

## WARTOŚĆ BIOLOGICZNA BIAŁEK ROŚLIN PASTEWNYCH

JOZEF JANICKI

Katedra Technologii Rolnej WSR, Poznań

### WSTĘP

Występujące na całym świecie zjawisko deficytu białkowego uwi-  
daczna się — wraz ze wzrostem liczby ludności — coraz wyraźniej.  
Niedobór dotyczy zarówno białka pochodzenia zwierzęcego, jak i białka  
pochodzenia roślinnego.

Obliczono, że w Polsce deficyt białka wynosi co najmniej 600 000 ton  
rocznie. Deficyt ten można znacznie zmniejszyć przez:

- 1) uprawę roślin zawierających białko o wysokiej wartości biologicznej,
- 2) poprawienie wartości biologicznej białek roślinnych przez mieszanie  
z białkami pochodzenia zwierzęcego lub uzupełnienie ich dodatkiem  
aminokwasów syntetycznych, limitujących wartość odżywczą białek  
pochodzenia roślinnego.

### OGÓLNE WIADOMOŚCI O BIAŁKU

#### Znaczenie białka dla organizmu zwierzęcego

Białko stanowi tę część składników paszowych, która zostaje zużyta  
na budowę nowych komórek lub do zastąpienia zużytych substancji  
komórkowych.

Wszystkie białka składają się z aminokwasów endogennych, które  
zwierzę może samo syntetyzować oraz z aminokwasów egzogennych,  
które należy zwierzęciu dostarczyć z białkiem paszy. Ilość poznanych  
aminokwasów wchodzących w skład białek określa się dziś na mniej  
więcej 20, w tym 10 aminokwasów niezbędnych dla wszystkich orga-  
nizmów zwierzęcych, a mianowicie: 1) tryptofan, 2) fenyloalanina,  
3) histydyna, 4) lizyna, 5) metionina, 6) treonina, 7) leucyna, 8) izoleu-  
cyna, 9) walina, 10) arginina.

Tyrozyna, glikokol, kwas glutaminowy są pożądane dla kurcząt, cystyna dla uzupełnienia braku metioniny, prolina dla przyspieszenia wzrostu kurcząt. Zapotrzebowanie na poszczególne aminokwasy egzogenne i endogenne jest różne w zależności od gatunku i wieku zwierząt.

### Rola poszczególnych aminokwasów

**Tryptofan** — (beta indoloalanina). Jest potrzebny do syntezy hemoglobiny, do podtrzymania funkcji płciowych. Brak tryptofanu powoduje anemię, bezpłodność, uszkodzenia w szkliwie zębów. Tryptofan służy również do syntezy niacyny (czynnik przeciw pelagrze). Synteza ta zachodzi jednak tylko pod warunkiem obecności witaminy B<sub>1</sub>. W paszach często występuje brak tryptofanu.

**Fenylalanina** (beta-fenyl-alfa-aminopropionowy kwas) i **tyrozyna** (para-hydroksyfenyl-alfa-aminopropionowy kwas), z aminokwasów tych powstaje hormon nadnercza, adrenalina, względnie hormon gruczołu tarczycy, tyroksyna. W prawidłowym wykorzystaniu tych aminokwasów odgrywa dużą rolę witamina C. Brak fenylalaniny i tyrozyny powoduje zaburzenie w funkcji nadnercza i tarczycy, anemię oraz anomalie w tworzeniu się barwników.

**Lizyna** (alfa-epsylon-dwuaminokapronowy kwas) jest bardziej potrzebna młodym organizmom niż dorosłym. U dorosłych zwierząt brak jej powoduje jednak zakłócenie w rozmnażaniu oraz straty na wadze. W przypadku braku lizyny lub przy niedostatecznej jej ilości u zwierząt młodych następuje silne zahamowanie wzrostu związane z zaburzeniami w kształtowaniu się układu kostnego i mięśniowego. Brak lizyny wywołuje anemię. Lizyna występuje w białkach roślinnych w niedużych ilościach co jest główną przyczyną ich niskiej wartości biologicznej, zwłaszcza białek zbożowych.

**Histydyna** — (beta-imidazoliloalanina) brak histydyny uwidacznia się dopiero po kilku dniach w bilansie azotowym. Przemiana histydyny odbywa się widocznie, w porównaniu z innymi aminokwasami egzogennymi, wolniej. Brak histydyny powoduje również anemię.

**Arginina** (delta-guanidylo-alfa-aminowalerianowy kwas) może być częściowo syntetyzowana przez organizm zwierzęcy, ale organizm młody syntetyzuje ten aminokwas w niedostatecznych ilościach. Brak argininy w organizmach zwierząt dorosłych powoduje zanik apetytu. Przy stosowaniu w takich przypadkach przymusowego żywienia symptomy deficytu aminokwasowego nie występują.

**Prolina i kwas glutaminowy** — potrzebne są dla młodego drobiu.

Aminokwasy siarkowe — (metionina, cystyna, cysteina) obok znaczenia dla budowy tkanek są niezbędne do przebiegu niektórych procesów przemiany materii — zwłaszcza prawidłowego funkcjonowania wątroby (metionina, na drodze transmetylacji jest źródłem grup metylo-owych dla syntezy choliny zapobiegającej otłuszczeniu wątroby). Ciekawa jest rola metioniny w przemianie białkowej. Jak wiemy, w organizmie nawet dorosłym odbywają się nieustannie procesy rozpadu i syntezy białkowych substancji komórek i tkanek. Otóż dodatek metioniny powoduje zmniejszenie szybkości z jaką przebiega proces rozpadu białek. Metionina wykazuje więc działanie zaoszczędzające substancje białkowe. Brak metioniny powoduje degenerację mięszu wątroby, uszkodzenie nerek, zanik mięśni, zmniejsza odporność na zakażenia.

Cysteina — (beta-tio-alanina) zastępuje częściowo metioninę. Bogatym źródłem tego aminokwasu jest specjalnie preparowane pierze odpadowe. Pasza dla drobiu oraz trzody chlewnej zawiera za mało aminokwasów siarkowych.

Treonina — (alfa-amino-beta-oksymasłowy kwas) jest związana z biosyntezą choliny.

Leucyna i izoleucyna — (alfa-amino-izokapronowy kwas i afła-amino-beta-metylo-beta-etylopropionowy kwas). Rola tych aminokwasów jest mało poznana. Niedostateczna ilość w paszy powoduje zakłócenia w układzie hormonalnym.

Glicyna (amino-octowy kwas) ma znaczenie tylko dla rosnącego drobiu.

Aminokwasy endogenne zostają prawdopodobnie bezpośrednio włączone do budowy nowych cząsteczek białka lub też, po odłączeniu grupy aminowej, zużyte do budowy nowych aminokwasów. Problem przebiegu procesu budowy nowego białka z aminokwasów endogennych nie jest dostatecznie wyjaśniony. Z punktu widzenia zasad żywienia problem ten jednak nie jest istotny. Ważnym jest stwierdzenie, że organizm zwierzęcy sam potrafi te aminokwasy syntetyzować.

## WARTOŚĆ BIOLOGICZNA BIAŁEK

### Określenie wartości biologicznej białek

Pod wartością biologiczną białek rozumiemy zdolność pokrycia zapotrzebowania organizmu zwierzęcego na wszystkie aminokwasy egzogenne. Im mniejsza ilość białka pokrywa zapotrzebowanie organizmu zwierzęcego na aminokwasy niezbędne do odbudowy zużytych komórek lub na cele wzrostowe, tym wyższa jest wartość biologiczna danego białka.

## Kryteria oznaczania wartości biologicznej białek

Metody oznaczania wartości biologicznej białek dzielimy na bezpośrednie i pośrednie.

Pośrednia metoda określenia wartości biologicznej białka polega na oznaczaniu:

- a) białka surowego
- b) białka właściwego
- c) składu aminokwasów.

Trzeba zasadniczo stwierdzić, że na podstawie pośrednich metod nie można prawidłowo ocenić wartości biologicznej badanego białka, a zwłaszcza białka roślinnego.

Oznaczenie zawartości białka surowego obejmuje obok białka właściwego zawartość innych substancji azotowych (sole amonowe, amidy) nie wykorzystywanych przez zwierzęta nieprzeżuwające.

Oznaczenie zawartości białka właściwego nie określa również wystarczająco wartości białka. Białka roślinne bowiem są otoczone różnymi tkankami utrudniającymi dostęp soków trawiennych, tak np.  $\frac{1}{3}$  białka zbożowego znajduje się w warstwie aleuronowej, której komórki nie przepuszczają soków trawiennych. Dlatego przy ustalaniu wartości biologicznej białek pochodzenia roślinnego bardzo dużą rolę odgrywa przyswajalność białek (to znaczy ich pełny rozkład na wolne aminokwasy, które z kolei winny być wchłonięte i zatrzymane przez organizm zwierzęcy w możliwie wysokim procencie).

### Oznaczenie składu aminokwasów

Jednym z kryteriów oceny wartości biologicznej białka jest obecność wszystkich aminokwasów egzogennych, przy czym względną procentową zawartość tych aminokwasów w badanym białku przyrównuje się do ich zawartości w białku jaja kurzego, które ma najwyższą wartość biologiczną. Oznaczenie składu aminokwasów za pomocą różnego rodzaju technik nie może służyć jako bezwzględne kryterium oceny wartości biologicznej danego białka. Stwierdzono bowiem, że dla szybkiej syntezy białka przez komórkę zwierzęcą konieczna jest równoczesna obecność wszystkich egzogennych aminokwasów, obecność witamin oraz dostateczny zasób substancji energetycznych. Jeżeli szybkość hydrolizy enzymatycznej badanego białka będzie zbyt powolna lub jeżeli odzepienie wszystkich egzogennych aminokwasów nie będzie jednoczesne, wówczas organizm zwierzęcy nie będzie mógł wytworzyć optymalnej ilości białka z dostarczonych mu aminokwasów ponieważ

dla syntezy nowego białka musi rozporządzać wszystkimi egzogennymi aminokwasami jednocześnie. Zwłaszcza budowa białek roślinnych jest tego rodzaju, że część polipeptydów rozkłada się bardzo trudno do aminokwasów. Dotyczy to przede wszystkim tych białek, które w swej cząsteczce zawierają dużo proliny i waliny.

Trzeba również zaznaczyć, że wyniki analiz składu aminokwasów obarczone są dużymi błędami np. przy oznaczaniu lizyny. W białkach bowiem następuje podczas ich obróbki technologicznej (działanie ciepła w obecności węglowodanów, szczególnie aldopentoz) łączenie się grupy epsilon-aminowej lizyny z grupą aldehydową cukru. Połączenie to nie jest przyswajalne przez zwierzęta, gdyż nie zostaje ono w przewodzie pokarmowym rozłożone. Przy analizie składu aminokwasowego białek hydrolizujemy je silnymi kwasami, które rozkładają również nieprzyswajalne połączenia lizyny z cukrami. Błąd w ocenie wartości biologicznej białek na podstawie zawartości egzogennych aminokwasów jest oczywisty, zwłaszcza, że lizyna jest najbardziej deficytowym egzogennym aminokwasem w białkach roślinnych. To zastrzeżenie dotyczy nie tylko lizyny ale również innych aminokwasów, które w białkach zachowują wolne grupy aminowe.

### Bezpośrednie metody oceny wartości biologicznej białka

Najdawniejszą i najprostszą metodą bezpośrednią oznaczania wartości biologicznej są testy wzrostowe przeprowadzane najczęściej na młodych szczurach lub kurczętach.

Za podstawę wartości biologicznej białka przyjmuje się ilość białka utworzonego przez organizm zwierzęcy przy użyciu 1 względnie 100 g badanego białka. Testy wzrostowe budzą również zastrzeżenia, gdyż przyrost na ciężarze nie oznacza wyłącznie przyrostu substancji białkowych. Jeżeli np. badane białko ma niską wartość biologiczną, a w żywieniu będzie duży zapas substancji energetycznych, to przyrost ciężaru będzie taki sam jak w przypadku białka, o dużej wartości biologicznej — z tą tylko różnicą, że zamiast tkanki mięsnej nastąpi przyrost tkanki tłuszczowej.

Inną metodą wyrażającą wartość biologiczną białek jest metoda opierająca się na badaniach zachowania równowagi białkowej. W każdym organizmie zwierzęcym następuje rozkład komórek i zużytych tkanek a tym samym utrata substancji białkowych, które muszą być zrównoważone przez dostarczenie zwierzęciu takiej ilości białka, ażeby uzupełnić utratę białka organizmu. Jeżeli utrata białka jest większa aniżeli

ilość białka dostarczonego, wówczas mówimy o ujemnym bilansie białkowym, a jeżeli ilość utraconego białka równa się dopływowi białka z zewnątrz mówimy o równowadze białkowej. Zależnie od wartości biologicznej ilość białka potrzebna do zachowania równowagi jest różna, najmniejsza w przypadku białka kurzego. Im mniej potrzeba białka dla zachowania równowagi, tym wartościowsze jest dane białko.

Wartość biologiczną białka oznacza się również na podstawie pozornego wykorzystania białka przez organizm, wynikającego z różnicy między ilością azotu pobranego a ilością azotu wydalonego z organizmu.

$$\text{Pozorne wykorzystanie} = \text{N pobrany} - \text{N wydany}$$

Należy zaznaczyć, że azot wydany pochodzi nie tylko z niestrawnego białka ale również z substancji biorących udział w przemianie materii (enzymów, bakterii) oraz rozpadu różnych tkanek organizmu. Ze stosunku ilości azotu zaabsorbowanego przez organizm do ilości azotu pobranego z paszą wynika rzeczywiste wykorzystanie białka.

$$\text{Rzeczywiste wykorzystanie} = \frac{\text{N zaabsorbowany}}{\text{N pobrany}}$$

Ustalono, że wraz ze wzrostem ilości białka w paszy maleje pozornie jego wartość biologiczna. Na podstawie doświadczeń przeprowadzonych na szczurach, liczby wyrażające wartość biologiczną różnych białek w zależności od zawartości białka w paszy przedstawiają się następująco (1):

Tabela 1

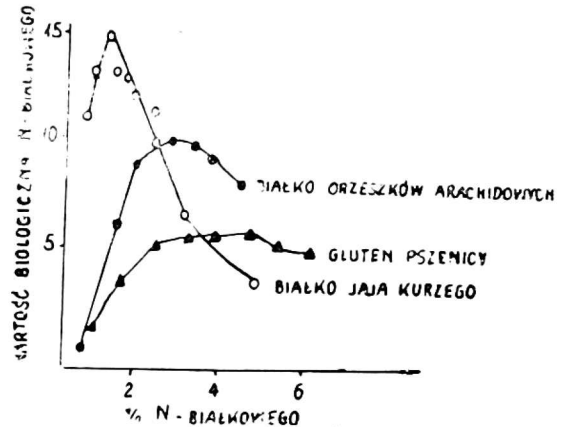
Zależność wartości biologicznej od zawartości białka w paszach (1)

Białko zawarte w	Wartość biologiczna (test wzrostowy na szczurach)	
	przy zawartości 5% w paszy	przy zawartości 10% w paszy
Mleku	93	85
Owsie	79	65
Kukurydzy	72	60
Ziemniakach	69	67

Dane dotyczące wartości biologicznej różnych białek w zależności od ich zawartości w paszy ustalone na podstawie doświadczeń z myszami przedstawiono na rysunku 1 (40).

Na podstawie danych przedstawionych na rysunku 1 należy stwierdzić, że wartość biologiczna białka wzrasta wraz ze wzrostem ilości białka w paszy osiągając maksimum, a następnie znów maleje. Dlatego

Rys. 1. Wartość biologiczna białka (w oparciu o ilość azotu) w zależności od zawartości białka w pokarmie w przypadku myszy



wartość biologiczną ustala się przy określonej zawartości białka w paszy (10% białka). W tabeli 2 podano dane dotyczące wartości wzrostowej (biologicznej) różnych białek dla szczura przy 10% zawartości białka w paszy (2).

Tabela 2

Wartość biologiczna białek przy 10% zawartości w pokarmie  
(doświadczenie ze szczurami) (2)

Przyrost ciężaru w g na każdy g białka:			
jajo kurze	3,8	płatki owsiane	2,2
wołowina	3,2	surowica z krwi	2,1
serce wołowe	3,1	kleik z pszenicy	2,0
cynadry	2,9	ryż	1,9
albumina mleka	2,9	makuch lniany	1,9
proszek z chudego mleka	2,9	jęczmień	1,8
kielki pszenicy	2,9	chleb żytni	1,7
wątroba	2,7	pszenica	1,5
białko jaja	2,6	biały chleb	1,1
makuch soi	2,3	drożdże browarn.	0,9
kazeina	2,2	zielony groszek	0,4

### Zależność wartości biologicznej białek od gatunku i wieku zwierząt

Wartość biologiczna białek ustalona na podstawie testów wzrostowych jest różna, w zależności od gatunku i wieku zwierząt, na których przeprowadzono badania. Wynika to ze specyficznego dla poszczególnych gatunków i różnego wieku zwierząt, zapotrzebowania na aminokwasy egzogenne. Dane dotyczące wartości biologicznej różnych białek dla człowieka i szczura podano w tabeli 3 (3).

Tabela 3

Biologiczna wartość różnych białek dla a) człowieka, b) szczura\*) (3)

Białko zawarte w	Człowiek	Szczur
Jaju kurzym	94	94
Mleku	92—100	85—89
Albuminie mleka	—	84
Wołowinie	67—105	68—69
Rybie	94	80—90
Wątrobie	—	77
Kazeinie	69—70	67
Ryżu	68—77	77
Ziemniakach	71—79	61—72
Drożdżach	71	69
Chlebie żytnim (86%)	75	—
„ pszennym razowym	—	66
Płatkach owsianych	—	65
Soi	—	64
Jęczmieniu	—	64
Kukurydzy	24—54	60
Orzechach kokosowych	—	58
Grochu	56	—
Kako	—	37

\*) Dieta zawierała od 8—10% białka.

Dane dotyczące wartości biologicznej różnych białek dla rosnącego i dorosłego szczura podano w tab. 4 (4).

Tabela 4

Wartość biologiczna różnych białek (4)

Organizm testowy	Białko kurze	Mięso wołowe	Makuch arachid.	Gluten
Szczur młody	100	84	80	8
Szczur dorosły	100	73	54	69

Zapotrzebowanie na aminokwasy egzogenne trzody chlewnej w zależności od zawartości białka w paszy przedstawiono w tab. 5 (5) (dane dotyczą zwierząt o ciężarze 10—35 kg).



Tabela 5

Zapotrzebowanie trzody chlewnej na egzogenne aminokwasy przy zawartości białka surowego w paszy wynoszącej a) 12%, b) 24% (5)

Aminokwas	Zawartość białka surowego	
	12%	24%
Metionina	0,40	0,60
Lizyna	0,51	0,90
Tryptofan	0,10	0,15
Arginina	0,21	0,31
Histydyna	0,19	0,28
Leucyna	0,57	0,83
Izoleucyna	0,42	0,63
Walina	0,38	0,56
Fenylalanina	0,44	0,65
Treonina	0,37	0,55

Przy wyższej zawartości białka w paszy zapotrzebowanie na aminokwasy egzogenne jest wyższe. Zapotrzebowanie na aminokwasy egzogenne w różnych okresach wzrostu trzody chlewnej podano w tabeli 6 (5).

Tabela 6

Zapotrzebowanie na niektóre aminokwasy w różnych okresach wzrostu trzody chlewnej w % dawki paszowej (5)

Aminokwas	Ciężar zwierząt (w kg)		
	5	10	50
	Zawartość białka surowego w %		
	22	16	12
Metionina	0,73	0,50	0,30
Lizyna	1,08	0,74	0,44
Tryptofan	1,18	0,12	0,07
Arginina	0,37	0,25	0,15

Tabela 7

Zapotrzebowanie drobiu na aminokwasy, w zależności od okresu wzrostu (5)

Aminokwas		Broilery		Drób hodo- włany		Nioski	indyki	
		0—6 tyg.	7—8 tyg.	0—8 tyg.	9—20 tyg.		0—8 tyg.	9—20 tyg.
Metionina	%	0,52	0,45	0,45	0,33	0,28	0,52	0,30
Metion. + cystyna	%	0,92	0,80	0,80	0,60	0,53	0,87	0,50
Lizyna	%	1,20	1,00	1,00	0,75	0,50	1,50	0,90
Tryptofan	%	0,23	0,20	0,20	0,15	0,15	0,26	0,15
Arginina	%	0,40	1,20	1,20	0,90	0,90	1,60	1,00
Glikokol	%	1,20	1,00	1,00	0,75	0,60	1,00	0,60
Histydyna	%	0,35	0,30	0,30	0,24	0,20	0,40	0,25
Leucyna	%	1,60	1,40	1,40	1,05	1,20	2,00	1,20
Izoleucyna	%	0,70	0,60	0,60	0,45	0,50	0,84	0,50
Walina	%	0,92	0,80	0,80	0,60	0,60	2,20	0,65
Fenylalanina	%	0,80	0,70	0,70	0,53	0,50	1,00	0,60
Fenylalanina + + Tyrozyna	%	1,60	1,40	1,40	1,06	1,00	2,00	1,20
Treonina	%	0,70	0,60	0,60	0,45	0,40	0,84	0,50

### Wartość biologiczna białek w odniesieniu do zwierząt przeżuwających

Zapotrzebowanie na aminokwasy egzogenne u bydła występuje jedynie w bardzo wczesnym okresie, w którym system trawienny przeżuwacza nie jest jeszcze należycie rozwinięty. Zapotrzebowanie to jest jednak na ogół pokrywane w wystarczających ilościach pokarmem mlecznym. Po pełnym wykształceniu systemu trawiennego zwierzęta przeżuwające usamodzielniają się pod względem zapotrzebowania na aminokwasy egzogenne. Niemniej dostarczenie im pewnej ilości białka i aminokwasów jest konieczne do prawidłowego wzrostu i produkcji mleka.

Mówiąc o źródłach azotu dla przeżuwaczy należy pamiętać, że trzeba mieć na uwadze nie tylko białko właściwe ale całkowitą zawartość związków azotowych w paszy (amidy, sole amonowe), gdyż zwierzęta te potrafią je wykorzystywać. Przeżuwacze dysponują niejako fabryką uszlachetniającą, złożoną z bakterii i pierwotniaków przewodu pokarmowego, które mogą syntetyzować białko z prostych związków azotowych np. z mocznika i soli amonowych.

Synteza ta zachodzi jednak pod warunkiem zapewnienia odpowiedniej ilości substancji energetycznych oraz mikroelementów takich jak Mg, Ca, Co. Gdy ilość pierwotniaków w mikroflorze zwierząt przeżuwają-

cych staje się niedostateczna w wyniku skarmiania małowartościowej paszy (złe siano, zbyt duże ilości słomy, źle sporządzana kiszonka) zdolność uszlachetniania związków azotowych maleje. Dochodzi do tego, że bakterie rozkładają wszystkie aminokwasy, nawet egzogenne do tej postaci, w jakiej one same mogą je wykorzystać tzn. do amoniaku. Zwierzę jest wówczas w stanie pokryć jedynie własne zapotrzebowanie na białko. Pokrycie to nie wystarcza jednak na cele produkcyjne (mleko, mięso). W takim przypadku podane białko nawet o dużej wartości biologicznej (np. białko sojowe) nie jest właściwie wykorzystane i uzyskuje się gorsze rezultaty niż przy skarmianiu białka gorszej jakości przy dostatecznej ilości pierwotniaków u przeżuwaczy. Dopiero po zastosowaniu dobrej paszy podstawowej (strączkowe, dobre siano, dobra kiszonka) można z biegiem czasu oczekiwać osiedlenia się i rozwoju właściwych pierwotniaków.

Dlatego też aby odpowiedzieć na pytanie: jakie wymagania stawiają przeżuwacze jak o ś c i związków azotowych w paszy — należy w pierwszym rzędzie wyjaśnić, czy mikroflora ma korzystne czy niekorzystne warunki rozwojowe.

Przy spasaniu dobrej paszy, nawet w przypadku bydła o wysoko wydajnej produkcyjności nie chodzi tyle o dobrą jakość ile o dodatkowe ilości dostarczanych strawnych związków azotowych. Dopiero przy wydajności mleka powyżej 30 litrów dziennie zwraca się uwagę na jakość skarmianego białka, przy czym istotne znaczenie ma zawartość tryptofanu, leucyny, lizyny, metioniny i argininy. Związki białkowe gorszej jakości nie mają dostatecznej ilości tych aminokwasów, a synteza własna w organizmie zwierzęcia nie pokrywa zapotrzebowania przy tak dużej produkcji mleka.

Stwierdzono, że białko roślin strączkowych jest korzystniejsze dla produkcji mleka w porównaniu z białkiem zbożowym.

O ile pasza podstawowa jest dobra, wówczas można dodać 2—3% azotu w postaci mocznika, jednak tylko pod warunkiem dostatecznej ilości substancji energetycznych, związków siarkowych oraz soli mineralnych. W przypadku niezachowania tego warunku dodatek mocznika przyniesie raczej szkodę niż korzyść.

Białka roślinne występują przeważnie w towarzystwie celulozy. Zwierzęta nieprzeżuwające nie trawią tych białek, gdyż nie trawią celulozy. Z tego powodu duża część białka nie strawionego opuszcza organizm.

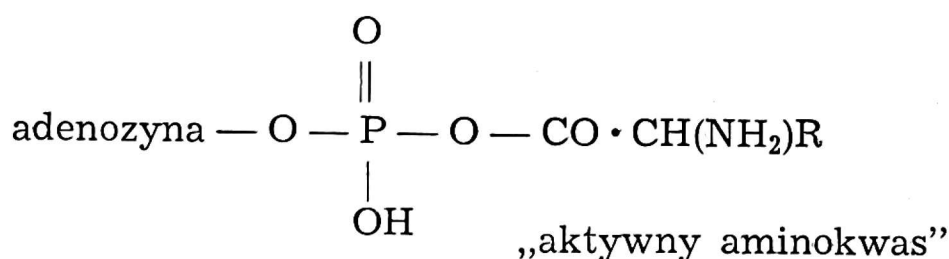
W przypadku zwierząt przeżuwających (trawiących celulozę) problem zawartości celulozy, obniżającej wartość biologiczną białek nie istnieje.

Stąd często białka, które mają gorszą wartość biologiczną dla nieprzeżuwaczy wykazują wyższą wartość odżywczą dla zwierząt prze-

zuwających. Wyjątek stanowi makuch arachidowy. Stwierdzono, że przy trawieniu go w przewodzie pokarmowym przeżuwaczy następuje szybki rozpad białka do amoniaku na drodze dezaminacji aminokwasów. Amoniak ten nie zostaje syntetyzowany na białko i opuszcza organizm w postaci mocznika. Zapobiec wyżej omówionym stratom białka przy skarmianiu makuchu arachidowego można przez stosowanie dużych dawek substancji energetycznych.

### Zależność wartości biologicznej od poziomu energetycznego

Jeżeli poziom energetyczny (tzn. ilość dostarczanych organizmowi substancji energetycznych, węglowodanów i tłuszczu) jest niski, białko zostaje zużyte na cele energetyczne. Chciałbym wykazać, jak bardzo zależy wykorzystanie substancji białkowych do celów wzrostowych od zabezpieczenia prawidłowego poziomu energetycznego. Węglowodany dostarczają organizmowi poprzez rozpad oksydacyjny względnie glikolityczny pewną ilość energii nagromadzonej w postaci wysokoenergetycznego związku ATP (kwas adenozynotrójfosforowy).



Energia ta może być zużyta przez komórkę do różnych celów. Obie wysokoenergetyczne grupy kwasu fosforowego ATP mogą być użyte przy reakcji biosyntezy białka. Aby mogła nastąpić biosynteza białka musi zajść aktywacja aminokwasów, ściśle związana z wyzwoleniem energii z ATP. Synteza białka przebiega bowiem w trzech etapach wg następującego schematu:

Aktywacja aminokwasów

Dołączenie aktywnych aminokwasów do kwasów nukleinowych i uporządkowanie ich według właściwej danemu genowi kolejności i ilości poszczególnych aminokwasów

Utworzenie wiązań peptydowych.

W ten sposób aktywacja aminokwasów, a tym samym synteza białka uzależniona jest od dostatecznej ilości węglowodanów gdyż ATP tworzy się tylko przy odpowiednio wysokim poziomie substancji energetycznych w paszy.

Białko musi zatem być dostarczane organizmowi w pewnej równowadze z węglowodanami (zapewniającymi wykorzystanie białka na cele wzrostowe, przy czym wówczas zapobiegamy równocześnie zużyciu białka na cele energetyczne). Do przebiegu reakcji aktywacji aminokwasów konieczna jest również obecność mikroelementów (Mg).

## BIAŁKA ROŚLINNE

Z białek roślinnych należy wymienić:

- a) białka o różnych funkcjach metabolicznych np. białka liści obejmujące układy enzymatyczne odpowiedzialne za procesy fotosyntezy i inne procesy metaboliczne,
- b) białka strukturalne służące do budowy różnych części rośliny (np. naczyń przewodzących),
- c) białko zapasowe np. w zbożach lub nasionach roślin oleistych.

Chemiczna klasyfikacja białek jest ciągle jeszcze niedostateczna. Stosuje się podział białek wg różnych kryteriów:

- a) budowy chemicznej,
- b) funkcji
- c) własności fizykochemicznych (rozpuszczalności w różnych rozpuszczalnikach).

Ta ostatnia klasyfikacja opiera się na klasycznych pracach *Osborna*, który wyodrębnił:

albuminy rozpuszczalne w wodzie,  
 globuliny rozpuszczalne w rozcieńczonych roztworach soli obojętnych,  
 prolaminy rozpuszczalne w 70% alkoholu,  
 gluteliny rozpuszczalne w rozcieńczonych roztworach alkaliów.

*Albuminy* stanowią niewielki procent białek roślinnych. Charakteryzują się małą zawartością glicyny. Wymienić tu można leukozyne występującą w nasionach i zbożach oraz w komórkach roślinnych.

*Globuliny* charakteryzują się dużą zawartością aminokwasów zasadowych zwłaszcza argininy oraz dużą zawartością kwasu glutaminowego np. edestyna z nasion konopi. Edestynę można otrzymać łatwo w stanie krystalicznym. Z soi wyodrębniono glicyninę, z grochu i soczewicy — leguminę.

*Prolaminy* charakteryzują się dużą zawartością proliny i kwasu glutaminowego oraz małą zawartością lizyny. Należą tu gliadyna pszenicy i hordeina jęczmienia bogate w tryptofan i lizynę, zeina kukurydzy stanowiąca duży procent białka kukurydzy. Zeinę charakteryzuje brak tryptofanu i lizyny.

*Gluteliny* stanowią dużą część białek nasion. Wyodrębniono

z pszenicy — gluteninę, z żyta — hordeninę, z owsa — aweninę, z kukurydzy — zeininę.

Tabela 8

## Zawartość białek w zbożach (6)

Ziarno	Białko (w % s. m.)	Albuminy	Globuliny	Prolaminy	Gluteliny
Pszenica posp.	10—15	3—5	6—10	40—50	30—40
„ twarda	12—18				
Żyto	9—14	5—10	5—10	30—50	30—50
Jęczmień	10—16	3—4	10—20	35—45	35—45
Owies	8—14	1	80	10—15	5
Ryż	8—10	ślady	2—8	1—5	85—90
Kukurydza	7—13	—	5—6	50—55	30—45

Białko zbóż ma gorszą wartość biologiczną w porównaniu do białka roślin strączkowych i nasion oleistych. Deficytowymi aminokwasami są lizyna, treonina i tryptofan. Białko ryżu i owsa ma wyższą wartość biologiczną w porównaniu z białkiem pszenicy i kukurydzy. Białko zarodka ma wyższą wartość aniżeli białko endospermy, zawiera więcej tryptofanu oraz lizyny.

## BIAŁKO LIŚCI

Liście roślin stanowią najważniejsze źródło białka dla zwierząt przeżuwających. Białko liści jest pod względem składu aminokwasowego bogate, zawiera bowiem histydynę, argininę, lizynę, leucynę, izoleucynę, walinę, metioninę i inne egzogenne aminokwasy. Dla przykładu podaję skład aminokwasów w mące z niektórych liści (tabela 9) (7).

Dla hodowcy roślin pastewnych ważne jest nie tylko uzyskanie dużej ilości białka w stosunku do suchej masy ale również uzyskanie dobrej jakości białka.

Z badań systematycznych liści kapusty wynika, że miękisz pozbawiony środkowego nerwu liścia posiada wysokowartościowe białko o dużej zawartości lizyny i metioniny, podczas gdy w białku wiązek przewodzących ilość i jakość białka się zmniejsza. Wynika z tych badań kierunek prac genetycznych odnoszący się do wzajemnych proporcji tkanki miękkiszowej i naczyniowej roślin pastewnych, zmierzający do zwiększenia udziału tkanki miękkiszowej kosztem tkanki na-

Tabela 9

Skład aminokwasów w súszy z liści w g na 16 g N w procentach suchej masy (7)

Rośliny	Białko surowe	Histydyna	Arginina	Lizyna	Leucyna	Izoleucyna	Walina	Metionina	Treonina	Fenylalanina	Tryptofan
Buraki	26,0	0,34	1,1	1,4	1,7	1,1	1,3	0,44	1,0	1,5	0,31
Kalafior	43,0	0,66	2,1	2,0	2,8	1,4	2,0	9,70	1,5	2,6	0,61
Marchew	21,1	0,25	0,91	0,95	1,5	1,0	1,2	0,36	0,93	1,4	0,30
Selery	26,0	0,39	1,0	1,62	1,8	1,0	1,3	0,57	0,88	1,2	0,34
Kukurydza	21,9	0,29	0,86	0,70	1,5	0,79	1,1	0,62	0,73	1,2	0,29
Kapusta	24,9	0,40	1,3	0,77	1,6	0,85	1,2	0,22	0,9	1,1	0,27
Fasola	17,8	0,23	0,75	0,64	1,2	0,64	0,89	0,21	0,71	1,3	0,25
Groch	25,1	0,4	1,2	1,2	2,0	1,1	1,4	0,25	1,1	1,5	0,38
Rabarbar	28,4	0,54	1,3	1,5	2,4	1,1	1,5	0,28	1,1	1,7	0,45
Szpinak	27,4	0,36	1,2	1,3	1,9	1,0	1,4	0,63	1,1	1,3	0,30
Rzepa	26,1	0,37	1,2	0,78	1,8	1,0	1,3	0,58	1,1	1,4	0,34
Średnia	26,2	0,38	1,2	1,1	1,8	1,0	1,3	0,45	1,0	1,5	0,35

czyniowej. Z badań przeprowadzonych przez W. Shuphàna wynika, że silne nawożenie azotowe wpływa ujemnie na jakość białka (8).

W. Shuphàn udowodnił, że w miarę wzrostu ilości azotu ogólnego w liściach zmniejsza się wartość białka i wzrasta zawartość niepożądaných azotanów. Skład aminokwasów białka różnych liści w porównaniu ze składem aminokwasów innych produktów białkowych podano w tabeli 10 (9).

## UZUPEŁNIENIE WARTOŚCI ODŻYWCZEJ

### I. przez mieszanie różnych pasz.

Wartość biologiczną białka, w którym występuje niedobór jednego z aminokwasów można uzupełnić przez dodatek innego białka zawierającego ten aminokwas w odpowiednio dużej ilości. W tabeli 11 podają aminokwasy ograniczające (limitujące) wartość biologiczną różnych białek (10).

Podają przykłady takiego doboru białek, który zapewnia uzupełnienie ich wartości biologicznej (tabela 12).

Tabela 10

## Skład aminokwasowy surowego białka niektórych roślin w % białka surowego (9)

Aminokwasy	Nasiona										Korzenie			Szypułki			Liście			Owoce		Bulwy ziemniaki
	zboża					strączkowe					mar- chew	buraki	se- ler	rabar- bar	szpi- nak	trawa	lucer- na	jabłka	—			
	psze- nica	kukur- rzydza	ryż	owies	ara- chidy	groch	soja	—	—	—										—	—	
Alanina	—	—	—	—	4,3	—	2,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Arginina	4,3	4,8	4,2	6,8	11,3	4,6	7,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Asparaginowy kwas	—	—	—	—	5,8	—	8,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Cystyna	1,8	1,5	1,3	1,8	1,9	1,2	1,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Glutaminowy kwas	29,0	—	—	—	19,2	—	18,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Glikokol	—	—	—	—	5,6	—	4,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Histydyna	2,1	2,5	1,7	2,3	2,1	1,6	2,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Izoleucyna	4,0	3,6	6,3	4,9	4,6	4,4	6,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Leucyna	6,7	6,9	8,2	8,0	7,0	7,8	8,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Lizyna	2,7	3,2	3,2	3,6	3,4	4,9	6,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Metionina	2,5	3,1	2,3	2,0	1,2	1,0	1,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Fenylalanina	5,3	5,4	4,7	5,5	5,4	6,0	5,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Prolina	—	—	—	—	—	5,8	5,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Seryna	4,3	8,5	—	—	—	4,2	4,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Treonina	3,3	3,7	3,8	3,6	2,9	4,4	3,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Tryptofan	1,2	1,3	1,3	1,3	1,0	1,5	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Tyrozyna	4,0	6,0	5,7	4,5	4,4	—	4,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Walina	4,3	5,3	6,3	5,4	8,0	5,7	5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Razem	77,5	55,8	49,7	49,7	88,1	53,1	97,5	43,3	39,0	35,5	42,4	63,5	83,1	44,9	53,4	39,1	—	—	—	—		



Tabela 11

Aminokwasy ograniczające wartość biologiczną różnych białek (10)

Produkt białkowy	Aminokwasy limitujące	Deficyt (w %)
Mięso wołowe	metionina, cystyna	29
Nerki	„ „	35
Wątroba	izoleucyna	30
Kazeina	metionina, cystyna	42
Mleko	„ „	32
Białko kurze	treonina	22
Żelatyna	tryptofan	100
Słonecznik	lizyna	47
Mąka pszenna	lizyna	72
Owies	lizyna	54
Kukurydza	lizyna	67
Ziemniaki	metionina, cystyna	—*)
Nasiona konopi	lizyna	65
Warzywa	metionina	—*)
Soja	metionina	57
Groch	metionina, cystyna	66
Drożdże	metionina, cystyna	55

\*) Brak danych

Tabela 12

Białka uzupełniające nawzajem swoją wartość biologiczną

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 1. zboża + mleko (mięso, jaja, ryby) | 3. ziemniaki + mleko (jaja, mięso, ryby) |
| 2. zboża + soja (drożdże)            | 4. warzywa + mleko (jaja, mięso, ryby)   |

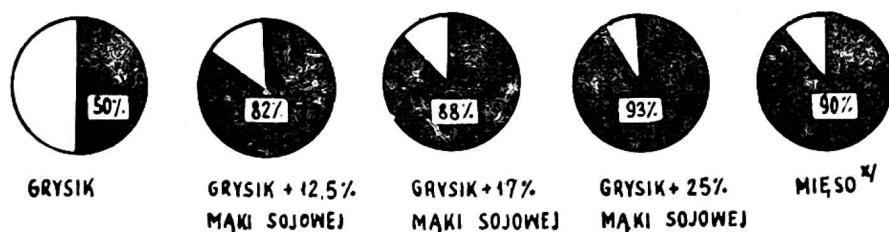
Wzrost wartości biologicznej mąki uzyskany przez dodatek drożdży lub soi ilustrują dane w tabeli 13 (11).

Tabela 13

Wzrost wartości biologicznej mąki uzyskany przez dodatek drożdży lub soi (11)

Ilość mąki pszennej	Zawartość białka (w %)	Przyrost (w g) w okresie 10 tygodni (dośw. na szczurach)
84% bez dodatku	9,07	42,4
83% + 1% drożdży	9,40	72,3
81% + 3% „	10,07	97,5
79% + 5% „	10,73	105,7
83% + 1% soi	9,45	65,5
81% + 3% soi	10,21	87,9
79% + 5% „	10,96	123,4

Dane w tab. 13 wykazują, że nieduży dodatek drożdży lub soi (rys. 2) powoduje poważny wzrost wartości biologicznej.



Rys. 2. Wpływ dodatku mąki sojowej na wartość odżywczą mieszanki zboża i soi. Za 100% przyjęto wartość suchego proszku z chudego mleka. (14)

\*) Mieszanina wołowiny, wieprzowiny i mięsa kurcząt w równych ilościach

## II. przez stosowanie dodatku aminokwasów syntetycznych

Uzupełnienie wartości odżywczej przez stosowanie dodatku aminokwasów syntetycznych ma specjalnie duże znaczenie w przypadku pasz złożonych ze zbóż, np. kukurydzy, charakteryzujących się dużym deficytem lizyny, metioniny i tryptofanu (tab. 14) (12).

Tabela 14

Zawartość aminokwasów egzogennych w pszenicy, życie i owsie  
(w gramach aminokwasów na 16 g N)

Aminokwas	Pszenica *	Żyto *	Owies (12)	
Fenylalanina	3,93	3,24	2,6	aminokwasy egzogenne
Izoleucyna	3,44	3,38	3,9	
Leucyna	6,40	6,11	3,8	
Lizyna	2,82	4,13	3,8	
Metionina	1,49	1,76	0,8	
Treonina	2,62	3,22	2,5	
Tryptofan	1,09	0,97	1,1	
Walina	4,14	4,47	1,0	
Arginina	4,62	5,57	12,9	aminokwasy endogenne
Glicyna	3,91	4,45	4,7	
Histydyna	2,33	2,41	2,6	

\* — Wg badań przeprowadzonych w Katedrze Technologii Rolnej.

Podnoszenie wartości odżywczej białek przez dodatek aminokwasów syntetycznych trzeba stosować umiejętnie gdyż:

a) zbyt duży dodatek aminokwasu działa toksycznie, np. 5% dodatek metioniny do kazeiny. Następuje zahamowanie wzrostu, skra-

canie życia. Toksyczne objawy zaobserwowano na szczurach przy dłuższym skarmianiu 0,2 do 0,3 g dodatku tyrozyny, przy 3% dodatku oksyproliny lub dużych dawkach cystyny.

b) przy nadmiarze pojedynczego aminokwasu może nastąpić, nawet przy optymalnym pod każdym względem odżywianiu, zachwianie równowagi innych aminokwasów, które w takim przypadku są gorzej wykorzystywane.

c) nadmierny dodatek jednego aminokwasu może spowodować nadmierne zużycie substancji potrzebnych do prawidłowej przemiany materii np. witamin z grupy B.

Należy zaznaczyć, że zapotrzebowanie na limitujący wartość biologiczną aminokwas jest tym większe im większa jest zawartość pozostałych aminokwasów lub im wyraźniej występuje brak witamin. W przypadku tryptofanu udało się wykazać, że zostaje on zużyty do syntezy niacyny, w ilościach proporcjonalnych do niedoboru niacyny w paszy.

### Działanie wyższych temperatur na białka pochodzenia roślinnego

Działanie wyższych temperatur na białko pochodzenia roślinnego powodować może: a) podwyższenie wartości biologicznej; b) względnie obniżenie wartości biologicznej.

a) Białka pochodzenia roślinnego, zwłaszcza z roślin krzyżowych zawierają różne toksyczne związki i czynniki obniżające wartość biologiczną. Zestawiono je w tabeli 15 (13).

Dodatni wpływ działania podwyższonych temperatur na wartość biologiczną niektórych białek roślinnych tłumaczy się niszczeniem, względnie osłabieniem inhibitorów enzymów (np. niszczeniem enzymu uwalniającego kwas pruski z cyjanogenego związku w maku Inianym).

b) Ujemny wpływ działania podwyższonych temperatur na wartość biologiczną białek roślinnych sprowadza się do:

1) destrukcji aminokwasów (przy działaniu nadmiernie wysokich temperatur następuje zniszczenie aminokwasów do tego stopnia, że po hydrolizie kwaśnej nie można oznaczyć ich analitycznie).

2) inaktywacji aminokwasów (powstają połączenia pomiędzy epsilon aminową grupą lizyny i grupami aldehydowymi cukrów, przyczym połączenia te nie zostają rozłożone w przewodzie pokarmo-

wym. Po hydrolizie kwaśnej wiązania te zostają rozłożone i można analitycznie stwierdzić obecność aminokwasów).

Zmiany te zachodzą przy stosowaniu zbyt długiego ogrzewania.

Tabela 15

Biologicznie szkodliwe czynniki białek roślinnych dające się usunąć względnie zmniejszyć działaniem wyższych temperatur (lub rozpuszczalników). (13)

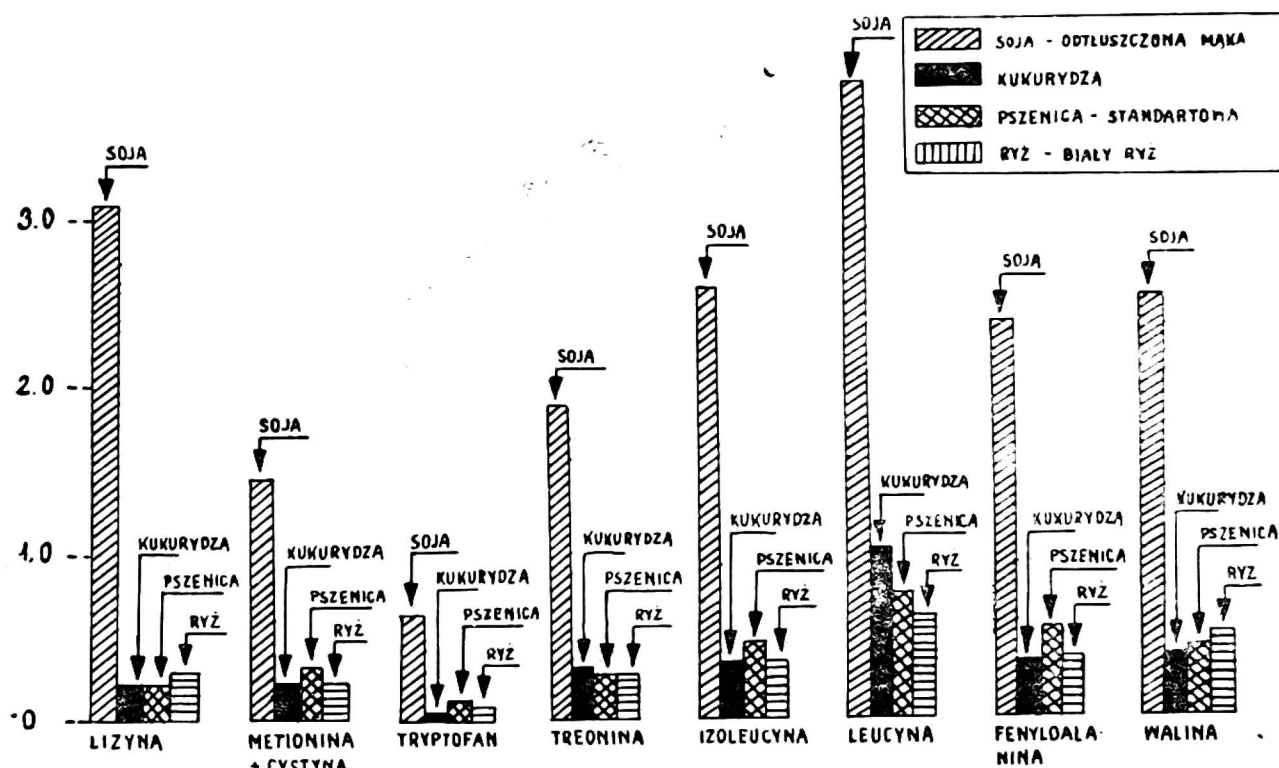
Makuch soi	inhibitor trypsyny hemoglutynina saponina czynnik wolotwórczy czynnik antykoagulacyjny czynnik moczopędny lipoksydaza
Makuch z nasion bawełny	gorsypol
Różne rośliny strączkowe	inhibitor trypsyny glikozyd cyjanogeny
Makuch rzepakowy	czynnik wolotwórczy
Makuch z nasion rycynusu	rycyna (białko)

### M a k u c h s o j o w y

Proces ekstrakcji oleju z soi prowadzony był początkowo w taki sposób, że pozostałe po ekstrakcji makuchy nadawały się jedynie jako nawóz azotowy gdyż zawierały substancje toksyczne. Wielkość produkcji makuchu soi (światowa produkcja soi — około 28 mln ton rocznie) oraz korzystny skład aminokwasowy nieznacznie tylko odbiegający od składu białka zwierzęcego spowodowały podjęcie prac badawczych zmierzających do wykorzystania makuchu soi w żywieniu zwierząt i człowieka. W wyniku intensywnych prac doprowadzono do tego, że w roku 1961 — 50% zapotrzebowania na białko ze strony hodowli można było pokryć w USA przez produkty z soi dostarczane na rynek w ilości przekraczającej 9 mln ton (14). Porównanie składu aminokwasów mąki z soi i kilku zbóż przedstawiono na rysunku 3 (15).

O s b o r n i M e n d e l (16) przeprowadzając doświadczenia na szczurach wykazali, że po 3 godzinnym gotowaniu wzrasta wartość biologiczna soi. Dalsze doświadczenia przeprowadzone na kurczętach (17, 18, 19) indykach (20), trzodzie chlewnej (21) oraz badania przeprowadzone na ludziach (22) potwierdziły, że białko makuchu soi poddane działaniu

wyższych temperatur ma większą wartość biologiczną w porównaniu z białkiem nieogrzewanym.



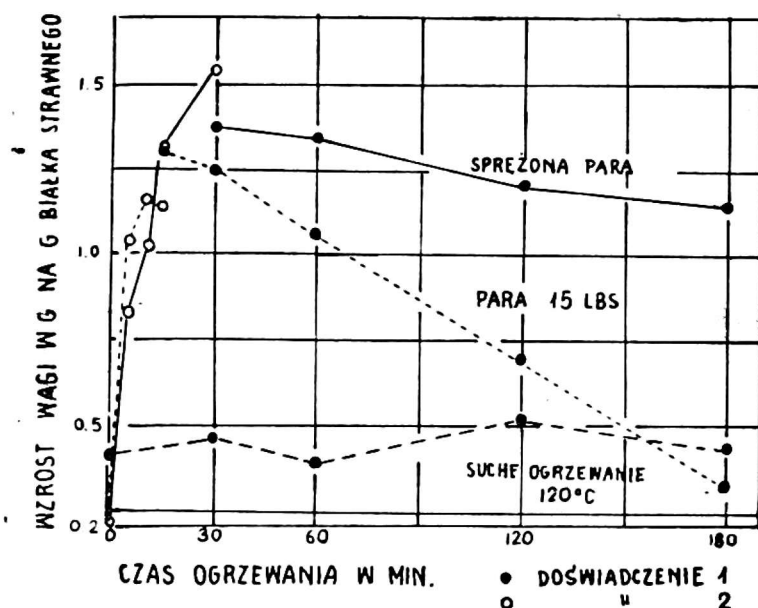
Rys. 3. Skład aminokwasów w mące soi i innych zbożach (15)

Przeprowadzone doświadczenia wykazały, że wzrost wartości biologicznej pod wpływem ciepła zależy od wysokości temperatury, czasu jej działania i wilgotności produktu. Czynniki te stosuje się podczas procesu wydobywania oleju. Dane zawarte w tabeli 16 ilustrują wzrost wartości biologicznej makuchu soi w zależności od warunków wydobycia oleju wg różnych autorów (23, 24).

Tabela 16  
Wpływ parametrów procesu wydobycia oleju na wartość biologiczną makuchu soi (13)

Pojemnik		Prasa		Wartość biol. wyrażona w g przyrostu ciężaru na gram spożytego białka
temp. (°C)	czas min.	temp. (°C)	czas min.	
Makuch po ekstrakcji oleju na prasie ślimakowej				
90	13	105	2,0	0,58
100—112	13	112—130	2,5	1,15
100—112	13	140—150	2,5	1,45
surowa soja				0,51
Makuch po ekstrakcji oleju w prasie hydraulicz.				
82	90	65—75	50—60	0,82
105	90	65—75	50—60	1,14
121	90	68—80	50—60	1,15
surowa soja				0,51
Makuch po ekstrakcji rozpuszczalnikami				
60	10	45—98	15	1,44

Na podstawie badań laboratoryjnych ustalono, że maksimum wartości biologicznej makuchu soi uzyskuje się przez właściwe dostosowanie temperatury, ciśnienia, wilgotności i czasu (rys. 4) (25).



Rys. 4. Skutki sposobu i zakresu ogrzewania na wartość odżywczą białka soi (25)

Z danych przedstawionych na rysunku wynika:

a) mała efektywność działania podwyższonych temperatur w środowisku pozbawionym wody,

b) obniżenie wartości biologicznej w miarę nadmiernego ogrzewania.

Działanie podwyższonych temperatur wywiera dodatni wpływ na metabolizm azotu i siarki. Dane zawarte w tabeli 17 (26, 27) pozwalają stwierdzić, że przy zbliżonym poziomie absorpcji aminokwasów siarkowych ilość zatrzymanego przez organizm azotu i siarki jest wyższa w przypadku makuchów ogrzewanych. Mniejsza ilość zatrzymanego N i S nie może być wynikiem niepełnej hydrolizy białka soi. Istnieje teoria, że aminokwasy głównie metionina uwalniane są z makuchu surowego w takiej formie, że organizm nie może jej wykorzystać do budowy własnego białka.

Pod działaniem podwyższonych temperatur ulega zniszczeniu inhibitor trypsyny. Wartość biologiczna ogrzewanego makuchu soi wzrasta proporcjonalnie do stopnia destrukcji inhibitora trypsyny i dlatego Westfall i Hange (13) przypuszczają, że inhibitor trypsyny w pierwszym rzędzie odpowiedzialny jest za niską wartość nieogrzanego makuchu soi.

Ciekawym zjawiskiem jest fakt, że dodatek antybiotyku zwiększa znacznie wartość biologiczną surowego makuchu soi, podobnie jak dodatek witaminy B<sub>12</sub> (28). Trzeba zaznaczyć, że witamina B<sub>12</sub> ma działanie łagodzące ostrość deficytu metioniny. Zastosowanie dodatku antybiotyku i witaminy B<sub>12</sub> pozwala osiągnąć taki sam wzrost wartości biologicznej surowego makuchu soi jaki uzyskuje się przez ogrzanie.

Tabela 17

Badanie na szczurach wg różnych autorów, nad metabolizmem azotu i siatki z surowego i ogrzewanego makuchu sojowego (13)

	Makuch soi	
	surowy	ogrzany
<b>A. Wartość odżywcza</b>		
wartość biologiczna	41	51
	58	71
	49	67
<b>B. Przemiana azotowa</b>		
% zaadsorbowanego azotu	75	79
	77	81
	33	79
	67	75
% azotu zatrzymanego przez organizm	18	33
<b>C. Przemiana siarkowa</b>		
% zaadsorbowanej siarki	59	64
	80	76
% „ metioniny	51	53
% S zatrzymanej przez organizm	12	30
	13	26
% zatrzymanej przez organizm metioniny	44	71

Nadmierne ogrzewanie obniża wartość biologiczną (tab. 18) (29).

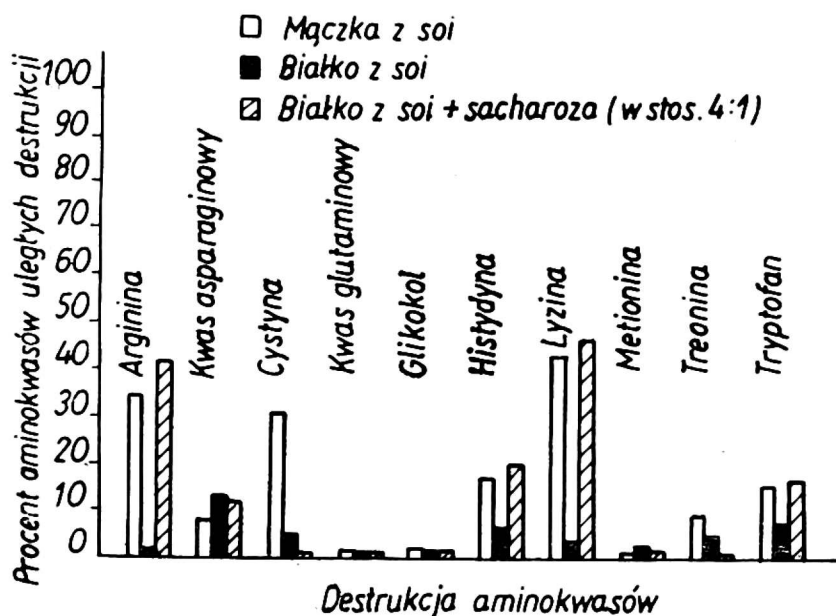
Tabela 18

Wpływ nadmiernego ogrzewania na zmniejszenie wartości odżywczej białka soi (29)

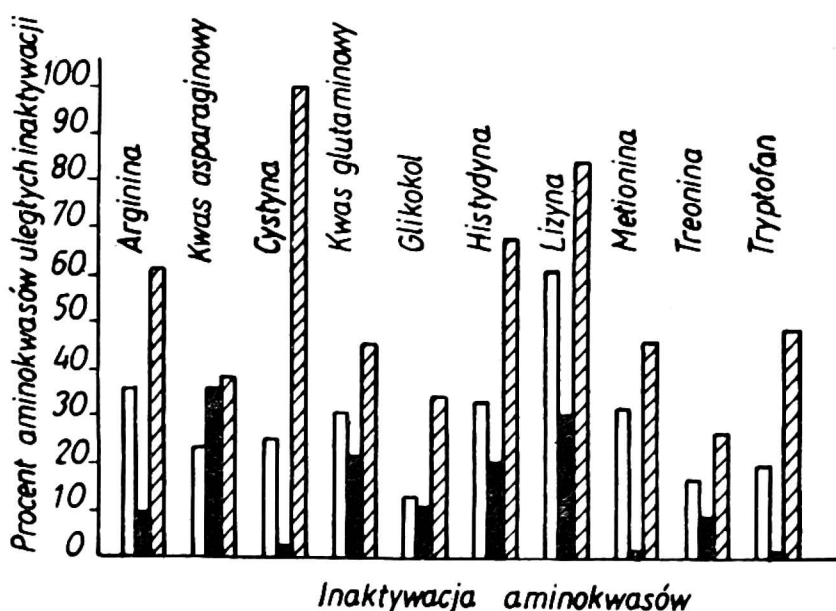
Czas stosowania wysokich temperatur	Średni ciężar kurcząt po 3 tyg.
4 min	203,5 g
30 min	208,6 g
4 godz.	135,0 g

Destrukcyjną i inaktywacyjną aminokwasów makuchu soi pod wpływem nadmiernego ogrzewania ilustruje rysunek 5 (13) wg danych Evansa i współpr. (30—35).

Nadmierne ogrzewanie niszczy przede wszystkim argininę, cystynę, lizynę i tryptofan. Również  $\frac{1}{3}$  metioniny ulega zniszczeniu. Reakcja między wolnymi grupami aminowymi białka a redukującymi cukrami zachodząca pod wpływem wysokich temperatur odpowiedzialna za inaktywację aminokwasów przebiega wg schematu przedstawionego na rys. 6 (36).



Rys. 5 (13)



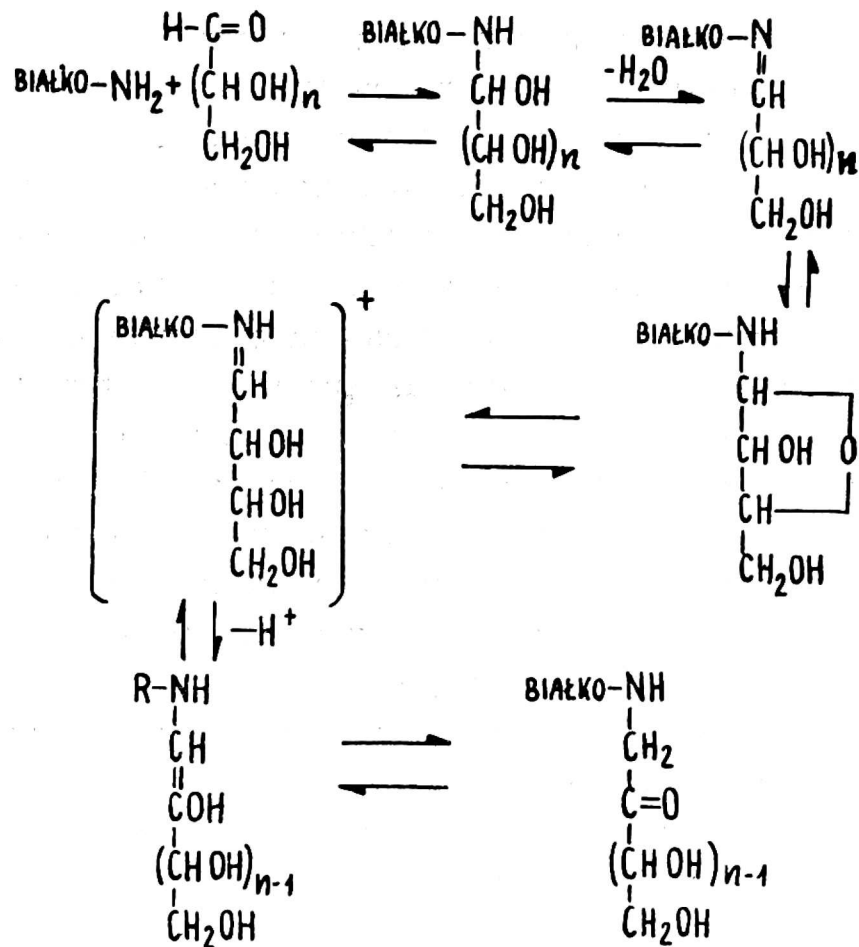
### Białka makuchu lnianego

Makuch lniany zawiera substancję wpływającą ujemnie na wzrost kurcząt. Jest to cyjanogen glikozyd zwany linamaryną, z którego pod działaniem enzymu — linamarazy zostaje odczepiony HCN. Pod wpływem działania podwyższonych temperatur podczas obróbki cieplnej nasion przy wydobywaniu oleju metodą hydrauliczną bądź przy użyciu pras ślimakowych enzym linamaraza zostaje zniszczony a tym samym usunięta zostaje możliwość odczepienia się wolnego HCN z linamaryny.

Przy zastosowaniu w celu wydobycia oleju metody ekstrakcji — a więc niskich temperatur — enzym ten nie zostaje zniszczony. Zaobserwowano, że makuch lniany otrzymany przy metodzie tłoczenia nasion ma wyższą wartość biologiczną w porównaniu z makuchem pochodzącym z nasion, których tłuszcz wydobyto metodą ekstrakcji.

Substancję tę można eliminować również przy pomocy ekstrakcji wodą, lub przez zastosowanie dodatku pirydyny. Skład aminokwasowy makuchu lnianego podano w tabeli 19 (13).





Rys. 6

Tabela 19

Zawartość podstawowych aminokwasów w makuchu linianym (13)

Aminokwasy	Zawartość aminokwasów w %				
	(41)	(42)	(42)	obliczono w stosunku do 16% azotu	
Arginina	2,1—2,8	3,2	2,8	8,6	8,6
Histydyna	0,5—0,6	0,7	0,6	1,9	2,0
Izoleucyna	1,1—1,4	2,2	1,6	5,9	4,9
Leucyna	1,8—2,5	2,2	1,9	5,8	5,9
Lizyna	0,8—1,1	1,5	1,2	4,1	3,7
Metionina	0,3—1,1	0,4	0,4	1,0	1,0
Fenylalanina	1,7—1,9	1,5	1,4	4,1	4,3
Treonina	1,0—1,7	1,3	1,1	3,6	3,4
Tryptofan	0,5—1,0	0,6	0,4	1,5	1,2
Tyrozyna	1,7	0,8	1,4	2,2	4,1
Walina	1,7—1,9	1,8	1,5	4,9	4,7
Zawartość N	—	5,95	5,24		
Białko (N x 6,25)	—	37,2	32,7		

Z danych zamieszczonych w tabeli 19 wynika, że makuch lniany nadaje się przede wszystkim jako pokarm dla przeżuwaczy. Zawiera małe ilości lizyny i metioniny co w przypadku bydła, które może syntetyzować te aminokwasy ma mniej istotne znaczenie. Cechą charakterystyczną makuchu lnianego jest zdolność absorbowania dużej ilości wody a następnie pęcznienia. Pęczniąc zatrzymuje się on dłużej w przewodzie pokarmowym zwierząt przeżuwających, tak że bakterie i inne mikroorganizmy mają dostatecznie dużo czasu na przeprowadzenie dokładnego trawienia. Zawartość mucyn ułatwia prawidłowe przesuwanie się pokarmu, co ze względu na obecność ostrych cząstek celulozowych działających podrażniająco jest niezmiernie ważne. Makuch lniany nie nadaje się jako jedyne źródło białka w żywieniu trzody chlewnej z powodu małej zawartości lizyny i metioniny. Powinien być w tym przypadku mieszany z mączką z lucerny lub wywarem (najlepiej zagęszczonym).

W mieszance drobiowej, ze względu na zawartość mucyn, które powodują zniekształcenie dziobów, stosuje się udział makuchu lnianego w ilości nie większej niż 3%.

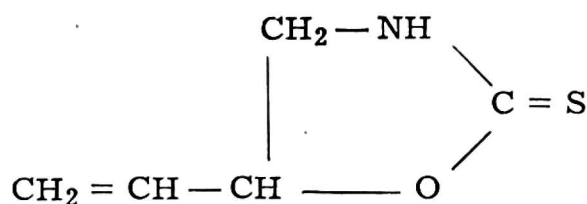
Przy mieszankach granulowanych można zastosować wyższy dodatek makuchu lnianego gdyż wówczas nie obserwujemy przyklepania się pokarmu do dzioba.

#### M a k u c h k o n o p n y

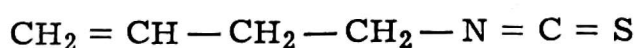
Zawiera podobnie jak makuch lniany cyjanogenny glikozyd zwany linamaryną.

#### M a k u c h r z e p a k o w y

Również makuch rzepakowy zawiera duże ilości linamaryny w przypadku gdy otrzymano go z nasion niedojrzałych. Jak wszystkie rośliny krzyżowe zawiera również czynnik wolotwórczy: 1,5 winylo-2-tioksyazoliden (37, 38, 39).



Przypuszcza się, że prekursorem tej substancji w makuchu rzepakowym jest olej musztardowy: allyloizotiocyjanian



który występuje w nasionach rzepaku jako glikozyd nietoksyczny zwany glukonapiną. Glikozyd ten zostaje rozłożony przez enzym zwany myrozynazą i pozostaje allyloizotiocyjanin.

Przy stosowaniu suchej obróbki cieplnej w temperaturze 130°C w ciągu 24 godz. zmniejsza się aktywność wolotwórcza makuchu rzepakowego. Nie stwierdzono jednak na razie, czy wiąże się to ze zmniejszeniem aktywności myrozynazy, czy ze zniszczeniem czynnika wolotwórczego.

Istnieją dwie drogi zapobiegania toksyczności makuchu rzepakowego:

- a) przez inaktywację enzymu powodującego rozkład cyjanogenego glikozydu,
- b) przez stworzenie sprzyjających warunków enzymatycznego rozkładu glukonapiny i oddestylowania allyloizotiocyjaniny.

#### LITERATURA

1. Mitchel H. H., E. G. Curzon: The Dietary Requirement of Calcium and its Significance, Paris 1939.
2. Albanese A. A.: Adv. Protein Chem., 3, 227, 1947.
3. Lang K., O. F. Ranke: Stoffwechsel und Ernährung, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1950.
4. Allison J. B.: Bordens Rev. Nutrit. Res. 14, 61, 1953.
5. Brüggemann J.: Futter und Fütterung 8, 1961.
6. S. Brohult, E. Sandefren: The Proteins, vol. 2, part A, p. 493, Academic Press, New York, 1954.
7. E. G. Kelley, Reba: Agricultural and Food Chemistry, Vol. 1, No 10, s. 680, 1953.
8. Shuphan: Qulitas Plantarum et Materiale Vegetabiles, Haga, Vol. VIII, 1961.
9. Handbook of Food and Agriculture, p. 570, C. Blanck, Reinhold Publish. Corporat., New York, 1955.
10. H. H. Mitchell: Proteins and Amino-Acids in Nutrition, s. 70, Reinhold, New York, 1948.
11. B. Sure: J. Amer. dietet. Assoc., 22, 494 (1946; 23, 113/1947).
12. N. L. Kent, C. Science to Day 2, 83, 1957.
13. Altschul: Processed Plant Protein Foodstuffs, New York, 1958.
14. Materiały konferencji: Soybean products for protein in Human Foods, Peoria, 1961.
15. M. L. Orr, B. K. Watt: Amino acid content of foods, Home Econ. Res. Report No 4, U. S. Dept. of Agric., Washington, D. C. 1957.
16. T. B. Osborne, L. B. Mendel: J. Biol. Chem., 32, 369, 1917.
17. J. W. Hayward, F. H. Hafner: Poultry Sci. 20, 139, 1941.
18. J. P. Mattingly, H. R. Bird: Poultry Sci. 24, 344, 1945.
19. R. J. Evans, J. McGinnis: J. Nutrition 31, 449, 1946.
20. J. C. Fritz, E. H. Kranke, C. A. Reed: Poultry Sci. 26, 657, 1947.
21. D. E. Becker, C. R. Adams, S. W. Terril, R. J. Meade: J. Animal Sci. 12, 107, 1953.
22. J. H. Lewis, F. H. L. Taylor: Proc. Soc. Exptl. Biol. Med. 64, 85, 1947.
23. J. W. Hayward, H. Steenbock, G. Bohstedt: J. Nutrition, 11, 219 1936.
24. J. C. Fritz, E. H. Kramke, C. A. Reed: Poultry Sci. 26, 657, 1947.

25. A. A. Klose, B. Hill, H. L. Ferold: *Food Technol.* 2, 201, 1948.
26. J. E. Liener, H. J. Denel, H. L. Ferold: *J. Nutrition* 39, 325, 1949.
27. B. S. Schweigert, B. T. Guthneck: *J. Nutrition*, 54, 333, 1954.
28. I. E. Liener: *Effect of Heat on Plant Proteins*, New York, 1958.
29. R. Renner, D. R. Clandinin, A. R. Robblee: *Poultry Sci.* 32, 582, 1953.
30. R. J. Evans, A. C. Groschke, H. A. Butts: *Arch. Biochem.* 30, 414, 1951.
31. R. J. Evans, H. A. Butts: *J. Biol. Chem.* 175, 15, 1948.
32. R. J. Evans, H. A. Butts: *Science*, 109, 569, 1949.
33. R. J. Evans, H. A. Butts: *J. Biol. Chem.* 178, 543, 1949.
34. R. J. Evans, H. A. Butts: *Food Research* 16, 415, 1951.
35. R. J. Evans, H. A. Butts, S. L. Bandemer: *Arch. Biochem. and Biophys.*, 32, 400, 1951.
36. J. E. Hodge: *J. Agr. Food Chem.* 1, 928, 1953.
37. J. M. Bell: *Can. J. Agr. Sci.* 35, 242, 1955.
38. M. A. Greer: *Physiol. Revs.* 30, 513, 1950.
39. A. Frölich: *Kgl. Lantbruks-Högskol. Ann.* 20, 105, 1953 .
40. P. T. Hsu—G. F. Combs: *J. Nutrit.* 47, 73, 1952.
41. R. J. Block, D. Bolling: *The Amino Acid Composition of Protein and Foods* 2-nd ed. Springfield, III, 1947.
42. H. H. Williams, Cornell: *Univ. Agr. Expt. Station Mem.* 337 (1955).