

KAZIMIERZ BLAIM

*Laboratorium Biochemiczne IUNG — Puławy*

## BIAŁKO ROŚLINNE JAKO ZAGADNIENIE BIOLOGICZNE I ROLNICZE

Białko należy do jednych z najpotrzebniejszych pokarmów człowieka i dlatego wśród zagadnień dotyczących wyżywienia problem białka jest niewątpliwie najważniejszy.

Jak wykazały liczne doświadczenia wykonane na zwierzętach, nie wszystkie białka znajdujące się w pokarmach są jednakowo cenne z punktu widzenia biologicznego.

Od czasu prac K. Thomasa z 1909 r. mówi się ciągle o dużej wartości biologicznej białka zwierzęcego i małej, względnie niedostatecznej wartości biologicznej białka roślinnego.

W wyniku badań przeprowadzonych przez Rose i jego współpracowników w latach 1936—1949, pojęcie wartości biologicznej białka uzyskało swą podbudowę biochemiczną.

W licznych doświadczeniach przeprowadzonych ze zwierzętami przekonano się, że odpowiednio dobrane mieszanki aminokwasów mogą całkowicie zastąpić pokarm białkowy w pożywieniu. Zwierzęta żyły i rozwijały się normalnie, nie wykazując objawów głodu białkowego, chociaż otrzymywały pożywienie bezbiałkowe, ale uzupełnione odpowiednimi aminokwasami.

Na podstawie tych i innych jeszcze prac stwierdzono, że dla zdrowia zwierząt nieodzowna jest obecność w pokarmie 9, względnie 10 spośród występujących w białkach 20 aminokwasów.

Do tych tak zwanych aminokwasów egzogennych Rose zaliczył następujące: leucynę, fenyloalaninę, walinę, lizynę, metioninę, izoleucynę, treoninę, tryptofan i histydynę. Zaliczony początkowo 10 aminokwas — arginina do szeregu aminokwasów egzogennych, okazał się dla dorosłego człowieka związkiem endogennym, tj. takim, którego organizm zdolny jest do całkowitej syntezy.

Badania późniejsze, które prowadził Rose, wykazały, że również i histydyna nie jest związkiem koniecznym dla normalnego życia człowieka. Tak więc ustalono ostatecznie, że organizm ludzki wymaga 8 aminokwasów, które powinny znajdować się w pożywieniu. Jako tak zwany aminokwas półegzogenny uznano jeszcze cystynę.

Dla większości organizmów zwierzęcych, oprócz 8 całkowicie dla człowieka egzogennych aminokwasów, niezbędnym składnikiem pokarmowym jest jeszcze histydyna. Pozostałe aminokwasy potrzebne do budowy białek mogą być samodzielnie syntetyzowane zarówno przez organizm człowieka, jak i zwierząt. Ze zwierząt domowych jedynie kury wymagają, oprócz wymienionych 9 aminokwasów, jeszcze argininy. W specjalnych warunkach wydają się niezbędne dla kurcząt również i inne jeszcze aminokwasy (glicyna, kwas glutaminowy i prolina), które nie są w odpowiedniej ilości syntetyzowane przez organizm.

Dalsze badania dotyczące zagadnienia aminokwasów egzogennych pozwoliły na wykrycie bardzo interesującego zjawiska. Okazało się mianowicie, że wszystkie te aminokwasy są fizjologicznie aktywne tylko wówczas, o ile zostaną dostarczone organizmowi równocześnie i to w ściśle określonych stosunkach ilościowych. Już niewielka nawet zwłoka, nieprzekraczająca jednej godziny, pomiędzy dostarczeniem np. 7 aminokwasów a brakującym egzogennym aminokwasem ósmym czyni dostarczoną mieszaninę całkowicie bezwartościową z punktu widzenia pokarmowego. Zjawisko to zostało w 1954 r. określone trafnie przez Kühnau jako prawo „wszystko albo nic” (Alles — oder — Nichts — Gesetz). To swoiste „prawo Liebiga” wyjaśnia nam, dlaczego jeden lub dwa brakujące względnie występujące w niewystarczającej ilości aminokwasy egzogenne czynią określone białko biologicznie mało wartościowym.

Znamy już obecnie szereg pokarmów pochodzenia roślinnego z niekompletną ilością aminokwasów. U kukurydzy takimi brakującymi egzogennymi aminokwasami są lizyna i tryptofan, u zbóż chlebowych — lizyna, u grochu — metionina. Aby otrzymać pełnowartościowość biologiczną białka grochu, wystarczy już 0,3 do 0,6% dodatek metioniny względnie, co na jedno wyjdzie — zmieszanie grochu z kiełkami pszennymi.

Z punktu widzenia fizjologii żywienia zbliżonym do ideału białkiem, tj. posiadającym najlepszy skład aminokwasów egzogennych, jest jajko. Z tego względu O s e r wprowadził w 1952 r. tak zwany indeks kwasów egzogennych (Essential — Amino — Acid — Index, znany również w skrócie EAA-index) dla oznaczenia wartości biologicznej danego białka w porównaniu do białka jaja. Oprócz jaja jedynie jeszcze mleko posiada białko pełnowartościowe i z tego względu indeks ich określa się liczbą 100, względnie bardzo do niej zbliżoną. Żaden inny pokarm pochodzenia zwierzęcego czy też roślinnego nie posiada białka o tak idealnym układzie aminokwasów egzogennych i wartość biologiczna wyrażona w jednostkach EAA wyraża się zawsze liczbą mniejszą od 100. Im białko posiada mniejszą wartość biologiczną, tym niższy jest indeks EAA.

Porównując wartości biologiczne białek roślinnych z białkami zwierzęcymi wyrażonych w indeksie EAA, na czoło wysuwa się z białek zwie-

rzęcych — białko mięsa wołowego z liczbą 87, zaś z białek roślinnych — białko ziemniaka, którego indeks dochodzić może do 80.

W tabeli zestawiono zawartość białka surowego i skład aminokwasowy niektórych produktów roślinnych w porównaniu do białka wołowego.

Zawartość 8 egzogennych aminokwasów (w g na 100 g białka surowego)  
wg Schuphan

Produkt	% białka surowego w przeliczeniu na suchą masę	Leucyna	Fenylalanina	Walina	Lizyna	Metyonina	Izoleucyna	Treonina	Tryptofan	EAA-indeks
Pszenica jara	15,95	6,5	4,1	4,0	3,1	1,1	5,3	2,8	1,3	58
Pszenica ozima	13,21	6,0	5,5	4,0	2,8	1,0	4,9	2,8	1,2	57
Zyto	9,63	6,3	5,2	5,2	3,8	1,2	5,1	3,1	1,4	64
Owies	14,63	7,2	6,0	5,7	3,9	1,0	5,3	3,7	1,3	67
Jęczmień	12,00	9,4	5,0	5,8	4,2	1,2	4,4	3,8	1,5	70
Groch	24,31	5,9	5,3	5,1	7,5	0,7	7,0	3,9	0,9	63
Fasola	22,80	5,9	6,2	6,7	5,2	0,7	7,7	4,4	0,7	62
Kapusta biała	16,75	5,7	2,1	3,6	3,7	0,6	3,5	2,9	0,7	41
Kapusta czerwona	18,44	4,6	2,3	3,7	4,1	0,6	3,9	3,2	0,8	45
Kalafior	23,25	8,1	3,9	5,5	5,3	0,9	4,1	5,0	1,5	65
Salata	31,22	6,1	3,4	4,5	5,0	0,7	5,6	4,9	0,3	50
Szpinak	29,25	7,2	5,1	5,1	5,6	1,2	5,1	4,8	1,0	68
Ziemniak	8,75	5,3	4,2	5,5	5,0	2,4	7,7	3,7	1,1	73
Mięso wołowe	86,19	9,7	3,9	6,2	8,1	2,9	7,7	4,3	1,1	87
Jajko	44,13	11,7	5,7	7,5	7,8	4,0	8,2	4,9	1,5	97

Z poszczególnych rodzajów zbóż, jak widać, najwyższą wartość ma białko jęczmienia, następnie kolejno idzie owies, żyto i pszenica. Z warzyw natomiast pod względem jakości białka wysuwa się szpinak. Tak więc duża wartość biologiczna pokarmów urozmaiconych (mieszanych) znajduje również swoje wytłumaczenie z uwagi na możliwość polepszania wartości biologicznej białka.

Z punktu widzenia rolniczego istotne znaczenie ma zagadnienie dotyczące wpływu czynników endo- i egzogennych na wartość biologiczną białka roślinnego, jak również problem występowania różnic w jakości, w zależności od miejsca jego występowania w roślinie (zmienność topograficzna). Chociaż badania dotyczące tych zagadnień są jeszcze bardzo

nieliczne, to jednak już z tego, co wiemy na ten temat, wynika jasno, że wartość biologiczna białka roślinnego ulega dużym wahaniom i, że wpływ na te wahania posiadają również czynniki agrotechniczne.

Z badań P o s t e l a wiemy np., że każda zmiana w zawartości białka surowego w jęczmieniu pod wpływem zmian w warunkach ekologicznych pociąga za sobą również zmiany w składzie aminokwasów egzogennych. Istnieje przy tym ściła współzależność pomiędzy ilością białka a udziałem w jego budowie poszczególnych aminokwasów. Wraz ze wzrostem zawartości białka spada szczególnie udział nie tylko deficytowej lizyny, ale również treoniny, waliny, argininy i histydyny. Jedynym aminokwasem egzogennym, którego udział wzrastał wraz ze wzrostem ilości białka, była fenyloalanina. Tak więc z punktu widzenia fizjologii żywienia wzrost zawartości białka w jęczmieniu związany jest z obniżaniem się jego wartości biologicznej.

Cytowane tutaj badania mają niewątpliwie duże znaczenie w hodowli jęczmienia, zwłaszcza muszą być brane pod uwagę w hodowli jęczmienia na dużą zawartość białka. W tym przypadku bowiem istnieje niebezpieczeństwo obniżenia się jego wartości biologicznej. Hordeina zawarta w jęczmieniu jest w pewnym sensie analogiem zeiny zawartej w kukurydzy.

Tak więc obniżanie się jakości białka przy zwiększającej się jego zawartości ma w zasadzie tę samą przyczynę zarówno w przypadku jęczmienia, jak i kukurydzy. Im wyższa jest w kukurydzy zawartość białka, przy tym jest to obojętne czy jest ona wywołana czynnikami dziedzicznymi, czy też zewnętrznymi — tym jest wyższy procentowy udział zeiny w białku ogólnym. Ponieważ w wyniku braku lizyny i tryptofanu jest ona białkiem mało wartościowym, dlatego też biologiczna wartość białka kukurydzy zmniejsza się wraz ze wzrostem jego ilości. Zagadnienie to związane jest więc w zasadzie z wartością biologiczną tzw. białek zapasowych, których jakość jest z reguły niższa w porównaniu do białek konstytucyjnych.

Jak można również sądzić z dotychczasowych danych, wartość biologiczna białka nie jest jednakowa we wszystkich częściach rośliny. Tak np. białko zewnętrznych warstw ziarna jęczmienia różni się znacznie jakością od białka endospermu. Wydaje się, że najbardziej wartościowe białko znajduje się w strefie największej aktywności biologicznej tkanek.

Wśród czynników agrotechnicznych szczególnie duży wpływ na wartość biologiczną białka ma odpowiednie nawożenie, zwłaszcza zaś nawożenie azotowe. Interesujące wyniki na ten temat uzyskał S c h u p h a n w swoich badaniach dotyczących wpływu azotu na zawartość aminokwasów egzogennych w białku ziemniaka. Z badań tych wynika, że poprzez

nawożenie azotowe można wpłynąć bardzo silnie zarówno na jakość, jak i na ilość białka. Brak, jak również zbyt obfite nawożenie azotem obniża wartość biologiczną białka. Wartość ta przedstawiona w jednostkach EAA wynosiła w przypadku braku azotu — 60, przy 50 kg N/ha wzrastała aż do 84, aby przy dawkach 100 kg N/ha spaść do 47. Przy dawce 200 kg N/ha wartość indeksu nie ulegała już praktycznie zmianom i wynosiła 46. Tak więc w warunkach doświadczalnych przeprowadzonych przez Schuphanna optymalną ilością azotu okazała się dawka 50 kg N/ha.

Oprócz azotu, pewne znaczenie dla wartości biologicznej białka roślinnego zdaje się mieć również potas. Ponieważ ze zwiększaniem ilości potasu zmniejsza się zawartość azotu białkowego i ogólnego, można oczekiwać również spadku zawartości aminokwasów egzogennych. I takie zjawisko, poza jednym wyjątkiem, rzeczywiście zachodzi. Wyjątkiem tym jest metionina, której zawartość w białku pod wpływem zwiększonych dawek potasu ma tendencję wzrostową. Z innych natomiast badań wynika, że zwiększone dawki azotu wpływają szczególnie silnie na zmniejszanie się metioniny w białku. Można wobec tego sądzić, że nawożenie potasem powinno spełniać pozytywną rolę jako czynnik niwelujący szkodliwe, z punktu widzenia wartości biologicznej białka, działanie nawozów azotowych.

Przedstawione tutaj wyniki niektórych badań dotyczących wpływu nawożenia na wartość biologiczną białka roślinnego mogą stanowić przykład, jak zmiany w technologii produkcji (w tym przypadku intensyfikacja produkcji roślinnej) prowadzą do powstawania nowych problemów stawianych do rozwiązywania nauce rolniczej.

Dokładniejsze poznanie w latach ostatnich istoty wartości biologicznej białka i swojego rodzaju rehabilitacja białka roślinnego może rzutować również w niedalekiej przyszłości na całokształt problematyki wyżywienia. Produkcja zwierzęca, jako produkcja biologiczna wtórna, jest z punktu widzenia ekonomicznego bardzo kosztowna w porównaniu z produkcją roślinną (produkcja biologiczna pierwotna).

Jeśli będziemy np. rozpatrywać to zagadnienie od strony białka, to jak można wykazać, z masy roślinnej wyprodukowanej z 1 ha otrzymuje się około 52 kg czystego białka wieprzowego, względnie 107 kg czystego białka wołowego. Odpowiednie natomiast wartości dla owsa wynoszą 213 kg, późnych ziemniaków 313 kg, a z wielu zielonych warzyw uzyskać można nawet 1250 kg czystego białka z ha.

Porównując te cyfry ze sobą i mając na uwadze obecne nasze wiadomości dotyczące wartości biologicznej białka należy sądzić, że w miarę wzrostu liczby ludności będziemy musieli przedstawiać się coraz bardziej na pokarm pochodzenia roślinnego.

## LITERATURA

1. Koblet R.: Über die Reservestoffbildung in landwirtschaftlichen Kulturpflanzen., *Experientia*, 3, 95, 1947.
2. Kühnau J.: Probleme der Eiweissernährung 5. Sonderh. *Landw. Forschung*, 29, 1954.
3. Oser B. L.: Method for integrating essential amino acid content in the nutritional evaluation of protein. *J. Amer. Dietet. Ass.*, 27, 369, 1951.
4. Postel W.: Der Einfluss genetischer und ökologischer Faktoren auf den Eiweisshaushalt von Sommergersten — caryopsen, unter besonderer Berücksichtigung der exogenen Aminosäuren. *Züchter* 26, 211, 1956.
5. Postel W.: Studien über exogene Aminosäuren in differenzierten Zonen von Gerstencaryopsen ökologisch verschiedener Standarte. *Z. f. Pflanzenzüchtg.*, 37, 113, 1957.
6. Rose W. C.: Amino acid requirements of man. *Federation Proc.* 8, 546, 1949.
7. Schuphan W.: Biochemische Stoffbildung bei *Brassica oleracea* L. in Abhängigkeit von morphologischen und anatomischen Differenzierungen ihrer Organe. *Z. f. Pflanzenzüchtg.*, 39, 127, 1958.
8. Schuphan W.: Der Einfluss einer steigenden N- Düngung auf den Gehalt an essentiellen Aminosäuren und auf die Biologische Eiweisswertigkeit von Kartoffeln (EAS — Index nach B. L. Oser). *Z. Pflanzenähr., Düngung., Bodenkunde*, 86, 1, 1959.
9. Schuphan W.: Über die Ursachen einer unterschiedlichen ernährungsphysiologischen Eiweissqualität in Pflanzen. *Naturwiss.* 46, 650, 1959.
10. Schuphan W.: Über exogene Aminosäuren. *Die Kulturpflanze*, 1, 1956.
11. Schuphan W.: *Zur Qualität der Nahrungspflanzen*, München — Bonn — Wien, 1961.
12. Thomas K.: Über die Biologische Wertigkeit der Stickstoffsubstanzen in verschiedenen Nahrungsmitteln. *Arch. Physiol.* (Halle) 219, 1909.