

Közepes és takarmány minőségű búzafajták nyersfehérje- és aminosavtartalma közötti összefüggések

Mezei Zoltán¹ – Pongráczné Barancsi Ágnes² –
Sipos Péter³ – Györi Zoltán³ – Csapó János^{3,4}

¹Hajdúsági Gabonaiipari Zártkörűen Működő Részvénytársaság
Központi Laboratóriuma, Debrecen

²Szolnoki Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági Fakultás, Mezőtúr

³Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma,
Mezőgazdaságtudományi Kar,

Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai
Intézet, Debrecen

⁴Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar,

Kémiai-Biokémiai Tanszék, Kaposvár

mezoli@citromail.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Négy takarmány minőségű őszi búza fajta (Magor, Hunor, Róna és Kondor), öt egymást követő évből (2003, 2004, 2005, 2006, 2007) származó mintájából meghatároztuk a nyersfehérje-tartalmat, az aminosavtartalmat, és a nyersfehérje aminosavösszetételét. Megállapítottuk, hogy mind az esszenciális, mind a nem esszenciális aminosavak mennyisége a növekvő nyersfehérje-tartalommal nőtt. A fehérje aminosavösszetételét vizsgálva a nyersfehérje-tartalom függvényében, megállapítottuk, hogy növekvő nyersfehérje-tartalommal a nem esszenciális aminosavak mennyisége nőtt, az esszenciális aminosavak mennyisége viszont csökkent, így a búza esetében limitáló aminosav a lizin mennyisége is. Megállapítottuk azt is, hogy a növekvő nyersfehérje-tartalommal a fehérje biológiai értéke csökkent.

Kulcsszavak: őszi búza, nyersfehérje-tartalom, aminosavösszetétel, esszenciális aminosavak, biológiai érték

SUMMARY

We analysed the crude protein content, amino acid content, amino acid composition of four forage and milling III. quality winter wheat varieties (Magor, Hunor, Róna and Kondor) from their samples from five following years (2003, 2004, 2005, 2006, 2007). We found that quantity of essential and non-essential amino acids rose with increase in crude protein content. On examination of protein amino acid composition in relation to crude protein content we found that the crude protein content increased the quantities of the non-essential amino acids also rose, while those of the essential amino acids decreased as the lysine, the limiting amino acid of wheat. We also established that, as crude protein content increased, the biological value of the protein decreased.

Keywords: winter wheat, crude protein content, amino acid composition, essential amino acids, biological value

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A gazdaságok – vagy az ország – rendelkezésére álló takarmányfehérjével illetve táplálékfehérjével való hatékonyabb gazdálkodás megkívánja, hogy kémiai analízisekben, biológiai kísérletekben, majd a

gyakorlatban is egyre nagyobb szerephez jusson a fehérjék értékelése (Hajas, 1981).

A Block és Michael (1946) által kidolgozott „limitáló esszenciális aminosavak” elmélete szerint a táplálékfehérjének a szervezetben való hasznosulását a fehérjében lévő legkisebb mennyiségű esszenciális aminosav határozza meg. Michael és mtsai (1961) és Schipper (1975) vizsgálatai szerint növekvő nyersfehérje-tartalom esetében a gabonamagvakban a különböző fehérjék aránya megváltozik, ami végső soron az aminosavösszetétel változás alapja. A gabonafélék esetén a nyersfehérje-tartalom növekszik a növekvő adagú NPK-ra. Tanács et al. (1995) megállapították, hogy a növekvő N-műtrágya adagokkal egyes aminosavak (ASP, SER, HIS, GLY, THR, ARG, ALA, TYR, VAL, PHE, ILE, LEU és LYS) mennyisége 7-20%-kal növekedett.

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 aminosavösszetételű fehérjék arányát. Fehérjekeverékekkel végzett humán kísérleteinek eredményei alapján Kofrányi (1970) végül a limitáló esszenciális aminosav elmélet tagadása mellett foglalt állást. Ennek az álláspontnak ellentmond az a tapasztalat, hogy az egyes fehérjék biológiai értéke a limitáló esszenciális aminosavakkal történő kiegészítésük hatására általában szignifikánsan növekszik. A fehérje biológiai értékének meghatározására több módszer is rendelkezésre áll. Meghatározható kémiai (MORUP- és OLESEN-féle biológiai érték számítás és a KORPÁCSI-féle index), biológiai és állatkísérleti (nitrogénmérleg meghatározása patkányokkal, sertésekkel) módszerekkel egyaránt.

Györi és Bocz (1982) és Bocz és Pepó (1984) a Jubilejnaja-50 búzafajta termékminőségét vizsgálták 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 sükéfehérjék. Csapó és Csapóné (2000) különböző takarmány alapanyagok (búza, árpa, kukorica, zab, köles, szójabab, napraforgó és repcedara, valamint halliszt) nyersfehérje-tartalmát, aminosavtartalmát, és a nyersfehérje aminosavösszetételét, és biológiai értékét határozták meg. Megállapították, aminosavak mennyisége a növekvő nyersfehérje-tartalommal nőtt. Amikor a fehérje aminosavösszetételét vizsgálták a nyersfehérje-tartalom függvényében, megállapították, hogy növekvő nyersfehérje-tartalommal a nem esszenciális aminosavak mennyisége nőtt, az esszenciális aminosavak mennyisége viszont csökkent. Whitacre (1985) regressziós egyenleteket állított össze a szójaliszt és a kukorica lizin-, metionin- és cisztintartalmának becslésére. Az összeállításból világosan kitént, hogy a vizsgált anyagoknál az esszenciális aminosavak mennyisége nem nőtt arányosan a növekvő nyersfehérje-tartalom hatására.

Az irodalmi adatokat áttekintve a legtöbb szerző egyetért abban, hogy a nyersfehérje-tartalom növekedése az értékesebb komponensek csökkenését okozza, tehát a nyersfehérje-tartalom növekedésével a fehérje biológiai értékének romlását eredményezi.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatot képző négy, a Karcagi Kutatóintézet által nemesített és fenntartott búzafajta (Hunor, Magor, Róna és Kondor) 20 reprezentatív mintája, öt egymást követő évből (2003, 2004, 2005, 2006 és 2007) származik. A búza fajtákat változó területnagyságú ismétlés nélküli parcellákon, azonos agrotechnikai feltételek mellett termesztették évente más-más Karcag közeli területeken. A vizsgált búza fajták jellemző adatai a következők:

Kondor: Kiemelkedően magas termést adó fajta, öt éve abszolút első az államilag elismert fajták között. Ezerszemtömege: 40-42 g, hektoliter-tömege: 78-81 kg/hl, nedves sükér tartalma: 26-28%. Genetikai termőképessége meghaladja a 10 t/ha

szemtermést. Megfelelő (NPK) tápanyagellátással és időben történő betakarítással sütőipari minősége B₁.

Róna: Átlag feletti termőképességű és ezerszemtömegű, középérésű búzafajta. Lisztminősége jellemzően B₁-A₂, nedves sükér tartalma 28-32%, fehérjetartalma 13,5-15,0%. Téliállósága, szárazságtűrése és állóképessége kiváló.

Hunor: Magas sükér- és fehérjetartalma, valamint B₁-A₂ lisztminősége miatt elsősorban malomipari felhasználásra, kenyér- és pékáru előállítására ajánlott, minőségét a termesztési körülmények kisebb mértékben befolyásolják, mint más fajták esetében. Ezerszemtömege 43,5-44,5 g, nedvessükér-tartalma 30-32%, fehérjetartalma 13,0-15,0%, esesszáma 300-450 sec. Elsősorban intenzív, jó tápanyagellátottságú területekre ajánlott.

Magor: Korai érécsoportba tartozó fajta. Lisztminősége B₁-A₂, nedves sükér tartalma 26-29%. Szemtermése három év átlagában szignifikánsan több mint standard átlag. A jó termőképességű területeken eléri a malmi minőséget.

A búzaminták a betakarítást és tisztítást követően a Karcagi kutatóintézet mintatárolójába zsákosan kerültek tárolásra. A vizsgálatokat ezen tételből vett 100 g reprezentatív mintákból végeztük. A szárazanyag- és nyersfehérje-tartalmát az MSZ 6830 számú takarmányvizsgáló szabvány szerint, aminosavösszetételt pedig Csapó és Csapóné (1985) és Csapó és mtsai (1986) munkáiban leírtak szerint végeztük. A nyersfehérje-tartalmat KJELTEC 2300 ANALYZER, az aminosavösszetételt, ioncserés oszlop-kromatográfia elvén működő INGOS AAA típusú aminosavanalizátor segítségével végeztük, a Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar, Kémiai-Biokémiai Tanszékének Analitikai laboratóriumában. A fehérje biológiai értékének meghatározására a MORUP- és OLESEN-féle biológiai értéket használtuk, melynél a minta aminosav-összetételi adatait egy a FAO/WHO által kidolgozott vonatkoztatási alapul választott teljes értékű fehérje (tojáspor) adataival hasonlítják össze.

E referencia fehérje aminosav-összetételét az 1. táblázat mutatja.

1. táblázat

A FAO/WHO által kidolgozott referencia fehérje aminosav-összetétele (1973) (FAO/WHO, 1973)

Esszenciális aminosav(1)	Trp	Phe+Tyr	Leu	Ile	Thr	Met+Cys	Lys	Val
Vonatkoztatási fehérje koncentráció (g/100 g fehérje)(2)	1,0	6,0	7,0	4,0	4,0	3,5	5,5	5,0

Table 1: The amino acid quantity of the reference protein by FAO/WHO (1973)
essencial amino acid(1), reference protein concentration(2)

A fehérje biológiai értékének meghatározását a Morup- és Olesen-féle biológiai érték számítás módszerével végeztük a következő képlet felhasználásával:

$$\text{Biológiai érték} = 10^{2,15} \times Q_{(\text{lys})}^{0,41} \times Q_{(\text{arom})}^{0,60} \times Q_{(\text{sulf})}^{0,77} \times Q_{(\text{thr})}^{2,41} \times Q_{(\text{trp})}^{0,21}$$

ahol:

$$Q = a/a_{\text{ref}}$$

a = az egyes esszenciális aminosav/összes esszenciális aminosav a vizsgált fehérjében,

a_{ref} = az egyes esszenciális aminosav/összes esszenciális aminosav a vonatkoztatási fehérjében,

arom = aromás aminosavak (tyr, phe),

sulf = kéntartalmú aminosavak (cys, met).

A nyersfehérje- és az aminosav mennyisége, a búzafehérje- és aminosavösszetétele, valamint a biológiai érték közötti összefüggéseket kétváltozós regressziós kapcsolattal próbáltuk felderíteni, így ezen kapcsolatokat az $Y=a+bx$ regressziós egyenlettel fejeztük ki.

Az összefüggéseket Microsoft Excel-ben szerkesztett diagrammok segítségével szemléltettük, melyeken minden esetben megadtuk a „ R^{2*} ” determinációs koeficiens, az „a” regressziós állandó, és a „b” regressziós koeficiens értékét.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Kutatásaink során, technikai és anyagi okok miatt csak karcagi nemesítésű és takarmány minőségű búzafajtákat volt alkalmunk vizsgálni, így e cikkben csak egy termőhelyen (Karcag) termesztett fajták szerepelnek. Így az általunk levont következtetések csak e termőhelyről származó takarmány búzafajtákat

jellemzik. Célunk, hogy bővítsük a vizsgálatban szereplő fajták és termőhelyek körét, és bizonyítsuk, ezen eredmények helytállóságát.

A vizsgálati minták nyersfehérje- és aminosav-tartalmának alakulása

Az általunk vizsgált búzaminták nyersfehérje- és aminosavtartalmát a 2. táblázat szemlélteti. A vizsgálatban szereplő búzaminták nyersfehérje-tartalma 11,2-14,6% között volt. Az aminosav tartalmat vizsgálhatjuk 100 g búzára kifejezve, ebben az esetben a nyersfehérje és az aminosavak mennyiségéről kapunk képet, illetve vizsgálhatjuk 100 g fehérjére kifejezve, ebben az esetben a fehérje minőségét jellemezhetjük. A táblázatban nem tüntettük fel az ammóniatartalmat, ami a fehérjehidrolízis során bekövetkező aminosavbomlás következménye.

2. táblázat

A vizsgált búzafajták esszenciális és nem esszenciális aminosav-tartalma (Karcag, 2003-2007)

Évek(1)	Fajták(2)	Nyersfehérje (%) (3)	Aminosav mennyiség (g/100 g búza)(4)		Aminosav összetétel (g/100 g fehérje)(5)	
			Esszenciális(6)	Nem esszenciális(7)	Esszenciális(6)	Nem esszenciális(7)
2003	Hunor	14,6	4,95	9,08	34,3	62,9
	Magor	11,6	4,09	7,07	35,7	61,7
	Róna	12,5	4,35	7,73	35,0	62,3
	Kondor	12,6	4,46	7,68	35,9	61,7
2004	Hunor	13,1	4,61	7,95	35,8	61,7
	Magor	12,5	4,37	7,72	35,3	62,2
	Róna	11,8	4,08	7,32	35,1	62,4
	Kondor	13,2	4,62	8,03	35,7	61,8
2005	Hunor	13,6	4,57	8,47	34,0	63,2
	Magor	12,7	4,40	7,84	35,0	62,5
	Róna	12,9	4,45	8,01	34,8	62,7
	Kondor	12,3	4,27	7,51	35,3	62,1
2006	Hunor	11,2	3,86	6,89	35,0	62,4
	Magor	13,1	4,48	8,12	34,5	62,8
	Róna	11,5	4,11	6,89	38,8	59,1
	Kondor	11,9	4,24	7,23	36,0	61,3
2007	Hunor	13,3	4,55	7,98	34,9	61,4
	Magor	12,1	4,25	7,32	35,3	62,1
	Róna	11,5	3,94	6,97	34,8	61,7
	Kondor	11,5	4,05	6,72	34,2	62,2

Table 2: The essential amino acid and the non essential amino acid content of the examined winter wheat varieties (Karcag, 2003-2007) years(1), varieties(2), crude protein(3), quantity of amino acid (g/100 g wheat)(4), quantity of amino acid (g/100 g protein)(5), essential(6), non essential(7)

A nyersfehérje- és az aminosav-tartalom közötti összefüggés mennyiségi szempontból

Az esszenciális és nem esszenciális aminosavak mennyiségének alakulását a nyersfehérje-tartalom függvényében az 1. ábra szemlélteti.

Megállapítható, hogy a nyersfehérje-tartalom növekedésével mind az esszenciális, mind a nem esszenciális aminosavak mennyisége növekszik a

vizsgálati búzaminták esetében. A növekedés dinamikája viszont jelentősen eltér. A vizsgált búzaminták esetében megállapítható, hogy egy egységnyi (1%) nyersfehérje-tartalomnövekedésre az esszenciális aminosavak esetében majdnem 0,3 g növekedés, nem esszenciális aminosavak esetében ennek több mint kétszerese, 0,67 g növekedés következett be.

1. ábra: Az esszenciális és nem esszenciális aminosavak mennyiségének változása a nyersfehérje-tartalom függvényében (Karcag, 2003-2007)

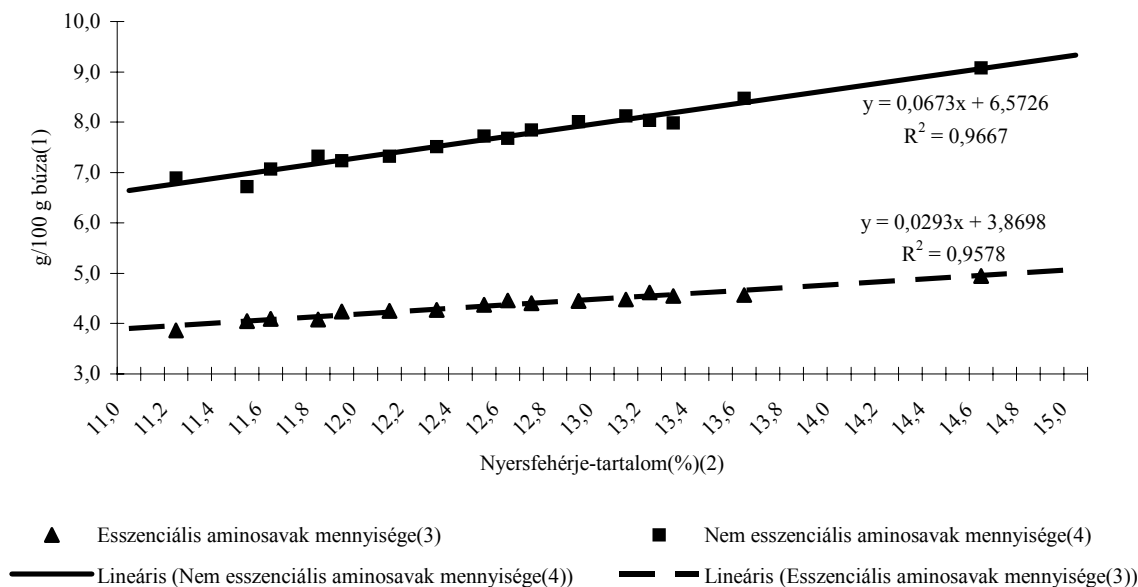


Figure 1: Changes of the quantity of essential and non essential amino acids plotted against crude protein content (Karcag, 2003-2007) g/100 g wheat(1), crude protein content (%) (2), quantity of essential amino acids(3), quantity of non essential amino acids(4)

A nyersfehérje- és az aminosav-tartalom közötti összefüggés minőségi szempontból

A 2. ábrán a fehérje százalékában vizsgáltuk az esszenciális és nem esszenciális aminosavak

mennyiségét. Megállapítottuk, hogy a nyersfehérje-tartalom növekedésével az esszenciális aminosavak mennyisége csökken, míg a nem esszenciális aminosavak mennyisége növekszik a vizsgált búzaminták esetében.

2. ábra: A fehérje esszenciális és nem esszenciális aminosavainak változása a nyersfehérje-tartalom függvényében (Karcag, 2003-2007)

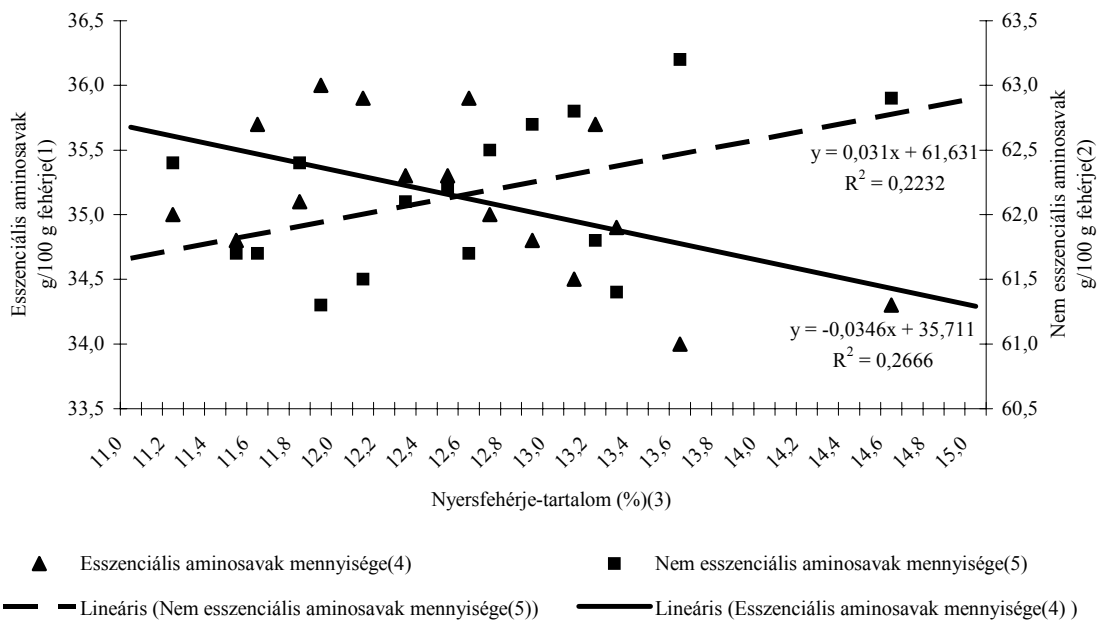


Figure 2: Changes of the essential and non essential amino acids of the protein plotted against crude protein content (Karcag, 2003-2007) essential amino acids g/100 g protein(1), non essential amino acids g/100 g protein(2), crude protein content (%) (3), quantity of essential amino acids(4), quantity of non essential amino acids(5)

A nyersfehérje- és a glutaminsav-, valamint a lizin-tartalom közötti összefüggés

Az előző pontokban leírtak alátámasztására két, a búzára igen jellemző és fontos aminosav mennyiségét vizsgáltuk. Az egyik vizsgált aminosav a búzában legnagyobb mennyiségben megtalálható nem esszenciális aminosav a glutaminsav, míg a másik vizsgált aminosav a búza esetében limitáló esszenciális aminosav, a lizin volt.

Ahogy azt korábban leírtuk, mind a glutaminsav, mind a lizin mennyisége nő a nyersfehérje-tartalommal, továbbá látható hogy a glutaminsav mennyisége a búzafehérjében nő, a lizin – mint limitáló esszenciális aminosav – mennyisége viszont csökken a nyersfehérje-tartalom növekedésével; fehérje százalékában vizsgáltuk mennyiségét. Látható, hogy a nyersfehérje-tartalom növekedésével a limitáló, esszenciális lizin mennyisége csökkent (3., 4. ábra).

3. ábra: A búzafehérje glutaminsatartalmának változása a nyersfehérje-tartalom függvényében (Karcag, 2003-2007)

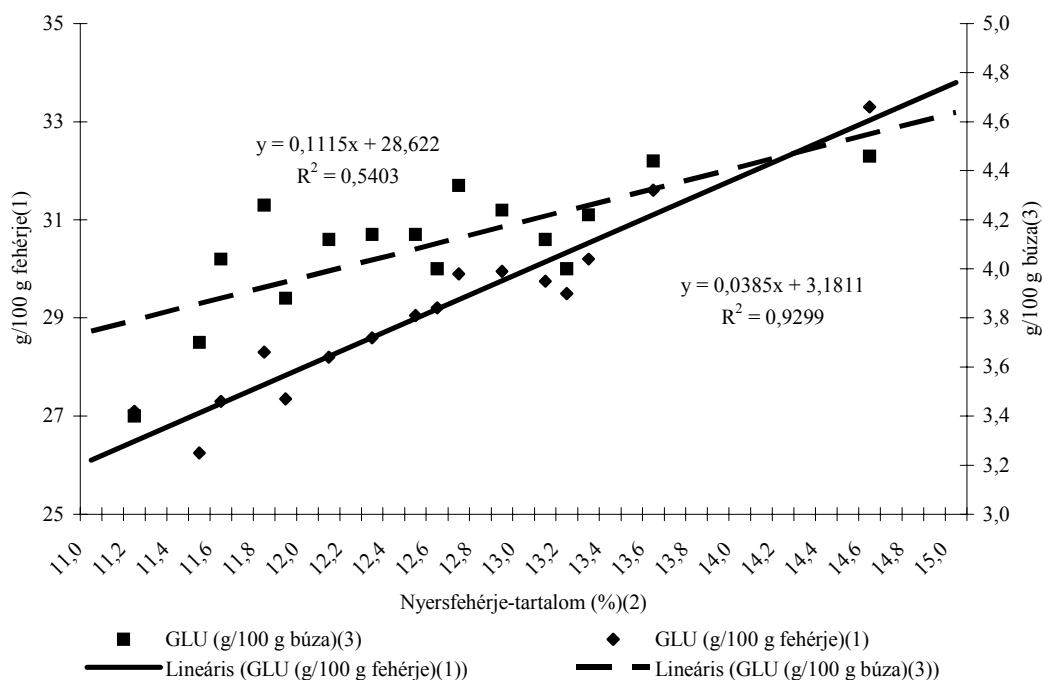


Figure 3: Changes of the glutaminacid content of the wheatprotein plotted against crude protein content (Karcag, 2003-2007) glutaminacid g/100 g protein(1), crude protein content (%) (2), glutaminacid content(3)

4. ábra: A búzafehérje lizintartalmának változása a nyersfehérje-tartalom függvényében (Karcag, 2003-2007)

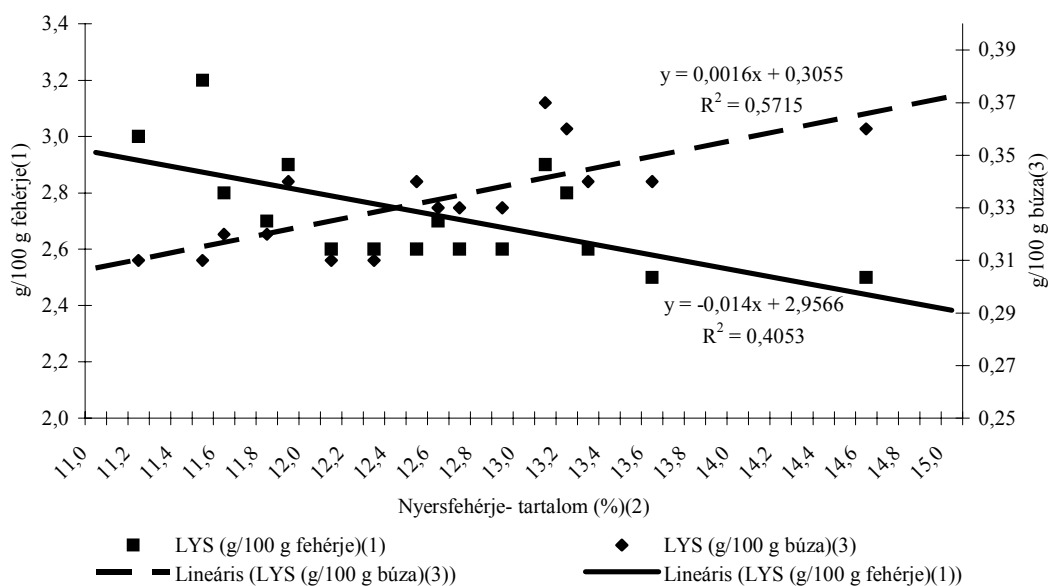


Figure 4: Changes of the lysine content of the wheatprotein plotted against crude protein content (Karcag, 2003-2007) lysine g/100 g protein(1), crude protein content (%) (2), lysine content(3)

A nyersfehérje-tartalom és a biológiai érték közötti összefüggés

A biológiai érték meghatározására a FAO/WHO szakértői csoportja által kidolgozott az ideális táplálék adatait használtuk, amely optimális

mennyiségben és arányban tartalmazza az esszenciális aminosavakat. A mért nyersfehérje-tartalmakhoz tartozó biológiai értékek az 5. ábrán láthatók.

Megállapítható, hogy a fehérje biológiai értéke a nyersfehérje-tartalommal csökken.

5. ábra: A búzafehérje biológiai értékének változása a nyersfehérje-tartalom függvényében (Karcag, 2003-2007)

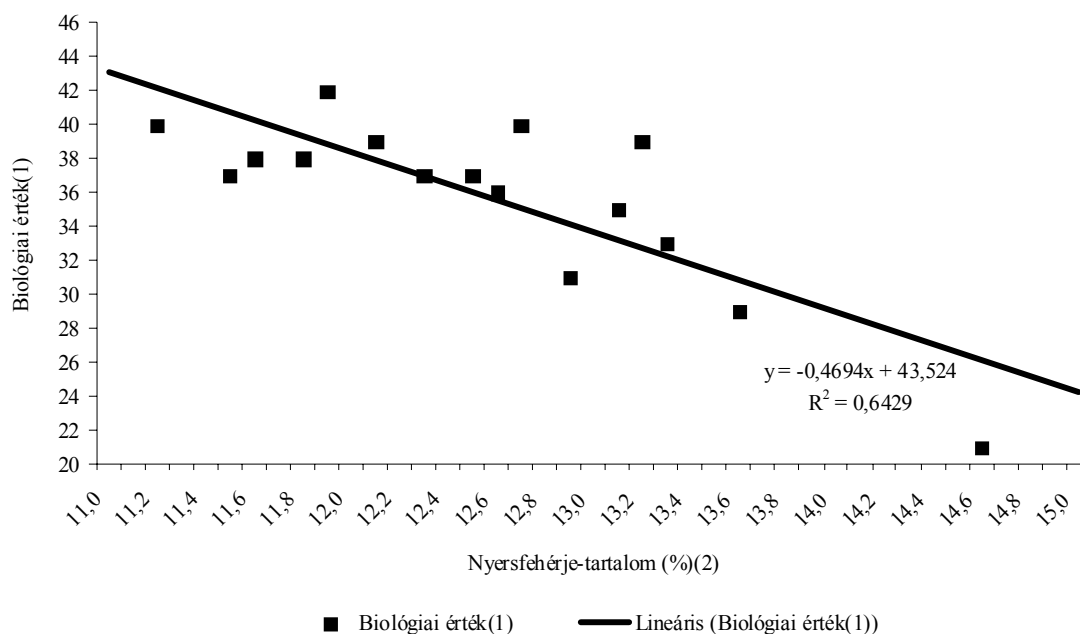


Figure 5: Changes of the biological value of the wheatprotein plotted against crude protein content (Karcag, 2003-2007) biological value(1), crude protein content (%) (2)

KÖVETKEZTETÉSEK

Megállapítottuk, hogy a vizsgált négy búza fajta esszenciális aminosav mennyisége is és a nem esszenciális aminosav mennyisége is nőtt a növekvő nyersfehérje-tartalommal. A búzafehérjében az esszenciális aminosavak mennyisége csökkent, így a limitáló aminosavé, a liziné is; a nem esszenciális aminosavaké viszont nőtt, tehát a növekvő nyersfehérje-tartalom csökkentette a búzafehérje biológiai értékét.

A vizsgált négy búza fajta közül a legalacsonyabb nyersfehérje-tartalmú (12,04%) Róna fajta búzafehérjéje bír a legmagasabb biológiai értékkel, és a fehérje százalékában kifejezett esszenciális aminosav mennyiséggel, míg a legmagasabb nyersfehérje-tartalmú (13,16%) Hunor fajta fehérjéje a legkisebb biológiai értékű, és e fajtának a legalacsonyabb a fehérje százalékában kifejezett esszenciális aminosav-tartalma (3. táblázat).

3. táblázat

A vizsgált búzafajták átlagos nyersfehérje-, esszenciális és nem esszenciális aminosav-tartalma és biológiai értéke (Karcag, 2003-2007)

Fajták(1)	Nyersfehérje (%) (2)	Aminosav mennyiség (g/100 g búza)(3)		Aminosav összetétel (g/100 g fehérje)(4)		Biológiai érték(5)
		Esszenciális(6)	Nem esszenciális(7)	Esszenciális(6)	Nem esszenciális(7)	
Róna	12,04	4,25	7,48	35,70	61,64	38,10
Kondor	12,30	4,33	7,43	35,42	61,82	37,70
Magor	12,40	4,32	7,61	35,16	62,26	36,70
Hunor	13,16	4,51	8,07	34,80	62,32	28,60

Table 3: The average crude protein, essential amino acid and the non essential amino acid content and biological value of the examined winter wheat varieties (Karcag, 2003-2007) varieties(1), crude protein(2), quantity of amino acid (g/100 g wheat)(3), quantity of amino acid (g/100 g protein)(4), biological value(5), essential(6), non essential(7)

A táblázatban nem tüntettük fel az ammóniatartalmat, ami a fehérjehidrolízis során bekövetkező aminosavbomlás következménye.

Célunk a továbbiakban az, hogy az egyes

aminosavakat külön-külön értékeljük, továbbá vizsgáljuk az évek hatását a nyersfehérje-tartalomra, az aminosav összetételre, valamint a biológiai értékre.

IRODALOM

- Block, R. J.-Mitchell, H. H. (1946): The correlation of the amino acid composition of proteins with their nutritive value Nutr. Abstr. Rev. 16. 249-278.
- Bocz E.-Pepó P. (1984): A műtrágyázás és az öntözés hatása az őszi búzafajták minőségére. Növénytermelés, Budapest, 33. 5. 407-417.
- Csapó J.-Csapóné Kiss Zs. (1985): Új ioncserés oszlopkromatográfiai módszerek élelmiszerek és takarmányok analizésében. MTA Kémiai Tudományok Osztálya, Budapest, Erdey László díjas pályamunka. 139.
- Csapó J.-Csapóné Kiss Zs. (2000): A mennyiség és a minőség viszonya kultúrnövényeink beltartalmi paramétereit illetően. Az agrobiodiverzitás megőrzése és hasznosítása szimpózium Jánossy Andor emlékére, Budapest – Tápiószele, 2000. május 4-6. 139-146.
- Csapó, J.-Csapó, J.-né-Tóth, L.-né (1986): Optimization of hydrolysis at determination of amino acid content in food and feed products. Acta Alimentaria. 1. 3-21.
- Győri Z.-Bocz E. (1982): Az öntözés és trágyázás hatása Jubilejnaja 50 búzafajta termék minőségére. Növénytermelés, Budapest, 31. 3. 217-225.
- Hajas P. (1981): A takarmányfehérjék minősítése. Mezőgazdasági Kadó, Budapest
- Kofrányi, E. (1970): Die Überprüfung tradizioneller Hypotesen über die Eiweisswertigkeit. Ernährungs Umschau. 10. 402-404.
- Michael, G.-Blume, B.-Faust, M. (1961): Die Eiweissqualität von Körnern verschiedener Getreidearten in Abhängigkeit von Stickstoffversorgung und Entwicklungszustand. Z. Pflanzenerähr, Düng, Bodenkd., Frankfurt, 92. 106-116.
- 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, Berlin. 138. 116-128.
- Tanács, L.-Matuz, J.-Bartók, T.-Gerő, L. (1995): Effect of NPK fertilisation on the individual amino acid content of wheat grain. Cereal Research Communications, 23. 4. 403-409.
- Whitacre, M. F. (1985): Amino acid profiles and regression equations of major feed ingredients. Degussa Technical Symposium, Fresno, CA, March 31. 34-57.
- FAO (Who) (1973): Energy and protein requirements. Techn. Rep. Serie. No. 522. Geneva