

JANINA PRZYBYLSKA

Zakład Hodowli Roślin PAN w Poznaniu

Z OSTATNICH BADAŃ NAD FORMAMI AZOTU I WARTOŚCIĄ BIOLOGICZNĄ BIAŁKA NASION ŁUBINU I INNYCH ROŚLIN MOTYLKOWYCH

Duże znaczenie roślin strączkowych polega między innymi na wysokiej zawartości białka nasion. Waha się ona w granicach 22—50% białka surowego, podczas gdy w ziarnie zbóż dochodzi zaledwie do 15%.

Dane uzyskane z doświadczeń przeprowadzanych specjalnie celem porównania procentowych zawartości białka u różnych roślin strączkowych wykazują czołowe stanowisko łubinów w stosunku do innych rodzajów tej rodziny (tabela 1).

Tabela 1

Zawartość białka w nasionach i plon białka roślin strączkowych na różnych stanowiskach. Według S. Barbackiego, Poznań—Przebędowo 1951 r. (4)

Gatunki i odmiany	Stanowisko			
	słabsze (pH 6,0)		silniejsze (pH 7,0)	
	% białka	plon białka w q/ha	% białka	plon białka w q/ha
Łubin biały I	37,6	7,6	36,9	9,0
Łubin biały II	40,8	8,0	37,7	11,3
Łubin biały III	37,7	7,6	35,4	9,8
Łubin żółty	40,8	8,1	45,1	5,1
Łubin wąskolistny	31,0	4,8	31,7	5,9
Bobik	27,8	3,8	32,6	10,2
Peluszka	24,4	2,3	23,5	3,8
Wyka	30,0	3,2	30,8	5,0
Lędzwan siewny	26,5	2,7	30,0	3,0
Lędzwan afrykański	35,3	3,0	36,9	4,2
Seradela	27,9	—	23,8	—

Poszczególne gatunki łubinu wykazują różną zawartość białka surowego w nasionach. Charakterystyczna jest również duża zmienność odmianowa odnośnie tej cechy. Szczególnie duży rozrzut zawartości białka stwierdza się w obrębie łubinu białego (tabela 2).

Procentowa zawartość tak zwanego białka surowego (którą oblicza się mnożąc azot całkowity przez współczynnik 6,25) mówi nam jedynie

Tabela 2

Procentowa zawartość białka w nasionach różnych gatunków i odmian łubinu.
Według S. Barbackiego, Poznań—Przebędowo, 1948—1950 (4)

Gatunki i odmiany	1948			1949			1950		
	ilość rodów	granice wahań	średnia	ilość rodów	granice wahań	średnia	ilość rodów	granice wahań	średnia
Łubin żółty o nasionach marmurkowych	3	37,9—40,0	39,1	51	40,6—46,5	44,0			
Łubin żółty o nasionach białych	4	38,1—38,9	38,5	23	40,7—45,1	43,4			
Łubin wąskolistny	4	29,8—30,6	31,0	16	28,9—33,4	30,9			
Łubin wąskolistny Łastowskiego	2	29,5—30,6	30,1	38	28,8—38,6	33,3			
Łubin biały I				23	34,3—39,6	37,8	13	30,4—40,0	36,2
Łubin biały II				23	33,2—40,6	38,0	13	34,0—41,3	38,3
Łubin biały III				2	33,5—36,7	35,1	30	31,2—38,4	35,1
Łubin biały IV				36	36,4—40,1	38,5	11	36,4—40,9	37,7
Łubin biały V				16	34,3—40,4	38,5	25	31,3—40,4	34,5

o ogólnej zawartości azotu, nie dostarcza natomiast żadnych informacji odnośnie poszczególnych form jego występowania w roślinie i ich wzajemnego stosunku. Spośród tych form na szczególną uwagę zasługuje białko w ścisłym tego słowa znaczeniu.

Pod pojęciem białka nie rozumie się jednorodnej substancji, ale pewien kompleks frakcji różniących się szeregiem cech fizykochemicznych; rozpuszczalnością, ciężarem cząsteczkowym, konfiguracją przestrzenną, zachowaniem w polu elektrycznym i składem aminokwasowym.

Ritthausen (40) pierwszy zbadał i opisał pod nazwą konglutyny białko nasion łubinu. Osborne i Strauss (33), powołując się na poprzednie prace (Osborne i Campbell (30) oraz Osborne i Harris (31), podają, że prawie całe białko nasion łubinów żółtego i wąskolistnego składa się z globulin. Wyżej wymienieni autorzy wykazali, że globuliny nasion tych gatunków można rozdzielić przez frakcjonowane wytrącanie na dwa różne składniki, które nazwano konglutyną α i β . Obydwie konglutyny, podobnie jak inne globuliny, rozpuszczalne są w rozcieńczonych roztworach ługów, soli i kwasów, nie są natomiast rozpuszczalne w wodzie. Ich skład elementarny wykazuje obok innych drobnych różnic znacznie wyższą zawartość siarki w konglutynie β .

Skład elementarny konglutyny α i β według Osborne'a i Strauss'a (33):

	N	C	O	S	H
konglutyna α	17,57	51,75	23,10	0,62	6,96
konglutyna β	18,40	49,49	23,63	1,67	6,81

Ciekawe są prace Joubert'a (19, 20) nad białkiem nasion łubinu żółtego i wąskolistnego. Całkowite białko solnego ekstraktu nasion łubinu wąskolistnego (19) rozdzielił on na nierozpuszczalną w wodzie frakcję globulinową i rozpuszczalną frakcję albuminową. W tej ostatniej frakcji badania ultrawirówkowe wykazały dużą zawartość składnika o stałej sedymentacji 1,6 S oraz nieznaczną ilość składnika o stałej sedymentacji 7,8 S. Badań elektroforetycznych tej frakcji nie można było przeprowadzić z uwagi na współdziałanie z białkami barwnych związków zanieczyszczających preparaty białkowe. Z uwagi na to, że w trakcie oczyszczania mączki łubinowej od tych substancji również i albuminy ulegały wymyciu, ograniczono się do szczegółowych badań jedynie frakcji globulinowych.

Fracjonowanie składników globulinowych wyekstrahowanych z oczyszczonej mączki łubinowej przeprowadził Joubert według nieco zmodyfikowanej metody Danielsson'a (9) dla grochu. W wyniku tego postępowania otrzymał dwie frakcje globulinowe, które oznaczył jako A i B. Obie frakcje przebadał elektroforetycznie oraz przy pomocy ultrawierowania. Diagram sedymentacyjny frakcji A wykazał dużą ilość składnika o stałej sedymentacyjnej 11,6 S i nieznaczny procent składnika o stałej sedymentacyjnej 7,8 S. Dla frakcji B otrzymano na diagramach sedymentacyjnych jeden tylko składnik o stałej sedymentacyjnej 7,8 S. Zgodne wyniki uzyskano metodą elektroforezy. Ciężary cząsteczkowe otrzymanych globulin wynoszą według Joubert'a (19) 336 000 i 181 000 (tabela 3).

Przeprowadzając badania ultrawirówkowe oraz elektroforetyczne frakcji globulinowych w różnych buforach Joubert stwierdził, że wysokocząsteczkowa globulina frakcji A może w sposób odwracalny dysocjować na składnik o stałej sedymentacyjnej 7,1 S i o ciężarze cząsteczkowym 170 000. Joubert podkreśla odrębność tego składnika w stosunku do lżejszej globuliny o ciężarze cząsteczkowym 181 000. Dysocjacji frakcji A sprzyja według Joubert'a niska siła jonowa buforu oraz wysoka wartość pH.

Podobne badania przeprowadził Joubert (20) dla nasion łubinu żółtego. Wykazały one występowanie składników globulinowych o stałych sedymentacyjnych 11,6 S i 7,4 S oraz niskocząsteczkowej frakcji o stałej sedymentacyjnej 2,0 S przedstawiającej mieszaninę albumin i globulin. Wysokocząsteczkowa globulina (11,6 S), tak jak w łubinie wąskolistnym, podlega odwracalnej dysocjacji na składnik lżejszy o stałej sedymentacyjnej 7,2 S.

Reasumując, Joubert stwierdza w obu badanych gatunkach łubinu składnik globulinowy o stałej sedymentacyjnej 11,6 S. Globulina ta dysocjuje w przypadku łubinu wąskolistnego na składnik o stałej sedymentacyjnej 7,1 S, w łubinie żółtym natomiast produktem jej dysocjacji

Tabela 3

Charakterystyka frakcji białkowych nasion grochu i łubinu

Roślina	Autor	Frakcja	Typ białka	Stała sedymentacji	Ciężar cząsteczkowy	U w a g i
<i>Pisum sativum</i>	Danielsson (9)	legumina	globulina	12,64	331 000	Większa zawartość tryptofanu w stosunku do wiciliny
		wicilina	globulina	8,10	186 000	
		legumelina	albumina			Frakcja niejednorodna, badania ultrawirówkowe wykazują dwa składniki
<i>Lupinus angustifolius</i>	Joubert (19)	A	globulina	11,6	336 000	Odwracalny system asocjacyjno-dysocjacyjny (dysocjuje na składnik o stałej sedymentacyjnej 7,1 S i ciężarze cząsteczkowym 170 000). Występuje tryptofan
		B	globulina	7,8	181 000	Frakcja stabilna bez względu na zmiany pH oraz siły jonowej buforu. Brak tryptofanu
		nie oznaczona	albumina	1,6		Frakcja nie zbadana
<i>Lupinus luteus</i>	Joubert (20)	I (odpowiednik A)	globulina	11,6	336 000*	Odwracalny system asocjacyjno-dysocjacyjny (dysocjuje na składnik o stałej sedymentacyjnej 7,2 S). Występuje tryptofan
		II (odpowiednik B)	globulina	7,4	173 000*	Frakcja stabilna, bez względu na zmiany pH oraz siły jonowej buforu. Brak tryptofanu
		III	mieszanina albuminy i globuliny	2,0		Frakcja nie zbadana

* Dane uzyskane z pracy Gerritsena (14)

jest składnik o stałej sedymentacyjnej 7,2 S. Globulina o niższym ciężarze cząsteczkowym (7,8 S w łubinie wąskolistnym i 7,4 S w łubinie żółtym) w obu gatunkach łubinu jest stabilna bez względu na zmiany pH i siły jonowej. Ponadto oba gatunki zawierają niskocząsteczkową frakcję, która w łubinie wąskolistnym ma charakter albumin (1,6 S), natomiast w łubinie żółtym (2,0 S) składa się z frakcji albuminowej i globulinowej.

Na występowanie odwracalnego systemu dysocjacyjno-asocjacyjnego w nasionach łubinu żółtego zwraca również uwagę praca Petri'ego i współpracowników (35). Duże znaczenie badań Joubert'a oraz Petri'ego i współpracowników polega na wykazaniu, jak skomplikowane jest zagadnienie kompleksów białkowych. Odwracalne procesy dysocjacyjno-asocjacyjne mogą stanowić zasadniczy czynnik utrudniający oznaczenie poszczególnych składników globulinowych.

Wykryciem ewentualnych różnic pomiędzy kompleksami białek zapasowych różnych gatunków łubinu zajęli się Wiewiórowski i Augustyniak (56) stosując metodę elektroforezy bibułowej. Wyżej wymienieni autorzy rozdzielali w tych samych warunkach surowy wyciąg białka z nasion trzech gatunków łubinu. Otrzymane elektroferogramy wykazały cztery składniki dla łubinu wąskolistnego i dwa dla łubinu białego; surowy wyciąg białka łubinu żółtego nie rozdzielił się. Przy zastosowaniu innego buforu Wiewiórowski i współpracownicy (58) rozdzielili globuliny nasion łubinu białego na cztery frakcje, a globuliny nasion łubinu wąskolistnego tylko na dwie. Wyniki te wykazują istnienie wyraźnych różnic gatunkowych w charakterze kompleksów białek zapasowych łubinu.

Ciekawych danych dotyczących różnic między globulinowymi składnikami łubinu żółtego i wąskolistnego dostarcza nam praca Gerritsen'a (14). W obu gatunkach łubinu autor ten oznaczył skład aminokwasowy globulin. Gerritsen stwierdził, że składniki globulinowe o stałej sedymentacyjnej 1,6 S, wykazujące niemal te same cechy w obu gatunkach łubinu, różnią się zawartością azotu (17,5% w łubinie żółtym i 18,4% w łubinie wąskolistnym), jak również ilością reszt argininy na cząsteczkę (222 w łubinie żółtym i 278 w łubinie wąskolistnym). Zaobserwowano ponadto pewne różnice w stosunku grup kwaśnych do zasadowych (938/864 w łubinie żółtym i 912/822 w łubinie wąskolistnym).

Analiza aminokwasów Gerritsena potwierdziła wniosek Joubert'a, że produkty dysocjacji składnika o stałej sedymentacji 11,6 S nie są identyczne z lżejszym składnikiem globulinowym ani w łubinie żółtym, ani w wąskolistnym. W obu gatunkach łubinu składnik o stałej sedymentacyjnej 11,6 S zawiera tryptofan, a nie zawierają go frakcje lżejsze. Frakcje lżejsze łubinu wąskolistnego (7,8 S) i żółtego (7,4 S) wykazują pewne podobieństwo w składzie, np. brak tryptofanu i metioniny; ilość

ciowe jednak różnice dla większości występujących aminokwasów są większe aniżeli doświadczalny błąd oznaczenia. Wyniki te stanowią poparcie danych fizycznych wskazujących na odrębność obu białek. Gerritsen podkreśla bardzo małą zawartość metioniny w białku obu łubinów oraz całkowity jej brak w frakcjach lżejszych.

Z przytoczonych powyżej danych wynika, że istnieją między poszczególnymi frakcjami białek zapasowych łubinu subtelne, niemniej jednak wyraźne różnice gatunkowe. Bardzo ciekawe są również wyraźne różnice jakościowe między poszczególnymi składnikami kompleksu białkowego w łubinie. Zmiany stosunkowych zawartości tych składników stwarzają w hodowli możliwości podniesienia ogólnej wartości białka łubinowego.

Szereg autorów starało się porównać zapasowe białka różnych roślin. Białka roślin strączkowych składają się z frakcji rozpuszczalnych w wodzie, solach i alkaliach. Smirnowa-Ikonnikowa i Wiesiołowa (46) na podstawie charakterystyki rozpuszczalności dzielą rośliny strączkowe na trzy grupy:

- 1) o przewadze frakcji rozpuszczalnej w wodzie (fasola, soja);
- 2) zawierającą duże ilości białka rozpuszczalnego zarówno w wodzie, jak i w solach (groch, soczewica, wyka, lędźwian);
- 3) o przewadze białek rozpuszczalnych w solach (łubin).

Według powyższego podziału łubin zajmuje odrębne stanowisko w grupie roślin strączkowych, a białko jego — co zresztą jest ogólnie stwierdzone — składa się przede wszystkim z rozpuszczalnych w roztworach soli globulin. Wydaje się jednak, że podział ten nie jest w pełni miarodajny, jeśli chodzi o charakterystykę kompleksów białkowych. Jak wykazały badania Danielssona (10) nad grochem, znaczną ilość globulin można wyekstrahować wodą dzięki istnieniu koloidów ochronnych, a zatem rozpuszczalność białek w wodzie nie zawsze umożliwia odpowiednie ich zakwalifikowanie.

Praca Smith'a i współpracowników (47) daje bogatą charakterystykę rozpuszczalności białek nasion wielu rodzin i rodzajów roślin, między innymi rodziny strączkowych i rodzaju łubinu. Badania te jednak mają większe znaczenie dla celów przemysłowych, ponieważ oznaczają tylko sumę azotu ekstrahowanego różnymi rozpuszczalnikami, a nie określają jego form. Autorzy, obserwując pewne korelacje między rozpuszczalnościami w obrębie poszczególnych rodzin, stwierdzają u strączkowych specjalnie wysoką zawartość azotu niebiałkowego.

Interesujące jest porównanie białka łubinu z dobrze zbadanym białkiem grochu. Osborne i współpracownicy (30, 31) wyodrębnili z grochu trzy frakcje globulinowe, które nazwali legumina, wicilina i legumelina. Ta ostatnia zajmuje miejsce pośrednie w stosunku do albumin i globulin.

Danielsson (9) zbadał globuliny grochu przy pomocy ultrawierowania. Uzyskał on całkowity rozdział dwóch składników globulinowych, porównał z globulinami Osborne'a i zidentyfikował jako leguminę i wicilinę, następnie oznaczył ich stałe sedymentacyjne oraz ciężary cząsteczkowe (tabela 3).

Dane zestawione w tabeli 3 wykazują duże podobieństwo globulin grochu i łubinu. Legumina, zarówno z uwagi na ciężar cząsteczkowy, jak i stałą sedymentacji, odpowiada konglutynie α według terminologii Osborne'a, a frakcji A według oznaczeń Jouberta. Z tych samych względów wicilina zbliżona jest do konglutyny β Osborne'a, a frakcji B Jouberta. Stwierdza się również podobną zależność odnośnie zawartości tryptofanu. Danielsson (10) stwierdził czterokrotnie większą zawartość tryptofanu w leguminie w stosunku do wiciliny, według danych Gerritsena (14) natomiast tryptofan znajduje się tylko w wysokocząsteczkowej globulinie łubinu.

Porównaniem zapasowych białek różnych roślin zajmował się Osborne. We wcześniejszych swych pracach zakładał on, że nasiona bliżej spokrewnionych roślin zawierają białka identyczne. Później współpracując z Wellsem (23, 53, 54, 55) i stosując testy immunologiczne stwierdził, że prawdopodobnie nie ma białek identycznych. Zdaniem Danielssona (12) wyciąganie wniosków z danych immunologicznych jest ryzykowne z uwagi na możliwość zanieczyszczenia białka obcymi peptydami, węglowodanami itp., dającymi reakcję immunologiczną. Ostatnie wyniki Osborne'a uważa jednak za poprawne z uwagi na małe prawdopodobieństwo syntezy białka o dokładnie tej samej sekwencji aminokwasów u różnych roślin. Jeśli jednak rozważy się ogólne własności fizyko-chemiczne, prawda mieści się, według Danielssona, między pierwszą a drugą hipotezą Osborne'a.

Celem uzyskania poglądu na to zagadnienie Danielsson (9) wybrał losowo różne gatunki motylkowych i globuliny nasion przebadał przy pomocy ultrawierowania. W niemal wszystkich badanych gatunkach stwierdził występowanie dwóch globulin, które uważa za leguminę i wicilinę. Porównując względne stężenie obu składników stwierdza, że blisko spokrewnione gatunki mają w przybliżeniu takie same względne koncentracje leguminy i wiciliny. W różnych gatunkach *Lathyrus* dominuje zawsze legumina, podobnie jak w dwóch badanych gatunkach *Vicia*, przy czym należy podkreślić, że oba rodzaje zbliżone są do siebie botanicznie. W różnych gatunkach *Lupinus* zaobserwowano wyższe stężenie wiciliny, tak samo jak u *Phaseolus* i *Trifolium*.

Wyniki Danielssona wskazują, że charakterystyka biochemiczna rośliny może być istotnie pomocna w klasyfikacji botanicznej. Z drugiej jednak strony charakterystyka ta musi być bardzo wnikliwa, ponieważ

różnice biochemiczne są o wiele subtelniejsze i trudniejsze do uchwycenia, aniżeli różnice morfologiczne i anatomiczne.

Ciekawych danych porównawczych dostarczają również badania metabolizmu azotowego w trakcie dojrzewania nasion. Prace takie przeprowadzili dla grochu między innymi Danielsson (11), Hyde (18) i Raacke (37, 38, 39), dla łubinu natomiast Wiewiórowski i współpracownicy (57). Ostatnio wymienieni autorzy omawiają odmienne dane otrzymane dla łubinu i grochu. Odrębność metabolizmu azotowego nasion łubinu i grochu przejawia się przede wszystkim w fakcie, iż procentowy udział azotu w suchej masie w trakcie dojrzewania nasion łubinu rośnie, gdy u grochu maleje. Oznaczałoby to, że w przypadku nasion łubinu dominuje synteza związków azotowych, gdy u grochu przeważa synteza węglowodanów. Po drugie Danielsson (11), a również Raacke (37) sugerują udział peptydów jako prekursorów w syntezie białka, gdy z badań nad łubinem wynika, że peptydy stanowią raczej produkty odbudowy białek w trakcie dojrzewania wtórnego.

Należałoby jeszcze podkreślić pewne charakterystyczne momenty zbieżne. Zarówno z prac nad grochem, jak i łubinem wynika niezależność syntezy globulin i albumin, a również niezależność syntezy poszczególnych składników globulinowych. Drugim bardzo ciekawym faktem jest nagromadzanie się w trakcie dojrzewania nasion grochu oraz niegorzkiego łubinu wolnego aminokwasu argininy. Arginina w dojrzałych nasionach grochu (18) oraz w niskoalkaloidowych nasionach łubinu (36, 58) zajmuje dominujące stanowisko w frakcji wolnych aminokwasów.

* *
* *

Z punktu widzenia żywienia zasadnicze znaczenie ma określenie wartości biologicznej białka. Białko nie stanowi materiału wysoce energetycznego; jego wartość polega na zawartości reszt aminokwasowych, potrzebnych do syntezy białek tkankowych, enzymów, hormonów oraz specyficznych niskocząsteczkowych związków, jak na przykład kreatyna, porfiryny, puryny i pirymidyny.

Ocena wartości odżywczej białka opiera się na zawartości tak zwanych aminokwasów egzogennych, to znaczy takich „...których organizm zwierzęcy nie może syntetyzować z substancji pospolicie przyswajalnych z szybkością współmierną z wymaganiami dla normalnego wzrostu” (definicja Rose’go (41) dla niezbędnych składników pokarmowych). Aminokwasy egzogenne potrzebne są nie tylko młodym zwierzętom do wzrostu, ale również osobnikom dorosłym celem utrzymania równowagi procesów przemiany materii.

Nie wszystkie aminokwasy występujące w białku muszą być dostarczone zwierzęciu w pokarmach; niektóre z nich, tzw. aminokwasy endogenne, organizm zwierzęcy może sam syntetyzować. Tabela 4 podaje podział aminokwasów na endogenne i egzogenne według Baldwina (1).

Tabela 4

*Aminokwasy endogenne i egzogenne dla organizmu zwierzęcego
(według Baldwina (1))*

Endogenne	Egzogenne	
	nie dające się	dające się
	zastąpić innymi aminokwasami	
Glicyna	treonina	
Alanina	walina	
Seryna	leucyna	
Kwas asparaginowy	izoleucyna	
Kwas glutaminowy	metionina	cysteina, cystyna
Prolina	fenyloalanina	tyrozyna
Hydroksyprolina	histydyna	
Arginina	tryptofan	
	lizyna	
	arginina	

W grupie aminokwasów egzogennych zamieszczono również i te aminokwasy, które mogą być zastąpione przez inne aminokwasy egzogenne; należy do nich tyrozyna, która może tworzyć się z fenyloalaniny, jak również cystyna i cysteina, tworzące się z metioniny. Odwrotne reakcje są jednak niemożliwe.

Specjalne stanowisko w grupie aminokwasów egzogennych zajmuje arginina. Prawdopodobnie aminokwas ten może być syntetyzowany przez zwierzęta, ale w ilościach niewystarczających zapotrzebowaniom młodego rosnącego organizmu.

Aby porównać białka pod względem ich wartości biologicznej i wartość tę wyrazić liczbą, trzeba mieć jakąś wielkość odniesienia. Powinien to być wzorzec przedstawiający idealny — z punktu widzenia zapotrzebowań pokarmowych organizmu zwierzęcego — stosunek aminokwasów w białku.

Kühnau (22) jako taki standard w odniesieniu do żywienia ludzi przyjął białko mleka kobycego. W oparciu o ten wzorzec wyodrębnił trzy rodzaje wartości biologicznej:

1. Wartość biologiczna całkowita (gesamte Wertigkeit, total value) jest to suma wszystkich aminokwasów egzogennych danego białka wyrażona w procentach w stosunku do sumy aminokwasów egzogennych białka wzorcowego przyjętej za 100.

2. Wartość biologiczna właściwa (reine Wertigkeit, pure value) jest sumą wszystkich aminokwasów egzogennych danego białka obliczoną z pominięciem ich nadwyżek w stosunku do standardu i wyrażoną w procentach jak wyżej.
3. Wartość biologiczna uzupełniająca (Ergänzungswertigkeit, supplementary value) oznacza sumę nadwyżek aminokwasów egzogennych w stosunku do białka standardowego wyrażoną w procentach jak wyżej.

Suma wartości biologicznej właściwej i uzupełniającej równa się wartości biologicznej całkowitej.

Przy oznaczaniu wartości biologicznej właściwej Kühnau zakłada, że organizm nie wykorzystuje aminokwasów będących w nadmiarze w stosunku do wzorca, nadwyżki te bierze jednak pod uwagę i ilość ich wyrażona jest wartością biologiczną uzupełniająca. Uwzględnienie wartości uzupełniających ma szczególnie duże znaczenie przy stosowaniu mieszanek pokarmowych.

Oser (34) przyjmuje jako standard białko całego jaja kurzego. Odrzuca on nadwyżki aminokwasów egzogennych w stosunku do aminokwasów wzorca i wartość biologiczną (E. A. A. Index-Essential Amino Acid Index) oblicza jako średnią geometryczną zawartości aminokwasów egzogennych, wyrażonych w procentach aminokwasów wzorca. W obliczeniach swych Oser nie ujmuje tyrozyny, uwzględnia jednak cystynę i argininę.

Ocena wartości biologicznej według zasad Kühnau'a (22) i Osera (34) może maskować poważne niedobory jednego lub kilku aminokwasów egzogennych, o ile pozostałe występują w dużych ilościach. Dlatego też Mitchell i Block (26) podchodzą do tego zagadnienia inaczej i oceniają odżywczo wartość białka według zawartości aminokwasu występującego w minimum. Jako białko standardowe przyjmują, podobnie jak Oser, białko całego kurzego jaja. Wartość biologiczna według Blocka i Mitchella (6) wyrażona jako „chemical score” równa się procentowej zawartości najbardziej ograniczającego aminokwasu obliczonej w stosunku do ilości tego aminokwasu w białku wzorcowym.

Stosując ten sposób obliczania wartości biologicznej autorzy zakładają, że brak jakiegokolwiek aminokwasu egzogennego czyni dane białko całkowicie nieprzyswajalnym dla syntezy białek w organizmie. Z takiego podejścia wynika również, że deficyt jednego aminokwasu ogranicza wykorzystanie innych aminokwasów egzogennych w odpowiednim stosunku. Wydaje się, że stanowisko to nie jest słuszne, ani w pełni uzasadnione. Pomijając już fakt, że zwierzę korzysta z różnych źródeł pokarmowych, wskutek czego następuje kompensowanie niedoboru poszczególnych aminokwasów, trudno przypuścić, aby w organizmie zwierzęcym o złożonym i skomplikowanym metabolizmie można było przyjąć istnienie równie

rygorystycznych ograniczeń w przemianie materii. Zapotrzebowanie pokarmowe w zależności od wieku oraz stanu fizjologicznego zwierzęcia ulega dużym wahaniom, aminokwasy egzogenne wykorzystywane są ponadto nie tylko do syntezy białek tkankowych, trudno więc opierać się na matematycznych obliczeniach nie uwzględniających wszystkich elementów działających w życiu.

Omówione wyżej oceny wartości biologicznej białka opierały się na analizie chemicznej. Wartość tę można jednak oznaczyć doświadczalnie na podstawie doświadczeń zootechnicznych. Istnieją różne metody takiej biologicznej oceny wartości odżywczej. Dwie z nich omawia Schwarze (44); metoda Osborne'a, Mendela i Ferry'ego (32) polega na określeniu przyrostów wagi młodych rosnących szczurów, metoda Thomasa (50) na bilansowaniu azotu dostarczonego w pokarmie białkowym z azotem wydalonym przez organizm zwierzęcy. Każda z tych metod daje odmienne wyniki z uwagi na niejednakowe zapotrzebowanie organizmu młodego i dojrzałego.

W tabeli 5 zestawiono zawartości egzogennych aminokwasów w białku nasion niektórych roślin motylkowych według różnych autorów. Podano również wartości biologiczne oznaczone metodami chemicznymi oraz w doświadczeniach zootechnicznych. Zawartość aminokwasów egzogennych w standardowym białku całego jaja kurzego podano według Blocka i Weissa (7), jakkolwiek poszczególni autorzy mogli w swych obliczeniach wartości biologicznej przyjmować inny skład białka wzorcowego. Wyniki oznaczeń poszczególnych aminokwasów wahają się wprawdzie w bardzo dużych granicach, można jednak na podstawie danych z tabeli wyciągnąć pewne ogólne wnioski.

Dla białka zapasowego roślin motylkowych charakterystyczna jest niska zawartość aminokwasów zawierających siarkę: metioniny i cystyny. Aminokwasy te, a przede wszystkim metionina, są czynnikami ograniczającymi wartość białka w grochu i soi, a również i w łubinie. W łubinie białym, dla którego wartości izoleucyny i leucyny podane są osobno, aminokwasem limitującym okazała się izoleucyna (19%). Według Rose'go (49) czynnikiem ograniczającym wartość biologiczną białka soi (69%) i fasoli (31%) jest tryptofan. Pozostałe aminokwasy nie wykazują dużych niedoborów w stosunku do standardu; lizyna, aminokwas ograniczający wartość białka zbóż, występuje w dość dużych ilościach w białku fasoli, grochu i soi, w łubinie zawartość jej nie jest jednak wystarczająca. Aminokwasem występującym na ogół w nadmiarze jest arginina.

Wartość biologiczna białek zapasowych omawianych gatunków wyrażona jako „chemical score” jest na ogół bardzo niska. Zaznacza się to najsilniej w przypadku łubinu białego, ocenianego według zawartości izoleucyny (19%). Wartości podane według Osera (E. A. A. — Index) są

Zawartość egzogennych aminokwasów oraz wartość

Roślina		Autor	Arginina	Histydyna	Lizyna	Tyrozyna	Tryptofan	Fenylalanina
Gatunek	Odmiana							
Jajo kurze		Block i Weiss (7)	6,9	2,1	6,6	4,4	1,4	5,8
<i>Lupinus albus</i>		Nehring i Schwerdtfeger (29)	9,5	2,4	4,4	—	1,0	5,1
		Nehring i Schwerdtfeger (28)	12,1	3,37	3,04	4,47	1,50	4,09
		Block i Weiss (7)	8,3	3,0	5,2	10,0	0,8	5,1
<i>Lupinus angustifolius</i>		Nehring i Schwerdtfeger (29)	9,3	2,4	4,6	—	0,97	4,0
<i>Lupinus luteus</i> (Weiko)		Nehring i Schwerdtfeger (29)	6,4	2,1	4,3	—	0,76	3,4
<i>Pisum sativum</i>		Block i Weiss (7)	7,7	1,7	6,0	—	0,8	4,6
	Folger		6,93	1,84	5,14	—	1,21	3,96
	Dornburger	Nehring i Schwerdtfeger (29)	8,11	1,67	5,83	—	1,16	4,94
	Kleinwanzlebener Futtererbse		7,62	1,26	6,26	—	1,12	4,48
<i>Phaseolus vulgaris</i>		Rose (49)	9,4	3,0	6,4	—	0,5	3,4
	Pillsbury	Block i Weiss (7)	5,2	2,8	6,3	—	—	5,6
	Quaker Oats		4,5	2,9	6,7	—	—	5,6
<i>Glicine hispida</i>		Block i Bolling (5)	5,8	2,3	5,8	4,1	1,6	5,7
		Block i Weiss (7)	7,6	3,1	5,9	2,9	1,3	3,4
		Rose (49)	11,0	3,6	5,9	—	1,1	5,1

Tabela 5

biologiczna białka nasion roślin motylkowych (w g na 16 g N)

Cystyna	Metionina	Treonina	Leucyna	Izoleucyna	Walina	Wartość biologiczna w %					
						obliczona na podstawie aminokwasów egzogennych		obliczona na podstawie przyrostów szczurów			
						EAA Index (Oser)	Chemical score (Mitchell i Block)		Według Grekowskiej (15)	Według Hansona i Kocha (17)	Według Schwarzego (44)
							aminokwasy ograniczające				
2,4	3,8	4,2	9,4	7,5	7,2						
1,3	1,6	4,5	12,0	3,7	72	45	metionina i cystyna				
2,89	2,60	2,80	9,14	1,32	1,96	19	izoleucyna	28.7	55*		
1,0	1,8	7,3	10,9	3,7		45	metionina i cystyna				
1,1	0,80	3,7	11,8	4,3	67	30	metionina i cystyna			52	
0,65	1,0	1,6	13,2	5,1	58	27	metionina i cystyna			59—60**	
1,2	1,1	3,9	6,6	5,0	4,6	40	metionina i cystyna				
1,06	1,28	3,82	11,58	4,32	69	36	metionina i cystyna				
1,13	1,62	3,31	11,82	4,86	72	42	metionina i cystyna			50—56**	
0,89	1,04	3,86	11,49	4,41	67	30	metionina i cystyna				
—	3,9	3,0	8,2	5,8	6,0	31	tryptofan				
—	1,0	—	8,0	6,4	5,8					35—46**	
—	1,0	—	7,9	6,4	5,8						
1,0	2,0	4,0	6,6	4,7	4,2	48	metionina i cystyna				
1,7	1,0	4,2	7,6	4,3	4,5	49	metionina i cystyna			63—78**	
—	3,6	5,2	7,6	5,7	5,4	69	tryptofan				

* Dla odmiany Nährquell.

** Granice dla odmian.

zawsze wyższe, co wynika z omówionych różnic w zasadzie oceny (np. dla łubinu białego wynosi 72%). Jeszcze inne wartości otrzymano by stosując metody oceny Kühnau'a, według której wartość biologiczna właściwa dla łubinu białego (28) wynosi 58%.

Ciekawe jest porównanie chemicznej i biologicznej oceny wartości odżywczej białek. Schwarze (44) oznaczał wartość biologiczną białek zapasowych niektórych gatunków i odmian motylkowych na podstawie przyrostu młodych szczurów. Najwyższą wartość stwierdził dla soi, najniższą dla białka fasoli; wartości otrzymane dla łubinu i grochu były pośrednie. Dla niektórych gatunków, a przede wszystkim dla soi, stwierdził duże różnice odmianowe, dlatego też podaje granice zmienności wartości biologicznej dla niektórych gatunków.

Szczegółowe badania nad wartością odżywczą nasion niegorzkiego łubinu białego przeprowadziła Grekowicz-Rakowska (15). Na podstawie doświadczeń określających przyrosty młodych szczurów Grekowicz-Rakowska stwierdziła, że wartość biologiczna białka łubinu białego wynosi zaledwie 28,7%.

Znacznie wyższą wartość biologiczną dla łubinu białego (55%) podają Hanson i Koch (17). Autorzy ci stwierdzili w doświadczeniach zootechnicznych, że białko łubinu białego powoduje zarówno szybki przyrost wagi, jak i regenerację białka surowicy szczurów. Szczególnie korzystne działanie żywienia odtłuszczoną mączką łubinową wykazano u młodych szczurów. Hanson i Koch podkreślają lepsze efekty żywienia przy stosowaniu mączki łubinowej, aniżeli wyizolowanej konglutyny. Biologiczną wartość nasion łubinu białego Hanson i Koch oceniają na równi z soją — sama konglutyna okazała się mniej wartościowa. Na uwagę zasługuje stwierdzenie przez tych autorów wysoka wartość uzupełniająca białka kazeiny w stosunku do białka łubinowego; zastąpienie w pożywieniu 10% białka łubinowego kazeiną powoduje zwiększenie przyrostów zwierząt o 30%.

Dane tabeli 5 wykazują, że ocena wartości biologicznej na podstawie doświadczeń zootechnicznych daje wartości wyższe w stosunku do „chemical score”. Istnienie takiej ogólnej zależności stwierdza Fisher (13), wysuwając na tej zasadzie przypuszczenie, że inny jeszcze czynnik poza aminokwasami egzogennymi określa wartość biologiczną białka. Możliwe jest również, jak sądzi Fisher, że na podstawie standardowego białka za wysoko określa się minimalne zapotrzebowanie organizmów zwierzęcych na egzogenne aminokwasy.

O braku korelacji między wartością biologiczną białka oznaczoną na podstawie doświadczeń zootechnicznych i poziomem aminokwasów limitujących świadczy również praca Webera (52) i współpracowników. Autorzy ci porównali wartość biologiczną białka 16 odmian owsa na pod-

stawie przyrostu młodych szczurów, stwierdzając zdecydowane różnice odmianowe. Celem określenia przyczyny tych różnic oznaczyli w białku badanych odmian zawartość lizyny i metioniny, aminokwasów limitujących dla białka owsa. Nie stwierdzono jednak żadnej korelacji między poziomem tych aminokwasów a wartością odżywczą białka owsa. Zdaniem autorów na wartość biologiczną białka może również wpływać stopień przyswajalności aminokwasów.

Istnienie bardzo dużej rozbieżności w chemicznej ocenie wartości biologicznej tych samych gatunków tłumaczy szereg przyczyn. Najważniejsze z nich to różnice w badanym materiale oraz nieujednostajniona metodyka badań. Różne pochodzenie, warunki uprawy, a przede wszystkim różnice odmianowe są źródłem znacznych wahań w zawartości aminokwasów. Podobnie niejednolita metodyka badań oraz duże trudności ilościowego oznaczania aminokwasów są źródłem rozbieżności między oznaczeniami poszczególnych autorów, stąd też pochodzą różnice w oznaczaniu „chemical score” oraz E. A. A. — Index. Różnice w oznaczaniu wartości biologicznej potęgowane są jeszcze i tym, że nawet dla standardowego białka jaja kurzego poszczególni autorzy przyjmują różny skład aminokwasowy. Dodatkowo komplikuje sprawę oznaczanie przez niektórych autorów sumy izoleucyny i leucyny, a nie pojedynczych aminokwasów. W takim wypadku wartość dla „chemical score” jest właściwie nie miarodajna.

Ogólnie można stwierdzić, że białko zapasowe roślin motylkowych nie jest wysokowartościowe. Schwarze (44) tłumaczy to ograniczoną rolą tego białka w roślinie. Białko zapasowe jest dla rośliny przede wszystkim źródłem NH_3 , przy czym nie jest ważny wzajemny stosunek poszczególnych aminokwasów. Na obniżenie wartości pokarmowej białek nasion wpływa duża ilość występujących w nich endogennych aminokwasów dwukarboksyłowych. Białka plazmatyczne roślin wykazują stosunkowo wyższą zawartość aminokwasów egzogennych, w związku z czym skład ich bardziej jest zbliżony do białek zwierzęcych.

Brak zgodnych wyników utrudnia wykazanie różnic gatunkowych w wartości biologicznej białka nasion łubinu. Precyzyjne oznaczenia aminokwasów przeprowadzone przez Gerritsena (14) dla składników globulinowych łubinu żółtego i wąskolistnego dają wyobrażenie o różnicach gatunkowych w składzie białek, nie można jednak wnioskować na tej podstawie o różnicach w wartości biologicznej, ponieważ nie jest podany udział poszczególnych składników w ogólnym białku.

Oznaczenia wartości biologicznej łubinu wąskolistnego i żółtego podane przez Schwarze'go (44) na podstawie przyrostu szczurów wykazują nieznaczną tylko różnicę na korzyść łubinu żółtego. Ten sam mniej więcej poziom przedstawia wartość biologiczna łubinu białego według Hansona

i Kocha (17). Trudno jest wytłumaczyć znacznie niższy wynik dla wartości biologicznej łubinu białego otrzymany przez Grekowicz-Rakowską, tym więcej, że wszystkie badania wykazują bardzo dobrą strawność białka łubinowego.

Omawiając wartość biologiczną nasion roślin motylkowych należy jednak zaznaczyć, że różne grupy zwierząt wykazują odmiennne zapotrzebowania pokarmowe i w różny sposób wykorzystują dostarczone pożywienie. W związku z powyższym określenie wartości biologicznej pokarmu na podstawie doświadczeń ze szczurami może być nie miarodajne dla innych zwierząt, zwłaszcza roślinożernych, w których przewodzie pokarmowym żyje bogata flora bakteryjna, zdolna do syntezy aminokwasów. Białka tkanek tych symbiotycznych drobnoustrojów stanowią dla organizmu gospodarza drugie źródło aminokwasów egzogennych.

Wyraźne i stale powtarzające się różnice z zawartości azotu ogólnego między trzema omawianymi gatunkami łubinu nasunęły pytanie, czy różnice te pochodzą z różnej zawartości azotu białkowego, czy też źródłem ich są inne formy azotu.

Omówiony przez Chibnalla (8) historyczny przegląd badań nad przemianą białek w kielkach wykazuje, że według dawniejszych poglądów prawie cały azot nasion łubinu przypisywano białku. Nowsze prace wskazują, że dość znaczny procent azotu ogólnego przypada na azot niebiałkowy.

Wiewiórowski i współpracownicy (57) oznaczyli poziom niektórych form azotu w trzech gatunkach łubinu. Zgodnie z wynikami innych autorów (4, 16) najwyższy poziom azotu ogólnego (7,0—7,4% suchej masy) stwierdzono dla łubinu żółtego, niższą zawartość wykazano w łubinie białym (5,8 do 6,5% suchej masy), najniższą natomiast w łubinie wąskolistnym (5,3—5,4% suchej masy). Przy tak znacznych różnicach w poziomie azotu ogólnego na uwagę zasługuje fakt, że poziom azotu białkowego był stosunkowo wyrównany i dla wszystkich trzech gatunków wynosił około 4% suchej masy nasion. W związku z powyższym procentowy udział azotu białkowego w azocie ogólnym badanych gatunków wykazuje znaczne różnice; dla łubinu wąskolistnego wynosi on 71,7%; dla łubinu białego 64,5% a dla łubinu żółtego tylko 58,3%. Autorzy zadali sobie z kolei pytanie, jakie formy azotu wywołują tak duże różnice gatunkowe w poziomie azotu ogólnego. Oznaczono azot aminowy otrzymując najwyższą wartość dla łubinu białego 0,5% suchej masy, niższą dla łubinu żółtego 0,4% suchej masy i najniższą dla łubinu wąskolistnego 0,3% suchej masy. Jeszcze niższe wartości otrzymano dla azotu amidowego, który wahał się w granicach od 0,03% suchej masy w nasionach łubinu białego do 0,1% suchej masy w nasionach łubinu żółtego. Sumę azotu amonowego, alka-

loidowego, allantoinowego i purynowego Wiewiórowski i współpracownicy (57) ocenili na 5% azotu ogólnego. A zatem pozostały jeszcze znaczne ilości azotu niebiałkowego, nie zidentyfikowanego. Według obliczeń wyżej wymienionych autorów ilość nie zidentyfikowanego azotu w łubinie żółtym wynosiła około 32% azotu ogólnego, w łubinie białym około 26% azotu ogólnego, a w łubinie wąskolistnym około 21% azotu ogólnego. Autorzy przypuszczali, że nie bilansujący się azot jest azotem peptydowym, ponieważ w odbiałczonych ekstraktach trzech badanych gatunków stwierdzono znaczne ilości peptydów. Jak wykazała jednak późniejsza praca (58), peptydy nie wyrównują deficytu w bilansie azotowym. W ekstraktach otrzymanych z nasion liofilizowanych bezpośrednio po zbiorze nie stwierdzono obecności peptydów, deficyt azotowy zaznaczał się natomiast wyraźnie. Częściowe wyrównanie bilansu może, zdaniem autorów, nastąpić na skutek uwzględnienia azotu reszty guanidynowej argininy, którego nie ujmuje oznaczenie azotu aminowego metodą Poppe-Stevensa.

Pozostaje jeszcze do omówienia frakcja wolnych aminokwasów w nasionach łubinów. W badaniach nad metabolizmem azotowym w dojrzewających nasionach niegorzkiego łubinu białego i wąskolistnego (58) uwzględniono również azot α -aminowy poszczególnych wolnych aminokwasów. W pracy tej autorzy stwierdzili obecność następujących aminokwasów: kwasu asparaginowego, kwasu glutaminowego, lizyny, argininy, histydyny, seryny, glicyny, alaniny, kwasu γ -aminomasłowego, tyrozyny, treoniny, waliny, izoleucyny, leucyny, fenyloalaniny oraz proliny. Asparagina i glutamina przeprowadzone były w odpowiadające im aminokwasy, a brak tryptofanu mógł wynikać z rozkładu tego aminokwasu w trakcie kwaśnej hydrolizy amidów. W trakcie rozwoju nasion udział niektórych aminokwasów w ogólnym azocie α -aminowym ulegał wyraźnym zmianom. Zarówno w łubinie białym, jak i wąskolistnym procentowy udział kwasu asparaginowego i alaniny zmniejszał się w miarę rozwoju nasion, przy jednoczesnym wzroście zawartości kwasu glutaminowego i argininy. W dojrzałych nasionach łubinu białego dominującym aminokwasem była arginina, w łubinie wąskolistnym natomiast kwas glutaminowy, arginina i kwas asparaginowy.

Jak zaznaczono już wyżej, arginina jest również dominującym aminokwasem w grupie wolnych aminokwasów dojrzałych nasion grochu. Ciekawe byłoby zatem wytłumaczenie roli argininy w nasionach.

Venekamp (51) stwierdził, że dominującym procesem w trakcie kiełkowania nasion łubinu żółtego w ciemności jest nagromadzenie się w etiolowanych siewkach asparaginy i argininy. W pierwszych dniach kiełkowania Venekamp stwierdził w kiełkach pewien wzrost również glutaminy i kwasu γ -aminomasłowego, później jednak wszystkie aminokwasy

podlegały transaminacji na rzecz argininy i asparaginy. Arginina w trakcie kiełkowania nasion w ciemności spełnia zatem podobną rolę magazynu azotowego jak asparagina, stanowiąc ostateczny substrat oddychania kosztem białka. Na możliwość pełnienia przez argininę tej funkcji wskazywał już Suzuki (48) na podstawie analiz kiełków *Pinus thunbergii*. Suzuki sądził, że synteza argininy w kiełkach zachodzi kosztem innych aminokwasów. Doświadczenia Suzuki'ego powtórzył na nasionach łubinów Schulze (42,43), w wyniku których stwierdził, iż nagromadzenie się argininy w kiełkach zachodzi jedynie kosztem bezpośredniego rozkładu białka w trakcie kiełkowania. Ostatnio Mothes (27), analizując wyniki Suzuki'ego, doszedł do wniosku, że w roślinach szpilkowych arginina jest specyficzną substancją zapasową, która w odpowiednich warunkach może ulec dalszej przemianie.

W nasionach łubinu stwierdzono w ostatnim czasie interesującą zależność między zawartością alkaloidów i argininy. Odmiany niegorzkie łubinu zawierają kilkakrotnie większą ilość argininy w stosunku do odmian gorzkich. Zależność ta została wykazana w obrębie łubinu białego i wąskolistnego (36) a później — choć w mniejszym stopniu — również dla łubinu żółtego (nie publikowane). Sugeruje ona możliwość udziału argininy w syntezie alkaloidów. Z drugiej jednak strony prawdopodobne jest, że arginina stanowi wtórny produkt przemiany materii i że nagromadzenie jej w nasionach łubinu niegorzkiego spowodowane jest zablokowaniem jednej z łańcucha reakcji prowadzących do wytworzenia alkaloidów. Zagadnienie roli argininy w nasionach łubinu wymaga zatem dalszych badań.

Jak wykazuje ten krótki przegląd piśmiennictwa, pod ogólną zawartością azotu w nasionach mieści się szereg jego form występujących w różnych proporcjach. Dominującą formą azotu w roślinach jest azot białkowy, przy czym, jak wykazano, białko nasion nie jest substancją jednorodną, ale kompleksem kilku komponentów różniących się składem aminokwasowym oraz właściwościami fizyko-chemicznymi.

* * *

*

Procentowa zawartość surowego białka w nasionach uwarunkowana jest zarówno genotypem, jak i czynnikami środowiska. Odnośnie zbóż stwierdzono szereg zależności między procentem azotu w ziarnie a czynnikami zewnętrznymi. Na ogół zależności te sprowadzają się do odwrotnego stosunku między wysokością plonu a procentem azotu w ziarnie; czynniki wpływające na podniesienie plonu z reguły obniżają procent azotu w ziarnie (45).

Wieloletnie badania prowadzone przez Barbackiego (2, 3) nad dziedziczeniem zawartości azotu w ziarnie jęczmienia wykazały dominowanie niskiej zawartości azotu nad wysoką. Barbacki stwierdził ponadto występowanie zjawiska transgresji w stosunku do zawartości azotu w ziarnie i ocenił ilość działających czynników genetycznych na mniej więcej 6. Wpływ wielu genów na zawartość azotu, jak również kumulowanie się ich działania, umożliwia hodowli uzyskanie wysokobiałkowych odmian w stosunkowo krótkim czasie.

Odnośnie roślin motylkowych na drugi plan schodzi zagadnienie podwyższenia zawartości azotu ogólnego, który i tak przedstawia wysoki poziom. Czołowym zagadnieniem jest tu podniesienie wartości białka. O jakości białka decyduje zarówno jego strawność, jak i wartość biologiczna, uwarunkowana zawartością aminokwasów egzogennych. Jak podaje Schwarze (45), w grochu, łubinie, soi i bobiku stwierdzono znaczne różnice odmianowe odnośnie strawności białka, są one prawdopodobnie wywołane zawartością włókniaka, a także związków wpływających na zdolność resorbacyjną jelit: choliny i saponin. Wartość biologiczną uważa Schwarze za cechę odmianową dziedziczącą się podobnie jak zawartość surowego białka, przy czym wpływ genotypu na ogół przewyższa różnice wywołane warunkami otoczenia. Oznaczając wartość biologiczną białek nasion Schwarze nie izolował ich, nie analizował poszczególnych jego komponentów, ani też innych form azotu, określał jedynie wpływ całego kompleksu azotowego. Wartość biologiczna kompleksu jest jednak wypadkową wartości poszczególnych jego składników i zależy zarówno od ich jakości, jak i wzajemnego stosunku ilościowego. Zdaniem Schwarze'go (44,45) gatunkowe i odmianowe różnice wartości biologicznej nie są wywołane odmiennym składem aminokwasowym pojedynczych białek, ale wynikają z różnego stosunku poszczególnych komponentów białkowych do siebie. Różna zawartość cystyny w białku soi wynika na przykład z różnego stosunku dwóch globulin w glicynie (44). Poznanie pojedynczych komponentów kompleksu białkowego i określenie ich składu umożliwia zatem otrzymanie na drodze selekcji najlepszych kombinacji. Zadanie to w dużym stopniu może zdaniem Schwarze'go ułatwić zastosowanie elektroforezy bibułowej.

O dużych możliwościach hodowli w dziedzinie podniesienia wartości białka zapasowego roślin motylkowych świadczą również badania Krobera (21) nad zawartością metioniny w białku nasion soi. Krober wykazał wyraźne różnice odmianowe odnośnie zawartości metioniny w białku nasion soi, stwierdzając równocześnie wystąpienie zjawiska transgresji odnośnie tej cechy.

Obok czynnika odmianowego duże znaczenie mają jednak czynniki ekologiczne. Jak wykazała praca Lanz i współpracowników (24), zawar-

tość białka w nasionach fasoli w zależności od miejsca uprawy może różnić się o 50% w przeliczeniu na suchą masę. Analiza składu aminokwasowego białek wykazała, że czynniki środowiska związane z miejscem uprawy miały większy wpływ na zawartość poszczególnych aminokwasów, aniżeli czynnik odmiany. Wyżej wymienieni autorzy wysuwają przypuszczenie, że zmiany warunków środowiska mogą wpłynąć na zmianę wzajemnego stosunku poszczególnych białek.

* *

*

Podsumowując dotychczasowe wyniki badań nad formami azotu oraz wartością biologiczną białek nasion roślin motylkowych można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Podstawowym kryterium oceny wartości nasion z punktu widzenia żywienia powinna być nie tylko zawartość białka surowego ale również jego jakość.

2. Wartości biologicznej białka nie można oceniać jedynie na podstawie chemicznej analizy składu aminokwasowego, ale równocześnie na podstawie doświadczeń zootechnicznych z uwzględnieniem czynnika strawności.

3. Znajomość zawartości aminokwasów całego kompleksu białkowego należy uzupełnić poznaniem składu aminokwasowego poszczególnych komponentów tego kompleksu oraz ustaleniem ilościowych stosunków między nimi. Na podstawie tych wiadomości zastosowanie elektroforezy bibułowej mogłoby ułatwić prowadzenie prac hodowlanych nad uzyskaniem odmian o optymalnym składzie komponentów białkowych.

LITERATURA

1. Baldwin E.: Biochemia dynamiczna. PWRiL, Warszawa 1959.
2. Barbacki S.: Pamiętnik PINGW. w Puławach, T. 14, 106—157, (1933).
3. Barbacki S.: Roczniki Nauk Roln. i Leśn. T. 49, 267, (1947).
4. Barbacki S.: Łubin. PWRiL, Warszawa 1952.
5. Block R. J. and Bolling D.: The Amino Acid Composition of Proteins and Foods. Springfield, Illinois, 1947.
6. Block R. J. and Mitchell H. H.: Nutr. Abstr. Rev.: 16, 249—278 (1946). Cyt. za Mitchell H. H. (25).
7. Block R. J. and Weiss K. W.: Amino Acid Handbook. Springfield, Illinois, 1956.
8. Chibnall A. C.: Metabolizm białek w roślinie. PWRiL, Warszawa 1952.
9. Danielsson C. E.: Biochem. J., 44, 387 (1949).
10. Danielsson C. E.: Acta Chem. Scand., 5, 541—554 (1951).
11. Danielsson C. E.: Acta Chem. Scand., 6, 149—159 (1952).
12. Danielsson C. E.: Ann. Rev. Plant Physiol. 7, 227 (1956).
13. Fischer R. B.: Protein Metabolism, London, 1954.

14. Gerritsen Th.: *Biochem. Biophys. Acta* 22, 269 (1956).
15. Grekowicz-Rakowska M.: *Roczniki Nauk Roln. T. 70-B-3*, 223 (1956).
16. Hackbarth J. u. Troll H. J.: *Handbuch der Pflanzenzüchtung. 2. Aufl. IV. Band, 1.* (1956).
17. Hanson H. u. Koch R.: *Pharmazie J.* 7, 655 (1952).
18. Hyde T. G.: *Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, 65, B. 299 (1954).
19. Joubert F. J.: *Biochim. Biophys. Acta*, 16, 370 (1955).
20. Joubert F. J.: *Biochim. Biophys. Acta*, 17, 444 (1955).
21. Krober O. A.: *J. Agr. Food Chem.* 4, 255 (1956).
22. Kühnau J.: *Angew. Chemie*, 61, 357—365 (1949). Cyt. za Mitchell (25).
23. Lake G. C., Osborne T. B. and Wells H. G.: *Infectious Diseases* 8, 66 (1911). Cyt. za Danielsson (12).
24. Lantz E. M., Gough H. W., Campbell A. M.: *J. Agr. Food Chem.* 6, 58 (1958).
25. Mitchell H. H.: *Die Bewertung der Futterstoffe und andere Probleme der Tierernährung. Wissenschaftliche Abhandlungen, B. V/2*, 279—325, Berlin 1954.
26. Mitchell H. H. and Block R. J.: *J. Biol. Chem.* 163, 599—620 (1946). Cyt. za Mitchell (25).
27. Mothes: *Planta* 7, 585 (1929). Cyt. za: Chibnall (8).
28. Nehring K., Schwerdtfeger E.: *Arch. J. Tierernähr.* 1, 296 (1951).
29. Nehring K., Schwerdtfeger E.: *Zeitschrift f. Lebensmittel-Unters. u. Forschung* 105, 12 (1957).
30. Osborne T. B. and Campbell G. F.: *J. Am. Chem. Soc.* 19, 454 (1897). Cyt. za Osborne u. Strauss (33).
31. Osborne T. B. and Harris J. F.: *Second Paper. Amer. Journ. of Physiol.* 13, 436 (1905). Cyt. za: Osborne u. Strauss (33).
32. Osborne T. B., Mendel L. u. Ferry E.: *Jour. Biol. Chem.* 37, 223 (1919). Cyt. za: Schwarze (44).
33. Osborne T. B. u. Strauss E.: *Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abderhalden R. Abt. 1*, 8, 383 (1922).
34. Oser B. L.: *J. Amer. Diet. Assoc.* 27, 396 (1951). Cyt. za: Mitchell (25).
35. Petri E. M., Staverman A. J., Pals D. T.: *Biochim. Biophys. Acta* 17, 446 (1955).
36. Przybylska J.: *Bull. Acad. Polon. Sci., Serie des sci. biol.* 7, 359 (1959).
37. Raacke I. D.: *Biochem. J.* 66, 101 (1957).
38. Raacke I. D.: *Biochem. J.* 66, 110 (1957).
39. Raacke I. D.: *Biochem. J.* 66, 113 (1957).
40. Ritthausen H.: *J. prakt. Chem.* 25, 422 (1881). Cyt. za: Joubert (19).
41. Rose W. C.: *Physiol. Rev.* 18, 109—136 (1938). Cyt. za: Mitchell (25).
42. Schulze and Castoro: *Z. physiol. Chem.* 43, 170 (1904). Cyt. za: Chibnall (8).
43. Schulze and Winterstein: *Z. physiol. Chem.* 33, 547 (1901). Cyt. za Chibnall (8).
44. Schwarze P.: *Zeitschrift f. Pflanzenzüchtung* 26, 1 (1944).
45. Schwarze P.: *Handbuch der Pflanzenzüchtung. 1*, 307 (1958).
46. Smirnowa-Ikonnikowa M. J., Wiesjółowa E. P.: *Dokłady Akademii Nauk ZSRR* 77, 1071 (1951)
47. Smith C. R., Earle Jr. F., Wolff J. A.: *J. Agr. Food Chem.* 7, 133 (1959).
48. Suzuki: *Bull. Coll. Agric. Tokyo*, 4:1, 25 (1900—1902). Cyt. za: Chibnall (8).
49. Taylor C. M., MacLeod G.: *Roses Laboratory Handbook for Dietetics*, 1949. Cyt. za: Grekowicz-Rakowska (15).
50. Thomas K.: *Arch. Anat. Physiol. Physiol. Abr.* 219 (1909). Cyt. za: Schwarze (44).

51. Venekamp J. H.: The Metabolism of Amides and Aminoacids in Etiolated Seedlings of *Lupinus luteus* L. North-Holland Publishing Company, Amsterdam 1955.
52. Weber E. B., Thomas J. P., Reder R., Schlehuber A. M. and Benton D. A.: J. Agr. Food Chem., 5, 926 (1957).
53. Wells H. G. and Osborne T. B.: J. Infectious Diseases 8, 66 (1911). Cyt. za: Danielsson (12).
54. Wells H. G. and Osborne T. B.: J. Infectious Diseases 12, 341 (1913). Cyt. za: Danielsson (12).
55. Wells H. G. and Osborne T. B.: J. Infectious Diseases 14, 377 (1914). Cyt. za: Danielsson (12).
56. Wiewiórowski M., Augustyniak J.: Acta Biochim. Pol. 3, 345 (1956).
57. Wiewiórowski M., Augustyniak J., Skrzypińska H.: Roczniki Nauk Roln. 79-A-1, 19 (1958).
58. Wiewiórowski M., Augustyniak J., Skrzypińska H., Przybylska J.; Kociałkowski Z.: Acta Biochim. Pol. 6, 143 (1959).