

# UNTERSUCHUNG DER ERNÄHRUNGSBIOLOGISCHEN QUALITÄT DER PROTEINE VON VIETNAMESISCHEN MAISSORTEN

Bui Huy KHOI\*, Máté HIDVÉGI\*\*, Radomir LÁSZTITY\*\*,  
András SALGÓ\*\* und Livia SARKADI\*\*

\* Universität für die Agrarwissenschaften  
Lehrstuhl für Biochemie  
Hanoi, Vietnam

\*\* Technische Universität von Budapest  
Lehrstuhl für Biochemie und Lebensmitteltechnologie  
H-1521 Budapest, Ungarn

## Abstract

Protein content and amino acid composition of 16 maize cultivars grown in Vietnam were studied. The varieties used for human nutrition (sweet maize) had a much higher protein content than hybrids grown for feeding. The in vitro biological value data calculated on the basis of amino acid composition were also higher by sweet maize varieties than those of other hybrids.

*Keywords:* maize, protein content, amino acid composition, nutritive value.

## 1. Einleitung

Gemäß dem Gleichnis von POMERANZ [1] sind die Getreidekörner solche Lage, in denen die besonders leicht verdaulichen Nährstoffe in konzentrierter, entwässerter und vorgepackter Form zu finden sind. Diese Behauptung ist in erster Linie für die die Energie liefernden Nährstoffe gültig, sie bezieht sich jedoch auf Grund der neueren genetischen und agroökonomischen Eingriffe auch immer mehr auf die Proteine. Von der quantitativen Seite her, also die Proteinkonzentration der Getreidekörner betrachtet, ist die grosse Variabilität innerhalb der Arten charakteristisch, die oberen Grenzwerte sind aber auch aus dem Gesichtspunkt der Befriedigung der humanen Proteinbedürfnisse als bestimmte lokale Maxima – die genetisch ermöglicht und mit entsprechender Öko-Kultur erreicht werden können – (genetisch) sehr ermutigend.

Die Frage ist komplizierter, wenn wir die Proteinqualität selbst betrachten, also den diätetischen Wert der Getreidekörner untersuchen. Aus den früheren literarischen Werken übernommen ist auch heute diejenige simplifizierende und überholte Meinung auffindbar, wonach die Getreidekörner aus diätetischen Gesichtspunkt betrachtet schlecht sind, weil sie z. B. wenig

Lysin, oder Tryptophan enthalten, d. h. daß sie einen relativen Mangel an irgendwelcher essentialer Aminosäure aufweisen. Wenn wir aber das Ganze der Nahrungen betrachten, melden sich die Mangel solchen Charakters in vielen Fällen eher als Vorteil, zum Beispiel infolge der komplettierenden Wirkung [2, 3, 4] der anderen Bestandteile der Nahrung. (Siehe z. B. das Komplettieren der an Lysin relativ armen, aber an schwefelhaltigen Aminosäuren reichen Getreidearten mit den Schmetterlingsblütlern, die an Lysin reich, aber an schwefelhaltigen Aminosäuren verhältnismässig arm sind.) Natürlich dürfen die vorherigen Erwägungen nicht zur Folge haben, daß wir die in selbst genommene diätetische Qualifikation der einzelnen Proteinträger – z. B. irgendeine Bewertung der Aminosäure-Musterung – für nutzlos halten. Es ist nämlich nicht gleichgültig, was diejenige Grundlage ist (d. h. der ernährungskundliche (diätetische) Wert des reinen Stoffes), im Verhältnis zu der die Mischung (das Komplettieren) eine Verbesserung zur Folge hat, sowie es können solche, zwingenden Gründe bestehen (technologische, oder sonstige, z. B. Kostengründe, welche die Menge des dosierbaren Komplettierungsmittels maximieren), welche die Anwendbarkeit des auf dem ganzen Konzentrationsintervall genommenen Komplettierens, d. h. die Anwendbarkeit des zum absoluten Maximum des diätetischen Wertes der Zusammensetzung (Mischverhältnis) schon von vornherein ausschließen. In diesem Falle kann es vorkommen, daß der diätetische Wert des zu komplettierenden Stoffes (z. B. im Falle irgendwelchen Getreidemahlproduktes) entsprechend groß dafür ist, daß der durch das Zumischen des Komplettierungsmittels erlaubter Menge (z. B. das Mahlprodukt der Kornfrucht irgendeinen Schmetterlingsblütlers) erreichte lokale diätetische Höchstwert vom Durchschnittswert des solchen Kennwertes des zu komplettierenden reinen Stoffes signifikativ nicht abweicht.

In der Gestaltung des ernährungskundlichen Wertes der Getreidekörner als Proteinträger spielt der genetische Zustand eine entscheidende Rolle, oder z. B. die Verhältnisse der Proteinfractionen beeinflusst.

Im Falle des Maises haben die Entdeckungen von MERTZ und seinen Mitarbeitern [5] und NELSON und seinen Mitarbeitern auf diesem Gebiet einen entscheidenden Fortschritt bedeutet [6]. Die Aminosäure-Zusammensetzung der hergestellten Mutanten (opaque-2 und floury-2) wich signifikanterweise von der Aminosäure-Zusammensetzung des normalen Maises ab, und zwar so, daß sich die vorherigen Mangel (Aminosäure-Defizienzen) in positiven Richtungen modifiziert haben.

Als Ergebnis weiteren genetischen (Pflanzenveredelungs-) und agrokulturellen Arbeiten ist unser Bild über den ernährungskundlichen Wert des Maisproteins zur Zeit vielmehr abgetönt und weniger ungünstig als vor 10 Jahren.

Auf dem Lehrstuhl für Biochemie und Lebensmitteltechnologie der Budapester Technischen Universität laufen die chemischen Untersuchungen der verschiedenen Maissorten seit mehreren Jahren systematisch, besonders die Analyse der Maisproteine – zum Teil dank der Aufträge solchen Charakters des Getreidetrustes. Wir haben – außer den verschiedenen Forschungsberichten – unsere Ergebnisse weitreichend publiziert [7–16].

In der gegenwärtigen Arbeit geben wir die Aminosäure-Zusammensetzung, den Proteingehalt und die in vitro Verdaulichbarkeit einiger, in Vietnam angebaute Maissorten bekannt.

## 2. Untersuchungsmaterialien

Unter den untersuchten 16 vietnamesischen Maissorten haben wir insgesamt 9 Delikatessensorten gefunden, und zwar: GIE. HABAC; SONG. LAM; VANG TAY. N; EARLY-THAI; TAINAN-11; NEP. DA; NEP. TR; NEP. MG; und CUC. SP. Unter diesen Sorten sind die GIE. HABAC und NEP. TR besonders wichtig, ihr Anbau ist sehr verbreitet. Die Bezeichnungen der Maissorten weisen entweder auf das Anbaugesamt hin (GIE. HABAC, TAY. N, TAINAN-11 und SP Provinzen, Kreise; SONG. LAM, d. h. der Fluss LAM), oder sie bezeichnen die Reife des Mais (EARLY, d. h. frühe), oder sie charakterisieren die Körner (NEP, d. h. weich; DA, d. h. hart, – NEP. DA = halbhart; TR, d. h. weiße, MG = gelb, CUC = klein). Diese Delikatessenmaissorten sind auf den Ebenen – mit Ausnahme der Maissorte der Provinz TAY.N – angebaut.

In dem letzteren Gebiet – in Mittel-Vietnam – sind hohe Berge zu finden.

Die Delikatessenmaissorten werden zwecks menschlicher Ernährung angebaut. Die Art des Verbrauches kann unterschiedlich sein. Man kocht z. B. die Körner und mischt mit Bohnen zusammen, oder – besonders in den Großstädten – die rohe Bohnen und der Mais wird zu Hause gedünstet, dann von ihren Schalen entzogen und erst danach wird die Mais-Bohnen-Mischung gegessen. Man bekommt eine sehr schmackhafte Speise, wenn die entschaltete Mais-Bohnen-Mischung in gekochter Form auf gedünstete Zwiebeln gegossen wird. Man macht eine der Polenta ähnliche Speise auch aus der Mischung des Maisgrusses und des Reises, usw.

Unter den für Futterzwecke angebauten Hybridmaissorten haben wir nur 7 Sorten untersucht; und zwar die Mutanten single cross  $S_1$  und  $S_2$  superfrüh; die Mutanten double cross  $2A$  und  $2B$  sehr frühe Sorten, die Mutanten single cross  $VM_1$  und  $NN_2$  mittelspäte Sorten und einen *OPAQUE-2* Mutanten mittelspäter Reife.

Vor den chemischen Untersuchungen haben wir die lufttrockenen Körner mittels Labormühle ca. auf eine Korngröße von 300  $\mu$  gemahlen.

### 3. Untersuchungsmethoden

Den Feuchtigkeitsgehalt der Proben haben wir bei einer Temperatur von 104 °C im Trockenschrank mittels der bis zum Erreichen der Gewichtbeständigkeit erfolgenden Trocknung bestimmt.

Den Proteingehalt haben wir mit der Standard-Kjeldahl-Methode unter Anwendung eines Multiplikationsfaktors von 6.25 gemessen.

Den Fett- und Aschengehalt haben wir mit der konventionellen Methode bestimmt.

Zur Bestimmung der Brutto-Aminosäure-Zusammensetzung haben wir Ionenaustausch-Chromatographie-Methode [17] verwendet; in dem wir das Cystein separat laufen ließen und nach der basischen Hydrolyse das Tryptophan mit kolorimetrischen Verfahren gemessen haben.

Die in vitro Verdaulichbarkeit haben wir mittels der auf unserem Lehrstuhl entwickelten Multienzym-pH-Stat-Technik [18] bestimmt.

Den in vitro biologischen Wert haben wir mit dem sog. transformierten Gausschen Index [4] berechnet. Der Index berechnet den ernährungskundlichen Wert prozentual in der Relation von erwachsenen Leuten.

### 4. Resultate und ihre Bewertungen

Die Angaben bezüglich der Makrozusammensetzung für die vietnamesischen Maissorten werden in der *Tabelle 1* veranschaulicht.

Die Brutto-Aminosäure-Zusammensetzungen enthält die *Tabelle 2*.

In der *Tabelle 3* sind die Angaben bezüglich der Verdaulichbarkeit und die des biologischen Wertes zu finden.

Auf Grund des Rohproteingehaltes müssen wir den GIE.HABAC Delikatessenmais mit seinem beinahe 13%-igen Wert für die hervorragend beste Maissorte halten.

Erstaunlich wenig Protein haben wir im Hybrid VM<sub>1</sub> gefunden, der aus der Hybridation einer vietnamesischen und einer mexikanischen Sorte hergestellt wurde. Jedoch sollte es hervorgehoben werden, daß dieser Hybrid den größten Körnertrag gibt.

Für die Aminosäure-Modellierungen sind die kleinen Tryptophan-niveaus und die großen Leuzin-Isoleuzin-Proportionen charakteristisch. Es ist eine wichtige Bemerkung, daß der Lysingehalt des O<sub>2</sub>-Mutanten kleiner ist als bei zwei anderen Hybriden.

**Tabelle 1**  
 Makrozusammensetzung der vietnamesischen Maissorten

Sorte	Feuchte (%)	Fett (im % der Trockenmasse)	Asche (%)	Protein (%)
GIE.HABAC	10.25	4.60	1.60	12.93
SONG.LAM	11.10	4.25	1.57	9.50
VANG. TAY.N.	11.50	4.77	1.50	11.20
EARLY. THAI	11.45	4.55	1.40	10.60
TAINAN-11	11.67	4.66	1.45	10.77
NEP. DA	8.20	3.85	1.35	9.85
NEP. TR	9.45	4.00	1.33	9.31
NEP. MG	9.27	3.75	1.29	9.41
CUC. SP.	8.40	4.15	1.37	8.80
S <sub>1</sub>	12.15	2.78	1.66	10.11
S <sub>2</sub>	12.40	3.20	1.70	9.95
2A	12.57	3.66	1.80	8.65
2B	11.90	3.20	1.59	9.67
VM <sub>1</sub>	12.30	3.45	1.61	6.25
NN <sub>2</sub>	12.00	4.10	1.73	8.88
Opaque-2	12.00	3.95	1.67	10.43

**Tabelle 2**

Aminosäure-Zusammensetzung der vietnamesischen Maissorten (g per 16 g N)

Sorte	GIE. HABAC	SONG. LAM	VANG EARLY. TAY.N THAI	TAINAN-11	NEP. DA	NEP. TR	NEP. MG
Aminosäure							
Asparaginsäure	7.50	8.85	6.39	7.23	6.95	5.37	9.32
Threonin	4.30	4.35	3.98	4.25	4.00	3.15	3.09
Serin	5.28	4.82	4.37	5.25	3.48	3.40	3.95
Glutaminsäure	19.07	20.30	18.37	19.82	16.35	16.90	22.88
Prolin	8.65	7.33	8.15	6.60	10.10	10.62	9.37
Glyzin	5.05	5.45	4.89	4.67	3.11	3.25	3.50
Alanin	9.15	8.95	8.66	9.10	7.19	7.01	6.95
Zystin	0.88	0.75	0.44	0.67	0.82	0.55	0.60
Valin	4.75	4.25	4.65	4.28	5.25	6.20	6.35
Methionin	2.14	1.80	2.02	1.89	2.00	1.50	1.57
Isoleuzin	3.25	3.34	2.89	3.00	2.35	3.15	2.88
Leuzin	15.70	15.65	16.07	16.00	15.73	10.44	11.21
Tyrosin	4.60	5.15	4.87	5.44	4.62	3.09	3.33
Phenylalanin	5.00	5.25	6.44	4.88	4.35	7.18	6.00
Lysin	3.55	3.00	3.44	2.95	2.65	3.59	4.00
Histidin	4.39	5.18	4.98	4.00	3.85	2.75	3.05
Tryptophan	0.62	0.44	0.38	0.50	0.40	0.68	0.50
Arginin	4.50	4.21	5.33	4.53	4.87	5.00	5.15

**Tabelle 2**  
(Fortsetzung)

Sorte Aminosäure	CUC. SP	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	2A	2B	VM <sub>1</sub>	NN <sub>2</sub>	Opaque-2
Asparaginsäure	4.89	6.88	7.37	8.08	7.98	6.33	6.15	6.45
Threonin	3.88	4.37	6.00	5.13	4.99	6.20	5.34	4.17
Serin	3.48	5.40	5.25	5.09	4.89	4.88	4.95	4.00
Glutaminsäure	24.24	20.22	21.00	21.35	20.98	21.22	22.05	18.70
Prolin	9.39	8.26	8.42	9.35	8.88	12.05	11.87	8.40
Glyzin	3.11	4.02	5.55	5.70	4.99	4.67	4.38	3.70
Alanin	7.19	10.22	10.31	9.63	10.10	7.77	7.00	6.50
Zystin	0.50	0.33	0.40	0.65	0.73	0.92	0.81	0.45
Valin	5.35	4.40	5.25	4.35	4.25	4.50	4.28	4.05
Methionin	1.60	1.70	1.78	1.27	1.39	1.85	1.39	1.75
Isoleuzin	3.50	2.45	3.00	3.33	2.87	2.05	2.35	4.01
Leuzin	11.00	13.15	12.00	13.00	12.35	16.44	16.11	12.17
Tyrosin	4.25	4.07	5.10	4.00	4.49	3.87	3.77	3.70
Phenylalanin	4.32	5.15	5.39	4.88	4.57	5.11	6.34	5.12
Lysin	2.07	3.00	3.18	2.68	3.05	3.11	3.35	3.80
Histidin	2.10	3.15	3.47	4.05	4.44	3.05	5.15	3.33
Tryptophan	0.39	0.25	0.20	0.31	0.28	0.35	0.27	0.49
Arginin	4.85	3.45	4.00	3.95	4.18	4.09	5.45	4.10

**Tabelle 3**

Verdaulichbarkeit und 'in vitro' biologischer Wert von vietnamesischen Maissorten

Sorte	Verdaulichbarkeit (%)	Transformierter Gausscher Index (%)
GIE.HABAC	75.40	91.8
SONG.LAM	77.80	86.8
VANG. TAY.N	83.10	83.4
EARLY. THAI	82.20	87.4
TAINAN-11	71.0	88.3
NEP. DA	78.3	82.1
NEP. TR	67.40	82.6
NEP. MG	65.10	87.4
CUC. SP.	83.70	85.1
S <sub>1</sub>	76.10	81.7
S <sub>2</sub>	70.0	58.4
2A	81.60	69.9
2B	77.20	73.0
VM <sub>1</sub>	61.10	63.9
NN <sub>2</sub>	77.70	76.2
Opaque-2	70.20	87.0

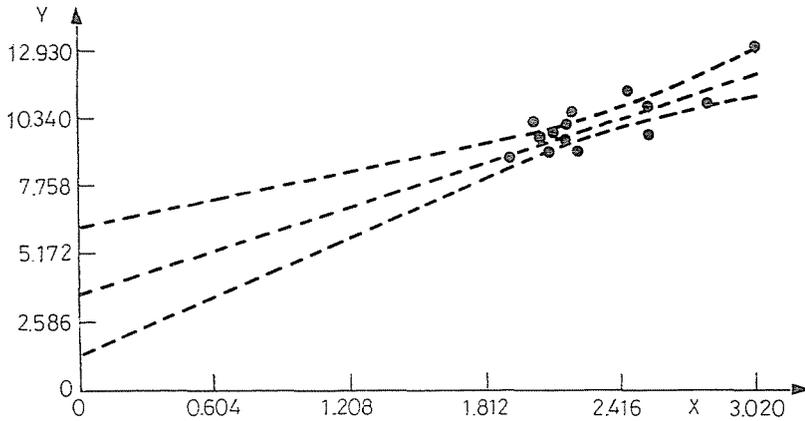


Abb. 1. Zusammenhang zwischen der schwefelhaltigen Aminosäure-Konzentration und dem Proteingehalt der vietnamesischen Maissorten.  
 Y: Protein %, X: Methionin + Zystin (g per 16 g N).  $Y = 3.65 + 2.76X$ ;  $r = 0.80$   
 (Die Musterpopulation enthält nicht die Maissorte VM<sub>1</sub>).

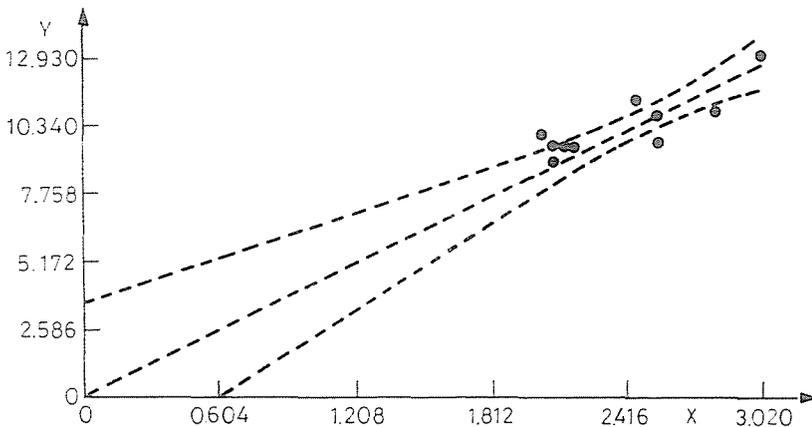


Abb. 2. Zusammenhang zwischen der schwefelhaltigen Aminosäure-Konzentration und dem Proteingehalt der vietnamesischen Delikatessenmaissorten.  
 Y: Protein %, X: Methionin + Zystin (g per 16 g N).  $Y = 4.21X$ ;  $r = 0.83$

Eine signifikante positive Korrelation haben wir zwischen der Konzentration innerhalb der Muster der schwefelhaltigen Aminosäuren und zwischen dem Proteingehalt gefunden (*Bild 1, 2*).

Die Angaben bezüglich der Verdaulichbarkeit und des biologischen Wertes sind ziemlich veränderlich. Als eine Sorte, die über eine hervorragend gute Proteinqualität verfügt – haben wir GIE. HABAC Delikatessenmais gefunden, der in Nord-Vietnam, auf der Ebene angebaut wird. Die Hybridmaissorten – mit Ausnahme der Sorten O<sub>2</sub> und S<sub>1</sub> – weisen aus dem Standpunkt des ernährungskundlichen Wertes viel schlechtere Werte auf, als die Delikatessenmaissorten, diese letzteren haben eine ausgeglichene gute Qualität.

### Literatur

1. POMERANZ, Y. (1981): Genetic Factors Affecting Protein Content and Composition of Cereal Grains. *Wld. Rev. Nutr. Diet.* Vol. 36, pp. 174–205.
2. LÁSZTITY, R. (1985): Cereal Proteins – Past, Present, Future. In: *Amino Acid Composition and Biological Value of Cereal Proteins*. R. Lásztity and M. Hidvégi (eds.) D. Reidel Publ. Co., Dordrecht, Boston, Lancaster und Akademieverlag, Budapest, pp. 3–26.
3. HACKLER, L. R. (1985): Cereal Proteins in Human Nutrition. In: *Amino Acid Composition and Biological Value of Cereal Proteins*. R. Lásztity and M. Hidvégi (eds.) D. Reidel Publ. Co., Dordrecht, Boston, Lancaster und Akademieverlag, Budapest, pp. 81–104.
4. HIDVÉGI, M. – BÉKÉS, F. (1985): Mathematical Modeling of Protein Nutritional Quality from Amino Acid Composition. In: *Amino Acid Composition and Biological Value of Cereal Proteins*. R. Lásztity and M. Hidvégi (eds.) D. Reidel Publ. Co., Dordrecht, Boston, Lancaster und Akademieverlag, Budapest, pp. 205–286.
5. MERTZ, E. T. – BATES, L. S. – NELSON, O. E. (1964): Mutant Gene that Changes Protein Composition and Increase Lysine Content of Maize Endosperm. *Science*, Vol. 145, pp. 279–280.
6. NELSON, O. E. – MERTZ, E. T. – BATES, L. S. (1965): Second Mutant Gene Affecting the Amino Acid Pattern of Maize Endosperm Protein. *Science*, Vol. 150, pp. 1469–1470.
7. LÁSZTITY, R. (1995): *The Chemistry of Cereal Proteins*. 2nd ed. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
8. EL-KADY, A. (1983): Untersuchung von Maisproteinen und ihrem ernährungskundlichen Wert, Ph.D. Thesis, Budapest.
9. EL-KADY, A. – LÁSZTITY, R. (1981): Untersuchung von Maisproteinen II. Makrofraktionen der Maisproteine. *Gabonaipar*, Vol. 28, pp. 134–136.
10. EL-KADY, A. – LÁSZTITY, R. – ÖRSI, F. – SIMON-SARKADI, L. (1983): Untersuchung von Maisproteinen IV. Aminosäure-Zusammensetzung der verschiedenen Maissorten. *Gabonaipar*, Vol. 30, pp. 53–58.
11. EL-KADY, A. – HIDVÉGI, M. – LÁSZTITY, R. – SIMON-SARKADI, L. (1983): Untersuchung von Maisproteinen V. Die Verdaulichbarkeit und biologischer Wert von Maisproteinen. *Gabonaipar*, Vol. 30, pp. 107–113.

12. EL-KADY, A. – LÁSZTITY, R. – HIDVÉGI, M. – BÉKÉS, F. – SIMON-SARKADI, L. (1984): In vitro biologischer Wert von Maisproteinen bei einigen ungarischen Mais-sorten. *Élelmiszervizsgálati Közlemények*, Vol. 30, pp. 47–52.
13. SHAROBEEEM, S. F. – LÁSZTITY, R. – HIDVÉGI, M. – SALGÓ, A. – SIMON-SARKADI, L. (1985): Amino Acid Content and in Vitro Protein Quality of Different Corn Varieties. In: *Amino Acid Composition and Biological Value of Cereal Proteins*. R. Lásztity and M. Hidvégi (eds.) D. Reidel Publ. Co., Dordrecht, Boston, Lancaster und Akademie-Verlag, Budapest, pp. 421–437.
14. SHAROBEEEM, S. F. (1986): Maize Proteins: Their Biochemistry and Nutritional Value. *Ph.D. Thesis*, Budapest.
15. SHAROBEEEM, S. F. – ÖRSI, F. – LÁSZTITY, R. (1985): Comparative Study of the Proteins of Different Corn Cultivars Using Fractionation by HPLC Gel Chromatography. *Per. Polytechnica*, Vol. 29, pp. 231–252.
16. LÁSZTITY, B. (1975): Veränderung des NPK-Gehaltes von Maiskörnern und der Einfluß von Kunstdüngern auf Sandboden mit Kalkgehalt. *Agrochemie und Bodenkunde*, Vol. 24, pp. 279–290.
17. HIDVÉGI, M. – EL-KADY, A. – LÁSZTITY, R. – BÉKÉS, F. – SIMON-SARKADI, L. (1984): Contributions to the Nutritional Characterization of Fenugreek (*Trigonella foenum-graceum* L. 1753) *Acta Alim.* Vol. 13, pp. 315–324.
18. SALGÓ, A. – GANZLER, K. – JÉCSAI, J. (1985): Simple Enzymic Methods for Prediction of Plant Protein Digestibility. In: *Amino Acid Composition and Biological Value of Cereal Proteins*. R. Lásztity and M. Hidvégi (eds.) D. Reidel Publ. Co., Dordrecht, Boston, Lancaster und Akademie-Verlag, Budapest, pp. 311–323.