

## **A biomassza alapú gazdaság első számú prioritása: az élelmezésbiztonság**

**Oláh Judit**

közgazdász, egyetemi tanár, Debreceni Egyetem

Szakmai munkámat alapvetően meghatározta, hogy 2010-ben a Debreceni Egyetemen csatlakoztam egy néhány oktató és kutató által életre hívott kutatócsoporthoz. Az előttünk álló egyik legnagyobb kihívás annak vizsgálata volt, hogy hogyan biztosítható a növekvő számú globális népesség ellátása élelmiszerrel, tiszta energiával és egyéb bioalapú alapanyagokkal véges természeti erőforrások mellett. Kutatásaimban 2010 után kezdtem intenzíven foglalkozni a globális élelmezésbiztonság kérdéskörével, majd a megújuló energia és környezetvédelem szerepét, végül a körforgásos és biomassza alapú gazdaság kilátásait kezdtem el kutatni. Munkám kiindulópontja a biomassza alapú gazdaság élelmezés-, energia- és környezetbiztonsági aspektusainak vizsgálata volt.

2018-ben Bolyai János kutatói ösztöndíjat (Az élelmiszeripari innováció és technológia szerepe és hatása a versenyképességre és az élelmiszerárindex alakulására), 2017–2020 között négy alkalommal Új Nemzeti Kiválóság Programot (ÚNKP) nyertem a bioüzemanyag, az alternatív fehérjeforrás ill. a fenntartható biomassza alapú gazdaság (bioökonómia) fő tényezőinek elemzése témakörökben. 2019-ben témavezetőként a „Fenntartható folyékony bioüzemanyag (bio-etanol, biodízel) előállítása és multifunkcionális hatása” c. pályázattal (2019–2023) OTKA támogatást nyertem. Kutató csoportunkban elemezzük az első generációs folyékony bioüzemanyagok előállításának gazdasági, társadalmi, környezeti szempontjait. A fenntartható és multifunkcionális bioüzemanyaggyártás feltételeinek meghatározása mellett feltárjuk a folyékony bioüzemanyagipar aktuális és jövőbeni szerepét, továbbá vizsgáljuk, hogy képes lesz-e az ágazat a termelési és versenyképességi kritériumoknak eleget tenni.

2021. május 26-án sikeresen védtem meg MTA doktori disszertációm „Az élelmezés- és környezetbiztonság kihívásai az EU bioökonómiai stratégiájának tükrében” címmel. Értekezésemben hangsúlyoztam, hogy a következő évtizedekben számos kihívás éri a világ élelmezésbiztonságát, ami többek között a növekvő népesség számára megfelelő mennyiségű és minőségű élelmiszer bizto-

sítását, az éhezők számának csökkentését igényli, miközben a környezeti szempontok, ezen belül a fosszilis eredetű szén bioszénnel történő helyettesítése is előtérbe kerülnek. A termeléshez felhasznált természeti erőforrások szűkössége és a klímaváltozás terméshozamra gyakorolt kedvezőtlen hatásai miatt a mezőgazdasági termelés korlátokba ütközhet. A jövőben kevesebb termőfölddel, vízzel, vegyszerrel és műtrágyával kell több élelmiszert és nem élelmiszer célú bioterméket előállítani (Oláh, 2021).

Kutatásomban elsősorban arra keresem a választ, hogy milyen szerepet játszik a bioökonómia az élelmezésbiztonság alakulásában globális és uniós szinten, illetve fenntartható-e a jelenlegi élelmiszertermelési gyakorlat. A biomassza alapú gazdaság (bioökonómia) fejlődése a következő 30 évben meghatározza az EU globális geopolitikai és kereskedelmi szerepét, ezért indokolt figyelemmel kísérni az EU-ban a nulla nettó üvegházhatású gázkibocsátás (ÜHG-kibocsátás) eléréséhez szükséges reformokat (Oláh, 2021).

A globális élelmezésbiztonság helyzete az utóbbi évtizedekben jelentősen javult Dél-Amerikában és Ázsiában a „zöld forradalom” vívmányainak köszönhetően. Az élelmiszerhiány azonban továbbra is fennmaradt a szubszaharai régióban, ahol a népesség közel 30%-a alultáplált. Számos tudományos publikáció foglalkozik a jelenlegi krízis különböző okaival, az afrikai élelmiszergazdaság kilátásaival, az éghajlatváltozás és a gyorsan növekvő népesség hatásaival. Ugyanakkor kevés kutatás alkalmazta a holisztikus megközelítést Afrika fejlesztési lehetőségeinek elemzésére. A rendszerdinamikai szimulációk eredményei meglehetősen borús képet prognosztizálnak az élelmiszergazdaság kilátásairól Nigériában és Ugandában, ahol a történelmileg legmagasabb termelési szint sem tudja kielégíteni a növekvő élelmiszerigényt. Radikális változtatások nélkül e két viszonylag gazdag afrikai országban a mezőgazdasági termelés jelenlegi fejlődési üteme sem lesz képes kielégíteni az élelmiszer iránt mutatkozó fogyasztói keresletet. Nagymértékű és összehangolt erőfeszítésekre van szükség a fajlagos hozamok növelésére a mezőgazdasági erőforrások felhasználásának optimalizálásával, a földhasználat javításával, az élelmiszerlánc veszteségeinek csökkentésével és az étrendváltozás elősegítésével. Mivel az elkövetkező évtizedekben még a relatíve stabil és fejlett afrikai országok sem lesznek önellátóak élelmiszerből, még inkább szükséges az afrikai gazdaság globális értékláncba történő integrálása a piacképes áru és szolgáltatás előállítása érdekében.

Az Európai Akadémiák Tudományos Tanácsadó Testülete (European Academies' Science Advisory Council: EASAC) legújabb állásfoglalása szerint sürgős lépésekre van szükség az *élelmezés- és táplálkozásbiztonság* területén (von Braun és szerzőtársai, 2017). A klímaváltozás negatív hatással lesz az élelmiszertermelésre, ez pedig elengedhetetlenné teszi a klímatudatos mezőgazdaság bevezetését, például szárazságtűrő növényfajták nemesítésével. A klímaváltozás mérséklése érdekében változtatni kell az európai élelmiszerfogyasztási szokásokon is, így például indokolt csökkenteni az állati eredetű fehérjék fogyasztását.

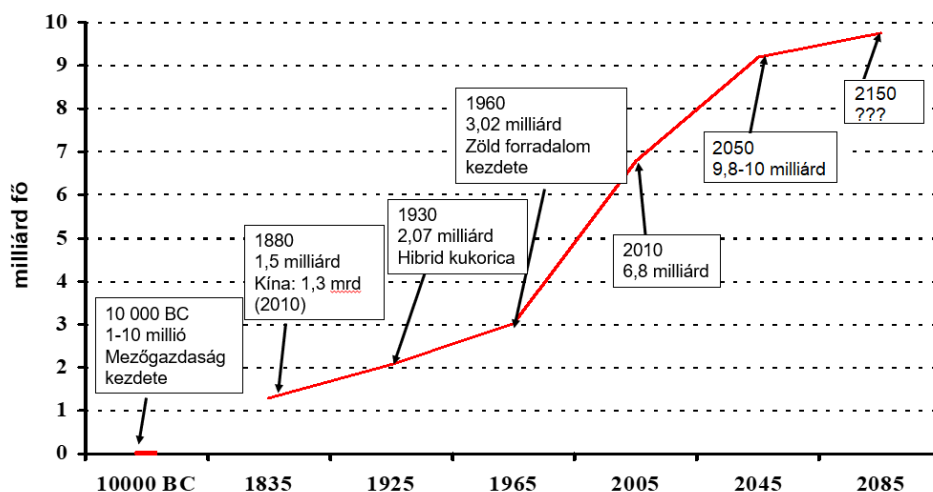
Továbbá célszerű a magas kalóriatartalmú ételek fogyasztását visszaszorítani a megfizethető, egészséges táplálkozást ösztönző programok bevezetésével. Az élelmiszerfogyasztási szerkezetben meghatározó szerepet játszanak a magas növényolaj-, zsír- és cukortartalmú élelmiszerek, ráadásul ezek kivitele az egészségtelen európai étrend exportját is jelenti. Tehát nemcsak az európai lakosság étrendje egészségtelen, hanem az európai élelmiszereket importáló országok népességének élelmiszerfogyasztási szerkezete is (Oláh, 2021).

Az egészséges étrendbe nehezen beilleszthető élelmiszerek termelése gyorsítja a klímaváltozást, ezért csökkenő fogyasztásukkal párhuzamosan a klímaváltozás is mérséklődik. Ma globális szinten nem áll rendelkezésre tényleges mérésre alapozott adat az élelmiszergazdaságban keletkező élelmiszerpazarlás mennyiségének mértékéről, csupán becslések alapján tájékozódhatunk (a kevés helyi és regionális felmérések 5–30% közötti veszteségről számolnak be). Fontos szempont még az *élelmiszerpazarlás* helyi és regionális csökkentését szolgáló hatékony beavatkozások megvalósítása. Az élelmiszerpazarlás egyben termőföld-, energia- és vízpazarlást is jelent, ezért ennek csökkentése hozzájárul a klímaváltozás és hatásainak mérsékléséhez. A klímaváltozás növeli az élelmiszerbiztonsági kockázatot a kórokozók és kártevők globális terjedése révén is, így kiemelt feladat az élelmiszer-szennyezettség forrásainak pontos leírása és kezelése is (von Braun és szerzőtársai, 2017; Oláh, 2021).

A *táplálkozási szokások* gyors változása többek között a globális urbanizációval is összefügg. A földműveléssel felhagyó emberek tömegei költöznek a városokba, ahol – részben az életszínvonal növekedésének köszönhetően – étkezési szokásaik megváltoznak. Strukturális természetű folyamatról van szó, amely összességében növeli a keresletet. De szélsőséges esetben az urbanizáció a mezőgazdasági munkaerő „elszívásával”, továbbá az infrastruktúra, az ipari parkok és lakónegyedek terjeszkedése a mezőgazdasági földterület rovására a mezőgazdasági termelést is korlátozhatja. Az urbanizációs és motorizációs folyamat is értékes termőföldet vesz el a mezőgazdaságtól. Egymillió fő városba vándorlása 40 ezer hektár területet igényel, a gépkocsiállomány egymillió darabszámmal való növekedése pedig mintegy 20 ezer hektár termőterületet vesz igénybe. Ma a világ népességének több mint fele városokban él, a jövőben pedig még inkább túlsúlyba kerül a városi lakosság (2050-re a világnépesség több mint 70%-a fog városban élni). Az urbanizációval – és a nemzetközi kereskedelem liberalizációjával – egyre távolabb kerülnek egymástól a termelés és fogyasztás földrajzi központjai, aminek következtében nő a szállítás, a raktározás és a hűtés jelentősége, így értelemszerűen az árukezelés költsége is, ami ugyancsak hozzájárul az élelmiszerárak emelkedéséhez (FAO, 2017).

A ma prognosztizálható étrendváltozás nagyobb gond az élelmiszertermelés szempontjából, mint a népesség növekedése. *A világ népessége ma mintegy 7,9 milliárd fő, 2050-ig várhatóan 10 milliárd főre nő, ami 25%-os népességnövekedést jelent* (1. ábra). Ezzel szemben az élelmiszer-kereslet 2050-ig 60%-kal

fog bővülni, vagyis a mai fogyasztási szerkezet mellett annyi élelmiszert kell majd megtermelnünk, mintha 11,5 milliárd ember élne akkor a Földön (ENSZ 2019). Ennek oka, hogy a hús- és tejtermék fogyasztás irányába változik az étrend: egyre többen engedhetik meg maguknak, hogy magas hozzáadott értékű élelmiszert, például húst és tejterméket egyenek. A *húsfogyasztás kétszer olyan gyorsan nő, mint a népesség* (Popp és szerzőtársai, 2018d; Oláh, 2019; Oláh, 2021). Ma a Földön az egy főre jutó évi húsfogyasztás 42 kilogramm, 2050-ben ez várhatóan 52 kilogrammra emelkedik, miközben évi 140 millió új fogyasztó jelenik meg a piacon és 60 millió fő hal meg. Az Egyesült Nemzetek előrejelzése szerint Európában a népesség száma 2050-ig a jelenlegi 740 millió főről 716 millió főre csökken (United Nations, 2017; United Nations, 2019).



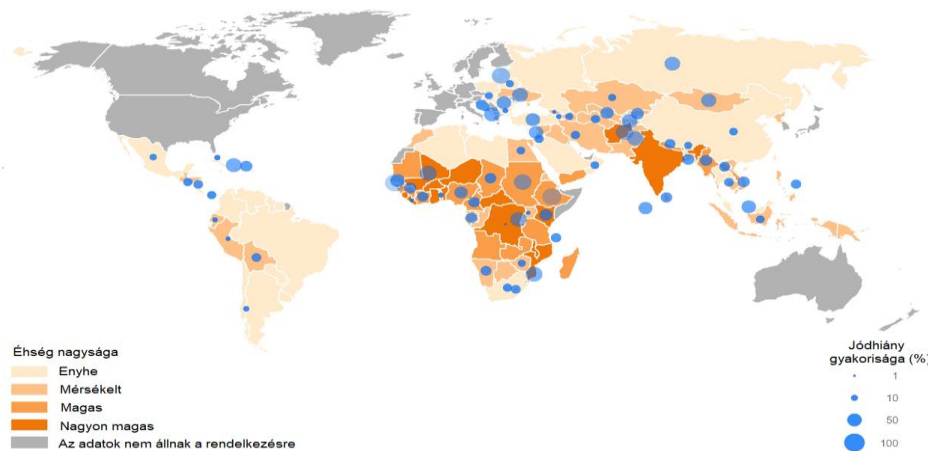
1. ábra: A világ népességének növekedése

Forrás: FAO (2017)

Az állati eredetű élelmiszer iránt növekvő kereslettel együtt a földhasználat is változik, ugyanis a hús- és tejtermék fogyasztásának növekedése egyre több takarmányt igényel. Ez a tendencia már most is megfigyelhető: 1960–2010 között az egy főre jutó globális szántóterület 0,45 hektárról 0,25-re csökkent, 2050-re pedig már a 0,2 hektárt sem éri el. Az EU-ban az állattenyésztés használja a mezőgazdasági terület 66%-át, de globális szinten is 70%-körül alakul ez az arány. *Az étrendváltás (ha így marad) nagyobb hatással lesz a földhasználatra, mint a népességnövekedés.* Az állattenyésztésben a takarmányozás transzformációs hatékonysága alacsony, kalóriaértékben kifejezve mindössze 10–15%-os. De nem elhanyagolható az állattenyésztés szerepe az ÜHG-kibocsátásban és a vízfogyasztásban sem (FAO, 2017).

### *Túltápláltság, alultápláltság*

A Body Mass Index (BMI), azaz testtömeg index értékei alapján határozható meg, hogy valaki túlsúlyos (25–29,9%) vagy elhízott (>30%). A világnépesség 33%-a túlsúlyos, ebből 30% elhízott, az EU-ban a felnőttek 17%-a elhízott, Magyarországon pedig 28,5%-a (Eurostat, 2016; von Braun és szerzőtársai, 2017). Az elhízást az Egészségügyi Világszervezet (World Health Organisation: WHO) „globális járványnak” nevezi, ráadásul a 2,3 milliárd túlsúlyos népességgel szemben a világban 0,8 milliárd fő éheznek. A COVID-19 világjárvány tovább növeli az éhező népesség létszámát. Globális szinten az éhezés és az elhízás, valamint az alul- és túltápláltság egymással párhuzamosan fordul elő. Komoly probléma még, hogy 2 milliárd ember „rejtett éhségben”, azaz nem kalóriahiányban, hanem mikrotápanyag-hiányban (vitamin, ásványi anyag és nyomelem) szenved (2. ábra), sőt, a túlsúlyos emberek egyharmada is ebbe a kategóriába tartozik. Ez azt jelenti, hogy a túltápláltság (kalóriában) alultápláltsággal (mikrotápanyagban) is párosul (Oláh, 2019; Oláh, 2021). A jövő nagy kihívása lesz, hogy a Föld növekvő népességének élelmiszerellátása (kalóriában, azaz energiában kifejezve) mellett a táplálék megfelelő minőségéről (mikrotápanyagban kifejezve) is gondoskodjunk (World Health Organisation, 2018a).



Megjegyzés: A lakosságarányos „rejtett éhség” alakulása 136 országban: a vas-, A vitamin- és cinkhiányban szenvedő lakosság száma 100 000 főre vetítve.

2. ábra: A „rejtett éhség” alakulása világszerte

Forrás: Muthayya és szerzőtársai (2013)

A krónikus, nem fertőző betegségek megjelenésével (pl. az elhízással összefüggő betegségek) párhuzamosan a gyermekek és serdülőkorú fiatalok nem megfelelő étrendje és étkezési szokásai Európában is kiemelt problémát jelentenek (Grasgruber és szerzőtársai, 2018). A kutatások arra keresik a választ, hogy mely

intézmények, intézményrendszerek képesek leginkább befolyásolni a fogyasztói attitűdöt és magatartást.

Magyarországon 2014-ben jelent meg a közétkeztetésre vonatkozó táplálkozás-egészségügyi előírás, amely az iskolai közétkeztetési sztenderdek bevezetése révén kíván szerepet játszani a fiatal generáció táplálkozási szokásainak megváltoztatásában. Az EU tagállamaiban általában szabályozott az iskolai közétkeztetés. Kutatásom eredményei rámutatnak az új szabályozás bevezetését megelőző előkészületek hiányára, és a nem megfelelő kommunikációra a különböző érdekelt felek között. Az egészséges gyermekétkeztetés érdekében komplex táplálkozási oktatóprogramra és folyamatos párbeszédre van szükség a tanárok, a szülők, valamint az iskolai közétkeztetésben dolgozó szakemberek és a kormány között. Hozzá kell tenni, hogy a gyermekek a magyar iskolai közétkeztetés kulcsszereplői, de csekély befolyásuk van a rendszer működésére. Magyarországon még nem készült országos felmérés és elemzés a gyermekek közétkeztetéssel kapcsolatos preferenciarendszeréről (Kiss és szerzőtársai, 2019).

A személyi edzők meghatározó szerepet játszanak a táplálkozási tanácsadásban, vagyis a táplálkozási szokások megváltoztatásában. Magyarországon mintegy ezer személyi edzőt tartanak nyilván, és egyre többen kínálnak ügyfelek számára táplálkozási tanácsadást. A személyi edzők táplálkozási tanácsadási gyakorlatáról fókuszcsoporthoz interjú és kérdőíves adatfelvétel készült kvalitatív és kvantitatív kutatási módszerek alkalmazásával. Az eredményből kiderül, hogy az edzők és a dietetikusok elméletben elismerik az együttműködés fontos szerepét az edzés hatékonyságának optimalizálásában, a tanácsadói munkában azonban bizonyos „szakmai féltékenység” tapasztalható a szakmai háttér különbsége miatt, így nehéz megtalálni az együttműködés közös platformját. A szabályozás hiánya miatt az edzők szakmai, de különösen táplálkozási kompetenciái magas heterogenitást mutatnak, ráadásul az edzők többségének nincs objektív képe táplálkozási ismereteiről (pl. táplálkozási tanácsadás krónikus betegségben szenvedő ügyfelek számára). Többségük képzettségi szintje túl alacsony a professzionális táplálkozási tanácsadáshoz, az oktatási forma pedig nem ad megfelelő információt arról, hogy milyen mértékben korlátozott az edzők táplálkozási tanácsadási kompetenciája (Kiss és szerzőtársai, 2020). Elengedhetetlen szakmai szintjük javítása, folyamatos továbbfejlesztése hatékony ösztönzőrendszer kidolgozásával.

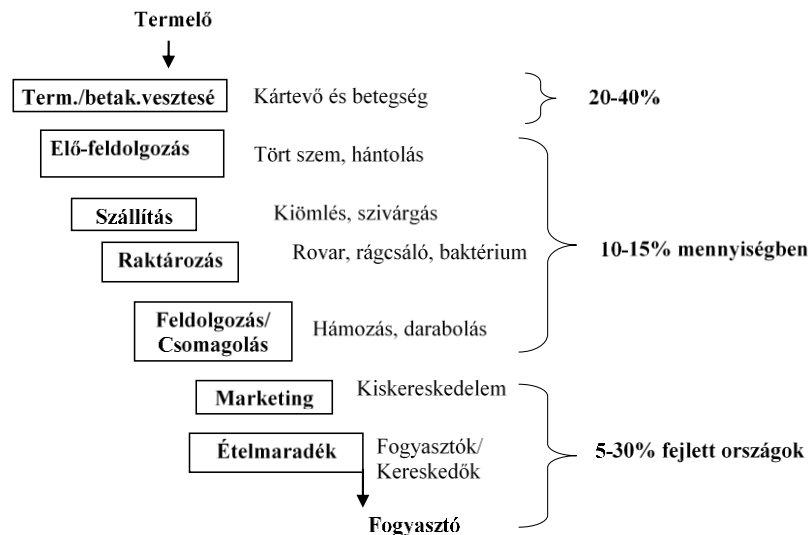
Az állami vagy uniós támogatással megvalósítható *automatizált adatgyűjtés hozzájárulna* a fogyasztói magatartás megváltozásához és a *személyre (vagy csoportra) szabott táplálkozás bevezetéséhez*. A tápanyagszükséglet és a fogyasztó genetikai felépítése között fennálló összefüggés figyelembevételével egyénre szabott tápanyagbeviteli ajánlás is kidolgozható, sőt a tápanyagellátottság megállapításának standardizált módszereivel az optimalizált tápanyagbevitel egyénre vagy csoportra is alkalmazható. Csak ilyen eszközök segítségével valósítható meg az egészségtudatos táplálkozás megfizethető áron.

*Élelmiszerpazarlás, különös tekintettel a gabona ellátási láncra*

Az élelmiszerláncban a pazarlás mérséklésével változatlan feltételek mellett egyrészt növelhető az élelmiszer kínálata, másrészt csökkenthető a fajlagos víz-, energia-, termőföld- és egyéb inputigény. Az élelmiszerlánc vesztesége a termelési és betakarítási szakaszban 35%-ot tesz ki (világszerte 20–40% között mozog) a növényvédelem ellenére.

A szállítási, raktározási, feldolgozási és csomagolási fázisok összes vesztesége/hulladéka mennyiségben 10–15%, értékben 25–50% között alakul. A kiskereskedelmi, éttermi és fogyasztói veszteség és hulladék 5–30%-ra rúg (3. ábra). A gabonapazarlás csökkentése a biotikus tényezők (kártévők, kórokozók és gyomnövények) miatt az élelmiszerellátás legnagyobb kihívása (Popp és szerzőtársai, 2013). A pazarlás csökkentése magasabb bevételt eredményez, mint a genetikai hozamképesség növekedése (Mesterházy és szerzőtársai, 2020).

Az Európai Bizottság 2011. évi célkitűzése szerint az élelmiszer-pazarlást 2020-ra felére kellett volna csökkenteni (nem teljesült). 2012-ben jelent meg az Európai Parlament állásfoglalása az élelmiszer-pazarlás 2025-ig történő 50%-os csökkentéséről (European Commission, 2011; European Parliament, 2020). Meg kell jegyezni, hogy az EU csak az élelmezési célú termékek pazarlását említi, kizárva például a takarmányozás során keletkezett veszteséget és hulladékot (pl. a bioenergia termelés is ide tartozik). Az EU-ban a szabályozás is akadályozza a veszteség/hulladék hasznosítását takarmányként, mert például Koreában, Japánban és Tajvanon a hulladék egyharmadát újrahasznosítják takarmányként. A gabonaellátási lánc minden fázisában képződik veszteség és hulladék, de eltérő arányban. Ez is hozzájárul a ténylegesen fogyasztott termék magasabb költségéhez (Mesterházy és szerzőtársai, 2020).



3. ábra: Veszteségek az élelmiszerlánc mentén  
Forrás: IWMI (2007)

A globális búza-, kukorica-, rizs- és szójabab évi 2,1 milliárd tonna termés-sel szemben a betakarítás előtti veszteség évente legalább 1,1 milliárd tonnát tesz ki, azaz a 3,1 milliárd tonna elméleti hozam egyharmadát. A betakarítás, a tárolás és a toxinfertőzés által okozott veszteség évi további 700 millió tonnát jelent, a betakarítás előtti veszteséggel együtt pedig évi 1,8 milliárd tonnát, azaz az összes újonnan tárolt gabona 85%-át. A *gabonaveszteség alakulása a technológiától, a munkaerő képzettségétől és a fogyasztói magatartástól függ*. Jelenleg a globális gabonatermesztés jelentős növelése kizárólag új, magasabb hozamú fajták bevezetésével nem lehetséges, helyette hatékony megoldást kínál a veszteség és hulladék csökkentése a termelés, a tárolás és a fogyasztás során. Az élelmezés- és táplálkozásbiztonság növelésének hatékony módszere a globális pazarlás csökkentése (Mesterházy és szerzőtársai, 2020).

A gabona értékláncban megfigyelhető élelmiszer-pazarlásról és annak csökkentéséről készült kalkulációk hozzájárulnak a hatékony gabonatermelés és -fogyasztás lehetőségeinek feltárásához. A betakarítás előtti és a raktározás során felmerülő mikotoxin szennyezés óriási veszteséget okoz a gabonafélék termelésében és felhasználásában. A gabona értéklánc pazarlása magába foglalja a szántóföldi, a betakarítási, raktározási, forgalmazási és fogyasztói hulladékot és veszteséget. A termelésben azonban kitüntetett szerepe van az integrált növényvédelemnek, a növény-nemesítésnek és agronómiának is. A pazarlás minimalizálása a gabona értéklánc mentén tehát összetett feladat, ahol a pazarlás elérheti a



60–70%-ot! A hozamstabilitást és rezisztenciát célzó nemesítés révén – fejlett növényvédelmi stratégiával, agronómiával és tárolással kombinálva – a gabona ellátási lánc mentén a veszteség és hulladék 50%-os csökkentése lehetségesnek tűnik, így világszerte további 3–4 milliárd ember gabonaigényét tudjuk kielégíteni fenntartható módon a növényfajták genetikai hozamának növelése nélkül. Ehhez hosszú távú gondolkodásra és a gondolkodásmód megváltoztatására, nem pedig rövid távú profithajszára van szükség (Mesterházy és szerzőtársai, 2020).

#### *Alternatív fehérjeforrások*

A globális gazdasági expanzió és a népesség folytatódó, noha lassuló ütemű (éves átlagban 1% körüli) növekedése nyomán várhatóan tovább élénkül az élelmiszerek iránti kereslet. A világ népessége 2050-ig bekövetkező várható 25%-os emelkedése – az étrend változásával, azaz a magas hozzáadott-értékű élelmiszerek (hús- és tejtermékek) fogyasztásának növekedésével együtt – értékben kifejezve 60%-kal növeli az élelmiszerigényt (FAO, 2017). A növekvő hústermelés feltétele a fehérjetakarmány előállítása. Az egyéb, vagy alternatív fehérjeforrások belátható időn belül nem váltják ki a szójafehérjét. A legújabb alternatív élelmiszerfehérje piaci bevezetése is gyorsan bővül világszerte, mint a laboratóriumi hús vagy növényi eredetű vegahús előállítása (Oláh, 2019; Oláh, 2021).

A fű/lucerna fehérjehozama magas, értéke 2,0–2,5 t/ha között változik, ugyanakkor alacsony a biológiai értéke és a fehérjeliszt gyártása (szárítás) energiaigényes folyamat, vagyis magas a szénlábnyoma. A levélfehérjével kapcsolatos kutatások között első helyen egy magyar szellemi örökségnek tekinthető eljárást, a lucerna levélfehérje koncentrátumot (Leaf Protein Concentrate: LPC) indokolt kiemelni. Az LPC technológia első szabadalmaztatója Ereky Károly magyar gépészmérnök, a „biotechnológia atyja” volt. Ereky Károly az 1920-as években szabadalmaztatta a zöldmalom eljárást, amellyel értékes fehérjedús takarmányokat állított elő friss növényekből, ezzel útjára indítva a levélfehérje feldolgozás iparágát (Popp és Oláh, 2018).

Hosszabb távon az akvakultúra eredetű fehérjeforrás (alga, békalencse, krill) is szóba jöhet alternatívaként az alacsony földhasználat és a jó fajlagos fehérjehozam alapján, ehhez viszont nélkülözhetetlen a táplálóérték meghatározása és a szárítási költségek csökkentése. A jövőben várható az alga takarmányozási célú felhasználása, mert a termelési költségek jelentős csökkenésével az élelmiszer helyett a takarmány előállítására összpontosítanak majd. Bár az akvakultúra eredetű fehérje, rovarfehérje, mikrobiális fehérje és aminosav előállítása még kísérleti fázisban van, de piaci bevezetése is megkezdődött már. Így az algafehérje előállításának piaci bevezetése a közeljövőben esedékes lehet az omega 3-as zsírsav termelésével kombinálva. Ez a kombináció az akvakultúra (lazac) takarmányozására is ideális megoldást nyújt(hat). A többi akvakultúra eredetű fehérjeforrás előállítás mennyisége szerény mértékű marad a jövőben és

legfeljebb részi igényeket elégít ki. Hosszú távon a rovarok élelmiszerként és takarmányként is alternatívát kínálnak, mert alacsony a földhasználat, ráadásul szerves hulladékot hasznosítanak. Ehhez szükség van a fajlagos termelési költség radikális csökkentésére, a tápláléérték meghatározására, de a takarmány célú felhasználás engedélyezése is lassú és nehézkes (Popp és Oláh, 2018; Popp és szerzőtársai, 2018a; Popp és szerzőtársai, 2018c; Popp és szerzőtársai, 2018d; Oláh, 2021).

*A jelenlegi élelmiszertermelés módja hosszú távon nem fenntartható.* Többek között azért, mert csökken az öntözővíz mennyisége, vagy például a hústermelés környezetterhelést okoz. *A Föld népességének gyarapodása a bolygó jelenlegi eltartó képességét is fenyegeti, miközben a globális húsfogyasztás kétszer akkora ütemben nő, ami fenntarthatatlannak tűnik* (Oláh, 2019). Az állattenyésztésben bevezetett környezetbarát lépések is hozzájárul(hat)nak a klímaváltozás mérsékléséhez, az igazi fordulathoz nélkülözhetetlen az állati termékek növekvő fogyasztásának visszaszorítása, például a „hagyományos” állati eredetű fehérje részbeni helyettesítése alternatív fehérjeforrásokkal. Ha a haszonállattenyésztés az egyre növekvő húsfogyasztással már nem tud lépést tartani, akkor a laboratóriumban előállított húsok is előtérbe kerülhetnek (Popp és szerzőtársai, 2018e).

Laboratóriumi körülmények között egy szarvasmarhából kivett szövetmintából 10 ezer szarvasmarha húsának megfelelő húsmennyiséget tudnak előállítani 9–21 nap alatt. Az Eat Just vállalat Szingapúrba exportál laboratóriumban előállított csirkehúst éttermek számára. Az Upside Foods által gyártott laboratóriumi csirkehús piacra dobása 2021 végén várható (a csirkehús piaci bevezetése engedélyezés alatt áll). A Mosa Meat 2022-től tervezi első termékeinek piaci bevezetését az EU-ban (az engedélyezés 18 hónapot vesz igénybe). A laboratóriumi hús tömegtermelésének beindulásához a laboratóriumi húsgyártás minden egyes fázisában tudományos áttörésre van szükség, ugyanis a kilogrammonkénti ár 2020-ban legalább 100 USA dollár volt (Oláh, 2021). A laboratóriumban tenyésztett hús fogyasztását jelenleg az Európai Unió tiltja, ahogy a klónozott állatokból származó húsfogyasztást is. Az európai fogyasztók jelentős része távolságtartó mindennel szemben, ami mesterséges, „nem természetes”, mert inkább a hagyományos utakat választják. A világ ételmezési problémájához hozzájárulna, ha egyre több fogyasztó a vegetáriánus étrendre térne át. Ugyanakkor szinte tudományos alapossággal kell(ene) összeállítania a vegetáriánus étrendet, hogy szervezetünk minden szükséges tápanyagot, fehérjét, vitamint és ásványi anyagot megkapjon a növényi eredetű élelmiszerekből. A növények – néhány zöldség és a szója kivételével – az esszenciális aminosavaknak csak egy részét tartalmazzák, ráadásul az esszenciális aminosavak egymáshoz viszonyított aránya is fontos szempont. Emellett a kényelmi terméknek számító félkész- és késztermékek (melyek pár perc alatt elkészíthetők) a „vegák” számára sokkal kevésbé elérhetők (Oláh, 2019).

Ugyanakkor gyorsan bővül a „vegahús” piaci bevezetése is. A laboratóriumi hústermelés mellett kizárólag növényi alapanyagokból (szója, borsó, búza, burgonya, kókuszolaj, cékla stb.) állítanak elő húsízű és -kinézetű vegahúst. A McDonald’s Németországban dobta piacra a Big Vegan TS burgert, a Burger King pedig az USA-ban forgalmazza az Impossible Whoppert. A The Good Food Institute nonprofit szervezet több millió dollárt adott a témával foglalkozó tudományos projektek támogatására. A Beyond Meat és az Impossible Foods cégekbe több száz millió dollárt fektettek be olyan hírességek, mint például Bill Gates és Leonardo DiCaprio. A Beyond Meat tőzsdei cég küldetése, hogy „az emberek első generációja végre leválassza a húst az állatokról”. A Beyond Meat legfontosabb alapanyaga a borsó, amiből vegahús hamburgert gyártanak. A növényi alapú vegahús gyártása olcsóbb, mint az állati eredetű laboratóriumi húsé, ráadásul azokat a fogyasztókat is megnyerik, akik a húsfogyasztást vallási vagy lelkiismereti okok miatt utasítják el. Az Impossible Foods vegahús termékeinek gyártásához a növényi alapanyagok mellett *Pichia pastoris* nevű élesztőgombát is használnak, mert ennek segítségével állítják elő a húsízért felelős fehérjét, amelyhez szója- és búzaproteineket keverve készül a hamburgerpogácsa, és egyéb vegahús készítmények (Oláh, 2021). Franciaországban Ares városban található ONA vegán étterem – vegán étteremként elsőként a világon – Michelin-csillagot kapott 2021-ben (The Guardian, 2021). A vegetáriánus étrendet követő fogyasztók nem esznek húst, de minden más állati eredetű terméket igen. A vegán filozófia az állatok érdekeit és életét tartja tiszteletben, ezért a vegánok növényi étrendet követnek. A globál népesség 8%-a vegán életmódot folytat. A távol-keleti fiatalok ugyanakkor – elfordulva saját nemzeti és kulturális hagyományaiktól – az európai szokásokat, divatot és az egészségromboló nyugati táplálkozást követik. A keleti kultúra részét képező keleti gyógyászat és a vegetáriánizmus európai terjedése elsősorban társadalmi, szociológiai, mintsem természettudományi és biológiai jelenségnek tekinthető. A klímavédő fiatal korosztály előnyben részesíti a vegahúst és a flexitáriánus diétát (növényi eredetű ételekben gazdag, de húsban szegény étrendet) (Oláh, 2021).

Növényi alapú termékekkel helyettesíthető a hús, a tej és a tojás is. A Beyond Meat a hús alapvető elemeit közvetlenül növényekből (borsó, cékla, kókuszolaj, burgonyakeményítő stb) vonja ki. A hús aminosavakból, lipidekből, ásványi anyagokból és vízből áll. Az állatok az emésztő- és izomrendszerüket használják arra, hogy a növényeket vízzé és hússá alakítsák. A Beyond Meat növényi forrásból közvetlen módon állít elő „húst”. A technológia fejlődésével a fogyasztók számára is vonzóbb lesz ez az opció. A jövőben a vásárlók olcsóbban fognak hozzájutni az egyre inkább húsrá hasonlító növényi alapú fehérjéhez. Az igazi hús luxustermék lehet, a vegán hús fogyasztása pedig általánossá válhat. A növényi alapú fehérjék eladása az elmúlt években gyorsabban emelkedett (évi 8–10%-kal), mint a hagyományos húsé (évi 2–3%).

A húsiparnak nem tetszik, hogy egyre több fogyasztó a növény alapú táplálkozás felé fordul, főleg a fiatalok. A húsipari gazdaság szereplői ellenzik, hogy a vegetáriánus ételek gyártói olyan szavakat használjanak a termékleírásban, mint a húst tartalmazó ételeknél. Ilyen például a steak, a virsli, a burger és a hamburger. Ezek a szavak már a nevükben hordozzák a húst, ezért félrevezető a húsmentes ételek elnevezése. Az élelmiszerek jelölését (címkézését) az 1990-es évek eleje óta uniós jogszabályok szabályozzák. Az EU-ban forgalmazott élelmiszerekre vonatkozó kereskedelmi szabályozás általában a közös piaci szervezetek (Common Market Organisations: CMOs) kompetenciájába tartozik. 2017-ben az Európai Bíróság döntésével új alapelvet is rögzített az uniós jogban, miszerint a tej, a vaj és a joghurt kifejezés használatával csak „valódi” tejet tartalmazó termékek forgalmazhatók (Oláh, 2021).

Franciaország már értesítette Brüsszelt az élelmiszerek címkézésére vonatkozó jogszabályok felülvizsgálatáról. Biztosra vehető, hogy az Európai Bizottság 2020 után foglalkozik a húsról vonatkozó jelölés/címkézés szabályozásával. Ez nem pusztán jogi kérdés, hanem a fogyasztóknak szóló tájékoztatást is magába foglalja. Az Európai Fogyasztói Szervezet felmérése szerint a fogyasztók túlnyomó többsége nem aggódik a zöldségburger elnevezés miatt, amennyiben a jelölés egyértelműen vegetáriánus vagy vegán. Az új szabályok tiltják az állati eredetű élelmiszerekhez kapcsolódó elnevezések használatát a növényi eredetű fehérjéket tartalmazó termékek, mint a vegetáriánus hamburgerek vagy a vegán kolbász forgalmazásakor. Várhatóan meghatározzák a növényi fehérjék maximális arányát a „húsos” elnevezés használatához. A nemzeti szabályozás jogi szempontból továbbra is ellentmondásos. Ehhez hasonló példával találkozunk Spanyolországban is (Oláh, 2021).

A kék bioökonómia, ezen belül az akvakultúra jelentősége az élelmiszer és egyéb biomasz termelésében folyamatosan növekszik. Mivel a nagyüzemi monokultúrás termelés egyre nagyobb és koncentráltabb piacokat szolgál ki homogén termékekkel, környezeti fenntarthatósági problémák lépnek fel (Gyalog és szerzőtársai, 2017). Az új típusú integrált multitrofikus akvakultúra (Integrated Multi-Trophic Aquaculture: IMTA) rendszerek hozzájárulnak a fenntartható intenzifikációhoz, vagyis a fajlagos hozamok növeléséhez pozitív környezeti hatás és ökológiai szolgáltatás mellett (Popp és szerzőtársai, 2018c). Az IMTA alapelve a körforgásos gazdálkodási forma megteremtése az energiaáramlás, a veszteség és a környezetszennyezés minimalizálásával, ugyanakkor elősegíti a gazdasági növekedést és a társadalmi haladást.

A 132805 sz. projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a K\_19 pályázati program finanszírozásában valósult meg

*Felhasznált szakirodalom*

- European Commission (EC) (2011): *Roadmap to a Resource Efficient Europe COM(2011) 571*. European Commission, Brussels, Belgium, <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/com-2011-571-roadmap-to>
- European Parliament (2020): *European Parliament resolution of 15 January 2020 on the European Green Deal*. [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2020-0005\\_EN.html](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2020-0005_EN.html)
- Eurostat (2016): *European Health Interview Survey*. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/7700898/3-20102016-BP-EN.pdf/c26b037b-d5f3-4c05-89c1-00bf0b98d646>
- FAO (2017): *The state of food security and nutrition in the world 2017*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, <http://www.fao.org/3/a-I7695e.pdf>
- Gyalog, G.; Oláh, J.; Békefi, E.; Lukácsik, M.; Popp, J. (2017): *Constraining Factors in Hungarian Carp Farming: An Econometric Perspective. Sustainability*, Vol. 9, No. 11, 2111, 1-13. <https://doi.org/10.3390/su9112111>
- IWMI (2007): *Water for Food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture*. International Water Management Institute, London, UK: Earthscan, Colombo, Sri Lanka, 1-645. <http://www.iwmi.cgiar.org/assessment/Publications/books.htm>
- Kiss, A., Popp, J., Oláh, J., Lakner, Z. (2019): *The Reform of School Catering in Hungary: Anatomy of a Health-Education Attempt*. *Nutrients*, Vol. 11, No. 4, 716, 1-19. <https://doi.org/10.3390/nu11040716>
- Kiss, A., Pfeiffer, L., Popp, J., Oláh, J., Lakner, Z. (2020): *A Blind Man Leads a Blind Man? Personalised Nutrition-Related Attitudes, Knowledge and Behaviours of Fitness Trainers*
- Mesterházy, Á., Oláh, J., Popp, J. (2020): *Losses in the grain supply chain: causes and solutions*. *Sustainability*, Vol. 12, No. 6, 2342, 1-18. <https://doi.org/10.3390/su12062342>
- Muthayya, S., Rah, J.H., Sugimoto, J.D., Roos, F.F., Kraemer, K., Black, R.E. (2013): *The Global Hidden Hunger Indices and Maps: An Advocacy Tool for Action*. *PLoS One*, Vol. 8, No. 6, e67860, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067860>
- Oláh, J. (2019): *A fenntartható élelmiszerellátás kihívásai az energia és környezetbiztonság tükrében*. *A Falu*, Vol. 34, No. 4, 21-34. [https://matarka.hu/cikk\\_list.php?fusz=167386](https://matarka.hu/cikk_list.php?fusz=167386)
- Oláh, J. (2021): *Az élelmezés- és környezetbiztonság kihívásai az EU bioökonómiai stratégiájának tükrében*. MTA Doktori disszertáció, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 1-158., <http://real-d.mtak.hu/1314/>

- Popp, J., Pető, K., Nagy, J. (2013). *Pesticide productivity and food security. A review*. Agronomy for Sustainable Development, Vol. 33, No. 1, 243-255. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0105-x>
- Popp, J., Oláh, J., Kiss, A., Temesi, Á., Fogarassy, C., Lakner, Z. (2018a): *The socio-economic force field of the creation of short food supply chains in Europe*. Journal of Food and Nutrition Research, Vol. 58, No. 1, 31-41. <http://www.vup.sk/index.php?mainID=2&navID=36&version=2&volume=58&article=2127>
- Popp, J., Harangi-Rákos, M., Oláh, J. (2018b): *Fehérjetakarmány függőség az EU-ban. Status quo? Állattenyésztés és Takarmányozás*, Vol. 67, No. 4, 209-224. [https://matarka.hu/cikk\\_list.php?fusz=161552](https://matarka.hu/cikk_list.php?fusz=161552)
- Popp, J., Harangi-Rákos, M., Tikász, I.E., Varga, E., Oláh, J. (2018c): *A keveréktakarmány-gyártás kilátásai az EU-ban, különleges tekintettel Magyarországra*. Állattenyésztés és Takarmányozás, Vol. 67, No. 3, 137-157. [https://matarka.hu/cikk\\_list.php?fusz=161551](https://matarka.hu/cikk_list.php?fusz=161551)
- Popp, J., Pető, K., Oláh, J. (2018d): *Alternatív fehérjefogyasztás kilátásai Magyarországon*. A Falu, Vol. 22. No. 2, 37-46. [https://matarka.hu/cikk\\_list.php?fusz=163873](https://matarka.hu/cikk_list.php?fusz=163873)
- Popp, J., Lakner, Z., Pető, K., Oláh, J. (2018e): *Élelmezés- és táplálkozásbiztonság: lehetőségek és kihívások*. A Falu, Vol. 33, No. 1, 55-67. [https://matarka.hu/cikk\\_list.php?fusz=163872](https://matarka.hu/cikk_list.php?fusz=163872)
- Popp, J., Oláh, J. (2018): *Fehérjefüggőség: merre tovább? Magyar Mezőgazdaság*, Vol. 73, No. 4, 60-61
- Popp, J., Oláh, J., Kiss, A., Lakner, Z. (2019a): *Food Security Perspectives in Sub-Saharan Africa*. Amfiteatru Economic, Vol. 21, No. 51, 361-676. <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=763566>
- Popp, J., Békefi, E., Duleba, Sz., Oláh, J. (2019b): *Multifunctionality of pond fish farms in the opinion of the farm managers: the case of Hungary*, Reviews in Aquaculture, Vol. 11, 830-847. <https://doi.org/10.1111/raq.12260>
- REN21 (2019): *Renewables 2019 Global Status Report*. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr\\_2019\\_full\\_report\\_en.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf)
- The Guardian (2021): *Michelin awards star to vegan restaurant for the first time in France*. <https://www.theguardian.com/world/2021/jan/19/michelin-awards-star-to-vegan-restaurant-for-the-first-time-in-france>
- United Nations (2017): *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. A/70/L.1, United Nations, Department of Economic and Social Affairs United Nations, General Assembly, New York, USA, 1-35. [https://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E](https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E)
- United Nations (2019): *World Population Prospects 2019*. 329. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, <https://population.un.org/wpp/DataQuery/>

- von Braun, J., ter Meulen, V., Aksnes, L.D., Benton, T., Garrido, A., Godfray, C., Hermansson, M.A., Janssen, S., Jung, C., Krasilnikov, P., O'Sullivan, A., Popp, J., Schnieke, A., Wroblewska, B., Canales, C., Fears, R. (2017): *Opportunities and challenges for research on food and nutrition security and agriculture in Europe*. EASAC policy report 34. December 2017, German National Academy of Sciences Leopoldina, 1-72.  
[http://www.easac.eu/fileadmin/PDF\\_s/reports\\_statements/Food\\_Security/EASAC\\_FNSA\\_report\\_complete\\_Web.pdf](http://www.easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Food_Security/EASAC_FNSA_report_complete_Web.pdf)
- WHO (2018): *Global Health Observatory (GHO) data*. World Health Organisation, [http://www.who.int/gho/ncd/risk\\_factors/overweight/en/](http://www.who.int/gho/ncd/risk_factors/overweight/en/)