoholową, co stwarza możliwość powstawania estrów, np. z kwasem fosforowym. W procesach degradacji treoniny, w reakcjach rozpoczynających się pod działaniem dehydratazy, dehydrogenazy lub aldolazy, w organizmie zwierząt nie powstaje odpowiedni  $\alpha$ -ketoanalog treoniny, który mógłby służyć do resyntezy treoniny [1]. Podobnie jak w wypadku lizyny, nie ma enzymu transaminazy współdziałającej z treoniną, która dezaminuje aminokwas z wytworzeniem odpowiedniego ketokwasu. Dlatego też w procesach degradacji następują nieodwracalne straty treoniny, a ponadto D-treonina nie może być wykorzystana.

Treonina jest jednym z czterech aminokwasów niezbędnych, obok lizyny, metioniny i tryptofanu, których mała zawartość w białku pasz dla zwierząt może ograniczać jego wykorzystanie, a które w postaci czystych aminokwasów lub ich pochodnych są dostępne na rynku jako dodatki paszowe.

---

\* Opracowano w ramach projektu badawczego nr 5 P06E 001 13, finansowanego przez KBN.

## Przemiany treoniny w organizmie zwierząt

---

U świń, dla których treonina jest często jednym z pierwszych aminokwasów ograniczających wykorzystanie białka, straty treoniny w procesach jej degradacji w organizmie mogą mieć wpływ na wielkość syntezy i odłożenia białka.

Procesy utleniania treoniny rozpoczynają się działaniem enzymów: dehydrogenazy, dehydratazy i aldolazy. Enzym 3-dehydrogenaza-L-treoninowa (EC 1.1.1.103) utlenia treoninę do kwasu 2-amino-3-ketomasłowego, z którego po dekarboksylacji powstaje aminoaceton, związek występujący w moczu. Dalsze reakcje prowadzą do powstania w organizmie metyloglioksalu, a po jego utlenieniu — kwasu pirogronowego. Jeżeli 3-dehydrogenaza-L-treoninowa jest sprzężona z CoA-ligazą 2-amino-3-ketomaślanu (EC 2.3.1.29), powstają wtedy glicyna i acetylo-CoA [6]. Dehydrataza treoninowa (EC 4.2.1.16), nazywana także deaminazą treoninową, uwalnia grupę amonową, dając kwas 2-ketomasłowy oraz grupę amonową w większości wchodzącą do cyklu mocznikowego. Aldolaza treoninowa (EC 4.1.2.5), obecna w wielu organizmach, m.in. także u ssaków, przekształca treoninę do glicyny i aldehydu octowego.

Said i Hegsted [40], żywiąc dorosłe szczury dietami pozbawionymi poszczególnych niezbędnych aminokwasów, stwierdzili, że brak w diecie lizyny i leucyny powodował najmniejsze straty masy ciała, a także, że wielkość obniżenia masy ciała szczurów żywionych dietą bez treoniny w ciągu jednego tygodnia była porównywalna z wielkością straty masy ciała zwierząt pozostających na diecie pozbawionej lizyny przez 3 do 4 tygodni. Autorzy sugerują, że organizm może mieć specyficzne mechanizmy rozkładu lub zachowania w organizmie poszczególnych niezbędnych aminokwasów. Mogą to być odrębne procesy zależne prawdopodobnie od wielkości pobrania danego aminokwasu. Stąd też niedobór treoniny ma dla organizmu inne konsekwencje niż niedobór lizyny.

W badaniach na szczurach [28], których celem było wyjaśnienie działania enzymów związanych z utlenieniem treoniny, stwierdzono, że aktywność dehydratazy treoninowej w wątrobie nie zmieniała się w zależności od poziomu (niedoboru lub nadmiaru) treoniny w diecie. Utlenianie treoniny (mierzone wydalaniem radioaktywnego CO<sub>2</sub> z podanej znaczonej treoniny) utrzymywało się na niskim i stałym poziomie aż do osiągnięcia pokrycia zapotrzebowania na treoninę w diecie, po czym wzrastało. Jednakże taki pomiar nie uwzględnia przemiany treoniny w glicynę i inne związki [30]. Powstaje więc możliwość pozostawania węgla znaczonego w tych związkach, co powoduje, że obserwuje się zawyżone wykorzystanie treoniny do syntezy białka w organizmie.

Rozkład treoniny u świń był obszernie badany przez Ballèvre i in. [2, 3] oraz Le Floc'h i in. [29–33]. Pierwsi autorzy [2] opracowali metodę oddzielnego oznaczania utleniania treoniny drogą działania 3-dehydrogenazy-L-treoniny lub drogą działania dehydratazy treoninowej. W metodzie tej, obok znakowanej treoniny, użyto znakowanych produktów jej utleniania, glicyny i 2-ketomaślanu, oznaczając zmiany zawar-

tości tych związków w tkankach. Stwierdzono, że u świń normalnie żywionych ponad 80% utleniania treoniny zachodzi drogą przekształcania jej w glicynę. Oznacza to, że udział dehydratazy treoninowej jest prawdopodobnie niewielki. Le Floc'h i in. [29, 33] natomiast wykazali, że wątroba i trzustka u świń są jedynymi organami, w których aktywna jest 3-dehydrogenaza-L-treoninowa; u szczurów i kurcząt aktywność tego enzymu stwierdzono także w innych tkankach [21].

Wykazano ponadto, że nagromadzenie dehydrogenazy treoninowej w wątrobie nie świadczy o największym utlenianiu treoniny w tym miejscu. Proces ten bowiem zależy także od wielkości puli wolnej treoniny w wątrobie oraz od wielkości jej dopływu do tego organu. Stwierdzono, że oznakowanie wolnej glicyny węglem  $^{14}\text{C}$ , pochodzącym z dodanej znakowanej treoniny, w trzustce było 12 do 14 razy większe niż w wątrobie. Może to wskazywać na szybszy wychwyt treoniny w trzustce niż w wątrobie lub na większą produkcję glicyny w wątrobie z innych prekursorów. Wydaje się słuszny pogląd, że wątroba jest głównym miejscem utleniania treoniny przy nadmiernym pobieraniu tego aminokwasu z pokarmem.

Le Floc'h i in. [33] obserwowali także wpływ wieku i rasy świń na aktywność dehydrogenazy treoninowej w wątrobie i w trzustce. U prosiąt 5-, 12- i 20-kilogramowych nie wykazano różnicowania aktywności w wątrobie, natomiast aktywność enzymu w trzustce u prosiąt 20-kilogramowych była ok. dwukrotnie wyższa niż u zwierząt młodszych i przewyższała aktywność dehydrogenazy w wątrobie. U ok. 10-kilogramowych prosiąt rasy Wielkiej Białej oraz jej krzyżówki z Pietrain specyficzna aktywność dehydrogenazy treoninowej w wątrobie u obu genotypów była podobna, natomiast w trzustce prosiąt czystorasowych była około dwukrotnie wyższa niż u prosiąt z krzyżówki dwu ras. U prosiąt czystorasowych w plazmie, wątrobie i trzustce więcej było znakowanej glicyny pochodzącej ze znakowanej treoniny. Wyniki powyższe, wykazujące aktywniejsze utlenianie treoniny w organizmie prosiąt rasy Wielkiej Białej, autorzy wiążą z mniejszą zdolnością odkładania białka przez prosięta czystorasowe niż krzyżówki.

Le Floc'h i in. [31, 32] badali także wpływ kwasu glutaminowego na przemiany treoniny u świń. Dodatek tego kwasu do diety niedoborowej w treoninę poprawiał przyrosty, ale także stymulował aktywność dehydrogenazy treoninowej. Korzystny efekt dodatku kwasu glutaminowego tłumaczony jest możliwością zmniejszenia transportu treoniny do wątroby, a tym samym zmniejszenia jej rozkładu.

## **Zawartość treoniny w paszach**

Zawartość treoniny w białku typowych pasz pochodzenia roślinnego w większości mieści się w granicach od 3 do 4%, ale białko nasion rzepaku zawiera ok. 4,5% treoniny. Białka ziarna zbóż, w tym kukurydzy i prosa, zawierają ok. 3,5% treoniny, a białko pszenicy ok. 3%.

Spośród popularnych w kraju nasion roślin strączkowych, białko łubinu żółtego jest najuboższe, gdyż zawiera ok. 3,2% treoniny. Białko innych nasion jest bogatsze, np. łubinu wąskolistnego zawiera średnio ok. 3,4% tego aminokwasu, bobiku — 3,6%, łubinu białego — 3,8%, grochu — 3,9%, a soi i śrut sojowych — ok. 4% treoniny.

Zielone części roślin zawierają więcej treoniny, ok. 4,5%, natomiast w białku roślin okopowych zawartość jej jest bardzo zróżnicowana.

W paszach pochodzenia zwierzęcego zawartość treoniny zależy od rodzaju znajdujących się w nich białek. Białka w mączkach mięsnych i mięsno-kostnych zawierają jej najczęściej od ok. 3,3 do 4,0%. Zwiększenie udziału kości obniża, a krwi — podwyższa poziom treoniny w białku mączek. W hydrolizacie z piór jest jej ok. 4,5%; jest to dużo w porównaniu z niewielkimi ilościami większości aminokwasów niezbędnych w białku tego produktu. W białku mleka jest ok. 4,5% treoniny, a w białku serwatki — najwięcej, bo aż ok. 6%.

Treonina, w przeciwieństwie do lizyny, nie ulega znaczącym zmianom w paszy na skutek reakcji z innymi związkami. Jej zawartość w paszy zmienia się wraz ze zmianą zawartości białka ogólnego, co jest związane ze różnicowaniem się wzajemnych proporcji poszczególnych rodzajów białek. W nasionach (zboża, strączkowe) np. wzrostowi zawartości białka ogólnego nie towarzyszy proporcjonalne zwiększenie aminokwasów niezbędnych, w tym także treoniny.

## Losy treoniny w przewodzie pokarmowym

---

Efektywność wykorzystania białka pasz zależy głównie od przebiegu procesów trawienia w przewodzie pokarmowym. Proces hydrolizy białka u świń jest bardzo aktywny, gdyż około połowa związków azotowych przepływających przez dwunastnicę ma już postać niebiałkową [15, 34]. Trawienie białka następuje pod działaniem wielu hydrolaz peptydowych, różniących się między sobą wybiórczością w stosunku do położenia wiązania peptydowego w łańcuchu peptydowym. Żaden z tych enzymów nie wykazuje specyficznej aktywności uwalniania z białka jedynie treoniny. Przyпуска się, że aminokwas ten ulega odszczepieniu w postaci wolnej i związanej w małych peptydach w wyniku działania wielu endopeptydaz i karboksypeptydazy A oraz z udziałem aminopeptydaz i dipeptydaz rąbka szczoteczki, rozkładających głównie peptydy składające się z aminokwasów obojętnych.

Białka mleka loch trawione są dobrze już od urodzenia prosiąt. Strawność białka innych pasz zależy od wieku zwierzęcia i wzrasta między 3. i 8. tygodniem życia [17]. Używając prosiąt z przetokami przy końcu jelita cienkiego, nie stwierdzono różnic w strawności jelitowej białka między 8. i 12. tygodniem życia (Urynek i Buraczewska, 1999, niepubl.).

Ogólnie prezentowany jest pogląd, że aminokwasy mogą być transportowane przez błony komórkowe przeciw gradientowi ich stężeń i że mechanizm ten jest

powiązany z transportem sodu. Przyjmuje się działanie wielu systemów przenoszenia aminokwasów [35, 41], ale niewiele wiadomo o działaniu systemów enzymatyczno-transportowych, czynnych we wchłanianiu peptydów.

W badaniach własnych [7], z zastosowaniem izolowanych pętli jelita cienkiego, u świń stwierdzono szybsze znikanie ze światła jelita frakcji peptydowej niż frakcji aminokwasowej, po podaniu do pętli hydrolizatu enzymatycznego. Z grupy aminokwasów niezbędnych, treonina i histydyna wchłaniane były najwolniej zarówno z frakcji aminokwasowej, jak i peptydowej, ale różnice w tempie wchłaniania malały wraz z obniżaniem stężenia sumy aminokwasów w świetle jelita.

Treonina krystaliczna (wolna), dodawana do pasz niedoborowych w ten aminokwas, ulega całkowitemu wchłonięciu w jelicie cienkim świni [13], przy czym wchłanianie wolnej treoniny, podobnie jak wolnej lizyny, przebiega szybciej niż tych aminokwasów związanych w białku paszy [11, 45].

Nadmiar dodanej treoniny, 4% w paszy dla odsadzonych 8-kilogramowych prosiąt [22], okazał się mało szkodliwy w porównaniu z taką samą ilością metioniny, argininy, tryptofanu lub lizyny. Przyrosty prosiąt były zredukowane odpowiednio o 5% i o 52, 31, 28 i 16%, czego główną przyczyną było zmniejszenie pobrania paszy.

Wyniki licznych badań wykazały, że stopień strawienia białka w jelicie cienkim świni jest niższy i bardziej zróżnicowany, niż wskazują na to współczynniki strawności ogólnej, oznaczone metodą klasyczną [12, 42, 43, 46, 47]. Wykazano ponadto, że uwalnianie i wchłanianie w jelicie cienkim poszczególnych aminokwasów białka danej paszy nie jest jednakowe. Wynika to z różnorodności białek zawartych w paszy, charakteryzujących się różnym składem aminokwasowym i odmienną podatnością na działanie enzymów trawiennych, co ma związek z umiejscowieniem białka w strukturze komórkowej paszy. Ogólnie uważa się, że zawartość pozornie strawnych aminokwasów do końca jelita cienkiego świń jest dokładniejszym wskaźnikiem wartości białka paszy niż jego skład aminokwasowy oznaczony chemicznie.

W literaturze krajowej i światowej znajduje się wiele danych o strawności pozornej aminokwasów różnych pasz. Przedstawione w tabeli 1 średnie wartości pokazują, że spośród trzech aminokwasów, najczęściej branych pod uwagę przy bilansowaniu pasz dla świń, współczynniki strawności pozornej treoniny są zwykle niższe od współczynników strawności lizyny i metioniny. Przyczyną tego może być niski jej poziom w białku [44], wolniejsze uwalnianie treoniny niż innych aminokwasów z białka paszy, zwłaszcza zawierającej dużo węglowodanów nieskrobiowych [27], wolniejsze wchłanianie treoniny i dużo większa zawartość tego aminokwasu w białku pochodzenia endogennego, zawsze obecnego w świetle przewodu pokarmowego, niż w białku paszy.

Endogenne związki azotowe treści jelitowej pochodzą ze śliny, soku żołądkowego, soku trzustkowego, żółci i soku jelitowego. Analiza aminokwasowa zarówno soku trzustkowego [18], jak i soku jelitowego [8] wykazała wysoką zawartość treoniny, wynoszącą ok. 6% sumy aminokwasów. W badaniach nad wpływem poziomu

**Tabela 1.** Strawność pozorna lizyny, treoniny i metioniny w różnych paszach [%] do końca jelita cienkiego u świń (na podstawie oznaczeń własnych i innych autorów)

Pasza	Lizyna	Treonina	Metionina
Jęczmień	66	66	78
Pszenica	77	72	86
Żyto	68	62	77
Pszenżyto	72	65	83
Owies	70	55	79
Kukurydza	80	68	83
Otręby pszenne	62	56	71
Groch	80	71	71
Bobik	78	64	60
Łubin żółty	84	76	80
Śruta rzepakowa	64	59	72
Śruta sojowa	85	77	86
Mączka mięsna	75	72	68
Mączka rybna	86	81	87
Mleko w proszku	94	85	94

białka paszy na sekrecję związków azotowych w soku jelitowym nie stwierdzono różnic w zależności od badanego czynnika, a udział treoniny (5,91–5,96%) i lizyny (7,06–7,32%) był znacznie większy w sumie aminokwasów soku niż w sumie aminokwasów paszy [9].

Jedną z przyczyn mniejszej strawności treoniny pasz pochodzenia roślinnego może być powiązanie niektórych białek z polisacharydami ścian komórkowych. W wielu badaniach stwierdzono ujemny wpływ włókna na strawność białka, także w jelicie cienkim świni [24, 27]. Analiza wielu pasz wykazała, że znaczna część treoniny zawarta jest w trudnostrawnym białku związanym z obojętnym włóknem detergentowym (NDF). Spośród pasz strączkowych [25] największa część ogólnej zawartości tego aminokwasu znajduje się w białku frakcji NDF bobiku (9,9%), mniej grochu (8,5%), a najmniej w białku związanym z NDF łubinu (5,7%). Jelitowa strawność pozorna treoniny tych pasz wynosiła odpowiednio 62, 67 i 77%. Wykazano także istnienie statystycznie istotnych ujemnych korelacji między zawartością NDF w różnych śrutach rzepakowych a pozorną strawnością jelitową białka ogólnego, lizyny i treoniny [10]. W porównaniu ze składem aminokwasowym białka ogólnego śruty, białko związane z NDF zawierało więcej treoniny (4,8 vs 6,1%) i lizyny (5,9 vs 6,7%).

Zwraca się także uwagę, że pasze traktowane wysoką temperaturą wykazywać mogą znacznie niższą dostępność lizyny i treoniny, niż wskazują na to wartości strawności jelitowej [4, 5, 13]. Przypuszcza się, że przy żywieniu przegrzаныmi paszami (np. śruta rzepakowa, śruta bawełniana, mączka mięsno-kostna) znaczna część treoniny może być wchłonięta w postaci (formach), która nie jest efektywnie wykorzystana [5].

## Zapotrzebowanie świń na treoninę

Treonina jest po lizynie drugim lub trzecim aminokwasem ograniczającym wartość biologiczną białka w paszach dla świń rosnących, a trzecim lub czwartym — w paszach dla drobiu. Jednakże treonina jest zazwyczaj pierwszym aminokwasem ograniczającym wykorzystanie białka na pokrycie zapotrzebowania bytowego świń [23]. Wielkość zapotrzebowania świń na treoninę, tak jak i na inne aminokwasy niezbędne, zależy przede wszystkim od okresu rozwoju i tempa wzrostu zwierzęcia, genotypu oraz warunków środowiskowych i żywieniowych.

Ostatnio zapotrzebowanie rosnących świń na treoninę było przedmiotem obszer-nych badań prowadzonych przez Peiskera w warunkach produkcyjnych w laborato-rium Bunge Meat Industries LTD w Corowa w Australii na krzyżówce Landrace × Wielka Biała [38]. W doświadczeniu tym, przy żywieniu do woli, oznaczano zapo-trzebowanie knurków, loszek i kastratów w następujących przedziałach masy ciała (m.c.) i warunkach doświadczalnych:

- od 6 do 13 kg, po 40 szt. każdej płci, pojedynczo w klatkach indywidualnych;
- od 13 do 25 kg i od 25 do 60 kg, po 400 szt. każdej płci w 20 kojcach po 20 szt.;
- od 60 do 100 kg, po 200 szt. w 20 kojcach po 10 szt.

Mieszanki kontrolne zawierały poziom treoniny zgodny z przyjętym tam zapo-trzebowaniem, a doświadczalne — 75, 88, 113 i 125% w stosunku do zapotrzebowania. Inne aminokwasy niezbędne były w mieszankach w nadmiarze w stosunku do ich zapotrzebowania i stanowiły 120% dla prosiąt do 13 kg m.c., a 115% dla pozostałych grup wagowych.

W przedziale od 6 do 13 kg m.c. nie stwierdzono różnic pomiędzy płciami. Naj-większe przyrosty (349 g) i najlepsze wykorzystanie paszy ( $1,11 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$  przyrostu) uzyskano przy zawartości  $0,70 \text{ g treoniny} \cdot \text{MJ}^{-1} \text{ EM}$  (1% treoniny w paszy).

W przedziale m.c. od 14 do 25 kg kastraty pobierały najwięcej paszy, a knurki najlepiej ją wykorzystywały. Różnice w przyrostach ( $\text{średnio } 650 \text{ g} \cdot \text{dzień}^{-1}$ ) były istotne tylko przy najniższym i najwyższym poziomie treoniny, ale wykorzystanie paszy ( $1,46 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) było najlepsze przy zawartości  $0,62 \text{ g treoniny} \cdot \text{MJ}^{-1} \text{ EM}$  (0,84% w paszy).

W kolejnym przedziale wagowym, od 25 do 60 kg, kastraty pobierały najwięcej paszy, knurki najlepiej ją wykorzystywały, a loszki najmniej przyrastały. Przyrosty i wykorzystanie paszy wynosiło odpowiednio: u knurków ok.  $715 \text{ g}$  i  $2,11 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , u lo-szek  $667 \text{ g}$  i  $2,33 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , a u kastratów ok.  $710 \text{ g}$  i  $2,33 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Zapotrzebowanie na treoninę oszacowano: dla knurków  $0,59$ , dla loszek  $0,49$ , a dla kastratów  $0,44 \text{ g} \cdot \text{MJ}^{-1} \text{ EM}$ . Po połączeniu wyników dla płci zapotrzebowanie na treoninę mieści się w grani-cach od  $0,49$  do  $0,56 \text{ g} \cdot \text{MJ}^{-1} \text{ EM}$  (średnio ok.  $0,53$ ).

W zakresie masy ciała (łącznie dwóch grup) od 60 do 100 kg stwierdzono istotny wpływ poziomu treoniny zarówno na przyrosty, jak i na wykorzystanie paszy. Opty-malne wyniki wynosiły: u knurków ok.  $901 \text{ g}$  i  $2,70 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , u loszek ok.  $866 \text{ g}$  i

2,85 kg · kg<sup>-1</sup>, a u kastratów ok. 900 g i 3,04 kg · kg<sup>-1</sup>. Powyższe efekty w żywieniu knurków i loszek otrzymano przy zawartości treoniny 0,43 g · MJ<sup>-1</sup> EM, co odpowiadało poziomowi 0,55% w paszy, a w żywieniu kastratów — przy zawartości odpowiednio 0,37 g · MJ<sup>-1</sup> EM i 0,48% (średnio dla wszystkich rodzajów ok. 0,40 g · MJ<sup>-1</sup> EM).

Jak wynika z porównania przedstawionego w tabeli 2, otrzymane w tym doświadczeniu wielkości zapotrzebowania na treoninę ogólną są na ogół większe od dotychczas zalecanych w krajowych normach żywienia [37]. Według tych ostatnich, zapotrzebowanie na treoninę prosiąt do masy ciała 10 kg wynosi 0,62 g · MJ<sup>-1</sup> EM i stopniowo obniża się do 0,38 g · MJ<sup>-1</sup> EM w drugim, końcowym okresie tuczu. Według Peiskera [38], zapotrzebowanie prosiąt wynosi więcej, ok. 0,69 g · MJ<sup>-1</sup> EM, a w końcowym okresie tuczu obniżyło się do średniego dla płci poziomu ok. 0,40 g · MJ<sup>-1</sup> EM, zbliżonego do krajowych norm, przy czym zapotrzebowanie knurków i loszek pozostawało wyraźnie większe w porównaniu z kastratami. Zapotrzebowanie na treoninę w okresie wzrostu do 70 kg m.c. jest także większe wg Degussa [20]. Poza starszymi prosiętami, najniższy poziom zapotrzebowania na treoninę podają normy amerykańskie NRC [36].

**Tabela 2.** Zapotrzebowanie rosnących świń na treoninę ogólną, wyrażone w g · MJ<sup>-1</sup> EM oraz w relacji do zapotrzebowania na lizynę (Lys = 100), według danych z literatury. Wartości liczbowe przeliczono dostosowując je do przedziałów masy ciała stosowanych w zaleceniach krajowych [37]

Masa ciała [kg]	Źródła danych						
	[37]		[36]		[20]		[38]*
	g · MJ <sup>-1</sup> EM	Thr/Lys [%]	g · MJ <sup>-1</sup> EM	Thr/Lys [%]	g · MJ <sup>-1</sup> EM	Thr/Lys [%]	g · MJ <sup>-1</sup> EM
Do 10	0,62	62	0,60	65	0,70	66	0,69
10–30	0,50	62	0,52	64	0,57	66	0,62
30–70	0,45	62	0,41	66	0,47	66	0,53
70–110	0,38	62	0,32	68	0,36	66	0,40

\* Proporcji Thr/Lys nie określono ze względu na stosowany nadmiar Lys w mieszankach doświadczalnych.

W tabeli 2 porównano także zalecenia dotyczące proporcji treoniny do lizyny (przyjętej za 100) w paszy dla rosnących świń. Zarówno w zaleceniach krajowych [37], jak i wg Degussa [20] proporcja ta (jakkolwiek zróżnicowana) pozostaje niezależna od ciężaru ciała i wynosi odpowiednio 62 i 66. Według NRC [36], proporcje treoniny do lizyny są podobne do wielkości wg Degussa, ale z tendencją wzrostu w końcowym okresie tuczu.

W ostatnich latach w niektórych krajach zaczęto stosować bilansowanie pasz według zawartości aminokwasów pozornie lub rzeczywiście strawnych do końca jelita cienkiego [14, 19, 20, 36, 39]. W tabeli 3 podano, według różnych źródeł, zapotrzebowanie na treoninę pozornie strawną, wyrażone w g · MJ<sup>-1</sup> EM oraz jako proporcje



**Tabela 3.** Zapotrzebowanie rosnących świń na treoninę pozornie strawną do końca jelita cienkiego. Wartości podane są według różnych źródeł w  $\text{g} \cdot \text{MJ}^{-1}$  EM oraz w proporcji do zapotrzebowania na lizynę strawną (Lys = 100). Wartości odpowiednio przeliczono w celu dostosowania ich do przedziałów masy ciała wg Degussa [20]

Masa ciała [kg]	Źródła danych					
	[20]		[36]		[19]	
	$\text{g} \cdot \text{MJ}^{-1}$ EM	Thr/Lys [%]	$\text{g} \cdot \text{MJ}^{-1}$ EM	Thr/Lys [%]	$\text{g} \cdot \text{MJ}^{-1}$ EM	Thr/Lys [%]
Do 10	0,54	62	0,48	59		
10–19	0,46	62	0,41	60	0,40	59
20–30	0,42	62	0,37	60	0,35	57
31–55	0,36	62	0,32	60	0,33	59
56–100	0,29	61	0,34	62	0,28	60

**Tabela 4.** Zapotrzebowanie na treoninę ogólną i pozornie strawną do końca jelita cienkiego loch prośnych i karmiących według niektórych zaleceń żywieniowych. Wartości podane są w gramach treoniny na 1 MJ EM oraz w % zapotrzebowania na lizynę odpowiednio ogólną i pozornie strawną

Lochy	Treonina ogólna		Treonina strawna		Źródła
	$\text{g} \cdot \text{MJ}^{-1}$ EM	Thr/Lys [%]	$\text{g} \cdot \text{MJ}^{-1}$ EM	Thr/Lys [%]	
Prośne	0,35	80	—	—	IFiZZ PAN [37]
	0,32	83	0,23	78	NRC 1998 [36]
	0,33	65	0,25	63	Degussa 1996[20]
	0,36	81	—	—	Rhone-Poulenc[39]
	—	—	0,24	72	CVB 1998 [19]
	—	—	0,26	91	Dania 1999 [26]
Karmiące	0,46	71	—	—	IFiZZ PAN [37]
	0,42	65	0,32	61	NRC 1998 [36]
	0,46	67	0,34	63	Degussa 1996[20]
	0,43	68	—	—	Rhone-Poulenc[39]
	—	—	0,30	63	CVB 1998 [19]
	—	—	0,35	73	Dania 1999 [26]

do lizyny pozornie strawnej. Ilości treoniny pozornie strawnej w paszy są mniejsze niż treoniny ogólnej. Tu nie podane, ale zalecane do bilansowania pasz w niektórych krajach, ilości treoniny rzeczywiście strawnej [36, 39] mieszczą się pomiędzy wartościami zapotrzebowania na treoninę ogólną i na pozornie strawną, podobnie jak i inne niezbędne aminokwasy.

W żywieniu loch krajowe normy żywienia [37] zalecają w okresie ciąży do 90 dnia 0,35 g, a w ostatnim okresie ciąży i w czasie laktacji 0,46 g treoniny ogólnej  $\cdot \text{MJ}^{-1}$  EM paszy (tab. 4). Proporcje treoniny do lizyny ogólnej w tych okresach wynoszą odpowiednio 80 i 71%. Porównując ilość treoniny ogólnej, a także strawnej do energii, różnice pomiędzy poszczególnymi zaleceniami nie są duże. Natomiast ob-

serwowana znacznie większa niezgodność między normami krajowymi i zagranicznymi w proporcji Thr/Lys wynika z mniejszego w naszych normach zapotrzebowania loch zarówno na lizynę ogólną, jak i na lizynę strawną.

## Wnioski

---

Przedstawione dane o zapotrzebowaniu na treoninę ogólną sugerują potrzebę zwiększenia zalecanej u nas ilości tego aminokwasu w paszy dla świń rosnących [37], wyrażonej zarówno w stosunku do energii, jak i do lizyny. Przyjmując przedziały wagowe świń podane w tabeli 2, zalecenia dla treoniny ogólnej mogłyby wynosić odpowiednio 0,66, 0,55, 0,47 i 0,38 g · MJ<sup>-1</sup> EM, a w relacji do lizyny — 62, 63, 64 i 64%.

Zalecenia dotyczące zawartości treoniny ogólnej w paszy dla loch można przyjąć za zadowalające, odpowiadające zapotrzebowaniu współczesnej świni. Natomiast przy bilansowaniu aminokwasów strawnych, w tym pozornie strawnej treoniny, należałoby przyjąć zalecenia wg Degussa [20].

## Literatura

---

- [1] Baker D.H. 1994. Utilization of precursors for L-amino acids. W: J.P.F. D'Mello red. „Amino acids in farm animal nutrition”, CAB International, Wallingford, W.Brytania: 37–61.
- [2] Ballèvre O., Houlier M.L., Prugnaut J., Bayle G., Bercovici D., Sève B., Arnal M. 1991. Altered partition of threonine metabolism in pigs by protein-free feeding or starvation. *Am. J. Physiol.* 261: 748–757.
- [3] Ballèvre O., Sève B., Arnal M., Garlick P.J., Fuller M.F. 1991. Nutritional regulation of threonine metabolism in growing pigs. Proc. 6th Int. Symp. on Protein Metabolism and Nutrition, Herning, Denmark. EAAP Publication Nr 59, pod red. B.O. Eggum, S. Boisen, C. Borsting, A. Danfaer, T. Hvelplund. Tom 2: 145–147.
- [4] Batterham E.S., Andersen L.M., Baigent D.R., Beech S.A., Elliott R. 1990. Utilization of ileal digestible amino acids by pigs: lysine. *Br. J. Nutr.* 64: 679–690.
- [5] Beech S.A., Batterham E.S., Elliott R. 1991. Utilization of ileal digestible amino acids by growing pigs: threonine. *Br. J. Nutr.* 65: 381–390.
- [6] Bird M.J., Nunn P.B., Lord L.A.J. 1984. Formation of glycine and aminoacetone from L-threonine by rat liver mitochondria. *Biochim. Biophys. Acta* 802: 229–236.
- [7] Buraczewska L. 1976. Badania nad wchłanianiem produktów hydrolizy białka w różnych częściach jelita cienkiego świń. Praca habilitacyjna, Inst. Fizjologii i Żywienia Zwierząt, PAN, Jabłonna.
- [8] Buraczewska L. 1979. Secretion of nitrogenous compounds in the small intestine of pigs. *Acta Physiol. Polonica* 30: 319–326.

- [9] Buraczewska L., Buraczewski S., Wasilewko J. Secretion of nitrogen compounds in the small intestine of pigs fed diets with different protein level. Proc. 8th Symp. on Digestive Physiology in Pigs. 20–22 June, 2000. Uppsala, Szwecja (w druku).
- [10] Buraczewska L., Gdala J., Wasilewko J., Buraczewski S. 1998. Zawartość białka związanego z frakcją włókna (NDF) a strawność jelitowa u świń białka i aminokwasów pasz rzepakowych traktowanych termicznie. *Rośliny oleiste*. Wyd. IHAR, t. XIX, z. 1: 175–186.
- [11] Buraczewska L., Lachowicz J., Buraczewski S. 1980. The rate of absorption of synthetic lysine and dietary protein in the upper half of the small intestine of pigs. *Arch. Tierernähr.* 30: 751–758.
- [12] Buraczewska L., Schulz E., Schröder H. 1985. Praecaecal digestibility of amino acids in pigs fed barleys differing in protein content. Proc. 3rd Intern. Seminar on Digestive Physiology in the Pig, Copenhagen, Dania. The National Institute of Animal Science: 321–325.
- [13] Buraczewska L., Wasilewko J., Raj S. 1999. Odłożenie treoniny u świń żywionych do woli mieszankami zbilansowanymi na podstawie zawartości strawnych aminokwasów. Materiały z XXVIII Sesji Żywienia Zwierząt, Krynica, AR w Krakowie: 268–271.
- [14] Buraczewska L., Wasilewko J., Fandrejewski H., Żebrowska T., Han I.K. 1999. Formulation of pig diets according to ileal digestible amino acid content. *Livest. Prod. Sci.* 59: 13–24.
- [15] Buraczewska L., Żebrowska T., Buraczewski S. 1973. The course of protein digestion in the small intestine of pigs. Proc. Symp. on Amino Acids, Brno, Czechy, Tom A, praca nr 19.
- [16] Chavez E.R., Bayley H.S. 1976. Amino acid metabolism in the piglet. 2. Influence of fasting on plasma free amino acid concentration and in vivo oxidation of methionine, isoleucine and threonine. *Br. J. Nutr.* 36: 189–198.
- [17] Combs F.L., Osegueda F.L., Wallace H.D., Animerman C.B. 1963. Digestibility of rations containing different sources of supplementary protein by young pigs. *J. Anim. Sci.* 22: 396–398.
- [18] Corring T., Jung J. 1972. The amino acid composition of pig pancreatic juice. *Nutr. Reports International* 6: 187–190.
- [19] C.V.B. Verkorte Tabel 1998, Voedernormen Landbouwhuisdieren, CVB-reeks nr.24, CVB Centraal Veevoederbureau, 8203 AD Lelystad.
- [20] Degussa Amino Dat 1.0, 1996, Degussa A.G., Frankfurt, Niemcy.
- [21] Davis A.T., Austic R.E. 1994. Dietary threonine imbalance alters threonine dehydrogenase activity in isolated hepatic mitochondria of chick and rats. *J. Nutr.* 124: 1667–1677.
- [22] Edmonds M.S., Gonyou H.W., Baker D.H. 1987. Effect of excess levels of methionine, tryptophan, arginine, lysine or threonine on growth and dietary choice in the pig. *J. Anim. Sci.* 65: 179–185.
- [23] Fuller M.F., McWilliam R., Wang T.C., Giles L.R. 1989. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. 2. Requirement for maintenance and for tissue protein accretion. *Br. J. Nutr.* 62: 255–267.
- [24] Gdala J., Buraczewska L., Grala W. 1992. The chemical composition of different types and varieties of pea and the digestion of their protein in pigs. *J. Anim. Feed Sci.* 1: 71–79.
- [25] Gdala J., Buraczewska L., Wasilewko J. 1998. Relationship between the NDF-protein content of legumes and ileal digestibility of protein and amino acids in pigs. Proc. 3rd European Conference on Grain Legumes. Ed. AEP: 384–385.

- [26] Håndbog, Svinehold 1999. Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Uddannelse.
- [27] Just A., Fernandez J.A., Jørgensen H. 1983. The net energy value of diets for growth in pigs in relation to the fermentative processes in the digestive tract and the site of absorption of the nutrients. *Livest. Prod. Sci.* 10: 171–186.
- [28] Kang-Lee Y.A., Harper A.E. 1978. Threonine metabolism in vivo: effect of threonine intake and prior induction of threonine dehydratase in rats. *J. Nutr.* 108: 163–175.
- [29] Le Floc'h N., Obled C., Sève B. 1995. In vivo threonine oxidation rate is dependent on threonine dietary supply in growing pigs fed low to adequate levels. *J. Nutr.* 125: 2550–2562.
- [30] Le Floc'h N., Obled C., Sève B. 1996. In vivo threonine oxidation in growing pig fed on diets with graded levels of threonine. *Br. J. Nutr.* 75: 825–837.
- [31] Le Floc'h N., Sève B. 1996. Régulation nutritionnelle du métabolisme de la thréonine. *Journées Rech. Porcine en France* 28: 421–428.
- [32] Le Floc'h N., Sève B., Henry Y. 1994. The addition of glutamic acid or protein to a threonine-deficient diet differentially affects growth performance and threonine dehydrogenase activity in fattening pigs. *J. Nutr.* 124: 1987–1995.
- [33] Le Floc'h N., Thibault J.-N., Sève B. 1997. Tissue localization of threonine oxidation in pigs. *Br. J. Nutr.* 77: 593–603.
- [34] Low A.G., Żebrowska T. 1989. Digestion in pigs. W: Protein metabolism in farm animals. Red. H.-D. Bock, B.O. Eggum, A.G. Low, O. Simon, T. Żebrowska. Oxford University Press: 53–121.
- [35] Munck B.G. 1976. Amino acid transport. W: Protein metabolism and nutrition. Red.: D.J.A. Cole et al., Wyd. Butterworths, London...Toronto: 73–95.
- [36] National Research Council. 1998. Nutrient requirements of swine. Wydanie 10. Wyd. National Academy of Sciences, USA.
- [37] Normy żywienia świń. Wartość pokarmowa pasz. 1993. Wyd. Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego, PAN.
- [38] Peisker M. 1998. Untersuchungen zum Threoninbedarf von Schweinen. *Kraftfutter* 11: 522–530.
- [39] Rhone-Poulenc, Rhodimet Feed Formulation Guide, 1993.
- [40] Said A.K., Hegsted D.M. 1970. Response of adult rats to low dietary levels of essential amino acids. *J. Nutr.* 100: 1363–1376.
- [41] Schepartz B. 1973. Amino acid transport. W: Regulation of amino acid metabolism in mammals. Red. W.B. Saunders Company, Philadelphia: 33–50.
- [42] Sève B., Henry Y. 1995. Protein utilization in non-ruminants. Proc. 7th Intern. Symp. on Protein Metabolism and Nutrition, Vale de Santarem, Portugalia. EAAP Publ. nr 81: 59–82.
- [43] Tanksley T.D., Knabe D.A. 1993. Ileal digestibilities of amino acids in pig feeds and their use in formulating diets. W: Recent development in pig nutrition. 2. Red. D.J.A. Cole, W. Haresign, P.C. Garnsworthy. Nottingham University Press: 85–105.
- [44] Van Leeuwen P., Gdala J., Boisen S., Buraczewski S., Kempen van G.J.M., Verstegen M.W.A., Schaafsma G. 1996. Validation of a mathematical model to explain variation in apparent ileal amino acid digestibility of diets fed to pigs. *J. Anim. Feed Sci.* 5: 303–315.

- [45] Yen J.T., Easter R.A., Kerr B.J. 1991. Absorption of free or protein-bound lysine and threonine in conscious multicannulated pigs. Proc. Vth Intern. Symp. on Digestive Physiology in Pigs, Wageningen. EAAP Publication No.54: 79–84.
- [46] Żebrowska T. 1975. The apparent digestibility of nitrogen and individual amino acids in the large intestine of pigs. *Rocz. Nauk Rol. Seria B* 97(1): 117–123.
- [47] Żebrowska T., Buraczewski S. 1977. Digestibility of amino acids along the gut of pigs. Proc. 2nd Intern. Symp. on Protein Metabolism and Nutrition, Pudoc, Wageningen: 82–85.

## **Threonine, metabolism and requirements by pigs**

---

**Key words:** threonine, pigs, metabolism, requirement

### Summary

Main routes and enzymes involved in threonine metabolism in animal organism are shortly described. The content of threonine in various groups of feedstuffs is evaluated. Digestive processes in the small intestine of a pig are described to indicate the fate of threonine in the digestive tract. The influence of digestion and secretion on threonine requirement in pigs, and recent results of studies on threonine requirement by various groups of pigs are presented.

*Adres do korespondencji:*  
*prof. dr hab. Lucyna Buraczewska*  
*prof. dr hab. Stanisław Buraczewski*  
*Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt*  
*im. Jana Kielanowskiego PAN*  
*ul. Instytucka 3*  
*05-110 Jabłonna*

Wynagrodzenie autorskie sfinansowane zostało przez Stowarzyszenie Zbiorowego Zarządzania Prawami Autorskimi Twórców Dzieł Naukowych i Technicznych KOPIPOL z siedzibą w Kielcach z opłat uzyskanych na podstawie art. 20 ustawy o prawie autorskim i prawach pokrewnych.