

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

Szak neve: BSc Biomérnöki

Modul neve: Alkalmazott biotechnológiai

Modul szerinti tanszék: Biomérnök és Erjedésipari Technológia Tanszék

Szakedolgozat készítés helye: Táplálkozástudományi Tanszék

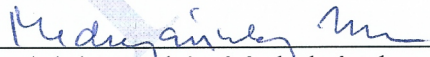
Hallgató: Paufler Beáta

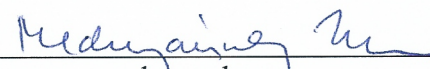
A szakedolgozat címe: Fehérjével dúsított készétel aminosavtartalmának és emészthetőségének vizsgálata

Konzulens: Dr. Mednyánszky Zsuzsa

Külső konzulens esetén tanszéki felelős:

Beadás dátuma: 2023. május 3.


szakedolgozat készítés helyének vezetője
(Dr. Mednyánszky Zsuzsa)


konzulens
(Dr. Mednyánszky Zsuzsa)


Dr. Nguyen Duc Quang
modul szerinti tanszék vezetője

SZAKDOLGOZAT

PAUFLEER BEÁTA

Paufler Beáta

2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi és Technológiai
Intézet
Táplálkozástudományi Tanszék

Fehérjével dúsított készétel
aminosavtartalmának és emészthetőségének
vizsgálata

Paufler Beáta

Budapest

2023

TARTALOMJEGYZÉK

1.	BEVEZETÉS.....	5
2.	CÉLKITŰZÉS.....	6
3.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	7
3.1.	Tápanyag- és energiaszükséglet.....	7
3.1.1.	Katonák tápanyag- és energiaszükséglete	9
3.1.2.	A magyar honvédségi csomagok fejlesztése	11
3.2.	Fehérjék.....	13
3.2.1.	Fehérjék szerkezete.....	14
3.2.2.	Fehérjék funkciói	14
3.3.	Aminosavak	15
3.3.1.	Esszenciális aminosavak	17
3.4.	Fehérje szükséglet.....	18
3.5.	Emészthetőségi vizsgálatok.....	20
3.5.1.	<i>In vitro</i> emésztés	20
3.5.2.	<i>In vivo</i> emésztés	21
3.5.3.	Fehérje hasznosulás	21
3.6.	Aminosav-analízis.....	24
4.	ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK	26
4.1.	Vizsgálatok helyszíne.....	26
4.2.	Vizsgált minták	26
4.3.	Készételek elkészítésének folyamata	26
4.4.	Készételek összetétele	27
4.5.	Mintaelőkészítés összes aminosav meghatározáshoz	28
4.6.	A vizsgálatokhoz használt készülék	28
5.	KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	30
5.1.	A fehérjeforrások mintáinak értékelése aminosav összetétel alapján	30
5.1.1.	A vizsgált fehérjekiegészítők minősége.....	31
5.1.2.	Fehérjével dúsított készételek érzékszervi vizsgálata	33
5.2.	A készétel minták értékelése aminosav összetételük alapján	33
5.2.1.	A vizsgált készétel minták minősége	34
5.3.	Elágazó láncú aminosavak.....	36
5.4.	Babfőzelékek <i>in vivo</i> fehérjehasznosulási vizsgálata.....	37
6.	ÖSSZEFOGLALÁS.....	42

7. IRODALOMJEGYZÉK.....	44
8. MELLÉKLETEK	47

PAUFLEER BEÁTA

1. BEVEZETÉS

A táplálkozástudomány, valamint Magyarország hadereje folyamatosan fejlődő és fejlesztendő terület, ezért a szakdolgozati témámat is ezen valós igényeknek megfelelően választottam.

A Magyar Honvédség fő feladatai közé tartozik Magyarország függetlenségének és területének fegyveres védelme a külső támadásokkal szemben, valamint a szövetségi és nemzetközi szerződés értelmében a kollektív védelem és a békefenntartás. A katonai szakértelemre szükség van továbbá egyéb olyan speciális feladatok ellátására, mint az ipari és természeti katasztrófák okozta következmények helyreállítása.

A missziók során a táboron kívüli feladatot végző katonák napi ételmisszer-ellátását ételcsomagok által biztosítják. Tekintettel az átlagon felüli fizikai teljesítményre, a csomagok összeállítására jelentős figyelmet kell fordítani. Az erőnlét megőrzésének és a teljesítőképesség fenntartásának alapfeltétele a megfelelő energia- és fehérjebevitel. Az összesen hétfajta magyar katonai ételmisszercsomagot 2003-ban rendszeresítették az állomány ellátására, amelyeken azóta lényeges változtatásokat nem hajtottak végre.

A fent leírtak miatt indokolt a honvédségi ételcsomagok összetételének elemzése és a fejlesztésekhez szükséges vizsgálatok elvégzése. Az eredmények alapján lehetőség adódhat olyan készételek tervezésére és elkészítésére, amely figyelembe veszi a katonák napi energia és fehérje szükségletét, a gyakorlatok idejére kiszállítható, azonnal fogyasztható vagy felmelegíthető.

2. CÉLKITÚZÉS

A rendelkezésünkre álló ismeretek alapján a honvédségi ételcsomagok összetételüket tekintve nem felelnek meg a nemzetközi gyakorlatban alkalmazott NATO csomagoknak. Mind energia-, mind fehérjetartalmuk alatta marad a szükségesnek, amely a katonák teljesítőképességére negatív hatással lehet. Mivel a fehérjebevitel egyoldalú növelése emésztési és metabolikus zavarokat okozhat, a cél nem a fehérje önálló kiegészítőként (étrendkiegészítő, fehérjeszelet formájában) történő fogyasztása, hanem a napi étrend fehérjetartalmának növelése.

Ezért dolgozatomban megvizsgálom, hogy egy főétkezési adag készétel (hüvelyes főzelék) fehérjetartalmának kiegészítése tejsavó-, illetve tojásfehérjeporral milyen aminosavösszetételi változást eredményez. Állatkísérleti vizsgálatok eredményét felhasználva megállapítom a kiegészített készétel emészthetőségét és a fehérjék emészthetőséggel korrigált aminosavértékét.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. Tápanyag- és energiaszükséglet

Az egészséges életmód fenntartásához fontos tényező a megfelelő mennyiségű és minőségű tápanyagbevitel. Tápanyagszükséglet alatt azon esszenciális tápanyagok mennyiségét értjük, amelyek napi bevitele nélkülözhetetlen egészségünk megőrzésének érdekében.

A tápanyagszükségletet befolyásolja a nem, az életkor, a magasság, a testsúly, az anyagcsere és a fizikai aktivitás is. A tápanyagokat 6 csoportra lehet osztani, ezek közül főként vízből, szénhidrátból, zsírból és fehérjéből áll a napi bevitel. Kisebb mennyiségben visszük be naponta, de létfontosságúak az ásványi anyagok, vitaminok. Ezek közül mindegyik valamilyen funkciót lát el az emberi szervezetben: energiaszolgáltatás, a szövetek fenntartása, valamint az életműködéshez szükséges folyamatok működtetése és szabályozása.

Az energiaszükséglet az az energiamennyiség, amely elsősorban két részből tevődik össze, az alapanyagcseréből és a fizikai aktivitás mértékéből. Az alapanyagcsere, vagyis a Basal Metabolic Rate (BMR) az a legkisebb energiamennyiség, amely a nyugalomban lévő emberi szervezet létfenntartó folyamataihoz szükséges. Mérésénél a legpontosabb értékeket olyan körülmények között kapjuk meg, ha az: „teljes nyugalomban, fekvő testhelyzetben, éber állapotban, standard szobahőmérsékleten, egy réteg ruhában, minimum 12 órája étlen és fizikai aktivitástól mentes állapotban történik.” (Bartusné, 2018) Általában közvetlen mérésre nincs lehetőség, így különböző képleteket dolgoztak ki a BMR becslésére. Ezek közül az egyik legismertebb a Schofield (1985) féle egyenlet, amelyet a WHO és a FAO hivatalosan használ dokumentumaiban. A férfiak és a nők eltérő kalóriaigénye mellett figyelembe veszi az életkort is, valamint a becslés standard hibáját.

1. táblázat: Alapanyagcsere becslése testtömeg kilogrammból (Schofield, 1985 alapján)

	Férfi		Nő	
Életkor (év)	BMR (kcal/nap)	Becslés standard hibája	BMR (kcal/nap)	Becslés standard hibája
<3	$59.512 \times W - 30.4$	70	$58.317 \times W - 31.1$	59
3-10	$22.706 \times W + 504.3$	67	$20.315 \times W + 485.9$	70
10-18	$17.686 \times W + 658.2$	105	$13.38 \times W + 692.6$	111
18-30	$15.057 \times W + 692.2$	153	$14.818 \times W + 486.6$	119
30-60	$11.472 \times W + 873.1$	167	$8.126 \times W + 845.6$	111
>60	$11.711 \times W + 587.7$	164	$9.082 \times W + 658.5$	108

Az 1. táblázatban látható, hogy a BMR kcal/nap értékben van kifejezve, ahol a „W” a testtömeg kilogrammot jelöli. Schofield (1985) becslése alapján egy 28 éves 80 kg-os férfi napi alapanyagcsere-energiaigénye a megfelelő képlettel kb. 1897 kcal, míg egy szintén 28 éves, de 60 kg-os nő kb. 1375 kcal.

Az alapanyagcsere a napi energiaszükséglet 45-70%-át teheti ki felnőttek esetében, függően a fizikai terheléstől. Az energiafelhasználás egyenes arányosságban növekszik az izomműködéssel járó fizikai aktivitás hatására, így azt a különböző fizikai aktivitáshoz tartozó faktorokkal kell korrigálni. A 2. táblázat a felnőttek aktivitásának megfelelő faktorszámait tartalmazza.

2. táblázat: Aktivitástól függő energiaigény egy átlagos felnőtt esetében (1=alapanyagcsere) (FAO nyomán, 2001)

	Fizikai aktivitás szintje (PAL)
Ülő életmód - alacsony aktivitás	1,40-1,69
Mérsékeltén aktív - aktív életmód	1,70-1,99
Fokozott aktivitás	2,00-2,40

Az előző példákat alapul véve, egy mérsékeltén aktív férfi (PAL=1,85) napi teljes energiaszükséglete $1897 \times 1,85$, vagyis kb. 3509 kcal, míg egy mérsékeltén aktív nő (PAL=1,85) $1375 \times 1,85$, vagyis kb. 2544 kcal.

Egy nap alatt általában több különböző tevékenységet végzünk, így, ha pontosabb képet szeretnénk kapni a napi energiaszükségletünkről, akkor figyelembe kell vennünk az egyes tevékenységek energiaigényét. A The Special Operations Forces – Nutrition Guide által

összeállított listában kifejezetten katonai tevékenységek is szerepelnek, valamint a hozzájuk tartozó energia érték kcal/perc-ben. Kiszámolható az egyes tevékenységekre felhasznált energia, amelyeket hozzáadva az alapanyagcseréhez, megkapjuk a teljes napi energiafelhasználást kcal-ban. Az ajánlás szintén meghatározott egyes fizikai aktivitásokhoz 5 faktort is, amelyek a FAO állításaival hasonlatosak (1. ábra).

Table 2-1. Physical Activity Factor for Various Levels of Activity			
General Activity	Activity Factor (x REE)		
		Moderate: Carrying a load, jogging, light swimming, biking, calisthenics, scuba diving.	1.7
Very Light: Seated and standing activities, driving, playing cards.	1.3	Heavy: Walking with a load uphill, rowing, digging, climbing, soccer, basketball, running, obstacle course.	2.1
Light: Walking, carpentry, sailing, playing ping-pong or pool, golf.	1.6	Exceptional: Running/swimming races, cycling uphill, carrying very heavy loads, hard rowing.	2.4

1. ábra: Fizikai aktivitás faktorok (Deustere et al., 2017)

3.1.1. Katonák tápanyag- és energiaszükséglete

A katonai étrendek kialakításakor a NATO STANDARD vehető alapul, miszerint az átlagosan 79 kg „referencia férfi” napi energiaszükséglete 3600 kcal, fehérjeszükségleti minimuma 118g, vagy az energiabevitel 13%-a. (NATO, 2013)

A NATO (2010) Kutatási és Technológiafejlesztési Szervezete felmérte a tagállamai, valamint más nemzetek MRE csomagjainak tápértékét. Feladata, hogy irányítsa és segítse az együttműködésen alapuló kutatást és információcserét, valamint támogassa a nemzetek védelmi célú kutatásainak és technológiafejlesztéseinek fejlődését és hatékony alkalmazását. A résztvevő és elemzett országok: Ausztrália, Belgium/Franciaország, Csehország, Egyesült Államok, Hollandia, Kanada, Németország és Olaszország (Melléklet 1. táblázat). Az ételcsomagok energiatartalma átlagosan 3687 kcal, amely a normál hadműveletet végző katonák napi szükségletét fedezi (4.táblázat). A fehérjetartalom átlagosan 112g, a fehérjéből származó energiabevitel a napi energia 11-13%-a között változik, amely az általános fehérjebeviteli arányoknak megfelelő.

Az ismert magyar honvédségi csomagok (H5, H6, H7) tápértékei nem felelnek meg az általánosan alkalmazott irányelveknek (3. táblázat).

3. táblázat: A magyar honvédségi csomagok tápértéke összehasonlítva a NATO átlaggal (Hajas, 2017 nyomán)

Fejadag	H5	H6	H7	Átlag	NATO átlag
Szénhidrát (g)	397	480	484	454	527
Szénhidrát (%)	68	64	66	66	57
Fehérje (g)	94	76,5	106	92	112
Fehérje (%)	16	10	14	13	12
Zsír (g)	41	87	64	64	128
Zsír (%)	16	26	20	21	31
Energia (kcal)	2332	3017	2927	2759	3687

A H5: 94g, a H6: 76,5g, a H7: 106g fehérjét tartalmaz. Ez a fehérjemennyiség átlagosan kb. 20%-kal kevesebb, mint a NATO által összeállított csomagok tápértékei. A NATO NRF (NATO Response Forces – NATO Reagáló Erők) állományába vezényelt katonák számára készült ajánlott napi fehérje- és energiabeviteltől is lényegesen elmaradnak a honvédségi csomagok (4. táblázat). Az összes energiatartalom átlagosan 2759 kcal, amely a civil norma minimumát sem éri el. Ezek alapján javasolt a csomagok fehérjével való kiegészítése, amelynek következtében a napi energiabeviteli érték is javulni fog. Az egységnyi tömegre jutó tápanyag és energiatartalom emelkedése minőségbeli javulást okoz.

4. táblázat: A NATO NRF állományába vezényelt katonák számára készült ajánlott tápértékei (Hajas, 2017)

Tápanyag	NRF művelet		Extrém körülmények			Civil norma
	Normál művelet	Harci művelet	>30°C meleg	<0°C hideg	3500m felett	
Energia (kcal)	3600	4900	4900	4900	4700	2900
Szénhidrát	494g (404-584)	675g (552-797)	676g (552-797)	677g (552-797)	711g (533-770)	395g (323-466)
Fehérje	180g (135-225)	246g (184-307)	247g (184-307)	248g (184-307)	187g (178-196)	144g (108-179)
Zsír	110g (80-140)	150g (109-191)	151g (109-191)	152g (109-191)	132g (105-184)	80g (64-111)
Rost	30g	30g	30g	30g	30g	30g

3.1.2. A magyar honvédségi csomagok fejlesztése

Az 2. ábrán a H7 magyar honvédségi ételcsomag összetételét mutatom be, a H5 és H6 csomagok összetétele a Melléklet 2. és 3. ábráján látható.

A H7-ben található ételek összes energia tartalma 2927 kcal, ezáltal eltér a normál műveletre javasolt értékektől (4. táblázat). Az összes fehérje tartalom 105,9g, amely az elérhető készétel csomagok közül a legmagasabb érték, energiatartalma a napi energia 14%-a. A rosttartalom 27,83g, amely az egészséges táplálkozás szempontjából kedvező. A fehérje mennyisége energia-hányadában nem éri el az ajánlott értékeket és a NATO csomagok átlagos fehérjetartalmától (180g) is elmarad. A fehérjéből 73,75g származik állati eredetű ételekből, 32,15g növényi fehérje. Magas fizikai terhelés esetén az állati fehérjék nagyobb arányú (60-66%) részesedése javasolt, amely a H7 esetében teljesül. (Bartusné, 2018) Összességében rendkívül alacsony fehérjetartalom ebben az élelmiszerkörnyezetben még biológiai hozzáférhetőség és hasznosulás szempontjából is kedvezőtlen, tehát emésztése, felszívódása és beépülése sem optimális.

Magyar H7 csomag tartalma	db	adag	Energia	Fehérje	állati	növényi	Zsír	állati	növényi	koleszterin	Szénhidrát	cukor	hozzáadott cukor	keményítő	rost
Zöldborsós pulykaragu	1	300 g	285	34,8	27,8	7	11,3	1,2	10,1	70	11	4,3		6,7	3,5
Csirkeragu		300 g	177	25,2	23,2	2	5,5	0,9	4,6	54	6,7	1,9		4,7	2,5
burgonyával			222	3,9		3,9	9,3	9	0,3		30,7	1,7		29	3,78
Uzsonnakrém bacon-nel	2	75g	215	12,15	10,15	2	17,3	9,4	8,3	92	2,7			2,7	
Sertésmáj pástétom	2	75g	177	9,2	9	0,2	13,1	5,4	7,7	95,5	5,6	1,4		4,2	
Paradicsomleves		20 g	71	1,85		1,85	1,5		1,5	1,57	12,5	1,4	1,9	9,2	0,35
Reggeli ital	1	20g	64	3,6	3,6		2,8	2,8			6,1	5,3	0,8		
Lapkakenyér	4	6 lap	353	13,7		13,7	1,9		1,9		70,3	2,3		68	9,7
Teapor	1	140 g	570								142,5	142,5			
Aszaltgyümölcs	1	100g	282	1,5		1,5	1,7		1,7		65,2	62,6		2,6	8
Szőlőcukor	1	80g	328								82	80		2	
Minifrutta gyümölcsös cukorka	5	2g	33								8,3	8,3			
Rágógumi	1	csomag	30								10	8			
Kristálycukor	6	5g	120								30	30			
Ételízesítő	2	2g													
Só	2	2g													
			Energia	Fehérje	állati	növényi	Zsír	állati	növényi	koleszterin	Szénhidrát	cukor	hozzáadott cukor	keményítő	rost
Összes			2927	105,9	73,75	32,15	64,4	28,7	36,1	313,07	483,6	349,7	2,7	129,1	27,83
				423,60	295,00	128,60	579,60	258,30	324,90		1934,40	1398,80	10,80	516,40	
				14%			20%				66%				
Napi ajánlott átlag (g) normál műveletre			3600	180 135-225 20%			110 80-140 28%			300 mg	494 404-584 55%				30

2. ábra: A magyar H7 csomag tartalma és összetétele

Az ételcsomag szénhidráttartalmának összértéke 483,6g, amely megfelel a javasolt napi beviteli értéknek, azonban ebből 352,4g egyszerű szénhidrát. Ez nem tekinthető ideálisnak, hiszen a cukrok bőven meghaladják a teljes energia bevitel tizedét. A cukrok általában magas glikémiás indexűek, gyorsan felszívódnak, és hirtelen inzulin emelkedést okoznak, ami azonban a gyors vércukorszint emelkedése és esése miatt inzulinrezisztenciához vezethet. Az inzulin-szint ingadozása nehezíti a fehérjék és zsírok felvételét és beépülését a sejtekbe, a gyors vércukor esés pedig a fizikai terhelhetőség csökkenését, gyors kimerülést okoz (Tessari et al, 2011).

A napi fehérjebevitel kb. 50%-a származik a főétkezésnek számító készételekből, ezért célunk a csomagokban megjelenő, jelenleg a piacon rendelkezésre álló konzervek fehérje tartalmának növelése.

Első lépésként e konzervek fehérjetartalmát gyűjtöttük össze és vizsgáltuk meg (Melléklet 2. táblázat). Az átlagos fehérjetartalom (a kereskedelmi forgalomban kapható 65 készétel összetételi adataiból számolva) 21,54g/400g ételadag. A cél a főétkezések fehérje tartalmának növelése 50g/400g ételadag mennyiségre.

A mennyiség növelését olyan állati eredetű fehérjeporokkal (tojás- és tejsavófehérje) kívánjuk végrehajtani, melyek egyben a készétel aminosav összetételét is javítják, biztosítva ezzel az elfogyasztott fehérje optimális hasznosulását. A különböző állati és növényi fehérjék esszenciális aminosavtartalma és aminosavösszetétele eltérő, így egymást kiegészítve biológiai értékük növelhető, sőt a referenciának tekintett tojás biológiai értékénél nagyobb hasznosulási érték érhető el. Több szakirodalom igazolja például a tojás- és tejsavófehérjék kombinációjának 120%-os biológiai értékét, melyeket vizsgálatainkban alkalmazunk (Matsuoka et al, 2019).

3.2. Fehérjék

Fő tápanyagbeviteli forrásunk a szervezetet felépítő, energiát szolgáltató és egészséget fenntartó makrotápanyagok, más néven makronutriensek. Ezek közé tartoznak a szénhidrátok, a fehérjék és a zsírok.

A fehérjék hosszú láncú, aminosavakból felépülő makromolekulák. Számos változatos funkciót látnak el a szervezetben, de elsősorban a sejtek építőanyagai, csak másodlagos szerepük az energiaszolgáltatás. A fehérjék fontosságát az mutatja meg, hogy minden élő

sejtben megtalálhatók, valamint kiemelt szerepük van az életfolyamatok megfelelő lezajlásában. „A fehérjék kifejezői az élőlényekre jellemző összes sajátágnak, illetve tulajdonságnak, amit a biológiai információs rendszer tartalmaz.” (Gubicskóné Kiss, Szabó, 2015)

Az aminosavak a szomszédos amino- és karboxilcsoportjaik között peptidkötéssel kapcsolódnak egymáshoz, létrehozva ezzel a peptideket. Két aminosav összekapcsolódásából dipeptidek, háromból tripeptidek, legfeljebb tíz aminosavból oligopeptidek, míg tíznél több aminosavegységből polipeptidek keletkeznek. A fehérjék olyan polipeptidek, amelyek 100 körüli aminosavat tartalmaznak.

3.2.1. Fehérjék szerkezete

A fehérjék funkcióit térszerkezetük szintje határozza meg. Az elsődleges (primer) szerkezet az aminosavak peptidkötéssel való kapcsolódási sorrendje, ez a fehérje aminosav-szekvenciája. A kialakult aminosavsorrend meghatározza a fehérjék fő tulajdonságait. A másodlagos vagy szekunder szerkezet kialakulásának oka, hogy a szerves molekulákban, mint a fehérjékben jellemzően nagy az atomok mozgási szabadsága a kémiai kötések körül. Az így kialakuló hidrogénhid kötések miatt a polipeptidláncok háromdimenziós térszerkezetet vehetnek fel. Két féle másodlagos szerkezet ismert, az alfa-hélix és a béta-redő, amelyet 1951-ben Pauling és Corey bizonyított be. A harmadlagos (tercier) szerkezet a másodlagos szerkezet térstruktúráit stabilizálja, így létrejön a polipeptidlánc háromdimenziós térbeli szerkezete (konformációja), amely lehet fonal- vagy gömbszerű. A fehérjék általában több polipeptidláncból épülnek fel, így azok szintézise után a fehérje alegységek összekapcsolódnak egy egységgé, létrehozva a negyedleges (kvaterner) szerkezeti szintet. (Gubicskóné Kiss, Szabó, 2015) „Ennél a szerkezeti szintnél azt jellemezzük, hogy az egyes alegységek a többi alegységhez képest miként helyezkednek el a térben.” (Nyitray, Pál, 2013)

3.2.2. Fehérjék funkciói

A fehérjék a sejtek egyik legfontosabb építőelemei. Az emberi szervezet fehérjetartalmának legnagyobb mennyisége a strukturális szöveteket alkotják. Ebből 43% az izomszövetekben található, míg a bőrben 15%. Ezek a fehérjék (kollagén, aktin és miozin) a sejten belüli szerkezet felépítéséért felelősek, de az aktin és a miozin ezenkívül fontos szerepet játszik a

motorikus folyamatokban is, ilyenkor enzimként működnek. Minden enzim fehérjéből szintetizálódik, amelyek részt vesznek az anyagcsere-folyamatokban (pl.: amiláz), illetve transzportfolyamatokban (pl.: hemoglobin). Ezen funkciókon kívül a fehérjék lehetnek még hormonok (pl.: inzulin, növekedési hormon), valamint az immunrendszer védelmére és megfelelő működésére létrejöhetnek immunglobulinok. (Webster-Gandy et al., 2012; Fritz et al., 2017)

Az étellel bevitt szénhidrátok és zsírok a fő energiaforrása az emberi szervezetnek, míg a fehérjék a szervek fenntartásához szükségesek. Nem megfelelő fehérjemennyiség esetén azonban a vázizmok aminosavtartalma válik a szervek legfontosabb forrásává. Éhezés, valamint gyakran intenzív mozgáskor a fehérjéket energiaszolgáltatásra is felhasználhatja a szervezet, mivel a makronutriensek étellel bevitt mennyisége nem fedezi a minimális energiaigényt. A létfontosságú szervek és a vércukorszint optimális szinten tartása az elsődleges ilyen esetben, amelynek hatására a ketogén és glükogén aminosavak lebomlanak és az izmok fehérjét veszítenek. Ha a fehérjemennyiség elegendő, akkor energia is rendelkezésre állhat. 1 gramm szénhidrát 16 kJ, 1 gramm zsír 37 kJ, 1 gramm fehérje pedig 17 kJ energiát biztosít. A szervezetben nincsenek fehérjeraktárak, mint a szénhidrát és a zsírok esetében, így az izmok megtartásához és az optimális működéshez napi többszöri alkalommal fehérjebevitel ajánlott.

3.3. Aminosavak

A fehérjék sokoldalú biokémiai funkciói az azokat felépítő aminosavaknak köszönhető. A természetben számos (kb. 200 féle) aminosav fordul elő szabad aminosavként vagy aminosavszármazékként, de kis mennyiségben. Ezzel szemben az emberi szervezet fehérjéit alkotó aminosavak kötött állapotban vannak és 20-félét különböztethetünk meg. Egyes írások (Ádám, 2016) megneveznek egy 21. proteinogén (fehérjealkotó) aminosavat is, a szerinből képződő szelenociszteint, amely több, mint 25 humán fehérje szerkezetében található meg. A fehérjemolekulák felépítésében kizárólag alfa-aminosavak vesznek részt. Az alfa-aminosavak a glicin kivételével optikailag aktívak (királisak), a lineárisan polarizált fény síkját elforgatják. Az elforgatás irányát tekintve lehetnek L- (balra forgató) és D-enantiomerek (jobbra forgató). Az élő szervezetek fehérjeiben L-konfigurációjú aminosavak vannak jelen.

Az aminosavak közös tulajdonsága, hogy egy azonos felépítésű és egy eltérő szerkezeti egységből állnak. Az azonos rész egy aminocsoportot ($-\text{NH}_2$) és egy karboxilcsoportot ($-\text{COOH}$) tartalmaz, amelyek az alfa-szénatomhoz kapcsolódnak. Az aminosavak általános képletében az egyes aminosavakra jellemző oldalláncokat R csoportként jelölik, szintén az alfa-szénatomhoz kapcsolva. Az R csoport lehet apoláros, poláros, pozitív és negatív töltésű, míg az amino- és karboxilcsoportok reverzibilis módon protonálódhatnak és deprotonálódhatnak. Az aminosavak amfoter vegyületek, mert vizes oldatban egyaránt viselkedhetnek savként vagy bázisként, függően az oldat pH-jától. Semleges kémhatású oldatban az aminosavak pozitív töltésű ammóniumcsoportot ($-\text{NH}_3^+$), és negatív töltésű karboxilátcsoportot ($-\text{COO}^-$) tartalmaznak, ezt hívjuk ikerionos szerkezetnek. Bázikus környezetben az aminocsoport is deprotonálódik, savas pH-értékű oldatban mindkét funkciós csoport protonált formában van jelen. Előbbi esetben az aminosav negatív, utóbbinál pozitív össztöltésű lesz. Azt a pH-értéket, ahol az össztöltés semleges, - vagyis az aminosav teljes mértékben ikerion formában van, - az aminosav izoelektromos pontjának nevezzük. Ez a pont közelítőleg semleges pH-n van, de az oldallánc kémhatásától függően eltolódhat savas, vagy lúgos irányba is. (Csapó és Csapóné, 2003)

A peptidek létrehozásához az aminosavak aminocsoportjai peptidkötéssel hozzákapcsolódnak egy másik aminosav karboxilcsoportjához, ez a folyamat vízkilépéssel jár. Két különböző aminosavból kétféle dipeptid keletkezhet attól függően, hogy melyik funkciós csoporttal kapcsolódott az egyik aminosav a másikhoz, vagyis melyik aminosavrész az N-terminális és melyik a C-terminális. A két dipeptid fizikai és kémiai tulajdonságaikban is lényegesen eltérőek. Az így létrejövő különböző fehérjék eltérő koncentrációban tartalmazzák az aminosavakat. (Csapó és Csapóné, 2003)

Tulajdonságaikat tekintve többféleképpen csoportosíthatjuk az aminosavakat, de táplálkozásbiológiai szempontból esszenciális, félig esszenciális és nem esszenciális aminosavakat különböztetünk meg. Ez a fajta csoportosítás az 5. táblázatban látható. Nemzetközi megállapodás szerint az aminosavakat hárombetűs rövidítéssel jelölik.

5. táblázat: Aminosavak csoportosítása táplálkozásbiológiai szempontból (Csapó és Csapóné nyomán, 2003)

Aminosavak		
Esszenciális	Félig esszenciális	Nem esszenciális
Fenilalanin (Phe)	Cisztein (Cys)	Alanin (Ala)
Hisztidin (His)	Tirozin (Tyr)	Arginin (Arg)

Izoleucin (Ile)	Aszparagin (Asn)
Leucin (Leu)	Aszparaginsav (Asp)
Lizin (Lys)	Glicin (Gly)
Metionin (Met)	Glutamin (Gln)
Treonin (Thr)	Glutaminsav (Glu)
Triptofán (Trp)	Prolin (Pro)
Valin (Val)	Szerin (Ser)

3.3.1. Esszenciális aminosavak

Az aminosavak elsősorban a táplálkozás során és a legnagyobb mennyiségben fehérjék formájában kerülnek az anyagcsere útba. A nem esszenciális aminosavak szintetizálására a szervezet is képes, valamint elegendő mennyiségben állnak rendelkezésre. Egy felnőtt ember számára 9 aminosav esszenciális (His, Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Thr, Trp, Val), amelyeket kizárólag az élelmiszerek elfogyasztásával tudunk biztosítani az egészséges állapot megőrzéséhez. A szintetizálás egy energiaigényes folyamat, így az evolúció során az emberi sejtek azért veszítették el szintetizálóképességüket ezekre az aminosavakra, hogy energiát takarítsanak meg. Félig esszenciálisak (Cys, Tyr) azok az aminosavak, amelyek egy másik esszenciális aminosavból állíthatók elő. Ezeken kívül fontos megjegyezni a szemiesszenciális Arginin-t, amelynek pótlására főként kisgyermekkorban és fokozott fizikai vagy lelki megterhelés esetén kell odafigyelni, mert a lassú szintézis miatt nem elegendő a mennyisége. (Ádám, 2016; SZTE, 2012)

Egy egyén étrendjének kialakításakor a fehérjebeviteli mennyiség, valamint a fehérjék minősége és aminosav-összetétele is meghatározó. A fehérjeszintézis folyamatának zavartalan lezajlásához szükség van arra, hogy az összes aminosav jelen legyen egy időben és elegendő mennyiségben. Az összes aminosavval rendelkező, ezáltal komplett fehérjét teljes értékűnek tekinthetjük, így egyedüli fehérjeforrásként is elegendőek. Komplet állati eredetű fehérje forrás pl. a tojás, a tej, a hal vagy a húsfélék. Amennyiben a bevitt táplálékból hiányzik valamelyik esszenciális aminosav, az a többi aminosav részvételét is korlátozza a fehérjeszintézis során. Egy adott fehérjében lévő esszenciális aminosavat limitálónak nevezünk, ha a FAO/WHO által javasolt referenciafehérje (tyúktojás fehérje) aminosav-összetételében szereplő, megfelelő aminosavhoz viszonyítva a legkisebb százalékos arányban fordul elő. A leggyakrabban a lizin, a metionin, és a triptofán a limitáló aminosav. Gabonafélék esetében a lizin, a hüvelyesekben a metionin, a kukoricában pedig a triptofán

és a lizin számít limitálónak. A biológiai érték mérésével azt kapjuk meg, hogy az élelmiszerekből mennyi épül be a szervezetet felépítő fehérjékbe. A mérés kétféleképpen történhet: valós százalékos hasznosulással vagy egy jól hasznosuló fehérjeforráshoz viszonyított százalékos hasznosulással. A biológiai érték függ az aminosav összetételtől, a limitáló aminosavtól, az étel elkészítési módjától és a vitamin és ásványianyag tartalomtól. Referenciafehérjeként elsősorban azért a tyúktojás fehérje szerepel, mivel a biológiai értéke 100%-nak tekinthető. Az egyes élelmiszerek biológiai értékei a 6. táblázatban láthatók. (SZTE, 2012; Gubicskóné és Szabó, 2015)

6.táblázat: Élelmiszerek biológiai értéke (SZTE alapján, 2012)

Biológiai érték (%)	
Laktalbumin	104
Tojás (viszonyítási alap)	100
Marhahús	92
Hal	83-92
Tej	88
Sajt	84
Szójafehérje	84
Burgonya	73
Rizs	63
Búzaliszt	53

Egyes növényi fehérjék inkompletek, ezáltal a biológiai értékük is kisebb, kevésbé hasznosíthatóak a fehérjeszintézis során. Az ilyen fehérjéket komplettálással lehet magasabb biológiai értékűvé alakítani, amely a fehérjék egymással való kiegészítését jelenti. A komplettálás során ezért úgy kell kiválasztani az élelmiszereket, hogy jól emészthetőek legyenek, valamint eltérő limitáló aminosavval rendelkezzenek. A 6. táblázatban látható, hogy a burgonya önállóan 73%-os biológiai értékkel rendelkezik, míg tojással kiegészítve (36%-ban tojás és 64%-ban burgonya) a biológiai értékük együtt 136%-ra emelkedhet. A komplettálás akkor teljesül, ha a különböző fehérjék egy időben kerülnek elfogyasztásra, de legkésőbb 2 napon belül. (SZTE, 2012)

3.4. Fehérje szükséglet

Nem elegendő fehérjebevitel hatására jellemzően általános gyengeség lép fel, megkezdődik az izmok sorvadása, csökken a teljesítőképesség, valamint fogékonyabbá válik a szervezet a fertőzésekkel szemben. A fehérjeszükséglet egyben aminosav-szükségletet is jelent. A

fehérjéket a szervezet folyamatosan lebontja aminosavakká, majd ezekből új fehérjéket szintetizál a sejteknek. A napi átlagos fehérjelebontás 200-350 g, ebből 50 g kiürül a szervezetből (urea, kreatinin, húgysav) a vizelettel. A fehérje az egyetlen nitrogéntartalmú makrotápanyag (az amino-csoportban található a nitrogén), így csak elegendő mennyiségű nitrogén jelenlétekor lesz elegendő mennyiségű fehérje. A fehérjeszükséglet a fehérjeürítés alapján számolható, a távozó nitrogén mennyiségének mérésével. Ha az ürített és a táplálékkal felvett nitrogénmennyiség egyensúlyban van, akkor csak a létfenntartáshoz elegendő fehérjebevitel teljesül. Az élettani fehérjeminimum fiatal férfiak esetében 0,6 g/ttkg/nap, de az optimális működéshez pozitív N-mérlegre van szükség. A megfelelő fehérjebevitel eléréséhez figyelembe kell venni azt is, hogy az aminosavösszetétel, valamint a fehérje hasznosulása nem minden esetben ideális, így a táplálkozási ajánlások szerint átlagos aktivitású felnőtt esetén napi 0,8-1 g/ttkg mennyiség javasolt. A napi energiabevitel optimálisan 10-15% fehérjét tartalmaz. (Bartusné, 2018; Sforza et al., 2019)

Az emberi fehérjeigény függ - többek között - az életkortól, nemtől, egészségi állapottól és a fizikai aktivitástól. Az élsportolókhoz hasonlóan a haderő egy része fokozott igénybevételnek van kitéve, ezért a katonai fehérjeszükségletet a szélesebb körben tanulmányozott sporttáplálkozás irányelvei alapján határozható meg. Sportolóknál átlagosan napi 1,2-2 g/ttkg közötti fehérjebeviteli mennyiség ajánlott, amely az izommunka során keletkezett mikrosérülések javításához, az izmok hypertrophiájához és ellenállóképességéhez, valamint az optimális élettani funkciókat ellátó összes plazmafehérje megfelelő termelődéséhez is szükséges. (Fritz et al, 2017) Hazai vizsgálatok szerint (Horváth, 2021) a magyar katonai élelmezésvezetők többsége egyéb sporttáplálkozási elvet nem ajánlana követni, a tervezhetetlenség és a kiszámíthatatlanság miatt.

A fokozott fizikai igénybevétel mellett elkerülhetetlenek az izmok és egyéb szöveti sérülések. Ez stresszreakciót vált ki, amely megnöveli a szervezet energiaigényét. Elsősorban elegendő kalóriára és a fehérjére van szükség, mivel a gyógyulás elősegítésének érdekében az aminosavak és fehérjék metabolizmusa megnövekszik. Gyógyulás alatt kb. 2-3g/ttkg/nap fehérje bevitele ajánlott (Tripton, 2015)

3.5. Emészthetőségi vizsgálatok

Az élelmiszerek esetében az egyes komponensek tápértékének összege nem egyezik meg a szervezet által valójában elérhető tápértékkel. A realisztikus megítéléshez ezért az aminosav összetételi mutatót az emészthetőséggel szükséges korrigálni. Az emészthetőségi mutatók elsődlegesen állatkísérletek elvégzésével ismerhetők meg. A kiegészített fehérje tartalmú készítmények emészthetőségének vizsgálata *in vitro* és *in vivo* emésztési vizsgálatokkal valósultak meg.

3.5.1. *In vitro* emésztés

Az *in vitro* („az üvegben”) végzett vizsgálatok nem az élő szervezetben, hanem azon kívül zajlanak le, például kémcsőben vagy Petri-csészében. Az *in vitro* kísérletek egy kísérleti változó hatásait vizsgálják az organizmusok bizonyos részeire. Általában szerveket, szöveteket, sejteket, sejtalkotókat, proteineket vagy biomolekulákat vizsgálnak. Az *in vitro* módszerek könnyebben értelmezhetőek, kevésbé munkaigényesek, nincs etikai korlátjuk, valamint költséghatékonyabbak az *in vivo* vizsgálatoknál. Azonban az ilyen kísérletek eltérő eredményekhez vezethetnek, mintha a folyamat élő szervezetben zajlana, így nem helyettesíthetik az *in vivo* kísérleteket, de a minták előszűrésében, rangsorolásában, osztályozásában fontos szerepet töltenek be. Az állatetelési kísérletek előszűrésével kevesebb kísérleti állatra van szükség.

Az emésztés során bonyolult biokémiai folyamatok zajlanak le, amely miatt nehezen lehet pontosan reprodukálni. Az *in vitro* emésztési modellekkel vizsgálható az emésztőrendszeren áthaladó élelmiszerekből felszabaduló komponensek bioaktív funkciója (bioactivity), biológiai hozzáférhetősége (bioaccessibility), valamint a felszívódás helyén a szervezet számára való biológiai elérhetősége, biológiai hasznosulása (bioavailability). A vizsgálati céltól függően a modell lehet statikus, dinamikus vagy szemi-dinamikus. Az emésztés vizsgálatára leggyakrabban a statikus modellt alkalmazzák, amellyel a fizikai folyamatok (pl.: rágás) korlátozottan imitálhatóak. A fehérjét is *in vitro* statikus emésztéssel vizsgálják, amely során szimulált emésztőnedveket használnak, mint a nyál-, a gyomor- és a vékonybél-folyadék. Ezeknek tartalmazniuk kell a megfelelő elektrolit oldatot, emésztő enzimeket (alfa-amiláz, pepszin, pankreatin), kalcium-kloridot és vizet. Az alfa-amiláz egy keményítőtörő enzim, így a fehérje-bontás modellezése során elhagyható. Az emésztett

mintákat ezután liofilizált (fagyasztva szárított) formában gélelektroforetikus vizsgálat alá vetik, ahol a megemésztett fehérjék eloszlását mérik. (Antal et al., 2020)

3.5.2. *In vivo* emésztés

Az élő organizmusok biológiai komplexitását nem lehet Petri-csészében lemodellezni, ezért a pontosabb kutatási eredmények *in vivo* („élőben”) vizsgálatokat igényelnek. Az ilyen kísérleteket egész, élő szervezeteken (állatokon, növényeken) hajtják végre, ahol a különböző biológiai egységek hatásait vizsgálják. Megkülönböztetünk „kis állat” (pl.: rágcsáló), illetve „nagy állat” (pl.: sertés) modelleket. A kis állatokon végzett kísérletek előnye, hogy nagy esetszámban végezhetőek, valamint alkalmasabbak molekuláris biológiai és biokémiai vizsgálatokra. Bizonyos esetekben azonban az ilyen modellből származó adatok nem adaptálhatók a humán viszonyokra, ezért szükség lehet a „nagy állat” modellek alkalmazására. (SZTE, 2007)

Az állati modellvizsgálatok egyik legfontosabb kezdeti lépése a kontroll és kísérleti csoportok kialakítása. A kontroll csoport azért szükséges, mert ahhoz képest határozható meg egy beavatkozás következtében fellépő változás mértéke. A takarmány és ivóvíz bevitele rágcsálók esetében leggyakrabban *ad libitum* történik, tehát az állat tetszés szerint fogyaszthat. A naponta bevitt mennyiség meghatározásához tápbemérést és tápviisszamérést kell végezni az etetőből, az állatok testtömeg változásának megállapításához testtömeg mérést. A vizelet-, és bélsár gyűjtése szintén naponta kell történjen a fehérje hasznosulás megállapításához. A megfelelő állatkísérleti körülmények esetén is ronthatják a fehérje hasznosulását az aminosavak imbalansza, a funkcionálisan aktív antinutritív vagy toxikus anyagok jelenléte. Ez a diétából származó egységnyi fehérjére számított hasznosulás mutatóival és endogén fehérje változás mértékével nyomon követhető. Ezért a növekedésben lévő patkányok fehérje hasznosulását N-egyensúlyi vizsgálattal bizonyítják, amely a diétából származó, egységnyi N-bevitelre számított N-beépítés arányával (True Digestibility - TD; Net Protein Utilization - NPU; Biological Value - BV) jellemezhető.

3.5.3. Fehérje hasznosulás

A fehérje minősége az esszenciális aminosav-összetétele, az emészthetősége és az aminosavak biológiai hozzáférhetősége alapján határozható meg. A fehérjeminőség meghatározására számos módszer áll rendelkezésre.

A fehérjehatékonysági-arány (Protein Efficiency Ratio - PER) a fehérje hatékonyságát az állatok növekedésének méréséből határozza meg. A módszer elvégzéséhez a patkányokat teszt fehérjével etetik, majd mérik a súlygyarapodást az elfogyasztott fehérje mennyiségéhez képest (g/g elfogyasztott fehérje). A kapott számot összehasonlítják a kazein fehérjével etetett patkányok 2,7-es standard értékével. Minden olyan fehérje, ami meghaladja a 2,7-es értéket, kiváló fehérje forrásnak számít. A módszer hibája, hogy a patkányok növekedése nem korrelál az emberi szervezet növekedésével. (Hoffman & Falvo, 2004)

A biológiai érték (BV) a fehérje minőségét a szövetek felépítéséhez felhasznált nitrogén és a táplálékból felszívódott nitrogén mennyiségének arányából határozza meg. A kapott értéket százzal szorozva százalékban kifejezhető a nitrogén hasznosulási mértéke. A biológiai érték mérésével megkapjuk, hogy az emberi szervezet mennyire hatékonyan képes hasznosítani a táplálékkal bevitt fehérjét. A magas esszenciális aminosav tartalom magasabb biológiai értékkel jár. Az állati eredetű fehérjéknek jellemzően nagyobb a biológiai értéke, mint a növényi forrásból származó fehérjéknek, ennek oka, hogy a növényekben általában hiány van valamelyik esszenciális aminosavból. Ez a fehérjeminősítő módszer nem vesz figyelembe több tényezőt, amelyek befolyásolhatják a fehérje emészthetőségét, valamint a többi táplálékkal való kölcsönhatásokat a felszívódás előtt. Ezáltal a maximálisan elérhető értéket mutatja.

A nettó fehérjehasznosulás (NPU) hasonló a biológiai érték eljárásához, mivel mindkettő ugyanazt a nitrogén-visszatartási paramétert méri. A különbség közöttük, hogy a biológiai érték meghatározásakor a felszívódott nitrogén mennyiségéből, a nettó fehérje hasznosulás esetében az elfogyasztott nitrogén mennyiségéből számítják ki a nitrogén visszatartást. (Hoffman & Falvo, 2004)

A fehérje hasznosulás egyik legszéleskörűbben alkalmazott módszere a PDCAAS (Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score). Ennek kiszámításához fontos ismerni előljáróban az aminosav érték és a valódi emészthetőség fogalmát.

Az aminosav érték (Amino Acid Score - AAS) azt mutatja meg, hogy a táplálékból felszívódott nitrogén milyen hatékonysággal tudja kielégíteni a szervezet számára szükséges aminosav értéket. Ez az érték 1g teszt fehérje limitáló aminosav tartalmának, valamint ugyanennek az aminosavnak 1g referencia mintában lévő mennyiségének arányából számítható. A FAO/WHO a felnőttekre vonatkozó referencia értékek a 7. táblázatban láthatók. (FAO, 2013)

7. táblázat: Az esszenciális aminosavak mennyisége a referencia mintában (FAO, 2013)

Esszenciális aminosav	Referencia minta (mg/g fehérjeszükséglet)
Hisztidin	16
Izoleucin	30
Leucin	61
Lizin	48
Metionin és cisztein	23
Fenilalanin és tirozin	41
Treonin	25
Triptofán	6,6
Valin	40

A valódi emészthetőség az élelmiszer és széklet nitrogéntartalma alapján határozható meg. A FAO/WHO 1989-ben javaslatot tett, hogy az aminosav értéket a teszt fehérje valódi emészthetőségével (True Fecal Digestibility - TD) korrigálva megkapjuk a fehérje emészthetőséggel korrigált aminosav értéket (PDCAAS). A PDCAAS azóta is a legelterjedtebb és legszéleskörűben alkalmazott módszer a fehérje minőségének meghatározására (8. táblázat). (Schaafsma, 2000)

8. táblázat: Fontosabb fehérjeforrások biológiai mutatói (Hoffman & Falvo, 2004)

Fehérjeforrás	PER	BV (%)	NPU (%)	PDCAAS
Marhahús	2,9	80	73	0,92
Fekete bab	0,0	0	0	0,75
Kazein	2,5	77	76	1,00
Tojás	3,9	100	94	1,00
Tej	2,5	91	82	1,00
Földimogyoró	1,8	-	-	0,52
Szója fehérje	2,2	74	61	1,00
Búza glutén	0,8	64	67	0,25
Tejsavó fehérje	3,2	104	92	1,00

A 8.táblázat alapján is látható, hogy a növényi forrású fehérjék rosszabban hasznosulnak, az állati eredetűeknél.

3.6. Aminosav-analízis

Aminosav-analízis során fehérjék és peptidek aminosavösszetételének és aminosavtartalmának mennyiségi meghatározására van lehetőség, amely általában a vizsgált mintában jelenlévő aminosavak kromatográfiás elválasztásával történik.

Az analízis elvégzése az aminosavak két formájában lehetséges, szabad aminosavként vagy hidrolizátumként. A szabad aminosavakat sósavval extrahálják a mintából, azonban a fehérjék vizsgálatát megelőzi azok – általában savas - hidrolízise. A legelterjedtebb eljárás során a mintához 6 M-os sósavat adnak, amely gyakran 0,1-1,0% fenolt tartalmaz, hogy a tirozin halogéneződését megakadályozza. Az aminosavak fehérjeláncból való kiszabadításához a mintákat 24 órán át 110°C-on tartják, az oxidáció elkerülése érdekében inert gáztérben vagy vákuumban. A hidrolízis után a szűrletet 60°C-on bepárolják, ügyelve arra, hogy szárazra párolás esetén veszteség lép fel az aminosavak bomlása miatt. Ezután a bepárolt mintákat átmoszák, majd 2,2 pH értékű pufferrel hígítják. A hidrolízis-módszerek változásokat okozhatnak az aminosavakban, ami mérési hibához vezethet. A savas hidrolízis során a triptofán elbomlik, a szerin és treonin részlegesen bomlik, a metionin oxidálódhat, míg a cisztein kismértékben cisztinként nyerhető vissza. Lúgos hidrolízis elvégzésével azonban a triptofán pontos meghatározására is lehetőség van, így a módszerek előnyeinek és hátrányainak mérlegelésével kiválasztható a vizsgálati céloknak megfelelő. (VIII. Magyar Gyógyszerkönyv, 2010)

A hidrolízis után az aminosavak elválasztását általában kis- vagy nagynyomású folyadékkromatográf által végzik el. A berendezésnek alkalmasnak kell lennie származékképzésre, kivéve, ha a származékképzésre az oszlop előtt kerül sor. Az alkalmazott eljárásoknak kb. fele a szabad aminosavak ioncserés elválasztásán és az oszlop utáni származékképzésen alapul. A származékképzési módszertől függően a detektálásra fotometrikus vagy fluorometrikus rendszer használható.

A mennyiségi aminosav-analízisre legelterjedtebb elválasztási rendszer a ninhidrines származékképzéssel összekapcsolt ioncserés kromatográfia. Az analizátorok állófázisának kationcserélő gyanta töltetet választanak, míg mozgófázisként eluens oldatokat használnak, amik egyrészt pufferek, másrészt a regeneráló oldat. A hidrolizátumokból történő aminosav meghatározásokhoz nátrium citrátos, míg a szabad aminosavak meghatározásához lítium citrátos oldatokat használnak. Az analízis során a minta összetevői reverzibilisen adszorbeálódnak (felületen megkötődnek) az álló fázishoz kötött ellentétes részecskékhez.

Az aminosavak elválasztása a pH és az ionkoncentráció változtatásával történik. Az oszlopra alacsony ionkoncentrációjú, 2,2 pH-jú hígító pufferben viszik fel a mintát, majd fokozatosan növelik a pH-át és az ionkoncentrációt. Az aminosavak nagyjából a savasságuk csökkenő sorrendjében jönnek le az oszlopról. Az aszparaginsav egy savas aminosav és alacsony izoelektromos ponttal rendelkezik, így az elsők között mosódik le. Ezután a magasabb izoelektromos pontú neutrális aminosavak (pl. alanin), majd leglassabban a bázikus aminosavak (pl. arginin) deszorpciója történik meg. Az egyes aminosavak lemosása közötti túl nagy távolságot a hőmérséklet emelésével lehet optimalni. Az elúció sorrendjét az aminosavak savasságán kívül befolyásolja a molekulák mérete és hidrofób hatások.

Az oszlopról lejövő aminosavakat tartalmazó puffer ninhidrinnel keveredik és a 110°C-os tefloncsőben 15-20 perc alatt reakcióra lépnek. A reakciótermékeket fotométer detektálja. A ninhidrin színreakciót ad az összes aminosocsoporttal, leggyakrabban bíborszínű komplexet képez. Az aminosavakat az abszorpciós maximumukon, 570 nm-en mérik. A prolin a ninhidrinnel sárga színt ad, így azt 440 nm hullámhosszon fotometrálnak. Az aminosavakkal létrejött szín intenzitását átfolyó küvettás fotométerben mindkét hullámhosszon egyszerre mérik, és az így kapott kromatogram felhasználható az aminosav-összetétel meghatározására.

A kromatogram kiértékelésével mutatható ki a vizsgált minta aminosav összetétele, valamint az aminosavak mennyisége. A kromatogramon a csúcs helye az aminosavra, a csúcs nagysága és a csúcs alatti terület pedig az aminosav koncentrációjára jellemző. Az egy csúcshoz tartozó aminosav-mennyiségeket a standard kromatogram értékeihez viszonyítják, majd az egyes aminosavakat az eredeti mintára vonatkoztatva tömegszázalékban (g aminosav/100g minta) adják meg. (VIII. Magyar Gyógyszerkönyv)

4. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

4.1. Vizsgálatok helyszíne

A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Táplálkozástudományi Tanszék laborjában végeztem el a szakdolgozatomhoz szükséges mintáim vizsgálatát.

4.2. Vizsgált minták

A vizsgált alapanyagok a következők voltak:

- száraz bab
- tojásfehérjepor
- tejsavófehérjepor

A vizsgált készétel minták a következők voltak:

- babfőzelék
- babfőzelék tojásfehérje porral kiegészítve
- babfőzelék tejsavófehérje porral kiegészítve

4.3. Készételek elkészítésének folyamata

A kimért szárazbabot egy éjszakán át áztattuk. Az áztatóvíz elöntése után a szükséges mennyiségű főzővíz hozzáadásával 4 órán át hőkezeltük elektromos főzőlapon 90°C-on. A bab puhulása után hozzáadtuk az olajat és lisztet. Besűrités után 15 percig hőkezeltük, majd lehűtöttük. A kész főzeléket pépesítettük turmixgéppel, majd 3 adagra osztottuk. Az első adag a dúsítás nélküli főzelék. A második adaghoz a számított mennyiségű tojásfehérje port, a harmadikhoz a tejsavófehérje port adagoltunk. A kiegészítésekkel ismét homogenizáltuk a főzelékeket. Mindhárom készítményből mintát vettünk kémiai analízis céljára, majd továbbiakban a készítményeket liofilizáltuk. A liofilizált porok kerültek bekeverésre az állatetetési kísérletek céljára.

4.4. Készételek összetétele

A babfőzeléket közétkeztetési receptúra alapján, (Fehér et al., 2019) sómentesen, ízesítés nélkül készítettük el, mert a kereskedelmi forgalomban kapható, magas sótartalmú készételek nem voltak megfelelőek az *in vivo* állatkísérlet végrehajtására. Az alkalmazott alapanyag arányok a következők voltak: 100g száraz bab, 16g liszt, 10g olaj, víz a főzéshez szükség szerint. A főzelék összetétele a recept alapján 100g-ra vonatkoztatva a 9. táblázatban látható.

9. táblázat: Babfőzelék 100g-ra vonatkoztatott összetétele (g/100g főzelék)

Szárazbab recept alapján	Tömeg (g)	Energia (kcal)	Fehérje (g)	Zsír (g)	Szénhidrát (g)	Rost (g)	Só (g)	Cukor (g)
	100	137,31	7,63	0,37	21,85	2,43	0,0	0,05

Érzékszervi vizsgálatok alapján a fehérjeporokkal kiegészített készételek nem okoznak változást a termékekben, így a babfőzelékeket tojásfehérje és tejsavófehérje porral dúsítottuk. A fehérjeporok mennyiségét aszerint határoztuk meg, hogy a babfőzelék fehérjetartalma 12,5%-ra egészüljön ki (10.táblázat). Így egy adag (400g) kiegészített étel elfogyasztásával 50g fehérjebevitel biztosított.

10. táblázat: Fehérjével dúsított babfőzelék (BF) összetételi adatainak kalkulációja

Összetétel kalkulációja		Fehérje g	Zsír g	Szénhidrát g	Rost g
Tojásfehérje por (TFP) hozzáadandó mennyiség	6,92g	5,74	0	0,42	
Kiegészített BF+TFP	106,92g	13,37	0,37	22,27	2,43
BF+TFP 100g-ra	100	12,5	0,34	20,83	2,27
Szárazanyagra vonatkoztatott fehérje %	36,21	34,53			
Tejsavófehérje (WPI) hozzáadandó mennyiség	6,15g	5,64	0,07	0,06	0
Kiegészített BF+WPI	106,15g	13,27	0,44	21,92	2,43
BF+WPI 100g-ra	100	12,5	0,41	20,65	2,29
Szárazanyagra vonatkoztatott fehérje %	35,86	34,85			

4.5. Mintaelőkészítés összes aminosav meghatározáshoz

A homogenizált mintákból 0,3-04g fehérjének megfelelő mennyiséget analitikai pontossággal bemértem 12 cm³-es hidrolizáló csövekbe. Hozzáadtam 10 cm³ mennyiségű, 6 M HCl oldatot és fél perc nitrogénnel történő buborékoltatás után teflonbetétes kupakkal zártam le a csöveket. A mintákat 24 órán át, 110°C-on hidrolizáltam blokk termosztátban. A termosztálási idő letelte és a minták szobahőmérsékletre való lehűlése után az oldatokat 10 cm³ 4 M NaOH-val semlegesítettem. A hidrolizált mintákat 25 cm³-es lombikokba desztillált vízzel átmostam, majd jelre töltöttem. A mintákat alapos homogenizálást követően redős szűrőpapíron keresztül átszűrtem kémcsövekbe. A megfelelő tisztaság elérése érdekében a szűrleteken egy második szűrést is elvégeztem, 0,22 µm pórusméretű fecskendőszűrő segítségével. Ezután a lítiumos hígító pufferrel 10-szeres hígításokat végeztem. A vizsgálatig a mintákat fagyasztva tároltam, az egyes aminosavak bomlékonyságára tekintettel. A mintaelőkészítést 3 párhuzamosban végeztem el.

4.6. A vizsgálatokhoz használt készülék

A mintáim mennyiségi és minőségi meghatározását AAA 400 (Ingos Kft., Csehország) típusú Automatikus Aminosav Analizátor segítségével végeztem el (3. ábra). Ez egy fotometriás detektorral ellátott automatikus folyadékkromatográf, amely az ioncserés oszlopkromatográfia elvén működik. Az elválasztás lépcsős gradiens elúcióval történik, amelyhez a gyártó által megadott összetételű lítium-citrát puffereket használtam. A készülék paraméterei a 11.táblázatban találhatóak. A detektálás ninhidrin reagens segítségével, 570nm és 440 nm-en történt. A kiértékelést CHROMULAN V 0.82 (PIKRON, Csehország) programmal végeztem el.

11. táblázat: A mérés kromatográfiás körülményei és az analizátor paraméterei

Mintaadagoló	A mintát perisztaltikus pumpa szívja fel. Mintatérfogat: 100µl Mintatartó tárcsa: 25 x 1,5 ml
Puffer	Li ⁺ -citrát puffer rendszer
Eluens	Áramlási sebessége: 0,30 ml/min
Pumpák	Anyaga: saválló acél Állítható szállítás: 0,01-10 ml/min Legnagyobb nyomás: 40 MPa

Oszlop	Üvegoszlop Oszlopméret: 200x 3,7 mm Oszlophőmérséklet: 45 °C - 65 °C Kationcserélő gyanta típusa: OSTION LG ANB
Reaktor	Reaktorhőmérséklet: 121 °C Küvetta térfogata: 5 µl
Reagens	Ninhidrin Áramlási sebessége: 0,25 ml/min
Detektor	Kétcsatornás fotométer Összes aminosav: 570 nm Prolin: 440 nm
Analízis idő	200 min
Kimutatási határ	0,5 µmol/dm ³



3. ábra: AAA 400 Automatikus Aminosav Analizátor (Internet 3.)

5. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

5.1. A fehérjeforrások mintáinak értékelése aminosav összetétel alapján

A készítelek elemzése előtt elvégeztem a kiegészítésre szánt fehérjeforrások kromatográfiás vizsgálatát is. Erre azért volt szükség, mert a kiegészítés célja nem csak a fehérje mennyiségi növelése volt, hanem a növényi fehérjeforrás komplettálása is. Célom volt meghatározni a kiegészített készítelek aminosav profilját és emészthetőségét, melynek megállapításához az esszenciális aminosav összetétel és a limitáló aminosav g/100g fehérjében kifejezett mennyisége is szükséges. A vizsgálatok lehetőséget nyújtanak arra, hogy meghatározzuk, melyik fehérjepor optimális a komplettáláshoz vagy egyes aminosavak mennyiségének növeléséhez.

A fehérjeforrások aminosav összetételét 3-3 párhuzamos mérés átlagából számoltam ki. Az aminosav analízis eredménye a 12. táblázatban található.

A vizsgált fehérjeforrások:

- ToTu Rögös tojásfehérje készítmény (Capriovus Kft.) 19% fehérjetart.
- Tojásfehérje por (Capriovus Kft.) 83% fehérjetart.
- Tejsavófehérje izolátum (BioTechUSA Kft.) 92% fehérjetart.

12. táblázat: A fehérje kiegészítők aminosav összetétele (mg/g minta)

mg/g minta	Tojásfehérje por	Tejsavó- fehérje por	Totu
Aszparaginsav	82,26	92,17	18,38
Treonin	37,97	61,35	9,11
Szerin	56,05	43,92	13,09
Glutaminsav	133,65	215,29	30,67
Prolin	17,74	62,67	4,20
Glicin	37,90	20,11	8,50
Alanin	45,70	49,25	10,55
Valin	42,26	42,56	9,90
Cisztein	21,25	18,33	6,00
Metionin	33,12	19,47	7,26

Izoleucin	25,51	34,03	6,07
Leucin	74,21	102,26	16,91
Tirozin	26,77	16,46	6,32
Fenilalanin	42,52	25,51	10,00
Lizin	52,06	84,09	11,97
Hisztidin	17,92	15,45	3,98
Arginin	45,35	16,88	11,26
Summa mg/g minta	792,22	919,78	184,17
%	79,22	91,98	18,42

A savas hidrolízissal végzett mintaelőkészítés miatt a triptofán indol-csoportja elbomlott, így nem volt mérhető a kromatografálás során.

A mért értékek megfelelnek a gyártó által megadott fehérjetartalomnak.

5.1.1. A vizsgált fehérjekiegészítők minősége

A fehérjék minősége az aminosav értékek (EAA) alapján határozható meg. Első lépésként az aminosav tartalom mg/g mintára számolt értékeit mg/g fehérjére vonatkoztatva adtam meg, hogy összevethessem a referencia minta esszenciális aminosav tartalmával. Az egyes aminosav mennyiségeket elosztottam a referencia fehérje aminosav tartalmával, így eredményül az esszenciális aminosav értéket (EAA) kaptam meg. A referencia minta a FAO/WHO által meghatározott, felnőttekre vonatkozó optimális esszenciális aminosaveloszlású fehérje értékei. (FAO, 2013)

A fehérje kiegészítők esszenciális aminosav aránya várhatóan megfelelnek a szükségleteknek, mert teljes értékű fehérjekészítmények. A fehérjeporok és a ToTu esszenciális aminosav tartalma (mg/g fehérje) és az abból számított esszenciális aminosav értékek (EAA) a 13. táblázatban látható.

13. táblázat: A fehérje kiegészítők esszenciális aminosav tartalma és esszenciális aminosav értékei (EAA)

Esszenciális aminosav	Referencia minta	Tejsavófehérje por	EAA	Tojásfehérje por	EAA	ToTu	EAA
-----------------------	------------------	--------------------	-----	------------------	-----	------	-----

mg/g protein	(mg/g fehérje- szükséglet)	(mg/g fehérje)		(mg/g fehérje)		(mg/g fehérje)	
Hisztidin	16	16,79	1,05	22,62	1,41	21,63	1,35
Izoleucin	30	37,00	1,23	32,20	1,07	32,97	1,10
Leucin	61	111,18	1,82	93,67	1,54	91,82	1,51
Lizin	48	91,42	1,90	65,71	1,37	64,98	1,35
Metionin és cisztein	23	41,09	1,79	68,63	2,98	72,02	3,13
Fenilalanin és tirozin	41	45,62	1,11	87,47	2,13	88,63	2,16
Treonin	25	66,70	2,67	47,92	1,92	49,47	1,98
Triptofán	6,6	n.d.	0,00	n.d.	0,00	n.d.	0,00
Valin	40	46,28	1,16	53,34	1,33	53,74	1,34

Azok az aminosavak, amelyek elérik az 1 értéket, vagy afölöttiek, képesek kielégíteni a fehérje szükségletet. A 13. táblázatban látható, hogy mindhárom fehérjekészítmény esszenciális aminosav értékei 1 felettiek, tehát teljes értékű fehérjék.

A fehérjeporok és a ToTu aminosavösszetételének vizsgálatával az egyes növényi fehérjeforrások komplettálásának lehetőségére kaphatunk választ. A hüvelyesek limitáló aminosavai a kén tartalmú aminosavak (metionin és cisztein), amelyre kiemelkedően magas EAA értéket ad a tojásfehérje por (2,98) és a ToTu is (3,13). Ez a két tojásfehérje forrás nagy valószínűséggel sikeresen egészíti ki a metionin és cisztein hiányt a növényi fehérjékben. A gabonafélék esetében a lizin a limitáló, amelynek komplettálására a tejsavófehérje (1,90) lehet a legalkalmasabb, de a tojásfehérje (1,37) is magas EAA értéket mutat. A lizin mellett alacsony a treonin tartalom is a gabonákban, amely aminosav mindkét állati fehérjében nagy feleslegben megtalálható.

5.1.2. Fehérjével dúsított készételek érzékszervi vizsgálata

A vizsgált készételek esetében fontos szempont volt, hogy a fehérjekészítményekkel való dúsítás az eredeti terméket ízében és állagában ne befolyásolja negatívan.

A fehérjeporokat a főzelék saját levével kevertük el, sikeresen homogenizálva azokat. Színben, ízben és állagban sem volt érzékelhető elváltozás a por formában történő fehérjekiegészítéssel.

A ToTu egy rögzös, túrószerű készítmény, ezért összezártuk mielőtt elegyítettük az étel levével. A készételben apró szemcsékként láthatóak maradtak a rögök, és ugyan az étel ízében nem okozott elváltozást, megkóstolva a terméket érezhetőek voltak. Az érzékszervi változás negatívan befolyásolhatja a fogyasztót, így nem ajánlott fehérjekiegészítésre felhasználni. A ToTu-t a Capriovus tojásfehérje krémjével lehetne helyettesíteni, amely tejfölszerű állaga jobban illeszkedik a termékekhez. A 15%-os fehérjetartalma miatt pedig nincs nagy mennyiségbeli különbség a két fehérjekészítmény között.

A továbbiakban a ToTu készítményt nem vizsgáltuk, valamint fehérje kiegészítésre nem alkalmaztuk, mert az érzékszervi vizsgálatoknak nem felelt meg.

5.2. A készétel minták értékelése aminosav összetételük alapján

A készételek aminosav analízisének eredménye a 14. táblázatban látható. A készételekből készült minták 3-3 párhuzamos mérését átlagoltam.

14. táblázat: A készételek aminosav összetétele (mg/g minta)

mg/g minta	Babfőzelék	Babfőzelék + tojásfehérje por	Babfőzelék + tejsavófehérje por
Aszparaginsav	8,68	13,22	13,29
Treonin	3,62	5,96	7,36
Szerin	4,99	8,56	7,16
Glutaminsav	15,85	23,46	26,93
Prolin	2,86	5,28	7,21
Glicin	3,53	5,72	4,34

Alanin	3,06	6,93	5,57
Valin	3,63	6,46	6,10
Cisztein	0,75	2,17	2,01
Metionin	0,73	2,89	1,86
Izoleucin	2,08	3,75	4,51
Leucin	6,98	11,33	12,73
Tirozin	1,99	3,69	2,96
Fenilalanin	4,14	6,68	5,16
Lizin	5,15	8,00	9,88
Hisztidin	2,17	3,07	2,66
1Metil-Hisztidin	0,40	0,66	0,48
Arginin	4,94	7,86	5,09
Summa	75,52	125,70	125,31
%	7,55	12,57	12,53

A savas hidrolízissel végzett mintaelőkészítés miatt a triptofán indol-csoportja elbomlott, így nem volt mérhető a kromatografálás során.

Az analízis eredménye alapján a 10.táblázatban tervezett, vagyis a babfőzelékek 12,5%-os fehérjetartalomra való kiegészítése teljesült. A 7,55% fehérjetartalmú minta tojásfehérje porral kiegészülve 12,57%-os, tejsavófehérje porral pedig 12,53%-os fehérjetartalmat ért el. Ezekkel az értékekkel számolva, egy 400g-os kiegészített fehérjetartalmú készétel esetén 50g fehérje bevitele biztosított. A fehérjeporok komplex ételhez való hozzáadásával elérhető, hogy valóban fehérjeként hasznosuljanak a szervezetben, mivel az azokkal egy időben elfogyasztott makrokomponensek (szénhidrát és zsír) biztosítják a szervezet számára szükséges energiaforrást.

5.2.1. A vizsgált készétel minták minősége

A hüvelyes növényekre – így a babfélékre is - jellemző a relatív gazdag fehérjetartalom. A fehérjehasznosulás szempontjából azonban a fehérjék minősége a meghatározó. Az említett növény fajok esetében általában a kén tartalmú aminosavak (metionin és a cisztein) limitálóak, ezért a vizsgálati cél volt ezen esszenciális aminosavak komplettálása is. Az analízis során az aminosav összetételre kapott eredmények alapján elemezhető a fehérje

minőségének javulása, vagyis a komplettálás teljesülése. A babfőzelék és a kiegészített fehérjével dúsított ételek esszenciális aminosav tartalma, valamint az esszenciális aminosav értékek (EAA) a 15. táblázatban láthatók.

15. táblázat: A készételek esszenciális aminosav tartalma és esszenciális aminosav értékei

Esszenciális aminosav	Referencia minta (mg/g fehérje szükséglet)	Babfőzelék (mg/g fehérje)	EAA	Bab + tojásfehérje por (mg/g fehérje)	EAA	Bab + tejsavófehérje por (mg/g fehérje)	EAA
Hisztidin	16	28,72	1,80	24,47	1,53	21,23	1,33
Izoleucin	30	27,48	0,92	29,83	0,99	35,97	1,20
Leucin	61	92,36	1,51	90,18	1,48	101,58	1,67
Lizin	48	68,19	1,42	63,69	1,33	78,83	1,64
Metionin és cisztein	23	19,59	0,85	40,25	1,75	30,91	1,34
Fenilalanin és tirozin	41	81,18	1,98	82,53	2,01	64,79	1,58
Treonin	25	47,89	1,92	47,33	1,89	58,73	2,35
Triptofán	6,6	n.d.		n.d.		n.d.	
Valin	40	48,00	1,20	51,41	1,29	48,80	1,22

A 15. táblázatban látható, hogy a babfőzelék esetében a metionin és a cisztein (0,85) a limitáló aminosav, de ezenkívül az izoleucin (0,92) EAA értéke sem érte el az 1-et. A fehérjeporok sikeresen komplettálták a főzelék metionin és cisztein hiányát, amely a tojásfehérje porral kiegészített étel esetén 1,75-re, a tejsavófehérje porral 1,34-re emelkedett aminosav értéküket tekintve.

A tojásfehérje por izoleucin tartalma nem tudja megfelelően kiegészíteni a készételben lévő hiányt, mivel csak 29,83 mg/g fehérje mennyiségre emelkedett. A komplettálás ez esetben nem teljesült, de 99%-os hasznosulás várható a tojásfehérjeporral kiegészített babfőzelékre.

A tejsavófehérje por sikeresen komplettálja a babfőzelék izoleucin tartalmát, így az EAA érték 1,20. Ezzel a kiegészítéssel a felszívódott aminosavak teljesen hasznosulnak, valamint a keletkezett felesleggel a szervezetben endogén aminosavakkal kiegészülve további fehérjemolekulák felépülését teszik lehetővé.

A vizsgálat során növényi fehérjeforrásból készült készletet elemeztem, amelyről általánosságban is elmondható, hogy alacsonyabb biológiai értékkel rendelkeznek, valamint az EAA és a BCAA tartalmuk is alacsonyabb, szemben az állati forrásból származó fehérjékkel. A gyengébb fehérje minőség ellenére a növényi forrásoknak magas az antioxidáns tartalmuk, emellett gyulladáscsökkentő hatásuk is van, ezek által támogatják a fizikai teljesítményt, valamint az egészség megőrzését. (López-Martínez et al., 2022) Növényi források kombinációjával (pl. bab és kukorica) is elérhető a fehérje komplettálása abból adódóan, hogy eltérő a limitáló aminosavuk (a kukoricáé a triptofán). Kiemelendő, hogy hüvelyesekben található lektinek *in vitro*, valamint *in vivo* emberi vizsgálatai alapján rákellenes tulajdonságokkal rendelkeznek. (Gonzalez de Mejía & Prisecaru, 2005)

5.3. Elágazó láncú aminosavak

Az elágazó szénláncú aminosavak (BCAA) közé három, esszenciális aminosav tartozik, az izoleucin, a leucin és a valin. Az aminosavak legnagyobb része a felszívódás után a májba kerül, és ott átalakul. A BCAA-t viszont a máj nem képes transzaminálni, így ezen aminosavak a többi szövet (pl. izom, zsírszövet, agy) aminosav ellátását biztosítják. Az izomszövet-állomány aminosavtartalmának 35%-át ezen három aminosav szolgáltatja. Az izmokban lebomló aminosavak az izmok részeivé, valamint energiaforrásává is válnak. A leucin fokozza az mTOR-aktivitást, ezáltal beindítja a fehérjeszintézist a szövetekben, amely izom növekedéssel is járhat. (Ádám, 2016)

A leucin, az izoleucin és a valin felerősítik egymás hatásait. A megfelelő felszívódáshoz fontos a szükséges 2:1:1=Leu:Val:Ile arány megtartása. (Duan, 2018) Ezért a fehérjeporok és a kiegészített készételek elágazó láncú aminosav mennyiségét és arányát is megvizsgáltam. (16. táblázat)

16. táblázat: A fehérjeporok és a készételek elágazó láncú aminosav (BCAA) tartalma

	Tojás- fehérje	Tejsavó- fehérje	Babfőzelék	Bab + tojásfehérje	Bab + tejsavófehérje
BCAA mg/g protein	179,21	194,45	167,84	171,42	186,35
Leucin	93,67	111,18	92,36	90,18	101,58
Izoleucin	32,20	37,00	27,48	29,83	35,97
Valin	53,34	46,28	48,00	51,41	48,80
Leu:Ileu	2,91	3,01	3,36	3,02	2,82
Leu:Val	1,76	2,40	1,90	1,75	2,08

Az elágazó láncú aminosavak mennyisége a tejsavófehérje por esetében a legnagyobb, ezen belül is a leucin érte el a legmagasabb értéket. A javasolt arány értéket (leucin kétszeres mennyisége az izoleucinhoz illetve valinhoz) a tojásfehérje és a babfőzelék nem éri el a leucin:valin esetében. A tejsavó fehérjepor hozzáadásával az arány tekintetében is kedvezőbbé válik az összetétel. A tojásfehérjével kiegészítve a Leu:Val arány csak 1,75 a kiegészített babfőzelékben.

Az aminosav összetétel ismeretében a liofilizált babfőzelék mintákat *in vivo* körülmények között vizsgáltuk, hogy meghatározzuk a fehérjehasznosulást.

5.4. Babfőzelékek *in vivo* fehérjehasznosulási vizsgálata

A babfőzelékek *in vivo* fehérjehasznosulási vizsgálata növekedésben lévő patkányok 10 napos etetési kísérletével valósult meg. Ez a vizsgálat szigorú körülmények között és egy külső laboratóriumban zajlott, így én ezen nem vehettem részt.

Állatetetési kísérlet körülményei:

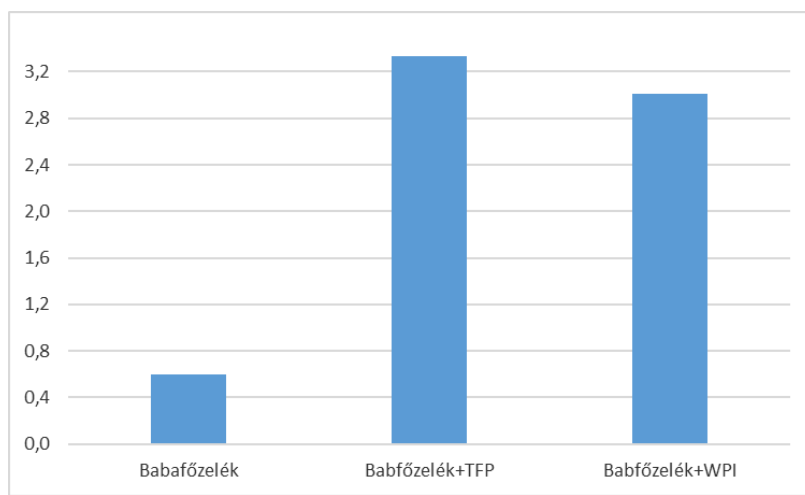
Állatok: TOXI COOP tenyészet, Wistar törzsű hím patkányok

Diéta: A kontroll és tesztcsoportok táp- és vízfogyasztása *ad libitum* történt. A 12,5%-os fehérjetartalomra dúsított, liofilizált babfőzelékekből félszintetikus diétát állítottak össze. A

kontroll csoportban 4%-os fehérje, míg a teszt csoportokban 10%-os fehérje, valamint izo-energetikus és izo-protein tartalmú tápot fogyasztottak az állatok.

Állattetési kísérlet eredményei:

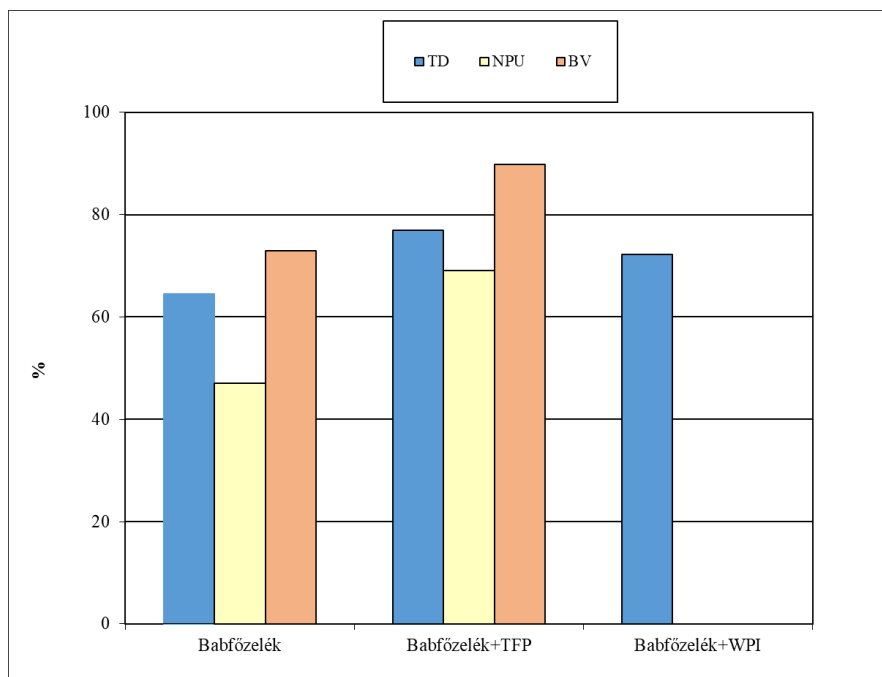
A kísérlet során a tesztfehérjét és a fehérjementes tápot fogyasztó patkány csoportok átlagos tápfogyasztását, valamint a testtömeg növekedését naponta mérték. Az egyes csoportok súlygyarapodását az általuk elfogyasztott fehérje mennyiségére vonatkoztatva kaptuk meg a fehérjehatékonysági arányt (PER).



4. ábra: A tesztápok fehérjehatékonysági-aránya (PER)

A 4. ábrán látható, hogy a tojásfehérjével (TFP) és a tejsavófehérje porral (WPI) kiegészített babfőzelék esetében a testtömegnövekedés változáson alapuló fehérjehasznosulási mutató jóval magasabb értéket adott a sima babfőzeléket tartalmazó tápot fogyasztó tesztcsoportéhoz képest. A kapott eredmény alapján a kiegészített főzelékek kiváló fehérjeforrásnak számítanak, mert meghaladják a 2,7-es standard értéket.

A tömegváltozáson alapuló módszerekkel csak a növekedésre felhasznált fehérje, vagyis az új fehérjék szintetizálása határozható meg. A szervezetben az életfolyamatok fenntartásához is szükséges a megfelelő nitrogén- és aminosavellátás, amelyre felhasznált fehérjét a számított PER értékkel nem lehet megállapítani. A módszer másik hibája, hogy tömegnövekedést nem csak a fehérjeszövet gyarapodása okozhat. A fehérje hasznosulását ezért a növekedésben lévő patkányok N-egyensúlyi kísérletével is jellemeztük (Valódi emészthetőség - TD, Nettó fehérjehasznosulás - NPU, Biológiai érték - BV). (5. ábra)



5. ábra: A tesztápok N-egyensúlyi kísérletének értékei (TD, NPU, BV)

Az elfogyasztott táp és a bélsár nitrogéntartalmának méréséből a valódi emészthetőségi adatokat (TD) kaptuk, amelyekből jól látható, hogy a kiegészített babfőzelékek esetén magasabbak az értékek, mint az alap babfőzeléknél.

A nitrogén visszatartás mérése során a bélsárral és vizelettel ürülő nitrogén mennyiségét figyelembe véve a nettó fehérjehasznosulás (NPU) számolható. A tejsavófehérje porral kiegészített babfőzelék esetén nem volt lehetőség a vizelet gyűjtésére, így csak a másik két csoport eredményét kaptuk meg. A kísérleti állatok esetében a tojásfehérjével komplettált babfőzeléknek lényegesen magasabb a nettó fehérjehasznosulása, mint az alap babfőzeléknek. Az NPU értékeket korrigálva a tápfehérje emészthetőségével, végezetül megkaptuk a vizsgált tesztáp biológiai értékét (BV), ami a nettó fehérjehasznosuláshoz hasonló tendenciát mutatott.

Az állatkísérletek eredményei alapján a készételek emészthetősége (TD%) a fehérjekiegészítéssel javult. (17. táblázat) Az állati fehérjék könnyebben emészthetőek, mint a növényi fehérjék. A tojásfehérje kiegészítéssel kaptuk a legmagasabb emészthetőséget (77%), de a tejsavófehérje porral is jobb értéket (72%) kaptunk, mint a babfőzelék esetében.

A valódi emészthetőség és az esszenciális aminosav érték szorzatából kapjuk meg a fehérje emészthetőséggel korrigált aminosav értéket (PDCAAS). Ez az érték a legelterjedtebb módja a fehérje minőségének meghatározására, hiszen szemléletesebb képet ad a fehérje

hasznosulásáról a szervezetben. A PDCAAS értékek 0 és 1 közöttiek lehetnek. Ha a vizsgált fehérjeforrás valamely esszenciális aminosava hiányzik, vagy nem emészthető, 0 értéket kapunk. Ha az összes esszenciális aminosav eléri, vagy meghaladja a szervezet igényeit, akkor a PDCAAS értéke 1.

A készételek emészthetősége (TD%), valamint a PDCAAS értékek a 17. táblázatban láthatóak. A PDCAAS számításával is alacsonyabb értéket (0,55) kapott a babfőzelék a fehérje hasznosulására, mint a fehérjeporokkal kiegészített készételek esetében. A tojásfehérje porral komplettált babfőzelék 0,77 értéket, míg a tejsavó fehérjeporos kiegészítés a legmagasabb értéket (0,86) érte el. A tejsavó fehérjeporral dúsított babfőzelékben lévő fehérje tehát nagyobb mértékben hasznosul.

17. táblázat: A készételek emészthetősége (TD%) és PDCAAS értéke

Esszenciális aminosav	Babfőzelék EAA	TD%	PDCAAS	Bab+tojás fehérje EAA	TD%	PDCAAS	Bab+tejsavó fehérje EAA	TD%	PDCAAS
Hisztidin	1,80	0,64	1,15	1,53	0,77	1,18	1,33	0,72	0,96
Izoleucin	0,92	0,64	0,59	0,99	0,77	0,77	1,20	0,72	0,86
Leucin	1,51	0,64	0,97	1,48	0,77	1,14	1,67	0,72	1,20
Lizin	1,42	0,64	0,91	1,33	0,77	1,02	1,64	0,72	1,18
Metionin és cisztein	0,85	0,64	0,55	1,75	0,77	1,35	1,34	0,72	0,97
Fenilalanin és tirozin	1,98	0,64	1,27	2,01	0,77	1,55	1,58	0,72	1,14
Treonin	1,92	0,64	1,23	1,89	0,77	1,46	2,35	0,72	1,69
Triptofán		0,64	0,00		0,77	0,00		0,72	0,00
Valin	1,20	0,64	0,77	1,29	0,77	0,99	1,22	0,72	0,88

Azonban tekintve a többi esszenciális aminosavra vonatkozó PDCAAS értéket, azt tapasztalhatjuk, hogy a tejsavófehérje porral történő kiegészítés esetében a hisztidin, a kéntartalmú aminosavak (metionin és cisztein) és a valin sem éri el az optimális 1 értéket. Ezzel szemben a tojásfehérje porral dúsított készételnél csak a valin (0,99) értéke lett alacsonyabb 1-nél. Összegezve az egynél kisebb értékek eltérését, a tejsavó fehérjével történő kiegészítésnél $(1-0,96+1-0,86+1-0,97+1-0,88)$ $\Sigma 1,21$ -et kapunk. A tojásfehérje por kiegészítés mellett ez az érték $(1-0,77+1-0,99)$ $\Sigma 0,24$, míg babfőzelék esetében $\Sigma 2,22$.

Ezek az összesített értékek jól jellemzik a bevitt fehérje valamennyi hiányosságát, a szervezet számára történő hozzáférhetőségét és hasznosulását. Ez szolgálhat magyarázatul

arra, hogy az állatkísérletek eredményei alapján a PER érték is a tojásfehérjével kiegészített babfőzelékkel etetett kísérleti állatok (patkányok) esetében mutatta a legjobb eredményt. Tehát mind a testtömegnövekedésből (PER), mind a nitrogén visszatartásból (PDCAAS) számolt hasznosulási mutatók a tojásfehérje porral történő kiegészítés hatékonyságát igazolják.

PAUFLEER BEÁTA

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Szakdolgozati témám alapját az adta, hogy a magyar honvédségi ételcsomagok összetételüket tekintve nem felelnek meg a nemzetközi gyakorlatban alkalmazott NATO csomagoknak. Munkám célja volt megvizsgálni, hogy egy főétkezési adag (hüvelyes főzelék) készétel fehérjetartalmának kiegészítése tejsavó-, illetve tojásfehérjeporral milyen aminosavösszetételi változást eredményez.

A fehérjeforrások és a kiegészített készételek mennyiségi és minőségi meghatározását AAA 400 típusú Automatikus Aminosav Analizátor segítségével végeztem el.

A fehérjeporok és a ToTu aminosavösszetételének vizsgálatával a növényi fehérjék komplettálásának lehetőségére kaptam választ. A hüvelyesek limitáló aminosav hiányának kiegészítésére a legalkalmasabb a tojásfehérje alapú kiegészítők lehetnek. Míg az eredmények alapján a gabonafélék komplettálására elsősorban a tejsavófehérjét érdemes választani. Mindhárom fehérje forrásról elmondható, hogy az esszenciális aminosav aránya megfelel a szükségleteknek, mert teljes értékű fehérjekészítmények.

A készételek a fehérjeporokkal kiegészítve elérték a tervezett 12,5%-os fehérjetartalmat, amellyel a főétkezésekre szánt ételek fehérjemennyisége optimalizálható. Fő célom a kiegészített ételek esetében a fehérjék minőségének javítása volt. A hüvelyesekre jellemző metionin és cisztein hiány sikeresen kiegészült mindkét fehérjeforrással. A babfőzelék 85%-os várható fehérjehasznosulása azonban csak 99%-ra emelkedett a tojásfehérjeporos kiegészítéssel, amely a nem elegendő izoleucin tartalom miatt nem ért el teljes komplettálást. A tejsavófehérje por kiegészítéssel a felszívódott aminosavak teljesen hasznosulnak, valamint a keletkezett felesleggel a szervezetben endogén aminosavakkal kiegészülve további fehérjemolekulák felépülését teszik lehetővé.

Az elágazó láncú aminosavak mennyiségét tekintve a tejsavófehérje por érte el a legmagasabb értéket, amely nem csak tartalmában, de arányaiban is kedvezőbbé tette a babfőzeléket. A készétel nem megfelelő leucin:valin arányértéket a tojásfehérje porral nem sikerült javítani.

Az állatkísérlet alapján az alap babfőzeléket tojásfehérjével komplettálva lényegesen magasabb nettó fehérjehasznosulást értünk el. A biológiai érték kiszámításával is hasonló

eredményre jutottunk. A fehérjével kiegészített készételek valódi emészthetősége javult, a tojásfehérje porral mértük a legmagasabb értéket (77%).

Végül az aminosav analízis és az állatkísérleti mérés alapján a dolgozatomban átfogó eredményt kaptam, vagyis a fehérje emészthetőséggel korrigált aminosav értékeket (PDCAAS). Ezek az értékek szemléletesebb képet adtak a fehérje hasznosulásáról.

A PDCAAS számításával is alacsonyabb értéket kapott a babfőzelék, mint a fehérjeporokkal kiegészített készételek esetében. A tojásfehérje porral komplettált babfőzelék 0,77 értéket, míg a tejsavó fehérjeporos kiegészítés a legmagasabb értéket (0,86) érte el. A tejsavó fehérjeporral dúsított babfőzelékben lévő fehérje mennyisége nagyobb mértékben hasznosult.

Összesítve az eredményeket, az állati fehérjeforrásokkal történő kiegészítés pozitív hatással volt a hüvelyes fehérjére. A készételek emészthetősége és a fehérje hasznosulása is javult. Annak érdekében, hogy a jövőben a fehérjetartalommal kiegészített készételek a gyakorlatban alkalmazhatók legyenek a katonák számára, következő lépésként nagy állatokon végzett kísérletek szükségesek. Az eddigi eredmények alapján indokolt a két fehérjepor együttes hozzáadása az ételekhez, mert az az étel fehérje tartalmának optimális emészthetőségét, az aminosavak felszívódásának és hasznosulásának jobb hatásfokát eredményezheti.

7. IRODALOMJEGYZÉK

1. Ádám V. (szerk.) (2016): Orvosi biokémia. Semmelweis Kiadó, Budapest. 4-6. o. ISBN 978-963-331-400-5
2. Antal O., Némethné Szerdahelyi E., Takács K. (2020): In vitro humán emésztési modellek alkalmazása a táplálkozástudomány területén. *Élelmiszervizsgálati közlemények*. LXVI. évf. 4. szám: 3141-3149
3. Bartusné Szmodis M. (2018): Táplálkozástan, Testnevelési Egyetem, Oktatási segédanyag
4. Csapó J., Csapóné Kiss Zs. (2003): Élelmiszer-kémia Mezőgazda Kiadó, Budapest
5. Deuster, A., Kemmer, T., Tubbs, L., Zeno, S., Minnick, C. (2017): The Special Operations Forces Nutrition Guide. Smashwords, Inc Los Gatos, California, U.S.
6. Duan Y., Tan B., Li J., Liao P., Huang B., Li F., Xiao H., Liu Y., Yin Y. (2018): Optimal branched-chain amino acid ration improves cell proliferation and protein metabolism of porcine enterocytes in vivo and in vitro. *Nutrition* (2018): 173-181 DOI: 10.1016/j.nut.2018.03.057.
7. FAO (2001): Human energy requirements. *Food and Nutrition Technical Report Series*, Rome
8. FAO (2013): Dietary protein quality evaluation in human nutrition. *FAO Food and Nutrition Paper*. ISSN 0254-4725
9. Fehér F., Mák E., Molnár Sz., Tóth T., Vékony B. (2014): Közétkeztetési szakácskönyv. ISBN 978-963-454-543-9
10. Fritz P., Mészáros N., Ignits D., Katona S. (2017): A fehérjék táplálkozás-élettani hatása, szerepük a sporttáplálkozásban. *Recreationcentral.eu* DOI: 10.21486/recreation.2017.7.3.5
11. González De Mejía, E., I. Prisecaru, V. (2005): Lectins as Bioactive Plant Proteins: A Potential in Cancer Treatment, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45:6, 425-445, DOI:10.1080/10408390591034445
12. Gubicskóné K. A., Szabó Z. (2015): Élelmiszer-Tudományi Ismeretek Az élettudományi-klinikai felsőoktatás gyakorlatorientált és hallgatóbarát korszerűsítése a vidéki nemzetközi versenyképességének erősítésére. Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest

13. Hajas L. (2017): Táplálkozási ajánlások a haderő számára hazánktól eltérő éghajlaton. *Hadtudományi Szemle*, 10(4), p.412-427.
14. Hoffman, J.R., Falvo, M.J. (2004): Protein – Which is Best? *Journal of Sport Science & Medicine*. 3(3): 118-130. PMID:24482589
15. Horváth L. (2021): A Magyar Honvédség által alkalmazott és fogyasztott élelmiszer és ivóvíz hatásai, azok vizsgálata, különös tekintettel a táplálkozás és mikroflóra jelentőségére. Nemzeti Közszerológati Egyetem, doktori értekezés
16. Internet 1. Aminosavak, peptidek, fehérjék <https://www.och.bme.hu/ifi-nagy/Szerves%20k%C3%A9mia%20ii/Aminosavak,%20peptidek,%20feh%C3%A9rj%C3%A9k.pdf>
17. Internet 2. Kaszaki J.: Kísérletek tervezése, értékelése, adatok feldolgozása http://web.med.u-szeged.hu/expsur/FELASA/Function%20Specific%20Module%2011/Kis%20terv%20-A%20statisztikai%20anal%20alapjai_KJ%20-%20jegyzet.pdf
18. Internet 3. https://www.pikron.com/pages/products/hplc/aaa_400.html
19. López-Martinez M., Miguel M., Garcés-Rimón M. (2022): Protein and Sport: Alternative Sources and Strategies for Bioactive Sustainable Sports Nutrition. *Frontiers in Nutrition*. DOI: 10.3389/fnut.2022.926043
20. Matsuoka R., Kurihara H., Nishijima N., Oda Y., Handa A. (2019): Egg White Hydrolysate Retains the Nutritional Value of Proteins and Is Quickly Absorbed in Rats. *Scientific World Journal* Volume 2019, Article ID 5475302, 6 pages, DOI: 10.1155/2019/5475302
21. NATO (2010): Nutrition Science and Food Standards for Military Operations. Research and Technology Organisation of North Atlantic Treaty Organisation. Neuilly-sur-Seine Cedex, France ISBN 978-92-837-0097-5
22. NATO (2013): Requirements of individual operational rations for military use. Allied Medical Publication AMedP-1.11. NATO Standardisation Agency (NSA)
23. Nyitrai L., Pál G. (2013): A biokémia és molekuláris biológia alapjai. Eötvös Lóránd Tudományegyetem. https://www.elterereader.hu/media/2014/04/A_biokemia_es_a_molekularis_kemia_alapjai_READER.pdf
24. Schaafsma, G. (2000): The protein digestibility-corrected amino acid score. *Journal of Nutrition*. 130(7):1865S-7S. DOI: 10.1093/jn/130.7.1865S

25. Schofield, W. N. (1985): Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Human Nutrition: Clinical Nutrition* 39 Suppl 1: 5-41. PMID:4044297
26. Sforza, S., Tedeschi, T., Wierenga, P. A. (2016): Proteins: Chemistry, Characterization and Quality. *Encyclopedia of Food and Health*. p. 548-553. DOI:10.1016/B978-0-12-384947-2.00575-4
27. SZTE, (2007): Állatkísérletek az orvostudományban <http://web.szote.u-szeged.hu/expsur/allatkiserletek/Allatkiserletek%20az%20orvostudomanyban.pdf>
28. SZTE, (2012): „Az vagy, amit eszel” Táplálkozásbiokémia, pathobiokémia. https://eta.bibl.u-szeged.hu/733/1/taplalkozasbiokemia_jegyzet_azvagyamiteszel.pdf
29. Tessari P., Cecchet D., Cosma A., Puricelli L., Million R., Vedovato M., Tiengo A. (2011): Insulin resistance of amino acid and protein metabolism in type 2 diabetes. *Clinical Nutrition* 30 (2011) 267-272. DOI:10.1016/j.clnu.2011.02.00
30. Tripton, K. D. (2015): Nutritional Support for Exercise-Induced Injuries. *Sports Medicine*, 45(S1), 93-104. DOI: 10.1007/s40279-015-0398-4
31. VIII. Magyar Gyógyszerkönyv (2010): Aminosav-analízis 2.2.56. fejezet. Országos Gyógyszerészeti Intézet, Budapest
32. Webster-Gandy, J., Madden, A., Holdsworth, M. (2012): Oxford Handbook of Nutrition and Dietetics. Oxford University Press Inc., New York pp. 58-63 ISBN: 978-0-19-958582-3

8. MELLÉKLETEK

Táblázatok:

M1. táblázat: A NATO tartalmi előírásainak megfelelő MRE csomagok összehasonlító értékei

M2. táblázat: Kereskedelmi forgalomban kapható készétel konzervek összetételi adatai (g/100g)

Ábrák:

M1. ábra: A magyar H5 csomag tartalma és összetétele

M2. ábra: A magyar H6 csomag tartalma és összetétele

M1. táblázat: A NATO tartalmi előírásainak megfelelő MRE csomagok összehasonlító értékei

	AUS	BEL/FRA	CAN	CZE	GER	ITA	USA	NLD	Átlag
Fejadag	CR1M	C Ration	IMP	BDP	Epa	K Ration	MRE	Combat Ration	
Tömeg (kg)	1,8	1,5	2,2	1,6	1,6	2,3	2	1,7	1,8
Szénhidrát (g)	593	440	681	414	501	521	528	540	527
Szénhidrát (%)	64	55	62	49	57	57	53	60	57
Fehérje (g)	108	104	141	111	96	100	126	108	112
Fehérje (%)	12	13	13	13	11	11	13	12	12
Zsír (g)	116	114	123	133	126	129	157	126	128
Zsír (%)	28	32	25	36	32	32	35	31	31
Energia (kcal)	3700	3200	4395	3351	3524	3650	3995	3682	3687

M2. táblázat: Kereskedelmi forgalomban kapható készétel konzervek összetételi adatai (g/100g)

	Tömeg g	Energia	Fehérje g	Zsír g	Szénhidrát g	Cukor g
Pincepörkölt	400	412	16,4	24,8	29,2	5,6
Lencsefőzelék	400	372	19,2	11,2	48	35,6
Babfőzelék	400	352	16,4	9,2	48	35,6
Babfőzelék házikolbásszal	400	580	28	26,8	48	7,6
Babfőzelék kolbásszal	400	376	17,2	12,8	41,2	6,8
Sárgaborsó főzelék házikolbásszal	400	636	23,6	38,4	42	7,2
Babgulyás sertéshússal	400	448	22,4	24,4	34,8	26
Babgulyás kolbásszal	400	376	19,6	12	46,4	6,4
Chilis bab darált marhahússal	400	484	21,6	10	76	56
Mexikói chilisbab	400	392	24,8	6	57,6	6,8
Tiszai halászlé	400	312	38,4	15,2	6	4,4
Lencsefőzelék kolbásszal	400	464	25,6	17,2	47,2	7,2
Lencsefőzelék sertéshússal	400	412	26	14	40,4	6
Zöldséges egytál sertéshússal	400	272	23,2	2,4	38,8	5,2
Magyaros babegytál csípőskolbásszal	400	560	22,8	33,6	41,6	31,2

Székelykáposzta	400	328	10,4	22	22,4	16,8
Tanyasi káposzta csülökhússal	400	280	12,8	16	18,8	4
Rakott káposzta	400	432	14,4	28	24	4
Töltött káposzta	400	332	12,42	21,2	19,6	4
Zöldséges aprópecsenye	400	344	20,4	14,8	28,4	20,8
Bográcsgulyás	400	324	22,4	10	34,8	9,2
Pacalpörkölt csülökhússal	400	113	10,1	6,5	3,4	1
Csárdafalatok csülökhússal	400	368	14,8	24,8	20,4	7,2
Bakonyi sertésragu tésztával	400	376	14,4	19,2	35,6	6,4
Borsos tokány tésztával	400	384	17,6	18	36	6,8
Húsgombóc paradicsom-mártásban	400	400	14,8	15,2	48	21,6
Bolognai tészta	400	364	14	9,6	54,4	16,4
Pulykahús falatok zöldborsóval	400	304	22	5,6	41,6	7,2
Szegedi csípős gulyás	400	384	15,6	24	26	4
Sertéspörkölt tarhonyával	400	532	20	36	30	5,6
Marhapörkölt tarhonyával	400	420	16,4	22	36,4	5,6
Rizses lecsó házikolbásszal	400	464	15,6	24,8	44	5,2
Sólet pácolt marahússal	400	428	32	10,4	52	6,8
Sólet csípőskolbásszal	400	404	18,8	13,2	53,6	4
Milánói tészta	400	376	16,8	13,2	46	18
Rakott tészta	400	464	15,6	26	39,6	5,6
Gulyásleves	330	175	14,2	7,8	9,4	5,9
Bácskai rizseshús	330	693	28,4	13,9	86,5	3,3
Tavaszi csirkerizotto	330	640,2	38,3	19,5	75	3,3
Paprikás csirke fusili tésztával	330	636,9	33	21,2	75	4,3
Sajtos parajos farfalle	330	577,5	27	18,5	74,25	4
Jókai bableves	330	376	26,4	20	15,4	6,1
Csirkepörkölt tarhonyával	350	381,5	30	12	37,8	2,1
Zöldborsós csirke rizzsel	350	469	35,5	18,2	33,8	8,5
Lecsós pulykacomb	350	314	19,2	12,2	25,2	11,4
Mustáros marhahús	350	377	30,5	20,4	12,8	5,9
Zöldséges csirkeragu	350	511	36	26,7	24,5	6,7
Mexikói zöldségragu	350	398	14,3	11,1	50	13,9
Zöldséges egytál sertéshússal	400	272	23,2	2,4	38,8	5,2
Töltött paprika	400	352	10	132	48	24
Zöldborsófőzelék pörkölttel	400	312	21,6	8,8	36,8	8,9
Rizses lecsó kolbásszal	400	436	6,4	19,2	59,6	24,8
Linsen mit speck	400	492	21,2	21,6	48	2
Rinds gulash	400	440	40	22	18,8	3,6

Quenelles de saumon (lazacos gombóc)	400	576	14,6	40	38	1
Bouschees a la reine	400	460	18	28,4	30,8	3,2
Gefüllte paprika	400	464	15,2	24,4	44	18
Bohnen mit speck (bab szalonnával)	400	632	24,4	32	52	4,8
Reisfleisch (rizses hús)	400	724	26,8	30,4	84	4,4
Schweins-gulasch (sertés gulyás)	400	492	38,4	28	20,4	4
Sóletbab lecsókolbásszal	400	448	22,4	17,2	44	4,4
Natúrfarm						
Szegedi gulyás Naturfarm	400	408	16	28,4	18,8	2
Csirkepörkölt Naturfarm	400	337	29,6	15,2	19,2	2,4
Átlagos fehérje tartalom g/100g			21,54			

Magyar H5 csomag tartalma	db	Adag	Energia	Fehérje	állati	növényi	Zsír	állati	növényi	koleszterin	Szénhidrát	cukor	hozzáadott cukor	keményítő	rost
Csirkemell (barna rizssel)	1	300 g	204	32,2	29,7	0,3	7,4	1,4	6	72,6	2,2	1		1,2	2,4
bamarizs	1		243	4,4		4,4	5,9		5,9		43,1	0,5		42,6	1,8
Paradicsomos bab	1	300 g	399	23,3		22,7	1,25		1,25		73,7	22,6	14,4	51,2	23,9
Uzsonnakrém kolbásszal	2	75g	209	13,2	11,2	2	16,3	6,1	10,2	80,2	2,4			2,4	
Zellerkrémleves	1	20 g	67	1,8	0,7	1,1	4	1,4	2,6	19	5,95	1,8	0,7	3,45	1,6
Reggeli ital	1	20g	64	3,6	3,4	0,2	2,8	2,8			6,1	5,3	0,8		
Lapkakenyér (30 g, 6 db/csomag)	4	6 lap	353	13,7		13,7	1,9		1,9		70,3	2,3		68	9,7
Aszaltgyümölcs	1	100g	282	1,5		1,5	1,7		1,7		65,2	62,6		2,6	8
Szőlőcukor	1	80g	328								82	80		2	
Minifrutta gyümölcsös cukorka	5	2g	33								8,3	8,3			
Rágógumi	1	csomag	30								7,5	7,5			
Kristálycukor	6	5g	120								30	30			
Ételízesítő	2	2g													
Só	2	2g													
			Energia	Fehérje	állati	növényi	Zsír	állati	növényi	koleszterin	Szénhidrát	Cukor	hozzáadott cukor	keményítő	Rost
Összes			2332	93,7	45	45,9	41,25	11,7	29,55	171,8	396,75	221,9	15,9	173,45	47,4
				374,8	180	183,6	371,25	105,3	265,95		1587	887,6	63,6	693,8	
				16%	8%	8%	16%	5%	11%		68%	38%	3%	30%	
Napi ajánlott átlag (g) normál műveletre			3600	180 135-225 20%			110 80-140 28%			300 mg	494 404-584 55%				30

M1. ábra: A magyar H5 csomag tartalma és összetétele

M2. ábra: A magyar H6 csomag tartalma és összetétel

Magyar H6 csomag tartalma	db	Adag	Energia	Fehérje	állati	növényi	Zsír	állati	növényi	koleszterin	Szénhidrát	cukor	hozzáadott cukor	keményítő	rost
Pincepörkölt	1	300 g	462	23,2	16,9	6,3	29,6	16	13,6	102	25,6			25,6	1,3
Zöldséges curry	1	300 g	204	7,6	0,5	7,1	8,78	1,98	6,8	10,1	23,7	2,5		21,2	3,4
Húspástétom	2	130 g	341	16,4	15,7	0,7	27,4	14,3	13,1	82,2	7,2	1		6,2	1
Szalámis pástétom	1	70 g	166	8,8	7,9	0,9	12,9	7,6	5,3	42	3,7	0,7		3	
Almaleves	1	20 g	66	1,9	0,3	1,6	2,45	2	0,45	10,6	9,1	4,6		4,5	1,8
Reggeli ital	1	20g	62	3,4	3,4		2,8	2,8			5,8	5,3	0,5		
Lapkakenyér	4	6 lap	353	13,7		13,7	1,9		1,9		70,3	2,3		68	9,7
Teapor	1	140 g	570								142,5	142,5			
Aszaltgyümölcs	1	100g	282	1,5		1,5	1,7		1,7		65,2	62,6		2,6	8
Szőlőcukor	1	80g	328								82	80		2	
Minifrutta gyümölcsös cukorka	5	2g	33								8,3	8,3			
Rágógumi	1	csomag	30								7,5	7,5			
Kristálycukor	6	5g	120								30	30			
Ételízesítő	2	2g													
Só	2	2g													
			Energia	Fehérje	állati	növényi	Zsír	állati	növényi	koleszterin	Szénhidrát	Cukor	hozzáadott cukor	keményítő	Rost
Összes			3017	76,5	44,7	31,8	87,53	44,68	42,85	246,9	480,9	347,3	0,5	133,1	25,2
				306	178,8	127,2	787,77	402,12	385,65		1923,6	1389,2	2	532,4	
				10%	6%	4%	26%	13%	13%		64%	46%			

Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni témavezetőmnek, dr. Mednyánszky Zsuzsának a rengeteg időt, amelyet a szakdolgozatom készítése során rám fordított, értékes szakmai tanácsaival, javaslataival segítette munkámat.

Köszönöm szakfelelősömnek dr. Nguyen Duc Quangnak, hogy segített a témaválasztásban, így a hozzám leginkább illő szakdolgozatot készíthettem el.

PAUFLEER BEÁTA

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Paufler Beáta
A Hallgató Neptun kódja: HDDI6H
A dolgozat címe: Fehérjével dúsított készétel aminosavtartalmának és emészthetőségének vizsgálata
A megjelenés éve: 2023
A konzulens tanszék neve: Táplálkozástudományi Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitóri rendszerébe.

Kelt: 2023. május 3.



Hallgató aláírása

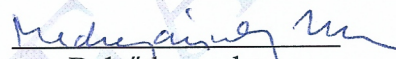
KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A Paufler Beáta (hallgató Neptun azonosítója: HDDI6H) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: 2023. május 2.


Belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendő.

² A megfelelő aláhúzendő.