

TERESA ŚWITONIAK, EDWARD JABŁOŃSKI, HENRYK RAFALSKI

OPTYMALNY CZAS WZBOGACANIA BIAŁKA WOLNĄ TREONINĄ*

Z Zakładu Higieny Żywnienia Człowieka IMS Akademii Medycznej w Łodzi
Kierownik: prof. dr hab. med. H. Rafalski

Skuteczność wzbogacania białką wolną treoniną zależała od czasu jej podawania w stosunku do czasu spożycia białka. Stopień wykorzystania białka i całej diety oraz zmiany w składzie chemicznym tusz szczurów przemawiają za podawaniem wolnej treoniny z 1 godzinnym wyprzedzeniem lub 2 godzinnym opóźnieniem w stosunku do spożycia diety.

W publikowanych wcześniej pracach [9, 10, 11, 12, 14, 15] wykazano, że skuteczność uzupełniania białek wolnymi aminokwasami będącymi aminokwasami ograniczającymi ich jakość biologiczną zależy od czasu podawania aminokwasu w stosunku do czasu spożycia diety.

Zebrałe dotychczas informacje nie pozwalały jednak na wyciągnięcie ogólnych wniosków. Okazało się bowiem, że w zależności od rodzaju aminokwasu i białka diety, najkorzystniejsze efekty uzyskiwano przy zmiennym czasie podawania wolnego aminokwasu. Jak się wydaje jest to następstwem znacznych różnic w szybkości wchłaniania aminokwasów wolnych i uwalnianych w procesie trawienia z białek pożywienia [1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 13].

Celem prezentowanej pracy było ustalenie optymalnego czasu podawania wolnej treoniny w stosunku do czasu spożycia białka ograniczonego jej niedoborem, optymalnego z punktu widzenia tempa wzrostu, stopnia wykorzystania białka i diety do celów budulcowych oraz składu chemicznego tusz szczurów.

METODYKA

Badanie przeprowadzono na 30 ± 1 dniowych szczurach szczepu Wistar w sposób opisany przez Rafalskiego i wsp. [14]. Źródłem białka w dietach była mieszanina kazeiny i aminokwasów syntetycznych. Treoninę podawano w ilości uzupełniającej jej zawartość w spożytym białku do poziomu w białku wzorcowym dla szczura, określonym przez Bendera [3].

Obserwację prowadzono w dwóch etapach. W I — trwającym 14 dni, podawano dietę zawierającą 14,2 g białka w 100 g diety. Celem tego etapu było określenie wskaźników wykorzystania białka i diety w zależności od czasu podawania wolnego aminokwasu. W II etapie — trwającym kolejne 14 dni podawano dietę, o zawartości 18,4 g białka w 100 g diety, zapewniającą przyrost masy ciała. Po zakończeniu tego etapu określono wskaźnik PER oraz skład chemiczny tusz szczurów.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Podając dietę utrzymującą masy ciała szczurów na granicy równowagi określono wskaźniki jakościowe i ich zmiany w zależności od czasu podawania wolnej treoniny w stosunku do czasu spożycia diety.

* Praca wykonana w ramach Problemu PR-4, umowa nr 55/PR-4/78.

Tabela I. Wykorzystanie i wydajność wzrostowa białka oraz diety (wartości średnie \pm standardowe odchylenie)

Nr wariantu	Czas podawania treoniny	Liczba powtórzeń	NPU	NDpCals%	NPR	FCR
1	nie podawano	6	35,5 \pm 0,89**	4,4 \pm 0,21**	1,94 \pm 0,08**	
2	1 godz. przed dietą	6	48,9 \pm 2,26	6,1 \pm 0,36	2,75 \pm 0,10**	5,09 \pm 0,60**
3	równocześnie z dietą	6	45,6 \pm 3,08*	5,7 \pm 0,13*	2,56 \pm 0,13*	6,36 \pm 1,19*
4	1 godz. po diecie	6	45,6 \pm 3,12	5,7 \pm 0,355	2,55 \pm 0,15	6,17 \pm 0,84
5	2 godz. po diecie	6	49,2 \pm 1,80**	6,2 \pm 0,27**	2,72 \pm 0,10**	5,16 \pm 0,77

** wyniki w kolumnach różnią się istotnie ($p < 0,05$) od wartości oznaczonej *

Tabela II. Dynamika wzrostu szczurów wyrażona masą ciała w okresie między 30 a 58 dniem życia (wartości średnie \pm standardowe odchylenie)

Nr wariantu	Czas podawania treoniny	Liczba powtórzeń	Średnia masa ciała grupy 4 szczurów						Średni pozorny przyrost masy ciała w g
			dni doświadczenia						
			0	5	9	15	19	28	
1	nie podawano	6	226,1	213,0	227,4	236,1	—	—	
2	1 godz. przed dietą	6	226,2	236,2	286,2	301,1	412,8	504,0 \pm 7,4	277,8 \pm 7,4**
3	równocześnie z dietą	6	226,4	231,4	270,2	284,1	392,7	477,3 \pm 12,2	251,0 \pm 12,2*
4	1 godz. po diecie	6	226,3	232,3	271,4	286,1	381,3	495,1 \pm 9,7	268,9 \pm 8,4
5	2 godz. po diecie	6	226,3	237,5	282,3	301,8	416,8	504,5 \pm 11,9	278,1 \pm 11,9**

** wyniki różnią się istotnie ($p < 0,05$) od wartości oznaczonej *

Uzupełnianie diety wolną treoniną istotnie wzmagało wykorzystanie białka diety (NPU), jego wydajność wzrostową (NPR) oraz wartość białkową diety (NDpCals%).

Jak wynika z danych tabeli I czas podawania aminokwasu wpływał na wielkość zużycia diety na jednostkę przyrostu masy ciała (FCR). Najniższe zużycie uzyskano podając treoninę z 1 godzinnym wyprzedzeniem oraz 2 godzinnym opóźnieniem w stosunku do czasu spożycia diety. W tych przypadkach wydajność wzrostowa białka (NPR) diety była istotnie wyższa ($p < 0,05$). Wysokie również było wykorzystanie białka (NPU) oraz wartość białkowa diety (NDpCals%).

W konsekwencji wzrostu wykorzystania białka i jego wydajności wzrostowej w zależności od czasu podawania wolnej treoniny, odnotowano różnice w przyroście masy ciała szczurów.

Największy przyrost masy ciała (w okresie 28 dniowej obserwacji) stwierdzono u szczurów otrzymujących treoninę z 1 godzinnym wyprzedzeniem lub 2 godzinnym opóźnieniem. Różnice przyrostu masy ciała pomiędzy tymi szczurami a otrzymującymi treoninę równocześnie z dietą były statystycznie istotne ($p < 0,05$).

W okresie przedłużonej (28 dniowej obserwacji) niskie było spożycie diety, przy podawaniu treoniny z 1 godz. wyprzedzeniem; utrzymała się tendencja niskiego jej spożycia na jednostkę przyrostu masy ciała (FCR) oraz zwiększonej wydajności wzrostowej białka (PER). Podając treoninę z 2 godzinnym opóźnieniem spożycie diety było wysokie, jej zużycie na jednostkę przyrostu masy ciała zwiększyło się a wydajność wzrostowa białka obniżyła się w stosunku do podawania aminokwasu równocześnie z dietą. Zmiana ta nie była jednak na tyle duża, aby spowodować zahamowanie przyrostu masy ciała szczurów, zatem utrzymał się on na wysokim poziomie ($p < 0,05$).

28-dniowa obserwacja miała na celu głównie określenie składu chemicznego tusz szczurów oraz ewentualnych zmian w składzie w zależności od czasu podawania wolnej treoniny.

W tabeli IV przedstawiono skład chemiczny tusz szczurów oraz przyrost składników w tuszach w okresie obserwacji. Jak wynika z danych tabeli czas podawania wolnej treoniny w stosunku do czasu spożycia diety w istotny sposób ($p < 0,05$) różnicował zawartość tłuszczu oraz białka i soli mineralnych w tuszach szczurów. Szczury otrzymujące treoniną z 1 godzinnym wyprzedzeniem charakteryzowały się wysoką masą ciała, przyrost ten był spowodowany głównie przyrostem tłuszczu i w rezultacie jego procentowa zawartość w tuszy była istotnie wyższa ($p < 0,05$) w porównaniu z pozostałymi.

Największy przyrost masy ciała szczurów tj. otrzymujących treoninę z 2 godzinnym opóźnieniem był wynikiem istotnie wyższego ($p < 0,05$) przyrostu wody, dość wysokiego przyrostu białka (brak istotności $p > 0,05$) oraz niewielkiego przyrostu tłuszczu. Po przeliczeniu ilości składników na 100 g masy ciała u szczurów tych stwierdzono najwyższą zawartość wody oraz istotnie niższą zawartość tłuszczu i soli mineralnych w porównaniu ze szczurami otrzymującymi treoninę równocześnie z dietą.

Uzyskane wyniki skłaniają do zwrócenia uwagi na dwa warianty podawania wolnej treoniny, tj. z 1 godzinnym wyprzedzeniem i 2 godz. opóźnieniem w stosunku do czasu spożycia diety. W obydwu przypadkach uzyskuje się wysokie przyrosty masy ciała oraz wysokie wyko-

Tabela III. Spożycie diety, jej wykorzystanie oraz wydajność białka określone w 28 dniowej obserwacji
(wartości średnie \pm standardowe odchylenie)

Nr wariantu	Czas podawania treoniny	Ilość powtórzeń	Spożycie diety g	FCR	PER
1	nie podawano	—	—	—	—
2	1 godz. przed dietą	3	1088,7 \pm 44,8	2,18 \pm 0,05	1,39 \pm 0,02
3	równocześnie z dietą	3	1034,7 \pm 71,8	2,16 \pm 0,10	1,32 \pm 0,03*
4	1 godz. po diecie	3	1199,9 \pm 78,7	2,42 \pm 0,14	1,10 \pm 0,10**
5	2 godz. po diecie	3	1190,5 \pm 125,8	2,36 \pm 0,22	1,28 \pm 0,11

** wartość istotnie różna ($p < 0,05$) od wartości oznaczonej *

Tabela IV. Przyrost składników w tuszach i skład chemiczny tusz szczurów (wartości średnie \pm standardowe odchylenie)

Nr wariantu	Czas podawania treoniny	Ilość powtórzeń	Przyrost składników w g				Skład chemiczny w %			
			woda	białko	tłuszcz	popiół	woda	białko	tłuszcz	popiół
1	nie podawano	6	—	—	—	—	—	—	—	—
2	1 godz. przed dietą	6	167,7 \pm 8,13	49,0 \pm 4,85	47,5 \pm 3,47**	10,3 \pm 0,80	65,4 \pm 1,64	17,8 \pm 0,85	12,8 \pm 0,66**	3,3 \pm 0,15
3	równocześnie z dietą	6	157,4 \pm 9,15*	44,0 \pm 2,33	37,8 \pm 1,51	10,3 \pm 0,46	66,9 \pm 0,56	17,8 \pm 0,30*	11,5 \pm 0,19*	3,5 \pm 0,06*
4	1 godz. po diecie	6	162,2 \pm 5,06	51,5 \pm 5,33	39,8 \pm 3,23	11,7 \pm 1,02	65,9 \pm 1,56	18,6 \pm 0,35**	11,4 \pm 0,52	3,6 \pm 0,16
5	2 godz. po diecie	6	179,2 \pm 6,01**	48,9 \pm 4,35	37,7 \pm 2,65	10,0 \pm 0,79	67,7 \pm 0,94	17,8 \pm 0,52	10,9 \pm 0,32**	3,2 \pm 0,70**

** wyniki w kolumnach istotnie różne ($p < 0,05$) od wartości oznaczonej *

rzystanie zarówno białka jak i całej diety. Za podawaniem treoniny z 2 godz. opóźnieniem przemawia dodatkowo niska zawartość tłuszczu w tuszach zwierząt pozostająca bez wpływu na masę ciała, co może mieć duże znaczenie w praktyce hodowlanej.

Określony jako optymalny czas podawania wolnej treoniny okazał się odmienny w porównaniu z innymi układami aminokwas-białko. Wcześniejsze badania prowadzone w tym kierunku wykazały, że za optymalny należałoby uznać wariant podawania tryptofanu [14], lizyny [10], aminokwasów siarkowych [9] z 1 godzinnym opóźnieniem a metioniny [15] równocześnie z dietą.

Zaobserwowane różnice dla pięciu odmiennych układów, na tym etapie badań, są trudne do wyjaśnienia. Jak się jednak wydaje, wynikają one z odmiennego tempa uwalniania aminokwasów z białka pożywienia a także ze zmiany szybkości ich wchłaniania. Szybkość wchłaniania aminokwasów jest odmienna w zależności od stężenia, jak również od tego czy powstają w toku normalnego trawienia pokarmu [2, 4], czy pochodzą z mieszaniny aminokwasów [1, 6, 13].

Wiadomo np. że metionina należy do aminokwasów najszybciej wchłanianych z mieszaniny wolnych aminokwasów i to przy wysokich stężeniach [1], odwrotnie więc niż jest wchłaniana sama metionina [6, 13]. Podawana sama, wchłania się gwałtownie przy niskich stężeniach, natomiast wzrost stężenia przyspiesza jej wchłanianie w niewielkim tylko stopniu. Istotną różnicę zaobserwowano również pomiędzy szybkością wchłaniania treoniny, gdy była ona podawana pojedynczo a wchłanianej z mieszaniny aminokwasów [5, 8]. Z mieszaniny aminokwasów treonina jest najwolniej wchłaniana przy jej wysokim stężeniu.

W badaniach na ludziach [7] wykazano, że rozpad białka pokarmowego na wolne aminokwasy może tłumaczyć znikanie z jelita tylko niektórych aminokwasów np. lizyny. Jest on jednak zbyt powolny by odpowiadać całkowicie za wchłanianie innych np. treoniny.

W prezentowanym badaniu poza aminokwasami uwalnianymi w procesie trawienia spożywanego białka podano także wolny aminokwas.

Zbyt późne uwalnianie aminokwasów z białka pokarmowego może więc uniemożliwić ich pełne wykorzystanie do celów budulcowych a dodanie wolnego aminokwasu w czasie warunkującym optymalne stężenie dla jego wchłaniania, poprawić istotnie wykorzystanie co znajduje odbicie w wielkości wskaźników wykorzystania i wydajności wzrostowej białka.

WNIOSEK

W zależności od celu żywienia, np. w praktyce hodowlanej, należałoby rozpatrywać dwa warianty wzbogacania białek organicznych niedoborem treoniny, tj. podawanie wolnej treoniny z 1 godzinnym wyprzedzeniem lub 2 godzinnym opóźnieniem w stosunku do czasu spożycia białka. W tych przypadkach wysokie było wykorzystanie białka i diety oraz przyrost masy ciała, występowały natomiast różnice w składzie chemicznym ciała; przy podawaniu treoniny z 1 godzinnym wyprzedzeniem przyrost masy ciała spowodowany był głównie przyrostem tłuszczu zaś przy podaniu treoniny z 2 godzinnym opóźnieniem przyrost tłuszczu był niski, przy zachowaniu wysokiego przyrostu masy ciała.

T. Сьвитоняк, Е. Яблоньски, Х. Рафальски

ОПТИМАЛЬНОЕ ВРЕМЯ ОБОГАЩЕНИЯ БЕЛКА ТРЕОНИНОМ

Резюме

В экспериментах на молодых, растущих крысах исследовали влияние времени обогащения белка корма треонином на его усвоение, эффективность действия на рост животных а также на химический состав туш животных.

Было показано, что усвоение и эффективность действия на рост животных белка и всего корма а также химический состав туш животных изменялись в зависимости от времени добавления аминокислоты.

Наиболее благоприятным с точки зрения прироста веса тела, показателей усвоения и химического состава тела оказалось добавление треонина за 1 час до или в 2 часа после потребления белка.

T. Świtoniak, E. Jabłoński, H. Rafalski

OPTIMAL TIME FOR PROTEIN ENRICHMENT WITH FREE THREONINE

Summary

In the experiments on young growing rats the effect of time of free threonine administration for supplementing protein in the food on protein utilization and growth efficiency and on the chemical composition of rat carcass was studied. It was shown that the utilization and growth efficiency of the protein and the whole diet and the chemical composition of rat carcasses changed depending on the time of threonine administration.

The best results from the standpoint of body weight gain, utilization indices and chemical composition of the body were obtained giving free threonine 1 hour before or 2 hours after protein intake.

PIŚMIENNICTWO

1. Adibi S.A., Gray S.J., Menden E.: The kinetics of amino acid absorption and alternation of plasma composition of free amino acids after intestinal perfusion of amino acid mixtures. *Am. J. Clin. Nutr.* 1967, 20, 24. — 2. Adibi S.A., Mercer D.W.: Protein digestion in human intestine as reflected in luminal, mucosal and plasma amino acid concentrations after meals. *J. Clin. Invest.* 1973, 52, 1586. — 3. Bender A.E.: The balancing of amino acid mixtures and proteins. *Proc. Nutr. Soc.*, 1965, 24, 190. — 4. Coulson R.A., Hernandez T.: Protein digestion and amino acid absorption in the Cayman. *J. Nutr.*, 1970, 199, 810. — 5. Delhumeau G., Pratt C.V., Gitter C.: The absorption of amino acid mixtures from the small intestine of the rat. I. Equimolar mixtures and those simulating egg albumin, casein and zein. *J. Nutr.*, 1962, 77, 52. — 6. Finch L.R., Hird F.J.R.: The uptake of amino acids by isolated segments of rat intestine. *Biochim. Biophys. Acta.* 1960, 43, 278. — 7. Gent A.E., Creamer B.: Amino acid homeostasis in the small intestine. I. Studies in the rat. *Digestion* 1972, 7, 13. — 8. Holdsworth C.D.: Transport across the intestine. Ed. Burland W.L., Samuel P.D.: Churchill Livingstone, London and Edinburgh 1972, 136. — 9. Jabłoński E., Banaszczyk B., Rafalski H.: Optymalny czas wzbogacania aminokwasami siarkowymi grochu jako jedynego źródła białka w diecie szczurów. *Roczn. PZH*, 1978, 2, 139. — 10. Jabłoński E., Ponomarenko W., Switoniak T., Rafalski H.: Optymalny czas wzbogacania w lizynie glutenu jako wyłącznego źródła białka w diecie szczurów. *Roczn. PZH*, 1975, 4, 463.

11. Jabłoński E., Rafalski H.: Wpływ czasu uzupełniania białek diety wolnymi aminokwasami na wzrost szczurów i wykorzystanie pożywienia. *Now. Wet.*, 1978, 1, 97. — 12. Jabłoński E., Switoniak T.: Wpływ czasu uzupełniania białek diety wolnymi aminokwasami na wzrost szczurów i wykorzystanie pożywienia. *Now. Wet.*, 1978, 2, 223. — 13. Matthews D.M., Laster L.: Kinetics of intestinal active transport of five neutral amino acids. *Amer. J. Physiol.*, 1965, 208, 593. — 14. Rafalski H., Jabłoński E., Ponomarenko W.: Optymalny czas wzbogacania białek diety tryptofanem w stosunku do czasu spożycia diety. *Roczn. PZH*, 1974, 2, 179. — 15. Switoniak T., Jabłoński E., Ponomarenko W., Rafalski H.: Optymalny czas wzbogacania w metioninę kazeiny, jako wyłącznego źródła białka w diecie szczurów. *Roczn. PZH*, 1977, 1, 45.