

JAN ZAŁĘSKI*, ROBERT S. HARRIS

DODATEK LIZYNY I SOLI POTASU DO BIAŁKA PSZENNEGO W KARMIE SZCZURÓW

Z Katedry Biochemii Żywienia Massachusetts Institute of Technology,
Cambridge, Mass., USA

Dodatek soli potasu do białka niedoborowego w lizynę nie zwiększa stopnia wykorzystania białka pszenneego z diety przez szczury, mimo zastosowania niskiego poziomu białka (8%) w diecie i drastycznego ograniczenia zawartości potasu w diecie kontrolnej.

W poprzedniej pracy z tego laboratorium (1) białka pszenicy były uzupełniane dodatkiem lizyny i podawane rosnącym szczurom, przy zawartości 8 lub 15% białka w diecie. Diety te zawierały mieszaninę soli mineralnych wg *Hegsteda* (2), która zapewnia dostateczne ilości potrzebnych jonów włączając potas.

Potas jest ważnym kationem w komórkach tkanek zwierzęcych; występuje w postaci węglanów, chlorków i fosforanów. Wydaje się rzeczą ustaloną, że jony potasowe wpływają na przepuszczalność błon komórkowych, a także wywierają wpływ na poziom białek w osoczu krwi (3), że lizyna pełni pewną rolę przy niedoborze potasu w mięśniach (4, 5), oraz że lizyna i potas pełnią równoległe i pod pewnymi względami zastępujące się wzajem role w czasie głodu białkowego (6, 7). Niski poziom potasu we krwi zaobserwowano u dzieci chorych na „kwashiorkor” (ostry niedobór białka) (8, 9). Podawanie soli potasu w leczeniu kwashiorkoru było zalecane przez *Senecala* i przez *Behara* (10), równoległe z podawaniem diety wysokobiałkowej leczonym dzieciom.

Wzrost zapotrzebowania na potas u zwierząt szybko rosnących stwierdzało wielu autorów (11—13). *Bennett* (14) doniósł, że efekt ACTH (hormonu adrenokortykotropowego) polegający na obniżeniu poziomu azotu w osoczu krwi, dał się częściowo niweczyć przez zwiększenie dowozu potasu.

Dodatnie znaczenie podawania zwiększonych ilości potasu przy karmieniu kur dietami wysokoenergetycznymi wykazał *Leach* (15).

Powyższe obserwacje nasuwają myśl, że niska zawartość potasu w diecie może mieć istotny wpływ ujemny przy dietach ubogich w białko lub dietach niedoborowych (głównie przy niedoborze lizyny). Podobnie rzecz się ma, gdy tempo tworzenia białek ustrojowych zostaje zwiększone wskutek wzrostu, bądź w czasie odbudowy białek po okresie niedoboru białka w diecie lub nawet wskutek zwiększenia dowozu białek w diecie.

* Z Zakładu Badania Żywności i Przem. Użytku PZH.

Obserwacja, że straty potasu w mięśniach kompensowane są wzrostem zawartości wolnej lizyny, pozwala przypuszczać, że i zależność odwrotna jest możliwa. *Gershoff* (16) studiował wpływ różnych poziomów potasu w dietach rosnących szczurów; celem wzbogacenia białka zbożowego do diet tych były dodane różne ilości lizyny. Doświadczeniem tym potwierdził on dodatni wpływ lizyny na przyrost wagi szczurów, ale nie wykazał różnic w przyroście wagi przy różnych poziomach potasu w diecie. W doświadczeniu *Gershoffa* ani przyrost wagi, ani też stężenie potasu, azotu czy lizyny w mięśniach szczurów na dietach z niedoborem lizyny nie ulegały zmianom przy zwiększonym dowozie potasu.

Barness (17) w doświadczeniu na dzieciach podawał kaszkę pszenną jako jedyne źródło białka. Karmił on dzieci kaszką pszenną uzupełnioną lizyną lub lizyną i solami potasu i znalazł w obu przypadkach poprawę w bilansie azotowym dzieci niedożywionych. Wyciągnął stąd wniosek, że kaszka pszenna uzupełniona lizyną i potasem jest dostatecznym źródłem białka dla niemowląt — równorzędnym w wartości z białkiem mleka.

Praca nasza miała na celu zbadanie wpływu różnych poziomów lizyny i potasu w diecie na wzrost młodych szczurów oraz na skład chemiczny ich ciała. Ilość białka w diecie ustalono na poziomie krytycznym (8%), bliskim głodu białkowego.

OPIS POSTĘPOWANIA

Cztery diety zawierające 8% białka (kaszka pszenna — manna) użyte w tym doświadczeniu zestawione są w tabeli I. Dieta kontrolna (dieta A) miała skład taki sam, jak dieta kontrolna użyta w poprzednim doświadczeniu (1), aby jednak wszystkie diety miały ten sam poziom azotu ogólnego — dano w miejsce lizyny chlorowodorek glicyny, a nie sacharozę.

Tabela I
Skład diet doświadczalnych

Składnik	Dieta A	Dieta B	Dieta C	Dieta D
Lizyny HCl	—	0,31	—	0,31
Glicyny HCl	0,31	—	0,31	—
Sacharoza	27,69	27,69	27,69	27,69
Kaszka pszenna	62,5	62,5	62,5	62,5
Olej kukurydziany	5,0	5,0	5,0	5,0
Sole min. (Hegsted)	4,0	4,0	—	—
Sole min. (bez K)	—	—	4,0	4,0
Miesz. witamin *	0,5	0,5	0,5	0,5
Razem	100,0	100,0	100,0	100,0
Całk. zaw. lizyny	0,17	0,42	0,17	0,42
Całk. zaw. potasu	0,485	0,485	0,075	0,075

* Skład mieszaniny witamin jak w pracy *Harrisa* i *Burressa* (1).

Diety B i D zawierały 0,31⁰/₀ chlorowodoru lizyny. Ta ilość aminokwasu w pracy *Harrisa* i *Burressa* okazała się wystarczająca dla uzupełnienia niedoboru lizyny w białku mąki pszennej. Dieta A i B zawierały 4⁰/₀ mieszaniny soli mineralnych (*Hegsteda*), wnosząc dzięki temu 0,41⁰/₀ potasu w diecie. Diety C i D zawierały 4⁰/₀ mieszaniny soli mineralnych z tym, że sole potasowe zostały zastąpione sodowymi i różnicę wagi wyrównano chlorkiem sodu. Tak więc, białko w dietach A i C było ubogie w lizynę (0,17⁰/₀), podczas gdy białko diet B i D zawierało dostateczną ilość tego aminokwasu (0,42⁰/₀); diety C i D natomiast wносиły tylko nieznaczną ilość potasu (0,075⁰/₀), podczas gdy diety A i B zawierały dostateczną jego ilość (0,495⁰/₀).

Grupę 66 rosnących szczurów (samce szczepu Charles River) umieszczono w pojedynczych klatkach z siatki metalowej i karmiono dietą hodowlaną przez 2 dni. Następnie podzielono szczury na 4 grupy po 15 sztuk o podobnej wadze zwierząt w każdej grupie i karmiono dietami A, B, C i D. Diety oraz woda destylowana podawane były *ad libitum*. Pozostałe 6 szczurów zabito przez odcięcie głowy i tuszki analizowano, otrzymując wyniki kontrolne na początku doświadczenia.

Zwierzęta ważono dwukrotnie w ciągu pierwszego tygodnia, a następnie raz na tydzień aż do 28 dnia doświadczenia. Ilość spożytej diety określano dwa razy tygodniowo.

Na końcu doświadczenia (4 tygodnie) szczury zabito, zebrano wątroby z każdej grupy oddzielnie, zważano tuszki pozbawione jelit i wszystkie próbki umieszczono w temperaturze —40° do czasu wykonania analiz. W wątrobach oznaczano wilgoć i tłuszcz (ekstrakt eterowy). W tuszkach oznaczano wilgoć, białko (Nx6,25) i popiół wg metod AOAC oraz potas metodą chloroplatynową wg *Wintona* (18). Ponieważ część szczurów grupy C w znacznym stopniu straciła sierść w czasie doświadczenia (plackowate wyłysienia), tuszki tych szczurów analizowano oddzielnie.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Przyrost wagi. W ciągu 28 dni doświadczenia przyrosty wagi (tab. II) zwierząt w grupach B i D były istotnie * wyższe niż w grupach A i C. To potwierdza wyniki otrzymane przez wielu autorów, którzy wykazali, że wzbogacanie białka pszennego lizyną wywiera znamienny wpływ na wzrost szczurów.

Przyrost wagi w grupie A nie był istotnie różny niż w grupie C. Przyrost wagi w grupie B nie różnił się od przyrostu w grupie D. Podobnie przyrosty wagi w grupach A i B (łącznie) porównywane z przyrostami w grupach C i D (łącznie) nie były znamienne różne ($F = 0,194$ dla tego samego zakresu krytycznego).

Wskazuje to, że dodatek potasu sam przez się nie wywierał wpływu na wzrost szczurów. Wyniki te potwierdzają uprzednie rezultaty *Gershoffa* (16) otrzymane także na szczurach, lecz przy 15⁰/₀ białka w diecie (nie 8⁰/₀ jak w naszej pracy), natomiast nie są zgodne z wynikami *Barnessa* (17), który stwierdził poprawę bilansu azotowego u dzieci niedożywionych przy dodatku potasu do kaszki pszennej.

* Rozpatrując jako eksperyment dwuczynnikowy otrzymano $F = 76,5$ przy zakresie krytycznym 7,1 dla 1 i 56 stopni swobody i 1⁰/₀-owego przedziału ufności (18).

Tabela II

Spożycie karmy, ciężar zwierząt i przyrosty białek ciała w ciągu 4 tygodni (średnio na szczura i 28 dni)

	Dieta A (dodano potas)	Dieta B (dodano potas i lizynę)	Dieta C (bez dodat- ków)	Dieta D (dodano lizynę)
Przyrost wagi (g)	8,4	24,0	9,4	21,7
Przyrost białek ciała	0,8	2,6	0,6	3,1
Spożycie diety (g)	138,7	169,5	152,0	171,4
Spożycie białka w diecie (g)	11,1	13,6	12,2	13,7
Współczynnik wy- dajności wzrostowej = $\left[\frac{\text{Przyrost białek}}{\text{Spożycie białka}} \times 100 \right]$	6,9	19,2	4,7	22,4
Spożycie potasu	w kaszce	0,103	0,126	0,107
	w miesz. soli	5,55	6,78	—
	całkowite (g)	5,653	6,906	0,107
			0,107	0,127

Tabela III

Skład wątroby (średnio na szczura)

	Dieta A (dodano potas)	Dieta B (do- dano potas i lizynę)	Dieta C (bez dodatków)	Dieta D (do- dano lizynę)
Ciężar całkowity (g)	2,6	4,2	2,7	4,2
Sucha masa (‰)	31,2	27,2	29,5	27,2
Tłuszcz (‰ subst. pierw.)	8,77	4,00	7,08	3,94
Tłuszcz (‰ suchej subst.)	28,1	14,7	24,0	14,5

Tabela IV

Skład tuszek (średnio na szczura)

	Kontrolne w dniu zero- wym	Dieta A	Dieta B	Dieta C	Dieta C podzielone		Dieta D
					z utra- tą sier- ści	bez utraty sierści	
Początkowy ciężar (g)	—	43,2	43,1	43,4	—	—	43,3
Końcowy ciężar (g)	—	51,7	67,1	52,8	—	—	65,1
Ciężar tuszki bez jelit (g)	—	43,1	56,4	43,4	43,4	43,4	57,4
Sucha masa (‰)	33,4	35,5	34,6	34,7	35,6	34,3	34,4
$N \times 6,25$ (‰ subst. pierw.)	18,5	16,9	15,8	16,3	15,8	16,5	17,0
$N \times 6,25$ (‰ suchej subst.)	55,3	47,5	45,5	46,8	44,3	48,1	49,5
Popiół (‰ suchej subst.)	—	12,6	11,8	11,9	10,2	12,7	11,7
Potas (‰ w popiele)	—	12,2	12,4	10,3	8,5	11,1	10,3
Potas (‰ subst. pierw.)	—	0,547	0,505	0,388	0,370	0,406	0,413
Potas (‰ suchej subst.)	—	1,54	1,46	1,12	1,08	1,14	1,20
Całk. potas w 1 tuszce (g)	—	0,236	0,272	0,168	0,134	0,196	0,175

Wykorzystanie białka. Wyniki zebrane w tabeli II wskazują, że wykorzystanie białka z diety było lepsze przy wzbogaceniu w lizynę, oraz że dodatek potasu nie miał wpływu na wykorzystanie białka. Tak więc, tylko lizyna a nie potas poprawiała współczynnik wydajności wzrostowej dla kaszki pszennej.

Skład chemiczny wątroby. Wątroby szczurów karmionych dietą uzupełnianą lizyną ważyły więcej, zawierały mniej wody i znacznie mniej tłuszczów niż wątroby szczurów karmionych białkiem pszenным wzbogaconym (tab. III). Może to służyć jako dodatkowy dowód, że diety zawierające białko niedoborowe w lizynę powodują stłuszczenie wątroby (1, 19), czemu można zapobiec uzupełniając białko tym aminokwasem. Dodatek potasu do diet ubogich w lizynę miał tylko nieznaczny efekt lipotropowy.

Skład tuszek. Zawartości wilgoci i azotu w tuszkach szczurów wszystkich grup (tab. IV) nie były statystycznie różne. Zawartość popiołu była niższa w tuszkach tych szczurów grupy C (niedobór lizyny, niedobór potasu), które w trakcie doświadczenia utraciły sierść. Zawartość potasu w tuszkach szczurów karmionych dietami ubogimi w potas (grupy C i D) była z namiennie niższa (20%) niż u szczurów, którym dostarczono znaczniejsze ilości soli potasowych w diecie. Prawdopodobnie niedobór lizyny w diecie C działał jako dodatkowy czynnik zaostrzający niedobór potasu, gdyż tuszki szczurów z tej grupy zawierały nieco mniej potasu niż w grupie D (niedobór potasu, dodatek lizyny). Poziom potasu w tuszkach szczurów obserwowany w tej pracy (tab. IV) jest zbliżony do poziomu zaobserwowanego przez *Muntwylera* (20). *Holliday* i *Segar* (21) stwierdzili podobny jak u nas (15—18%) spadek zawartości potasu w mięśniach szczurów trzymanyh 28 dni na diecie ubogiej w potas. *Eckel* (4) zaobserwował, że u zwierząt z niedoborem potasu lizyna może go zastępować do ok. 10 milimoli kationu na 1 litr wody międzykomórkowej i zasugerował, że aminokwas ten wchodzi na miejsce jonu potasowego utraconego z komórek, opóźniając szkodliwy wzrost stężenia jonów sodowych. Jeżeli dowóz sodu w diecie nie jest ograniczony (jak w naszym doświadczeniu), spadek zawartości potasu tkankowego prowadzi szybko do wymiany jonów potasowych na sodowe, a gdy proces ten raz się rozpocznie, lizyna nie może już poprawić sytuacji.

STRESZCZENIE I WNIOSKI

Cztery diety zawierające kaszkę pszenną jako jedyne źródło białka (8% białka w diecie) były wzbogacone lizyną w ilościach 0 lub 0,25% — łącznie lub niezależnie ze wzbogaceniem w potas w ilościach 0 lub 0,41% — i podawane *ad libitum* czterem grupom rosnących szczurów. Po 4 tygodniach doświadczenia szczury były zabijane przez odcięcie głowy; ich wątroby analizowano na zawartość wilgoci i tłuszczów, a ich tuszki na zawartość wilgoci, azotu, popiołu i potasu.

Ilość białka syntezowanego w ciele szczurów w stosunku do białka spożytego w diecie była z namiennie wyższa przy wzbogaceniu diety lizyną. Sole potasu nie dały tego efektu.

Otłuszczenie wątroby powstawało u szczurów na diecie z niedoborem lizyny. Wzbogacenie diety lizyną zapobiegało powstawaniu otłuszczenia

wątroby u szczurów doświadczalnych; wzbogacenie diety solami potasu nieznacznie tylko obniżało zawartość tłuszczu w wątrobie.

Tuszki szczurów karmionych dietami ubogimi w potas zawierały o 20% mniej potasu niż znajdowano go u szczurów karmionych dietami z dostateczną ilością potasu. U osobników, które utraciły część sierści (łysiały) w czasie doświadczenia spadek zawartości potasu w tkankach był nawet większy.

Я. За л ь с к и, Р. С. Х а р р и с (R. S. Harris)

ДОБАВКА ЛИЗИНА И СОЛЕЙ КАЛИЯ К ПШЕНИЧНОМУ БЕЛКУ В КОРМЕ КРЫС

Содержание

Диета содержащая пшеничную крупу как единственный источник белка (8% белка в диете) была обогашена или лизином или добавкой солей калия. Диету подавали крысам *ad libitum* в продолжении четырех недель. Добавка лизина вызывала лучшее использование белка диеты. Соли калия не увеличивали использования белка однако умеряли некоторые явления недостатка лизина (ожирение печени). В исследованиях с крысами авторы не могли добиться такого успеха с обогашением белка солями калия — которого добились некоторые исследователи в исследованиях с младенцами.

J. Załęski, R. S. Harris

EFFECTS OF POTASSIUM AND LYSINE SUPPLEMENTED WHEAT FARINA WHEN FED IN THE DIETS OF RATS

Summary

Four diets containing wheat farina as the sole source of protein (8%) were supplemented with 0 and 0,25% of lysine and or with 0 and 0,41% of potassium and fed *ad libitum* to four groups of weanling rats. Rats were sacrificed by decapitation at the end of 28 days; their livers were analyzed for moisture and lipid content, and carcasses were analyzed for moisture, nitrogen, ash and potassium content.

The amount of carcass protein synthesized per gram of protein fed was significantly improved by the addition of lysine to the diet, but not by the addition of potassium.

The formation of „fatty livers” was observed in the rats on the lysine-deficient diets. These „fatty livers” were prevented by the addition of lysine. A similar but much milder effect was produced by the addition of potassium.

The carcasses of rats fed diets low in potassium were 20% lower in potassium content than those of rats fed an adequate amount of potassium. This decrease was even greater in rats fed a diet deficient both in potassium and lysine.

The synthesis of carcass protein by weanling rats was not significantly increased when potassium was added to a farina diet containing 8% protein. The controls on the potassium-low diet showed a remarkable decrease of body potassium.

PIŚMIENNICTWO

1. Harris R. S., Burrell D. A.: *J. Nutr.*, 67, 549, 1959. — 2. Hegsted D. M., Mills R. C., Elvehjem C. A., Hart E. B.: *J. Biol. Chem.*, 138, 459, 1941. — 3. Conway E. J., Hingerty D.: *Bioch. J.*, 42, 372, 1948. — 4. Eckel R. E., Pope C. E., Norris J. E. C.: *Arch. Bioch. Bioph.*, 52, 293, 1954. — 5. Iacobellis M., Muntwyler E., Dodgen C. L.: *Am. J. Physiol.*, 185, 275, 1956. — 6. Eliel L. P., Pearson O. H., White L. C.: *J. Clin. Invest.*, 31, 419, 1952. — 7. Frost D. V., Sandy H. R.: *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 83, 102, 1953. — 8. Metcalf J., Frenk S., Gordillo G., Gomez F., Ramo-Galwan R., Cravioto J., Janeway C. A., Gamble J. L.: *Pediatrics*, 20, 317, 1957. — 9. Senecal J.: *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 69, 916, 1958. — 10. Behar M., Viteri F., Bressani R., Arroyave G., Squibb R. L., Scrimshaw N. S.: *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 9, 954, 1958.

11. Gillis M. B.: *J. Nutr.*, 36, 351, 1948. — 12. Roine P., Booth A. N., Elvehjem C. A., Hart E. B.: *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 71, 90, 1949. — 13. Heinicke H. R., Harper A. E., Elvehjem C. A.: *J. Nutr.*, 58, 269, 1956. — 14. Whitney J. E., Bennett L. L.: *Fed Proc.*, 9, 134, 1950. — 15. Leach R. M., Dam R., Zeigler T. R., Norris L. C.: *J. Nutr.*, 68, 89, 1959. — 16. Gershoff S. N., Coutino-Abath E., Antonowicz J., Mayer A. L., Shen G. S. H., Andrus S. B.: *J. Nutr.*, 67, 29, 1959. — 17. Barness L. A., Kaye R., Valyasevi A.: Lysine and Potassium Supplementation of wheat Protein. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1961 (w druku). — 18. Winton A. L., Winton K. B.: *The Analysis of Food*, s. 231, 2, Wiley, New York 1945. — 19. Li J. C. R.: *Introduction to Statistical Inference*, Edwards Bros., Ann Arbor, Michigan 1957. — 20. Harper A. E.: *Am. J. Clin. Nutr.* 6, 242, 1958.

21. Muntwyler E., Griffin G. E.: Iacobellis M.: *Am. J. Physiol.*, 195, 347, 1958. — 22. Holliday M. A., Segar W. E.: *Am. J. Physiol.*, 191, 610, 1957.