

WPŁYW JAKOŚCI I ILOŚCI BIAŁKA W DAWCE POKARMOWEJ NA PRZEMIANĘ ŻELAZA I MIEDZI

*Stefania Iwańska, Danuta Strusińska, Barbara Tyszko,
Aniela Falkowska*

Instytut Żywienia i Gospodarki Paszowej AR-T w Olsztynie
Dyrektor: prof. dr hab. Cz. Lewicki

Obecnie, kiedy drogie i deficytowe białka zwierzęce są zastępowane coraz częściej białkami roślinnymi, konieczne są badania nad natężeniem i kierunkami przemiany nie tylko białkowej, ale także innych składników pokarmowych, zwłaszcza ściśle związanych z przemianą białek — pierwiastków mineralnych. Można bowiem przypuszczać, że zmiana rodzaju białka zawartego w paszy, jak również stosowane technologie produkcji pasz, mogą zmieniać nie tylko natężenie i kierunek przemian związków azotowych w organizmie, lecz również modyfikować pośrednio przemianę tych składników mineralnych, których metabolizm jest ściśle związany z białkami.

Celem podjętych przez nas badań było określenie współzależności między jakością i ilością białka w dawce pokarmowej a przemianą żelaza i miedzi w organizmie.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono na rosnących szczurach o ciężarze ciała 155-170 g, żywionych przez trzy tygodnie dawką pokarmową, w której źródłem białka było białko jaja, kazeina lub białczan sodu w ilości 12 lub 4⁰%. Każda dieta oprócz jednego z wyżej wymienionych białek zawierała ponadto: skrobię pszenną, olej sojowy, sacharozę, składniki mineralne i witaminy w ilościach ściśle określonych normami [8].

U badanych szczurów oznaczano: zawartość żelaza w osoczu krwi i wątrobie [9], zdolność wiązania żelaza przez białka osocza i procent ich wysycenia metodą Ramsaya [11] w połączeniu z metodą Kitzesa [9], zawartość ceruloplazminy w osoczu wg Ravina [12] w modyfikacji Co-

lombo i Richtericha [3], poziom miedzi związanej z albuminą osocza oraz poziom miedzi tzw. ceruloplazminowej metodą Gublera [5, 6], zawartość miedzi w krwinkach czerwonych oraz w wątrobie wg Welshmana [14].

Po wstrzyknięciu dożylnym $0,5 \mu\text{Ci } ^{59}\text{Fe}$ (w postaci cytrynianu żelazowego o aktywności właściwej $5,5-10 \text{ mCi/mg Fe}$) lub $30-50 \mu\text{Ci } ^{64}\text{Cu}$ (w postaci chlorku miedzi o aktywności właściwej $15-30 \text{ mCi/mg Cu}$), badano szybkość oczyszczania się osocza z ^{59}Fe lub ^{64}Cu , okres półzaniku ($T_{1/2}$), obrót żelaza i miedzi w osoczu oraz obrót żelaza w krwinkach czerwonych, jak również stopień włączenia żelaza lub miedzi radioaktywnej do szpiku i wątroby [1].

Uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej [13].

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Otrzymane wyniki badań wykazały, że rodzaj i ilość białka w diecie ma istotny wpływ na zawartość żelaza w osoczu i wątrobie (tab. 1). Poziom żelaza w osoczu krwi był istotnie niższy u zwierząt otrzymujących w diecie białczan sodu. Ten obniżony poziom żelaza w osoczu oraz wzrost zdolności białek osocza do wiązania żelaza, przy jednoczesnej istotnie wyższej zawartości żelaza w wątrobie, w tej grupie szczurów, sugeruje ograniczoną zdolność wątroby do uwalniania żelaza. Jakkolwiek mechanizm hamujący uwalnianie żelaza z wątroby, przy obniżeniu lub jakościowym niedoborze białka w diecie, jest dotychczas nieznany, tym niemniej znalazł on potwierdzenie w badaniach innych autorów [7, 10].

Badania dynamiki przemiany żelaza z użyciem ^{59}Fe , wstrzykniętego dożylnie po uprzednim związaniu *in vitro* z transferyną, wykazały, że półokres oczyszczania się osocza z ^{59}Fe był zbliżony w grupach otrzymujących w diecie 12% białka (tab. 1). Natomiast u zwierząt żywionych dietą zawierającą 4% kazeiny lub białczanu sodu, czas niezbędny do oczyszczania się osocza z połowy wprowadzonej ilości ^{59}Fe był o 1/3 dłuższy w stosunku do danych uzyskanych u szczurów otrzymujących 12% kazeiny lub białczanu sodu. Współzależność między półokresem zaniku ($T_{1/2}$) i zawartością żelaza w osoczu znalazła odbicie w wynikach ilustrujących obrót żelaza we krwi. Wykazano, że w ciągu doby białka osocza wiązały i uwalniały zbliżone ilości żelaza we krwi szczurów otrzymujących w dawce pokarmowej 12 lub 4% białka jaja względnie kazeiny. Natomiast u szczurów żywionych dietą zawierającą 12% białczanu sodu, obrót żelaza w osoczu był niższy około 25%, a o 40% w grupie otrzymującej 4% białczanu sodu. Również obrót żelaza w krwinkach czerwonych w grupie zwierząt otrzymujących białczan sodu był około 2-krotnie niższy od stwierdzonego u szczurów żywionych białkiem

jaja (tab. 1). Skrócony obrót żelaza w krwinkach czerwonych wiązał się przypuszczalnie ze skróceniem okresu życia krwinek, co wykazali w swoich badaniach Cartwright i wsp. [2].

Tabela 1

Poziom i obrót żelaza w osoczu badanych szczurów
The level and turnover of iron in blood plasma of experimental rats

Poziom białka w diecie Level of protein in diet %	Żelazo w 100 ml osocza Blood plas- ma iron µg%	Całkowita zdolność wysycenia transferyny osocza że- lazem Total iron binding ca- pacity µg%	Zawartość żelaza w 1 g wątroby µg Iron content in liver µg/g	T 1/2 oczyszczania się osocza Blood plas- ma clearance of ⁵⁹ Fe min	Osoczowy obrot żelaza mg/100 ml krwi/dobę Plasma iron turnover mg/100 ml blood/day	Obrót żelaza w krwinkach mg/100 ml krwi/dobę RBC Iron turnover mg/100 ml blood/day
Białko jaja						
12	352	808	61,0	58	3,58	2,32
4	355	773	62,3	60	3,49	2,56
Kazeina						
12	340	816	66,3	54	3,59	1,64
4	381	809	82,5	72	3,18	1,52
Białczan sodu						
12	265**	941**	118,6**	58	2,70	1,47
4	270**	957**	106,5**	72	2,16	1,19

Badania przemiany miedzi przy różnym poziomie i jakości białka w dawce pokarmowej wykazały, że zawartość miedzi całkowitej w osoczu krwi i ceruloplazminy oraz poziom miedzi w krwinkach czerwonych były wyższe w grupach zwierząt otrzymujących 12% białka w diecie (tab. 2). Najwyższą zawartość miedzi całkowitej w osoczu stwierdzono u szczurów żywionych białkiem jaja. Jednocześnie u tych zwierząt obserwowano najniższą ilość miedzi związanej z albuminami. Natomiast najwyższy poziom tzw. miedzi albuminowej stwierdzono u szczurów żywionych białczanem sodu. Zwiększony poziom miedzi albuminowej w osoczu krwi szczurów, otrzymujących jako źródło białka w diecie kazeinę lub białczan sodu, był przypuszczalnie wynikiem swoistej adaptacji organizmu, warunkującej równowagę procesów wchłaniania miedzi oraz zapewniającej optymalne przenoszenie tego pierwiastka do wątroby i szpiku.

Zawartość ceruloplazminy w osoczu szczurów otrzymujących w die-

Poziom ceruloplazminy oraz zawartość i obrót miedzi w osoczu krwi badanych szczurów
The ceruloplasmin level, content and turnover of copper in blood plasma of experimental rats

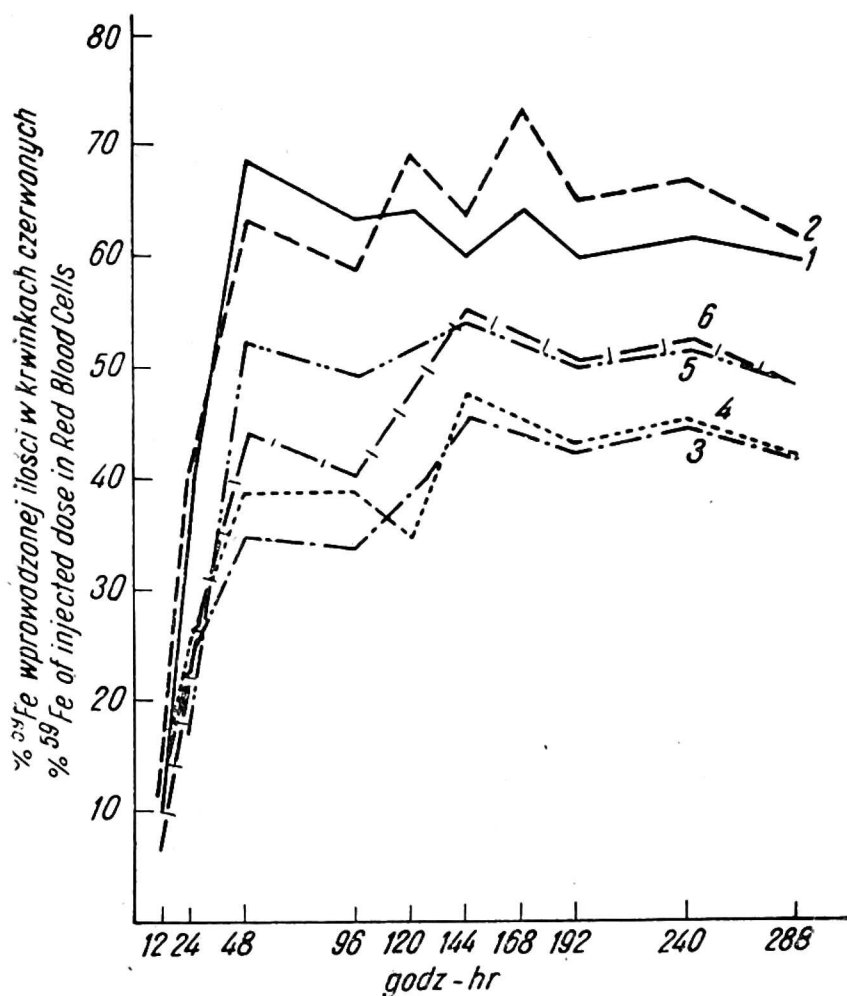
Poziom białka w diecie Level of protein in diet %	Zawartość Cu w osoczu krwi Content of copper in blood plasma										Półokres ubywania ⁶⁴ Cu z osocza T 1/2 Half- time of pla- sma clearance of ⁶⁴ Cu min	Obrót ⁶⁴ Cu w osoczu mg/100 ml krwi/dobę Turnover of plasma copper mg/100 ml/ day				
	Ceruloplaz- mina w osoczu Ceruloplas- min in blood		Cu całkowita osocza plasma Cu total		Cu albumino- wa (direct) albumin copper		Cu ceruloplaz- minowa (indirect) ceruloplasmin copper		Procent Cu alb./cerul. Per cent of total Cu reac- ting directly				Cu w krwin- kach czer- wonych Cu in red blood cells µg%		Cu w jednej krwince czerwonej Mean cor- puscular copper µ, µg	
	mg%		mg%		µg %		µg %		µg %				µg %		µg	
12	94,3		461,9	62,3		399,6	15,6		94,0		81	5	48,5			
4	92,6		413,4	56,6		356,8	15,9		91,0		78	8	28,2			
12	73,4**		424,0**	93,6**		330,4**	28,3		105,0		86	8	28,7			
4	66,0**		415,7	86,7**		329,00	26,4		97,0		77	14	17,0			
12	65,8**		392,8**	101,3**		291,5**	34,8		108,1		91	10	22,0			
4	64,4**		380,7**	103,2**		277,5**	37,2		96,0		82	20	10,8			

** Różnica statystycznie wysoce istotna — highly significant difference.

cie kazeinę lub białczan sodu była zbliżona i istotnie niższa od wartości uzyskanej u zwierząt żywionych białkiem jaja (tab. 2). Na podkreślenie zasługuje fakt, że niektórzy autorzy [4] uważają obniżenie poziomu ceruloplazminy w osoczu za jeden z najwcześniejszych objawów niedoboru miedzi lub zakłócenia jej przemiany w organizmie.

Zmiany, jakie stwierdzono w zdolności albumin do wiązania miedzi oraz obniżony poziom ceruloplazminy w osoczu, znalazły odbicie nie tylko w ogólnej zawartości miedzi w osoczu, ale i dynamice obrotu tego pierwiastka we krwi (tab. 2).

U zwierząt otrzymujących w diecie 12% białka półokres ubywania ^{64}Cu z osocza był istotnie krótszy niż w grupie żywionej dietą zawierającą 4% białka. Obniżenie poziomu białka w diecie powodowało znaczne wydłużenie półokresu ubywania ^{64}Cu z osocza, szczególnie u zwierząt otrzymujących jako źródło białka w dawce pokarmowej kazeinę lub białczan sodu.



Rys. 1. Stopień włączenia ^{59}Fe do krwinek czerwonych

1 — 12% białko jaja, 2 — 4% białko jaja, 3 — 12% kazeina, 4 — 4% kazeina
5 — 12% białczan sodu, 6 — 4% białczan sodu

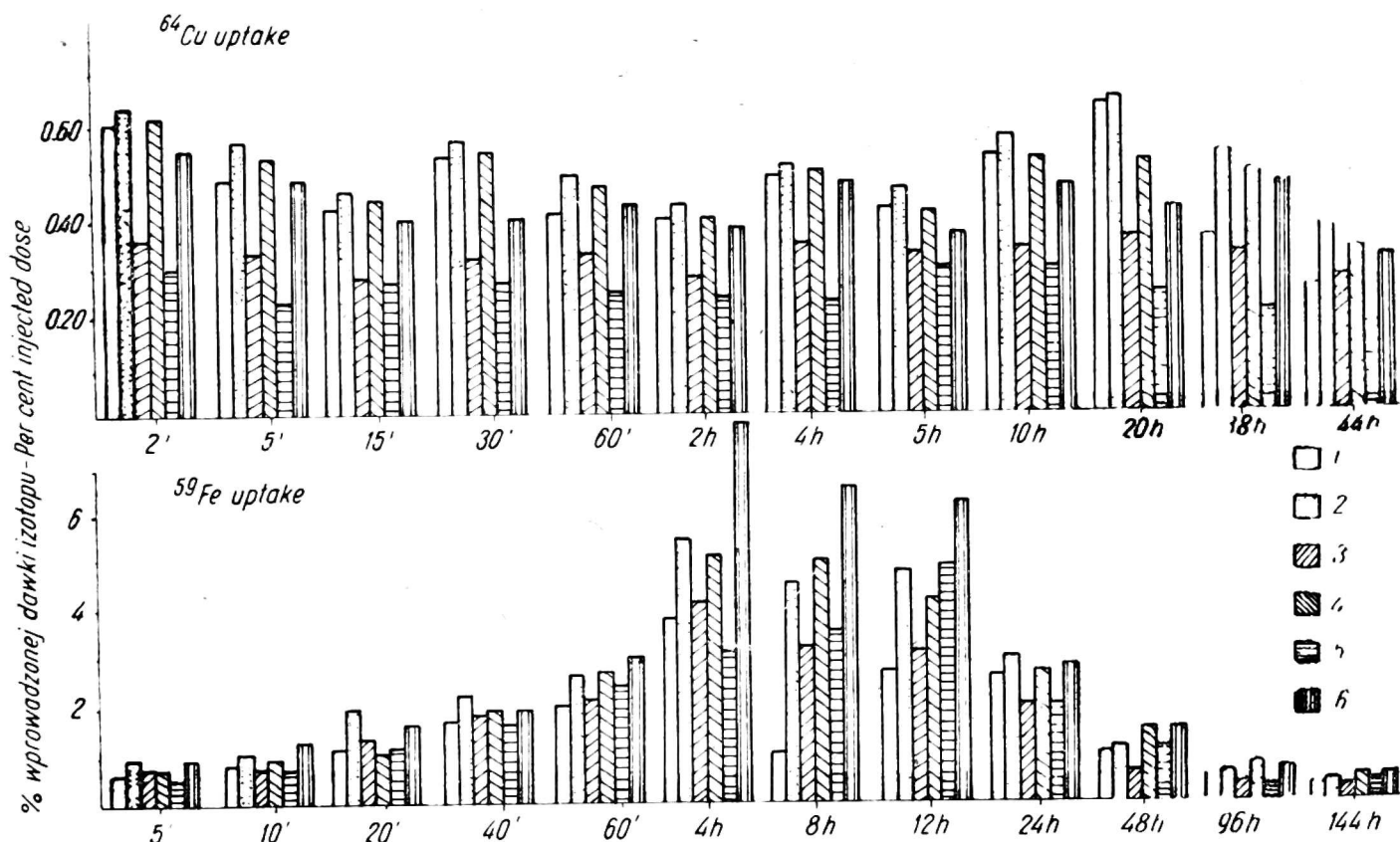
Fig. 1. Incorporation rate of ^{59}Fe in red blood cells

1 — 12% whole egg protein, 2 — 4% whole egg protein, 3 — 12% casein, 4 — 4% casein, 5 — 12% proteinate, 6 — 4% proteinate

Żywienie dawką pokarmową zawierającą 4% kazeiny wpływało na zmniejszenie obrotu miedzi w osoczu o 40%, a zawartość w diecie 4% białczanu sodu powodowała obniżenie obrotu miedzi o ponad 60%.

Badania dynamiki gromadzenia i uwalniania żelaza i miedzi radioaktywnej z narządów wykazały, że aktywność włączenia ^{59}Fe i ^{64}Cu do wątroby i szpiku była uwarunkowana zarówno ilością jak i rodzajem białka w dawce pokarmowej.

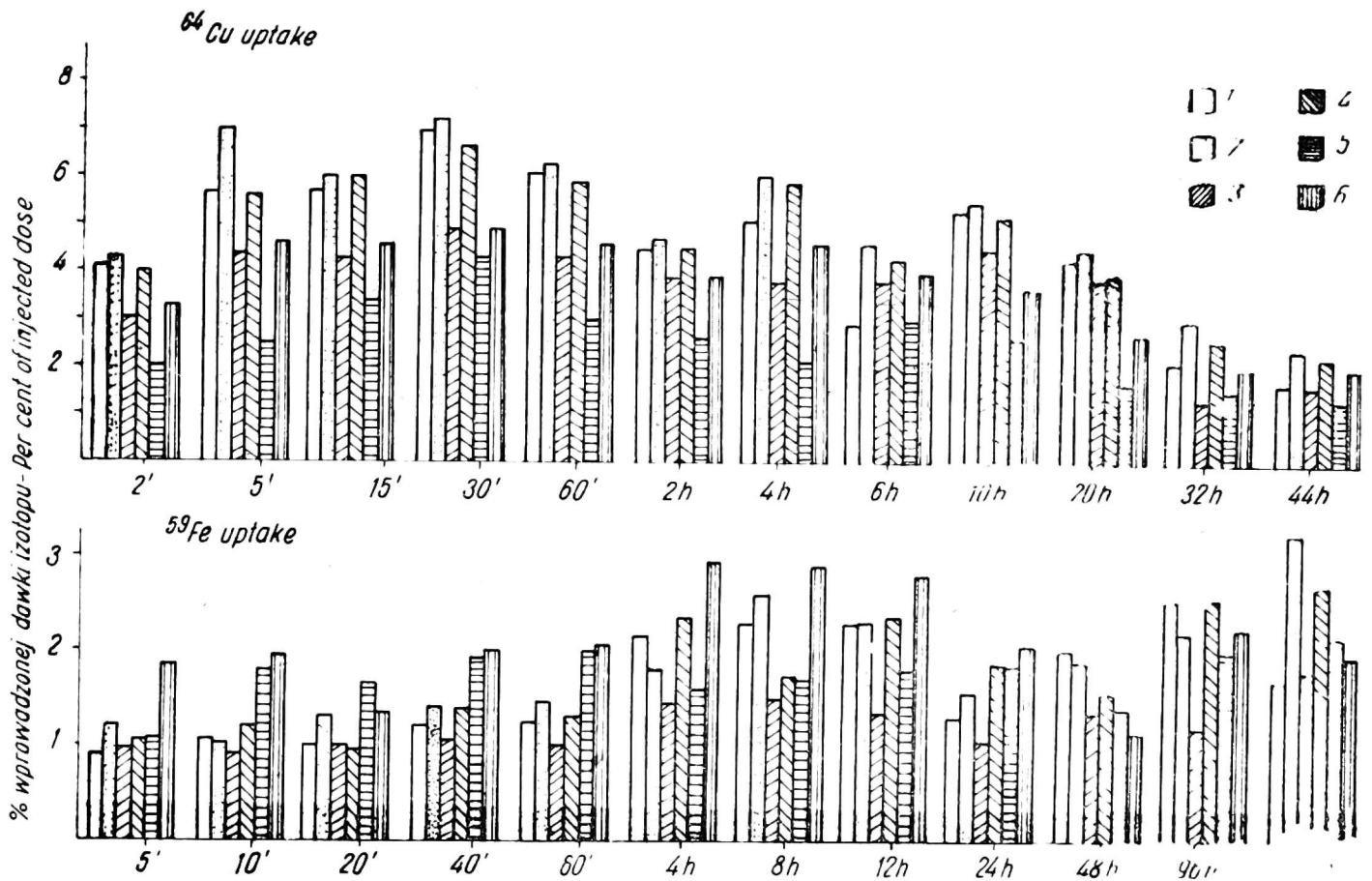
Największą aktywność gromadzenia ^{59}Fe w wątrobie i szpiku stwierdzono w grupie szczurów otrzymujących jako źródło białka w diecie białczan sodu (rys. 2, 3). Natomiast stopień włączenia ^{64}Cu do tych na-



Rys. 2. Włączenie ^{64}Cu i ^{59}Fe do 1 g szpiku

Fig. 2. The ^{64}Cu and ^{59}Fe uptake in bone marrow (in 1 g of tissue)

rzędów w tej grupie był najniższy. Największą zdolnością do gromadzenia ^{64}Cu w wątrobie i szpiku charakteryzowały się szczury otrzymujące jako źródło białka w diecie białko jaja. Wykazano zależność między ilością białka w diecie a zdolnością do gromadzenia żelaza i miedzi w wątrobie i szpiku (rys. 2, 3). Natomiast nie stwierdzono korelacji między ilością żelaza radioaktywnego w szpiku i aktywnością wbudowywania tego pierwiastka do krwinek czerwonych. Najwyższy procent włączenia ^{59}Fe do krwinek czerwonych stwierdzono u szczurów żywionych białkiem jaja, a najniższy w grupie otrzymującej w diecie kazeinę (rys. 1).

Rys. 3. Włączenie ^{64}Cu i ^{59}Fe do 1 g wątrobyFig. 3. The ^{64}Cu and ^{59}Fe uptake in liver (in 1 g of tissue)

Ograniczenie ilości białka w dawce pokarmowej do 4% wpłynęło na stopień włączenia żelaza do krwinek czerwonych, szczególnie w pierwszych 120 godzinach od momentu dożylnego wprowadzenia izotopu.

WNIOSKI

Żywienie rosnących szczurów dietami zawierającymi białko niepełnowartościowe (kazeina, białczan sodu) lub obniżenie poziomu w dawce pokarmowej istotnie wpływa na:

- zawartość ceruloplazminy w osoczu krwi,
- zwiększenie poziomu miedzi związanej z albuminami,
- zmianę procentowego stosunku miedzi albuminowej do ceruloplazminowej,
- wydłużenie półokresu ($T_{1/2}$) oczyszczania się osocza z ^{59}Fe i ^{64}Cu ,
- wielkość obrotu żelaza i miedzi w osoczu oraz ^{59}Fe w krwinkach czerwonych,
- aktywność gromadzenia i uwalniania żelaza i miedzi w wątrobie i szpiku,
- stopień włączenia ^{59}Fe do krwinek czerwonych.

LITERATURA

1. Bothwell T. H., Hurtade A. V., Donohue D. M., Finch C. A.: Blood, 12, 1957, 409-427.
2. Cartwright G. H., Wintrobe M. M.: J. Biol. Chem., 176, 1948, 571-583.
3. Colombo J. P., Richterich R.: Schweiz. Med. Wschr., 94, 21, 1964, 715-720.
4. Evans G. W.: World Review of Nutrition and Dietetics, edited by G.H. Bourne, Basel; Kierger 17, 1973, 225-249.
5. Gubler C. J., Lahey M. E., Ashenbrucker H., Cartwright G. E., Wintrobe M. M.: J. Biol. Chem., 194, 1, 1952, 209-220.
6. Gubler C. J., Lahey M. E., Cartwright G. E., Wintrobe M. M.: J. Clin. Inv., 32, 2, 1953, 405-414.
7. Hristić V., Nikolić J. A., Stošić A.: Acta vet. scand., 11, 1970, 16-30.
8. Iwańska S., Tyszko B., Falkowska A., Strusińska D., Lewicki Cz.: Sprawozdanie z badań naukowych, ART Olsztyn 1977.
9. Kitzes G., Elvehjem C. A., Schnette H. D.: J. Biol. Chem., 155, 1944, 653-660.
10. Pollycove M., Mortimer R.: J. Clin. Invest., 40, 1961, 753-782.
11. Ramsay W. N. M.: Clin. Chim. Acta, 2, 1957, 221-226.
12. Ravin H. A.: J. Lab. Clin. Med., 58, 1, 1961, 161-168.
13. Ruszczyc Z.: Metodyka doświadczeń zootechnicznych. PWRiL Warszawa 1970.
14. Welshman S. G.: Clin. Chim. Acta, 5, 4, 1960, 497-498.

С. Иваньска, Д. Струсиньска, Б. Тышко, А. Фальковска

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ УРОВНЕЙ И КАЧЕСТВА ПРОТЕИНА В РАЦИОНЕ НА ОБМЕН ЖЕЛЕЗА И МЕДИ

Резюме

Исследовали связь между источником и уровнем протеина в рационе с одной стороны и обменом железа и меди с другой. Соответствующие опыты проводились на растущих крысах кормимых в течение 3 недель рационом содержащим 12 или 4% яичного белка, казеина и протеината натрия.

Установлено, что различия в качестве протеина или снижение его уровня оказывают влияние на уровень церулоплазмينا в плазме, меди связанной непосредственно с альбумином, а косвенно с церулоплазмином, а также на содержание железа и общую способность связывания железа. В группе крыс кормимых рационом с содержанием казеина или протеина натрия, полупериод очистки плазмы ($T_{1/2}$) и скорости оборота ^{59}Fe и ^{64}Cu в плазме крови были ниже, чем в группе кормимой белком. Исследования показали, что изменения в перемещении железа и меди, а также в активности накапливания железа и меди в печени и в темпах торможения эвакуации вышеуказанных элементов оказывали существенное влияние на включение железа и его оборот в красных кровяных тельцах.

S. Iwańska, D. Strusińska, B. Tyszko, A. Falkowska

EFFECT OF DIFFERENT LEVEL AND QUALITY OF PROTEIN
IN THE DIET ON IRON AND COPPER METABOLISM

Summary

The relationship between the source and level of protein in the diet and the iron and copper metabolism was studied. The respective experiments were carried out on growing rats fed throughout 3 weeks a diet with 12% or 4% of egg white, casein or sodium proteinate.

It has been found that differences in quality or level of protein affected the plasma ceruloplasmin level, plasma level of "direct" albumin-bound copper and "indirect" ceruloplasmin-bound copper as well as iron level in plasma and total iron-binding capacity. In rats fed a diet with casein or sodium proteinate half-time ($T_{1/2}$) plasma clearance and turnover rate of ^{59}Fe and ^{64}Cu in blood plasma were lower as compared with the group fed egg white. The study showed that changes in copper and iron plasma transport as well as the activity of iron and copper accumulation and release rate from liver influenced the iron incorporation and turnover in circulating red blood cells.