



## Növényi eredetű élelmiszer- és takarmány-alapanyagok aminosav-összetételének alakulása a nyersfehérje-tartalom függvényében

Csapó<sup>1</sup> J., Győri<sup>2</sup> Z., Csapóné Kiss<sup>1</sup> Zs., Borosné Győri<sup>2</sup> A.

<sup>1</sup>Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar, 7401 Kaposvár, Guba S. u. 40.

<sup>2</sup>Debreceni Egyetem, Agrártudományi Kar, 4032 Debrecen, Böszörményi u. 138.

### ÖSSZEGFOGLALÁS

*Különböző takarmány-alapanyagok (búza, árpa, kukorica, zab, köles, szójabab, napraforgó és repcedara) nyersfehérje-tartalmát, aminosav-tartalmát, a fehérje aminosav-összetételét, és biológiai értékét határozták meg. A regressziós egyenletekkel bizonyították, hogy az aminosavak mennyisége a növekvő nyersfehérje-tartalommal nő, tehát az aminosav-tartalom a nyersfehérje-tartalom alapján becsülhető. A takarmányfehérje esetében viszont csak annak glutaminsav- és lizintartalmát lehet csak a nyersfehérje-tartalom alapján becsülni. A fehérje aminosav-összetételét vizsgálva a nyersfehérje-tartalom függvényében, megállapították, hogy növekvő nyersfehérje-tartalommal a nem esszenciális aminosavak mennyisége nő, az esszenciális aminosavak mennyisége viszont csökken, melynek következtében a fehérje biológia értéke is kisebb lesz.*

(Kulcsszavak: nyersfehérje-tartalom, aminosav-összetétel, esszenciális aminosavak, biológiai érték)

### ABSTRACT

#### **Amino acid content of plant origin basic food and feed materials as a function of crude protein content**

J. Csapó<sup>1</sup>, Z. Győri<sup>2</sup>, Zs. Csapó-Kiss<sup>1</sup>, A. Boros-Győri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Kaposvár, H-7400 Kaposvár, Guba S. str. 40.

<sup>2</sup>University of Debrecen, H-4032 Debrecen, Böszörményi str. 138.

*The crude protein content, amino acid content, amino acid composition of the protein, and biological value of the protein of various basic food and feed materials (wheat, barley, maize, oat, sorghum seeds, soybean, sunflower meal, rapeseed meal) was determined. It was verified by means of regression equations that the quantity of amino acids rose with increase in crude protein content, therefore the amino acid content of the basic material can be estimated based on crude protein content. It was established that the glutamic acid and lysine content of crude protein can be estimated on basis of crude protein content alone. On examination of protein amino acid composition in relation to crude protein content it was ascertained that as crude protein content increased the quantities of the non-essential amino acids also rose, while those of the essential amino acids decreased, therefore the biological value of the protein decreased.*

(Keywords: crude protein content, amino acid composition, essential amino acids, biological value)

## BEVEZETÉS

Gazdasági állataink – a kérődzők kivételével – a test felépítéséhez szükséges esszenciális aminosavakhoz csak a takarmányfehérjék révén jutnak hozzá. A takarmány fehérjetartalma az emésztőrendszerben peptidekké, illetve aminosavakká bomlik, majd az aminosavak felszívódása után a fehérjeszintézis helyére eljutva rendelkezésre állnak az állat számára saját testanyagai, fehérjéi felépítéséhez. A hús fehérjeépítő aminosavból hat olyan aminosav van, amit a legtöbb állatfaj bármely korcsoportja elő tud állítani. A glikolízis termékeiből állítják elő az alanint és a szerint, a glutaminsavból a prolint és az ornitint, a ketosavakból pedig a glutaminsavat és az aszparaginsavat.

Az aminosavak közül a legtöbb állati szervezet nem tudja előállítani a hisztidint, az izoleucint, a leucint, a lizint, a fenilalanint, a treonint, a triptofánt és a valint. A metionin esetében a vizsgálatok arról győzték meg a kutatókat, hogy az állati szervezet metionin szükségletének mintegy 50%-át cisztinből, illetve ciszteinből elő tudja állítani, s csak a maradék 50%-ot kell készen, a takarmányból megkapnia. A glicint az emlősök szervezete kielégítő módon tudja szintetizálni, a madarak sejtjei azonban nem tudják olyan mennyiségben előállítani, hogy az fedezze a nitrogén-anyagcsere végtermékeként keletkező húgysav glicin szükségletét. A legtöbb állati szervezet képes metioninból a cisztin, illetve cisztein előállítására, a tirozint képesek fenilalaninból átépíteni, míg az arginin szintézisére az ornitint használhatják fel.

Az állati szervezet az aminosavak egy részét fel tudja építeni, vagy más aminosavakból át tudja alakítani, míg az aminosavak másik részét nem tudja előállítani, ezeket külső forrásból (takarmány) kell az állati szervezetbe juttatni. Azokat az aminosavakat, amelyeket az állati szervezet nem tud fel- vagy átépíteni, és ezekhez csak takarmányból tud hozzájutni nélkülözhetetlen vagy esszenciális aminosavaknak, azokat pedig, amelyeket fel- illetve át tud építeni, nélkülözhető vagy nem esszenciális aminosavaknak neveztek el. Fentieken túl még megkülönböztetnek úgynevezett asszisztáló aminosavakat is, amelyeket az állatok bizonyos korcsoportja vagy a felnőtt állat nem tud teljes mennyiségben szintetizálni.

Számos kivételt lehet tenni az előbbi felosztás alól, mert pl. az arginin a növekvő szervezet számára a legtöbb esetben esszenciális, a kifejlett szervezet viszont elegendő mértékben képes szintetizálni azt. A lizin a legtöbb állatfaj esetében esszenciális, míg a működő tejmirigy viszont képes szintézisére. Ezek szerint az esszencialitást pontosabban jellemezhetjük azokkal a mennyiségi különbségekkel, amely a szervezet szükségleteihez képest különböző sebességgel keletkező aminosavak mennyiségi viszonyaiban fennáll; tehát az a lényeg, hogy az állati szervezet képes-e az összes mennyiség szintézisére, vagy annak csak egy részét tudja előállítani, esetleg képtelen a kérdéses aminosavat létrehozni.

A kérődzőkön kívül az állati fehérje előállítás két legfontosabb állatfaja a sertés és a baromfi. A sertés számára esszenciális aminosav az arginin, a hisztidin, az izoleucin, a leucin, a metionin, a fenilalanin, a treonin, a lizin és a triptofán; a felsoroltakon kívül a baromfinak esszenciális még a glicin és a prolin, valamint mindkét állatfajnál feltételesen nélkülözhető a cisztin és a tirozin. Amennyiben valamelyik esszenciális aminosavból hiány mutatkozik a takarmányozás során, az összes többi aminosav beépülésének mértéke, tehát a testfehérje szintézise is ehhez a hiányhoz igazodik. Pótolva a hiányt, a pótlás mértékének megfelelően megnő az összes többi aminosav beépülésének mennyisége is a fehérjébe. Az elmondottaknak megfelelően az állat szükségleteit legkisebb mértékben kielégítő esszenciális aminosavakat limitáló aminosavaknak nevezzük, hiszen ez a limitje a termelésnek, ez szabja meg az összes

többi aminosav beépülésének mértékét. Attól függően, hogy egy vagy több aminosavból mutatkozik hiány a fehérjében, beszélhetünk első, második, harmadik stb. limitáló aminosavról.

A sertés- és baromfitakarmányokhoz felhasznált hazai alapanyagaink többségének első limitáló aminosava a lizin, második a metionin és a cisztin, harmadik pedig a triptofán, és némely esetben a treonin. A takarmányok limitáló aminosavát egyrészt olyan komponens hozzákeverésével lehet megnövelni, ami a kérdéses aminosavból sokat tartalmaz, másrészt szintetikus vagy mikrobiális úton előállított aminosav-kiegészítővel. A kiegészítés mértékére – különösen szintetikus aminosav-kiegészítők esetében – komoly figyelmet kell fordítani, ugyanis egyes aminosavak nagy fölöslege a takarmányban toxikus lehet az állat számára. Az előzőekből következik, hogy egy abrakkeveréket aminosav-analízisen alapuló pontos számításokkal kell összeállítani, illetve szintetikus aminosavakkal kiegészíteni. Jelenleg hazánkban a legtöbb takarmányvizsgáló laboratórium rendelkezik az aminosav-összetétel pontos megállapításához szükséges automatikus aminosav-analizátorral. Az aminosav-analízis még napjainkban is meglehetősen hosszú és drága. A készülékkel 1 nap alatt 5–6 minta aminosav-összetételét lehet meghatározni, és egy analízis ára a laboratóriumtól függően 10–20 ezer forint között változik. Keveréktakarmányok esetében a minőségellenőrzésre vagy gyártás közbeni beavatkozás céljából elengedhetetlen az aminosav-analízis. Mi a helyzet azonban az alapanyagoknál? Lehet-e valamilyen módon a különböző takarmány alapanyagok aminosav-összetételét, az esszenciális és a limitáló aminosavak mennyiségét és arányát becsülni, esetleg van-e mód a hosszú és drága aminosav-analízis mellőzésére? Lehet-e a takarmány alapanyag nyersfehérje-tartalma alapján becsülni annak aminosav-összetételét, és milyen biztonsággal? Van-e valamilyen összefüggés a takarmány alapanyag nyersfehérje-tartalma és aminosav-összetétele, valamint a takarmány alapanyag nyersfehérje-tartalma és a takarmányfehérje aminosav-összetétele között?

Fenti kérdésre keresve a választ a Kaposvári Egyetem, Állattudományi Karának Kémiai-Biokémiai Tanszékén több évre visszamenőleg kigyűjtöttük különböző takarmány alapanyagok nyersfehérje-tartalmát és aminosav-összetételét, valamint a takarmányfehérje aminosav-összetételét, és számítógépes értékeléssel kerestük a választ arra, hogy vajon lehet-e becsülni, és ha igen, milyen biztonsággal az aminosav-összetételt a nyersfehérje-tartalom alapján.

## **IRODALMI ÁTTEKINTÉS**

*Michael és mtsai.* (1961), *Schiller és Oslage* (1970), *Schipper* (1975) vizsgálatai szerint növekvő nyersfehérje-tartalom esetében a gabona magvakban a különböző fehérjék aránya változik meg, ami végső soron az aminosavösszetétel-változás alapja. A fehérje összetételbeli változás növekvő nyersfehérje-tartalom hatására különösen szembeötlő a búzánál és az árpánál, valamint a rozsnál, ezzel szemben növekvő nitrogénműtrágya adagokra a zab és a kukorica sokkal kevésbé reagálnak (*Schiller*, 1971; *Hoffmann és mtsai.*, 1975; *Jahn-Deesbach*, 1981). *Györi és Bocz* (1982) és *Bocz és Pepó* (1984) a Jubilejnaja-50 búzafajta termékminőségét vizsgálva az öntözés és a trágyázás hatására megállapították, hogy műtrágyázás hatására nő a búzaszem fehérjetartalma és megváltozik a fehérje összetétele. Nő az albumin, csökken a globulin mennyisége, és felhalmozódnak a nagymolekulájú sikerfehérjék.

*Kiss és mtsai.* (1985) szerint a későn alkalmazott nitrogénműtrágya elsősorban a szemtermés tartalékfehérjeit növeli meg, de megváltoztatja az egyes fehérjefrakciók

mennyiségét és arányát is. Emelkedő nitrogénadagok hatására csökken az albumin és a globulin mennyisége, míg ezzel szemben nő a glutelin- és a prolaminkoncentráció.

*Sonntag és Michael* (1973) kísérletei egyértelműen bizonyították, hogy mindazok a tényezők, amelyek a nyersfehérje mennyiségét lényegesen növelik a szemtermésben, a biológiailag értékes komponensek viszonylagos csökkenését fogják eredményezni. Ez elsősorban a nitrogénműtrágya adagok hatására mutatkozik meg, mely megváltoztatja a különböző aminosav-összetételű fehérjék arányát.

*Eppendorfer* (1975) árpa kísérletei alapján a nitrogén mellett a kénnek tulajdonít közvetlen hatást az aminosav-összetételre, különösen kénhiányos területeken. Amennyiben a nitrogéntrágyát kénnel is kiegészítette, akkor a nitrogéntrágyázás hatására bekövetkező nyersfehérje-növekedést nem kísérte a metionin- és cisztintartalom csökkenése, hanem emelkedett ezek mennyisége is. A nyersfehérje-tartalmon belül a kéntartalmú aminosavak csökkenése lényegesen kisebb mértékű volt emelt szintű nitrogéntrágyázásnál, ha a trágyát kénnel is kiegészítették.

*Vincze és Szüts* (1978) vizsgálva a búzaszem fehérjetartalmának és aminosav-összetételének alakulását megemelt N-műtrágya dózis hatására megállapították, hogy az aszparaginsav, glutaminsav, glicin és a lizin erőteljesen, a szerin, alanin, valin, izoleucin, leucin, tirozin és a fenilalanin kisebb mértékben nőtt, a prolin, cisztin, metionin, hisztidin és az arginin abszolút mennyisége viszont nem változott. 120–160 kg/ha N-műtrágya adag szinten a tirozin, izoleucin és az alanin maximumát, a metioninnál és a prolinnál pedig minimumot kaptak. A búza a legnagyobb biológiai értékű fehérjét a 80–120 kg/ha nitrogénműtrágya dózis mellett produkálta. A kukoricafehérje aminosav-összetételében a nitrogén adag nem befolyásolta a treonin, alanin, valin, izoleucin, fenilalanin, hisztidin és az arginin mennyiségét, növekedett a kukoricafehérjében az aszparaginsav, a szerin, a glutaminsav, a prolin, a cisztin, a leucin és a tirozin, ezzel szemben csökkent a metionin és a lizin abszolút mennyisége. A kukoricafehérje biológiai értékét 150–200 kg/ha nitrogénműtrágya adagnál találták a legnagyobbak.

*Jahn-Deesbach és Schipper* (1982) az árpa aminosav-tartalmának változását vizsgálva növekvő nyersfehérje-tartalom mellett megállapították, hogy az árpa nyersfehérje-tartalma rendkívül változó, megemelt nitrogéntrágyázás esetében elérheti a 16–18, extrém esetben pedig még a 20%-ot is. Vizsgálataik szerint növekvő N-műtrágya adag hatására az emelkedő nyersfehérje-tartalmú árpában az összes vizsgált aminosav mennyisége nőtt, amely növekedés különösen erőteljes a prolin és a glutaminsav esetében. Az árpafehérje aminosav-összetételét vizsgálva a nyersfehérje-tartalom függvényében megállapították, hogy a prolin, a glutaminsav és a fenilalanin nőtt, a tirozin, a cisztin, a metionin és az izoleucin nem változott lényegesen, míg az összes többi aminosav csökkent az árpafehérjében növekvő nyersfehérje-tartalommal.

*Német* (1983) a búza és a kukorica nyersfehérje- és aminosav-tartalmának alakulását vizsgálta a nitrogén-, a foszfor-, és a káliumtrágyázás függvényében. Megállapította, hogy a kukorica nyersfehérje-tartalmát a nitrogén kisebb mértékben növelte, mint a búzáét. A búzafehérje kevés lizint és metionint tartalmaz, amely nitrogénműtrágyázás hatására még tovább csökken. A 174 kg/ha N a 87 kg/ha N-adaghoz viszonyítva az összes aminosav mennyiségét csökkentette, a további nitrogénadag pedig a lizin és az arginin mennyiségében még további csökkenést eredményezett. A kukoricafehérjében a nitrogénhiányos kezelés hatására az arginin és a metionin kivételével az összes többi vizsgált aminosav csökkent, 87 kg/ha nitrogén a lizin, a valin, a treonin és a fenilalanin mennyiségét növelte, a többiét pedig csökkentette, a 174 kg/ha nitrogén pedig az izoleucin kivételével az összes többi aminosav mennyiségét csökkentette. Az aminosavakban tapasztalt növekedést vagy

csökkenést a nitrogén mellett erőteljesen befolyásolja a kálium és a foszfor is, így ezek hatását a búza és a kukorica fehérjetartalmára és annak aminosav-összetételére feltétlenül figyelembe kell venni.

*Whitacre* (1985) regressziós egyenleteket állított össze a szójalisztt és a kukorica lizin-, metionin-, és cisztintartalmának becslésére. Az összeállításból világosan kitűnt, hogy a vizsgált anyagoknál az esszenciális aminosavak mennyisége nem nőtt arányosan növekvő nyersfehérje-tartalom hatására.

*Jensen* (1986) a *Whitacre* által javasolt módszerrel, valamint az NRC táblázatokban közölt aminosav-összetétel alapján állított össze különböző keveréktakarmányokat, majd ezek aminosav-összetételét aminosav-analizátorral is meghatározta. Megállapította, hogy a regressziós eredmények alapján számított értékek jobban megközelítették a tényleges aminosav-összetételt az NRC táblázatok alapján számítottaknál.

A *Monsato* (1986) különféle takarmány-alapanyagok aminosav-összetételét elemezve, az aminosavak átlagait és szórásait kiszámolva egy számítógépes programot dolgozott ki a takarmányadagok aminosav-összetétel alapján történő összeállítására. A számítógépes program alapján kapott aminosav-összetételeket összehasonlítva az NRC táblázatokban szereplőkkel megállapították (*Ivery*, 1986), hogy a regressziós egyenletek ugyan nem helyettesíthetik a kritikus aminosavak-összetételének meghatározását, azonban ez a módszer még mindig jobb eredményt ad annál, mintha az aminosav eredményeket csak táblázatból néznék ki.

Az irodalmi adatokat áttekintve a legtöbb szerző egyetért abban, hogy növekvő nitrogéntrágya adagok hatására nő a gabonamagvak nyersfehérje-tartalma, megváltozik a szemben levő fehérjefrakciók mennyisége és aránya, ami végső soron aminosav-összetételbeli különbséghez vezet (*Kiss és mtsai.*, 1985; *Jahn-Deesbach és Schipper*, 1982). Úgy tűnik, hogy ez a változás a búzánál, az árpánál és a zabnál sokkal kifejezettebb, mint a kukoricánál. Bizonyítottnak látszik, hogy a nyersfehérje-tartalom növekedése az értékesebb komponensek csökkenését, tehát a nyersfehérje-tartalom növekedésével a fehérje biológiai értékének romlását eredményezi (*Sonntag és Michael*, 1973; *Vincze és Szüts*, 1978; *Whitacre*, 1985; *Jensen*, 1986; *Monsato*, 1986; *Ivery*, 1986). Levonható az a következtetés is, hogy a nyersfehérje-tartalom növekedésével a fehérje biológiai értékének csökkenése csak akkor egyértelműen bizonyított, ha a növény egyéb szükségleteit (pl. kén) nem elégítik ki megfelelő mértékben a megnövelt adagú műtrágyázáskor (*Eppendorfer*, 1975; *Német*, 1983). Az előzőekből következik, hogy takarmányok esetében a minőségellenőrzés vagy gyártás közbeni beavatkozás céljából elengedhetetlen az aminosav-analízis.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

### Kísérleti anyagok

Kísérleteink során megvizsgáltuk 72 db búza (10,5–16,2%), 62 db árpa (7,9–13,7%), 72 db kukorica (7,9–11,0%), 88 db szója (39,1–51,5%), 22 szemescirok (10,1–13,5), 26 zab (9,8–13,7), 8 repcedara (32,1–39,1) és 78 db napraforgódara (35,8–45,5%) nyersfehérje-tartalmát és aminosav-összetételét (zárójelben a vizsgált nyersfehérje tartomány).

### Kémiai analízis

A minták szárazanyag- és nyersfehérje-tartalmát az MSZ EN ISO 5963-1. szabvány szerint, az aminosav-összetételét pedig *Csapó és Csapóné* (1985) és *Csapó és mtsai.* (1986) munkáiban leírtak szerint végeztük.

### Statisztikai analízis

A nyersfehérje és az aminosav-összetétel, valamint a nyersfehérje és az élelmiszerfehérje aminosav-összetétele közötti összefüggéseket kétváltozós regressziós kapcsolattal próbáltuk felderíteni, így a nyersfehérje és az aminosav-összetétel kapcsolatát  $Y=a+bx$  regressziós egyenlettel fejeztük ki. Ahol a korrelációs koefficiens („r”) értéke alapján (Fisher és Yates, 1957; közli: Sváb, 1973) a valószínűség szerint legalább az 5%-ot eléri, ott a lineáris regresszióknak megfelelően, az általunk vizsgált tartományban megadjuk a különböző nyersfehérje-tartalomnak megfelelő aminosav-összetételeket is.

## EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

Vizsgálataink eredményeit az árpa példáján mutatjuk be részletesen. Az árpa és az árpafehérje aminosav-összetétele és nyersfehérje-tartalma közötti kétváltozós lineáris regressziós egyenlet paramétereit az 1. táblázat, a vizsgált tartományban az aminosav-összetétel változását a nyersfehérje-tartalom függvényében a 2. táblázat tartalmazza. A többi vizsgált takarmány alapanyag esetében a számszerű eredményeket hely hiányában nem áll módunkban közölni.

### 1. táblázat

**Az árpa és az árpafehérje aminosav-összetétele és nyersfehérje-tartalma közötti kétváltozós lineáris regressziós egyenlet paramétereit (n=62; vizsgált nyersfehérje-tartomány: 7,9-13,7%, a nyersfehérje szórása = 1,8564)**

Paraméterek (2)	Aminosav (3)								
	Thr	Cys	Val	Met	Ile	Tyr	Lys	Glu	Pro
	Nyersfehérje – az árpa aminosav-tartalma (1)								
Regressziós koefficiens (4)	0,0244	0,0149	0,0378	0,0080	0,0194	0,0259	0,0205	0,3145	0,1717
Regressziós állandó (5)	0,1176	-0,0084	0,0480	0,0453	0,1511	0,1787	0,1780	-0,6441	-0,5896
Korrelációs koefficiens (6)	0,5907	0,2895	0,4849	0,0970	0,4541	0,6747	0,2835	0,8432	0,7376
Valószínűségi szint (P) (7)	0,1%	5%	0,1%	-	0,1%	0,1%	5%	0,1%	0,1%
	Nyersfehérje – az árpafehérje aminosav-összetétele (8)								
Regressziós koefficiens	-0,0993	0,0044	-0,0514	-0,0182	-0,1068	-0,0517	-0,1410	0,7209	0,5096
Regressziós állandó	4,7560	1,4173	4,9828	1,4431	4,5821	3,9513	5,3374	17,7746	6,3033
Korrelációs koefficiens	0,2158	0,00054	0,0632	0,0067	0,2681	0,1165	0,2276	0,3906	0,2510
Valószínűségi szint (P)	10%		-	-	5%	-	10%	1%	5%

Table 1. Parameters of two-variable linear regression between crude protein content and amino acid composition of barley and barleys protein

Crude protein – amino acid content of barley(1), Parameters(2), Amino acids(3), Regression coefficient(4), Regression constant(5), Correlation coefficient(6), Level of probability(7), Crude protein – amino acid content of barleys protein(8)

## 2. táblázat

Az árpa aminosav-összetételének alakulása a nyersfehérje-tartalom függvényében  
(gramm aminosav/100 gramm árpa)

Nyersfehérje (%) (1)	Aminosav (2)								
	Thr	Cys	Val	Met	Ile	Tyr	Lys	Glu	Pro
7,0	0,289	0,097	0,313	0,102	0,287	0,260	0,324	1,557	0,612
7,5	0,301	0,105	0,332	0,106	0,297	0,273	0,334	1,715	0,698
8,0	0,313	0,112	0,351	0,110	0,307	0,286	0,344	1,872	0,784
8,5	0,325	0,120	0,370	0,114	0,316	0,299	0,355	2,029	0,780
9,0	0,337	0,127	0,388	0,118	0,326	0,312	0,365	2,186	0,956
9,5	0,350	0,135	0,407	0,122	0,336	0,325	0,375	2,344	1,041
10,0	0,362	0,142	0,426	0,126	0,345	0,338	0,385	2,501	1,127
10,5	0,374	0,150	0,445	0,130	0,355	0,351	0,395	2,658	1,213
11,0	0,386	0,157	0,464	0,134	0,365	0,364	0,406	2,815	1,299
11,5	0,398	0,165	0,483	0,138	0,375	0,377	0,416	2,973	1,385
12,0	0,411	0,172	0,502	0,142	0,384	0,390	0,426	3,130	1,471
12,5	0,423	0,179	0,521	0,146	0,394	0,402	0,436	3,287	1,557
13,0	0,435	0,187	0,540	0,150	0,404	0,415	0,446	3,444	1,642
13,5	0,447	0,194	0,559	0,154	0,413	0,428	0,457	3,601	1,728
14,0	0,460	0,202	0,578	0,158	0,423	0,441	0,467	3,759	1,814
14,5	0,472	0,209	0,597	0,162	0,433	0,454	0,477	3,916	1,900
15,0	0,484	0,217	0,615	0,166	0,442	0,467	0,487	4,073	1,986
15,5	0,496	0,224	0,634	0,170	0,452	0,480	0,498	4,231	2,071
16,0	0,508	0,232	0,653	0,174	0,462	0,493	0,508	4,388	2,157

Table 2. Amino acid composition of barley as dependent on crude protein content (g amino acid/100 g barley)

## Crude protein(1), Amino acid(2)

Az árpa esetében a Thr-, a Val-, az Ile-, a Tyr-, a Glu- és a Pro-nál  $P=0,1\%$  szinten, a Cys-nél, a Lys-nél  $P=5\%$  szinten, míg a Met esetében még  $P=10\%$  szinten sincs pozitív összefüggés a nyersfehérje-tartalom és az aminosav-összetétel között. Az árpa nyersfehérje-tartalma és az árpafehérje aminosav-összetétele között a Glu-nál  $P=1\%$ , a Pro-nál pedig  $P=5\%$  szinten van pozitív, az Ile-nál  $P=5\%$ , a Lys-nél és a Thr-nél pedig  $P=10\%$  szinten van negatív összefüggés. A regressziós koeficiens értéke alapján úgy tűnik, hogy növekvő nyersfehérje-tartalommal a fentiekén kívül csökken az árpafehérje Val-, Met- és Tyr-tartalma.

A búza esetében a vizsgált aminosavak közül a treoninnál (Thr)  $P=2\%$ , a valinál (Val)  $P=0,1\%$ , az izoleucinál (Ile) és a lizinnél (Lys)  $P=1\%$  valószínűségi szinten van összefüggés a nyersfehérje-tartalom és az aminosav-összetétel között. Még  $P=10\%$  valószínűségi szinten sincs összefüggés a cisztin- (Cys), a metionin- (Met), a tirozin- (Tyr), a glutaminsav- (Glu) és a prolin-(Pro) tartalom és a búza nyersfehérje-tartalma között. A regressziós koeficiens értéke minden esetben pozitív, így tehát növekvő nyersfehérje-tartalomnál mindegyik aminosav mennyisége nő. A búza nyersfehérje-tartalma és a búzafehérje aminosav-összetétele között egyik vizsgált aminosav esetében sem találtunk legalább  $P=10\%$  valószínűségi szinten összefüggést. A regressziós

koefficiens értéke a Met és Tyr esetében negatív, így feltételezhető, hogy növekvő nyersfehérje-tartalom mellett csökken a búzafehérje Met- és Tyr-tartalma.

A kukorica Val-, Tyr- és Glu-tartalma  $P=0,1\%$  valószínűségi szinten, Thr-tartalma pedig  $P=10\%$  valószínűségi szinten nő a nyersfehérje-tartalommal. A többi aminosavnál, valamint a nyersfehérje-tartalom és a kukoricafehérje aminosav-összetétele között még  $P=10\%$  valószínűségi szinten sem sikerült összefüggést kimutatni. A regressziós koefficiens alapján – bár statisztikailag nem bizonyítható – úgy tűnik, hogy növekvő nyersfehérje-tartalommal nő a kukoricafehérje Glu-, Pro-, Met- és Ile-, és csökken a Thr-, Cys-, Val-, Tyr- és Lys-tartalma.

A zab Thr-, Lys- és Glu-tartalma  $P=0,1\%$ , Val-, Tyr- és Pro-tartalma  $P=1\%$ , Ile-tartalma  $P=5\%$ , Met-tartalma  $P=10\%$  valószínűségi szinten növekvő nyersfehérje-tartalommal nő. A Cys-nél, valamint a zabfehérje aminosav-összetétele és a nyersfehérje-tartalom között még  $P=10\%$  valószínűségi szinten sem sikerült összefüggést kimutatni. Statisztikailag nem bizonyítható, bár a regressziós koefficiens alapján úgy tűnik, hogy növekvő nyersfehérje-tartalommal csökken a zabfehérje Cys-, Val- és Tyr-tartalma.

A szemesciroknál növekvő nyersfehérje-tartalommal nő a Thr, Met, Ile, Lys, Cys ( $P=10\%$ ), Val ( $P=1\%$ ), Tyr, Glu ( $P=0,1\%$ ) és Pro ( $P=0,1\%$ ) mennyisége. Növekvő nyersfehérje-tartalom hatására csökken a cirokfehérje Thr- ( $P=5\%$ ), Val-, Met- ( $P=2\%$ ), Ile- ( $P=5\%$ ) és Lys- ( $P=10\%$ ), ezzel szemben nő a Cys-, Tyr-, Glu- ( $P=0,1\%$ ) és Pro-tartalma ( $P=10\%$ ).

A szójában növekvő nyersfehérje-tartalommal  $P=0,1\%$  valószínűségi szinten nő a Glu, és  $P=10\%$  valószínűségi szinten nő a Thr és Tyr mennyisége. Az összes többi aminosavnál, valamint a szójafehérje aminosav-tartalma és a növekvő nyersfehérje-tartalom között szignifikáns összefüggést nem tudunk kimutatni. A regressziós koefficiens alapján úgy tűnik, hogy növekvő nyersfehérje-tartalommal a szójafehérje Val-, Met-, Ile- és Tyr-tartalma csökken, míg az összes többi aminosav mennyisége nő.

A napraforgó dara Pro-tartalma  $P=0,1\%$  valószínűségi szinten, Lys-tartalma  $P=5\%$ , Glu-tartalma pedig  $P=10\%$  valószínűségi szinten nő növekvő nyersfehérje-tartalommal. A többi aminosav esetében, valamint a nyersfehérje-tartalom és a napraforgó-fehérje aminosav-összetétele között még  $P=10\%$ -os valószínűségi szinten sem sikerült összefüggést kimutatni. A regressziós koefficiens alapján úgy tűnik, hogy a napraforgó dara fehérjében növekvő nyersfehérje-tartalommal nő a Glu és a Pro, és csökken a Thr, Cys, Val, Met, Ile, Tyr és a Lys mennyisége.

A repcedaránál az összes aminosav nő a növekvő nyersfehérje-tartalom hatására, de a növekedés csak a Cys-nél ( $P=5\%$ ) és a Glu-nál ( $P=0,1\%$ ) bizonyítható statisztikailag. A nyersfehérje-tartalom növekedése és a repcedara fehérje aminosav-összetétele közötti összefüggést vizsgálva megállapítható, hogy növekvő nyersfehérje-tartalommal csökken a repcedara fehérjében a Thr, Cys, a Val ( $P=1\%$ ), az Ile, a Tyr ( $P=10\%$ ) és a Lys ( $P=5\%$ ) mennyisége, míg a Glu, Pro és Met mennyisége nő.

Az előzőkből a takarmány alapanyagok nyersfehérje-tartalom alapján történő aminosav-összetételének becslésére az alábbi következtetések adódnak. A takarmány százalékos aminosav-összetételét, tehát 100 g takarmány alapanyagban levő aminosavak mennyiségét, a nyersfehérje-tartalom alapján a vizsgált aminosavak többségénél megfelelő pontossággal lehet becsleni. A becslés biztonsága legnagyobb a glutaminsavnál, a tirozinnál ( $P=0,1\%$ -os megbízhatósági szinten), majd következik a valin, a treonin és a lizin ( $P=1\%$ ), és folytatódik a cisztinnel ( $P=5\%$ ), az izoleucinnal ( $P=10\%$ ), és végül következik a metionin, ahol még  $P=10\%$ -os valószínűségi szinten sem tudjuk a becslést elvégezni. Egyértelműen leszögezhető tehát, hogy a nyersfehérje-tartalom alapján a legtöbb takarmány alapanyagnál, a metionin kivételével, az összes többi takarmányozási szempontból fontos aminosav a



keveréktakarmányok előállításához szükséges pontossággal becsülhető. Ez a becslés lényegesen pontosabb, mintha az adatokat egy átlagértéket tükröző táblázatból vennénk. A keveréktakarmány összeállítók analízisadatok hiányában táblázatainkat használva lényegesen közelebb jutnak a kívánt aminosav-összetétel eléréséhez, mint ha az adatokat a ma használatos belföldi vagy külföldi táblázatokból vennék.

Közel sem igaz a fenti állítás a takarmányfehérjében levő aminosavakra. A nyersfehérje-tartalom alapján csak a takarmányfehérje glutaminsav- és lizintartalmát lehet becsülni  $P=10\%$ -os valószínűségi szinten, ezzel szemben az összes többi aminosav mennyisége nem becsülhető a nyersfehérje-tartalom alapján a takarmányfehérjében. A regressziós koeficiensek alapján megállapítottuk, hogy a takarmányban a nyersfehérje-tartalom függvényében mindegyik vizsgált aminosav nő. A fehérje százalékában vizsgálva az aminosavak mennyiségét megállapítható, hogy nyersfehérje-tartalom függvényében a glutaminsav és a prolin az összes többi vizsgált takarmány alapanyagnál nő, a többi aminosav az esetek legnagyobb részében csökken. Levonható tehát az a következtetés, hogy növekvő nyersfehérje-tartalommal nő a nem esszenciális és csökken az esszenciális aminosavak mennyisége a takarmányfehérjében.

Eredményeinket a szakirodalom tükrében értékelni meglehetősen nehéz, mert olyan közleménnyel nem találkoztunk, amely a nyersfehérje-tartalom függvényében vizsgálta volna a takarmány alapanyag aminosav-tartalmát vagy a takarmányfehérje aminosav-összetételét. *Vincze és Szüts* (1978) vizsgálati eredményeihez hasonlóan a nyersfehérje-tartalom függvényében a kukoricafehérje Glu- és Pro-tartalmának növekedését, Lys-tartalmának pedig csökkenését figyeltük meg, amit ők a növekvő nitrogéndózis hatására mutattak ki. A búzánál növekvő nyersfehérje-tartalommal az összes aminosav növekedését mutattuk ki, ellentétben a fenti szerzőkkel, akik maximumokat, illetve minimumokat kaptak különböző nitrogén dózis hatására.

*Jahn-Deesbach és Schipper* (1982) megállapításához hasonlóan a Glu és a Pro rohamos növekedését kaptuk az árpánál növekvő nyersfehérje-tartalommal. Ugyancsak hasonló eredményeket kaptunk az árpafehérje aminosav-összetételének változásával kapcsolatban is. Náluk és nálunk is a Glu és Pro nőtt, a többi aminosav pedig nem változott lényegesen, vagy csökkent növekvő nyersfehérje-tartalom hatására az árpafehérjében. *Németh* (1983) eredményeihez hasonlóan a kukoricafehérje Lys-tartalmának és a búza Met-tartalmának csökkenését tapasztaltuk növekvő nyersfehérje-tartalom mellett.

## IRODALOM

- Bocz E., Pepó J. (1984). A műtrágyázás és az öntözés hatása az őszi búzafajták minőségére. *Növénytermelés*. 33. 5. 407-417.
- Csapó J., Csapóné Kiss Zs. (1985). Új ioncserés oszlopkromatográfiás módszerek élelmiszerek és takarmányok analízisében. MTA Kémiai Tudományok Osztálya, Budapest, Erdey László díjas pályamunka. 1-139.
- Csapó J., Tóth-Pósfai I., Csapóné Kiss Zs. (1986). Optimization of hydrolysis at determination of amino acids content in food and feed product. *Acta Alimentaria*. 15. 3-21.
- Eppendorfer, W.N. (1975). Effects of fertilizers on quality and nutritional value of grain protein. Fertilizer use and protein production. *Der Bund AC.*, Bern. Switzerland, 249-263.
- Győri Z., Bocz E. (1982). Az öntözés és trágyázás hatása Jubilejnaja 50 búzafajta termék minőségére. *Növénytermelés*. 31. 3. 217-225.
- Hoffmann, P., Tanner, M., Hoesser, K., Averdunk, G. (1975). Untersuchungen über Einfluss einer Stickstoff-Spättdüngung auf Ertrag, Protein- und Aminosäuregehalt bei verschiedenen Weizensorten. *Landwirtsch. Forschung*. 28. 1-23.

- Ivery, F.J. (1986). Optimizing ingredient utilization. Proceedings of the 1986 Animal Nutrition Council Symposia. 1-13.
- Jahn-Deesbach, W. (1981). Untersuchungen Über den Einfluss von Klimafaktoren auf Ertrag und Qualität von Weizen (Klimakammerversuche). Getreide, Mehl u. Brot. 35. 281-286.
- Jahn-Deesbach, W., Schipper, A. (1982). Über die Änderungen der Aminosäure-Gehalte in Gerete bei steigerten Rohproteingehalten. Landwirtsch. Forschung. 3-4.
- Jensen, L.S. (1986). Low protein diets and amino acid supplementation for broilers. Degussa Technicol Symposium. Indianapolis, Indiana, May 6. 4-15.
- Kiss E., Debreczeni K., Pethes J. (1985). A különböző időben adagolt nitrogén fejtrágya beépülése az őszi búza szemtermésében. Búzatermesztési kísérletek 1970-1980. Akad. Kiad. Budapest, 228-234.
- Michael, G., Blume, B., Faust, M. (1961). Die Eiweissqualität von Körnern verschiedener Getreidearten in Abhängigkeit von Stickstoffversorgung und Entwicklungsstand. Z. Pflanzenerähr, Düng, Bodenkde. 92. 106-116.
- Németh I. (1983). A búza és kukorica nyersfehérje- és aminosav-tartalmának alakulása a nitrogén-, foszfor- és káliumtrágyázás függvényében. Növénytermelés. 32. 1. 37-45.
- Monsato Co: Nutrition Update (1986). Amino acid in feed ingredients and their predictability. Monsato Co, Animal Sciences Division, 800 N. Lindbergh Blvd., St. Louis, USA Mo. 633167.
- Schiller, K., Oslage, H.J. (1970). Untersuchungen über die Variabilität von Futtergerstenprotein. 1. Mitteilung: Über den Einfluss ökologischer Faktoren auf den Proteingehalt in Gersten und dessen Ernährungsphysiologische Qualität. Landwirtsch. Forschung. 23. 317-332.
- Schiller, K. (1971). Untersuchungen über die Variabilität von Futtergerstenprotein. 2. Mitteilung: Über den Einfluss ökologischer Faktoren auf die Eiweissarten in Protein von gerstencaryopsen. Lanwirtsch. Forschung. 24. 15-33.
- Schipper, A. (1975). Quantitate and Qualität der Proteine in Getreide Ergebn. Landw. Forschung, Justus-Liebig-Universität, Giessen. VIII. 50-58.
- Sonntag, Chr., Michael, G. (1973). Einfluss einer späten Stickstoffdüngung auf Eiweissgehalt und Eiweisszusammensetzung von Körner Konventioneller und Lysinreicher Formen von Mais und Gerste. Z. Acker-u. Pflanzenbau. 138. 116-128.
- Sváb J. (1973). Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Whitacre, M.F. (1985). Amino acid profiles and regression equations of major feed ingredients. Degussa Technical Symposium. Fresno, CA, March 13. 34-57.
- Vincze L., Szüts G. (1978). A búza- és kukoricafehérje aminosav-tartalom alapján számított biológiai értékének alakulása a nitrogén műtrágyaadag változásának függvényében. XX. Georgikon Napok. Keszthely. 380-397.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

**Csapó János**

Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar

7401 Kaposvár, Pf. 16.

*University of Kaposvár, Faculty of Animal Science*

*H-7401 Kaposvár, P.O.Box 16.*

Tel.: 36-82-314-155, Fax: 36-82-321-749

e-mail: csapo.janos@ke.hu