

Kukoricafehérjék vizsgálata I.

Kukoricák fehérjetartalma és aminosav-összetétele

SHAROBEEM SAMY FANOUS—HIDVÉGI MÁTÉ—
LÁSZTITY RADOMIR—SIMONNÉ SARKADI LÍVIA
Bu dapesti Műszaki Egyetem, Biokémiai és Élelmiszerteknológiai Tanszék, Budapest

Érkezett: 1986. január 31.

A kukorica fontos szerepe a takarmányozásban és azok a fokozódó törekvések, hogy közvetlen felhasználása az emberi táplálkozásban nagyobb mértékű legyen ösztönzik azokat a kutatókat, amelyek a kukoricafehérjék részletesebb táplálkozástani értékelését szolgálják.

Tanszékünkön több éve foglalkozunk kukoricák kémiai vizsgálatával, különösen fehérjék analízisével. Eredményeinkről számos közleményt jelentettünk meg (*Lásztity* (15–17), *El-Kady és Lásztity* (5–7), *El-Kady et al.* (8–10), *El-Kady* (4), *Sharobeem et al.* (24)).

A kukorica makroösszetétele

A kukoricaszemek nedvességtartalma még egyazon légszáraz minta esetén sem egységes, hanem normális eloszlást mutat, az extrémumok különbsége elérheti a 3 százalékat. A nedvességtartalom pozitívan korrelál a maghéj vastagságával.

Irodalmi adatok szerint a kukoricaszem fehérjetartalma meglehetősen széles határok között változhat [9,7–10,7% (22); 8,6–9,6% (14); 9,8–12,1% (12); 10,3–17,7% (23); 6–15% (21)]. Megfigyelések szerint, az Európában termesztett kukoricafajták fehérjetartalma nyugatról kelet felé haladva nő – Magyarországon közepes (8–10%).

A kukoricaszem fehérjetartalma három fő botanikai struktúra, a perikarpium, a magbelső és a csíra fehérjetartalmából adódik össze. A szem kis részét képező perikarpium fehérjetartalma 4–6%, a legnagyobb részt adó magbelsőé 8–9%, míg a csíráé 17–20% (16).

A kukoricaszem természetesen elsősorban szénhidrátforrás. Keményítő-tartalma, szárazanyagra vonatkoztatva, 78–80 százalék. A szénhidrátok közé tartozó nyersrostfrakció mennyisége kb. 2,3–2,5 százalék, az összes emészthetetlen anyag, azaz az ún. étkezési rost mennyisége 10–15 százalék (17, 19).

A kukoricaszem őrléményeinek lipídtartalma és -összetétele a csírafrakció mennyiségétől függ. A kukorica összes lipídtartalma 4–5 százalék, azonban vannak adatok extrém olajtartalmakról is (0,4–17%) (26). A lipidek nagy része szabad.

A teljes kukoricaszem aminosav összetételével foglalkozó irodalom igen nagy. A klasszikus munkák egyike *Bressani* és *Mertz* dolgozata (2), melyben különböző fajták összehasonlító vizsgálatát találjuk. Ugyanazon országból származó minták aminosav összetételében szignifikáns különbséget nem találtak, kivéve az igen eltérő fehérjetartalmú fajtákat. A normál kukorica aminosav összetételére a limitáló triptofán és -lizinszintek jellemzőek. *Mertz* és munkatársai korszakos felfedezése (18) – miszerint az opaque-2 mutáns gén jelentősen megnöveli a lizin és triptofán arányát a fehérjén belül – óta számos genetikai és kombinált genetikai-agrotechnikai próbálkozás történt a kukoricaszem aminosav összetételének javítására.

Különböző kukoricafajták aminosav összetételét mutatjuk be az 1. táblázatban.

Kukoricafajták aminosav összetétele (g¹⁶g⁻¹N)

Aminosav (g per 16 gN)	a	b	c	d		e			
				Sc 3365 HL f	Krasznodari 82 HL f	Single Cross g	Mv - SC580 f	NSSC533WR h	Kb. Dc. 268 i
Aszparaginsav	7,82	6,39	7,87	8,28	7,22	4,95	10,68	6,72	8,75
Threonin	3,63	3,64	3,56	4,48	3,24	3,53	4,50	2,83	9,93
Szerin	4,24	4,72	5,43	6,57	3,84	3,98	4,94	4,30	4,38
Glutaminsav	16,82	20,67	19,40	20,63	17,70	16,62	22,53	16,90	20,08
Prolin	8,72	8,99	10,09	8,93	8,39	9,67	10,03	8,27	10,03
Glicin	4,82	3,72	4,48	5,78	6,02	3,22	4,71	3,38	4,30
Alanin	5,96	7,27	7,79	7,23	4,82	7,01	8,72	6,55	8,82
Cisztein	1,28	1,03	0,54	1,47	0,91	0,99	1,25	1,28	1,76
Valin	5,22	4,89	3,33	5,62	4,62	2,81	5,19	4,66	3,78
Metionin	1,88	2,26	2,18	1,46	1,26	1,62	1,82	1,61	2,44
Izoleucin	3,29	3,56	2,23	3,40	2,99	2,51	3,13	2,55	3,13
Leucin	8,63	12,61	11,27	9,83	10,28	10,86	14,39	11,75	13,17
Tirozin	3,55	4,42	3,86	3,02	3,32	3,01	3,51	2,91	4,27
Fenilalanin	3,99	5,01	4,84	4,89	4,13	4,35	5,14	4,40	4,32
Lizin	4,18	2,96	3,17	5,04	3,78	2,93	3,40	3,30	3,75
Hisztidin	3,58	2,97	2,58	3,33	4,97	2,99	3,30	2,93	3,62
Triptofán	0,96	0,87	nd	1,48	1,24	1,00	1,11	1,00	1,72
Arginin	6,86	4,54	4,91	6,48	4,33	3,78	4,48	4,97	6,18

Jelmagyarázat:

a: Eggum *et al* (3); b: Geervani (11); c: Subramanyam *et al* (25); d: El-Kady *et al* (10); e: El-Kady *et al* (9); f: magyar fajta; g: egyiptomi fajta; h: jugoszláv fajta; i: lyngyel fajta; nd: nem érték

Anyag és módszer

A vizsgált kukoricafajták

Négy országból származó, összesen 25 kukoricafajtát vizsgáltunk (2. táblázat)

2. táblázat

Vizsgált kukoricafajták

Ország	Fajta
Egyiptom	Pioneer (lófogú) Giza 2 (lófogú) Sc 201 (lófogú) DC 202 (lófogú)
NSZK	Brillant (lófogú) Nicco (sima) Forte (sima) Dea (sima)
Magyarország	BEMA Tc 210 (sima) Mv Sc 394 (sima) Mv Sc 434 (sima) Mv Sc 484 (sima) Pioneer 3732 Sc (lófogú) Pioneer 3901 Sc (lófogú) Pioneer 3965 A MTC (lófogú) Mv Sc 550 Wx (lófogú) Sc 6390 HL opaque-2 (lófogú) Fehér csemegekukorica (lófogú) Csemegekukorica (lófogú) Mv-Sc Ideal
USA	Fehér kukorica (sima) Sárga kukorica (lófogú) K 811 opaque-2 inbredline (lófogú) K 812 opaque-2 inbredline (sima) K 813 opaque-2 inbredline (lófogú) K 814 opaque-2 inbredline (sima)

A reprezentatív mintákat laboratóriumi elektromos darálón (Labor MIM) $300 \pm 10 \mu$ szemcsenagyságú darává őröltük, és az így kapott őrlemények képezték a további analízisek mintáit.

Makroösszetétel meghatározása

A nedvességtartalmat a szabványos módszer (1) alapján mértük. A nyersfehérje-tartalmat ($N \times 6,25$) Kjel-FOSS Automatic 16210 (Dánia) analizátorral határoztuk meg. A nyerszsír-tartalmat Infrapid-31 (Labor MIM) közeli infravörös reflexióss berendezéssel mértük.

Aminosav-összetétel meghatározása

A minták teljes aminosav összetételét egy, máshol már részletezett módszerrel határoztuk meg (13,24).

Eredmények és értékelésük

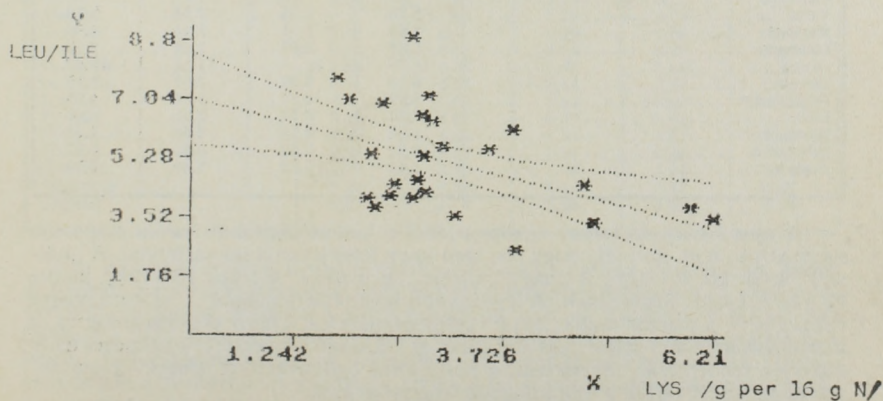
A vizsgált minták makroösszetételét a 3. táblázatban mutatjuk be.

A vizsgált kukoricák makroösszetétele

Fajta	Nedvesség, %	Fehérje, %	Zsír, %
Pioneer	10,34	9,90	4,40
Giza 2	9,33	10,40	4,06
Sc 201	10,54	9,00	4,20
Dc 202	9,38	9,50	4,05
Brillant	9,89	11,10	4,20
Nicco	10,17	11,10	4,38
Forté	10,06	10,60	4,30
Dea	9,86	10,50	4,25
BEMA Tc 210	10,35	10,50	4,58
Mv Sc 394	10,17	12,31	4,57
Mv Sc 434	10,69	9,13	4,24
Mv Sc 484	10,56	10,88	4,70
Pioneer 3732 Ce	10,83	8,75	4,30
Pioneer 3901 Sc	10,16	9,25	4,20
Pioneer 3965 A MTC	10,22	9,88	4,30
Mv Sc 560 Wx	10,54	9,19	4,37
Sc 6390 HL opaque-2	9,98	9,81	3,92
Fehér csemegekukorica	8,92	13,44	4,30
Csemegekukorica Mv - Sc Ideál	8,89	14,06	4,50
Fehér kukorica (sima)	9,40	12,20	4,24
Sárga kukorica (lófogú)	9,36	9,80	4,00
K 811 opaque-2	9,05	10,30	3,85
K 812 opaque-2	9,67	10,20	4,00
K 813 opaque-2	9,60	10,70	4,00
K 814 opaque-2	9,13	11,20	3,90

$$Y = A + B \cdot X \quad A = 7.03 \quad B = -.6116$$

KORRELACIÓS EGYÜTTARTÓ = -.4563



1. ábra

Összefüggés a lizintartalom és a leucin: izoleucinarány között a vizsgált 25 kukoricafajta esetén

Egyiptomban termesztett kukoricák összfehérjéinek aminosav-összetétele

Aminosav (g per 16 gN)	Dc 202	Giza 2	Se 201	Pioneer
Aszparaginsav	5,43	1,67	7,61	4,95
Threonin	2,50	3,83	4,42	2,63
Szerin	3,79	5,99	4,43	3,53
Glutaminsav	17,10	31,73	22,05	18,34
Prolin	13,33	5,25	8,96	16,04
Glicin	4,08	4,13	3,99	3,20
Alanin	7,85	9,07	6,36	5,85
Cisztein	1,96	1,25	1,30	1,64
Valin	3,34	2,64	3,92	4,63
Methionin	2,32	2,18	2,20	2,43
Izoleucin	2,54	2,13	2,24	3,52
Leucin	13,40	14,87	12,27	14,73
Tirozin	4,12	4,00	3,63	3,20
Fenilalanin	5,70	4,20	4,34	5,81
Lizin	2,80	1,89	3,57	2,81
Hisztidin	3,64	1,88	2,65	2,44
Triptofán	0,40	0,37	0,38	0,39
Arginin	4,40	2,77	5,72	4,06

Németországban termesztett kukoricák összfehérjéinek aminosav-összetétele

Aminosav (g per 16 gN)	Brillant	Nicco	Forte	Dea
Aszparaginsav	5,82	6,09	7,20	5,95
Threonin	2,36	2,80	3,19	3,12
Szerin	4,12	6,09	4,93	4,52
Glutaminsav	21,58	29,76	28,77	30,04
Prolin	16,44	5,64	7,14	6,67
Glicin	3,47	2,23	3,14	3,79
Alanin	7,35	9,82	6,95	6,84
Cisztein	1,33	1,85	1,48	1,49
Valin	2,26	2,34	2,63	2,79
Methionin	2,43	1,51	1,46	1,60
Izoleucin	2,43	2,07	1,66	2,15
Leucin	14,76	14,13	14,61	13,62
Tirozin	3,58	3,82	3,57	3,55
Fenilalanin	3,97	3,87	3,92	4,05
Lizin	3,84	2,31	2,65	2,90
Hisztidin	1,36	2,71	2,66	2,33
Triptofán	0,31	0,32	0,29	0,27
Arginin	2,48	3,02	3,69	3,79

A nyersfehérje-tartalom szempontjából a kukoricafajtákat három csoportba sorolhatjuk, ú.m. normál, nagy és igen nagy fehérjetartalmú osztályba. A „normál” érték kb. 9–10%. A „nagy”, illetve „igen nagy” értékek 10–12%, illetve 12–14% között ingadoznak. A legnagyobb fehérjetartalommal – szárazanyagra vetítve is – a martonvásári „Ideál” csemegekukorica, s fehér csemegekukorica, a martonvásári 394-es *single cross* mutáns és az USA-ban termesztett közönséges fehér kukorica rendelkezik. Ezenkívül, a K811–814 beltenyészett *opaque-2* mutánok és az NSZK fajták a leggazdagabb fehérjeforrások.

A zsírtartalmak alakulása megfelel az irodalmi adatoknak, általában 4% körül szóródnak.

Magyarországon termesztett kukoricák összfehérjéinek aminosav-összetétele

Aminosav (g per 16 gN)	BEMA Tc 210	Mv Sc 394	Mv Sc 434	Mv Sc 484	Pioneer 3732 Sc	Pioneer 3901 Sc
Aszparaginsav	7,18	6,80	7,43	7,85	6,71	7,09
Threonin	4,32	3,86	4,16	4,64	3,92	3,61
Szerin	4,99	5,17	4,57	5,92	3,84	4,21
Glutaminsav	26,70	27,55	29,44	27,50	18,33	22,71
Prolin	9,63	7,39	10,63	5,65	17,48	11,99
Glicin	3,28	2,85	3,68	3,54	4,26	3,52
Alanin	5,10	5,92	5,38	6,66	4,29	6,03
Cisztein	1,14	1,46	1,42	1,56	1,04	1,06
Valin	3,64	4,12	3,75	4,46	5,00	5,02
Metionin	1,36	1,51	2,12	1,93	1,95	1,53
Izoleucin	2,45	2,23	3,07	2,02	3,68	3,08
Leucin	12,58	15,75	12,33	15,33	13,61	12,59
Tirozin	2,86	3,11	2,66	3,26	3,14	2,92
Fenilalanin	4,53	4,62	4,43	5,14	4,43	4,70
Lizin	3,02	2,85	2,12	1,74	2,26	2,39
Hisztidin	1,30	0,88	0,82	0,73	0,84	0,71
Triptofán	0,30	0,36	0,29	0,30	0,41	0,32
Arginin	5,15	4,33	2,18	2,62	3,41	5,58

7. táblázat

Magyarországon termesztett kukoricák összfehérjéinek aminosav-összetétele

Aminosav (g per 16 gN)	Pioneer 3965 A MTC	Mv Sc 550 Wx	Sc 6390 HL opaque - 2	Fehér csemege kukorica	Csemege kukorica Mv Sc Ideal
Aszparaginsav	7,21	7,71	9,33	6,21	7,21
Threonin	4,16	4,14	3,80	3,53	4,39
Szerin	3,89	3,80	4,53	4,31	4,01
Glutaminsav	18,94	18,28	21,64	24,80	21,77
Prolin	15,43	18,35	10,54	10,13	15,33
Glicin	4,53	4,89	4,43	3,71	1,17
Alanin	5,18	5,55	5,73	6,59	5,65
Cisztein	0,67	0,61	0,70	0,85	0,44
Valin	5,80	6,57	5,74	5,29	5,28
Metionin	1,61	1,82	1,60	1,60	1,26
Izoleucin	2,78	3,34	3,41	3,23	2,94
Leucin	12,30	11,65	8,52	13,05	13,41
Tirozin	3,19	2,88	2,90	2,61	2,80
Fenilalanin	4,25	4,45	4,22	3,97	4,40
Lizin	2,44	3,17	3,89	2,68	2,72
Hisztidin	1,50	1,76	1,67	1,94	2,64
Triptofán	0,29	0,33	0,40	0,28	0,27
Arginin	5,07	5,74	6,25	4,92	3,79

Az aminosav analízisek eredményeit a 4–8. táblázatokban mutatjuk be. Amint az várható, a mintázatokra a kicsi lizin- és triptofánszintek jellemzőek. A nagy lizintartalmú mutánsok esetében a lizinlimitáló szerepét az izoleucin veszi át. Két fajtnál a valin koncentrációja is limitáló. Az *opaque*–2 mutánsok kivételével a leucin: izoleucinarányok nagyok. Úgy tűnik, hogy van összefüggés a leucin: izoleucinarány és a lizintartalom között (1. ábra). A teljes mintapopuláción végzett lineáris regresszióvizsgálatok szerint a változók közti kapcsolat közepesen szoros és negatív előjelű ($r = -0,5$).

Az USA-ban termesztett kukoricák összfehérjéinek aminosav-összetétele

Aminosav (g per 16 g N)	Fehér kukorica (sima)	Sárga kukorica (lófogú)	K 811 opa- que -2	K 812 opa- que -2	K 813 opa- que -2	K 814 opa- que -2
Aszparaginsav	6,90	5,89	7,59	11,73	13,88	18,98
Threonin	2,56	2,90	4,58	4,58	3,71	3,68
Szerin	5,19	3,95	4,62	4,92	5,67	5,24
Glutaminsav	32,07	21,90	20,31	20,23	25,37	25,55
Prolin	6,53	12,20	7,45	6,97	4,37	3,41
Glicin	2,72	4,22	5,74	4,03	3,14	3,51
Alanin	6,28	7,01	5,68	7,05	8,55	7,06
Cisztein	1,80	1,65	1,61	1,64	2,13	1,28
Valin	2,75	4,14	3,76	2,68	2,40	2,92
Metionin	1,66	2,25	1,23	1,62	1,40	1,49
Izoleucin	1,77	2,77	2,30	2,07	1,96	2,01
Leucin	11,44	14,77	8,68	7,10	8,65	6,69
Tirozin	3,60	3,37	3,38	3,11	2,87	2,85
Fenilalanin	4,26	4,71	4,16	3,08	2,45	3,30
Lizin	2,77	2,17	5,96	6,21	4,69	4,81
Hisztidin	2,83	2,38	3,40	4,12	3,17	2,34
Triptofán	0,23	0,31	0,36	0,43	0,43	0,41
Arginin	4,40	3,63	8,68	7,73	5,40	4,70

IRODALOM

- (1) AOAC: Official methods of analysis. Washington, D. C., 1975.
- (2) Bressani, R., Mertz, E. T.: Cereal Chem. 35, 227, 1958.
- (3) Eggum, B. O., Villegas, E. M., Vasal, S. K.: J. Sci. Food Agric. 30, 1148, 1979.
- (4) El-Kady, A.: Kukoricafehérjék és táplálkozástani értékük vizsgálata. Kandidátusi értekezés. Budapest, 1983.
- (5) El-Kady, A., Lásztity, R.: Gabonaipar 28, 81, 1981.
- (6) El-Kady, A., Lásztity, R.: Gabonaipar 28, 134, 1981.
- (7) El-Kady, A., Lásztity, R.: Gabonaipar 29, 94, 1982.
- (8) El-Kady, A., Lásztity, R., Orsi, F., Simonné Sarkadi, L.: Gabonaipar 30, 53, 1983.
- (9) El-Kady, A., Hidvégi, M., Lásztity, R., Simonné Sarkadi, L.: Gabonaipar 30, 107, 1983.
- (10) El-Kady, A., Lásztity, R., Hidvégi, M., Békés, F., Simonné Sarkadi, L.: Élelmiszervizsg. Közl. 30, 47, 1984.
- (11) Geervani, P.: In: Amino acid composition and biological value of cereal proteins. Eds. by R. Lásztity and M. Hidvégi, D. Reidel Publ. Co., Dordrecht (Boston) Lancaster, 1985, pp. 495.
- (12) Gerstenkorn, P., Zwingelberg, H.: Mühle u. Mischfüttertechn. 113, 574, 1976.
- (13) Hidvégi, M., El-Kady, A., Lásztity, R., Békés, F., Simon-Sarkadi, L.: Acta Alim. 13, 315, 1984.
- (14) Lásztity, B.: Agrokémiá és Talajtan 24, 279, 1975.
- (15) Lásztity, R.: Gabonafehérjék. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1981.
- (16) Lásztity, R.: The chemistry of cereal proteins. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, 1984.
- (17) Lásztity, R.: In: Amino acid composition and biological value of cereal proteins, Eds. by R. Lásztity and M. Hidvégi, D. Reidel Publ. Co., Dordrecht (Boston) Lancaster, 1985, pp. 3.
- (18) Mertz, E. T., Bates, L. E., Nelson, O. E.: Science 145, 279, 1964.
- (19) Nyman, M., Siljestrom, M., Pedersen, B., Knudsen, K. E. Bach, Asp, N. G., Johansson, C. G., Eggum, B. O.: Cereal Chem. 61, 14, 1984.
- (20) Pellett, P.: In: Amino acid composition and biological value of cereal proteins. Eds. by R. Lásztity and M. Hidvégi, D. Reidel Publ. Co., Dordrecht (Boston) Lancaster, 1985, pp. 183.
- (21) Rendig, V., Jimenez, J.: Nitrogen in the environment, Academic Press, New York, 1978, pp. 253.
- (22) Robutti, T. L., Hosney, R., Deyoe, C.: Cereal Chem., 51, 163, 1974.
- (23) Rutz, A.: Dissertation. Univ. Hohenheim. 1977.
- (24) Sharobeem, S. F., Lásztity, R., Hidvégi, M., Salgó, A., Simon-Sarkadi, L.: In: Amino acid composition and biological value of cereal proteins. Eds. by R. Lásztity and M. Hidvégi, D. Reidel Publ. Co., Dordrecht (Boston) Lancaster, 1985, pp. 421.
- (25) Subramanyam, M., Deyoe, C. W., Harbers, L. H.: Nutr. Rep. Int. 22, 657, 1980.
- (26) Weber, E., Alexander, D.: J. Amer. Oil Chem. Soc. 52, 370, 1975.

KUKORICAFEHÉRJÉK VIZSGÁLATA I. KUKORICÁK FEHÉRJETARTALMA ÉS AMINOSAV-ÖSSZETÉTELE

Sharobeem Samy Fanous, Hidvégi Máté, Lásztity Radomir és Simonné Sarkadi Livia

A cikksorozat első része különböző országokban (Magyarország, Egyiptom, NSZK, USA) termesztett, összesen 25 kukoricafajta fehérjetartalmát és aminosav-összetételét közli. A legmagasabb fehérjetartalommal a csemegekukoricák és a vizsgált martonvásári mutánsok rendelkeznek. Az aminosav mintázatokra a kicsiny LYS- és TRP-szintek jellemzőek. Az O₂-mutánsoknál a LYS helyén az ILE szerepel. A LEU/ILE arányok és a LYS-tartalom között szignifikáns negatív korreláció van.

INVESTIGATION OF CORN PROTEINS I. PROTEIN CONTENTS AND AMINO ACID COMPOSITION OF CORNS

Sharobeem S. F., Hidvégi M., Lásztity R. and Simon-Sarkadi L.

In this first paper of a series the protein contents and amino acid composition of corns, cultivated in different countries (Hungary, Egypt, FRG, USA) are published. The highest protein contents are at the sweet corn varieties and Martonvásár mutants. Typical characteristics of the amino acid patterns are the low TRP- and LYS concentrations. However, the latter is replaced by ILE at the HL mutants. A significant negative correlation between LEU/ILE ratios and LYS contents was founded.

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕЛКОВ КУКУРУЗЫ I. СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА И АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ КУКУРУЗЫ

Ф. Шами Шхаробеен, М. Хидвеги, Р. Ластит, Л. Шаркади Шимоннэ

В первой части серии статей сообщается о содержании белка и аминокислотном составе 25-и видов кукурузы, выращенной в Венгрии, Египте, ФРГ и США.

Наиболее высокое содержание белка имела десертная кукуруза и мутанты мартонвашарской кукурузы. Для аминокислот были характерными низкие уровни TRP и LYS. У O₂-мутантов на месте LYS находился ILE. Между соотношением LEU/ILE и содержанием LYS имела значительная отрицательная корреляция.

UNTERSUCHUNG VON MAISEIWEISS I. EIWEISSGEHALT UND AMINOSÄURE – ZUSAMMENSETZUNG DER MAISSORTEN

Sharobeem Samy Fanous und Mitarbeiter

Im ersten Teil der Artikelreihe werden der Eiweissgehalt und die Aminosäure – Zusammensetzung der in verschiedenen Ländern (Ungarn, Ägypten, BRD, USA) erzeugten 25 Maissorten mitgeteilt. Den höchsten Eiweissgehalt enthalten die Delikatessmaissorten und die untersuchten Martonvásár – Mutanten. Für die Aminosäure – Muster sind niedrige LYS- und TRP-Niveaus charakteristisch. Bei den O₂- Mutanten ist ILE an der Stelle von LYS zu finden. Zwischen den LEU/ILE Raten und dem LYS-Gehalt besteht eine signifikante negative Korrelation.