

SZAKDOLGOZAT

Kocsis Virág
2023

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

Különféle „szuperélelmiszer” porok tápanyagtartalmának és aminosav- összetételének a vizsgálata

Kocsis Virág
Budapest
2023

**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet**

**Szak neve: BSc Élelmiszermérnöki
Táplálkozás-élelmiszertechnológia**

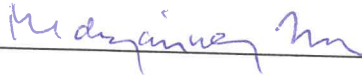
Szakedolgozat készítés helye: Táplálkozástudományi Tanszék

Hallgató: Kocsis Virág

A szakedolgozat címe: Különféle „szuperélelmiszer” porok tápanyagtartalmának és aminosav-összetételének a vizsgálata

Konzulensek: Végh Rita, Dr. Mednyánszky Zsuzsanna

Beadás dátuma: 2023. 11. 06.


szakedolgozat készítés helyének vezetője

Dr. Mednyánszky Zsuzsanna

 Végh Rita

konzulens

Végh Rita

Dr. Mednyánszky Zsuzsanna



Dr. Mednyánszky Zsuzsanna

Táplálkozás-élelmiszertechnológia ismeretkör felelős

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	1
2. A MUNKA CÉLJA.....	2
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	3
3.1. Aminosavak	3
3.1.1. Aminosavak szerepe a táplálkozásban	3
3.1.2. Aminosavak kémiai jellemzése.....	6
3.2. A fehérjék	8
3.2.1. Fehérjeszükséglet	8
3.2.2. A fehérjék minősítése	9
3.3. Fehérjében gazdag szuperélelmiszerek jelentősége, fogyasztási trendek	10
3.4. Vizsgált szuperélelmiszer porok jellemzése.....	14
3.4.1. Gabonafű porok	14
3.4.2. Zöldségporok	16
3.4.3. Gyümölcsporok.....	18
3.4.4. Algaporok.....	20
4. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK	23
4.1. Vizsgálati minták	23
4.2. Vizsgálati módszerek	24
4.2.1. Nedvességtartalom meghatározás.....	24
4.2.2. Hamutartalom meghatározás.....	24
4.2.3. Nyerszsírtartalom meghatározás	25
4.2.4. Nyersfehérjetartalom meghatározás	25
4.2.5. Szénhidráttartalom becslése.....	26
4.2.6. Aminosav-analízis	27
5. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELEÉSÜK.....	29
5.1. Nedvességtartalom meghatározás eredményei	29
5.2. Hamutartalom meghatározás eredményei	30
5.3. Zsírtartalom meghatározás eredményei	31
5.4. Nyersfehérjetartalom meghatározás eredményei	32
5.5. Szénhidráttartalom becslés eredményei	33
5.6. A vizsgált minták tápanyag-összetétele.....	34
5.7. Aminosav tartalom meghatározás eredményei	36

5.7.1. Gabonafű porok összehasonlítása.....	36
5.7.2. Zöldségporok összehasonlítása	37
5.7.3. Gyümölcsporok összehasonlítása.....	38
5.7.4. Algaporok összehasonlítása.....	39
5.7.5. Esszenciális és nem esszenciális aminosavak mennyisége és megoszlása a mintákban	40
5.7.6. Vizsgált minták aminosav profiljának összevetése az aminosav szükséglettel	42
6. ÖSSZEFOGLALÁS	44
IRODALMI HIVATKOZÁS.....	46
ELEKTRONIKUS FORRÁSOK	53
ÁBRA- ÉS TÁBLÁZATJEGYZÉK	53
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	55

1. BEVEZETÉS

Napjainkban egyre nagyobb hangsúlyt fektetünk az egészséges életvitel kialakítására, melynek alappillére, hogy a megfelelő mennyiségű és minőségű tápanyagot biztosítsuk a szervezetünk számára. A fogyasztók egyre nagyobb szegmense mutat érdeklődést az alternatív táplálkozási irányzatok felé, melynek háttérében környezetvédelmi okok, állatjóléti szempontok is szerepelhetnek, valamint egészségügyi okból kifolyólag is döntenek ezen elhatározások mellett. Ide tartoznak a vegetáriánus és vegán táplálkozási formák. Az említett étrendek képviselői nem fogyasztanak állati eredetű terméket, így az ezekből származó fehérjék pótlása növényi eredetű tápanyagokkal történik. Esetükben a kiegyensúlyozott táplálkozás könnyen fenntartható bizonyos „szuperélelmiszerek” fogyasztásával. Mára egy egész iparág alakult az egészségtudatos táplálkozás köré. Az online térben széles körben értékesítenek „szuperélelmiszer” termékeket, bár a megnevezésre nem létezik hivatalosan elfogadott definíció. Ahogy a „szuper” jelző is sejteti, általában olyan élelmiszereket értenek alatta, melyek természetes, feldolgozatlan formájukban, adalékanyagok hozzáadása nélkül, nagy mennyiségben tartalmaznak esszenciális tápanyagokat, melyek hatékonyabban hozzájárulhatnak az egészségünk fenntartásához. Ide soroljuk azon zöldségeket, gyümölcsöket, algákat, valamint egyes gabonaféléket, amelyek kiemelten magas antioxidáns- és/vagy rosttartalommal rendelkeznek, vitaminokban és ásványi anyagokban gazdagok, valamint jelentős mennyiségben lelhetők fel bennük az esszenciális zsírsavak és aminosavak. Mindezek hozzájárulnak az egészséges immunrendszer biztosításához, szervezetünket ellenállóbbá téve a betegségek kialakulásával szemben. Ugyanakkor nem mindig tudunk a megfelelő mennyiséghez hozzájutni. Ilyen esetben a koncentrált, porított formában történő fogyasztásuk megfelelő alternatívát nyújt ennek a problémának a kiküszöbölésére. Ezeket a porokat vízben elkeverve, akár kész ételinkhez hozzáadva egyszerűen és gyorsan tudjuk magunkhoz venni.

Az aminosavak szervezetünk építőkövei, amelyek feltétlenül szükségesek az emberi szervezet megfelelő működéséhez. Az esszenciális aminosavakat szervezetünk nem képes előállítani, így azokat élelmiszerekkel kell bevinni. A növényi eredetű élelmiszerek inkomplett fehérjeforrásoknak tekinthetők, így a növényi alapú étrendek követői számára kiemelt fontossággal bír az általuk fogyasztott élelmiszerek aminosav-összetételének ismerete. A szuperélelmiszer porok alkalmasak lehetnek a növényi fehérjék komplettálására, ezért munkám során ilyen termékek makrotápanyag-tartalmának és aminosav-összetételének vizsgálatával foglalkoztam.

2. A MUNKA CÉLJA

Szakdolgozatom elsődleges célja 8 különböző, növényi eredetű szuperélelmiszer por – gabonafű porok (búzafű, árpafű), gyümölcsporok (fekete berkenye, goji bogyó), zöldségporok (spenót, cékla) és algaporok (spirulina, chlorella) – nyersfehérje-tartalmának, illetve aminosav-összetételének megvizsgálása kísérleti módszerekkel. Célom továbbá, hogy összehasonlítsam a termékek aminosav-összetételét a referenciafehérjével. Eredményeim alapján azonosítani kívánom a termékek limitáló aminosavait és a bennük nagy mennyiségben fellelhető esszenciális aminosavakat. Mindezek alapján arra is szeretnék javaslatokat tenni, hogy a vizsgált szuperélelmiszer porok milyen élelmiszerek komplettálására lehetnek alkalmasak. A fehérjetartalom és aminosav-összetétel meghatározásán túl további célom a minták egyéb beltartalmi paramétereinek (nedvességtartalom, nyerszsírtartalom, hamutartalom, szénhidráttartalom) vizsgálata annak érdekében, hogy komplexebb képet adjak a vizsgált szuperélelmiszer porok tápértékéről. Ezen összetevők minőségi jellemzéséhez különféle műszeres analitikai vizsgálatok elvégzésére volna szükség, amely nem képezi a dolgozatom témáját.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. Aminosavak

3.1.1. Aminosavak szerepe a táplálkozásban

A túlélés alapvető tényezője, hogy a szervezetünk érzékeli tudja, majd pedig megfelelően reagálni a tápanyagszintek okozta változásokra, beleértve a glükóz, lipidek és az aminosavak szintjét is. Ha tápanyagérzékelési zavar lép fel, akkor az egyenes utat jelenthet az olyan egészségügyi problémákhoz, mint az elhízás vagy a 2-es típusú cukorbetegség. Az aminosavakról, melyek a fehérjék és peptidek építőelemei, vizsgálatok születtek, hogy bioaktív vegyületekként is kulcsfontosságú szerepet töltenek be a jelátviteli utakban és az anyagcsere szabályozásában (Hu és Guo, 2021). Az aminosavakhoz köthető számos génexpressziós folyamat szabályozása, ide tartozik a hírvivő RNS – másnéven mRNS – transzlációért felelős közvetítő fehérjék működésének a modulációja, továbbá az aminosavak részt vesznek az enzimmépzésben is. Egyes hormonok, mint például az inzulin, növekedési hormon is aminosavakból épülnek fel (Akram és mtsai., 2011).

Bizonyos aminosavak az inzulin elválasztást képesek szabályozni. *In vivo*, a táplálékfehérjéből származó és a bélhámsejtekből felszabaduló aminosavak glükózzal való kombinációja képes serkenteni az inzulin elválasztást, ami fehérjeszintézist és aminosavtranszportot eredményez például a vázizomzatban. Klinikai vizsgálatok bizonyítják két aminosav *in vivo* inzulin elválasztásra gyakorolt pozitív hatását. A vizsgálatok során, a 2-es típusú cukorbetegeknek és megfelelő kontroll személyeknek fehérjehidrolizátum jelenlétében adott leucin és fenilalanin hatását tanulmányozták, ami az inzulinszekréció háromszoros növekedését eredményezte a csak szénhidráthoz képest (Newsholme és mtsai., 2006).

Az adrenalin és a tiroxin hormonok egyetlen aminosavból épülnek fel. Mindkettő termék a tirozinból keletkezik, az adrenalin a mellékvesében és az idegrendszer bizonyos helyein, a tiroxin pedig szubsztitúciós termékként jelenik meg a pajzsmirigyben (Csapó és Kiss, 2018). A glutationt szintén aminosavak építik fel, ami aktív peptidként ismert. Az aminosavak a melanin szintézisében is részt vesznek. Tanulmányozták, hogy a rákos betegségben szenvedő egyéneknél, a metabolikus változások okán, az aminosav-egyensúly eltérő az egészséges emberekéétől. Ha a szervezetből hiányoznak egyes aminosavak, akkor a fehérjeszintézis nem következik be (Akram és mtsai., 2011). Ennek elmaradása következtében fehérjehiányos betegség alakulhat ki, következménye a kwashiorkór-betegség (Csapó és Kiss, 2018). Ahhoz, hogy egy kiegyensúlyozott étrendet fenn tudjunk tartani, kulcsfontosságú az

összes esszenciális aminosavat biztosítani, melyek a szervezetben nem képesek szintetizálódni (Akram és mtsai., 2011).

Az *esszenciális aminosavak* (EAA), olyan nélkülözhetetlen vegyületek, amelyeket az ember és más gerincesek nem képesek előállítani az anyagcsere középtermékekből. Mivel az emberi szervezet nem rendelkezik ezeket az aminosavakat előállító útvonalakkal, így exogén úton kell azokat a szervezetbe vinni. Bár különböző variációi léteznek az egyén anyagcsere állapotának, az általánosan elfogadott nézet szerint 9 esszenciális aminosav létezik, a fenilalanin, a valin, a triptofán, a treonin, az izoleucin, a metionin, a hisztidin, a leucin és a lizin (Lopez és Mohiuddin, 2020).

Fontos említeni az arginint is, mint *szemiesszenciális aminosavat*, ennek a szintézise azonban bizonyos kiindulási termékek jelenlétéhez kötötten megy végbe (Szabó és Gubicskóné, 2015). Az elmúlt években az L-arginin körüli érdeklődés különböző tanulmányozásokhoz vezetett, így az e körüli vizsgálódások kapcsán született bizonyítékok azt támasztják alá, hogy képes csökkenteni az elhízást, továbbá növeli az izomtömeget és javítja az anyagcsere-profilját. Az L-arginin körül végbemenő mechanizmusok igen összetettek, de végső soron az energiabevitel és – felhasználás egyensúlyának megváltoztatását foglalják magukban, a fehér zsírszövet csökkent növekedésének a javára. (McKnight és mtsai., 2010). Csapó és Kiss (2018) többek között a hisztidint is a szemi-esszenciális aminosavak közé sorolta, azonban Lopez és Mohiuddin (2020) megállapítása szerint ez az aminosav esszenciális. Továbbá Holeček (2020) szerint is az esszenciális aminosavak csoportját bővíti. Megállapítása azt is tartalmazta, hogy a His-hiányos étrend nem eredményez azonnali negatív fehérjegyensúlyt, míg a többi EAA esetén ez probléma. Ezzel magyarázható, hogy eredetileg a nem-esszenciális csoportba sorolták. Azonban számos élettani funkciójának köszönhetően a His kiegészítés javasolt. Tapasztalatok igazolják szívsebészetben betöltött hatékony szerepét a szívizom védelmében, azonban a májproblémában szenvedőknek nem javasolják pótlását. Hosszútávú étrendi hiánya hemoglobin szint csökkenést eredményez.

Azok az aminosavak, amelyeket képesek vagyunk előállítani, az úgynevezett *nem-esszenciális aminosavak*, ilyen például a prolin. A negyedik csoportot pedig, a *speciális aminosavak* alkotják. Akram és munkatársai (2011) ide sorolják az egyes ingerületátvivő anyagokat, mint például a DOPA, ami dopaminná alakul át, hiánya parkinsonizmust eredményez.

Az aminosav-szükséglettel kapcsolatban szükséges szót ejteni a limitáló aminosavakról, ami fontos szerepet játszik a fehérjék biológiai megítélését illetően. A referenciafehérjében (FAO/WHO javaslata alapján ez a tyúktojásfehérje) lévő aminosavhoz képest a legki-

sebb mennyiségben vannak jelen (Szabó és Gubicskóné, 2015). Az egyes élelmiszerek aminosav összetétele eltérő. A gabonafehérjékben (például búza, rizs) a lizin erősen limitáló aminosav, míg a hüvelyesek esetén a kéntartalmú aminosavak az állati eredetű élelmiszerekhez képest jóval alacsonyabb koncentrációban vannak jelen (Brestenský és mtsai., 2019). Az ideális arányokat biztosítva a szervezet számára, az inkomplett fehérjéket együttesen kell fogyasztani, ezáltal kompletté lehet őket tenni, így biztosítani a szervezetben belül a sejteknek a magasabb biológiai értékű fehérjéket. Tehát az egyes élelmiszer-alapanyagok eltérő aminosav tartalma egymással kiegészíthető. Fontos kiemelni, hogy ezeket egyszerre kell a szervezet számára szolgáltatni, máskülönben késve komplementálás történik (Szabó és Gubicskóné, 2015).

Az étrendi aminosavak a csecsemők és kisgyermekesek esetén kiemelt fontossággal bírnak, ugyanis megfelelő növekedéshez és fejlődéshez elengedhetetlen, hogy optimális mennyiségű és minőségű fehérjét fogyasszanak. Pencharz és Ball (2004) megállapítása alapján, az aminosav-anyagcsere hibával született (fenilketonúriás) betegektől eltekintve, nem találta adatokat az aminosav felső határértékére vonatkozóan a csecsemők esetén. Azonban némi információjuk van arról, hogyan képesek kezelni az újszülöttek a nekik szánt tápszerekben jelenlévő aminosavakat. Ezekben a formulákban a fehérjék elsősorban tehéntejből származnak, melyben a kazein a domináns. Azonban a savótartalom az anyatejben magasabb értéket mutat (~70%), mint a tehéntejben (~18%). Ennek hatására növelték koraszülött és újszülött csecsemőknek szánt tápszerek savótartalmát, ezáltal több treonin jutott a szervezetükbe, a kazein-domináns tápszerrel való tápláláshoz képest (melyben a fenilalanin és tirozin dominál). Arra az aggodalmas megállapításra jutottak, hogy a kazein-domináns tápszerrel táplált újszülöttek 6 éves korukra rosszabb iskolai teljesítményt produkáltak. Ez az információ is jól mutatja, hogy az élelmiszerek aminosav-összetételének vizsgálata fontos részét képezi a táplálkozástudományi kutatásoknak.

Az elmúlt évtizedekben az elhízás globális közegészségügyi problémává nőtte magát, így ez a téma folyamatos kutatást eredményez. A makrotápanyagok – zsír, szénhidrát és fehérje – közül a fehérje befolyásoló szerepének bizonyítására egyre több tanulmány születik. Fogyasztásuk után aminosavakra és peptidekre hidrolizálódnak a szervezetben. Ezáltal a fehérjék hatása az őket alkotó aminosavaktól függ. Ehhez kapcsolódóan kísérleteket végeztek, melynek során az egerekben azt figyelték meg, hogy a Leucin (Leu) megvonás minden második napon testsúlycsökkenést és energiafelhasználást eredményezett (Xiao és Guo, 2021).

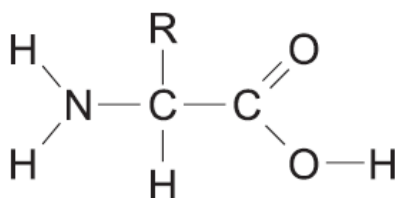
Az aktív fizikai életvitelt képviselők körében is kiemelt szerepet kapnak az aminosavak. Sportfiziológusok és biokémikusok jelentős erőfeszítéseket tettek a sportolók tápanyagszükségleteinek és ergogén kiegészítők vizsgálatának tanulmányozására. Az ergogén segédanyagok közé sorolhatók az étrendi aminosavak, amelyek elősegítik a jobb testösszetételt azáltal, hogy a vázizomzat energiaforrásként szolgálnak. Továbbá, olyan állítást tettek, hogy az elágazó láncú aminosavakat (BCAA-ként is ismert leucin, izoleucin és valin), arginint és glutamint tartalmazó étrend-kiegészítők együttesen javíthatják a teljesítményt (Oh-tani és mtsai., 2006). A BCAA kiegészítő testmozgás előtti és utáni használata képes csökkenteni az izmok nagy terhelés során fellépő károsodását, valamint jelentős szerepe van a fehérjeszintézisben. Az arginin edzés előtti adagolása során keletkező vegyület (nitrogén-monoxid) értágító tulajdonsága miatt késlelteti a fáradást azáltal, hogy fokozódik az oxigén- és tápanyagszállítás, a vázizmok anyagcseréje. A glutamint is érdemes említeni, ugyanis az immunrendszer megfelelő működésének támogatása mellett, képes elősegíteni az izomregenerációt, továbbá számos nem-esszenciális aminosav előanyagaként nagy mennyiségű, akár 30 g/nap részletben történő fogyasztása sem okoz mellékhatásokat (Fritz és mtsai., 2018). Az aminosavigény sportcélonként eltérő, számos dologtól függ, például, hogy egyesek a regenerációt segítik elő, mások pedig a teljesítménynyfokozásban kapnak jelentős szerepet. Az élelmiszerek eltérő arányban tartalmazzák őket, így a megfelelő bevitelhez járulnak hozzá az étrend-kiegészítők, különösen a sportolók, aktív fizikai életvitelt folytatók körében.

Tehát összességében elmondható, hogy egy kiegyensúlyozott étrend betartása - mely megfelelő mennyiségű és minőségű aminosavakból felépülő fehérjét tartalmaz - hozzájárulhat számos betegség kialakulásának megelőzéséhez, valamint a fizikai teljesítőképeség javulásához és az izomregeneráció segítéséhez is.

3.1.2. Aminosavak kémiai jellemzése

Az aminosavak igen fontos biomolekulák, a fehérjék építő elemei, melyek az emberi test 20 %-át alkotják. A természetben több mint 300 aminosav fordul elő szabad aminosavak formájában, ebből pedig 22 féle aminosavat tartanak számon, mint a fehérjéket alkotó komponenseket. Peptidkötéssel kapcsolódnak egymáshoz, így alkotják a fehérjék monomer egységeit, majd további kémiai kötéssel, előre meghatározott szekvenciákban kémiaiilag összekapcsolódva alkotják az összes ismert fehérje gerincét. A peptidkötés egy aminosav (R1) karboxil-csoportja és egy másik aminosav (R2) amino-csoportja között jön létre kondenzáció (vízki lépés) közben. Annak számától függően, hogy mennyi aminosav molekula kapcsos-

lódik össze, megkülönböztetünk dipeptideket (két aminosav), tripeptideket (három aminosav), valamint oligopeptideket (négytől tízig terjedő aminosavak) és polipeptideket (tíznel több aminosav) is (Szabó és Gubicskóné, 2015). Az oldalláncok (R oldallánc) másodlagos kötésre való hajlamuk szerint rendelkezhetnek savas vagy bázikus, hidrophil, vagy hidrophób tulajdonsággal (Bischoff és Schlüter, 2012). Az aminosavakat amino- (NH₂) és karboxil (COOH) csoportok alkotják (1. ábra). Előbbi bázikus, utóbbi savas tulajdonsággal rendelkezik, ebből következik, hogy az aminosavak amfoter vegyületek. Semleges, vizes közegben ikerionos jelleggel léteznek. A glicin kivételével, minden aminosav királis, a poláros fény síkját elforgatják. A fehérjeépítő, természetes aminosavak L-konfigurációjúak. Az optikai forgatás mértékét számos tényező befolyásolja, mint például a mérés hullámhossza, a hőmérséklet vagy a közeg pH-ja (Szabó és Gubicskóné, 2015).



1. ábra: Aminosavak általános felépítése (Szabó és Gubicskóné, 2015)

Az élelmiszer-feldolgozáskor az L-aminosavak D-izomerekre racemizálódhatnak, melyek a tükörképi konfigurációi. A D-aminosavakat egyes tengeri gerinctelen állatok, valamint korlátozott mértékben ugyan, de más állatok is képesek szintetizálni. A racemizáció és a D-peptid kötések kialakulása, továbbá a keresztkötéssel rendelkező aminosavak – például a lizinoalanin – az emészthetőséget károsító tulajdonsággal rendelkeznek, ezzel együtt rontják a tápértéket (Friedman és Levin, 2012). Az ipari élelmiszer-feldolgozás és a konyhai hőkezelés (gőzölés, sütés és főzés) felelős a fehérjében bekövetkezett racemizációért. Egyes alapanyagok, mint a tej, hús, gabonafélék, természetes állapotukban elenyésző mennyiségben tartalmazzák, azonban technológiai műveletek alkalmazása növeli a bennük található D-aminosav mennyiségét. A kezeletlen nyers tej tartalmazta a legkevesebb D-aszparaginsavat, viszont melegítés során az érték akár az 5%-ot is elérte. Viszonylag nagy mennyiségben volt kimutatható a csecsemőtápszerekben (4,95%), mely termékek esetében a kezelés porlasztva szárítással vagy hővel történő sterilizálással megy végbe (Csapó és mtsai., 1997). A D-enantiomerek megjelenése az óceánokban, és különösen a talajokban, valamint az üledékekben elkerülhetetlen. A keletkező D-aminosavak képesek beépülni a nem-fehérje molekulákba,

ilyenek például a peptid antibiotikumok és a peptidoglikánok, utóbbi D-alanint, D-glutaminsavat és esetenként D-aszparaginsavat is tartalmaz, jelen vannak a baktériumok és cianobaktériumok sejtfalában (Zhang és Sun, 2014).

Tovább boncolgatva a D-aminosavakat, többen állítják, hogy néhány esetben kedvező hatással is bírnak számos nem kívánatos tulajdonságuk mellett. Csökkent emészthetőségük élelmezési szempontból néhány napos alkalmazásuk előnyös is lehet a fogyókúrázni vágyóknál, feltéve, hogy az emésztésnél visszamaradó anyagok nem toxikusak. A D-fenilalanin és D-leucin fájdalomcsillapító hatásúak. Továbbá elképzelhető, hogy racemizált élelmiszer fehérjék lebontása során antibiotikus hatású peptidek is keletkezhetnek (Csapó és mtsai., 1997).

3.2. A fehérjék

3.2.1. Fehérjeszükséglet

A fehérjék olyan nitrogéntartalmú szerves makromolekulák, melyeket aminosavak lineáris polimerje építi fel. A szervezetben az izom és más szövetek fő szerkezeti alkotójaként szolgálnak, ezen kívül a hormonok, enzimek, valamint a hemoglobin előállításáért felelnek. A szervezet energiaként is felhasználja a fehérjéket, habár az elsődleges forrásként nem ők szolgálnak. A szervezet ahhoz, hogy hasznosítani tudja a fehérjéket, aminosavakra kell azokat bontani (Hoffman és Falvo, 2004). Az étrendi fehérje elengedhetetlen az egész test működése, anyagcseréje szempontjából, nélkülözhetetlen aminosavakat biztosítva a fejlődéshez, növekedéshez. Ebből az következik, hogy az egyénnek, illetve populáció szinten a megfelelő táplálékfehérjével való ellátása központi szerepet kap a globális élelmiszer- és táplálkozásbiztonsággal kapcsolatos megfontolásokban (Moughan, 2021). Fehérjeszükségletnek nevezzük azt a fehérjemennyiséget, amelyet egy táplálkozási szempontból megfelelő diéta részeként el kell fogyasztanunk ahhoz, hogy a szervezetünk megfelelően működjön és fejlődjön (FAO/WHO/UNU, 2007). Az egészségünk fenntartása érdekében, a fehérje ajánlott napi beviteli értéke 0,8 g/ttkg (Phillips és mtsai., 2020).

Fontos azonban megjegyezni, hogy vannak olyan antinutriensek vagy antinutritív tényezők, melyek csökkentik a tápanyagok biológiai hozzáférhetőségét. Ezen étrendi tényezők egyes növényekben és magvakban vagy a feldolgozás során, illetve az élelmiszer alapanyagok tárolása alatt formálódnak. A feldolgozás során végbemenő Maillard-reakció a lizint elérhetetlenné teszi. Az antinutritív anyagok csökkentik a fehérjék emészthetőségét azáltal, hogy gátolják a bélben megtalálható emésztőenzimek működését. Idetartoznak a gabonafélékben és hüvelyesek magjaiban található polifenolos vegyületek, a tanninok, illetve a fitinsav vagy a fitát, a fehérjékkel kelátot képeznek, emiatt egyes emésztőenzimek aktivitását csökkentik, és a cink homeosztázisába is beavatkoznak (Shivakumar és mtsai., 2020). Ez kiemelendő a vegetáriánus/vegán étrendet képviselők körében, akikkel kapcsolatban régóta vitatott téma, hogy képesek-e megfelelő mennyiségű és minőségű fehérjét biztosítani a szervezetük számára. A nyugati országokban élő növényi alapú étrendet követő felnőttek körében végzett vizsgálatok rámutattak arra, hogy a hüvelyesekkel, diófélékkel és magvakkal biztosítható a teljes fehérjepótlás (Mariotti és Gardner, 2019). Megfelelő feldolgozási módszerek használatával az antinutritív komponensekhez köthető negatív következmények elkerülhetők. Ilyen fizikai és kémiai technikák az áztatás, csíráztatás, főzés, fermentálás, enzimes kezelés, valamint ezek kombinációja például a szaponin-tartalom csökkentéséhez együttesen alkalmazott áztatás és főzés (Banti és Bajo, 2020).

3.2.2. A fehérjék minősítése

A fehérjék minőségének meghatározásához számos mérőszám létezik. Egyik, a fehérje emészthetőséggel korrigált aminosav pontszám, rövidített nevén PDCAAS (Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score). A PDCAAS-t a következő képlettel határozzák meg:

$$PDCAAS \% = \frac{\text{az első limitáló aminosav a tesztfehérje 1 g-jában (mg)}}{\text{ugyanezen aminosav a referenciafehérje 1 g-jában (mg)}} \cdot TD (\%) ,$$

A TD (true fecal digestibility) meghatározása során a N bevitel és a fekális N kibocsátás közötti különbséget számolják ki, és ezt a fehérje N bevitel százalékában fejezik ki. A fekális N-t a metabolikus fekális N-nel korrigálják, ami egy fehérjementes diétával meghatározott érték. A PDCAAS használata széles körben elterjedt, felváltva az olyan hagyományosabb biológiai módszereket, mint a PER (Protein Efficiency Ratio), azaz a fehérje hatékonysági arány mérése patkányoknál. Habár az előbbi egy gyors és hatékony módszerként ismert, a PER értékekkel összehasonlítva gyakran mutatott eltéréseket. Olyan javaslatot tettek, hogy ezt a módszert helyettesítsék egy számítógép által vezérelt gasztrointesztinális modellen alapuló in vitro ileális aminosav-emészthetőségi vizsgálattal (Schaafsma, 2005).

Konceptcionálisan a DIAAS (Digestible Indispensable Amino Acid Score) százalékosan tükrözi az emészthető esszenciális aminosav tartalmát. A PDCAAS eljárással ellentétben nem egyetlen fehérjeforrásra korlátozódik, hanem az összes táplálékfehérje rangsorolását lehetővé teszi. A kiszámításához a következő egyenletet használják:

$$DIAAS (\%) = \frac{\text{emészthető esszenciális aminosav tartalom a teszt fehérje 1 g - jában (mg)}}{\text{ugyanezen aminosav a referenciafehérje 1 g - jában (mg)}} \cdot 100$$

(Wolfe és mtsai., 2016).

A közelmúltban a szakértők olyan ajánlásokat tettek, hogy a DIAAS pontozási rendszert előnyben kell részesíteni a PDCAAS-eljárással szemben (Phillips, 2017). PDCAAS eljárás hibáinak kiküszöbölésére az Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezet (FAO) is a DIAAS eljárás alkalmazását javasolta. A DIAAS értékek kiszámításához meg kellett határozni egyes aminosavak emészthetőségét a vékonybél végső szakaszán (ileum), amihez a sertést ismerték el megfelelő modellként az embereknek szánt élelmiszerek emészthetőségének becslésére (Mathai és mtsai., 2017). Az módszerek körüli vizsgálódások fő oka az volt, hogy a PDCAAS-eljárással a székletet vizsgálták, azonban a vastagbélrendszerben végbemenő erjedés tévesen befolyásolhatja az aminosav kiválasztást, növelheti az értékét a valódi fehérje emészthetőségnek (Phillips, 2017).

A fehérjék minősítéséhez kapcsolódik, ezáltal egyes élelmiszerek jellemzésére szolgál az 1. táblázatban látható fehérjetartalom és biológiai érték. Megállapítható, hogy a szója, mint fehérjeforrás megfelelő lehet, ugyanis a marhahúshoz hasonló értékeket képvisel.

1. táblázat: Tápanyagok fehérjetartalma és biológiai értéke (Csapó és Kiss, 2018)

	Fehérje (%)	Biológiai érték (%)
Tojás	13,0	94
Tehéntej	3,5	85
Marhahús	20,6	74
Halhús	16,0	76
Szója	41,5	73
Burgonya	2,5	67
Borsó	22,5	64
Búzaliszt	14,0	52

3.3. Fehérjében gazdag szuperélelmiszerek jelentősége, fogyasztási trendek

Manapság a fogyasztók egyre nagyobb körében életmódbeli változások figyelhetők meg, nevezetesen az egészséggel kapcsolatos magatartásformák pozitív irányba történő vál-

tozása. Ez az új viselkedési tendencia kihívásokat állít az élelmiszeripari szakemberek számára, ugyanis megköveteli, hogy lépést tartsanak a legújabb trendek megjelenésével, a fogyasztók egészséges táplálkozási életvitelének elősegítése terén (Teng és mtsai., 2020). Ezzel együtt megjelent az egészségmegőrző élelmiszerek – funkcionális élelmiszerek és szuperélelmiszerek – és a bioélelmiszerek iránti egyre nagyobb igény (Franco Lucas és mtsai., 2022).

A szorosan összefüggő táplálkozás-környezet-egészségügy trilemma globális kihívására válaszként, az úgynevezett „szuperélelmiszerek” megjelenése, mint lehetséges megoldás, egyre nagyobb teret kapott. Élelmiszerbiztonsági előírások által javasolt tudományos vagy jogi leírás nem létezik a „szuperélelmiszer” kifejezésre, tehát hivatalos definíciója nincs (Fernández-Ríos és mtsai., 2022). Egy Németországban végzett online lakossági felmérés során a válaszadóknak (1006 résztvevő) többek között a „szuperélelmiszerek” fogalombeli megértésére voltak kíváncsiak. Összességében 70%-a a résztvevőknek volt tisztában a kifejezéssel és 33%-a fogyasztotta hetente legalább egyszer. Elsősorban pozitív élelmiszer-tulajdonságokkal ruházták fel, azonban akik egyáltalán nem fogyasztották, ők kérték, hogy nevezzék meg a szuperélelmiszereket. A válaszadók kérésére adott fogalmi meghatározás a következő volt: *„A 'szuperélelmiszer' kifejezést gyakran használják olyan élelmiszerek leírására, amelyekről úgy vélik, hogy különösen jótékony hatással vannak az emberi egészségre, mert állítólag magas a tápanyagtartalommal rendelkeznek - például magas a vitamintartalmuk, antioxidáns, fehérje, ásványi anyag vagy rost tartalmuk. Különösen az egzotikus élelmiszerekre utalnak szuperélelmiszerekként. Tipikus példák a szuperélelmiszerekre: chia mag, quinoa, goji bogyó, matcha tea és avokádó.”* (Kirsch és mtsai., 2022).

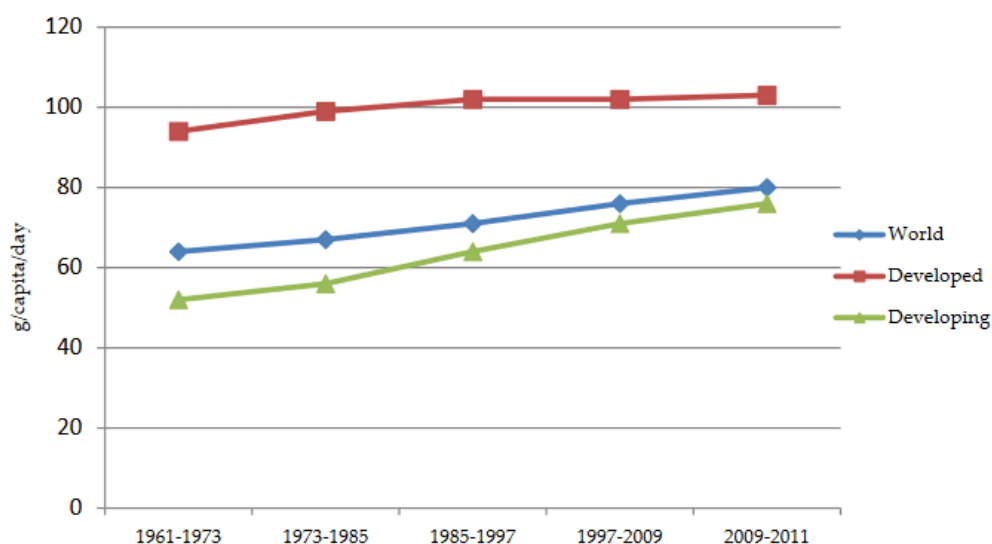
A szuperélelmiszerek az immunrendszer erősítése révén hozzájárulnak az egészségi állapot javításához. Bizonyítottan jótékony hatással bíró összetevői közé tartoznak a többszörösen telítetlen zsírsavak, vitaminok, ásványi anyagok, antioxidánsok és esszenciális aminosavak (Proestos, 2018). Megfigyelték, hogy azon országokban, ahol rendszeresen fogyasztanak szuperélelmiszereket, a betegségek aránya alacsonyabb azokhoz az országokhoz képest, ahol ritkán teszik ezt meg (Teng és mtsai., 2020). Mindazonáltal fontos megjegyezni, hogy nincs feltétlenül ok-okozati összefüggés, ugyanis mind a szuperélelmiszer-fogyasztási hajlandóság, mind az általános egészségi állapot összefüggésben lehet a lakosság anyagi jólétével és kulturális szokásaival is.

A szuperélelmiszerek fogyasztásának előnyeivel kapcsolatos tudományos bizonyítékokban kiemelték azt a tényt, hogy a zöldségek, gyümölcsök, rostok fogyasztása a vastagbél-, tüdő- és emlőrák kockázatát csökkentette, míg a telített- és transzzsírokban gazdag vörös

és feldolgozott húsok fogyasztása összefüggésbe hozható a rák kialakulásának kockázatával. Azonban ígéretes potenciált jelent a rákellenes, természetes formában előforduló szuperélelmiszerek fogyasztása (Verma és Gupta, 2020). Kutatási adatok bizonyítják, ha kiegyensúlyozott étrendnek megfelelően fogyasztják őket, akkor a szervezet különböző szervrendszerinek zavartalan működését, valamint szerotonin és más egyéb hormonok termelésének fokozását képesek elősegíteni (Proestos, 2018).

Bizonyos, ma „szuperélelmiszerként” említett termékek fogyasztása hosszú múltra tekint vissza, őslakos népek különböző gyógyászati célra használták őket évszázadokon keresztül. Az utóbbi években a nyugati társadalmak igényeinek mutatkoznak megfelelni, akik az egészségesebbé válás jegyében érdeklődnek ezen termékek iránt, azonban a fogyasztók igen heterogén csoportot alkotnak az eltérő attitűdjeik miatt. A Groeniger és mtsai. (2017) által végzett vizsgálat azt támasztja alá, hogy a magasabb képzettséggel, jövedelemmel rendelkezők nagyobb arányban fogyasztják őket. Klaszteranalízissel végzett kutatás azonban rámutat, hogy egyes fogyasztók még mindig szkeptikusak, elutasítók a szuperélelmiszerek vásárlásával, fogyasztásával szemben. Ennek oka előzetes tudásuk hiánya lehet ezen élelmiszerek fogalmát illetően (Franco Lucas és mtsai., 2022).

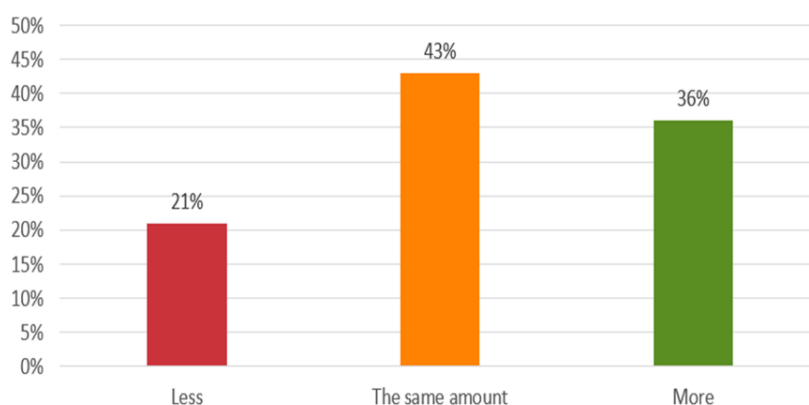
Az élelmiszeripar, a fenntarthatósági kérdések szempontjából nagy szerepet kapnak a növényi alapú élelmiszerek és fehérjék. Az állati eredetű fehérjék iránti növekvő kereslet negatív környezeti hatással jár a megnövekedett üvegházhatású gáz kibocsátás, valamint a több víz és termőföld igény tekintetében. Az alternatív fehérjeforrások új értékláncok kialakítását igénylik, melynek során a termelési költségek, az élelmiszerbiztonság és a fogyasztói elfogadottság hármasának figyelembevételére nagy hangsúlyt kell fektetni. ENSZ-adatok szerint a világ népessége 2050-re 9,5 milliárdra fog nőni. A növekvő jövedelmek, fokozódó urbanizáció, öregedő népesség, valamint a változó élelmiszer-fogyasztási szokások mind-mind hozzájárulnak napjaink ételmezés-biztonsági kihívásaihoz, melynek fókuszában a fehérje-előállítás magas energiaigénye áll. A 2. ábra szemlélteti az egy főre jutó fehérjefogyasztás alakulását 1961 és 2011 között a fejlett (piros szín) és fejlődő (zöld szín) országokban, amely jól szemlélteti, hogy a fejlett országok magasabb abszolút fogyasztási szintet mutatnak, a fejlődő országokban viszont jelentős növekedési ütem mutatkozik meg (Henchion és mtsai., 2017).



2. ábra: Egy főre jutó fehérjefogyasztás alakulása (Henchion és mtsai., 2017)

Joseph és munkatársai (2020), a globális piacot figyelve, azt a következtetést vonták le, hogy a fogyasztók egyre gyakrabban használják az alternatív fehérjét. Annak ellenére, hogy a piacon lévő termékek szerény részét képezik, az alternatív fehérjék elterjedésének növekedési üteme duplája a hagyományos húshoz képest. A termékek kialakítása során fontos szempont a fogyasztók preferenciája, ugyanis az érdeklődés azon termékek felé mutatkozik, melyek az igényeik figyelembevételével lettek kialakítva, ehhez azonban elengedhetetlen a szakemberek, tudósok, élelmiszertechnológusok bevonása. Az 3. ábra szemlélteti 2020-ban az alternatív fehérjék iránti fogyasztói hajlandóságot. A globális piacra irányuló, 12 országot magába foglaló (amerikai, európai és ázsiai-csendes óceáni régiók) kutatási eredmény alapján az alternatív fehérjefogyasztás megemelkedhet, mivel a fogyasztók 36%-a több alternatív fehérjét kíván használni a következő időszakban, szemben a kevesebbet használni szándékozó 21%-kal. A fogyasztási tendenciák tehát valóban azt sugallják, hogy egyre nagyobb a nyitottság a nem hús alapú termékek használata iránt.

Intention to use alternative proteins in 2020



Source: Kalsec, unpublished data, 2019

3. ábra: Vásárlói felmérés eredményei az alternatív fehérjék használatáról a 2020-as évben (Joseph és mtsai., 2020)

Kimutatások születtek arról, hogy egy átlagos európai 70%-kal fogyaszt több fehérjét, mint amennyit az ajánlott bevitel megkövetel, a túlfogyasztás pedig az állati eredetű fehérjékből történik. Előnyükre szól, hogy megfelelő arányban tartalmazzák mind a 9 esszenciális aminosavat, azonban a növényi élelmiszerek megfelelő kombinációja biztosítani tudja ugyanezt (Aschemann-Witzel és mtsai., 2021). Robert J Ostfeld (2017) gyakorló kardiológusként tanúja volt annak, hogy a növényi alapú étrendre történő átállás hatására betegek egészsége, különösképp a szív- és érrendszeri egészség, jelentősen javult pusztán ennek a változtatásnak a hatására (Ostfeld, 2017). Szakirodalmi adatok alapján a klasszikus vegetáriánus étrend elegendő fehérjét és aminosavat tartalmaz. A vegán étrendet követők töredékénél egy kis kockázat lehet az elégtelen fehérjebevitelről, azonban kiegyensúlyozott diéta betartásával ez elkerülhető (Mariotti és Gardner, 2019). Napjainkban számos „szuperélelmiszer” porított formában is elérhető, amelyek hozzájárulhatnak egy kiegyensúlyozott étrendhez.

3.4. Vizsgált szuperélelmiszer porok jellemzése

3.4.1. Gabonafű porok

Az árpa (*Hordeum vulgare* L.) az egyik legidősebb, legszélesebb körben termesztett növény (Wang és mtsai., 2016). A Poaceae családba tartozik, magnéziumban, rézben, foszforban, valamint vitaminokban, például folsavban, pantoténsavban, biotinban gazdag növény. Úgy találták, hogy még a tehéntejnél, spenótnál, banánnál is gazdagabb ezen anyagokban (Panhi és mtsai., 2020). Hideg és fagyűrő tulajdonsággal rendelkezik, a világ negyedik

legfontosabb gabonanövénye, amely kimagasló élelmi rost tartalommal rendelkezik. A funkcionális élelmiszerekhez felhasznált malátáját - mely a világos sör alapanyagaként ismert - a kínai gyógynövény orvoslásban is gyakran használt 300 faj egyikeként tartják számon (Zeng és mtsai., 2018).

A fiatal árpafű leveleiben található értékes tápanyagokat (fehérjék, oldható és oldhatatlan élelmi rostok, flavonoidok, klorofill, ásványi anyagok) az emberi szervezet felismeri és a szükséges összetevőket asszimilálja. Az árpafű a fiatal, egész növény feldolgozása során általában por formában kerül ki végtermékként, de például Nepálban „Jamara Ko Juice” néven ismert préselt levét készítenek belőle, amely népszerű a lakosok körében. A Jamara Ko Juice készítéséhez a 7. napon szüretelik a növényt, amikor a levelek 12-14 hüvelyk (30-35 cm) hosszúak. Különböző humán és állatkísérletek számoltak be a termék jótékony hatásairól, mint például a fekélyellenes, antioxidáns, antidepresszáns és bélrendszer-szabályozó tulajdonságáról (Panthi és mtsai., 2020).

A Cseh Köztársaságban különböző módszerekkel értékelték egyes kiválasztott tápanyagok jelenlétét. Az elvégzett tanulmány információt adott arról, hogy a tápanyagtartalom erősen függ a növekedési fázistól. Mintavételezéseknél megfigyelték, hogy az össz aminosav a növény fejlődésével csökkent, valamint általánosságban elmondható volt, hogy az aszparaginsav és glutaminsav volt a legmagasabb mennyiségben jelen. A leucin tartalom is magas értéket mutatott, azonban a kén tartalmú aminosavak, nevezetesen a metionin jelenléte alacsony szintű volt (Paulíčková és mtsai., 2007).



4. ábra: Árpafű (Internet 1.)

A búza (*Triticum aestivum* L.) a perjefélék (Poaceae) családjába tartozó növényfaj, mely a világ legnagyobb tömegben fogyasztott gabonaféléjét képezi. Egynyári növény, a korai növekedési szakaszban szárból és számos keskeny, egyenes vonalú vagy lándzsa alakú levélből áll (Suriyavathana és mtsai., 2016). A búzafű, a közönséges búzanövény, a *Triticum aestivum* fiatal búzanövényére utal, melyet frissen préselt vagy szárított por alakban állati és emberi fogyasztásra szánnak. Olyan komponensekben bővelkedik, mint a klorofill, illetve megtalálhatóak benne egyes aminosavak (például metionin, lizin, leucin, aszparagin, glutamin), ásványi anyagok (például kalcium, cink és szelén) és enzimek (például proteáz, lipáz, amiláz). A búzafűben jelen lévő bőséges rostmennyiség a vércukorszintet optimalizálni képes (Hattarki és Bogar, 2017). A 6-10 napon át csíráztatott búzafű ekkor éri el a maximális antioxidáns potenciált, valamint ebben az időszakban keletkeznek fenolos vegyületek, köztük a flavonoidok (Suriyavathana és mtsai., 2016). Továbbá, erős bizonyítékok támasztják alá értékítő hatásukat, ezáltal szív- és érrendszeri megbetegedések csökkentésében nagy szerepet játszanak (López, 2019). A napi fogyasztási célra szánt búzafű friss formában történő hozzáférhetősége körülményes feladat lenne. Annak érdekében, hogy lehetővé tegyék a könnyű elérhetőségét, tömeges formában termesztik, majd kíméletes szárítási technológiával tartósítják, hogy elkerüljék az értékes komponensek elvesztését (Pardeshi és mtsai., 2013).



5. ábra: Búzafű (Internet 2.)

3.4.2. Zöldségporok

A termesztett spenót (*Spinacia oleracea* L.) az egyik legnépszerűbb, világszerte fogyasztott leveles zöldség, amely az Amaranthaceae családba tartozik. Egynyári növény, jellemzően tél végén vagy kora tavasszal vetik el a magvakat. Napjainkban, számos fajtája

létezik. Levelaik megjelenése eltérő lehet, egészen a gömbölydedtől a szeldelt levelekig terjed, a lapos és ráncos textúrájú formán át. Jellemzője a különböző éghajlati körülményekhez való alkalmazkodása (Ribera és mtsai., 2020). A spenótot szuperélelmiszernek tekintik, mivel rengeteg tápanyagot tartalmaz, valamint alacsony kalóriatartalommal rendelkezik. Az olyan sötét, leveles zöldek, mint a spenót, fontosak a bőr és a haj egészségének megőrzéséhez. Jelentős a vércukorszint-szabályozó hatása a cukorbetegeknek, a rák kockázatának csökkentése, valamint a csontok egészségének javítása mellett (Al-qumboz és Abu-Naser, 2019). Az egyik legkíváncsabb zöldség, köszönhetően a magas béta-karotin (A-provitamin), folsav- (nők körében kiemelt fontosságú), aszkorbinsav-, kalcium-, vas-, fosfor-, nátrium- és káliumtartalma miatt. Megfelelő antioxidáns-forrás, és az egyik legmagasabb ORAC (oxigénnyelőkészítő kapacitás érték) értékkel rendelkezik (Morelock és Correll, 2008). Kísérletek során a spenótpor fizikai-kémiai összetételét összehasonlítva a búzalisztével, többek között arra a következtetésre jutottak, hogy 120%-kal magasabb fehérjetartalommal bír, mint a búzaliszt. Az eredmények szerint a spenótpor 8,2% nyersrostot, 19,2% fehérjét, 304 mg/100 g kalciumot és 40,4 mg/100 g vasat tartalmazott. Azonban 20%-ban történő helyettesítése a búzalisztben jelentősen csökkentette a tészta fejlődési tulajdonságait, a spenótban található nagyobb mennyiségű élelmi rostok jelenléte miatt. Ezen megállapítások azt sugallták, hogy a pékárukban történő búzaliszt helyettesítése alkalmas lehet a mikrotápanyaghiány leküzdésére (Waseem és mtsai., 2021).



6. ábra: Spenót (Internet 3.)

A vörös cékla (cékla, kerti cékla, étkezési cékla) egy hagyományos és népszerű zöldség szerte a világon (Ceclu és Nistor, 2020). A Chenopodiaceae családba tartozó cékla (*Beta vulgaris* L.) Ázsiából és Európából származik. A cékla egy valódi kétéves vagy ritkán évelő,

virágos növény, melynek színe sárgától vörösig terjed. Ehető részét a gyökér jelenti. A főgyökér hosszú, kúpos alakú és kisebb mellégyökerek elágazása alkotja. Hűvös évszaki növény de toleráns a magasabb hőmérsékletre is, optimális tartománya 15-19 °C közé tehető (Chhikara és mtsai., 2019).

Különösen elterjedt Kelet- és Közép Európában, ahol fontos részét képezik a gasztrokultúrának, például a cékla fontos összetevője a borscsnak, valamint a vinaigrette és egyéb salátáknak (Ceclu és Nistor, 2020). Gyakran használják E162 számmal ellátott élelmiszerek színezőanyagként is. A cékla rendszeres fogyasztása hozzájárulhat az antioxidáns védekezés erősítéséhez, mely segíthet megvédeni a sejteket az oxidatív károsodástól (Clifford és mtsai., 2015). Használják különféle betegségek, többek között szív- és érrendszeri betegségek, vérszegénység, szexuális zavarok és hólyagkövek kezelésében is. Sportolók körében elterjedt étrend-kiegészítő formában történő fogyasztása energianövelő és teljesítményt fokozó hatása miatt. Továbbá aminosavak közül magas glutamin tartalmáról tettek megállapítást, mely a nukleotidok, valamint a glükóz- és fehérjeszintézis prekursora (Tan és Hamid, 2021). Magas nitráttartalmának köszönhetően javította az állóképességet. A szervezetben nitrogén-oxiddá alakul át, ami javítja az erek tágulását, végső soron ezzel növelve a dolgozó izmok vérellátását (Ormsbee és mtsai., 2014).



7. ábra: Cékla (Internet 4.)

3.4.3. Gyümölcsporok

A Rosaceae családba tartozó fekete berkenye vagy más néven arónia bogyók (*Aronia melanocarpa* L.) Észak-Amerika és Kanada keleti részeiből származnak, de már több mint 100 éve Európa szerte is elterjedtek. A fekete berkenye egy kevésbé ismert gyümölcs, amelyet elsősorban gyümölcslevek, pürék, lekvárok, zselék és borok formájában használnak fel

(Jurikova és mtsai., 2017). Gyümölcsének sötétvörös színezete az antociánok jelenlétének köszönhető, ami miatt természetes színezékként is alkalmazható (Šic Žlabur és mtsai., 2017).

A növény bokrai 2-3 méter magasra is nőhetnek, melyen májustól júniusig 30 kis fehér virág ernyő alakot ölt, később élénkpiros vagy lilásfekete bogyókká érnek. Betakarításuk augusztus és szeptember között zajlik (Kulling és Rawel, 2008). A közelmúltban a fekete berkenye az egészségre gyakorolt kedvező hatása miatt hívta fel magára a figyelmet. A bogyós gyümölcsök számos egészségügyi probléma megelőzéséhez járulnak hozzá, példaként említve a szív- és érrendszeri betegségeket. Ezen védelmi szerep a fenolsav, antocián, valamint flavonol tartalmukkal hozható összefüggésbe (Kapci és mtsai., 2013). Az ORAC (oxigénnyelőképesség kapacitási érték) - skála szerint a fekete berkenye rendelkezik a legnagyobb antioxidáns aktivitási értékkel a bogyós gyümölcsök körében (Dinstel és mtsai., 2013). Keserű, fanyar ízük miatt gyakori, hogy a fekete berkenyét nem önmagában, hanem különböző gyümölcstermékekhez hozzákeverve fogyasztják. A termék kiemelkedő mennyiségű fitotápanyag-tartalmának köszönhetően alkalmas például az almalé – az egyik legnépszerűbb ital – tápértékének javítására és egyéb funkcionális élelmiszerek létrehozására (Šic Žlabur és mtsai., 2017).



8. ábra: Fekete berkenye (Internet 5.)

A goji bogyó vagy farkasbogyó (*Lycium barbarum* L.) Kínában őshonos növény, a Solanaceae család egyik legismertebb tagja. Az érett gyümölcs 1-2 cm hosszú, ellipszoid alakú, élénk narancsvörös színű, legjobban az érett apró paradicsomhoz hasonlítható, magokat is tartalmazó termés. Pomológiai szempontból az első termés jellemzően a 3 éves növényenél figyelhető meg (Fatchurrahman és mtsai., 2022). A meleg régiókban széles körben elterjedt goji bogyó növény egy évelő, lombhullató cserje, melynek a terméseit édes-cseresznyés íz jellemzi. Az egzotikus bogyós gyümölcsök közül a goji bogyó az elmúlt két

évtizedben világszerte népszerűvé vált bioaktív komponens tartalma miatt, emellett az ipar számára potenciális felhasználási lehetőségeket hordoz magában (Vidović és mtsai., 2022).

A növényvilág végtelen lehetőséget kínál funkcionális anyagok izolálására, melyek különböző bogyós gyümölcsökből származtathatók, mint például a goji bogyó. Ezen alkotók alatt értjük például a polifenolokat, melyekhez antioxidáns, gyulladáscsökkentő, antimutagén tulajdonság köthető (Skenderidis és mtsai, 2020). A bioaktív komponenseket tartalmazó élelmiszerek fogyasztása az egészséges táplálkozás szempontjából egy igen feltörekvő terület. Az Amerikai Dietetikusok Szövetsége (American Dietetic Association, ADA) általi legpontosabb meghatározás: *"A bioaktív élelmiszer-összetevők olyan fiziológiailag aktív összetevők az élelmiszerekben vagy étrend-kiegészítőkben, amelyek állati és növényi forrásokból származnak, beleértve az alapvető emberi táplálkozási szükségletek kielégítéséhez szükséges összetevőket is, és amelyekről bebizonyosodott, hogy szerepet játszanak az egészségben, és emberi fogyasztás szempontjából biztonságosnak ítéltetők."* (Kulczyński és Gramza-Michałowska, 2016). A goji bogyó a közelmúltban pozitív bírálatban részesült élelmiszerekben (például joghurtban) kifejtett prebiotikus potenciáljuk miatt. Ez a bennük lévő poliszacharidoknak köszönhető, amit egyes probiotikus baktériumok hasznosítani tudtak. Habár a prebiotikus hatás más molekulákhoz, például polifenolokhoz is köthető, amelyek serkenthetik a probiotikus baktériumok növekedését a bélben (Skenderidis és mtsai, 2020).



9. ábra: Goji bogyó (Internet 6.)

3.4.4. Algaporok

A kék-zöld algák (cianobaktériumok) a legprimitívebb életformák közé tartoznak a Földön. Egyszerű prokarióta sejt felépítésűek. A növényekkel közös tulajdonságaik, hogy fotoszintézisre képesek. A primitív baktériumokkal közös tulajdonságot pedig a

hiányzó növényi sejtfal adja. Érdekes, hogy az állatvilággal is osztoznak azonos jellemzőn, mégpedig, hogy a sejtmembránjuk glikogénhez hasonló komplex cukrot tartalmaz. Létezik mérgező és ehető fajtájuk, amelyek a Föld bármilyen szélsőséges körülményéhez alkalmazkodni tudtak (Saranraj és Sivasakthi, 2014). Számos mikroalga faj hasonló mennyiségben tartalmazza a fehérjét, mint a tej, tojás, szójabab vagy a hús. Az utóbbi években két kiemelkedő faj dominál a globális mikroalga piacon, egyre nagyobb népszerűséget nyerve. Közéjük tartoznak a *Chlorella* fajok, melyek funkcionális élelmiszerként vannak jelen a piacon. Krónikus vagy akkut betegségek, például Alzheimer –kór és a rák kezelésben, gyógyításában segíthetnek (Koyande és mtsai., 2019).

A spirulina (*Spirulina platensis*) többsejtű és fonalas cianobaktérium, amely jelentős népszerűségnek örvend az egészségügyben, az élelmiszeriparban és az akvakultúrákban. Vízben fejlődik és növekszik, könnyen betakarítható és feldolgozható. Teljesértékű táplálékkiegészítőként tartják számon a fejlődő országokban az alultápláltsági hiányosságok elleni küzdelemben (Soni és mtsai., 2017). A *Spirulina* fajok kiváló forrásai az A, B1, B2, B12 vitaminoknak, esszenciális zsírsavaknak, pigmenteknek. Ezeket a bioaktív komponenseket nem képes előállítani a szervezet. Kiváló fehérjeforrást jelentenek, fogyasztással hozzájuttatjuk szervezetünket az esszenciális aminosavakhoz is (Koyande és mtsai., 2019).

A mexikóiak (aztékok) kezdték el először ezt a mikroorganizmust emberi élelmiszerként használni. Szárazanyagának kémiai összetételét tekintve fehérjék (55%-70%), szénhidrátok (15-25%), esszenciális zsírsavak (18%), valamint vitaminok, ásványi anyagok, és olyan pigmentek, mint a karotin, klorofill és fikocianin alkotják. A benne megtalálható pigmentek tökéletes felhasználási forrásként szolgálnak a kozmetikai- és élelmiszeriparnak. Az Egyesült Nemzetek Szervezetének Élelmészeti és Mezőgazdasági Szervezete (FAO) szerint a 21. század számára ideális élelmiszer és étrend-kiegészítő (Ali és Saleh, 2012). Az FDA és EFSA kijelentése értelmében a *Spirulina* sp. alapú élelmiszer termékeket GRAS (Generally Recognized As Safe) kategóriába sorolják. Klinikai vizsgálatok alapján a spirulina fogyasztása koleszterin csökkentéshez, immunválasz fokozáshoz, egyes ráktípusok elleni védelemhez járul hozzá. Számos terméket állítanak elő belőlük, a velük dúsított termékek kiváló fehérjeforrásként szolgálnak az alultáplált embereknek (Andrade és mtsai., 2018).



10. ábra: Spirulina (Internet 7.)

A *Chlorella vulgaris* gömb alakú, 2-10 μm átmérőjű mikroszkópos sejt, amely számos, a növényekhez hasonló szerkezeti elemmel rendelkezik (Safi és mtsai., 2014). Fotoszintetizáló mikroorganizmus, melyet iparilag elsősorban a magas fehérjetartalma miatt termelnek, illetve felhasználják a bioüzemanyag-előállításra is (Ursu és mtsai., 2014). A chlorella éves termelése 2009-ben 2000 tonna volt (száraz tömegre vonatkoztatva). A fő termelői Japán, Németország és Tajvan. Ez a mikroalga gyors növekedési ütemmel jellemezhető. A chlorella termeléshez ideális, mert figyelemre méltó az ellenálló képessége a zord körülményekkel és a kártevőkkel szemben (Safi és mtsai., 2014). Egészségfejlesztő hatásai közé tartozik, hogy kivonatai antimikrobás hatással bírnak, továbbá a chlorella biomassa átlagon felüli arányban tartalmaz pigmenteket, mint a klorofill-A és béta-karotin.



11. ábra: Chlorella (Internet 8.)

4. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

4.1. Vizsgálati minták

A felhasznált mintáimat egy magyar nyelvű webáruházból (Herbalnet) szereztem be. A mintákra vonatkozó fontosabb adatokat, melyek a porok csomagolásán voltak feltüntetve, az alábbi táblázatban foglaltam össze (2. táblázat). A vizsgálatokhoz használt minták az 12. ábrán láthatók.

2. táblázat: A vizsgálatban szereplő minták jellemzői

Szuperélelmiszer por	Latin elnevezés	Származási hely
Búzafeű por	<i>Triticum aestivum</i>	Európai Unió
Árpafeű por	<i>Hordeum vulgare</i>	Európai Unió
Fekete berkenye por	<i>Aronia melanocarpa</i>	Európai Unió
Goji bogyó por	<i>Lycium barbarum</i>	Kína
Cékla por	<i>Beta vulgaris</i>	Olaszország
Spenót por	<i>Spinacia oleracea</i>	Európai Unió
Spirulina algapor	<i>Spirulina platensis</i>	Kína
Chlorella algapor	<i>Chlorella vulgaris</i>	Kína



12. ábra: Vizsgált "szuperélelmiszer" porok

4.2. Vizsgálati módszerek

A méréseim, melyek a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Táplálkozástudományi Tanszékén zajlottak, a 8 különböző szuperélelmiszer por makrotápanyag-tartalmának és aminosav-összetételének meghatározására szolgáltak. Minden vizsgálatot három párhuzamosban végeztem, az eredményeket átlag $\pm$ szórás értékben fejeztem ki.

4.2.1. Nedvességtartalom meghatározás

A minták nedvességtartalmát gravimetriás módszerrel - tömeg szerinti meghatározással - vizsgáltam. Lemértem és feljegyeztem a vizsgálatához használt üvegedények tömegét (négy tizedes pontossággal), majd bemértem az edényekbe 2,00 gramm mintát (13. ábra). A mintákat 105 °C-on szárítottam laboratóriumi szárítószekrényben tömegállandóságig. Hűtés után lemértem a tömegüket, és a következő képlet szerint kiszámítottam a minták nedvességtartalmát.

$$\text{Nedvességtartalom (\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100, \quad \text{ahol}$$

m_0 : üres edény tömege grammban meghatározva

m_1 : az edény és a nedves minta tömege grammban meghatározva

m_2 : az edény és a száraz minta tömege grammban meghatározva



13. ábra: Üvegedénybe kimért minták szárítás előtt

4.2.2. Hamutartalom meghatározás

A minták hamutartalmának meghatározása szintén gravimetriásan történt. Első lépésben lemértem és feljegyeztem a tégely tömegét négy tizedes pontossággal, majd a tégelybe mértem 2,00 gramm mintát. A tégelyekben lévő mintákat 600 °C-ra felmelegített

izzítókemencébe helyeztem. A tömegállandóság elérése után a kihűlt, hamut tartalmazó téglék tömegét lemértem, és a következő képlet szerint kiszámoltam a minták hamutartalmát:

$$Nyershamu (\%) = \frac{m_1 - m_2}{m_0} \times 100, \quad \text{ahol}$$

m_0 : a vizsgálathoz bémért minta tömege grammban meghatározva

m_1 : a tégely és a minta tömege hamvasztás után grammban meghatározva

m_2 : a tégely tömege grammban meghatározva

4.2.3. Nyerszsírtartalom meghatározás

A nyerszsírtartalom meghatározása Soxhlet-extrakcióval történt. A vizsgálat megkezdése előtt egy gömblombikba néhány szem horzsakövet helyeztem, és lemértem a tömeget négy tizedes pontossággal. Ezt követően a mintákból bémértem 2,5 grammot egy zsírmentes extraháló papírhüvelybe, és feljegyeztem a pontos tömeget. A papírhüvelyt zsírmentes vattával bedugaszoltam, majd a készülék középső részébe (Soxhlet-feltét) helyeztem. A feltétet feltöltöttem oldószerrel (petroléter), összeszereltem a készüléket, majd beindítottuk a vízhűtést és a homokfürdős melegítést. Az extrakciót 8 órán át folytattuk, majd a feltétből kivettük az extraháló hüvelyt és eltávolítottuk a petrolétert. A zsírt tartalmazó gömblombikot szárítószekrényben szárítottam 105 °C-on 1 órán át, és miután kihűlt, 4 tizedes pontossággal lemértem a tömeget. A nyerszsírtartalmat a következő képlettel határoztam meg:

$$Nyerszsír (\%) = \frac{m_1 - m_2}{m_0} \times 100, \quad \text{ahol}$$

m_1 : a lombik, a horzsakő és az extraktum együttes tömege grammban meghatározva

m_2 : az üres lombik és a horzsakő együttes tömege grammban meghatározva

m_0 : a bémért minta tömege grammban meghatározva

4.2.4. Nyersfehérjetartalom meghatározás

A nyersfehérjetartalom meghatározását a Kjeldahl-féle módszerrel végeztem, amely három fő lépésből áll. Elsőként a roncsolást hajtottam végre. Szűrőpapírba bémértem 1,00 g mintát analitikai mérlegen, a tömeget pontosan feljegyeztem, majd becsomagolva bedobtam őket a Kjeldahl lombikba. Hozzáadtam egy kis kanálnyi rézszulfát katalizátort és kétszer ennyi kálium-szulfátot, mely forrpontemelőként szolgál. Ezután 25 ml tömény kénsavat

mértem a lombikokba mérőhenger segítségével. Megrázogattam a lombikokat, hogy mindenütt benedvesítse a mintát. Működésben lévő elszívófülke alatti állványra helyeztem a lombikokat és elkezdtem a melegítést.

A második lépés a desztilláció. A melegítés után kihűlt lombikokba kb. feléig vizet öntöttünk, majd az egyenletes forrás érdekében horzsakövet helyeztem a lombikokba. Ezután az összeállított desztillálóberendezésbe helyeztem a lombikot, amelybe 100 ml tömény lúgot (33% NaOH oldat) töltöttem. A desztilláló berendezés végén elhelyezett szedőlombikba gyűjtöttem a desztillátumot. A szedőlombikba előzetesen kimértem 20 ml sósavat (0,1 M) és 3 csepp metilvörös indikátort. A desztillációt addig folytattam, amíg kb. 150 ml párlatot össze nem gyűjtöttem.

A harmadik, egyben utolsó lépés a visszatitrálás volt. A szedőedényben lévő sósavfelesleget nátrium-hidroxid oldattal (0,1 M) titráltam, amíg el nem értem a hagymahéj-sárga átcsapási szint. Ezután lehetett következtetni a keletkezett ammónia mennyiségére a következő képlet alapján:

$$\text{Nyersfehérje (\%)} = \frac{(V_{\text{HCl}} \times f_{\text{HCl}}) - (V_{\text{NaOH}} \times f_{\text{NaOH}}) \times 0,0014 \times 6,25}{m} \times 100$$

ahol:

V_{HCl} : a bemért sósav térfogata (ml)

f_{HCl} : a sósav oldat faktora

V_{NaOH} : a nátrium-hidroxid fogyása a titrálás során (ml)

f_{NaOH} : a nátrium-hidroxid oldat faktora

m : a bemért minta tömege (g)

4.2.5. Szénhidráttartalom becslése

A mintákban lévő összes szénhidráttartalmat számítással becsültem meg, a következő képlet alkalmazásával:

$$\text{Szénhidrát (\%)} = 100 - (\text{nyersfehérje\%} + \text{nyerszsír\%} + \text{nedvesség\%} + \text{hamu\%})$$

Fontos megjegyezni, hogy az így számolt szénhidráttartalom magában foglalja mind az emészthető szénhidrátokat (beleértve a mono-, di-, oligo- és poliszacharidokat), valamint az oldható és oldhatatlan rostokat.

4.2.6. Aminosav-analízis

Első lépésként hidrolizáló csövekbe a megadott fehérjetartalom százalékos értékének függvényében a megfelelő minta mennyiségeket bemértem (50 és 600 mg között). A mintákhoz 10 cm^3 6 M sósavat adtam automata pipetta segítségével. A lezárt oldatokat a termosztátban elhelyezve 110°C -on 24 órán keresztül hidrolizáltam. A hidrolizátumokat lehűtést követően 25 cm^3 -es mérőlombikokba átmostam 10 cm^3 4 M NaOH-dal. Ezt követően desztillált vízzel jelre töltöttem a lombikokat. Homogenizálást követően az oldatokat tölcséren elhelyezett szűrőpapíron keresztül kémcsövekbe szűrtem. A kapott szűrleteket $0,22\text{ }\mu\text{m}$ -es pórusátmérőjű membránfilteren keresztül ismét átszűrtem mintatartó edényekbe, a még tisztább szűrlet elérésének érdekében. A mintákból $100\text{ }\mu\text{m}$ -t pipettával $900\text{ }\mu\text{l}$ Li-os mintahígító puffert tartalmazó Eppendorf-csövekbe pipettáztam (14. ábra). Az analízis idejéig fagyaszttva tároltam a mintákat -20°C -on.



14. ábra: Eppendorfcsovekbe kimért minták

Az aminosavak meghatározását INGOSS AAA 400 aminosav analízátorral végeztem, a következő paraméterek mellett:

- Kation cserélő oszlop: Ionex Ostion LCP 5020, oszlopméret: $200 \times 3,7\text{ mm}$
- Oszlophőmérséklet: $50^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C}$
- Reakcióhőmérséklet: 120°C
- Analízisidő: 200 min
- Eluens: Li-citrát pufferek (Li citrát, LiCl és citromsav) Mintatérfogat: $100\text{ }\mu\text{l}$
- Detektálás: 440 nm, 570 nm
- Eluens áramlási sebesség: $0,30\text{ cm}^3/\text{min}$
- Ninhidrin áramlási sebesség: $0,25\text{ cm}^3/\text{min}$

- Kimutatási határ: 0,5 $\mu\text{mol/dm}^3$

Az aminosav meghatározása erősen savas közegben zajlik, gyengülő eluensek sorozatával, lépcsős gradiens elúcióval.

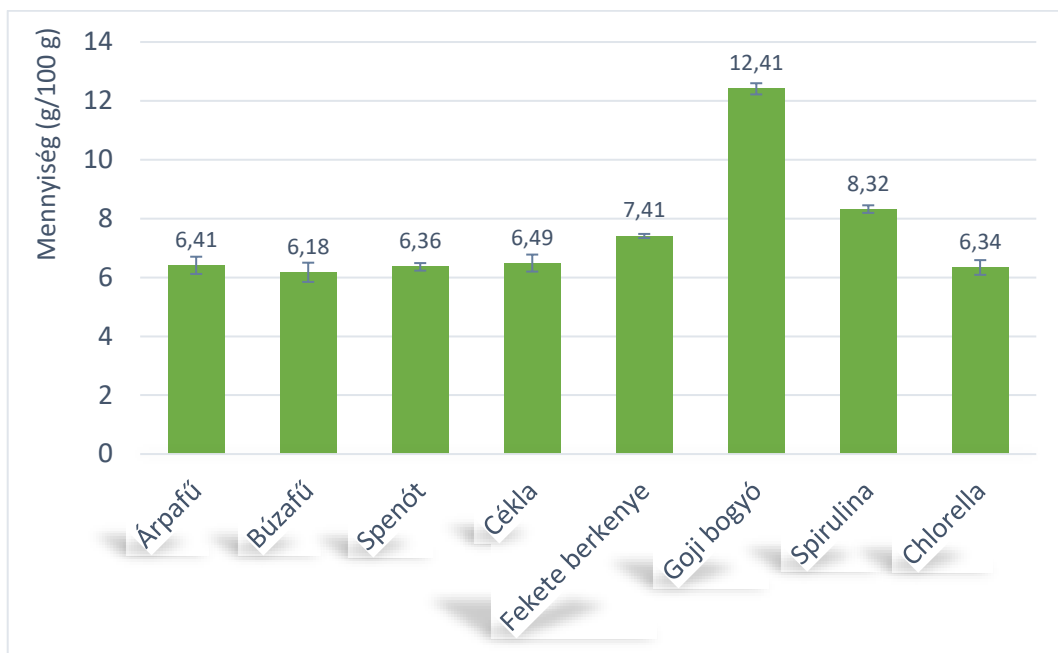
- Puffer 1: 0,18 M Li citrát, pH 2,80
- Puffer 2: 0,20 M Li citrát, pH 3,05
- Puffer 3: 0,36 M Li citrát, pH 3,35
- Puffer 4: 0,33 M Li citrát, pH 4,05
- Puffer 5: 1,20 M Li citrát, pH 4,65

Az aminosavak detektálása a ninhidrinnel adott színreakciójuk alapján történt, spektrofotometriásan. A prolint 440 nm-en, míg a többi aminosavat 570 nm-en detektáltuk. A színreakció oszlop utáni származékképzéssel, 120 °C-on megy végbe.

Utolsó lépésként a kromatogrammok kiértékeléséhez a CHROMuLAN082 programot használtam, standard aminosav eleggyel való összehasonlítás alapján.

5. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKEKELÉSÜK

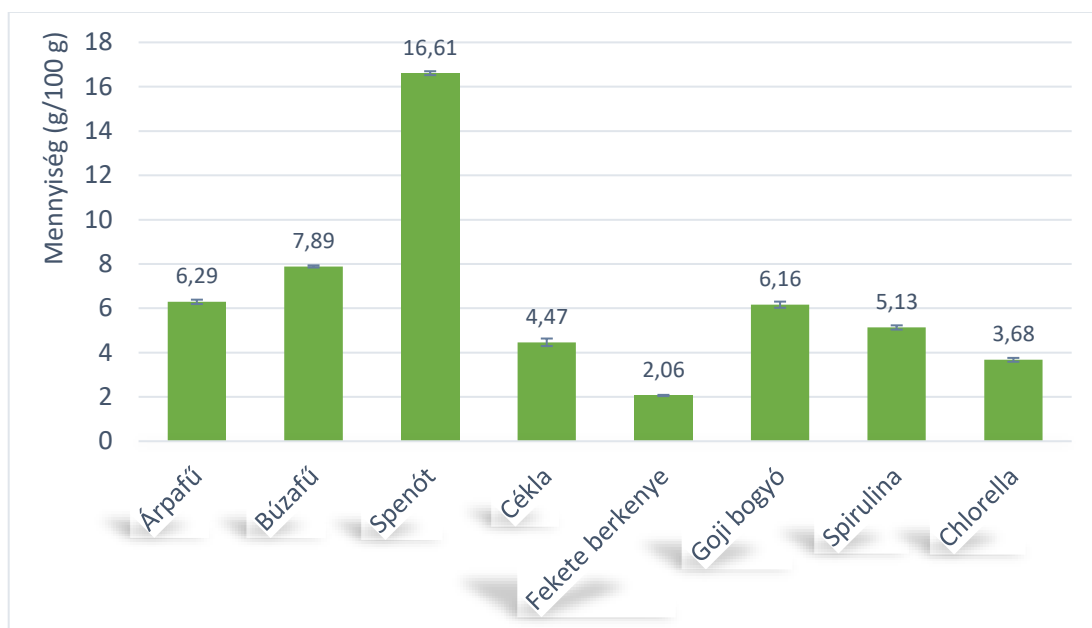
5.1. Nedvességtartalom meghatározás eredményei



15. ábra: Vizsgált porok nedvességtartalma

A 15. ábra szemlélteti a nedvességtartalom meghatározása során tömegszázalékban kapott értékeket. A legtöbb minta 10% alatti nedvességtartalommal rendelkezett, amely megfelelő mikrobiológiai stabilitást biztosít. Jól látható a goji bogyó kiugró értéke. A száraz, mediterrán éghajlati körülmények között termő gyümölcs, a bogyósokra jellemző magas víztartalommal rendelkezik, eléri a 80%-os értéket is (Cui és mtsai., 2022). A lédús gyümölcs magas nedvességtartalmának következtében, az eltarthatóság növelése érdekében gyakran forgalmazzák szárított formában, így tehát elég alacsony lesz a nedvességtartalom ahhoz, hogy a mikroorganizmusok ne tudjanak elszaporodni. Azonban, ha túl alacsonyra állítják, akkor érzékszervi szempontból negatív megítélést adhat a terméknek, továbbá felesleges energia költséggel jár. A gyártók mindig az optimum beállítására törekcszenek. A porok sorában ezt követi az algák csoportjába tartozó, tápanyagokban bővelkedő spirulina, mely vízben növekedik és fejlődik, és eredendően igen magas nedvességtartalommal rendelkezik. Víztartalmának értékét ezzel is lehetne magyarázni, bár érdemes megjegyezni, hogy a nedvességtartalom értékek elsősorban nem a kezdeti nedvességtartalomtól függenek, hanem attól, hogy a szárítást milyen hőfokon, mennyi ideig végezték.

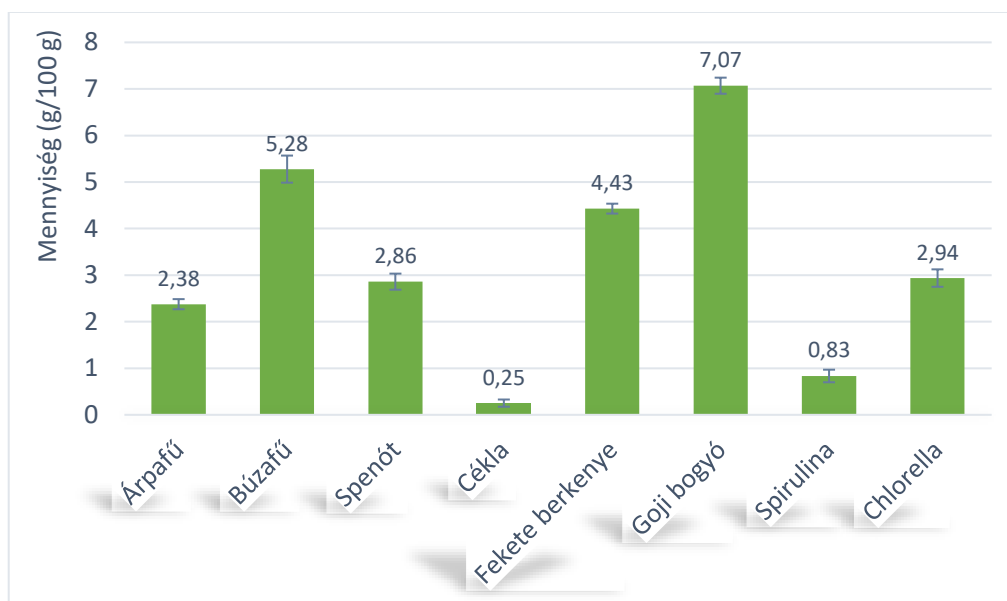
5.2. Hamutartalom meghatározás eredményei



16. ábra: Vizsgált porok hamutartalma

A mintáim izzítókemencében történő hamvasztása során, arra voltam kíváncsi, hogy az egyes porok, milyen mennyiségben tartalmaznak ásványi anyagokat. A bennük található szerves anyagok elégetése során, a visszamaradt makro- és mikroelemek mutatják az olyan anyagok, mint például a kalcium, foszfor, vas, cink jelenlétét. A 16. ábrán látható, hogy a spenótpor erősen kiugró értékkel rendelkezik. Ez azzal magyarázható, hogy a spenótban kiemelkedően magas mennyiségben megtalálható a kálium, melyet szorosan követ a kalcium. A cink, illetve vas jelenléte sem elhanyagolható (El-Sayed, 2020). Junejo és mtsai (2021) 14,66%-os hamutartalmat mutattak ki a spenótporból, amely eredmény igen közel áll az általam mért magas értékhez. A fekete berkenye por rendelkezik a legalacsonyabb hamutartalommal, amely hozzávetőlegesen nyolcad annyi ásványi anyagot tartalmaz, mint a spenótpor. A fekete berkenye a fanyar ízéért felelős fenolos vegyületekben bővelkedik inkább, makro- és mikroelemei a spenóthoz képest csak igen kis mennyiségben fordulnak elő.

5.3. Zsírtartalom meghatározás eredményei



17. ábra: Vizsgált porok zsírtartalma

A 17. ábrán a kapott zsírtartalom eredmények jól szemléltetik az egyes csoportokon belüli szembetűnő eltéréseket. Ha elsőnek a gabonafű porokat vizsgáljuk, akkor megállapítható, hogy a búzafe közel kétszer annyi a zsírtartalma, mint az árpafű pornak. A cékla mutatja a legalacsonyabb értéket. Kale és munkatársai (2018) eredményei alapján a frissen betakarított cékla zsírtartalma is nagyon alacsony ($0,3 \pm 0,1\%$), így eredményünk nem meglepő. A gyümölcsporok viszonylag magas zsírtartalom értékeket mutatnak. A fekete berkenye por 4,43%-os zsírtartalommal rendelkezik, ehhez viszonyítva a goji bogyó porból 59,6%-kal nagyobb értéket mutattunk ki. Ennek lehetséges oka, hogy a goji bogyó por a magot is tartalmazza, míg a fekete berkenye por tisztán a gyümölcshús porításával készült. Mindazonáltal az is könnyen elképzelhető, hogy két különböző gyümölcs húsa ekkora eltérést mutat zsírtartalom tekintetében. Az algaporok között szintén jelentős különbséget figyeltünk meg a szóban forgó paraméter vizsgálata során. A spirulina por zsírtartalma 0,83%. Ehhez viszonyítva a chlorella por több, mint háromszoros mennyiségben tartalmaz lipideket.

5.4. Nyersfehérjetartalom meghatározás eredményei

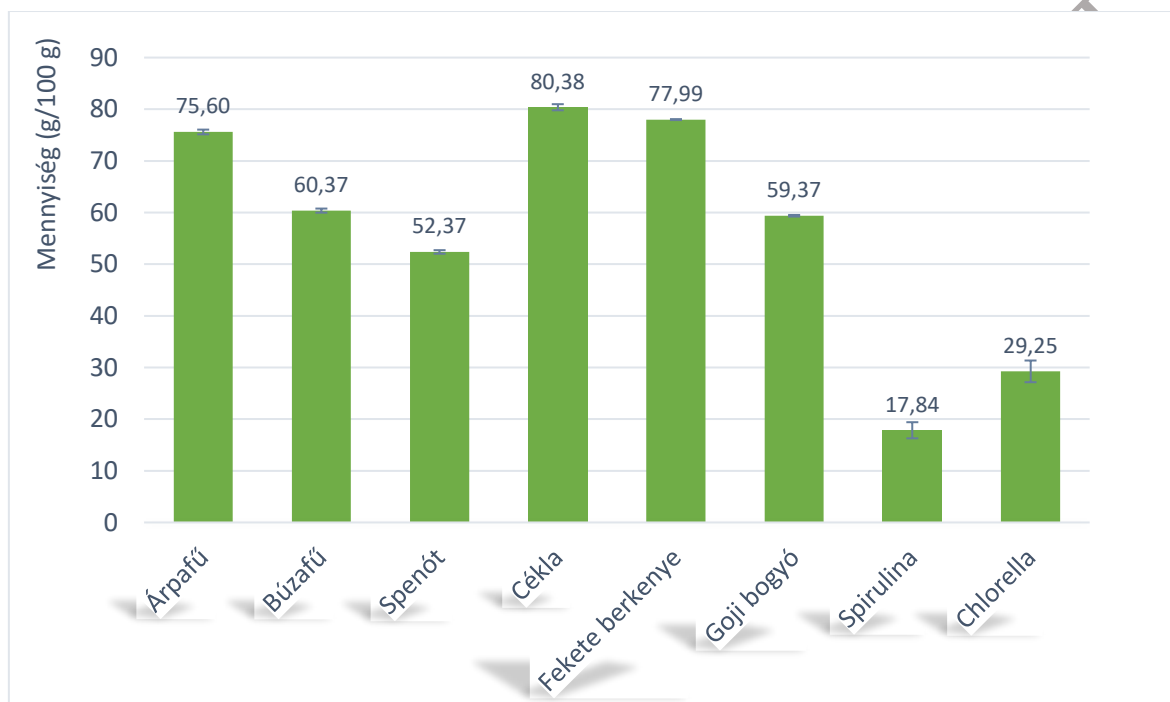


18. ábra: Vizsgált porok nyersfehérje tartalma

A vizsgált porok nyersfehérje tartalmát a 18. ábra mutatja. Az ábrán jól látható, hogy az algaporok jelentős kiugrást mutatnak a többi mintához képest. Különböző szakirodalmi cikkek támasztják alá a kimagasló fehérjetartalmukat. A spirulina táplálkozástanilag rendkívül kedvező értékekkel rendelkezik; általános összetételét befolyásolhatja az alga forrása, illetve az évszakok is. A szárított alga 55-70%-át fehérjék alkotják, ami a legmagasabb a többi tápanyagalkotója közül (15%-25%-a szénhidrát, 6-8%-a zsír, 7-13%-a ásványi anyagok, 3-7%-a nedvesség, 8-10%-a élelmi rost) (AlFadhly és mtsai., 2022). A fehérjék a chlorella esetében is központi jelentőséggel bírnak. Az érett chlorella mikroalga (növekedési körülményektől függő) teljes fehérjetartalma, a biomassa száraz tömegének 42-58%-át adja. Fehérjéinek 20%-a a sejtfalhoz kötődve, 50%-a pedig a sejtfalban van, 30%-a pedig ki-be vándorol a sejtből (Safi és mtsai., 2014). Koyande és mtsai (2019) tanulmánya szintén alátámasztja, hogy a Chlorella és Spirulina fajok jelentős (száranyagra vonatkoztatva minimum 50%) fehérjetartalommal rendelkeznek. Ebben az értelemben, összehasonlítva a hagyományos növényekkel, mint például a szója, sokkal magasabb a tápértékük.

A vizsgálati minták közül a fekete berkenye porra kaptuk a legalacsonyabb 8,11%-os értéket, amely 77%-kal alacsonyabb a goji bogyó fehérjetartalmához képest. Ez a megfigyelés is arra utal, hogy a goji bogyó por a magot is tartalmazza, szemben a fekete berkenye porral. A búzafű- és spenótporok nyersfehérjetartalma relatíve magas (>20%), azonban az algaporokhoz képest csupán harmadannyi nitrogént tartalmaznak.

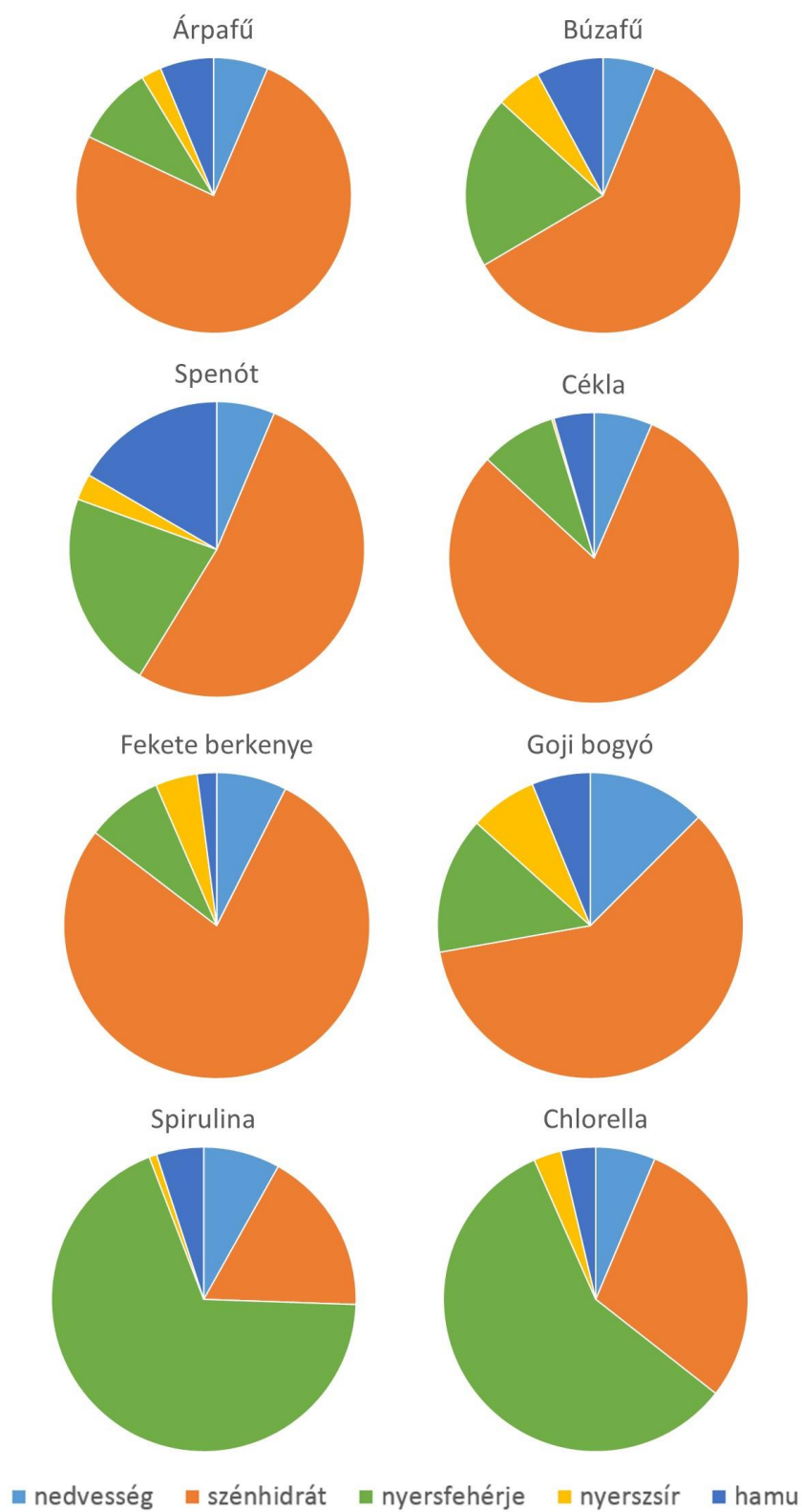
5.5. Szénhidráttartalom becslés eredményei



19. ábra: Vizsgált porok szénhidráttartalma

A nyersfehérjetartalom vizsgálatnál kimagasló értékkel bíró spirulina és chlorella, a szénhidráttartalom esetében a legalacsonyabb eredményt mutatja, előbbi a legmagasabb értéket képviselő cékla tartalmának kevesebb, mint a negyede. Elsőként a gabonafű porokat vizsgálva elmondható, hogy az árpafű por 25,22%-kal magasabb értékkel rendelkezik, mint a búzafű por. Ha a zöldségmentes porok esetében végzünk százalékos összehasonlítást, akkor 53,49%-kal több a céklában lévő mennyiség. A cékla ugyanis szénhidrátokban, keményítőben és oldható rostokban bővelkedik (Ceclu és Nistor, 2020). A fekete berkenye szorosan mögötte helyezkedik el, mindössze 2,98%-kal kevesebb szénhidráttartalommal. A gyümölcsök és zöldségek bővelkednek cukrokban/keményítőben, illetve rostokban is, így ennek következménye lehet a magas szénhidráttartalom.

5.6. A vizsgált minták tápanyag-összetétele



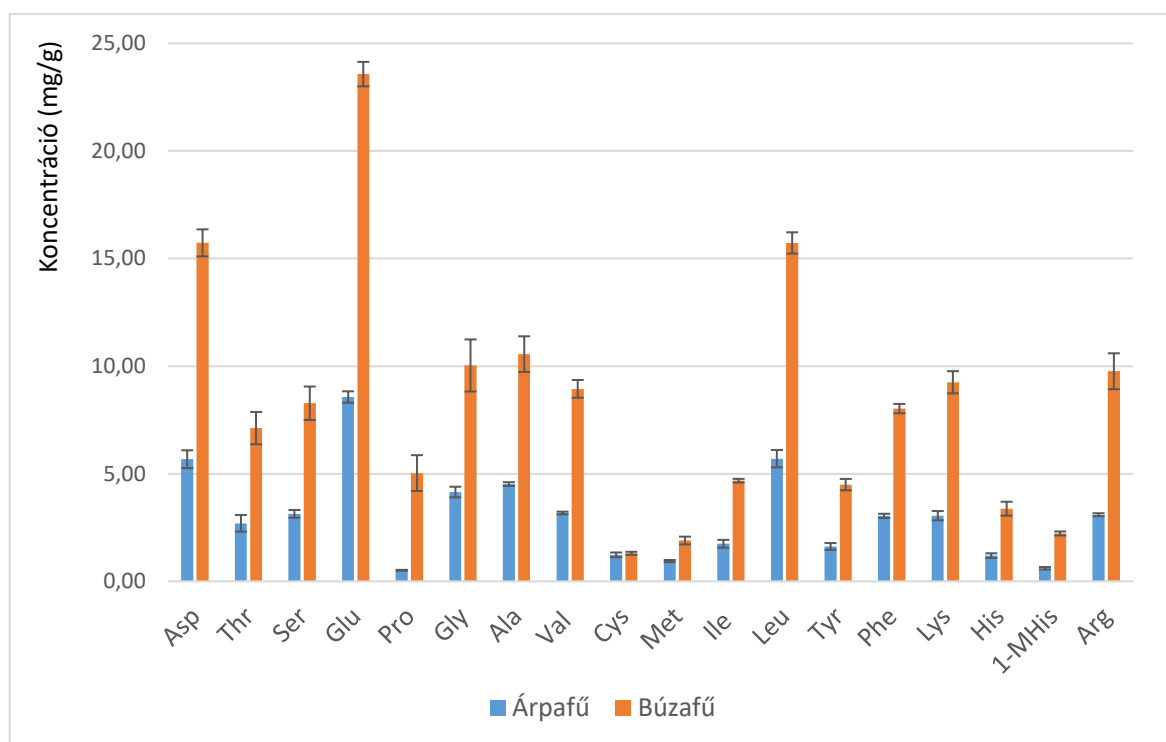
20. ábra: A mért paraméterek megoszlása a vizsgálati mintákban

Az 20. ábrán látható kördiagramokkal kívánom szemléltetni, hogy a vizsgálati minták teljes tömegére vonatkoztatva, a mért makrotápanyagok közül, melyik milyen mértékben van jelen, ezáltal tápanyagszinten, a minták könnyebb összehasonlítását szeretném végrehajtani.

Az ábrán látható sorrend szerint haladva, kezdve a gabonafű porokkal, a búzafűben magasabb arányban van jelen a nyersfehérje, mint az árpafűben, utóbbiban a szénhidrátok mennyisége kimagasló a többi alkotóhoz képest. A következő csoportnál – zöldségporok –, a cékla hasonló összetétellel rendelkezik, mint az előbb bemutatott árpafű, viszont nyerszsírtartalma elenyésző. A spenótban az ásványi anyagok (hamutartalom) és a nyersfehérjetartalom közel azonos, viszonylag magas mennyiségben vannak jelen, amely eredmények alátámasztják, hogy ez a termék kedvező tápértékkel rendelkezik. A legtöbb gyümölcs magas szénhidráttartalommal rendelkezik (sok a bennük található rost mennyisége is), ezt jól bemutatják a fekete berkenye, illetve goji bogyó porokról készült ábrák. Utóbbiban, ezen tápanyag kisebb mennyiségben van jelen és az összes többi alkotója (nedvesség-, nyersfehérje-, nyerszsír-, hamutartalom) magasabb a fekete berkenyéhez képest. Az utolsó vizsgálati csoport, az algaporok, melyben jelenlévő spirulina és chlorella nyersfehérjetartalma olyan magas, mint a többi minta szénhidráttartalma. Ahogy szakdolgozatom eddigi részfejezetei is tartalmazzák, a bennük lévő fehérjetartalom miatt válnak igazán fontossá az egészségtudatos táplálkozás terén.

5.7. Aminosav tartalom meghatározás eredményei

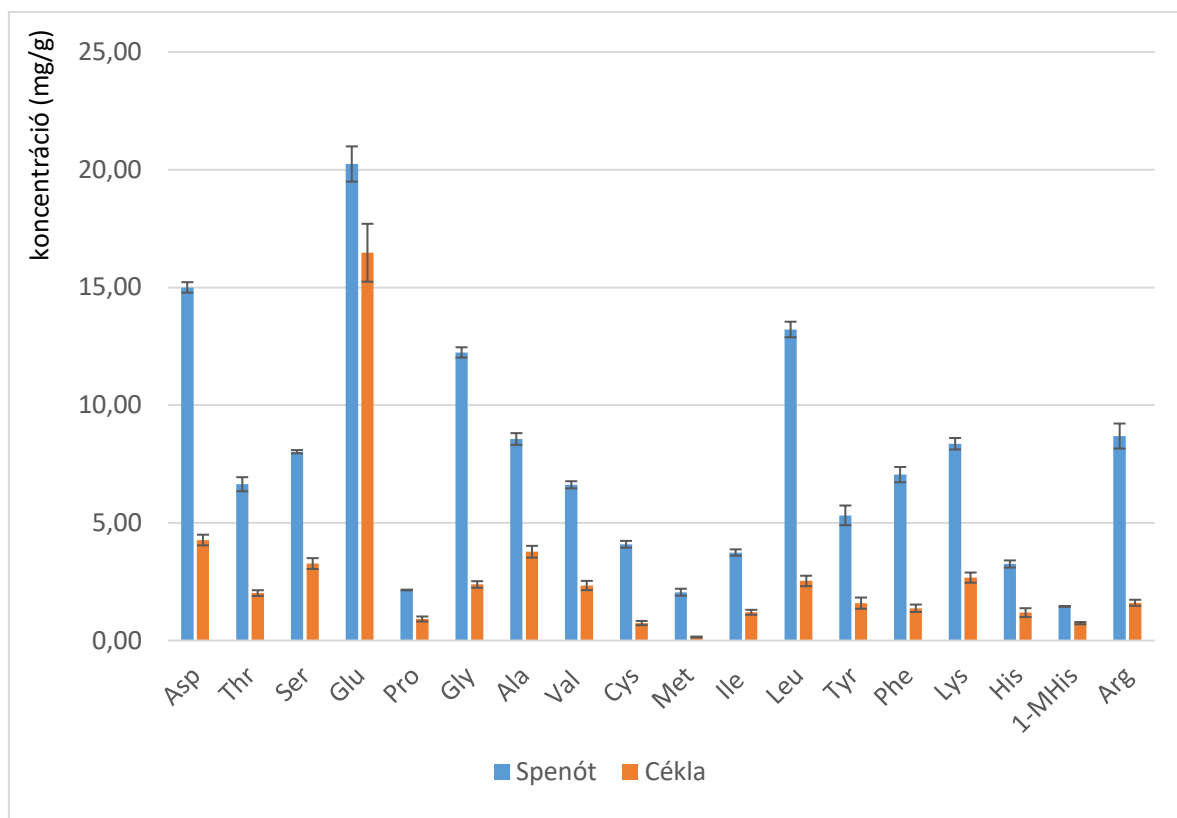
5.7.1. Gabonafű porok összehasonlítása



21. ábra: Vizsgált gabonafű porok aminosav-összetétele

A 21. ábrán szerepelnek az aminosavra kapott eredmények a gabonafű porokon belül a búza, illetve árpa esetében. A búzafűpor mintában minden aminosav nagyobb mennyiségben volt jelen. Mind a búzafűben, mind az árpafűben a glutaminsav dominál, bár a búzafűben több, mint kétszer akkora a jelenlévő Glu mennyiség. A szervezetben is ez a legnagyobb mennyiségben jelenlévő aminosav. Jelentős csökkenése a rák jelenlétére utalhat, ugyanis a rákos sejtek nagy mennyiségben fogyasztják (Dutta és mtsai, 2013). Az aszparaginsav és a leucin közel azonos eredményt mutat mindkét termék esetén, itt is a jelentősebb mennyiség a búzafűben van jelen. A prolin (Pro) tartalmát vizsgálva szembeötlően nagy a mennyiségi különbség a két gabonafű között. A búzafűpor több, mint nyolcszoros mennyiségben tartalmaz prolint az árpafűporhoz képest. A kéntartalmú aminosavak, azaz a cisztein (Cys) és metionin (Met) mennyisége relatíve alacsonynak mutatkozik a többi aminosavhoz képest. Esszenciálisak, táplálkozási szempontból jelentősek. Hüvelyesekben marginálisak, de az állati fehérjékben elegendő mennyiségben vannak jelen (FAO/WHO/UNU, 2007).

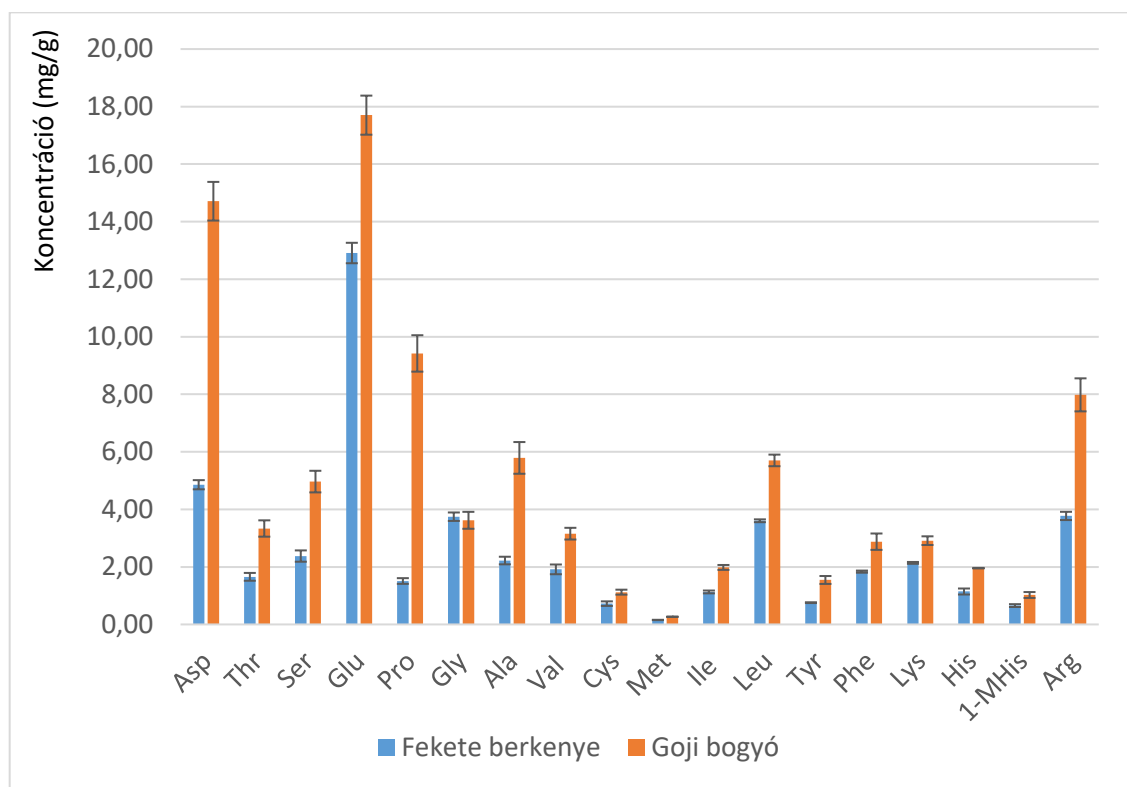
5.7.2. Zöldségporok összehasonlítása



22. ábra: Vizsgált zöldségporok aminosav-összetétele

A spenót, valamint cékla esetén jelentős mértékben eltérnek a kapott eredmények a két zöldségfajta között, mely a 22. ábrán látható. Előbbiben a vizsgált aminosavak mindegyike szemmel láthatóan magasabb a céklához viszonyítva. A legkisebb eltérést a glutaminsav (Glu) esetén figyeltük meg, ahol a különbség a két zöldségpor között viszonylag alacsony. A cékla előzetes mérési eredményei is azt támasztják alá, hogy fehérjék, ezáltal az őket építő aminosavak kevésbé dominálnak benne. A céklaporban a metionin (Met) mindösszesen 0,15 mg/g koncentrációban van csak jelen, és a másik kéntartalmú aminosav, a cisztein (Cys) koncentrációja is nagyon alacsony (0,74 mg/g). Nagyon nagy az eltérés a leucin (Leu) (421,75%-os), arginin (Arg) (441,51%-os), glicin (Gly) (413,75%-os) esetén a spenót és a cékla között. A leucin a BCAA egyik alkotóeleme, mely a sporttáplálkozásban gyakran megjelenő étrend-kiegészítőként ismert. Eredményeim alapján alá tudom támasztani Ohtani és munkatársai (2006) által leírtakat, mégpedig, hogy a spenótpor fogyasztása előnyös lehet a sportolók körében, ugyanis a Leu tartalma magas.

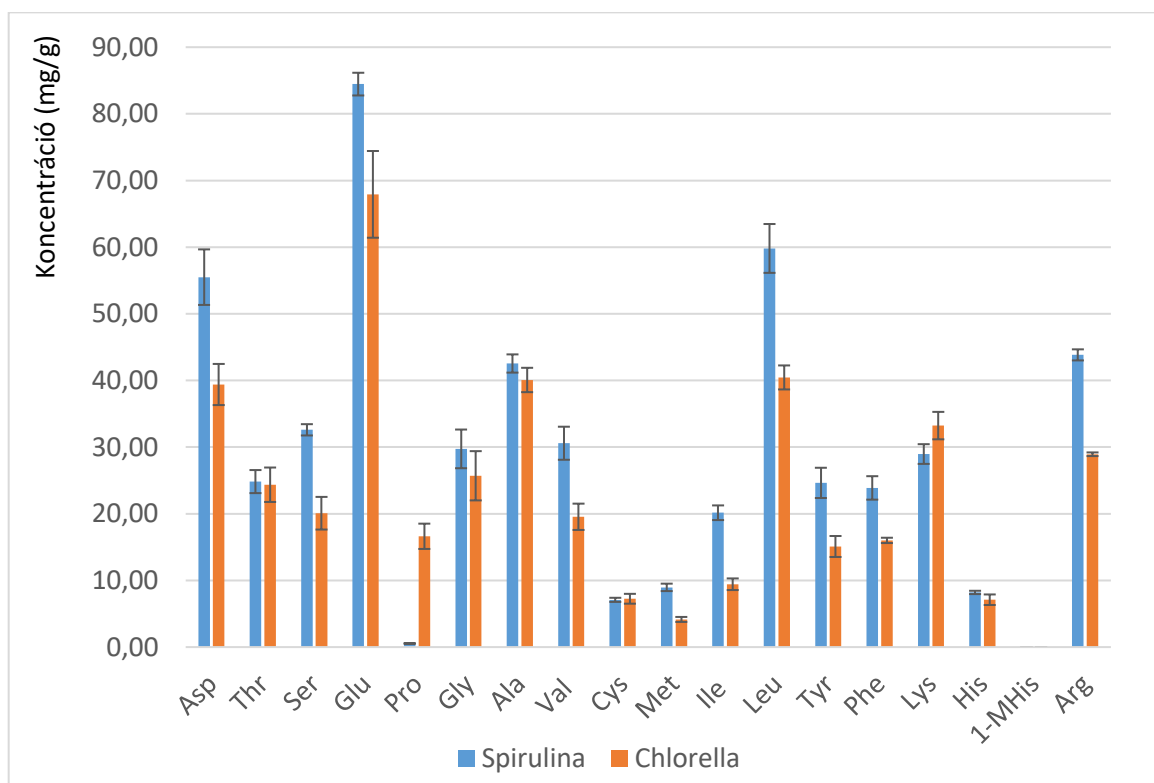
5.7.3. Gyümölcsporok összehasonlítása



23. ábra: Vizsgált gyümölcsporok aminosav-összetétele

A gyümölcsporok esetén mért aminosav koncentrációkat a 23. ábra mutatja. A fekete berkenye és goji bogyó mintákban mért glutaminsav (Glu) és aszparaginsav (Asp) értékek hasonlóak a zöldségporokban mért értékekhez. Az összes vizsgált aminosav esetében megállapítható, hogy a két gyümölcsfajta közül, a goji bogyó bővelkedik bennük. Erről a narancssárga bogyós gyümölcs tápanyag komponenseinek eloszlásáról megállapították, hogy különbözik az egyes szöveti részekben. Az esszenciális aminosav/összes aminosav és az esszenciális aminosav/nem esszenciális aminosav arányok a levél, virágpor és virág esetében mind magasabbak voltak a FAO/WHO által előírt kritériumoknál (Sun és mtsai., 2019). A kiugró eredményeket tovább vizsgálva, a prolin (Pro) tartalomnál szembetűnő a különbség a fekete berkenye és goji bogyó között, amely utóbbiban 524,22%-kal magasabb koncentrációban van jelen. A két kén tartalmú aminosav jelenléte mindkét minta esetén elenyésző az összes többi vizsgált fehérjealkotó aminosavhoz képest. A goji bogyóban az arginin (Arg) viszonylag magas értéket mutat. Ennek az aminosavnak jelentős a szerepe az immunrendszer szabályozásában. Az immunsejtek aktiválásához nélkülözhetetlen, ezáltal módosítani tudja a veleszületett és adaptív immunitást (Kim és mtsai, 2018).

5.7.4. Algaporok összehasonlítása

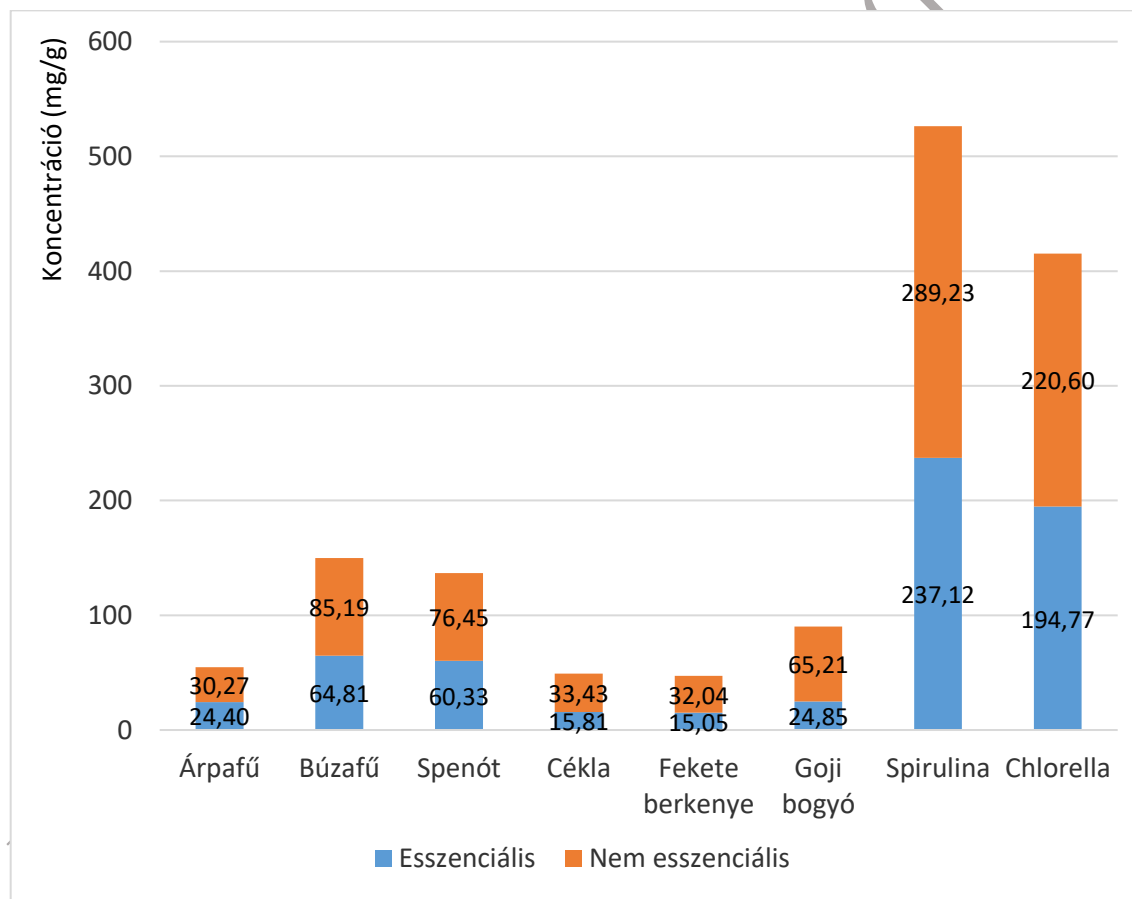


24. ábra: Vizsgált algaporok aminosav-összetétele

Negyedik vizsgálati csoport, az algaporokra kapott eredmények (24. ábra) általánosságban azt támasztják alá, hogy a spirulina jelentősen gazdagabb aminosavakban a chlorellához képest. A spirulina és chlorella esetében is azt láthatjuk, hogy a glutaminsav (Glu) az, ami a legnagyobb értékkel rendelkezik, ugyanúgy, mint az eddigiekben vizsgált mintákban (gabonafű porok, gyümölcsporok, zöldségszaporok). Az aszpariginsavra (Asp) és leucinra (Leu) közel azonos eredmények születtek mindkét algaporra – spirulina esetén mindösszesen 7,76%-os az eltérés az Asp és Leu között, míg a chlorellánál 2,69%-nyi eltérés a két aminosav között. A prolin (Pro) tartalma a chlorellának (16,62 mg/g) sokkal magasabb, mint a spirulinának (0,54 mg/g). A cisztein (Cys) tartalmuk között viszont csak 2,29%-nyi az eltérés. A treonin (Thr) tartalmak között is alacsony az eltérés, csak 1,95%-os eltérés volt a spirulina javára. A Thr nélkülözhetetlen a bélrendszer megfelelő működéséhez, valamint a kollagén, antitest szintézishez és olyan kulcsfontosságú aminosavak optimális hasznosulásához, mint a kén-tartalmú metionon és cisztein, valamint a lizin hasznosulásához is (Ahmed és mtsai, 2020). Az aromás aminosavak, a fenilalanin (Phe) és tirozin (Tyr) közel azonos értékeket produkáltak mindkét vizsgálati minta esetén. A chlorellában a 0,91 mg/g a különbség a Phe és Tyr között, a spirulinában pedig 0,76 mg/g. A Phe táplálkozási szempontból

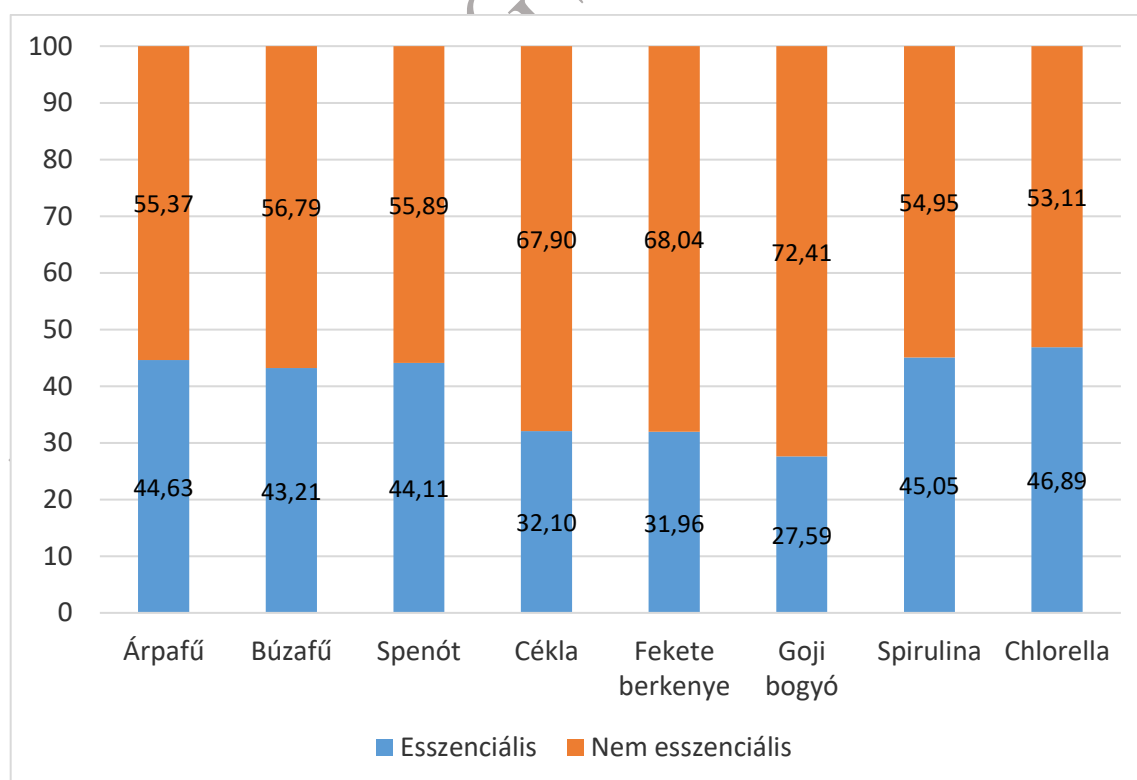
nélkülözhetetlen, táplálék útján kell bevinni, a Tyr pedig a fenilalanin katabolizmusának metabolikus végterméke. Ezáltal mindkettő esszenciális aminosav, felnőttek számára az ajánlás Phe és Tyr bevitelből napi 25 mg/ttkg mennyiséget jelent (FAO/WHO/UNU, 2007). A 24. ábrán szereplő glicin (Gly) szintje is – mely a WHO és United Nations University szerint a kollagén 25%-át teszi ki – magasabb a többi vizsgálati mintára kapott értékhez képest. Az 1-metil-hisztidin (1-MHis), mely a His metilszármazéka, nem volt detektálható a mintákból. Holeček (2020) szerint húsban vagy halban szegény diétát követő egyéneknél az 1-MHis kiválasztása a szervezetben minimális.

5.7.5. Esszenciális és nem esszenciális aminosavak mennyisége és megoszlása a mintákban



25. ábra: Esszenciális és nem esszenciális aminosavak mennyisége a mintákban

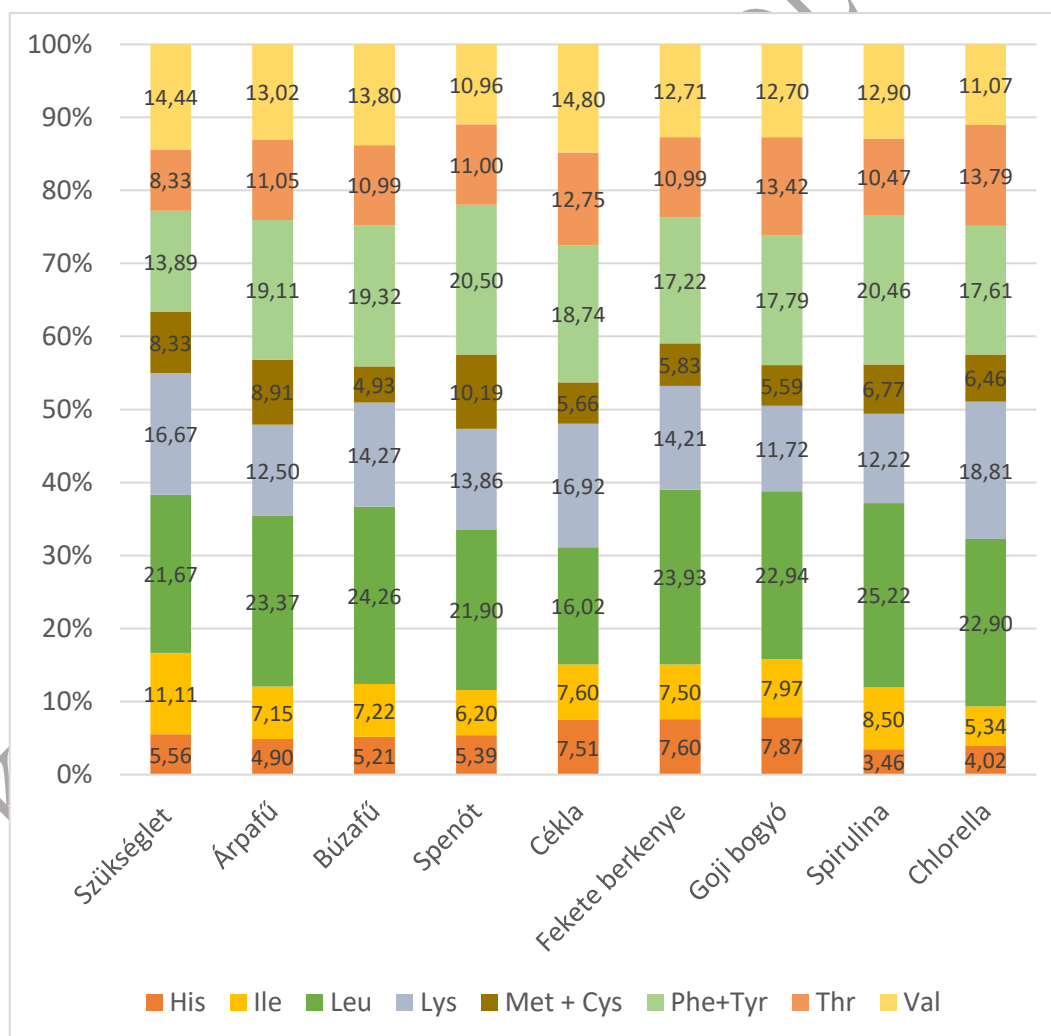
A 25. ábrával azt kívánom szemléltetni, hogy melyik mintában van a legtöbb esszenciális és nem esszenciális aminosav. Az esszenciális aminosavak közé tartoznak a hisztidin, izoleucin, leucin, lizin, metionin+cisztein, fenil-alanin+tirozin, threonin, valamint a valin (FAO/WHO/UNU, 2007). Azt a következtetést lehet levonni, hogy a *gabonafű* porok közül, a búzafű por formájában történő étrendbeli kiegészítés hatásosabb lehet, mintha az árpafűvel tennénk meg, ugyanis a búzafű vizsgált összes aminosavtartalma majdnem háromszorosa az árpafű aminosavértékének, mégpedig 95,34 mg/g a különbség. A *zöldségszaporok* esetén is majdnem hasonló az eltérés, a spenót összes aminosavtartalomra kapott értéke 87,55 mg/g-mal több, mint a céklapornak. A *gyümölcszaporok* a goji bogyóban közel kétszer annyi az összes aminosavtartalom, 42,96 mg/g-mal több, mint a fekete berkenyében, melyben 47,1 mg/g-nyi mennyiség van. Utóbbi esszenciális aminosavtartalma 15,05 mg/g, ami a legkisebb érték mind közül. Az *algapórok* szembeötlően kimagasló értékekkel rendelkeznek. A spirulinapor egy grammjának több, mint a felét a vizsgált aminosavak teszik ki, mivel összes aminosavtartalma 526,35 mg/g, ezzel jelentősen meghaladva a többi mintát. Ebből az esszenciális aminosavtartalom (EAA) 237,12 mg. A chlorella összes aminosavtartalma 110,98 mg-mal kevesebb, mint az előbb említett spirulinának. EAA tartalma 194,77 mg/g, mely a második legnagyobb érték a vizsgált minták közül.



26. ábra: Esszenciális és nem esszenciális aminosavak megoszlása a mintákban

A 26. ábrán az esszenciális és nem esszenciális aminosavak aránya látható. Az algaporokban viszonylag magas, 45% feletti az esszenciális aminosavak aránya. Ezzel szemben a gyümölcsporok és a cékla esetén alacsony (28 – 32%) EAA arányt figyeltünk meg. A gabonaporok és a spenót az algaporokat megközelítő, 43-45%-os EAA aránnyal rendelkeznek. Koyande és munkatársai (2019) megállapításai is azt támasztják alá, hogy a mikroalgák közül vizsgált chlorella és spirulina kiváló forrásai az aminosavaknak. Az esszenciális aminosavtartalmuk megfelel a FAO/WHO/UNU ajánlásainak. A Spirulina izoleucin, valin, lizin, triptofán, metionin, treonin és hisztidin tartalma esetében úgy találták, hogy olyan mennyiségben van jelen benne, ami megfelel a magas fehérjetartalmú élelmiszerekben (tojás, szójabab) jelenlévő mennyiségnek.

5.7.6. Vizsgált minták aminosav profiljának összevetése az aminosav szükséglettel



27. ábra: Vizsgált minták esszenciális aminosav-összetétele a szükséglethez (FAO/WHO/UNU, 2007) viszonyítva

A 27. ábra az esszenciális aminosavak egymáshoz viszonyított arányát mutatja a vizsgált pormintáimban. Feltüntettem továbbá a felnőttek számára javasolt napi beviteli értékek %-os arányát is a diagramon (FAO/WHO/UNU, 2007). A diagram alapján elmondható, hogy az aromás aminosavak (fenilalanin és tirozin), valamint a treonin a szükséglethez képest nagyobb arányban vannak jelen a mintákban. Ugyanez igaz a leucinra is, kivéve a céklapor esetén. Az izoleucin ezzel szemben a szükséglethez képest kisebb arányban van jelen a mintákban. A céklaport és a gyümölcsporokat leszámítva a hisztidin aránya is alacsonyabb volt a mintákban a szükséglethez képest. A valin szintén kissé alacsony arányban van jelen a mintákban, a céklaport leszámítva. A kéntartalmú aminosavak, melyek a hüvelyes fehérjék biológiai értékének legjelentősebb limitáló faktorai, a legtöbb általam mért mintában is alacsony arányban voltak jelen. A spenótpor és az árpaflúpor azonban a szükségletnél nagyobb arányban tartalmaztak kéntartalmú aminosavakat, így ezek alkalmasak lehetnek a hüvelyesek aminosav komplettálására. Mindazonáltal a búzafű, cékla, fekete berkenye és goji bogyóporok igen alacsony arányban tartalmaztak metionint és cisteint. A gabonafehérjék biológiai értékét limitáló lizin az általam vizsgált mintákban is alacsony arányban volt jelen a legtöbb esetben. Mindazonáltal a chlorella por viszonylag gazdag lizinben, így ez a termék mutatkozik a legalkalmasabbnak a gabonák aminosav komplettálására.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Szakedolgozatom lényege, hogy klasszikus és műszeres analitikai módszerekkel végrehajtott kísérleteimmel azt próbáljam demonstrálni, hogy az általam vizsgált szuperélelmiszerként forgalmazott porok megállják-e a helyüket a nevüket alkotó „szuper” jelzőnek, valóban kedvező tápanyag-összetétellel rendelkeznek-e. Ennek felvezetése érdekében, a fontosabb fogalmak tisztázása végett számos szakirodalmi adatot gyűjtöttem. Vizsgálataim során különféle kategóriákba sorolható a szuperélelmiszer por mintákat vizsgáltam, nevezetesen gabonafűporokat (búzafű, árpafű), zöldségporokat (spenót, cékla), gyümölcsporokat (fekete berkenye, goji bogyó) és algaporokat (spirulina, chlorella). Meghatároztam ezen minták nedvességtartalmát, hamutartalmát, zsírtartalmát, és nyersfehérjetartalmát. Az eredmények alapján megbecsültem a minták összes szénhidráttartalmát. Meghatároztam továbbá a minták aminosav-profilját is, amelyet összevetettem a referenciafehérjével.

Eredményeim alapján minden minta viszonylag alacsony nedvességtartalommal rendelkezett, egyedül a goji bogyó por esetén mutattunk ki 10%-nál nagyobb értéket. Ennek oka, hogy a porok nedvességtartalmát úgy állítják be a gyártás során, hogy az biztosítsa a termék mikrobiológiai stabilitását. A hamutartalom eredményei közül a spenótporra kaptunk kiemelkedő (> 16%) értéket, tehát ez a termék igen gazdag ásványi anyagokban. A zsírtartalom minden esetben 10% alatt volt, a legalacsonyabb értéket a céklapor esetén mutattuk ki, a legmagasabbat pedig a goji bogyó por esetén. Nyersfehérjetartalom tekintetében pedig az algaporok bizonyultak a legkedvezőbbnek, ugyanis a spirulina por 70%-os, a chlorella por pedig 58%-os nyersfehérjetartalommal rendelkezett. Az összes szénhidrát becsült értéke a gabona-, zöldség- és gyümölcsporok esetén a termék tömegének több, mint fele, míg az algaporokban a fehérjék vannak jelen a legnagyobb tömegben.

Megállapítottam továbbá, hogy igen nagy különbségek figyelhetők meg a csoportokon belül összehasonlított termékek aminosav profiljában. Az esszenciális aminosavak aránya az összes aminosav viszonylatában az algaporok esetén meghaladta a 45%-ot, a céklapor és a gyümölcsporok esetén azonban csupán 28 – 32% volt ez az arány. Összehasonlítottam a minták EAA profilját a felnőttek napi szükségletével, mely alapján következtetést vontam le arra vonatkozóan, hogy az egyes mintákban jelen lévő esszenciális aminosavak relatív értéke mennyire felel meg a szükségletnek. A relatív értékeket figyelembe véve arra a következtetésre jutottam, hogy a gabonafehérjék komplettálásához a chlorella por lenne a legalkalmasabb, míg a hüvelyes fehérjék komplettálásához pedig a spenótpor.

A jövőben érdekes lenne meghatározni a dolgozatban vizsgált porminták fehérjéinek emészthetőségét is, illetve az antinutritív komponensek esetleges jelenlétét. Mivel eredményeim alapján az algaporok kiváló fehérje- és aminosav forrásoknak bizonyultak, további kutatások elvégzését tudom elképzelni a különböző, algaporral dúsított, értéknövelt termékek fejlesztésére is. Továbbá igen fontosnak tartom, hogy az algaporok mint újonnan előtérbe kerülő alternatív fehérjeforrások élelmiszer-biztonságával kapcsolatban további kutatások készüljenek.

KOCSIS VIRÁG SZAKDOLGOZAT

IRODALMI HIVATKOZÁS

1. Abu Al-Qumboz, M. N., Abu-Naser, S. S. (2019): Spinach expert system: diseases and symptoms. *International Journal of Academic Information Systems Research (IJAISR)*. 3(3): 16-22. ISSN: 2000-002X
2. Ahmed, I., Qaisrani, S. N., Azam, F., Pasha, T. N., Bibi, F., Naveed, S., Murtaza, S. (2020): Interactive effects of threonine levels and protein source on growth performance and carcass traits, gut morphology, ileal digestibility of protein and amino acids, and immunity in broilers. *Poultry science*, 99(1): 280-289. DOI: 10.3382/ps/pez488
3. Akram, M., Asif, H. M., Uzair, M., Akhtar, N., Madni, A., Shah, S. A., Hasan, Z., Ullah, A. (2011): Amino acids: A review article. *Journal of Medicinal Plants Research*. 5(17): 3997-4000.
4. AlFadhly, N. K., Alhelfi, N., Altemimi, A. B., Verma, D. K., Cacciola, F., Narayanan-kutty, A. (2022): Trends and technological advancements in the possible food applications of Spirulina and their health benefits: A Review. *Molecules*, 27(17), 5584. DOI: 10.3390/molecules27175584
5. Ali, S. K., Saleh, A. M. (2012): Spirulina-an overview. *International journal of Pharmacy and Pharmaceutical sciences*. 4(3): 9-15. ISSN- 0975-1491
6. Andrade, L. M., Andrade, C. J., Dias, M., Nascimento, C., Mendes, M. A. (2018): Chlorella and spirulina microalgae as sources of functional foods. *Nutraceuticals, and Food Supplements*. 6(1): 45-58.
7. Aschemann-Witzel, J., Gantriis, R. F., Fraga, P., Perez-Cueto, F. J. (2021): Plant-based food and protein trend from a business perspective: Markets, consumers, and the challenges and opportunities in the future. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 61(18): 3119-3128. DOI: 10.1080/10408398.2020.1793730
8. Banti, M., Bajo, W. (2020): Review on Nutritional Importance and Anti-nutritional Factors of Legumes. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*. 9(6): 138-149. DOI: 10.11648/j.ijnfs.20200906.11
9. Bischoff, R., Schlüter, H. (2012): Amino acids: chemistry, functionality and selected non-enzymatic post-translational modifications. *Journal of proteomics*. 75(8): 2275-2296. DOI: 10.1016/j.jprot.2012.01.041
10. Brestenský, M., Nitrayová, S., Patráš, P., Nitray, J. (2019): Dietary requirements for proteins and amino acids in human nutrition. *Current Nutrition & Food Science*. 15(7): 638-645. DOI: 10.2174/1573401314666180507123506

11. Ceclu, L., Nistor, O. V. (2020): Red Beetroot: Composition and Health Effects - A Review. *Journal of Nutritional Medicine and Diet Care*. 6(1): 1-9. DOI: 10.23937/2572-3278.1510043
12. Chhikara, N., Kushwaha, K., Sharma, P., Gat, Y., Panghal, A. (2019): Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry: A critical review. *Food Chemistry*. 272: 192–200. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.08.022
13. Clifford, T., Howatson, G., West, D.J., Stevenson, E.J. (2015): The Potential Benefits of Red Beetroot Supplementation in Health and Disease. *Nutrients*. 7(4): 2801–2822. DOI: 10.3390/nu7042801
14. Cui, C., Zhao, D., Huang, J., Hao, J. (2022): Progress on research and development of goji berry drying: a review. *International Journal of Food Properties*. 25(1): 435–449. DOI: 10.1080/10942912.2022.2046054
15. Csapó J., Csapóné Kiss Zs., Vargáné Visi É., Andrássyné Baka G., Terlakyné Balla É. (1997): Élelmiszerek D-aminosav tartalma: Irodalmi áttekintés. *ACTA AGRARIA Kaposváriensis*. 1(1): 3–20.
16. Csapó J., Csapóné Kiss. Zs. (2018): *Biokémia Agrármérnököknek*. Scientia Kiadó, Kolozsvár
17. Dinstel, R. R., Cascio, J., Koukel, S. (2013): The antioxidant level of Alaska's wild berries: high, higher and highest. *International Journal of Circumpolar Health*. 72(1): 21188. DOI: 10.3402/ijch.v72i0.21188
18. Dutta, S., Ray, S., Nagarajan, K. (2013): Glutamic acid as anticancer agent: An overview. *Saudi Pharmaceutical Journal*. 21(4): 337-343. DOI: 10.1016/j.jsps.2012.12.007
19. El-Sayed, S.M. (2020): Use of spinach powder as functional ingredient in the manufacture of UF-Soft cheese. *Heliyon*. 6(1): e03278. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e03278
20. FAO/WHO/UNU (2007): Protein and amino acid requirements in human nutrition. WHO Technical Report Series 935. ISBN 92 4 120935 6
21. Fatchurrahman, D., Amodio, M.L., Valeria De Chiara, M.L., Mastrandrea, L., Colelli, G. (2022): Characterization and postharvest behavior of goji berry (*Lycium barbarum* L.) during ripening. *Postharvest Biology and Technology*. 191: 111975. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2022.111975
22. Fernández-Ríos, A., Laso, J., Hoehn, D., Amo-Setién, F.J., Abajas-Bustillo, R., Ortego, C., Fullana-i-Palmer, P., Bala, A., Batlle-Bayer, L., Balcells, M., Puig, R., Aldaco, R., Margallo, M. (2022): A critical review of superfoods from a holistic nutritional and

- environmental approach. *Journal of Cleaner Production*. 379: 134491. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.134491
23. Franco Lucas, B., Götze, F., Vieira Costa, J.A., Brunner, T.A. (2022): Consumer Perception Toward “Superfoods”: A Segmentation Study. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*. 1–19. DOI: 10.1080/08974438.2022.2044955
 24. Friedman, M., Levin, C.E. (2012): Nutritional and medicinal aspects of d-amino acids. *Amino Acids*. 42(5): 1553–1582. DOI: 10.1007/s00726-011-0915-1
 25. Fritz, P., Ignits, D., Katona, S. (2018): Főbb aminosavak szerepe a sporttáplálkozásban= The role of major amino acids in sports nutrition. recreation. 8(1): 10-12. DOI: 10.21486/recreation.2018.8.1.1 <http://real.mtak.hu/id/eprint/82674>
 26. Hattarki, S.A., Bogar, C. (2017): Triticum Aestivum (Wheat Grass); A Power House Plant - A Review. *Dental Journal of Advance Studies*. 05(1): 25–29. DOI: 10.1055/s-0038-1672077
 27. Henchion, M., Hayes, M., Mullen, A.M., Fenelon, M., Tiwari, B. (2017): Future Protein Supply and Demand: Strategies and Factors Influencing a Sustainable Equilibrium. *Foods*. 6(7): 53. DOI: 10.3390/foods6070053
 28. Hoffman, J.R., Falvo, M.J. (2004): Protein – Which is Best? *Journal of Sports Science & Medicine*. 3(3): 118–130.
 29. Holeček, M. (2020): Histidine in health and disease: metabolism, physiological importance, and use as a supplement. *Nutrients*. 12(3): 848. DOI: 10.3390/nu12030848
 30. Hu, X., Guo, F. (2021): Amino Acid Sensing in Metabolic Homeostasis and Health. *Endocrine Reviews*. 42(1): 56–76. DOI: 10.1210/endrev/bnaa026
 31. Joseph, P., Searing, A., Watson, C., McKeague, J. (2020): Alternative Proteins: Market Research on Consumer Trends and Emerging Landscape. *Meat and Muscle Biolog.* 4(2). DOI: 10.22175/mmb.11225
 32. Junejo, S. A., Rashid, A., Yang, L., Xu, Y., Kraithong, S., Zhou, Y. (2021): Effects of spinach powder on the physicochemical and antioxidant properties of durum wheat bread. *Lwt*. 150: 112058. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.112058
 33. Jurikova, T., Mlcek, J., Skrovankova, S., Sumczynski, D., Sochor, J., Hlavacova, I., Snopek, L., Orsavova, J. (2017): Fruits of Black Chokeberry *Aronia melanocarpa* in the Prevention of Chronic Diseases. *Molecules*. 22(6): 944. DOI: 10.3390/molecules22060944

34. Kale, R. G., Sawate, A. R., Kshirsagar, R. B., Patil, B. M., Mane, R. (2018): Studies on evaluation of physical and chemical composition of beetroot (*Beta vulgaris* L.). *International journal of chemical studies*. 6(2): 2977-2979.
35. Kapci, B., Neradová, E., Čížková, H., Voldřich, M., Rajchil, A., Capanoglu, E. (2013): Investigating the antioxidant potential of chokeberry (*Aronia melanocarpa*) products. *Journal of food and nutrition research*. 52(4): 219-229.
36. Kim, S. H., Roszik, J., Grimm, E. A., Ekmekcioglu, S. (2018): Impact of l-arginine metabolism on immune response and anticancer immunotherapy. *Frontiers in oncology*. 8: 67. DOI: 10.3389/fonc.2018.00067
37. Kirsch, F., Lohmann, M., Böhl, G. F. (2022): The Public's Understanding of Superfoods. Sustainability. 14(7): 3916. DOI: 10.3390/su14073916
38. Koyande, A.K., Chew, K.W., Rambabu, K., Tao, Y., Chu, D.-T., Show, P.-L. (2019): Microalgae: A potential alternative to health supplementation for humans. *Food Science and Human Wellness*. 8(1): 16–24. DOI: 10.1016/j.fshw.2019.03.001
39. Kulczyński, B., Gramza-Michałowska, A. (2016): Goji Berry (*Lycium barbarum*): Composition and Health Effects – a Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 66(2): 67–75. DOI: 10.1515/pjfn-2015-0040
40. Kulling, S.E., Rawel, H.M. (2008): Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) – A Review on the Characteristic Components and Potential Health Effects. *Planta Medica*. 74(13): 1625–1634. DOI: 10.1055/s-0028-1088306
41. López, J.G.-E. (2019): Flavonoids in Health and Disease. *Current Medicinal Chemistry*. 26(39), 6972–6975. DOI: 10.2174/092986732639191213095405
42. Lopez, M. J., Mohiuddin, S. S. (2020): Biochemistry, essential amino acids. *StatPearls Publishing, Treasure Island (FL)*.
43. Mariotti, F., Gardner, C.D. (2019): Dietary Protein and Amino Acids in Vegetarian Diets—A Review. *Nutrients*. 11(11): 2661. DOI: 10.3390/nu11112661
44. Mathai, J.K., Liu, Y., Stein, H.H. (2017): Values for digestible indispensable amino acid scores (DIAAS) for some dairy and plant proteins may better describe protein quality than values calculated using the concept for protein digestibility-corrected amino acid scores (PDCAAS). *British Journal of Nutrition*. 117(4): 490–499. DOI: 10.1017/S0007114517000125
45. McKnight, J.R., Satterfield, M.C., Jobgen, W.S., Smith, S.B., Spencer, T.E., Meininger, C.J., McNeal, C.J., Wu, G. (2010): Beneficial effects of l-arginine on reducing obesity:

- potential mechanisms and important implications for human health. *Amino Acids*. 39(2): 349–357. DOI: 10.1007/s00726-010-0598-z
46. Morelock, T.E., Correll, J.C. (2008): Spinach. In *Vegetables I: Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, and Cucurbitaceae, Handbook of Plant Breeding*. New York, NY: Springer. pp: 189–218. DOI: 10.1007/978-0-387-30443-4_6
 47. Moughan, P.J. (2021): Population protein intakes and food sustainability indices: The metrics matter. *Global Food Security*. 29: 100548. DOI: 10.1016/j.gfs.2021.100548
 48. Newsholme, P., Brennan, L., Bender, K. (2006): Amino Acid Metabolism, β -Cell Function, and Diabetes. *Diabetes*. 55(Supplement_2): S39–S47. DOI: 10.2337/db06-S006
 49. Ohtani, M., Sugita, M., Maruyama, K. (2006): Amino Acid Mixture Improves Training Efficiency in Athletes. *The Journal of Nutrition*. 136(2): 538S–543S. DOI: 10.1093/jn/136.2.538S
 50. Ormsbee, M.J., Bach, C.W., Baur, D.A. (2014): Pre-Exercise Nutrition: The Role of Macronutrients, Modified Starches and Supplements on Metabolism and Endurance Performance. *Nutrients*. 6(5): 1782–1808. DOI: 10.3390/nu6051782
 51. Ostfeld, R.J. (2017): Definition of a plant-based diet and overview of this special issue. *Journal of Geriatric Cardiology: JGC*. 14(5): 315. DOI: 10.11909/j.issn.1671-5411.2017.05.008
 52. Panthi, M., Subba, R.K., Raut, B., Khanal, D.P., Koirala, N. (2020): Bioactivity evaluations of leaf extract fractions from young barley grass and correlation with their phytochemical profiles. *BMC Complementary Medicine and Therapies*. 20(1): 64. DOI: 10.1186/s12906-020-2862-4
 53. Pardeshi, I.L., Burbade, R.G., Khod, R.N. (2013): Cost effective drying for high quality tender wheatgrass powder. *Journal of Food Research and Technology*. 1: 1-10.
 54. Paulíčková, I., Ehrenbergerová, J., Fiedlerová, V., Gabrovská, D., Havlová, P., Holasová, M., Kopáček, J., Ouhrabková, J., Pinkrová, J., Rysová, J., Vaculová, K., Winterová, R. (2007): Evaluation of barley grass as a potential source of some nutritional substances. *Czech Journal of Food Sciences*. 25(2): 65–72. DOI: 10.17221/754-CJFS
 55. Pencharz, P.B., Ball, R.O. (2004): Amino Acid Needs for Early Growth and Development. *The Journal of Nutrition*. 134(6): 1566S–1568S. DOI: 10.1093/jn/134.6.1566S
 56. Phillips, S. M., Paddon-Jones, D., Layman, D. K. (2020): Optimizing adult protein intake during catabolic health conditions. *Advances in Nutrition*. 11(4): S1058–S1069. DOI: 10.1093/advances/nmaa129

57. Phillips, S.M. (2017): Current Concepts and Unresolved Questions in Dietary Protein Requirements and Supplements in Adults. *Frontiers in Nutrition*. 4: 13. DOI: 10.3389/fnut.2017.00013
58. Proestos, C. (2018): Superfoods: Recent data on their role in the prevention of diseases. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*. 6(3): 576-593. DOI: 10.12944/CRNFSJ.6.3.02
59. Ribera, A., Bai, Y., Wolters, A.-M.A., van Treuren, R., Kik, C. (2020): A review on the genetic resources, domestication and breeding history of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Euphytica*. 216(3): 48. DOI: 10.1007/s10681-020-02585-y
60. Safi, C., Zebib, B., Merah, O., Pontalier, P.-Y., Vaca-Garcia, C. (2014): Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 35: 265–278. DOI: 10.1016/j.rser.2014.04.007
61. Saranraj, P., Sivasakthi, S. (2014): *Spirulina platensis*—food for future: a review. *Asian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*. 4(1): 26-33.
62. Schaafsma, G. (2005): The Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score (PDCAAS)—a concept for describing protein quality in foods and food ingredients: a critical review. *Journal of AOAC International*. 88(3): 988–994. DOI: 10.1093/jaoac/88.3.988
63. Shivakumar, N., Jackson, A. A., Courtney-Martin, G., Elango, R., Ghosh, S., Hodgkinson, S., Xipsti, M., Lee, W. TK, Kurpad, A. V, Tomé, D. (2020): Protein quality assessment of follow-up formula for young children and ready-to-use therapeutic foods: recommendations by the FAO Expert Working Group in 2017. *The Journal of Nutrition*. 150(2): 195-201. DOI: 10.1093/jn/nxz250
64. Šic Žlabur, J., Dobričević, N., Pliestić, S., Galić, A., Bilić, D.P., Voća, S. (2017): Antioxidant Potential of Fruit Juice with Added Chokeberry Powder (*Aronia melanocarpa*). *Molecules*. 22(12): 2158. DOI: 10.3390/molecules22122158
65. Skenderidis, P., Mitsagga, C., Lampakis, D., Petrotos, K., Giavasis, I. (2020): The effect of encapsulated powder of goji berry (*Lycium barbarum*) on growth and survival of probiotic bacteria. *Microorganisms*. 8(1), 57. DOI: 10.3390/microorganisms8010057
66. Soni, R.A., Sudhakar, K., Rana, R.S. (2017): *Spirulina* – From growth to nutritional product: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 69: 157–171. DOI: 10.1016/j.tifs.2017.09.010

67. Sun, W., Shahrajabian, M. H., Cheng, Q. (2019): Therapeutic roles of goji berry and ginseng in traditional Chinese. *Journal of Nutrition and Food Security*. 4(4). DOI: 10.18502/jnfs.v4i4.1727
68. Suriyavathana, M., Roopavathi, I., Vijayan, V. (2016): Phytochemical Characterization of *Triticum Aestivum* (Wheat Grass). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 5(1): 283–286.
69. Szabó Z., Gubicskóné K. S. (2015): Élelmiszer- tudományi ismeretek. Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest.
70. Tan, M.L., Hamid, S.B.S. (2021): Beetroot as a Potential Functional Food for Cancer Chemoprevention, a Narrative Review. *Journal of Cancer Prevention*. 26(1): 1–17. DOI: 10.15430/JCP.2021.26.1.1
71. Teng, P. K., Wai, K. T., Wong, S. I. N., Abdullah, O. M. W., Sheng, K. W. K. (2020): Eating with a Purpose: Development and Motivators for Consumption of Superfood. Malaysian. *Journal of Consumer and Family Economics*. 24(1): 207-242.
72. Ursu, A.-V., Marcati, A., Sayd, T., Sante-Lhoutellier, V., Djelveh, G., Michaud, P. (2014): Extraction, fractionation and functional properties of proteins from the microalgae *Chlorella vulgaris*. *Bioresource Technology*. 157: 134–139. DOI: 10.1016/j.biortech.2014.01.071
73. Verma, T., Gupta, A. (2020): Plant Based Anti-cancerous Superfoods, Boosting Immunity: A Coherent Critique. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 9(5): 1886–1894. DOI: 10.20546/ijcmas.2020.905.214
74. Vidović, B.B., Milinčić, D.D., Marčetić, M.D., Djuriš, J.D., Ilić, T.D., Kostić, A.Ž., Pešić, M.B. (2022): Health Benefits and Applications of Goji Berries in Functional Food Products Development: A Review. *Antioxidants*. 11(2): 248. DOI: 10.3390/antiox11020248
75. Wang, Y., Ren, X., Sun, D., Sun, G. (2016): Molecular evidence of RNA polymerase II gene reveals the origin of worldwide cultivated barley. *Scientific Reports*. 6(1): 36122. DOI: 10.1038/srep36122
76. Waseem, M., Akhtar, S., Manzoor, M.F., Mirani, A.A., Ali, Z., Ismail, T., Ahmad, N., Karrar, E. (2021): Nutritional characterization and food value addition properties of dehydrated spinach powder. *Food Science & Nutrition*. 9(2): 1213–1221. DOI: 10.1002/fsn3.2110
77. Wolfe, R.R., Rutherfurd, S.M., Kim, I.-Y., Moughan, P.J. (2016): Protein quality as determined by the Digestible Indispensable Amino Acid Score: evaluation of factors

- underlying the calculation: Table 1. *Nutrition Reviews*. 74(9): 584–599. DOI: 10.1093/nutrit/nuw022
78. Xiao, F., Guo, F. (2021): Impacts of essential amino acids on energy balance. *Molecular Metabolism*. 57: 101393. DOI: 10.1016/j.molmet.2021.101393
79. Zeng, Y., Pu, X., Yang, J., Du, J., Yang, X., Li, X., Li, L., Zhou, Y., Yang, T. (2018): Preventive and Therapeutic Role of Functional Ingredients of Barley Grass for Chronic Diseases in Human Beings. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2018: e3232080. DOI: 10.1155/2018/3232080
80. Zhang, G., Sun, H.J. (2014): Racemization in Reverse: Evidence that D-Amino Acid Toxicity on Earth Is Controlled by Bacteria with Racemases. *PLOS ONE*. 9(3): e92101. DOI: 10.1371/journal.pone.0092101

ELEKTRONIKUS FORRÁSOK

- Internet 1.: Árpafű. <https://www.biomenu.hu/arpafu> (2023.03.21.)
- Internet 2.: Búzafü. <https://organicwheatgrass.business.site/> (2023.11.01.)
- Internet 3.: Spenót. <https://www.kertpont.hu/spenot-termesztese/> (2023.03.21.)
- Internet 4.: Cékla. <https://kezdokertesz.hu/cekla-beta-vulgaris-jellemzoi-ultetese-gondozasa/> (2023.03.21.)
- Internet 5.: Fekete berkenye. <https://tajkertesz.com/termek/aronia-melanocarpa-rubina-fekete-berkenye/> (2023.03.21.)
- Internet 6.: Goji bogyó. <https://www.whitehousenursery.com.au/fruit-and-berries/display/143-lycium-barbarum-goji-berry> (2023.03.21.)
- Internet 7.: Spirulina. <https://egeszsegesember.info/dxn-spirulina/> (2023.03.21.)
- Internet 8.: Chlorella. <https://centifoliabio.fr/en/content/43-chlorella> (2023.03.21.)

ÁBRA- ÉS TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. ábra: Aminosavak általános felépítése (Szabó és Gubicskóné, 2015)..... 7
2. ábra: Egy főre jutó fehérjefogyasztás alakulása (Henchion és mtsai., 2017)..... 13
3. ábra: Vásárlói felmérés eredményei az alternatív fehérjék használatáról a 2020-as évben (Joseph és mtsai., 2020)..... 14
4. ábra: Árpafű (Internet 1.)..... 15

5. ábra: Búzafü (Internet 2.).....	16
6. ábra: Spenót (Internet 3.).....	17
7. ábra: Cékla (Internet 4.).....	18
8. ábra: Fekete berkenye (Internet 5.).....	19
9. ábra: Goji bogyó (Internet 6.).....	20
10. ábra: Spirulina (Internet 7.)	22
11. ábra: Chlorella (Internet 8.)	22
12. ábra: Vizsgált "szuperélelmiszer" porok	23
13. ábra: Üvegedénybe kimért minták szárítás előtt	24
14. ábra: Eppendorfcsővekbe kimért minták.....	27
15. ábra: Vizsgált porok nedvességtartalma	29
16. ábra: Vizsgált porok hamutartalma.....	30
17. ábra: Vizsgált porok zsírtartalma.....	31
18. ábra: Vizsgált porok nyersfehérje tartalma.....	32
19. ábra: Vizsgált porok szénhidráttartalma	33
20. ábra: A mért paraméterek megoszlása a vizsgálati mintákban.....	34
21. ábra: Vizsgált gabonafű porok aminosav-összetétele.....	36
22. ábra: Vizsgált zöldségporok aminosav-összetétele	37
23. ábra: Vizsgált gyümölcsporok aminosav-összetétele	38
24. ábra: Vizsgált algaporok aminosav-összetétele.....	39
25. ábra: Esszenciális és nem esszenciális aminosavak mennyisége a mintákban.....	40
26. ábra: Esszenciális és nem esszenciális aminosavak megoszlása a mintákban	41
27. ábra: Vizsgált minták esszenciális aminosav-összetétele a szükséglethez (FAO/WHO/UNU, 2007) viszonyítva.....	42

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Elsősorban szeretnék köszönetet mondani konzulenseimnek, Végh Ritának és Dr. Mednyánszky Zsuzsannának, akik szakmai tudásukkal támogatták a szakdolgozatom megírását. Továbbá hálás köszönöttel tartozom nekik a laboratóriumi mérések végrehajtása során nyújtott iránymutatásaikért és a kísérletek kiértékelése alatt adott tanácsaikért, készséges segítségnyújtásukat.

Végezetül köszönet illeti a családomat és a barátaimat, akik végtelen türelmükkel és biztató szavaikkal nyújtottak támogatást tanulmányaim során és a szakdolgozatom megvalósításában.

KOCSIS VIRÁG SZAKDOLGOZAT

KOCSIS VIRÁG SZAKDOLGOZAT

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Kocsis Virág
A Hallgató Neptun kódja: ZWKMMMP
A dolgozat címe: Különféle „szuperélelmiszer” porok tápanyagtartalmának és aminosav-összetételének a vizsgálata
A megjelenés éve: 2023
A konzulens intézetének neve: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem -
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
A konzulens tanszékének a 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, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottnak 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 mindenkor szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és nem titkosított dolgozat a védelmet követően nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023. október 31.



Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Kocsis Virág (Neptun azonosítója: ZWKMMP) 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 javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: 2023. október 31.

Végh Rita *[handwritten signature]*
belső konzulens