

Alternatív növényi eredetű fehérjeforrások vizsgálata

Kulcsszavak: alternatív fehérje, összetétel, élelmiszeripar, felhasználás

1.Összefoglalás

Kutatásaink során arra kerestük a választ, hogy a növényi fehérjével pótolhatjuk-e az állati fehérjét, a kisebb ökológiai lábnyommal rendelkező növénytermesztés kiválthatja-e valamilyen mértékben az állattenyésztést. Ehhez olyan növényi nyersanyagokat választottunk (fehér quinoa, háromszínű quinoa, édes csillagfűrt, keserű csillagfűrt, amaránt), amelyek aminosav összetételük alapján a húsfehérjék pótlására, illetve növényi fehérjék komplettálására alkalmasak lehetnek.

Elsőként meghatároztuk és összehasonlítottuk a minták összes aminosav tartalmát egymással, valamint a FAO/WHO referencia fehérjével. Ezt követően kiszámoltuk az esszenciális aminosavak mennyisége alapján az aminosav értékeket (AAS). Ez a hányados meghatározza az adott fehérjét felépítő aminosavak relatív hiányosságait a referencia fehérje aminosav tartalmához képest. Ebből a szakirodalomban található emészthetőségi hányados (D%) segítségével kiszámítottuk a minták PDCAAS (fehérje emészthetőséggel korrigált aminosav érték) értékét. Következő lépésként pedig a napi referenciaérték (Daily Reference Value, DRV%) segítségével értékeltük, hogy az elfogyasztani kívánt élelmiszer fehérjetartalma milyen mértékben fedezi a napi fehérjeszükségletet.

Eredményeink arra utalnak, hogy a vizsgált növények mind fehérjetartalmuk, mind aminosav összetételük alapján alternatív fehérjeforrásként alkalmazhatóak a humán táplálkozásban, így helyettesítve az állati fehérjét csökkenthetik az *élelmiszer-előállítás* ökológiai lábnyomát.

¹ Magyar Agár-és Élettudományi Egyetem, Budai Campus, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Táplálkozástudományi Tanszék

MEDNYÁNSZKY Zsuzsanna Dr.

Mednyanszky.Zsuzsanna@uni-mate.hu

<https://orcid.org/0000-0002-1654-5596>

CSÓKA Mariann Dr.

Csoka.Mariann@uni-mate.hu

<https://orcid.org/0000-0002-6538-2316>

KOPPÁNYNÉ Szabó Erika

Dr. Koppanyne.Szabo.Erika@uni-mate.hu

<https://orcid.org/0000-0001-8321-7157>

2. Bevezetés

Az étel, amit elfogyasztunk az egészségünk mellett a környezetre is nagy hatással van. A Föld népesedése olyan ütemben zajlik, hogy a jelenlegi 8 milliárd főről a 2050-es évekre akár 10 milliárd főre is emelkedhet a lélekszám. Ahhoz, hogy ezt a hatalmas embertömeget megfelelően tápláló és biztonságos étellel tudjuk látni, a jelenlegi ételmiszer-termelés közel 70 százalékos növekedése szükséges úgy, hogy mindeközben folyamatosan csökkennek a természeti erőforrások (az erdő- és földterületek, víz- és energiaforrások).

Az előállított ételmiszerek a vízfelhasználás 70 százalékát emésztik fel és az emberi üvegházhatású gáz kibocsátás több mint 30 százaléka köthető hozzájuk. Ez a legnagyobb oka a biodiverzitás csökkenésének is.

Az ételmiszer-ellátás egyenletességének és biztonságának fenntartásához két fő támpontot kell figyelembe venni. Az egyik a mezőgazdaság és ételmiszeripar ökológiai lábnyomának csökkentése, tehát a fenntartható ételmiszer-termelés. A másik az egyéni és lakossági táplálkozási szokások megváltoztatása, azaz a fenntartható táplálkozás.

A FAO szerint a fenntartható étkezés illetve ételmiszer az, amelynek környezeti lábnyoma kicsi, támogatja az ételmezésbiztonságot, emellett a jövő generációjának egészségét is. Ezen felül kíméli az ökoszisztémát és a biodiverzitást, minden réteg számára elérhető, vagyis megfizethető, biztonságos, tápanyagtartalma pedig optimális.

Napjaink étkezési szokása nagymértékben eltér a javasolt irányelvektől. A fejlett országokban jellemző a telített zsírok, cukor és só túlzott fogyasztása, ily módon háttérbe szorítva az ételmi rostok bevitelét. Ezzel szemben a fejlődő országokban az energiát nyújtó tápanyagok hiánya mellett több mikrotápanyag (pl.: A-vitamin, jód, vas) felvétele sem megfelelő. Ez utóbbi állapot még a fejlett országok lakosságát is fenyegeti. A legnagyobb ökológiai lábnyoma a húsból gazdag étrendeknek van, a húsfogyasztás visszafogásával redukálható tehát a környezetre nehezedő teher.

Hazánk táplálkozási kultúrájának is központi részét képezi a hús mint fehérjeforrás. Így kísérleteink fő kérdése is az volt, hogy van-e lehetőség az ökológiai lábnyom csökkentésére, esetlegesen tudjuk-e a húst más, lehetőleg növényi fehérjével helyettesíteni.

Az emberi szervezet számára nemcsak a megfelelő életmód megtalálása a fontos, hanem emellett szükség van olyan tápanyagokra is, amelyek hozzájárulnak az egészség megőrzéséhez. Alapvető tápanyagok közé sorolhatóak a lipidek, szénhidrátok, fehérjék, ásványi anyagok és a vitaminok. Ezek a nutriensek szükségesek a metabolikus folyamatok zavartalan működéséhez.

Az emberi szervezet 14-16 %-a fehérje. A sejtplazma alapállományát a fehérjék és a víz alkotják. A fehérjék elsősorban α -L-aminosavakból felépülő biopolimerek, melyek többféle feladatot látnak el a szervezetben. Fő szerepük az anyagcsere-folyamatok serkentésében van. Ezt a tevékenységet a fehérjék egyik különleges csoportja, az enzimek végzik. Emellett szükségesek a sejtek újraképződéséhez, a test fejlődéséhez, izmaink felépítéséhez, a haj és a köröm növekedéséhez. Emiatt is fontos, hogy megfelelő mennyiségű és minőségű fehérjét juttassunk be szervezetünkbe [1, 2].

A fehérjék biológiai értékét az aminosav összetétel határozza meg. Esszenciális aminosavak azok az aminosavak, amelyeket a magasabb rendű szervezetek (ember, állat) nem tudnak előállítani, külső forrásból kell biztosítani. Az ember számára esszenciális aminosavak: valin, leucin, izoleucin, fenilalanin, triptofán, lizin, treonin és metionin. A hisztidin és arginin aminosavak az újszülöttek számára esszenciálisak, mert a szükséges mennyiségben nem tudja szervezetük előállítani őket. A tirozin és cisztein aminosavak nem esszenciális természetűek, de a szervezeti szintézisükhöz megfelelő fenilalanin és metionin ellátottság szükséges (1. táblázat).

1. táblázat : Az emberi szervezet esszenciális aminosav igénye különböző életkorban [3]
Table 1 : Essential amino acid requirements of the human body at different ages [3]

	Csecsemő (0-5 hó) mg/kg/nap	Gyermekek (1-2 év) mg/kg/nap	Felnőtt mg/kg/nap
Hisztidin	28	0	0
Izoleucin	70	30	10
Leucin	161	45	14
Lizin	103	60	12
Metionin+cisztein	58	27	13

	Csecsemő (0-5 hó) mg/kg/nap	Gyermek (1-2 év) mg/kg/nap	Felnőtt mg/kg/nap
Fenilalanin+tirozin	125	27	14
Treonin	87	35	7
Triptofán	17	4	3,5
Valin	93	33	10
Összes esszenciális AS	742	261	83,5
Összes fehérje igény	1310	970-1140	830

A táplálékban nem mindig van jelen az összes esszenciális aminosav, így valamelyik hiánya korlátozza a többi aminosav részvételét is a fehérjeszintézisben. A fehérjeszintézis akkor zajlik zavartalanul, ha az összes aminosav kellő mennyiségben áll rendelkezésre. Limitáló aminosavaknak nevezzük azokat az aminosavakat, amelyek az igényekhez képest a legkisebb mennyiségben vannak jelen és meghatározzák a többi aminosav beépülését. A leggyakoribb limitáló aminosavak közé sorolható a lizin, a metionin és cisztein, a triptofán. A gabonafélék esetében a limitáló aminosav a lizin, a hüvelyesek esetében a metionin, míg a kukorica esetében a triptofán és a lizin [1, 2].

A táplálékfehérjék minőségének fő mérvadója az esszenciális aminosavak előfordulási gyakorisága. Vannak komplett és nem komplett fehérjék. A komplett fehérjékben megtalálható az összes esszenciális aminosav az emberi szervezetnek megfelelő arányban, így ezek egyedüli fehérjeforrásként is megfelelőek. Komplett fehérjeforrások az állati eredetű fehérjék pl.: tojás, tej, hal és húsfélék említhetőek. Inkomplett fehérjékről akkor beszélünk, amikor valamelyik esszenciális aminosav a szükségesnél kisebb mennyiségben fordul elő egy fehérjében, így kisebb a biológiai értéke, kevésbé hasznosítható. Inkomplett fehérjékhez sorolhatóak a növényi fehérjék. Ahhoz, hogy komplett fehérjévé váljanak, olyan nyersanyaggal kell keverni, amellyel együtt jól emészthetők és aminosav összetételük kiegészíti egymást.

A biológiai érték azt mutatja meg, hogy a táplálékból mennyi épül be a szervezetet felépítő fehérjékbe. Választ ad ez az érték arra, hogy az adott fehérjét milyen mértékben tudja hasznosítani a szervezet a fehérjeszintézis során. A biológiai hasznosulást kétféleképpen fejezhetik ki: az egyik a valós százalékos hasznosulás, a másik egy jól hasznosuló fehérjeforráshoz viszonyított százalékos hasznosulás. A biológiai értéket befolyásolja az aminosav összetétel, a limitáló aminosav, az étel elkészítése, a vitamin- és ásványianyag tartalma (2. táblázat).

2. táblázat: Táplálékok biológiai értéke [2]

Table 2: Biological value of nutrients [2]

Laktalbumin	100
Tojás (viszonyítási alap)	100
Marhahús	92
Hal	83-92
Tej	88
Sajt	84
Szójafehérje	84
Burgonya	73
Rizs	63
Búzaliszt	53

3. Anyag és módszer

3.1. Vizsgálat helye

Kutatásainkat a MATE Táplálkozástudományi Tanszékén végeztük.

3.2. Vizsgált minták:

Vizsgálatainkhoz olyan növényi nyersanyagokat választottunk, amelyek aminosav összetételük alapján a húsfhérjék pótlására alkalmasak lehetnek:

- amaránt
- édes csillagfűrt
- keserű csillagfűrt
- háromszínű quinoa (fehér 60%, vörös 20%, fekete 20% keverék)
- fehér quinoa

3.3. Alkalmazott módszerek és készülékek

3.3.1. Mintaelőkészítés (ehhez nem tudok hozzászólni...)

A mintákat homogenizálást követően, darálóval aprítottuk. A 12 cm³-es hidrolizáló csövekbe bemért mintákhoz hozzáadtunk 10 cm³ 6 M HCL oldatot és fél percen keresztül nitrogénnel buborékolattuk. Ezt követően blokk termosztátban 24 órán keresztül 110 °C-on hidrolizáltuk. Ezután 10 cm³ 4 M-os NaOH-dal semlegesítettük. Majd 25 cm³-es lombikokba átmostuk a mintákat és desztillált vízzel jelig töltöttük. Alapos összerázásukat követően redős szűrőpapíron, ezt követően pedig 0,22 µm pórusméretű fecskendőszűrővel centrifugacsőbe szűrtük. Az előkészítés utolsó lépéseként hígító pufferrel tízszeres hígítást készítettünk. Az analízis idejéig mélyhűtőben tároltuk a mintákat.

3.3.2. Aminosav-analízis

A minták aminosav tartalmának mennyiségi és minőségi meghatározását AAA 400 (Ingos Kft., Csehország) Automatikus Aminosav Analizátorral végeztük el. Az elválasztást Li-citrát alapú pufferek gradiens elúciójával IONEX OSTION LCP 5020 ioncserélő oszlopon végeztük. Az aminosavakat spektrofotometriásan detektáltuk 440 és 570 nm-en. A kromatogramok kiértékelése CHROMULAN V 0.82 (PIKRON, Csehország) program segítségével történt.

4. Eredmények és értékelésük

4.1. A minták értékelése aminosav-összetételük alapján

Az aminosav analízis eredményét a **3. táblázatban** foglaltuk össze. A kapott értékeket mg/g-ban fejeztük ki. Ezt követően az egyes minták összes fehérje tartalmát is kiszámoltuk g/100 g (%) mintára vonatkoztatva.

3. táblázat: A minták aminosav-összetétele (mg/g)
Table 3: Amino acid composition of samples (mg/g)

	Csillagfűrt édes	Csillagfűrt keserű	Fehér Quinoa	Háromszínű Quinoa	Amaránt
Aszparaginsav	28,24	28,82	8,50	8,44	9,08
Treonin	8,51	9,65	3,43	3,38	3,49
Szerin	14,46	15,99	4,16	4,39	7,32
Glutaminsav	77,90	83,62	15,45	16,49	21,75
Prolin	12,14	13,42	0,46	1,56	1,55
Glicin	11,74	11,23	5,42	5,34	8,36
Alanin	8,05	7,58	3,63	3,72	2,91
Valin	8,47	9,09	3,85	3,75	3,31
Cisztein	1,53	2,06	0,48	0,53	0,79
Metionin	0,85	0,99	1,87	1,46	1,81
Izoleucin	7,39	7,98	2,36	2,38	2,11
Leucin	22,17	23,55	7,11	7,08	6,36
Tirozin	8,67	9,25	1,71	1,69	2,09
Fenilalanin	8,45	8,10	3,70	3,23	3,54
Lizin	13,07	13,11	6,11	5,77	6,21
Hisztidin	5,59	5,87	2,25	2,64	2,36
Arginin	30,32	29,09	8,78	8,18	8,12
Összes (mg/g)	267,56	279,40	79,29	80,02	91,18
% (g/100g)	26,76	27,94	7,92	8,00	9,12

Mivel savas hidrolízissel készítettük elő a mintákat, a triptofán indol-csoportja bomlást szenvedett, nem volt mérhető a kromatografálás során. Az összehasonlításhoz szükséges adatokat irodalmi forrásokból gyűjtöttük ki [4, 5, 6, 9]. Eredményeink alapján megállapíthatjuk, hogy a legnagyobb mennyiségű fehérjét a csillagfürt tartalmazza, az édes és a keserű között nincs szignifikáns eltérés (26,76 % és 27,94%). A csillagfürt kiemelkedő fehérjetartalma miatt kedvelt alapanyag a takarmányozásban, és humán célú felhasználása fehérjeforrásként, fehérje kiegészítésként is egyre nagyobb mértékben terjed. A fehérjét alkotó aminosavak közül legnagyobb arányban (28,4%) a glutaminsav fordul elő benne, ezt követi az arginin (11,7%), majd az aszparaginsav (10,23%).

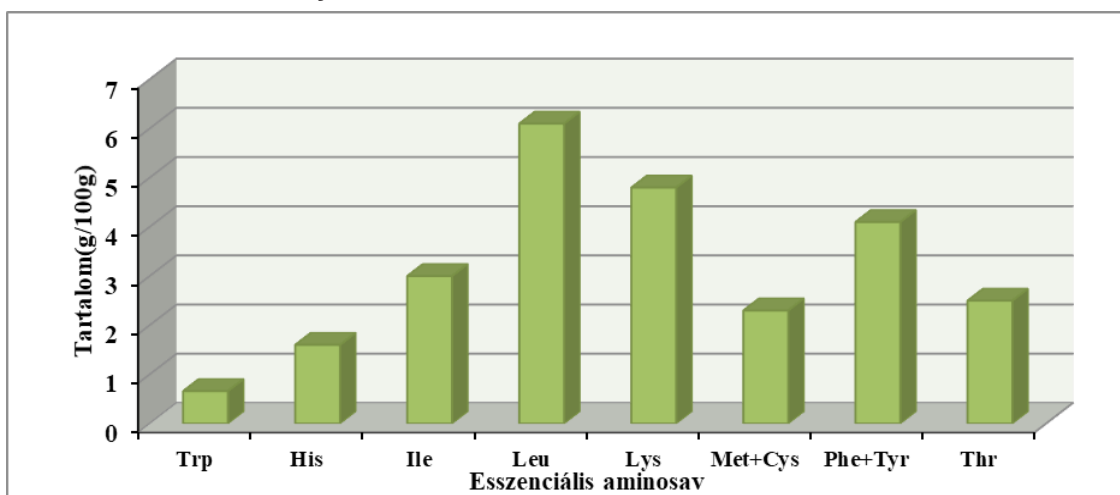
Az álgabonák közül az amaránt fehérje tartalma 9,12 %, a két quinoa mintáé pedig 7,92 illetve 8,00 %. Ez megfelel a búza fehérje tartalmának, tehát a mennyiségi adatok alapján alternatívaként szolgálhatnak fehérje bevitel szempontjából különösen cöliákiások esetében. Az aminosavak közül az amarántban a glutaminsav tartalom a legmagasabb (23,75%). 10,24 %-a a fehérjetartalomnak aszparaginsav, 8,05 %-a szerin, 7,34%-a leucin és 8,52 %-a arginin, míg a cisztein tartalma a legalacsonyabb (0,37%). Az arányok hasonlóak a quinoánál is: a glutaminsav (19,97%) és az aszparaginsav (10,61 %) tartalom magas. A fajták között nem tapasztalható különbség az arányok tekintetében.

4. táblázat: A minták esszenciális aminosav tartalma (g/100 g fehérje)
Table 4: Essential amino acid content of samples (g/100 g protein)

Esszenciális aminosavak	Csillagfürt édes	Csillagfürt keserű	Fehér Quinoa	Háromszínű Quinoa	Amaránt
Hisztidin	2,09	2,10	2,83	3,29	2,59
Izoleucin	2,76	2,85	2,96	2,97	2,31
Leucin	8,28	8,42	8,94	8,81	6,96
Lizin	4,88	4,69	7,68	7,18	6,80
Metionin+cisztein	0,83	1,09	2,96	2,48	2,85
Fenilalanin+tirozin	6,10	6,20	6,80	6,12	6,16
Treonin	3,18	3,45	4,32	4,21	3,82
Valin	3,17	3,25	4,85	4,67	3,62
Triptofán	1,51	1,51 ¹	10,30	10,30 ²	1,80 ³
Összes (g/100g)	35,80	36,56	51,64	50,03	36,91

A **4. táblázatban** a minták esszenciális aminosav tartalmát foglaltuk össze, az eredményt g/100 g fehérjében megadva. A quinoa esszenciális aminosav tartalma a legmagasabb (50,03 – 51,64 g/100g fehérje). Az amaránt és a csillagfürt minták esetén hasonló esszenciális aminosav tartalmat mértünk. A csillagfürt tehát nagyobb fehérjetartalommal bír, a quinoa viszont kedvezőbb esszenciális aminosav összetétele miatt értékesebb fehérjeforrásnak tűnik. Ennek megállapítására számításokat végeztünk, kapott eredményeinket összehasonlítottuk a FAO/WHO referencia fehérje esszenciális aminosav összetételi értékeivel.

4.2. FAO/WHO referencia fehérje

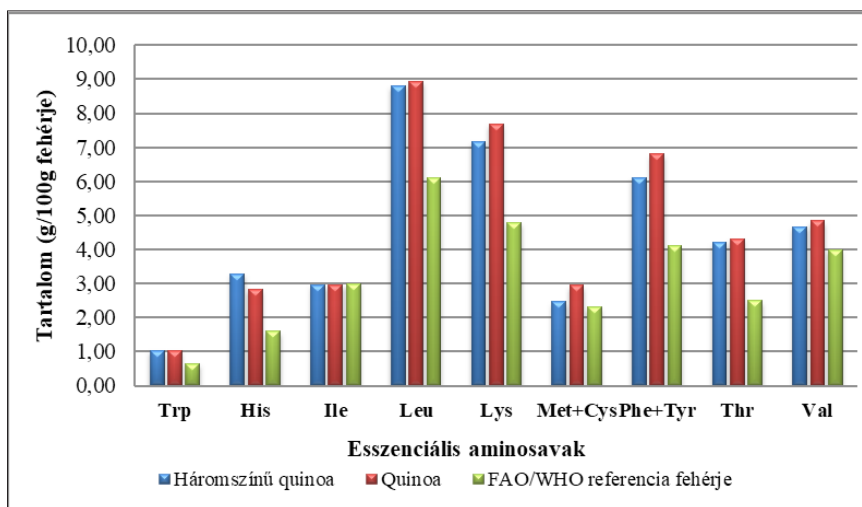


1. ábra: FAO/WHO referencia fehérje esszenciális aminosav-összetétele
 Figure 1. FAO/WHO reference protein essential amino acid composition

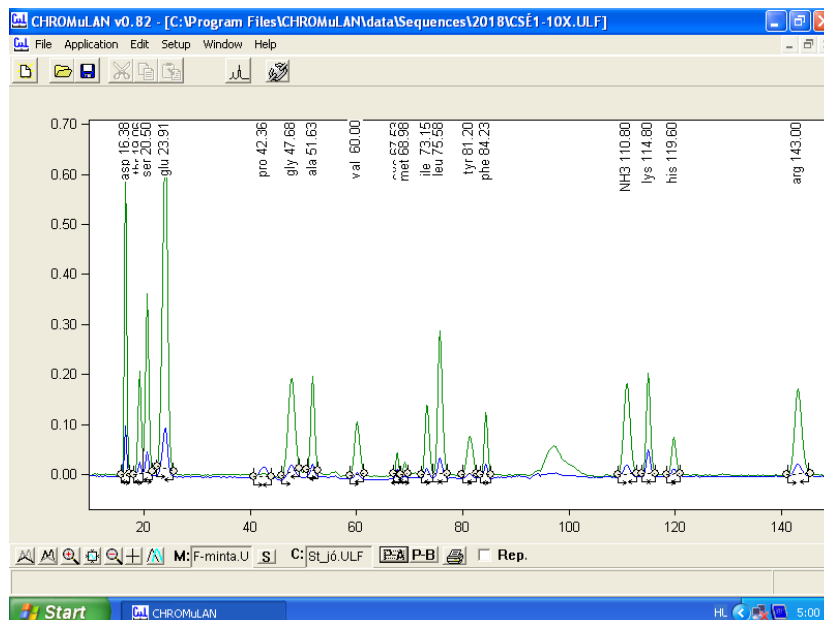
A szervezetben a fehérje hasznosulását több faktor is befolyásolja. Az egyik legfontosabb tényező a fehérje aminosav-összetétele. A FAO/WHO szakemberei (2013) megalkották azt az elméleti referencia fehérjét, ami ideális arányban tartalmazza az esszenciális aminosavakat. Mivel az aminosav szükséglet életkor szerint változik, megállapították a csecsemőkor (0,5 éves kor), kisgyermekkor (1-2 és 3-10 éves kor), serdülőkor (11-14 és 15-18 éves kor), felnőtt kornak (18 éves kor felett) megfelelő összetételt is [7]. Kutatásaink során vizsgált mintáink értékeléséhez a felnőtt kornak megfelelő referencia fehérje összetételét vettük alapul (1. ábra).

4.3. Az édes csillagfürt és a FAO/WHO referencia fehérje összehasonlítása

A 2. ábra az édes csillagfürt és a FAO/WHO referencia fehérje esszenciális aminosav tartalmát és kromatogramját mutatja be. A hüvelyes növények gazdag fehérje tartalma az esszenciális aminosavak tekintetében is megnyilvánul, sok esetben meghaladja a referenciafehérjében megjelölt értékeket. A fenilalanin és tirozin tartalom nagyobb, mint a referencia fehérje aromás aminosav tartalma. A csillagfürt triptofán, treonin, hisztidin és leucin tartalma is magasabb, mint a referencia fehérjéé. A hasznosulás azonban csak a limitáló aminosavak arányában lehetséges, így ki kell emelni a szükségesnél kisebb arányban jelenlévő aminosavakat. A csillagfürt izoleucin, valin, metionin és cisztein tartalma hiányos a referenciában található aminosavakhoz képest. Mint a hüvelyes növényeknél általában, a limitáló aminosavak ez esetben is a kén tartalmú aminosavak: a cisztein és a metionin.



2/a. ábra: Édes csillagfürt és az FAO/WHO referencia fehérje összehasonlítása
Figure 2/a: Comparison of sweet lupin and FAO/WHO reference protein



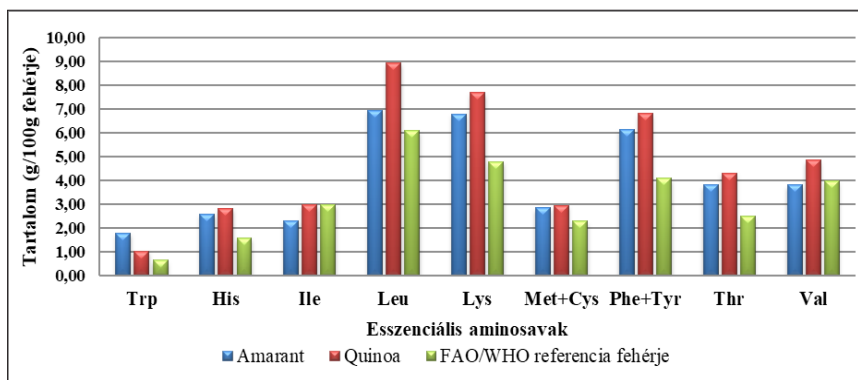
2/b. ábra: Édes csillagfürt aminosav-szekvenciájának kromatogramja
Figure 2/b. Chromatogram of the amino acid sequence of sweet lupin

A keserű csillagfürt esetében is azonos arányokat állapítottunk meg. Az egy fajhoz tartozó fajták fehérjetartalmának összetétele nem mutat különbséget. A fajták esetleg szabad aminosav tartalmukban különbözhetnek egymástól, azok mennyisége azonban nagyságrendileg kisebb, mint a fehérjében kötött aminosavaké, így táplálkozásélettani szempontból nem jelentősek.

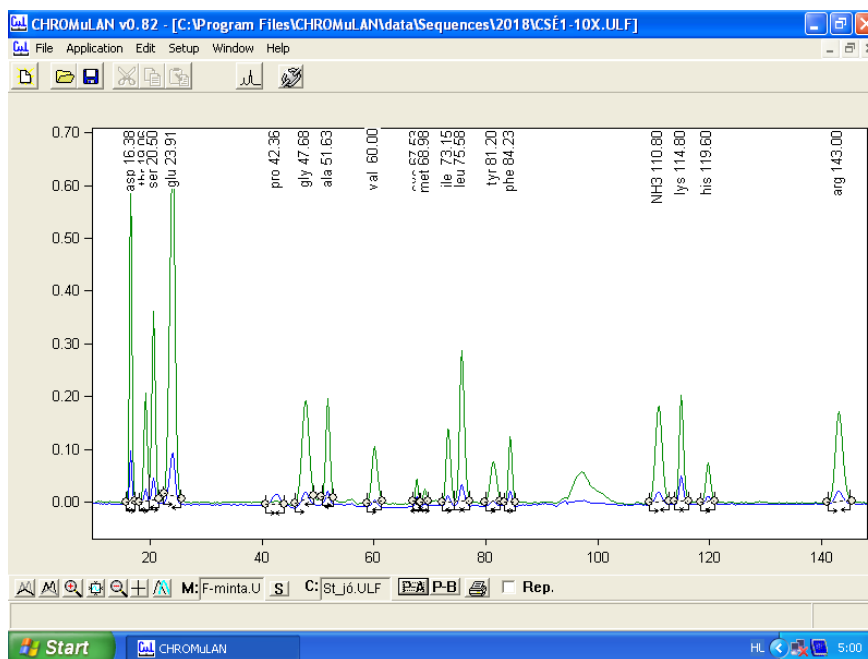
4.4. Quinoa és a FAO/WHO referencia fehérje összehasonlítása

A quinoa aminosavtartalmának meghatározása során kapott eredményeink azt mutatják, hogy ez a növényfaj valamennyi esszenciális aminosavat a referencia fehérjéhez képest nagyobb arányban tartalmazza. Comai et al. [8] vizsgálataikban szintén arra a megállapításra jutottak, hogy a quinoa magas fehérjetartalmú, kiegyensúlyozott esszenciális aminosav tartalmú, lizin és triptofán tartalma is kiemelkedő. Ez a két aminosav a gabonafélékben limitáló aminosav. A kén tartalmú aminosavak aránya is nagyobb, mint a referencia fehérjében, így a hüvelyesekkel együtt fogyasztva azok limitáló aminosav tartalmának kiegészítésére is alkalmas lehet. A többi esszenciális aminosav mennyisége hasonló a FAO/WHO referencia fehérjéhez.

Mivel a quinoa esetében is két típus vizsgálatát végeztük el, a háromszínű keverék (fehér 60 %, vörös 20 %, fekete 20 %) esszenciális aminosav tartalmát is összevetettük a referencia fehérjével, hogy megállapítsuk, optimális összetételt mutat-e a növény. A quinoa minták aminosav tartalmának eredményeit összevetve a FAO/WHO referencia fehérje aminosav értékeivel és a hozzá tartozó kromatogrammal a **3. ábra** mutatja be.



3/a. ábra: A fehér és háromszínű quinoa és a referencia fehérje összehasonlítása
Figure 3/a. Comparison of white and tricolour quinoa and reference protein



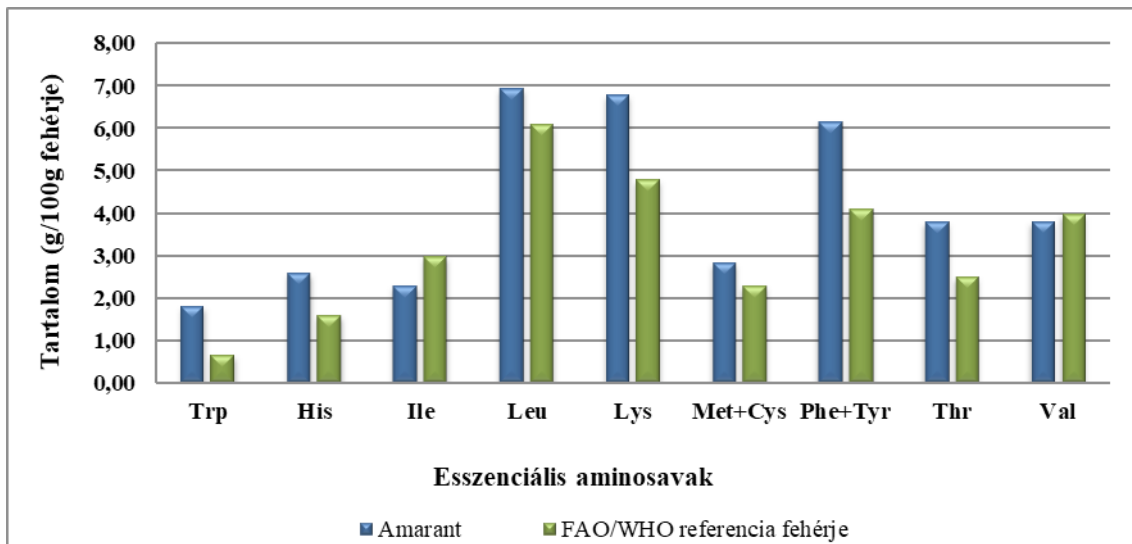
3/b. ábra: Háromszínű quinoa kromatogramja aminosav-szekvenciájának kromatogramja
Figure 3/b. Chromatogram of the amino acid sequence of tricolour quinoa

A háromszínű quinoa esszenciális aminosav összetétele is meghaladja a referencia fehérjében előírt arányokat, így gyakorlatilag teljes értékű fehérjének tekinthető. Különösen fontos, hogy a lizin tartalom magasabb, mivel ez az aminosav a növekedéshez elengedhetetlenül szükséges. Ezt az aminosavat tartalmazza legnagyobb arányban az esszenciális aminosavak közül az emberi szervezet (73 mg/g fehérje), ennek szükséglete a legnagyobb, ezért a legnagyobb arányban szerepel a referencia fehérjék között is: csecsemőkorban 57 mg/g, 1-2 éves korban 52 mg/g, majd 48–47–45 mg/g fehérje. [7]. Eredményeinket más kutatások is alátámasztják [9, 10].

4.5. Az amaránt és a FAO/WHO referencia fehérje összehasonlítása

Az amaránt és az FAO/WHO referencia fehérje esszenciális aminosav tartalmának az összehasonlítását a **4. ábrán** mutatjuk be. Az amaránt két aminosavának aránya nem éri el a referencia fehérjében megadott

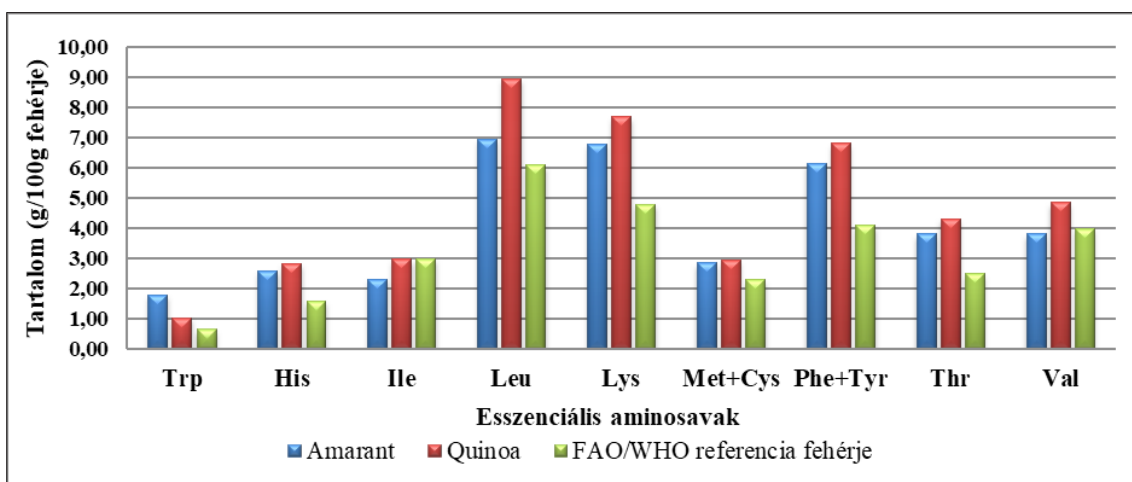
értéket. Az izoleucin (2,3 g/100 g) és valin (3,8 g/100 g) mennyisége kisebb, mint a szükséges, ezek tehát a limitáló aminosavak. Lizin tartalma azonban kiemelkedő (6,8 g/100 g), kéntartalmú aminosavakból is többet tartalmaz, mint a referencia fehérje (2,8 g/100 g), így a hüvelyes növények komplettálására alkalmas Aromás aminosavakból is nagyobb mennyiséget tartalmaz, mint az elvárt (6,1 g/100 g). Eredményeink szerint az amaránt értékes esszenciális aminosav forrás. A növények tápanyagtartalma, ezen belül a fehérje- és aminosavtartalom a termesztés körülményeitől nagymértékben függ, ezért nem vonható le egy mérési sorozat alapján általános következtetés. Eredményeinket összevetettük a szakirodalmi adatokkal, melyek megerősítették az általunk mért értékeket [11, 12, 13]. Az amaránt mind mennyiségileg, mind aminosavösszetételét tekintve kiváló fehérjeforrás, amely alternatívaként szolgálhat az állati fehérjék kiváltására.



4. ábra: Amaránt és a referencia fehérje összehasonlítása
Figure 4. Comparison of amaranth and reference protein

4.6. Az amaránt és a quinoa esszenciális aminosav tartalmának összehasonlítása

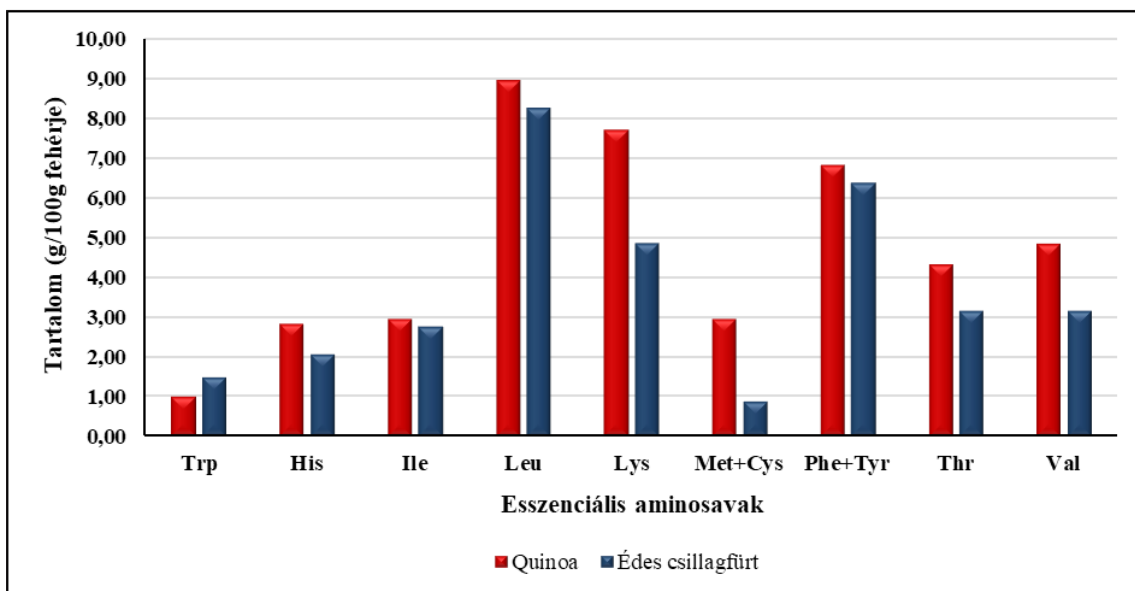
Összehasonlítottuk a két legelterjedtebb álgabona esszenciális aminosav tartalmát a FAO/WHO referencia fehérje aminosav értékeivel (5. ábra). Kapott eredményeink alapján elmondható, hogy mindkét álgabona kielégíti az esszenciális aminosav szükségletet. Ugyanakkor a quinoa több aminosav tekintetében meghaladja az amaránt értékeit, leucin, lizin fenilalanin és tirozin, treonin és valin tartalma is nagyobb.



5. ábra: Az amaránt, a fehér quinoa és a referencia fehérje esszenciális aminosav tartalma
Figure 5. Essential amino acid content of amaranth, white quinoa and reference protein

4.7. A quinoa és az édes csillagfürt összehasonlítása

A 6. ábrán foglaltuk össze az általunk vizsgált hüvelyes édes csillagfürt és a „superfood”-ként emlegetett álgabona, a fehér quinoa esszenciális aminosav tartalmát. A szakirodalom szerint [9, 15] a quinoában a lizin, a cisztein és metionin tartalom kiemelkedő, amelyet eredményeink is igazolnak.



6. ábra: Az édes csillagfűrt és a fehér quinoa esszenciális aminosav tartalma
 Figure 6. Essential amino acid content of sweet lupin and white quinoa

4.8. A vizsgált minták minősége

Az élelmiszerek fehérjetartalmának hasznosulását számos tényező befolyásolja. A fehérjék mennyisége és aminosav összetétele valójában csak összehasonlítást tesz lehetővé, hiszen a hasznosulás az élelmiszerből, mint komplex rendszerből történik. Az emésztés és felszívódás nem önállóan a fehérjéket érinti, hanem az ételként elfogyasztott fehérjéből, szénhidrátból, zsírból és egyéb makro- és mikroelemekből álló rendszert. A növényi fehérjék hasznosulása, emésztése és felszívódása a jelenlévő rostok vagy antinutritív komponensek miatt lehet hosszadalmasabb, míg az állati fehérjék hozzáférést a zsírok nehezíthetik. Állatkísérletekkel is csak becsülni tudjuk, mi történik az étellel a tápcsatornában. A táplálkozástudományi vizsgálatokat ma már megkönnyítik azok az emésztési modellek, amelyek az emberi gyomor- és bélrendszer működését imitálják és vizsgálják a komplex élelmiszerek emészthetőségét és felszívódását. Ilyenek modellek segítségével állapítják meg az emészthetőségi együtthatót (D%) egyes tisztított fehérjékre, növényi és állati eredetű élelmiszerekre (pl. savófehérje, szójafehérje izolátum, zöldborsó, tehéntej, búzaliszt), vagy akár kész ételekre vonatkozóan is. Szakirodalomból [10, 11] kigyűjtöttük az általunk vizsgált növények emészthetőségi együtthatóját (5. táblázat), hogy annak segítségével a mért aminosav értékek alapján értékeljük a növényi fehérjeforrásokat.

5. táblázat: A vizsgált minták emészthetőségi együtthatója (D%)
 Table 5: Digestibility coefficients (D%) of tested samples

Minta	D%
Quinoa	78 ⁴
Amaránt	79,5 ⁵
Csillagfűrt	90% ⁵

Elsőként kiszámoltuk az esszenciális aminosavak alapján az aminosav értékeket (AAS). Ez a hányados meghatározza az adott fehérjét felépítő aminosavak relatív hiányosságait. Az AAS számítása úgy történik, hogy a vizsgált fehérjeforrás aminosav tartalmát (g/100 g fehérje) elosztjuk a referencia fehérje aminosav tartalmával (g/100 g fehérje) (6. táblázat)

6. táblázat: A vizsgált minták aminosav értéke a FAO/WHO referencia fehérjéhez képest
 Table 6. Amino acid values of tested samples compared to FAO/WHO reference protein

Esszenciális aminosavak	Fehér quinoa	Háromszínű quinoa	Édes csillagfűrt	Keserű csillagfűrt	Amaránt
Hisztidin	1,77	1,65	1,31	1,31	1,62
Izoleucin	0,99	0,80	0,92	0,95	0,77
Leucin	1,47	1,16	1,36	1,38	1,14
Lizin	1,60	1,20	1,02	0,98	1,42

Esszenciális aminosavak	Fehér quinoa	Háromszínű quinoa	Édes csillagfürt	Keserű csillagfürt	Amaránt
Metionin+Cisztein	1,29	0,86	0,39	0,47	1,24
Fenilalanin+Tirozin	1,66	1,20	1,56	1,51	1,50
Treonin	1,73	1,35	1,27	1,38	1,53
Triptofán	1,56	1,56	6,83	6,83	2,73
Valin	1,21	0,94	0,79	0,81	0,95

A **6. táblázatban** feltüntetett eredményeink alapján elmondható, hogy minden vizsgált minta esetén a legtöbb esszenciális aminosav értéke 1 fölött van. Ez azt jelenti, hogy az aminosavak kellő mennyiségben állnak rendelkezésre az adott növényekben, vagyis az adott fehérje ki tudja elégíteni a szükségletet. Meglehetősen nagy értékű aminosav a *triptofán*, *treonin*, *fenilalanin+ tirozin*. Az aminosavak fehérje építésben való részvételét, számos tényező is befolyásolhatja pl.: a táplálék energiatartalma, a szervezet fiziológiai állapota, a szervezetben zajló felépítő és lebontó folyamatok, illetve a fizikai tevékenység is. A limitáló aminosavakat – amelyek a legkisebb értékkel rendelkeznek – a **6. táblázatban** kiemeltük. Ezek az *izoleucin*, a *metionin* és a *cisztein*.

A FAO/WHO által elfogadott módszer a fehérje biológiai értékének a meghatározására fehérje emészthetőséggel korrigált aminosav érték (PDCAAS). A PDCAAS értéket úgy állapítjuk meg, hogy az adott fehérje aminosav értékét (AAS) korrigáljuk a vizsga minta emészthetőségével (**7. táblázat**) [14].

7. táblázat: A vizsgált minták PDCAAS értékei
Table 7: PDCAAS values of tested samples

Vizsgált minták	Emészthetőség D%	AAS FAO/WHO ideális fehérje szerint	PDCAAS
Fehér Quinoa	78%	0,99	0,77
Háromszínű Quinoa	78%	0,80	0,62
Édes Csillagfürt	90%	0,39	0,35
Keserű Csillagfürt	90%	0,47	0,42
Amaránt	79,5%	0,77	0,61

A WHO adatai szerint abban az esetben beszélhetünk ideális fehérjéről, ha annak értéke a PDCAAS skálán eléri az 1,00-t. Ha ennél magasabb értéket kapunk, akkor az esszenciális aminosav tartalom már nem javít tovább a fehérje minőségén, ezért a szakirodalom nem is használ egynél nagyobb számértéket. Abban az esetben, ha ez a PDCAAS érték 0, akkor az adott fehérjeforrás nem tartalmaz valamely esszenciális aminosavat vagy a szervezet számára emészthetetlen. A vizsgált minták egyike sem éri el a PDCAAS skálán az 1,00-t (**7. táblázat**). A legmagasabb a quinoa minták PDCAAS értéke 0,77; illetve 0,62. Az amaránt esetében is viszonylag magas - 0,61 – értéket kaptunk. Így számszerűsíthető, hogy a quinoa jó fehérjeforrás, csak úgy, mint az amaránt, míg a csillagfürt fajták alacsony értékűek (0,35–0,42). A hüvelyes növények limitáló aminosavjai a kén tartalmú aminosavak, a vizsgált sorozatok esetében a metionin és cisztein szint az átlagos értékeknél is alacsonyabb volt. A bab, borsó, lencse fajták PDCAAS értékei szakirodalom szerint [15] 0,50–0,67 között változnak, a zöldborsó és csicseriborsó az alacsonyabb értékű, a lencse magasabb pontszámú, legértékesebb a szójabab.

Az USA Élelmiszer-biztonsági és Gyógyszerészeti Hivatala kifejlesztette a napi referenciaértéket (Daily Reference Value, DRV%) a tápanyagokra, mely segítségével értékelhetjük, hogy az elfogyasztani kívánt élelmiszeradag fehérje mennyisége hány százaléka a napi fehérjeszükségletnek. A számításhoz figyelembe veszik a vizsgált élelmiszer fehérjetartalmát, PDCAAS értékét és a napi fehérje szükségletet, amit egységesen 50 g-ra értelmeznek. A számítás képlete:

Ha az élelmiszer DRV% értéke 10 és 19,9% között van, „jó fehérjeforrás” megnevezést kap, 20% felett pedig „kiváló fehérjeforrásnak” számít [16]. Kiszámítottuk a mintáink DRV% értékét és megállapítottuk az ennek megfelelő minősítést 100 g élelmiszeradaggal számolva (**8. táblázat**).

8. táblázat: A minták DRV% értékei
Table 8: DRV% values for samples

	Fehérje-tartalom %	Élelmiszer-adag (g)	Élelmiszer-adag fehérje-tartalma (g)	Napi fehérje-szükséglet	PDCAAS	DRV%	Értékelés
Fehér Quinoa	7,95	100	7,95	50	0,77	12,24	jó fehérjeforrás
Háromszínű Quinoa	8,04	100	8,04	50	0,62	9,97	
Édes Csillagfűrt	26,77	100	26,77	50	0,35	18,74	jó fehérjeforrás
Keserű Csillagfűrt	27,97	100	27,97	50	0,42	23,49	kiváló fehérjeforrás
Amaránt	9,14	100	9,14	50	0,61	11,15	jó fehérjeforrás

A 7. és 8. táblázatok adatai jól szemléltetik, hogy a fehérje tartalom és minőségre utaló esszenciális aminosav összetétel együttesen hogyan befolyásolja egy élelmiszer minősítését. A csillagfűrt lemarad a rangsorban a limitáló aminosavból kalkulált aminosav értékek miatt, ugyanakkor a magas fehérjetartalma és a PDCAAS értéke alapján kalkulált DRV% -a alapján mégis „kiváló fehérjeforrás” minősítést kap. A két mutató együttesen jelzi csak, hogy a limitáló aminosavak miatt a nagy mennyiségű fehérje hasznosulása kérdéses, hogy valóban fehérje építésre fordítódik-e a szervezetben, vagy dezaminálódva energiaszolgáltatóként hasznosul. A fehér quinoa magas PDCAAS értéke miatt alacsonyabb fehérje tartalmával is „jó fehérjeforrás” minősítést kapott. A háromszínű keverék éppen alatta marad a határértéknek, a vörös és fekete quinoa alacsonyabb izoleucin tartalmú fajták lehetnek, ezért a keverék AAS értéke alatta marad a fehér quinoánál megállapított értéknek.

5. Következtetések

Kutatásaink során arra szerettünk volna választ kapni, hogy növényi fehérjével pótolhatjuk-e az állati fehérjét, a kisebb ökológiai lábnyommal rendelkező növénytermesztés kiválthatja-e valamilyen mértékben az állattenyésztést. Eredményeink alapján megállapítható, hogy a vizsgált növények mind mennyiségi fehérje tartalmuk, mind aminosav összetételük alapján alternatív fehérjeforrásként alkalmazhatóak a humán táplálkozásban. Különösen a quinoa esszenciális aminosav tartalma pótolhatja az állati fehérjét. A csillagfűrt amellet, hogy igen jó fehérjeforrás, a hüvelyes növények csoportjába tartozik, amelyek egyedülállóan képesek hasznosítani a légkör nitrogén tartalmát és belőle szerves vegyületeket, fehérjét hoznak létre ellátva bennünket esszenciális tápanyagokkal. Termesztésük más növényekhez képest harmadával kevesebb üvegházhatású gáz kibocsátásával jár.

A növénytermesztés a vízfelhasználás szempontjából is kedvezőbb az állattenyésztésnél. Az elfogyasztott hús teljes mennyiségének, illetve egy részének alternatív fehérjeforrásokkal történő helyettesítése, kiegészítése mellett szól az is, hogy a Föld édesvízkészletének 70%-át élelemtermelésre (növénytermesztésre, állattenyésztésre) használjuk föl. 1 kg hús előállításához átlag 100-szor több vizet használnak föl (és szennyeznek el), mint 1 kg haszonnövény termesztéséhez.

Irodalomjegyzék

- [1] László Gy. (2003): Táplálkozás-Élettan Budapest: FVM Képzési és Szaktanácsadási Intézet
- [2] SZTE. (2012): „Az vagy, amit eszel” Táplálkozásbiokémia, patobiokémia. <https://www.u-szeged.hu/download.php?docID=55784>
- [3] Salgó, A. (2001): Élelmiszerkémia és Táplálkozástan I. Budapest: Műegyetemi Kiadó
- [4] Singla P., Sharma S., Singh S. (2017): Amino Acid Composition, Protein Fractions and Electrophoretic Analysis of Seed Storage Proteins in Lupins. Indian Journal of Agricultural Biochemistry 30 (1), 33-40., DOI: 10.5958/0974-4479.2017.00005.3
- [5] Escuredo O, Martin G., Moncada G., Fischer S., Hierro J. (2014): Amino acid profile of the quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) using near infrared spectroscopy and chemometric techniques. Journal of Cereal Science, 60 (2014) 67-74., DOI: 10.1016/j.jcs.2014.01.016

- [6] Petras R. Venskutonis P.R., Kraujalis P. (2013): Nutritional Components of Amaranth Seeds and Vegetables: A Review on Composition, Properties, and Uses
DOI: 10.1111/1541-4337.12021
- [7] FAO (2013): Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAO Expert Consultation, 31 March–2 April, 2011, Auckland, New Zealand
- [8] Comai, S., Bertazzo, A., Bailoni, L., et al. (2007) The Content of Proteic and Nonproteic (Free and Protein-Bound) Tryptophan in Quinoa and Cereal Flours. *Food Chemistry*, 100, 1350-1355.
DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.10.072
- [9] Escuredo O, Martin G., Moncada G., Fischer S., Hierro J. (2014): Amino acid profile of the quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) using near infrared spectroscopy and chemometric techniques. *Journal of Cereal Science*, 60 (2014) 67-74.,
DOI: 10.1016/j.jcs.2014.01.016
- [10] Maradini-Fiho (2017): Quinoa: Nutritional Aspects iMedPub Journals, Vol. 2 No. 1: 3 <http://nutraceuticals.imedpub.com/archive.php>
- [11] Amare E., Claire -Rivier M., Servent A., Morel G., Adish A, Haki G. (2015): Protein Quality of Amaranth Grains Cultivated in Ethiopia as Affected by Popping and Fermentation. *Food and Nutrition Sciences*, 6, 38-48.
DOI: 10.4236/fns.2015.61005
- [12] Písaříková B, Kráčmar S., Herzig I. (2005): Amino acid contents and biological value of protein in various amaranth species. *Czech J. Anim. Sci.*, 50 (4), 169–174.
DOI: 10.17221/4011-CJAS
- [13] Narwade S, Pinto S. (2018): Amaranth - A Functional Food. *Concepts of Dairy & Veterinary Sciences* 1(3). CDVS. MS. ID. 000112.
DOI: 10.32474/CDVS.2018.01.000112
- [14] Schaafsma, G. (2000): The protein digestibility-corrected amino acid score. *J Nutrition*, 130 (7), 1865S-1867S.
DOI: 10.1093/jn/130.7.1865S
- [15] Boye j, Zare F, Pletch A (2010): Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. Review. *Food Research International* 43 (2010) 414–431.
DOI: 10.1016/j.foodres.2009.09.003
- [16] Code of Federal Regulations: 2000–2006. január 1. U.S. General Services Administration, National Archives and Records Service, Office of the Federal Register 21 CFR, Ch1(4-1-06) 101.54.

Investigating Plant-origin Protein Sources – Abstract

Keywords: alternative protein, composition, food industry, use

1. Summary

In our research, we investigate whether plant proteins can replace animal proteins and crop production with a smaller ecological footprint can replace animal production to some extent. For this purpose, we selected plant raw materials (white quinoa, tricolour quinoa, sweet lupine, bitter lupine, and amaranth) that, based on their amino acid composition, could be suitable for replacing meat proteins or supplementing vegetable proteins. First, the total amino acid content of the samples was determined and compared to each other and to the FAO/WHO reference protein. Subsequently, the amino acid ratios (AAS) were calculated on the basis of the amount of essential amino acids. This ratio determines the relative deficiencies of the amino acids that constitute the protein in relation to the amino acid content of the reference protein. From this, the PDCAAS (protein digestibility corrected amino acid value) of the samples was calculated using the digestibility quotient (D%) found in the literature. The Daily Reference Value (DRV%) was then used to assess the degree to which the protein content of the food to be consumed meets the daily protein requirement. Our results suggest that the tested plants can be used as alternative protein sources in human nutrition, both in terms of protein content and amino acid composition, and thus can reduce the ecological footprint of food production by replacing animal proteins.

¹ Hungarian University of Agricultural and Life Sciences, Buda Campus, Institute of Food Science and Technology, Department of Nutrition

Zsuzsanna MEDNYÁNSZKY Dr.
Mariann CSÓKA Dr.
Erika KOPPÁNYNÉ SZABÓ Dr.

Mednyanszky.Zsuzsanna@uni-mate.hu
Csoka.Mariann@uni-mate.hu
Dr.Koppanyne.Szabo.Erika@uni-mate.hu

<https://orcid.org/0000-0002-1654-5596>
<https://orcid.org/0000-0002-6538-2316>
<https://orcid.org/0000-0001-8321-7157>