

PAWEŁ M. PISULEWSKI, MAREK GIBIŃSKI, BOHDAN ACHREM-
ACHREMOWICZ

WSPÓŁCZESNE METODY OCENY BIAŁEK ROŚLINNYCH NA PRZYKŁADZIE ZIARNA OWSA

Streszczenie

W pracy przedstawiono charakterystykę składu chemicznego ziarna owsa, ze szczególnym uwzględnieniem składu aminokwasowego białka ziarna. Omówiono wyniki współczesnych badań nad potrzebami aminokwasowymi człowieka i przedstawiono ewolucję zalecanych wzorców aminokwasowych FAO/WHO na przestrzeni lat 1970–1990. Dodatkowo, opisano metodę wskaźnika aminokwasu ograniczającego, z poprawką na strawność rzeczywistą białka, jako aktualnie zlecaną przez FAO/WHO (1991) metodę oceny jakości białek żywności.

W oparciu o dane literaturowe przedstawiono wyniki oceny jakości białka ziarna owsa – odmian oplewionych i nagoziarnistych (kanadyjskich i polskich). Zwrócono uwagę na generalnie wyższą jakość białka odmian oplewionych w porównaniu z odmianami nagoziarnistymi. Pierwszym aminokwasem ograniczającym jakość białka ziarna owsa (odmian oplewionych i nagoziarnistych) była lizyna.

Wstęp

Ziarno owsa jest cennym, rodzimym surowcem żywnościowym, którego skład chemiczny i właściwości funkcjonalne zasługują na większe, niż dotychczas, zainteresowanie (Bartnik i Rothkaehl, 1997). Przeciętny podstawowy skład chemiczny całego i obłuszczonego ziarna owsa, podany przez Kenta (1983), przedstawia się następująco (% SM): białko – 11,6 i 14,9, tłuszcz – 5,2 i 7,0, węglowodany – 69,8 i 74,6, włókno surowe – 10,4 i 1,3 oraz popiół – 2,9 i 2,1. Wartości te nie są jednak w pełni miarodajne z żywieniowego punktu widzenia. Warto zatem zwrócić uwagę na skład aminokwasowy białka owsa (tab. 1), charakteryzujący się z reguły wyższą zawartością aminokwasów niezbędnych, w porównaniu z jęczmieniem, pszenicą i żytem (Kent, 1993). Podobnie, w porównaniu z innymi zbożami (z pominięciem kukurydzy), owies cha-

rakteryzuje się znacznie wyższą zawartością tłuszczu (5–10%) i jej dużą zmiennością (Bartnik i Rothkaehl, 1997). W składzie kwasów tłuszczowych dominują kwas oleinowy (C_{18:1}) i niezbędny kwas linolowy (C_{18:2}), stanowiące łącznie około 2/3 sumy tych kwasów, natomiast w ziarnie innych gatunków zbóż przeważa wspomniany kwas linolowy (Maurice i in., 1985; Bartnik i Rothkaehl, 1997). Na szczególną uwagę zasługują także węglowodany łącznie z włóknem surowym. We współczesnej klasyfikacji węglowodanów żywności (Englyst i Hudson, 1996), wyróżnia się bowiem frakcję polisacharydów nieskrobiowych (tj. włókna pokarmowego), obejmującą także klasyczne włókno surowe. Zawartość włókna pokarmowego w owsie oplewionym sięga 30% suchej masy, a po obłuszczeniu spada o ponad połowę (do 12,5%). Przy czym, w porównaniu z innymi zbożami, cechą charakterystyczną włókna pokarmowego owsa jest około 50% udział włókna rozpuszczalnego (w wodzie), złożonego głównie z β -D-glukanów, będących polimerami D-glukopiranozy połączonej wiązaniami β -1,3 i β -1,4 (Bartnik i Rothkaehl, 1997). W świetle współczesnych poglądów, związki te są odpowiedzialne za hipocholesterolemiczny efekt owsa i produktów owsianych w żywieniu ludzi i zwierząt (Bartnikowska i Rakowska, 1994; Lia i in., 1995; Lia i in., 1997).

Tabela 1

Zawartość aminokwasów niezbędnych (mg/1g białka) w ziarnie wybranych gatunków zbóż (Kent, 1983).
Essential amino acid composition (mg/g protein) of some cereal grains (Kent, 1983).

Aminokwas / Amino Acid	Gatunek zboża / Cereal			
	Pszenica / Wheat	Żyto / Rye	Jęczmień / Barley	Owies ¹ / Oat ¹
His	21	22	21	21
Ile	34	35	35	38
Leu	67	62	67	72
Lys	24	34	26	37
Met+Cys	42	33	38	45
Phe+Tyr	75	64	81	84
Thr	27	34	34	34
Trp	11	11	16	13
Val	45	48	50	51

¹ Obłuszczoney

¹ Dehulled

Pomimo wspomnianej, względnie wysokiej jakości białka owsa, ocena tej jakości wymaga weryfikacji. Wynika to z ewolucji poglądów na wartość odżywczą białek pochodzenia roślinnego i zwierzęcego w żywieniu człowieka oraz wprowadzenia no-

wych metod oceny tej wartości. W tym kontekście, celem niniejszego opracowania jest przedstawienie podstaw teoretycznych i współczesnych metod oceny jakości białka żywności, na przykładzie aktualnie uprawianych odmian owsa oplewionego i nagoziarnistego.

Wyniki współczesnych badań nad potrzebami aminokwasowymi człowieka

Zmiany w poglądach na zapotrzebowanie człowieka na aminokwasy niezbędne można prześledzić na przykładzie kolejnych rekomendacji FAO/WHO dotyczących optymalnej wielkości spożycia białka i jego optymalnego tj. wzorcowego składu (FAO/WHO, 1973; FAO/WHO/UNU, 1985 i FAO/WHO, 1991). Warto zauważyć (tab. 2), że wartości pierwszych rekomendacji (FAO/WHO, 1973), zostały poszerzone o zapotrzebowanie dzieci w wieku przedszkolnym (2–5 lat) i wyraźnie obniżone w następnych zaleceniach (FAO/WHO/UNU, 1985). Automatycznie, przyjęty wzorzec zawyżał jakość białek pochodzenia roślinnego. W rzeczywistości, w obu przypadkach, wykorzystano te same wartości potrzeb aminokwasowych (mg/kg masy ciała/d). Przy czym, wzorzec aminokwasowy (FAO/WHO/UNU, 1985) wyrażony w mg/g białka, obliczono przy użyciu odpowiednio podwyższonych poziomów spożycia tego składnika (g/kg masy ciała/d). Wartości idealnego wzorca aminokwasowego (FAO/WHO/

Tabela 2

Zmiany wartości wzorców aminokwasowych FAO/WHO (mg/1g białka) w latach 1970–1990.

Changes in amino acid patterns recommended by FAO/WHO (mg/g protein) in the years of 1970–1990.

Aminokwas Amino Acid	FAO/WHO (1973)			FAO/WHO/UNU (1985)				FAO/WHO (1991)			
	< 1 r. < 1 y.	1-12 l. 1-12y.	dorośli adults	< 1 r. < 1 y.	2-5 l. 2-5 y.	10-12 l. 10-12 y.	dorośli adults	< 1 r. < 1 y.	2-5 l. 2-5 y.	10-12 l. 10-12 y.	dorośli adults
His	14	-	-	26	(19) ¹	(19) ¹	16	26	(19) ¹	(19) ¹	(19) ¹
Ile	35	37	18	46	28	28	13	46	28	28	28
Leu	80	56	25	93	66	44	19	93	66	66	66
Lys	52	75	22	66	58	44	16	66	58	58	58
Met+Cys	29	34	24	42	25	22	17	42	25	25	25
Phe+Tyr	63	34	25	72	63	22	19	72	63	63	63
Thr	44	44	13	43	34	28	9	43	34	34	34
Trp	8,5	4,6	6,5	17	11	(9) ¹	5	17	11	11	11
Val	47	41	18	55	35	25	13	55	35	35	35

¹ Wartości podane w nawiasach uzyskano metodą interpolacji krzywych zapotrzebowania w zależności od wieku.

¹ Values in parentheses interpolated from curves of requirement versus age.

UNU, 1985), uzyskane w oparciu o techniki bilansu azotowego, poddane zostały ostrej krytyce jako obciążone błędami eksperymentalnymi i wyraźnie zaniżone. Potwierdzeniem tych opinii, były wyniki badań izotopowych nad zapotrzebowaniem aminokwasowym (Young i in., 1989), które wskazały na znacznie wyższe wartości tych potrzeb u dorosłego człowieka. Jednocześnie, wzorzec aminokwasowy dla dorosłego człowieka, obliczony w oparciu o wartości uzyskane przez Younga i in. (1989), był zbliżony do wzorca dla dzieci w wieku przedszkolnym (2-5 lat), zalecanego poprzednio przez FAO/WHO/UNU (1985). Uznano także za zbędne różnicowanie zapotrzebowania aminokwasowego w zależności od wieku, z wyjątkiem szybko rosnących niemowląt (<1 r. życia). Ostatecznie, w aktualnych zaleceniach FAO/WHO (1991), zachowano wartości wzorca aminokwasowego dla niemowląt (uśredniony skład aminokwasowy mleka matki), natomiast dla pozostałych grup wiekowych (także ludzi dorosłych!) zalecano wspomniany wzorzec aminokwasowy dla dzieci w wieku przedszkolnym (2-5 lat), zgodnie z poprzednim raportem FAO/WHO/UNU (1985).

W powyższym kontekście, należy podkreślić, że ww. wzorzec aminokwasowy, zgodnie z intencją Autorów cytowanego raportu FAO/WHO (1991), jest aktualnie zalecanym odniesieniem w ocenie białek żywności. Jego wartości mogą jednak ulec zmianie zależnie od postępu badań w przedmiotowej dziedzinie. Niemniej, nie jest zalecane stosowanie innych, historycznych wzorców aminokwasowych (białka jaja kurzego, kazeiny) w omawianej ocenie.

Współczesne metody oceny jakości białka żywności

Zgodnie z zaleceniami FAO/WHO (1991), standardową metodą oceny jakości białka pozostaje nadal klasyczna, chemiczna metoda wskaźnika aminokwasu ograniczającego (CS – Chemical Score), sprowadzająca się do wyrażenia zawartości indywidualnych aminokwasów niezbędnych w badanym białku w % ich zawartości w białku przyjętym za wzorzec (Block i Mitchell, 1946). Stosunek ten można wyrażać również ułamkiem dziesiętnym. W ocenie tej, standardem jest hipotetyczne białko posiadające skład aminokwasowy zgodny z wzorcem FAO/WHO/UNU (1985), dla dziecka w wieku przedszkolnym (2-5 lat).

Nie ulega wątpliwości, że skład aminokwasowy białka determinuje jego wartość odżywczą. Stąd wskaźnik CS pozostaje nadal obiektywnym kryterium oceny jakości białka żywności. Za niezbędne uznano jednak wprowadzenie dodatkowego, biologicznego parametru tej oceny, mianowicie strawności rzeczywistej badanego białka (TD – True Digestibility). Parametr ten uwzględnia: (a) swoiste różnice w strawności białek, (b) rolę naturalnych składników żywności modyfikujących tę strawność oraz (c) wpływ procesów technologicznych na strawność białek żywności. Zgodnie z opinią FAO/WHO (1991), strawność rzeczywista białka żywności, oznaczana metodą bilansową Thomasa-Michella na szczurach laboratoryjnych, dostarcza miarodajnych warto-

ści, porównywalnych z uzyskiwanymi w doświadczeniach na ludziach. Metoda ta jest zatem zalecana do powszechnego stosowania w skali międzynarodowej (Eggum, 1991; Henley i Kuster, 1994).

W praktycznej ocenie jakości białka żywności, niezbędna jest zatem analiza jego składu aminokwasowego, wyrażanego w mg/g białka ogólnego, obliczanego w sposób konwencjonalny ($N \times 6,25$). Omawiane rekomendacje nie wskazują na potrzebę stosowania innych przeliczników azotu na białko. Niezbędne jest także określenie współczynnika strawności rzeczywistej badanego białka, powszechnie stosowanymi metodami (Eggum, 1973; McDonough i in., 1990). W następnym etapie, skład aminokwasowy białka odniesiony do wzorca amonokwasowego FAO/WHO/UNU (1995) dla dziecka w wieku przedszkolnym (2–5 lat), służy do identyfikacji aminokwasu ograniczającego (CS). Ostateczna wartość wskaźnika aminokwasu ograniczającego (CS), skorygowanego na strawność rzeczywistą badanego białka (TD), jest obliczana zgodnie ze wzorem: $CS_{TD} = CS \times TD$.

Tabela 3

Skład aminokwasowy (mg/1 g białka) i wartość odżywcza nowych kanadyjskich odmian owsa oplewionego (Zarkadas i in., 1995 a).

Amino acid composition (mg/g protein) and protein quality of new Canadian cultivars of covered oat (Zarkadas i in., 1995 a).

Aminokwas Amino Acid	Wzorzec Pattern FAO/WHO (1991)	Odmiany owsa oplewionego / Covered oat cultivars			
		Newman		Stewart	
		oplewiony whole	obłuszczone dehulled	oplewiony whole	obłuszczone dehulled
His	19	24	27	26	27
Ile	28	41	40	42	42
Leu	66	77	76	76	78
Lys	58	39	42	45	42
Met+Cys	25	63	62	61	58
Phe+Tyr	63	95	93	99	101
Thr	34	34	31	34	32
Trp	11	14	15	16	16
Val	35	56	55	55	55
CS		67,2	72,4	77,6	72,4
TD		86,0	86,0	86,0	86,0
CSxTD		58,0	62,3	66,7	62,3
		(Lys)	(Lys,Thr)	(Lys)	(Lys,Thr)

Wyniki oceny jakości białka ziarna owsa przy użyciu metody skorygowanego wskaźnika aminokwasu ograniczającego (CS_{TD})

W dostępnej literaturze przedmiotu pojawiło się ostatnio kilka prac, w których przeprowadzono ocenę wartości CS i CS_{TD} aktualnie uprawianych nowych odmian owsa. Przedmiotem badań były kanadyjskie (Zarkadas i in., 1995a; Zarkadas i in., 1995b), oraz polskie (Maciejewicz-Ryś i in., 1998) odmiany owsa oplewionego i nagoziarnistego (Komes i Akt).

Tabela 4

Skład aminokwasowy (mg/1 g białka) i wartość odżywcza nowych kanadyjskich odmian owsa nagoziarnistego (Zarkadas i in., 1995b).

Amino acid composition (mg/gram protein) and protein quality of new Canadian cultivars of naked oat (Zarkadas i in., 1995b).

Aminokwas Amino Acid	Wzorzec Pattern FAO/WHO (1991)	Odmiany owsa nagoziarnistego / Cultivars of naked oat		
		Hill	Lotta	Percy
His	19	25	25	26
Ile	28	43	42	42
Leu	66	79	75	75
Lys	58	37	38	40
Met+Cys	25	58	70	63
Phe+Tyr	63	96	93	95
Thr	34	29	32	29
Trp	11	17	16	16
Val	35	57	53	56
CS		63,8	65,5	69,0
TD		86,0	86,0	86,0
$CS \times TD$		54,9	56,3	59,3
		(Lys, Thr)	(Lys, Thr)	(Lys, Thr)

Przedstawione wyniki pozwalają na kilka spostrzeżeń natury ogólnej. Po pierwsze, zastosowana metoda oceny pozwala na różnicowanie odmian owsa zależnie od wartości CS i TD. Przy czym, w pracach kanadyjskich (tab. 3 i 4), wartość TD (dla człowieka) przyjęto w sposób jednolity z tabel (FAO/WHO/UNU, 1985), podczas gdy w badaniach polskich (tab. 5) oznaczono oryginalne wartości tego współczynnika na szczurach. Tłumaczy to różnicę pomiędzy wartościami TD. Istotnym spostrzeżeniem jest także, obserwowana w badaniach kanadyjskich, niższa z reguły wartość odżywcza

białka odmian nagoziarnistych. Nie potwierdzają tego badania Maciejewicz-Ryś i in. (1998). Warto zauważyć, że wartość odżywcza białka polskiej odmiany nagoziarnistej Akt, uprawianej na glebie lekkiej była wyższa od wskaźnika CS_{TD} obliczonego dla oplewionej odmiany Komes (tab. 5). Należy też podkreślić, że pomimo relatywnie wysokiej zawartości aminokwasów niezbędnych w białku owsa (tab. 1), pozostaje ono nadal niepełnowartościowym białkiem zbożowym. We wszystkich omawianych pracach (tab. 3, 4 i 5), pierwszym aminokwasem ograniczającym jego wartość odżywczą była zawsze lizyna. Kolejnymi aminokwasami ograniczającymi była treonina (Zarkadas i in., 1995a; 1995b) lub leucyna (Maciejewicz-Ryś i in., 1998). Przedstawione wyniki wskazują na konieczność prowadzenia oceny wartości odżywczej białka nowych odmian owsa jako integralnej części pracy hodowlanej nad tym cennym gatunkiem.

Tabela 5

Skład aminokwasowy (mg/1 g białka) i wartość odżywcza polskich odmian owsa oplewionego i nagoziarnistego (Maciejewicz-Ryś i in., 1998).

Amino acid composition (mg/g protein) and protein quality of two Polish cultivars of covered and naked oat (Maciejewicz-Ryś i in., 1998).

Aminokwas Amino Acid	Wzorzec Pattern FAO/WHO (1991)	Odmiany owsa / Cultivars of oat		
		Komes ¹	Akt ²	
			gleba lekka / light soil	gleba ciężka / heavy soil
His	19	20	32	32
Ile	28	33	36	35
Leu	66	66	64	62
Lys	58	37	37	33
Met+Cys	25	35	47	46
Phe+Tyr	63	70	80	79
Thr	34	40	34	37
Trp	11	-	-	-
Val	35	48	41	42
CS		63,8	63,8	57,0
TD ³		83,2	90,0	90,8
CSxTD		53,0	57,0	52,0
		(Lys, Leu)	(Lys,Leu)	(Lys,Leu)

¹ Odmiana oplewiona / Covered cultivar

² Odmiana nagoziarnista / Naked cultivar

³ Wartości oznaczone na szczurach / Rat bioassay

Wnioski

1. Wskaźnik aminokwasu ograniczającego (CS), z poprawką na strawność rzeczywistą białka (CS x TD), pozwala na miarodajną ocenę jakości białka ziarna owsa – odmian oplewionych i nagoziarnistych.
2. Generalnie, wyższe wartości wskaźnika CS x TD obserwowano dla odmian oplewionych w porównaniu z odmianami nagoziarnistymi (w badaniach kanadyjskich).
3. Pierwszym aminokwasem ograniczającym jakość białka ziarna owsa, odmian oplewionych i nagoziarnistych jest lizyna. Kolejnymi aminokwasami ograniczającymi są treonina (badania kanadyjskie) lub leucyna (badania polskie).

LITERATURA

- [1] Block R.J., Mitchell H.H.: The correlation of the amino acid composition of proteins with their nutritive value. *Nutr. Abstr. Rev.*, **16**, 1946, 249-278.
- [2] Bartnik M., Rothkaehl J.: Owies - zboże warte zainteresowania. *Przem. Spoż.*, **6**, 17-19(38).
- [3] Bartnikowska E., Rakowska M. (1994). Wpływ włókna z owsa i jęczmienia na metabolizm lipidów u zwierząt i ludzi. *Biul. IHAR*, **190**, 1997, 67-76.
- [4] Eggum B.: *A Study of Certain Factors Influencing Protein Utilization in Rats and Pigs*. Publ. no 406. National Institute of Animal Science. Copenhagen 1973.
- [5] Eggum B.: Comments on Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on protein quality evaluation, Rome 1990. *Z. Ernährungswiss.* **30**, 1991, 81-88.
- [6] Englyst H.N., Hudson G.J.: The classification and measurement of dietary carbohydrates. *Food Chem.*, **57**, 1996, 15-21.
- [7] FAO/WHO: *Energy and Protein Requirements*. Report Series 522. FAO/WHO. Rome, 1973.
- [8] FAO/WHO: *Protein Quality Evaluation*. Report Series 51. FAO/WHO. Rome, 1991.
- [9] FAO/WHO/UNU: *Energy and Protein Requirements*. Report Series 724. FAO/WHO. Geneva 1985.
- [10] Henley E.C., Kuster J.M.: Protein quality evaluation by protein-digestibility-corrected amino acid scoring. *Food Techn.*, **4**, 1994, 74-77.
- [11] Kent N.L.: *Technology of Cereals*, 3 ed. Pergamon Press. Oxford, 1983.
- [12] Lia A., Hallmans G., Sandberg A.S., Sundberg B., Aman P., Anderson H.: Oat β -glucan increases bile acid excretion and a fiber-rich barley fraction increases cholesterol excretion in ileostomy subjects. *Am. J. Clin. Nutr.*, **62**, 1995, 1245-1251.
- [13] Lia A., Anderson H., Mekki N., Juhel C., Lairon D.: Postprandial lipemia in relation to sterol and fat excretion in ileostomy subjects given oat bran and wheat test meals. *Am. J. Clin. Nutr.*, **66**, 1997, 357-365.
- [14] Maurice D.V., Jones J.E., Hall M.A., Castaldo D.J., Whisenhunt J.E.: Chemical composition and nutritive value of naked oats (*Avena nuda* L.) in broiler diets. *Poultry. Sci.*, **64**, 1985, 529-535.
- [15] Maciejewicz-Ryś J., Pisulewska E., Witkiewicz R.: Skład i wartość odżywcza białka owsa nagoziarnistego w zależności od typu gleby i obecności wsiewki seradeli. *Acta Agraria Silv.*, **36**, 1998 (w druku).
- [16] McDonough F.E., Steinke F.H., Sarwar G., Eggum B.O., Bressani R., Huth P.J., Barbeau W.E., Mitchell G.V., Phillips G.J.: *In vivo* rat assay for true protein digestibility: Collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **73**, 1990, 801-805.

- [17] Young V.R., Bier D.M., Pellet P.L.: A theoretical basis for increasing current estimates of the amino acid requirement in adult man, with experimental support. *Am. J. Clin. Nutr.*, **50**, 1989, 80-92.
- [18] Zarkadas C.G, You Z., Burrows V.D.: Assessment of the protein quality of two new Canadian-developed oat cultivars by amino acid analysis. *J. Agric. Food Chem.*, **43**, 1995a, 422-428.
- [19] Zarkadas C.G., You Z., Burrows V.D.: Protein quality of three new Canadian-developed naked oat cultivars using amino acid composition data. *J. Agric. Food Chem.*, **43**, 1995b, 415-421.

CURRENT METHODS OF PLANT PROTEIN EVALUATION AS APPLIED TO OAT GRAIN

S u m m a r y

Oat grain gross chemical composition, and amino acid composition of oat grain protein was presented. Studies on human amino acid requirements and resulting modifications of recommended (FAO/WHO) amino acid scoring patterns, in the years of 1970–1990, were also discussed. In addition, the current protein digestibility-corrected amino acid scoring method, recommended by FAO/WHO (1991), for routine evaluation of protein quality quality for humans, was described.

The available literature data on protein quality of oat grain protein (for covered and naked cultivars), both Canadian and Polish, were presented. Generally, protein quality of covered cultivars was higher than that of naked ones. As indicated by the data, lysine was the first limiting amino acid for covered and naked oat cultivars. ✕