

ÁLLATTENYÉSZTÉS és TAKARMÁNYOZÁS

2018. 67. 4

Alapítás éve: 1952

ÁLLATTENYÉSZTÉS – TARTÁS – TAKARMÁNYOZÁS



„A HAZAI FEHÉRJESTRATÉGIA ÉS ANNAK JÖVŐBENI KILÁTÁSAI”
“DOMESTIC PROTEIN STRATEGY AND ITS FUTURE PERSPECTIVES”

Tudományos konferencia a Magyar Tudományos Akadémián
Scientific conference at the Hungarian Academy of Sciences

**SCIENTIFIC DAY ON ANIMAL BREEDING
„DOMESTIC PROTEIN STRATEGY AND ITS FUTURE
PERSPECTIVES”**

CONFERENCE AT THE
HUNGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

30th November 2018

Arrangement:

**Animal Breeding, Nutrition and Grassland Management
Committee of the Section of Agricultural Sciences of the HAS**

*Papers included in this issue are the edited and peerreviewed
version of the oral presentations at the Animal BreedingScientific
day at the Hungarian Academy of Sciences on the 30th November
2018*

ÁLLATTENYÉSZTÉSI TUDOMÁNYOS NAP
„A HAZAI FEHÉRJESTRATÉGIA ÉS ANNAK JÖVŐBENI
KILÁTÁSAI”

TUDOMÁNYOS KONFERENCIA A MAGYAR TUDOMÁNYOS
AKADÉMIA SZÉKHÁZÁBAN

2018. NOVEMBER 30.

Rendező:

**MTA Agrártudományok Osztálya Állatnemesítési,
Állattenyésztési, Takarmányozási és Gyepgazdálkodási
Bizottsága**

*Az e számban található cikkek a Magyar Tudományos Akadémián
2018. november 30-án rendezett Állattenyésztési Tudományos
Napon elhangzott előadások szerkesztett és lektorált változatai*

TARTALOM - CONTENTS

<i>Popp József – Harangi-Rákos Mónika – Oláh Judit: Fehérjetakarmány függőség az EU-ban: status quo? (The EU's dependency on protein-rich feed: status quo?)</i>	209
<i>Zsombik László: Alternatív fehérjenövények: lehetőség vagy örök ígélet? (Alternative protein crops: opportunity or eternal promise?)</i>	225
<i>Fári Miklós Gábor: A zöld fehérjemalom tudományos megalapozása és lehetséges szerepe a fehérjegazdálkodásban (Development of scientific basis of green proteinmill concept and its possible influence on protein economy)</i>	237
<i>Fébel Hedvig: Ipari melléktermékek felhasználása gazdasági állataink fehérjeellátásának biztosítására (Use of industrial by-products to satisfy protein demand of livestock)</i>	254
<i>Dublecz Károly – Koltay Ilona – Such Nikoletta – Dubleczi Fanni – Husvéth Ferenc – Wágner László – Péterné Farkas Eszter – Márton Aliz – Farkas Valéria – Pál László: Lehetőségek a takarmányok nyersfehérje tartalmának csökkentésére monogasztrikus állatokban (Recent developments on feeding low protein diets in monogastric animals)</i>	273
<i>Mézes Miklós: A rovarfehérje, mint a fehérjeellátás új alternatívája (Insect protein as new alternative of protein supply)</i>	287

FEHÉRJETAKARMÁNY FÜGGŐSÉG AZ EU-BAN: STATUS QUO?

POPP JÓZSEF – HARANGI-RÁKOS MÓNIKA – OLÁH JUDIT

ÖSSZEFOGLALÁS

A globális olajmagdara előállítás 70%-át a szójadara képviseli, további 15%-át pedig a repce- és napraforgódara. Ezek az arányok a jövőben is fennmaradnak, habár felhasználásuk növekedése mérséklődik. Az USA, Brazília, Argentína és Paraguay részesedése a globális szójatermelésből és külkereskedelemből továbbra is 80-90% körül alakul. A globális szójakereskedelem kétharmadát Kína importálja, az EU továbbra is a világ második legnagyobb szójabab importőre marad, szójaliszt esetében megtartja vezető helyét. Ennek oka, hogy egyrészt az EU szójatermelése várhatóan évi 3 millió tonna lesz, másrészt a keveréktakarmány-gyártásban nő a magas fehérjetartalmú alapanyagok aránya. A szója és szójaliszt nagyobb arányú kiváltásához egyszerűen nincs elégséges alternatív fehérjeforrás, mert a hüvelyes növények takarmányozási szerepe elhanyagolható és a repce- és napraforgódara takarmányozási célú felhasználása pedig elérte a maximumot. Az ipari melléktermékek felhasználása csak szerény mértékben emelkedik, a takarmány-kiegészítő aminosavak gyors elterjedésének a magas ár szab gátat. Az EU-ban a takarmányfehérje-önellátás belátható időn belül nem lehet reális célkitűzés, a magas importfüggőség azonban csökkenthető. A precíziós nemesítési eljárások, az aminosavak széles körű felhasználása és a feldolgozási technológiák fejlesztése hozzájárul a növényi fehérje előállítás önellátottsági szintjének növeléséhez, továbbá a fehérjetakarmány emésztés hatékonysága is javítható új enzimtechnológiák alkalmazásával. Magyarországon a szójaterület középtávon aligha haladja meg a 100 ezer hektárt, a szójatermelés pedig az évi 250 ezer tonnát, ami a hazai szükséglet legfeljebb harmadát/felét fedezi.

SUMMARY

Popp, J. – Harangi-Rákos, M. – Oláh, J.: THE EU'S DEPENDENCY ON PROTEIN-RICH FEED: STATUS QUO?

70% of global oilseed production is represented by soybean meal, and another 15% by rapeseed and sunflower meal. These shares will remain in the future, although their increase in use will decrease. The US, Brazil, Argentina and Paraguay's share of global soybean production and foreign trade continues to be around 80-90%. Two-thirds of global soybean trade is imported by China, the EU remains the world's second biggest soybean importer in the world and the leader in soybean meal. This is due to the fact that soybean production in the EU is expected to be just 3 million tonnes per annum and the proportion of protein rich ingredients will increase in compound feed production. There is simply no sufficient alternative source of protein for soybean and soybean meal because the role of the protein crops in the compound feed production is negligible and the use of rapeseed- and sunflower meal for animal nutrition has reached the maximum. The use of industrial by-products is expected to increase only modestly and the rapid spread of amino acids is subject to high price limits. In the EU, feed protein self-sufficiency can not be a realistic objective in the foreseeable future, but the high dependency on import can be reduced. Precise breeding procedures, extensive use of amino acids and development of processing technologies contribute to increasing the self-sufficiency of plant protein production, and protein digestive efficacy can also be improved by using new enzyme technologies. In Hungary the soybean area in the medium term hardly exceeds 100,000 hectares and soybean production 250,000 tonnes per annum, which covers up to one third / half of domestic demand

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A hús- és tejtermékek iránt mutatkozó kereslet növekedésével párhuzamosan bővül a gabonafélékből és olajnövényekből készített takarmányok felhasználása. 2050-re a globális húsfogyasztás a mai 320 millió tonnáról 470 millió tonnára, vagyis közel 50%-kal emelkedik, ugyanis az egy főre eső húsfogyasztás 10 kg-os növekedésével számolhatunk 1,5 milliárd fő többletfogyasztó mellett. Az EU-ban 2030-ig nem változik a hústermelés (évi 47 millió tonna) és az egy főre jutó húsfogyasztás (68,5 kg), miközben a húsexport a jelenlegi 4,35 millió tonnáról 4,70 millió tonnára bővül. A hazai húsfogyasztásban számottevő változásra sem számíthatunk, a belső fogyasztás továbbra is döntően a baromfi- és sertéshúsról fog korlátozódnival (European Commission, 2017, KSH, 2018, OECD/FAO, 2018). A globális hústermelés az alacsony fajlagos takarmány-felhasználás irányába tolódik el, ezért tovább nő a baromfi-hús előállítás és az akvakultúra jelentősége. A húsfogyasztás (és tejtermékfogyasztás) növekedésével párhuzamosan nő az ipari keveréktakarmány-gyártás is, ennek mennyisége világszerte már elérte az egymilliárd tonnát, árbevétele pedig a 400 milliárd dollárt. Mindössze 4 ország/országocsoport állítja elő a globális keveréktakarmány közel 60%-át (58,5%), nevezetesen Kína, az USA, az EU és Brazília. Az egyes tápok megoszlásában a baromfitáp vezet 45%-os részesedéssel, majd azt követi a sertés 26%, a kérődzők 20%, a hal 4% és az egyéb tápok 5%-os aránnyal (FEFAC, 2017).

Az olajnövények feldolgozásából származó olajmag-dara jelenti a legfontosabb fehérjetakarmányt a keveréktakarmány-gyártásban. A fehérjeforrásokkal szemben a minimális elvárás, hogy hektáronként minimum egy tonna nyersfehérje hozamot érjenek el. További kritérium lehet még a szénlábnyom, a földhasználat változása és a növekvő nitrogénműtrágyázás hatása. Az EU-ban az olajnövények mérsékelt nyersfehérje hozama (0,8-1,2 t/ha) hátrányt jelent. Új, fehérjegazdag szójabab fajták piaci bevezetésével javítható a hektáronkénti nyersfehérje termelése. A szója proteintartalma magasabb a repce- és napraforgómagénál, de az EU-ban a repce- és napraforgómag nagy volumenű termelése miatt a szójaliszt aránya viszonylag alacsony a keveréktakarmányban. A szója a legfontosabb fehérjehordozó takarmány, globális termelése háromszor nagyobb, mint a repce és a napraforgó együttes hozama. Továbbá a szója közel 80%-át teszi ki a fehérjedús és a kedvező aminosav összetétellel rendelkező szójaliszt, ezért a hüvelyes növények helyett a szója, mint olajnövény jelenti a legfontosabb fehérjehordozó takarmányt az állattenyésztésben (Popp és mtsai., 2015).

Az EU-ban nem számíthatunk az olajnövények és fehérjenövények (hüvelyes növények) vetésterületének és termelésének számottevő növekedésére, így az olaj- és fehérjenövények, mint alternatív fehérjeforrások erőteljes bővülésére sem. Igaz, hogy a szója és fehérjenövények területe 2013 óta nő, amihez hozzájárul a 2015-ben bevezetett új támogatási rendszer is, ugyanis számos tagországban termeléshez kötött többlettámogatást nyújtanak és a zöldítés (ökológiai célterületen) keretében is engedélyezett a termesztése, ennek ellenére vetésterületük aránya az összes vetésterületből továbbra is nagyon alacsony marad. Említést érdemel, hogy Magyarországon ennél sokkal nagyobb jelentőséget tulajdonítanak a növekvő szójatermelésnek. Nem szabad elfelejteni, hogy Magyarországon legfeljebb évi 0,1-0,2 millió tonna többlettermelésről van szó, ami elhanyagolható

volumen az EU évi 34 millió tonna (ebből 33 millió tonna az import) szójatermék felhasználásához viszonyítva (*European Commission*, 2018).

A szója és szójaliszt nagyobb arányú kiváltásához nincs elégséges alternatív fehérjeforrás – növényi eredetű fehérje (olajnövény, fehérjenövény, mit például a takarmányborsó, a takarmánybab és az édes csillagfűrt) vagy állati eredetű fehérje (halliszt, hús- és csontliszt) – a nemzetközi piacon. A táplálóérték szempontjából is csak szerény mértékben helyettesíthető a szójaliszt az esszenciális aminosavak optimális összetétele miatt. Szóba jöhet még ipari melléktermék, a levélfehérje, az akvakultúra eredetű fehérjeforrás (alga, békalencse, krill), a rovarfehérje, a mikrobiális fehérjeforrás és a szintetikus aminosav. De vajon az alternatív fehérjeforrások lehetőséget jelentenek-e a szójafehérje kiváltáshoz? Az EU-ban szóba jöhető fehérjehordozó takarmány-alapanyagok az olajnövények és abból előállított extrahált dara és olajpogácsa, valamint a hüvelyes növények. További alternatíva lehet a levélprotein, valamint az akvakultúra eredetű fehérjeforrás és rovarfehérje. Hosszabb távon azonban komoly potenciált jelent a fűből és lucernából kivont levélfehérje, ennek feltétele a fehérje költséghatékony kinyerése és a táplálóérték meghatározása. Az akvakultúra eredetű fehérjeforrás (alga, békalencse, krill, tengeri kukac) is szóba jöhet alternatívaként hosszabb távon az alacsony földhasználat és a jó fajlagos fehérjehozam alapján, ehhez viszont nélkülözhetetlen a táplálóérték meghatározása és a szárítási költségek csökkentése (*Popp és mtsai*, 2016). A rovarfehérje felhasználását a takarmányozásban a magas ár mellett az EU jelenlegi szabályozása is akadályozza. Az élesztő jó fehérjeforrás, habár az összetétel a fajok, a táptalaj és a feldolgozás függvényében változik, így a feldolgozás optimalizálására és a termék standardizálására van szükség. A szintetikus aminosavakból takarmány-kiegészítőnek főleg a lizin, a metionin, a treonin és a triptofán szolgál. Az aminosavak globális forgalma már megközelíti az évi 4 millió tonnát, de felhasználásuknak egyelőre a magas ár szab korlátot (*Research and Markets*, 2017). Az egyes fehérjeforrások világpiaci árainak összehasonlításából kiderül, hogy a szójaliszt még mindig magasán a legolcsóbb takarmány, ugyanis például halliszt és a rovarfehérje ára többszöröse a szójalisztének.

Ha abból indulunk ki, hogy évi 250 millió tonna szójalisztet, 35 millió tonna repcepogácsát és 15 millió tonna napraforgódarát termelnek világszerte, akkor az ipari melléktermékeknek komoly hatása van a takarmánypiacra. A bioüzemanyaggyártásban az etanolipar évente 45 millió tonna DDG-t, DDGS-t, CGM-t és CGF-t, a biodízelipar pedig évi 13 millió tonna repcedarát és 28 millió tonna szójalisztet állít elő, vagyis szójafehérje-egyenértékben ez megfelel mintegy 65-70 millió tonna szójalisztnek, azaz az évente előállított szójaliszt 25%-ának szójafehérje-egyenértékben kifejezve. Az állati eredetű fehérjék (állati fehérje és halliszt) mintegy 20 millió tonna szójalisztet váltanak ki szójafehérje-egyenértékben kifejezve, azaz az évi globális szójaliszt felhasználás csaknem 10%-át, habár takarmányozási célú felhasználásuk korlátozott. Említést érdemel, hogy az állati eredetű fehérje takarmányozási célú felhasználása számos országban korlátozott az hobbiállat és az akvakultúra kivételével, a hallisztet pedig magas ára miatt közel 80%-ban az akvakultúra hasznosítja. Ennek ellenére megkérdőjelezhető a szója fehérjehordozó takarmányként történő kiváltása (*Popp és mtsai*, 2015).

Az EU-ban a takarmányozásban ráadásul nő a közepes- és magas fehérjetartalmú alapanyagok aránya az alacsony fehérjetartalmú alapanyagok rovására.

Ennek oka, hogy az intenzívebb állattenyésztés több magas fehérjetartalmú takarmányt igényel, ezért a szójaliszt felhasználása visszatér a gyorsan növekvő bioüzemanyag-gyártás előtti időszak szintjére. Ez azt is jelenti, hogy az egyéb, vagy alternatív fehérjeforrások belátható időn belül nem váltják ki a szójafehérjét. Az Európai Unió évi mintegy 14 millió tonna szójabab és 19 millió tonna szójaliszt importjának 80-90%-a a világ három legnagyobb szójatermelőjétől – USA, Brazília, Argentína – és Paraguayból származik. A behozatal forrásai tekintetében nincs igazán alternatíva, bár az utóbbi években Ukrajna és Oroszország szójatermelésének megugrása figyelemre méltó. Az EU-ban a keveréktakarmány-gyártáshoz szükséges évi 45 millió tonna nyersfehérje csupán 5%-át adja az EU-ban megtermelt szójadara. Kína után az EU továbbra is a világ második legnagyobb szójabab importőre marad, szójaliszt esetében megtartja vezető helyét (*European Commission*, 2017). De vajon a takarmányfehérje-önellátás belátható időn belül reális célkitűzésnek tekinthető az EU-ban vagy a növényi fehérje importfüggőségének csökkentéséről lehet szó? A szerzők erre keresnek választ cikkükben.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Összehasonlító és időszorelemzést alkalmaztunk a főbb olajnövény (szója, repce és napraforgó) termékpálya globális, uniós és hazai bemutatásához. A keveréktakarmány-gyártásban felhasznált fehérjetakarmány előállítás kilátásait is vizsgáltuk az EU fehérje terve és a hazai fehérjetakarmány program figyelembe vételével. Az elemzés és előrejelzés elismert nemzetközi szervezet, intézet és intézmény (OECD, FAO, European Commission, FEFAC stb.) prognózisára támaszkodik. A kutatást nehezítette, hogy a különböző prognózisok módszertana eltérő, nem feltétlenül ugyanazon feltevésekre épülnek és nem ugyanazon időszakra szólnak, de igyekeztünk a 2027-ig és 2030-ig szóló kilátásokat figyelembe venni. A hazai fehérjetakarmány felhasználás elemzésénél elsősorban az Európai Bizottság, a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) és az Agrárgazdasági Kutató Intézet (AKI) adatbázisaira és kutatásaira támaszkodtunk. Az általunk vizsgált legfrissebb adatok a 2017. és 2018. évre vonatkoznak az OECD/FAO, az European Commission, a FEFAC anyagainak felhasználásával. A magyarországi adatok általában a 2004-2017 közötti évekre vonatkozik, de vannak hosszabb és rövidebb idősorok is.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

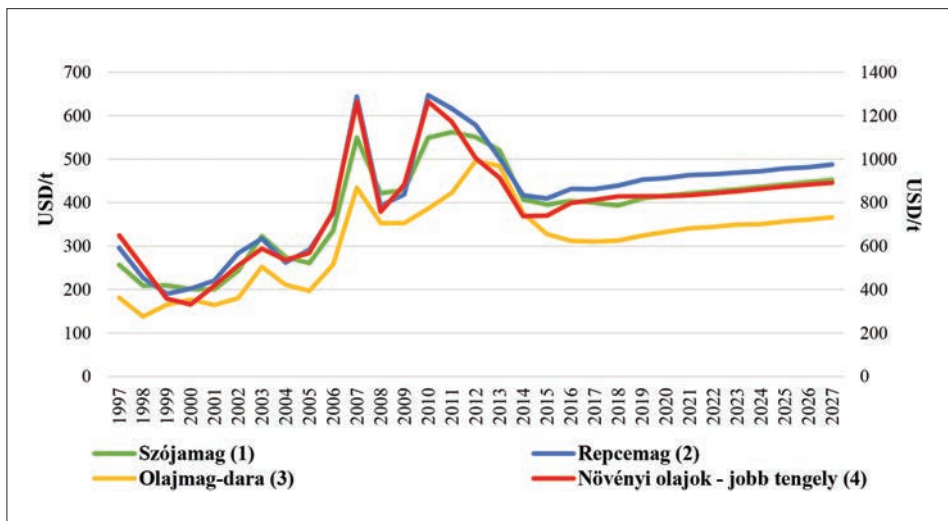
A fehérjetakarmány (szója, repce és napraforgó) termékpálya nemzetközi kilátásai

Az olajmagvak, olajmag-dara és növényi olajok árának folyamatos növekedésére számíthatunk 2027-ig, de reálértéken árcsökkenést prognosztizálnak (1. ábra). A növényi olajok ára reálértéken nagyobb ütemben csökken, mint az olajmag-dara ára, mert egyrészt mérséklődik az étolaj és a bioüzemanyagok iránti kereslet növekedése, másrészt a fejlődő országokban is egyre inkább az intenzív állattenyésztés kerül előtérbe, ezzel együtt az olajmagdara növekvő felhasználása. Az árvolatilitás továbbra is fennmarad a piaci bizonytalanságok miatt (OECD-FAO, 2018).

2006 előtt a szója- és repcemag, valamint az olajmag-dara világgiazi ára tonnánként 200-300 USD, a növényi olajoké pedig 400-600 USD közötti sávban mozgott,

a 2007. évi árcsúcs időszakában a szója- és repcemag, valamint olajmag-dara ára elérte a tonnánkénti 400-650 USD-t, a növényi olajoké pedig az 1 300 USD-t. Ezt követően zuhantak a nemzetközi árak, de a csökkenő készletek és a folyamatosan növekvő kereslet hatására 2010-ben újból rekordárak alakultak ki, amikor a szója- és repcemag, valamint olajmag-dara nemzetközi ára tonnánként 500-650 USD-re, a növényi olajoké újra 1 300 USD-emelkedett (1. ábra). A 2012 nyarán bekövetkezett áremelkedés hatása gyengébbnek bizonyult a korábbiaknál, majd 2015-ig a szója- és repcemag, valamint olajmag-dara ára csaknem 300-400 USD-re, a növényi olajoké 740 USD-re csökkentek. Az OECD-FAO középtávra szóló előrejelzése a szója- és repcemag, valamint növényi olajok árának szerény mértékű, de folyamatos növekedését valószínűsíti 2027-ig. A szójamag tonnánkénti ára 450 USD-re, a repcemagé 490 USD-re nő, az olajmag-dara ára pedig 370 USD-re emelkedik. A növényi olajok ára megközelíti a 900 USD-t 2027-ben (1. ábra). Az árak alakulását az olajnövények és gabonafélék szántóterületért folyó versengése, illetve az olajnövények és abból származó termékek iránt mutatkozó növekvő kereslet határozza meg. A növényi olajok és olajmagvak (szója és repce) áremelkedése hasonló ütemet mutat, mert a növényi olajok felhasználásánál meghatározó tényező a biodízelgyártás, ahol a termelés, így a növényi olajok felhasználásnak üteme mérséklődik. Az olajmag-dara iránti kereslet nő a húsfogyasztás növekedésének köszönhetően, elsősorban a fejlődő országokban (OECD-FAO, 2018). Ugyanakkor az olajnövények, olajmag-dara és növényi olajok ára reálértéken szerény mértékben csökken.

1. ábra Olajmagvak és származékai világpiaci árának alakulása 1997-2027 között



Megjegyzés: szójamag (c.i.f. Rotterdam), repcemag (c.i.f. Hamburg), olajmag dara (szója-, napraforgó- és repcedara súlyozott átlaga, európai kikötő); növényi olajok (pálma, szója, napraforgó és repceolaj súlyozott átlaga, európai kikötő)

Figure 1. Global price evolution of oilseeds and their derivatives between 1997-2027

soybean (1); rapeseed (2); protein meals (3); vegetable oils (4)

Forrás (Source): OECD-FAO, 2018

Az olajmagvak globális kibocsátása a 2018. évi 507 millió tonnáról 580 millió tonnára nő 2027-ben, miközben a vetésterület 6,5%-kal, azaz 214 millió hektárról 228 millió hektárra bővül. Ebből a szójabab részesedése a vizsgált időszakban csaknem 70% marad. Az olajmagvak 86%-át feldolgozzák, ebből a szójafeldolgozás aránya 90%. A növényolaj-gyártás melléktermékeként keletkező olajmagdarák globális termelése 15%-kal, *348 millió tonnáról 400 millió tonnára* nő 2018-2027 között, ebből a *szójadara aránya meghaladja a 70%-ot (OECD/FAO, 2018)*. A *350 millió tonna olajmag darából 255 millió tonnát a szójadara, 35 millió tonnát a repcedara és 15 millió tonnát a napraforgódara tesz ki, vagyis összesen 305 millió tonnát, azaz a globális olajmagdara termelés közel 85%-át (RFA, 2016)*. A takarmányfehérje felhasználása az elmúlt évtized évi átlagos 4,2%-os növekedésével szemben évi 1,6%-ra esik vissza 2018 és 2027 között. Ugyanakkor Kínában ez az érték évi átlagban 7,2%-ról évi 1,7%-ra apad. Ennek oka, hogy az állattenyésztés növekvő kibocsátásának üteme mérséklődik és Kínában a fehérjeliszt aránya a keveréktakarmányban elérte a maximumot, sőt meghaladja a fejlett országok hasonló értékeit (IFIF, 2017).

A szója termelése 2018-227 között évi átlagban 1,5%-kal nő az elmúlt évtized évi 4,8%-os bővülésével szemben, elsősorban a vetésterület lassuló növekedése miatt. Az egyéb olajmagvak termelése a vizsgált időszakban évente átlagosan 1,6%-kal nő az elmúlt évtized évi 3,1%-os növekedésével szemben. Az elmúlt időszakban elsősorban Kína növekvő importja ösztönözte a szójatermelést. A *szója globális termelése a 2018. évi 356 millió tonnáról 407 millió tonnára* nő 2027-re, miközben a vetésterület 128 millió hektárról 137 millió hektárra, a hektáronkénti átlaghozam pedig 2,77 tonnáról 2,98 tonnára bővül. Az *USA és Brazília szójatermelése 2027-ben eléri a 130 millió tonnát, Argentína és Paraguay termelése pedig a 66 millió tonnát, illetve 12 millió tonnát. Ez a négy ország képviseli a globális szójatermelés 83%-át. A szójatermelés Oroszországban, Ukrajnában várhatóan emelkedik. A szójaliszt termelése a 2018. évi 256 millió tonnáról 294 millió tonnára emelkedik 2027-re (OECD/FAO, 2018)*.

A globális szójatermelés több mint 40%-a kerül a világkereskedelembé. *A világexport 87%-át Brazília, az USA és Argentína bonyolítja le, ebből Brazília részesedése 42%. Kína szójaimportja 2018 és 2017 között évi átlagban 1,5%-os növekedés mellett a mai 100 millió tonnáról 113 millió tonnára* nő, ami a *globális szójaimport kétharmadát teszi ki*. Kínában a gabonatermelés csökkenő támogatásának köszönhetően nő a szója termelése, az elmúlt években évi 12 millió tonnáról évi 14 millió tonnára emelkedett (OECD/FAO, 2018). Az USA-val folytatott kereskedelmi háborúban *Kína 2018 áprilisában 25%-os vámot vetett ki az USA-ból származó szójára. Ez azt is jelenti, hogy teljesen leállhat az USA Kínába irányuló szójaexportja, pedig az előző években az USA összes szójakivitelének 60%-a – évi 30 millió tonna 14 milliárd USD értékben – Kínába ment (Kína összes szójaimportjának egyharmadát tette ki). Ez további exportlehetőséget kínál a brazil szójaexportnak, ugyanis Brazília szójaexportjának 40%-át, vagyis évi 50 millió tonnát Kína importálja, ez pedig a kínai szójabehozatal 50%-át teszi ki. Kína csak részben tudja pótolni az USA-ból származó szójamennyiséget (Brazíliából, Oroszországból stb.), ezért Kínában nő a szójatermékek ára, így a világpiacon is (USA-ban 2018 nyarán a csökkenő szójaexport hatására visszaesett a szójaár). Kínában a növekvő szójaárak pedig a sertéshús fogyasztás megtorpanásához*

vezethetnek. Európában a szójaár (c.i.f. Rotterdam) 2018. január és július között a tonnánkénti 400 USD-ről 430 USD-ra emelkedett. Magyarországon a szójabab és szójadara ára 2018 nyarán elérte a tonnánkénti 115-120 ezer forintot.

A világ *repce*termelése 2018-ban meghaladta a 70 millió tonnát. A világ hat vezető repcetermelő országainak, országcsoportjának – EU-28, Kanada, Kína, India, Ausztrália és Ukrajna – kibocsátása a világtermelés 50%-át képviseli. Az EU évi 3-4 millió tonna mennyiséggel meghatározó repcemag importőr marad. Az olajütőkben feldolgozott globális repcemennyiség 60-65 millió tonna között alakult az elmúlt években (a repcetermelés szinte teljes mennyiségét feldolgozzák). A repceolaj gyártásával keletkező *repcedara mennyisége évi 35-37 millió tonna* körül alakul, ennek 70%-a három térségre – EU, Kína és Kanada – koncentrálódik. A repcedara exportja évi 5-6 millió tonna körül alakul, ebből Kanadára évi 3,5-4,0 millió tonna jut. Hasonló nagyságrendű mennyiséggel a legnagyobb importőr továbbra is az USA (*OIL WORLD*, 2018). A *napraforgómag globális termelése évi 50 millió tonna* körül stabilizálódik. Oroszországban és Ukrajnában az évi termelés 10-12 millió tonnára emelkedett, az EU évi 9-10 millió tonnát, Argentína pedig évi 3 millió tonnát állít elő. Ukrajna, Oroszország, az EU-28 és Argentína kibocsátása meghaladja a világtermelés 70%-át. A feldolgozott napraforgó mennyiség a termelés 90%-a körül alakul, amiből a *napraforgó dara termelése globális szinten évi 15-18 millió tonna* körül változik. A termelés 50%-a Ukrajnában, az EU-28-ban és Argentínában koncentrálódik. Az exportban kiemelkedik Ukrajna évi közel 4 millió tonna mennyiséggel, az importnál évi 3,5 millió tonna körüli mennyiséggel az EU-28 érdemel említést (*OIL WORLD*, 2018).

A fehérjetakarmány (repce és napraforgó és szója) termékpálya kilátásai az EU-ban

Az elmúlt évtizedben a repce termelését a vetésterület expanziója jellemezte, főleg a növekvő biodízelgyártásnak köszönhetően. A jövőben a repce és napraforgó termelését elsősorban az állattenyésztés kibocsátásának alakulása, vagyis olajmagliszt igénye határozza meg, ugyanis a biodízelgyártás alapanyagigénye alig nő. Így összességében a repce és napraforgó termelésében nem várható változás, az évi repcetermelés 21-22 millió tonna, a *napraforgóé pedig évi 8-10 millió tonna* körül stabilizálódik. Az EU-ban termelt repce 60%-a szolgálja a biodízelgyártást. A repce behozatal az elmúlt években évi 3-4 millió tonna volt, a kivitel csupán évi 0,2-0,3 millió tonnát tett ki. Repceolaj gyártásra az elmúlt években évi 24-25 millió tonna (repceimporttal együtt) került. Ugyanebben az időszakban a napraforgó exportja és importja évi 0,5 millió tonna körül alakult és évi 8-9 millió tonna napraforgó került feldolgozásra (*European Commission*, 2018). Az EU-ban az évi repcedara előállítás az utóbbi években évi 14 millió tonna volt, napraforgó darából pedig évi 4-5 millió tonnát termeltek. A szójadara termelése évi 11-12 millió tonna között (importált szójabab feldolgozásával együtt) alakult az elmúlt években. A *repcedara felhasználása* megközelítőleg megegyezik a termeléssel, évi 14 millió tonna, *napraforgódarából évi 8 millió tonnát használnak fel* csaknem 4 millió tonna behozatal mellett. A *szójatermelés* 2015 és 2017 között rekordot döntött évi 2,4, 2,5 és 2,8 millió tonna mennyiséggel. Évi 30 millió tonna szójalisztet használnak fel, *ebből 19 millió tonna a behozatal*,

11 millió tonnát pedig az EU-ban állítanak elő *14 millió tonna szójaimport* mellett (European Commission, 2018).

Az Európai Bizottság 2010-2030 közötti időszakra szóló előrejelzése szerint a szántóterület 1,7%-át elfoglaló fehérjenövények szerepe korlátozott marad, a takarmányborsó hozama a vizsgált időszakban évi 1,9 millió tonnáról 2,5 millió tonnára, a lóbabé 1,9 millió tonnáról 2,2 millió tonnára nő. A vizsgált időszakban az olajnövények területe 12,1 millió hektárról 11,5 millió hektárra esik vissza. *A repce területe 6,8 millió hektárról 6,0 millió hektárra csökken, a napraforgóé 4,3 millió hektárról 4,4 millió hektárra nő.* A szójabab esetében mintegy 10%-kal, 0,9 millió hektárról 1,0 millió hektárra bővül a terület. Az EU aránya a globális szójabab importjából 9%, de a szójaliszt esetében eléri a 31%-ot. A szójabab területeinek alakulása a GMO-mentes szója felár, a GMO-mentes takarmányozás és a GMO-mentes szójanemesítés alakulásának függvénye (European Commission, 2017). Az olajnövények termelése 2010-2030 között 28,8 millió tonnáról 33,5 millió tonnára nő. Ezen belül *a napraforgó termelése évi 7,0 millió tonnáról 9,7 millió tonnára, a szójaé évi 1,2 millió tonnáról 3,0 millió tonnára bővül.* Kína után az EU a nemzetközi szójaimport 10%-os részesedésével továbbra is a világ második legnagyobb szójabab importőre marad, szójaliszt esetében a globális import 30%-os részesedésével megtartja vezető helyét. Ezzel szemben a repce termelése évi 21 millió tonna körül stabilizálódik. A repcetermelés visszaesésével párhuzamosan emelkedik a szója és napraforgó termelése, de az olajnövények importja nő, elsősorban a szójabab növekvő behozatalának köszönhetően (European Commission, 2017).

A fehérjetakarmány (repce, napraforgó és szója) termékpálya kilátása Magyarországon

A hazai olajnövény termesztésben területét és volumenét tekintve egyaránt kiemelkedik a *napraforgó*. 2004-2017 között a vetésterület 480 ezer hektárról közel 700 ezer hektárra nőtt, miközben a *kibocsátás folyamatosan emelkedett évi 1,1 millió tonnáról 2,0 millió tonnára.* Az elmúlt évtizedben a *repcetermelés* a növénytermesztés egyik legdinamikusabban fejlődő ágazata lett Magyarországon: a 2004-2017 közötti időszakban a vetésterület 105 ezer hektárról 300 ezer hektárra bővült, a termés hozam pedig évi 283 ezer tonnáról és 940 ezer tonnára (KSH, 2018). A *napraforgó kivitelünk folyamatosan csökkent és évi 0,4 millió tonna körül stabilizálódott, repcemag-exportunk az utóbbi években évi 0,5-0,6 millió tonna között alakult. A napraforgó és repce behozatala évi 0,1-0,2 millió tonna között változik.* 2010 óta folyamatosan és gyorsan nőtt a napraforgómag és repcemag feldolgozása. *A napraforgómag feldolgozása évi 1,4 millió tonna, a repcemagé csupán 0,2 millió tonna.* A repcemag termelésének csupán 20-25%-át dolgozzuk fel Magyarországon, döntő hányada a Bunge külföldi üzemeibe kerül feldolgozásra. Évi mintegy 85 ezer tonna szójababot is feldolgoznak a magyarországi növényolajgyártó üzemek. A magyarországi *napraforgódara termelése a növekvő magfeldolgozásnak köszönhetően közel 800 ezer tonnára emelkedett. Ugyanakkor a repcedara termelése csupán 110 ezer tonnára emelkedett. A napraforgódara felhasználása meghaladja a 400 ezer tonnát,* miközben a fennmaradó rész exportpiacokra kerül. Ezzel szemben

repedara hazai felhasználása nem éri el az évi 100 ezer tonnát az évi 30-40 ezer tonna kivitel és behozatal mellett.

Magyarországban a szemes fehérjenövények területe az utóbbi 20 évben folyamatosan csökkent 20 ezer hektárra (ebből 19 ezer hektár a borsó). A hüvelyes növények 20 ezer hektár területe és 50 ezer tonna hozama elhanyagolható a magyar állattenyésztésben felhasznált fehérjehordozó takarmányok mennyiségéhez viszonyítva. Ezzel szemben a szójatermelés az utóbbi években látványosan emelkedett a 2010 évi 39 ezer hektár vetésterület 2017-re 77 ezer hektárra emelkedett. Ezzel párhuzamosan a hozamok is növekedtek, a 2010. évi 85 ezer tonnáról a 2016. évi 181 ezer tonnáig, de 2017-ben 162 ezer tonnára esett vissza (KSH, 2018). Az EU 2018. január 1-jén növényvédő szer használati tilalmat vezetett be a zöldítés úgynevezett táblaszintű ökológiai jelentőségű területein. Ennek hatására a szója vetésterülete a 2017. évhez képest közel 30%-kal, 55 ezer hektárra csökkent, ugyanakkor a termeléshez kötött többlettámogatás emelkedni fog (az összeget a szeptember 30-i árfolyam alapján határozzák meg). A termeléshez kötött támogatás összege ugyanis fix, ezért az egy hektárra vetített kifizetés a szemes fehérje növények vetésterületének függvénye (a szója mellett a borsó vetésterülete is csökkent).

A keveréktakarmány-gyártás alakulása az EU-ban

Az évi mintegy egy milliárd tonna és 330 milliárd euró értékű globális keveréktakarmány-gyártásban a takarmány-kiegészítők piaci forgalma évi 11 milliárd euró. Ebből az aminosavak aránya 41%, a vitaminok részesedése 20%, míg a halolaj és lipidek 10%, a mikro- és makroelemek 9% és a takarmány enzimek 7% részarányt képviselnek. Takarmány-kiegészítőként az aminosavak közül főleg a lizin, a metionin, a treonin és a triptofán szolgál. 2017-ben a takarmány-kiegészítő aminosavak globális forgalma megközelítette a 4 millió tonnát, ebből Európa részesedése 1,5 millió tonna volt. A lizin részaránya meghaladja az 50%-ot, a metionin aránya 35%, míg a treonin 13% körül alakul, de gyorsan bővül a triptofán felhasználása is (Research and Markets, 2017). Az aminosavak, vitaminok és enzimek óriási áringadozásoknak vannak kitéve, mert oligopol piacon néhány globális szereplő alakítja az árakat. A mikro- és makroelemek felhasználása több kihívással néz szembe, mert egyrészt termelésük korlátozott, másrészt a termelésben meghatározó országok gazdasági, politikai, környezetvédelmi szabályozása kihat a világpiaci árakra. A vitaminok és a karotinoidek esetében is jelentkeznek ellátási nehézségek, ugyanis a B-vitaminok döntő részét Kína gyártja, ahol most a konszolidáció okoz problémát. Az ellátás egyre inkább stratégiai kérdés lesz, ezért a jövőben a spot piaci vásárlást felváltja a stratégiai együttműködés a felhasználók és gyártók között. A takarmánygyártók számára az egyik legnagyobb kihívást a szemes termények, a fehérje alapanyagok, a takarmány-kiegészítők, köztük is főleg a premix-alapanyagok globális piaci árának erős ingadozása jelenti (DSM, 2017).

Az évi egy milliárd tonna globális keveréktakarmányból az EU aránya 16%. Az EU-ban az állattenyésztés bruttó termelési értéke a mezőgazdaság kibocsátás mintegy 40%-át teszi ki. Az EU állattenyésztése évi 480 millió tonna takarmányt igényel, ennek 32%-a ipari keveréktakarmány. A közel 160 millió tonna keveréktakarmányban a takarmánygabona aránya 50%, az olajmagdara és -liszt részesedése

2. ábra Fehérjetakarmány forrása az EU-28-ban, 2017 (fehérje-egyenértékben kifejezve)

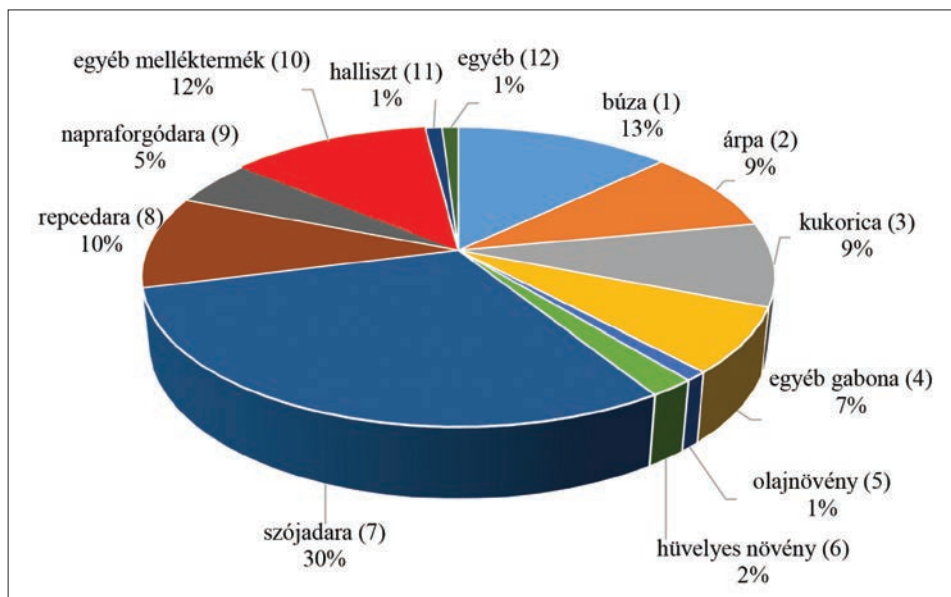


Figure 2. Protein sources for the compound feed industry in 2017 in the EU-28 (expressed in protein equivalent)

wheat (1); barley (2); maize (3); other cereals (4); oilseeds (5); pulses (6); soybean (7); rapeseed meal (8); sunflower meal (9); other co-products (10); fishmeal (11); others (12)

Forrás (Source): FEFAC (2017)

26% (41 millió tonna). Az élelmiszer- és bioetanolipar melléktermékei 11%-ot, az olaj és zsír 2%-ot, a hüvelyes növények 1,5%-ot képviseltek (FEFAC, 2017). A többi alapanyag (tejtermék, széna és ásványi anyagok, takarmány-kiegészítők, vitaminok) aránya csupán 0,5-3,5%-ot tett ki. Az egyéb alapanyagok felhasználása pedig 4% körül alakult. Az állattenyésztés fehérjeigényének mintegy 38%-át a gabona és 30%-át a szójaliszt biztosítja, 15%-ban járul hozzá a repce- és napraforgódara, míg az élelmiszer- és bioüzemanyag-ipari melléktermékek aránya eléri a 12%-ot. A hüvelyes növények és az állati eredetű alapanyagok szerepe elhanyagolható a takarmányozásban (2. ábra).

A keveréktakarmány-gyártásban a közel évi 45 millió tonna nyersfehérje szükséglet 61%-át termeli meg az EU, 39%-át importálják. A szójadara esetében az önellátottsági szint csupán 5% és a napraforgódara esetében is csak 42%. A fehérjehordozó takarmány önellátottsága 61%, de kukoricából és repcedarából is importra szorul az EU (1. táblázat).

Keveéktakarmány-gyártás Magyarországon

A haszonállatok számára előállított 3,678 millió tonna keveéktakarmányhoz Magyarországon 2,244 millió tonna gabonafélét (61%), 531,1 ezer tonna fehérjenövényt és származékait, illetve 330,1 ezer tonna olajmagvat és származékát

1. táblázat

Fehérjehordozó takarmány mérlege az EU-28-ban, 2017

	Összes takarmány (millió t protein) (2)	EU-ból származó takarmány (millió t protein) (3)	Önellátottság (%) (4)
Termények, ebből (1)	18,30	16,60	91
búza (5)	5,76	5,40	94
árpa (6)	4,12	4,12	100
kukorica (7)	4,22	3,24	77
olajnövények (8)	0,50	0,50	100
hüvelyes növények (9)	0,77	0,71	92
Melléktermék, ebből (10)	25,57	9,77	38
szójadara (11)	13,37	0,67	5
repcedara (12)	4,36	3,43	79
napraforgódara (13)	2,43	1,02	42
Egyéb, ebből (14)	0,92	0,86	93
halliszt (15)	0,36	0,31	86
sovány tejpor (16)	0,06	0,06	100
Teljes (17)	44,79	27,21	61

Table 1. Balance sheet for protein rich feed material in 2017 in the EU-28

crop (1); total feed (2); feed from the EU (3); self-sufficiency (4); wheat (5); barley (6); maize (7); oilseeds (8); pulses (9); co-product (10); soybean meal (11); rapeseed meal (12); sunflower meal (13); others (14); fishmeal (15); skimmed milk powder (16); total (17)

Forrás (Source): FEAC (2017)

és 10,8 ezer tonna koncentrált fehérjehordozót (23,7%) használták fel a gyártók 2016-ban. Feldolgozóipari melléktermékeket 304,4 ezer tonna mennyiségben tartalmaztak a tápok (8,3%), ezen belül a malomipari melléktermékek 127,9 ezer tonnát, a DDGS 46,6 ezer tonnát¹ és a söripari melléktermékek 26,5 ezer tonnát tették ki. A zsírokból, olajokból 58,4 ezer tonnát keverték be (1,6%) az üzemek. Az ásványi eredetű anyagok mennyisége 72,1 ezer tonna, a takarmányok táplálórértékét növelő, és az állatok biológiai hatékonyságát fokozó takarmány-kiegészítők (premixek, enzimek, szerves savak és egyéb kiegészítők) mennyisége 128,4 ezer tonna volt az összesített tápmennyiségben (5,4%)² (2. táblázat). A magyarországi keveréktakarmány-gyártáson belül a baromfifélék számára előállított 1,9 millió tonna abraktakarmány tette ki a legnagyobb arányt (50,7%) 2016-ban. A közel 1,3

¹ Megjegyzendő, hogy a CGF és CGM takarmánycélú felhasználása megközelítheti akár a 250 ezer tonnát is, a statisztikai felmérés során egyelőre 43,7 ezer tonna bekeverését jelentették a termelőüzemek 2016-ban.

² A magyarországi és az EU-28 takarmánykeverékek összetételét illetően leginkább a gabonamagvak és a fehérjeként szolgáló alapanyagok vonatkozásában mutatható ki különbség. A magyarországi keveréktakarmányok átlagosan 10 százalékponttal több gabonamagvat tartalmaztak az EU28 átlagával szemben. A fehérjeforrásként szolgáló alapanyagtypusok (fehérjenövények, olajmagvak és koncentrált fehérjehordozók) tápon belül elfoglalt részaránya ugyanakkor 5,4%-kal alacsonyabb Magyarországon. A többi összetevő között lényeges eltérés nem mutatható ki.

millió tonna sertéstápot (33,7%) és mintegy 430 ezer tonna kérődzőtakarmánykeveréket (11,5%) termeltek. Az egyéb takarmánykeverékek gyártása 154 ezer tonnára rúgott (4,1%), ebből 5 ezer tonna volt a haltáp (AKI, 2017a)³

A magyarországi és az EU-28 takarmánykeverékek összetételét illetően leginkább a gabonamagvak és a fehérjeként szolgáló alapanyagok vonatkozásában mutatható ki különbség. A magyarországi keveréktakarmányok átlagosan 11%-ponttal több gabonamagvat tartalmaztak az EU-28 átlagával szemben. A fehérjeforrásként szolgáló alapanyag típusok (fehérjenövények, olajmagvak és koncentrált fehérjehordozók) tápon belül elfoglalt részaránya ugyanakkor 4,3%-ponttal alacsonyabb Magyarországon. A többi összetevő között lényeges eltérés nem mutatható ki (2. táblázat).

2. táblázat

Takarmánykeverék-gyártásához felhasznált főbb alapanyag típusok aránya Magyarországon és az Európai Unióban (2016)

	Magyarország (1)	EU-28 (2)
Takarmánykeverék összesen (3)	100%	100%
Gabonamagvak (4)	61,0%	50,0%
Fehérjenövények és olajmagvak, illetve származékaik, koncentrált fehérjehordozók (5)	23,7%	28,0%
Feldolgozóipari melléktermék (6)	8,3%	11,5%
Zsírok, olajok (7)	1,6%	1,5%
Ásványi eredetű anyagok, takarmány-kiegészítők (8)	5,4%	3,5%
Egyéb (9)	-	5,5%

Table 2. Feed material consumption by the compound feed industry in 2016 in Hungary and the EU-28

Hungary (1); EU-28 (2); total feed (3); cereals (4); protein crops, oilseeds and their derivatives, protein rich concentrates (5); co-products from food and bioethanol industry (6); oils and fats (7); minerals, additives and vitamins (8); other (9)

Forrás (Source): AKI (2017a), FEFAC (2017)

A hazai állattenyésztés jelenleg mintegy 500 ezer tonna szójadarát, extrudált szóját és full-fat szóját használ fel évente fehérje-alapanyagként. Az évi szójadara importja évi mintegy 450 ezer tonna. Magyarország szójatermelési potenciálja 100 ezer hektárra tehető 250 ezer tonna termelése mellett. 2013 és 2017 között a szójabab termelése évi 79 és 181 ezer tonna között alakult (3. táblázat). Ha a teljes szójababtermés a hazai üzemekben kerülne feldolgozásra és hazai takarmányozásra, akkor a hazai szükséglet harmadát/felét fedezhetné. A megtermelt szója csak egy része szolgálja a hazai takarmányozást, miközben a vonzó felár miatt nő(tt) a szójabab és szójadara kivitele.

Magyarországon a szója termelési önköltsége hektáronként 212-288 ezer Ft

³ Az Európai Takarmánygyártók Szövetség (FEFAC) adatai alapján az EU-28 keveréktakarmányán belül a baromfitápok aránya 16,0 százalékponttal, a sertéstápoké 1,6 százalékponttal volt alacsonyabb a magyarországinál 2016-ban. Ezzel szemben a szarvasmarha tápok termelésén belül aránya 17,6 százalékponttal meghaladta a magyarországi értéket. Az egyéb takarmányok aránya (5,2 %) teljes mértékben megegyezik.

3. táblázat

Magyarország szója/szójadara termelése és külkereskedelme, 2012-2016 (tonna)

	2013	2014	2015	2016	2017
Szójabab (1)					
Termelés (2)	78 763	115 594	145 853	181 038	162 065
Import (3)	49 798	80 136	68 449	144 457	170 394
Export (4)	38 016	37 412	55 870	88 819	128 405
Feldolgozás (5)	8 900	49 000	85 100	96 000	130 000
Felhasználás (szójaolaj) (6)	4 700	9 100	14 400	11 900	
Szójadara (7)					
Termelés (2)	7 000	38 700	67 200	75 800	103 000*
Import (3)	503 534	454 446	468 792	478 500	452 934
Export (4)	39 290	63 793	90 452	99 931	144 626

Table 3. Production, exports and imports of soybean/soybean meal in Hungary, 2012-2016 (tonnes)

soybean (1); production (2); imports (3); exports (4); processing (5); consumption (6); soymeal (7)

Forrás (Source): KSH (2018)

között mozgott a 2011-2016. évi időszakban. A szója tonnánkénti önköltsége és értékesítési átlagára a vizsgált időszak átlagában alig mutat különbséget, vagyis jövedelem döntő részét a termeléshez kötött többlettámogatás nyújtotta. Az átlaghozam alakulása hektikus volt, 1,7-3,0 tonna/hektár között változott a vizsgált időszakban (AKI, 2017b). Előbb vagy utóbb úgyis a piaci versenyképesség határozza meg a szójaágazat hosszú távú kilátásait. Továbbá a szójatermelők integrációját is számos tényező hátráltatja, mivel a szójatermelő gazdaságok köre még nem stabil, a vetésterület nagysága óriási fluktuációt mutat, ráadásul elaprózódott a szójaterület. A százezer hektár alatti vetésterülettel a szója nem számít fő növénynek, ennek ellenére szükség van a korszerű, bőtermő szójafajták és a termesztéstechnológia megismertetésére a gazdákkal és szójavertikum összehangolására. Magyarországon kérdéses a fizetőképes kereslet növelése a drágább GMO-mentes védjeggyel ellátott élelmiszerek iránt, ezért a hazai szójatermékek egy része továbbra is a felárat megfizető exportpiacra mennek, elsősorban Németországba, Olaszországba, Ausztriába, esetleg Franciaországba. Habár bizakodásra ad okot, hogy a közelmúltban elkészült a lucernára alapozott költségtakarékos levélfehérje előállítását célzó projekt (PROTE-O-MILL projekt), amely fő célja a szójaalapú takarmányfehérje függés csökkentése. A levélfehérje koncentrátum (LPC – leaf protein concentrate) technológia alapjainak kidolgozására először Magyarországon került sor 1926-1933 között, feltalálója és első szabadalmaztatója Ereky Károly, magyar gépészmérnök, a biotechnológia atyja volt (Ereky, 1925).

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A világszerte évente előállított 350 millió tonna olajmag darából a szójadara 15 millió tonnát 255 millió tonnát, a repcedara 35 millió tonnát és a napraforgódara

tesz ki, vagyis a globális olajmagdara termelés közel 85%-át. Habár a takarmányfehérje felhasználásának növekedése a jövőben visszaesik, továbbra is az USA, Brazília, Argentína és Paraguay fogja képviselni a globális szójatermelés és külkereskedelem 80-85%-át. Kína szójaimportja a globális szójakereskedelem kétharmadát teszi ki, az EU szója és szójadara behozatala a jelenlegi évi 33 millió tonnáról szerény mértékben emelkedni fog, mert egyrészt az EU szójatermelése várhatóan nem haladja meg az évi 3 millió tonnát, másrészt a keveréktakarmánygyártásban nő a magas fehérjetartalmú alapanyagok aránya. A szója és szójaliszt nagyobb arányú kiváltásához egyszerűen nincs elégséges alternatív fehérjeforrás. A repce- és napraforgódara takarmányozási célú felhasználása az EU-ban elérte a maximumot. Az ipari melléktermékek (bioüzemanyag-gyártás, állati fehérje és halliszt) felhasználása a keveréktakarmánygyártásban az évi szójaliszt-termelés 35%-ának felel meg szójafehérje-egyenértékben kifejezve, számottevő növekedésre középtávon nem számíthatunk. Az aminosavak globális forgalma eléri az évi 4 millió tonnát (ebből Európában 1,5 millió tonnát), de a magas ár akadályozza gyors elterjedésüket. Ennek tükrében legfeljebb a szójafüggőség csökkentése az elfogadható célkitűzés az EU-ban, ahol a keveréktakarmány gyártásában az évi 45 millió tonna nyersfehérje szükséglet csupán 5%-át adja a belföldi szójadara. A behozatal forrásai tekintetében nincs igazán alternatíva, bár az utóbbi években Ukrajna és Oroszország szójatermelésének megugrása figyelemre méltó változás a jövőben mégsem valószínűsíthető. Kína után az EU továbbra is a világ második legnagyobb szójabab importőre marad, szójaliszt esetében megtartja vezető helyét. Így összességében a közeljövőben a GM-szója és -dara behozatala továbbra is meghatározó lesz, vagyis nem várható átütő elmozdulás a GMO-mentes takarmányozás irányába, de szerepe néhány ágazatban (elsősorban a baromfi- és tejágazatban) nő.

Az EU-ban a takarmányfehérje-önellátás belátható időn belül nem lehet reális célkitűzés, a magas importfüggőség azonban csökkenthető. Ugyanakkor a növényi fehérje importfüggőségének csökkentése mellett indokolt megőrizni az állati fehérje előállítás versenyképességét is, ami nagy kihívást jelent az EU-ban. Ez azt jelenti, hogy a fehérjetakarmány előállítása csak versenyképes árakon fenntartható. Jelenleg is termeléshez kötött támogatást élvez a magas fehérjetartalmú növények termesztése (szója, fehérjenövények). A zöldítés új szabályozásával a szója egy része kikerül a zöldítésből, helyét másodvetésű zöldítő keverékek veszik át. A zöldítés feltételrendszerének szigorítása és a termeléshez kötött támogatás megkérdőjelezhető fennmaradása (2020 után) a többlettámogatás helyett a jövedelmezőség szerepét erősíti a jövőben. Magyarországon a szójatermelés jövedelmezőségét a termeléshez kötött többlettámogatás garantálja. 2018-ban a zöldítés ökológiai területein bevezetett növényvédő szer használati tilalom hatására jelentősen csökkent a szója vetésterülete, de a fehérjenövények termeléshez kötött többlettámogatása is megszűnhet 2020 után. A szójaterület középtávon legfeljebb 100 ezer hektárra, a szójatermelés pedig az évi 250 ezer tonnára emelkedik, ami a hazai szükséglet harmadát/felét fedezi. A Földművelésügyi Minisztérium GM-szója behozatal kiváltását tűzte ki célul, ezért nemzeti takarmányfehérje programot dolgozott ki a hazai szójatermesztés mellett az alternatív fehérjenövények (lucerna, csillagfürt, lóbab és borsó) termesztésének növelésével és a bioüzemanyag-gyártás melléktermékeinek bővülő felhasználásával.

A jövőben a precíziós nemesítési eljárások (pl. antinutritív tényezők csökkentése, fehérjetartalom növelése stb.), az aminosavak széles körű felhasználása (a keveréktakarmányok fehérjetartalmának csökkentésével) és a feldolgozási technológiák fejlesztése (pl. magas fehérjetartalmú darák előállítás a maghéj eltávolításával és új szárazzórési technológiával) hozzájárul a növényi fehérje előállítás alacsony önellátottsági szintjének növeléséhez. Továbbá a fehérjetakarmány emésztés hatékonysága is javítható új enzimtechnológiák alkalmazásával (NSP, fitáz stb.). A takarmány-kiegészítők felhasználásánál kiemelt figyelmet fordítanak az alacsony nyersfehérje-tartalomra, az enzimekre, a mikro- és makroelemek szintjének beállítására, a jó emészthetőségre és a takarmány-kiegészítő gyógyszerek és anti-biotikumok alkalmazására. A takarmány-kiegészítő piac fejlesztésében központi szerepet kap a bél egészsége, vagyis a bél mikroflóra, azon belül a baktériumok megfelelő táplálása egyedi vitamin-kiegészítő takarmánnyal. A takarmányozási költségek csökkentése érdekében újabb alapanyagok (pl. fehérjék) felhasználása várható. Új generációs fehérjebontó enzimek (proteázok) és szénhidrátbontó enzimek jelennek meg a piacon, amelyek segítségével a ma még emészthetetlen takarmány frakciókból további energiahasznosítás érhető el.



AZ EMBERI ERŐFORRÁSOK MINISZTERIUMA ÚNKP-18-4-DE-153 KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT”

IRODALOMJEGYZÉK

- Agrárgazdasági Kutató Intézet (AKI)* (2017a): Agrárstatisztikai Információs Rendszer (ASIR). Takarmánygyártás 2016.
- Agrárgazdasági Kutató Intézet (AKI)* (2017b): A főbb mezőgazdasági ágazatok költség- és jövedelmhelyzete, 2013-2015. Agrárgazdasági Kutató Intézet.
- DSM* (2017): Takarmány alapanyag piac, előadás, 2017. szeptember 21, Mátraháza.
- Erekly K.* (1925): A zöldtakarmánymalom és a nagy istállóüzemek. Athenauem Irodalmi és Nyomdai Részvény-Társulat, Budapest 83.
- European Commission* (2017): EU agricultural outlook, For the EU agricultural markets and income 2017-2030, December 2017, 90.
- European Commission* (2018): Short-term outlook for EU agricultural markets in 2018 and 2019, https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/farming/documents/agri-short-term-outlook-summer-2018_en.pdf
- FEFAC* (2017): Annual report 2016-2017. Federation Europeenne Des Fabricants D'aliments Composes Pour Animaux; (European Feed Manufacturers Federation). Brussels, 23.
- IFIF* (2017): Annual report 2016/2017. International Feed Industry Federation. Luxembourg.
- KSH* (2018): Termékszintű adatok KN szerint (2008-2015; 2015. évtől). Külkereskedelmi forgalma (export – import). <http://statinfo.ksh.hu/Statinfo/haViewer.jsp>
- OECD/FAO* (2018): OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027, OECD Publishing, Paris/Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2018-en
- OIL WORLD* (2018): Oil World Annual 2018, Ista Mielke GmbH, Hamburg. <https://www.oilworld.biz/p/annual-2018-print-issue#annual-2018-print-issue>
- Popp J. - Fári M. - Antal, G. - Harangi-Rákos M.* (2015): A fehérjetakarmány-piac kilátásai az EU-ban, különös tekintettel Magyarország fehérjeigényének kielégítésére. *Gazdálkodás*, 59(4), 401-421.
- Popp J. - Oláh J. - Harangi-Rákos M. - Fári M.* (2016): A fehérjetakarmány helyettesítése alternatív fehérjeforrásokkal az EU-ban. *Gazdálkodás*, 60, 506-531.

Research and Markets (2017): Feed Amino Acids – A Global Market Overview 2017 (2018): Research and Markets, 2017, <https://globenewswire.com/news-release/2017/10/24/1152148/0/en/Feed-Amino-Acids-A-Global-Market-Overview-2017.html>

RFA (2016): World fuel ethanol production. Renewable Fuels Association 2016. <http://ethanolrfa.org/resources/industry/statistics/#1454098996479-8715d404-e546>

Érkezett: 2018. szeptember

A szerzők címe: Popp J. – Harangi-Rákos M.
Debreceni Egyetem, Gazdaságtudományi Kar, Ágazati Gazdaságtan és Módszertani Intézet

Authors' address: University of Debrecen, Faculty of Economics and Business, Institute of Sectoral Economics and Methodology
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.
popp.jozsef@econ.unideb.hu

Oláh J.
Debreceni Egyetem, Gazdaságtudományi Kar, Alkalmazott Informatika és Logisztika Intézet
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.
University of Debrecen, Faculty of Economics and Business, Institute of Applied Informatics and Logistics
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

ALTERNATÍV FEHÉRJENÖVÉNYEK: LEHETŐSÉG VAGY ÖRÖK ÍGÉRET?

ZSOMBIK LÁSZLÓ

ÖSSZEFOGLALÁS

A hazai növénytermesztésben az elmúlt évtizedekben méltatlanul mellőzött szerep jutott az alternatív fehérje takarmánynövényeknek. Az extrahált szójadara fajlagos fehérje költsége illetve a termesztetőségi korlátok egyaránt negatívan hatottak és hatnak elsősorban a csillagfürt és lóbab termesztésére. A csillagfürt beltartalmi értéke alapján megfelelő alternatívát nyújthat a szója helyettesítésére vagy a szója alapú takarmányok kiegészítésére. Hazánkban a fehérvirágú édes csillagfürt termesztésének van legnagyobb hagyománya, azonban – a többi alternatív fehérjéhez hasonlóan – jelenleg vetésterülete minimális. Ennek megváltoztatásához szükséges a termesztéstechnológiai szint (vetéstechnológia, növényvédelem) nagyléptékű növelése, ökológiailag kedvezőbb adottságú területeken történő termesztése. Az adaptív technológiai fejlesztések eredményeként elérhető a szójjal versenyképes hozam, mely gazdaságilag hatékonyá tenné a két alternatív fehérjenövény termesztését.

SUMMARY

Zsombik, L.: ALTERNATIVE PROTEIN CROPS: OPPORTUNITY OR ETERNAL PROMISE?

The role of alternative protein fodder crops in the past decades has been unduly neglected in domestic crop production. The cost of a specific protein in the extracted soybean meal and the limits of cultivation both have had a negative effect on the production of lupine and fava bean. Based on the inside value of the lupine, it may provide an appropriate alternative to substituting soybean or supplementing the soybean feed. In Hungary, the production of white-flowered sweet lupine has its greatest tradition, but as in the case of the other alternative protein crops, its planting area is minimal recently. To change this, it is necessary to increase the cultivation technology level (sowing technology, plant protection) on a large scale, and to cultivate it in areas with ecologically more favourable conditions. Because of adaptive technological developments, a yield competitive with the soybean yields can be achieved, which would make the production of these crops economically efficient and viable.

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A hazai takarmányfehérje alapjait évtizedek óta a szója (*Glycine max*) szolgáltatja. A szántóföldi takarmányfehérje-előállítás tekintetében hazánk több, igen ellentmondásos, időszakot élt meg. A XX. század elején a természetből kitermelhető növények körét nem a funkcionalitás, hanem a szükség határozta meg, mely a korabeli vetés-szerkezetből is kitűnik. Az 1950-es évektől jelent meg hangsúlyosan az egységnyi területről nyerhető fehérjehozam növelésének szándéka, ezt követően pedig a specifikus beltartalmi paraméterek alapján lendületet kapott a magfehérje növények termesztése hazánkban, melyet az import szójatermékek megjelenése a mai napig is jelentős mértékben meghatároz. Az alternatív maghüvelyesek közül hazánkban potenciálisan számításba vehető növények a csillagfürt (*Lupinus sp.*) és a lóbab (*Vicia faba*). Azokban a régiókban, ahol az ökológiai viszonyok a szójatermesztést nem, vagy csak korlátozott nagyságrendben teszik lehetővé, a csillagfürt megfelelő alternatívát nyújthat, mert a beltartalmi értékek alapján a legközelebb áll a szójához. A csillagfürt fehérje teljes aminosav garnitúrával rendelkezik. Lizinből 13-15 %-kal kevesebbet, metioninból viszont 80-90 %-kal többet tartalmaz a szójához viszonyítva, a mag tripszin inhibitor tartalma viszont alacsony. Az édes csillagfürt etetésekor igen fontos beltartalmi mutató az összalkaloid-tartalom. Irodalmi adatok a 0,1 % összalkaloid-tartalmat tekintik az etethetőség felső határának (Borbély és mtsai, 1982). A csillagfürt takarmányként történő felhasználását ezért jelentős mértékben korlátozza annak alkaloid (elsősorban a lupinin) tartalma, amely fajonként eltérő mennyiségben van jelen. A csillagfürtben található alkaloid májkárosodás mellett fejlődési rendellenességet (göbreláb-szinróma) is eredményez borjaknál. Az USA nyugati államaiban – ahol az alkaloid-tartalmú csillagfürt-fajok (*L. sericeus* illetve *L. caudatus*) gyakorisága nagyobb – végzett vizsgálatokban 76 vemhes tehén közül 29 deformált borjút elletett, 3 esetben pedig a magzat elvetélt (Shupe és mtsai, 1967). A lupinin toxikus határértéke 25-28 mg/kg (Couch, 1926). A magas fehérje és energia tartalom mellett alacsony a fermentálható keményítő mennyiség, viszonylag magas a rosttartalma, ezért etetésével kérődzőknél minimálisra csökkenthető az acidózis veszélye (White és mtsai, 2007). Az édes csillagfürt juhokkal történő etetésekor megemelkedett az ikerellések aránya (Lighfoot-Marshall, 1974). A szaporulati mutatók növelését célzó eljárások egyik módszere a csillagfürt flushingként való etetése, ami Ausztráliában elterjedt. Márton (2018) vizsgálataiban a rozshoz képest a csillagfürt egységnyi takarmányadagra vetítve 3-4-szeres mennyiségben tartalmazta azon aminosavakat, amelyek pozitívan hatnak az ovulációs ráta növekedésére. A csillagfürt szaporodásbiológiai mutatókra gyakorolt kedvező hatásának alapja a fehérje összetétel mellett a kedvező zsírsavösszetétel is. Vizsgálatai során meghatározta a csillagfürt zsírsavprofilját is, ami jelentős mennyiségben tartalmaz linol- és linolénsavat, melyek a tüszők számának növekedését segítik elő. A csillagfürt pelyhesített formája szignifikáns növekedést eredményezett az ikerellések számában a kontroll csoporthoz képest, illetve az ivarzás szinkronizálás tekintetében is kedvező eredményeket kapott. Borbély és mtsai (1982) eredményeik alapján megállapították, hogy a fehérvirágú édes csillagfürt-magdara malacok abrakkeverékében – ami változatos formában tartalmazott növényi fehérjéket, valamint hal- és húslisztet – 33 %-ban helyettesíteni volt képes az extrahált szójadarát anélkül, hogy testsúlygyarapodás csökkenést okozna. Az egyedi-modell, az üzemi-modell és nagyüzemi kísérleti

eredmények alapján a hízósertések abrakkeverékében az extrahált szójadara 33 %-ig helyettesíthető csillagfürtmag-darával, a hizlalási eredmények lényeges változása nélkül. Pecsenyecsirkékkel végzett takarmányozási vizsgálatokban mind a hizlalás első, mind második felében az extrahált szójadara 40, illetve 45 %-a helyettesíthető csillagfürtmag-darával a súlygyarapodási és takarmányhasznosítási paraméterek lényeges megváltozása nélkül. Az eredmények alapján az indítófázisban 73%-ban, a nevelőfázisban 60 %-ban helyettesíthető az extrahált szójadara hántolt csillagfürtmag-darával, a súlygyarapodási eredmények romlása nélkül.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Az elemzés során modellnövényként a csillagfürtöt vettük alapul. A növény sajátos helyzete okán viszonylag szűkös a hazai kutatási adatbázis. Az értékelés során statisztikai adatokat, illetve a Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság Nyíregyházi Kutatóintézetében, illetve annak jogelőd intézményeiben végzett kutatási eredményeket használtam fel.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A hazánkban potenciális takarmányként felhasználható maghüvelyesek fontosabb beltartalmi paramétereit az 1. táblázat mutatja be. A maghüvelyesek közül a mag nyersfehérje tartalma alapján figyelemre méltó a csillagfürt, amelynek

1. táblázat

Hüvelyesek magjának átlagos táplálóanyag-összetétele %-ban (Grábner, 1956)

Növény (1)	Fehérje (2)	Zsír (3)	Nitrogénmentes kivonható anyag (4)	Nyersrost (5)	Hamu (6)
takarmányborsó (7)	22,4	3,0	52,6	6,4	2,4
bab (8)	23,1	2,8	50,0	3,8	3,2
lencse (9)	23,8	2,1	53,9	4,9	2,8
lóbab (10)	25,0	1,6	46,7	9,4	3,5
szójabab (11)	33,0	18,0	30,0	4,2	5,1
csillagfürt, fehér (12)	34,2	8,1	40,0	14,2	3,5
csillagfürt, kék (13)	34,7	6,2	41,5	14,2	3,4
csillagfürt, sárga (14)	44,3	5,0	29,9	16,7	4,1
bükköny, közönséges (15)	25,8	1,6	63,9	4,8	3,9
szegletes lednek (16)	26,9	-	65,5	4,9	2,5
csicseri borsó (17)	25,6	6,2	58,9	4,9	4,2
extrahált szójadara (18)	45,8	2,9	30,8	4,9	6,0

Table 1. Average nutrient composition of legumes in %

plant (1); protein (2); fat (3); Nitrogen-free extractable material (4); crude fiber (5); ash (6); field pea (7); bean (8); lentil (9); horse bean (10); soybean (11); lupine, white (12); lupine, blue (13); lupine, yellow (14); vetch (15); grass pea (16); chickpea (17); extracted soybean meal (18)

2. táblázat

**Csillagfürt magvak nyersfehérje tartalma Hackbarth és Husfeld (1939), Mangold (1949),
valamint Borbély (1980) vizsgálatai szerint (Bálint és mtsai, 1982)**

Faj, illetve fajta (1)	Nyersfehérje tartalom (%) (2)	Szélső értékek (3)
Lupinus luteus (4)		
keseű (5)	39,5	27,70-49,08
édes St 8 (6)	43,27	35,70-47,20
Weiko (7)	45,49	-
Lupinus albus (8)		
keseű (9)	34,85	22,41-43,06
édes (10)	30,67	-
Nyírségi (11)	37,05	30,87-42,62
Lupinus angustifolius (12)		
keseű (13)	30,36	21,66-39,63
édes (14)	32,74	30,54-36,60

Table 2. The content of crude protein of lupine seeds in Hackbarth and Husfeld (1939), Mangold (1949) and Borbély (1980) (Bálint és mtsai, 1982)

Species and variety (1); crude protein content (%) (2); Extreme values (3); Lupinus luteus (4); bitter (5); sweet St 8 (6); Weiko (7); Lupinus albus (8); bitter (9); sweet (10); „Nyírségi” (11); Lupinus angustifolius (12); bitter (13); sweet (14)

nyersfehérje tartalma közel azonos a szójával, nyersrost tartalma viszont nagyobb a felsorolt maghüvelyesekhez képest. A táblázatban szereplő több mint 60 éves adatok a fehérjetartalom vonatkozásában jelenleg is többnyire helytállóak, amely azt jelzi, hogy a fajták genetikai előrehaladása viszonylag kismértékű ennek a paraméternek a tekintetében. Jelentősebb fehérjetartalom növekedést a szója és a csillagfürt esetében tapasztalhatunk, egyes nemesítési alapanyagok fehérjetartalma ma már megközelíti a 40%-ot. Az extrahált szójadarával való összevetésben a szója mellett a takarmányborsó és a csillagfürt lehet potenciális komplementer fehérjenövény a területegységre vetített előállítható fehérje mennyiségének vonatkozásában.

A csillagfürt fajok közül a hazánkban természetők közül jelentősége a sárgavirágú édes csillagfürtnek (*Lupinus luteus*), a fehérvirágú édes csillagfürtnek (*Lupinus albus*) és a kékvirágú édes csillagfürtnek (*Lupinus angustifolius*) lehet. Legnagyobb fehérjetartalommal a sárgavirágú édes csillagfürt jellemezhető (43-45%), a fehérvirágú édes csillagfürt fehérjetartalma 30-37% között mozog (2. táblázat).

Az elemzés alapját adó csillagfürt termesztése döntően nem az Európai régióban valósul meg. A fontosabb csillagfürt termelő országok közül kiemelkedik Ausztrália, ahol több mint félmillió hektáron termesztik, elsősorban takarmányozási célból. Az európai országok közül Lengyelország emelhető ki a vetésterület

1. ábra A legjelentősebb csillagfürt termelő országok vetésterülete (FAO adatok, 2016)

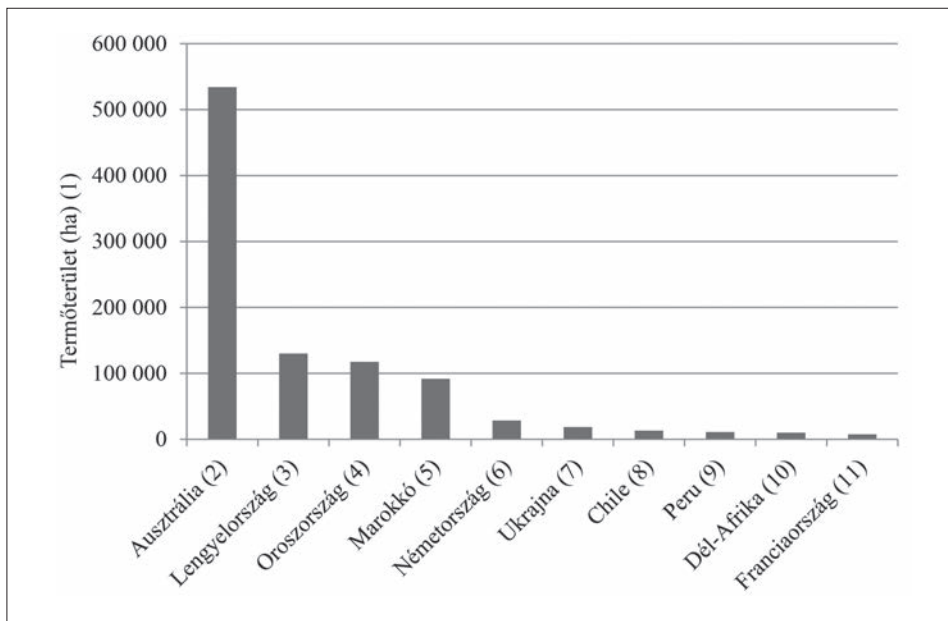


Figure 1. Sowing area of the most important lupine producer countries (FAO data, 2016)

Sowing area (ha) (1); Australia (2); Poland (3); Russian Federation (4); Morocco (5); Germany (6); Ukraine (7); Chile (8); Peru (9); South Africa (10); France (11)

szempontjából (szintén elsősorban takarmányozási célú termesztés), míg Németországban illetve Franciaországban vegyes (zöldtrágya illetve takarmánynövény) hasznosításban jelenik meg a csillagfürt. Ukrajna potenciális exportőr ország lehet a fehérvirágú csillagfürt tekintetében (1. ábra). A nagy termőterülettel rendelkező országok esetében döntően gyengébb adottságú területeken termesztik a növényt, mely a szerényebb termésátlagokban (1,0-1,5 t/ha) mutatkozik meg. Az ábrán szereplő országok közül Németországban, illetve Franciaországban a termésátlagok meghaladják a 2,5 t/ha-t, mely gazdaságossági szempontból már hatékonyak tekinthető.

A csillagfürt magyarországi megjelenése az 1900-as évek elejére tehető. A növény elsősorban növénytermesztési szempontból kínált megoldást a gyenge termékenységű homoktalajok javítására. Ennek eklatáns példája az 1929-ben Westsik Vilmos által beállított vetésforgó tartamkísérlet, melyben a csillagfürt meghatározó zöldtrágya- és takarmánynövény. A jelenleg is fenntartott kísérletben (mely hazánk egyik legidősebb tartamkísérlete) a Nelly fajtájú fehérvirágú édes csillagfürtöt termesztjük. A hazai csillagfürt termesztés az 1950-es években lendült fel, a takarmányozási célú hasznosítással egy időben. A nyírségi Gyulatanyán csillagfürt kísérleti állomást hoztak létre az 1960-as évek közepétől Borbély Ferenc vezetésével, mely önálló nemesítési és agrotechnológiai osztályként működött mintegy 20 éven keresztül. A növény vetésterületi maximuma az 1980-as évek

2. ábra A csillagfürt (*Lupinus albus* L.) vetésterületének alakulása Magyarországon 1961-2016 között (FAO adatok)

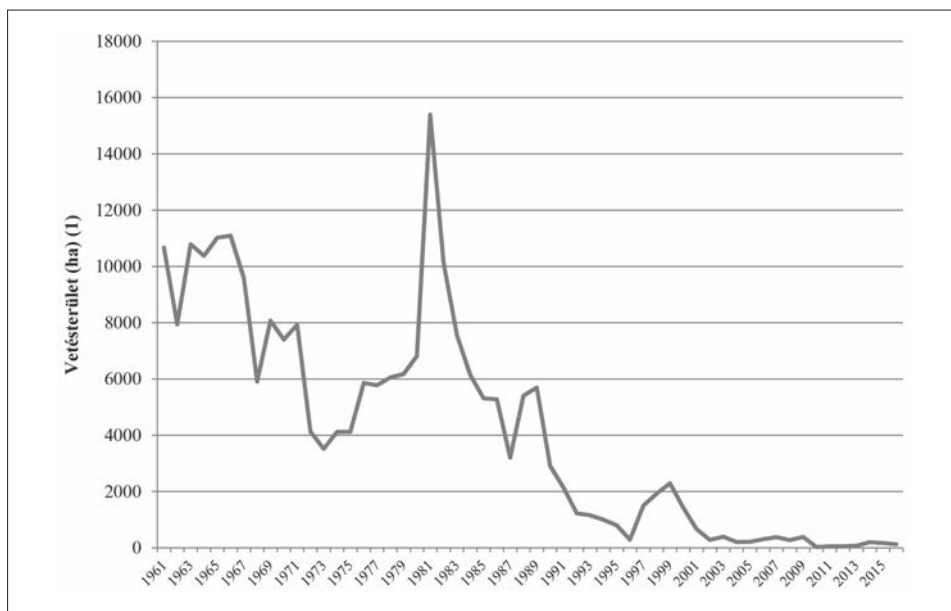


Figure 2. Changes of sowing area of lupine (*Lupinus albus* L.) in Hungary between 1961-2016 (FAO data, 2016)

Sowing area (ha) (1)

elejére tehető, természetesen ezt követően azonban összeomlászerű csökkenés következett be. Napjainkban a vetésterület mintegy 400 (!) ha körül mozog, a vetésterület 80 %-a Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében található (2. ábra). A megyénkénti vetésterület eloszlása alapján jól látható, hogy a gyengébb adottságú területeken történő termesztés célja elsősorban az agronómiai (biológiai talajjavítás, illetve zöldítés) szempontokat veszi figyelembe, a takarmányozási céllal szemben.

A magcélból termesztett pillangósok ökológiai érzékenységét jól jelzik a hazai idősoros országos termésátlagok. A takarmányborsó terméspotenciálja az 1961-2016 időszakot alapul véve a szójáéhoz hasonló (3. ábra). A borsó esetében legnagyobb termésátlagokat az 1980-as évek közepén takarítottunk be, melyek jelentős mértékben meghaladták a többi pillangós takarmánynövény termésátlagát. A borsó esetében szembetűnő a termésátlag ingadozásának mértéke, amely nagymértékű évjáratfüggőségre enged következtetni. A borsó termésátlaga az 1990-es évektől napjainkig azonban nem mutat növekvő tendenciát a vetésterület jelentős csökkenése mellett. A takarmányborsó is a marginális növények csoportjában került át, takarmánycélú termesztése és ezáltal jelentősége hazánkban sajnálatos módon folyamatosan csökken. A szója esetében látható tendenciáját tekintve kismértékű, de folyamatos növekedés termésátlagok vonatkozásában,

3. ábra A takarmány célú maghüvelyes növények termésátlagának alakulása Magyarországon 1961 és 2016 között (FAO adatok)

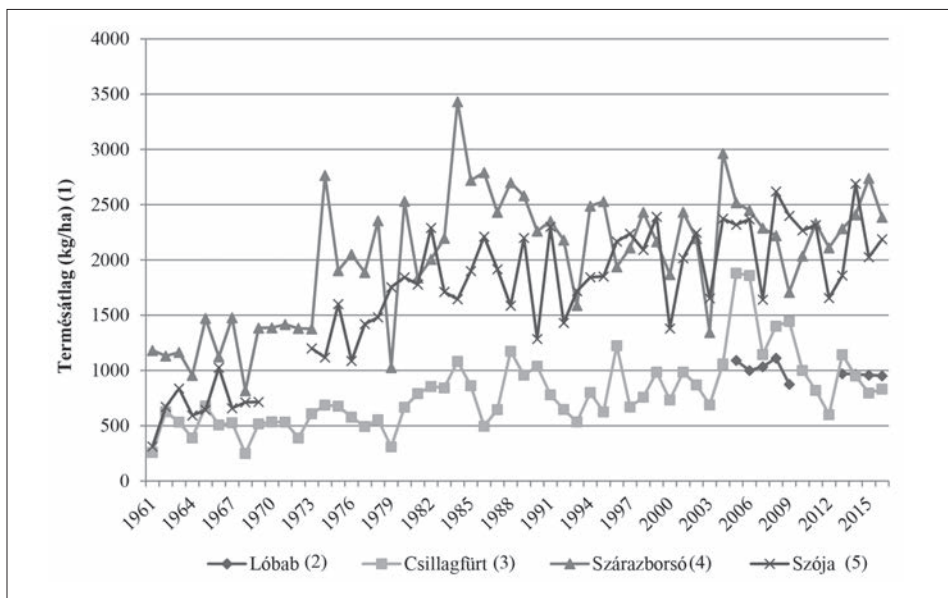


Figure 3. Changes average yield of legume crop in Hungary between 1961-2016 (FAO data)

Average yield (1); horse bean (2); lupine (3), field pea (4); soybean (5)

a hozamok évjáratfüggősége kisebb mértékű, mint a takarmányborsó esetén. Ennek oka lehet, hogy a hazánkban termesztett magpillangósok közül legnagyobb mértékű technológiai fejlődés (új fajták, könnyebb technológiai kezelhetőség és betakaríthatóság) a szója esetében volt az elmúlt két évtizedben, illetve a kedvezőbb ökológiai adottságú területekre koncentrálódik termesztése. Sajnálatos módon a csillagfürt esetében az idősoros adatok alapján jelentős mértékű fejlődést nem láthatunk. Egyrészt a termésátlagok alacsony értékek között mozognak és a technológiai fejlődés e növény esetében jelentősen le van maradva a szójához képest. Az ábrán szereplő hozamok egyértelműsítik, hogy jelen termelési szinten a csillagfürt hozamai nem teszik lehetővé a rentábilis takarmány alapanyag előállítását. Ugyanakkor ez az alacsony termésszint jelentős tartalékot hordoz magában, az elért eredmények döntően gyenge adottságú területekről származnak. A terület egységre vetített fehérjehozam alapján azonban a szója illetve a takarmányborsó a legkedvezőbb a magasabb termés illetve nagyobb termésstabilitás miatt. Ebben az összevetésben a lóbab, illetve a csillagfürt minden tekintetben kedvezőtlenebb mutatókkal jellemezhető a jelen termelési szint mellett.

Az alternatív fehérje növények takarmány célú hasznosításának alapjait befolyásoló tényezők közül kiemelkedik a rendelkezésre álló takarmány alapanyag mennyisége. Ennek oka elsősorban a növénytermesztési sajátosságaiból adódnak, melyek az alábbiakban foglalható össze.

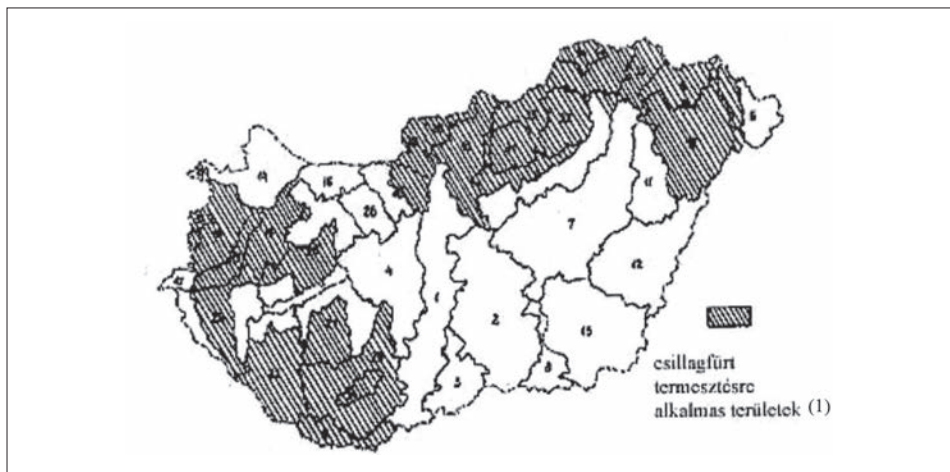
1. A fajok ökológiai érzékenysége

Mind a csillagfürt, mind a lóbab illetve az egyéb alternatív fehérjenövény fajok esetében kritikus tényező az ökológiai adottságokhoz való alkalmazkodás. Csillagfürt esetében savanyú talajok szükségesek az eredményes termesztéshez, ez hazánkban rendelkezésre áll. Ugyanakkor sok esetben a legszélsőségesebb területeken (alacsony kötöttségű, kis szervesanyag tartalmú, gyenge tápanyag ellátottságú homoktalajokon) kerül sor a termesztésére, amely a betakarítható termés mennyiségét egyértelműen limitálja. Ezekon a talajokon a termésátlag nem éri el az 1 tonna/ha értéket sem, holott a növény potenciális termése 7-8 tonna/ha, megfelelő technológiával még hazánkban is elérhető 3,5-4,0 tonna/ha termésátlagok. Ezért fontos a növénytermesztési körzeteinek „újra pozicionálása”, magtermesztésre ugyanis csak a jobb minőségű területek alkalmasak (1. kép). Magyarország termőterületének csillagfürt termesztésre való alkalmassága tekintetében történő elemzés alapján megállapítható, hogy a Nyugat- és Dél-Dunántúl kifejezetten magtermesztési célra alkalmas terület, az Északi-Középhegység térsége és a Nyírség alacsonyabb szintű magtermesztésre, illetve zöldtrágya növényként történő termesztésre alkalmas.

A virágzás időszakában fellépő légköri és talajaszály (amely Magyarországon rendszeresen fellép) jelentős mértékű virágaborciót eredményez az alternatív fehérjenövények esetében, mely a termés mennyiségét akár 50-70 %-al is csökkentheti. A Nyírségben végzett vizsgálatok alapján mind a fehérvirágú, mind a sárgavirágú csillagfürt fajták esetében a vetésidő későbbre tolódása jelentős mértékű termés kiesést eredményezett, így ez behatárolja, hogy a csillagfürt csak a korán és jó minőségben művelhető talajokon termesztendő eredményesen (3. táblázat).

Az előbbieken felsorolt három csillagfürt faj közül a fehérvirágú édes csillagfürt termesztése eredményez nagyobb termésátlagokat. A sárgavirágú édes csillagfürt

1. kép A csillagfürt termesztés agroökológiai körzetei (Borbély, 2007)



Picture 1. Agro-ecological areas of lupine cultivation (Borbély, 2007)

Favourable areas for lupine cultivation (1)

3. táblázat

A vetésidő hatása a csillagfürt maghozamára (Borbély, 2007)

Vetésidő (1) kg/ha		Lupinus albus magtermése (14 év átlaga) (2)		Lupinus luteus magtermése (16 év átlaga) (3)	
		rel.%	kg/ha	rel.%	
március (4)	1-15	3462	100,0	1976	100
	16-31	2735	78,7	1515	76
április (5)	1-10	2766	79,9	1364	69
	11-20	2273	65,7	660	33
	21-31	2150	62,1	570	28
május (6)	1-10	1600	46,2	260	13
	11-20	675	19,2	260	13
	21-	208	6,0	-	-

Table 3. The effect of sowing time on the yield of lupine (Borbély, 2007)

Sowing time (1); Lupinus albus seed production (average of 14 years) (2); Lupinus luteus seed production (average of 16 years) (3); March (4); April (5); May (6)

potenciális termőképessége csak közel fele a fehérvirágú édes csillagfürtnek, sőt ökológiai érzékenysége is jóval nagyobb a hazai körülmények között. Nyírségi homoktalajon végzett vizsgálatokban a vetésidő későbbre tolódása a sárgavirágú csillagfürt esetén jóval nagyobb termés-csökkenést okozott a fehérvirágú csillagfürt-höz képest (4. táblázat).

4. táblázat

A sárga- és fehérvirágú csillagfürt magtermés alakulása a vetésidő függvényében (Gyulatanya) (Bálint és mtsai, 1982)

Vetési szakasz (1)	Lupinus luteus (kg/ha) (2)	Lupinus albus (kg/ha) (3)
1	1469	2925
2	1298	2567
3	1094	2432
4	892	2117
5	499	1412
6	225	840
7	150	560
8	69	305
	10 év átlaga	4 év átlaga

Table 4. Changes of the yield of yellow and white lupine in different sowing time (Gyulatanya) (Bálint és mtsai, 1982)

Sowing phase (1); Lupinus luteus (kg/ha) (2); Lupinus albus (kg/ha) (3)

2. Termesztéstechnológiai hiányosságok

Az alternatív fehérjenövények tekintetében alapvető probléma a termesztéstechnológiai elemek közül a növényvédelem. A fajok többségénél posztemergens gyomirtás a kétszikű gyomok ellen nincs kidolgozva, ez sok esetben a termesztés gátjává válik. A területek gyommentesen tartása a többi termesztett növényhez képest több idő- és energiaráfordítást igényel, a mechanikai gyomirtási módszereket nagyobb számban kell alkalmazni. Ezek a módszerek a sűrűsoros vetéstechnológia alkalmazása esetén nem jöhetnek számításba, így a szójához hasonlóan jó alternatívát nyújthat a kapás művelésre alapozott termesztés technológia, mellyel jelentősen kedvezőbb terméseredmények érhetőek el (2. kép).

3. Genetikai alapok

A rendelkezésre álló genetikai alapok képe hasonló hazánkban illetve az Európai Unióban (5. táblázat). A szója esetében kifejezetten széles a fajtaválaszték, viszonylag magas hazai nemesítésű fajtaszámmal. Ugyanakkor a takarmányborsóhoz viszonyítva kevesebb a fajtalistán lévő fajták száma. Ennek oka abban keresendő, hogy a szója döntően feldolgozott formában érkezik az Európai Unióba, termesztése csak az utóbbi években indult növekedésnek. Lóbab tekintetében

2. kép Széles sortávú technológiával termesztett csillagfürt homoktalajon (Fotó: saját forrás)



Picture 2. Lupins grown on sandy soil with big growing area (Photo: own source)

az Európai Unióban kielégítő fajtaválasztékot találunk, elsősorban a mediterrán térségben jelentősebb természetesen régiók találhatók. Jelenleg hazánkban a Nemzeti Fajtajegyzékben csak 3 csillagfürtfajta található, amelyek közül csak egy, a Nelly fehérvirágú édes csillagfürt alkalmas takarmányozásra. A nemesítés alapvető célkitűzése a Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézetében az ökológiai szélsőségekhez jól alkalmazkodó új fajták előállítására a fehérjetartalom növelése mellett.

5. táblázat

Rendelkezésre álló maghüvelyes fajok fajtáinak száma Magyarországon illetve az Európai Unióban (Nemzeti illetve EU fajtajegyzék, 2016)

Faj (1)	Magyarország (2)	Európai Unió (3)
Szója (4)	54	330
Lóbab (5)	5	142
Takarmányborsó (6)	15	418
Fehérvirágú édes csillagfürt (7)	1	25

Table 5. The number of varieties of leguminous crops in Hungary and the European Union (National and EU list of plant varieties, 2016)

Species (1); Hungary (2); European Union (3); soybean (4); horse bean (5); field pea (6); white lily sweet lupine (7)

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Az előzőekben értékelt szempontok alapján egyértelműsíthető, hogy az alternatív fehérjenövények, ezen belül a csillagfürt, továbbá hozzá hasonlóan a lóbab, szegletes lednek és a csicseriborsó, esetében is a nagyobb mértékű felhasználás gátját a szántóföldön előállítható mennyiség, illetve annak extrahált szójadarához viszonyított magasabb önköltsége jelenti. A csillagfürt példánövényen bemutatott problémák megoldása az alábbi tényezők harmonizálásával lehetséges:

1. Az ökológiai érzékenység csökkentése érdekében célszerű az alternatív maghüvelyesek termesztését jobb vízgazdálkodású, jól és korán művelhető talajokon végezni. Ez a lépés a szója esetében már megtörtént, viszonylag nagy az öntözött területek nagysága a szója kultúrában. Egyértelmű cél a termelés intenzifikálása, ugyanakkor az alternatív magfehérje növények jelenleg döntően a kedvezőtlen adottságú területeken kerülnek termesztésre. E növények termesztése esetén a talaj nitrogénben történő gyarapítása is közvetett közgazdasági tényezőt kell, hogy jelentsen, melyet sok esetben nem értékelnek gazdasági szempontból. Természetesen a nemesítésnek is figyelembe kell venni a fajok ökológiai adaptációs képességét.

2. A termesztéstechnológiai elemek közül a legnagyobb ellenérzést a vegyszeres gyomirtás hiánya váltja ki az alternatív fehérjenövények esetében, melynek megoldása még napjainkban is várat magára. A termesztés alacsony volumene miatt az új termesztéstechnológiai elemek gyakorlatba való átültetése nehézkes, melyek azonban a hatékonyságot jelentős mértékben növelnék.

3. Óriási gondot okoz, hogy jelenleg Magyarországon kereskedelmi mennyi-

ségű szabad csillagfürt vagy lóbab készlet nem érhető el, ez, illetve a folyamatos rendelkezésre állás hiánya, pedig lehetetlenné teszi a receptúrákban való folyamatos alkalmazhatóságot.

A felsorolt problémák – a csillagfürt modellnövényen bemutatva – jelenleg inkább az örök ígéret kategóriában tartják a növényt. Ezen csak abban az esetben változtathatunk, ha a hazai vetésterület és termésátlagok lehetővé teszik a közgazdaságilag is hatékony termesztést. Jelen helyzetben ugyanakkor speciális takarmányozási rendszerekben (juhok „flushing” takarmányozása, haltakarmányozás) egyértelmű a csillagfürtnek, mint alternatív fehérjenövénynek, a létjogosultsága.

IRODALOMJEGYZÉK

- Bálint A. - Ács A. - Lászlóffi A. - Füredi J. - Dienes M.-né - Csizmadia L. - Harsányi Gy.-né - Borbély F. - Borbély I. - Vágó M. - Szabó I.-né (1982): A hüvelyes növények termesztése, nemesítése, különös tekintettel a fehérje kérdésre. (In: Vetőmag gazdálkodás). 9. 72-74.
- Borbély F. (2007): Csillagfürt (*Lupinus sp.*) fajok nemesítése és termesztése. (In: Debreceni Egyetem Agrár- és műszaki Tudományok Centruma Kutató Központ Nyíregyháza 80. évi Jubileumi kiadvány) Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma Kutató Központ Nyíregyháza. 105-109.
- Borbély F. - Gundel J. - Haraszi E. - Kovács J. - Schmidt J. (1982): Fehérvirágú édes csillagfürt a takarmányokban. Magyar Mezőgazdaság 37. 14-15.
- Couch, J. (1926). Relative Toxicity of the Lupine Alkaloids. Journal of Agricultural Research. 32. 51-67.
- Grábner E. (1956): Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
- Shupe, J. L. - Binns, W. - Lynn, F. J. - Keeler, R. F. (1967): Crooked calf syndrome, a plant-induced congenital deformity Reproduction in domestic animals. 2. 145-152.
- Lazányi J. (1998): Use of alternative crops for forage production and soil conservation. Research Centre of Debrecen Agricultural University. Nyíregyháza. 70.
- Lightfoot, R. J. - Marshall, T. (1974): The effects of pasture type and lupin grain supplementation on ovulation rate of merino ewe 1. Rate of lupin grain supplementation. Journal of Agriculture, Western Australia 15. 29-31.
- Márton A. (2018): A takarmányozás hatása az anyajuhhoz szaporodásbiológiai tulajdonságaira Doktori (PhD) értekezés. Pannon Egyetem Fesztetics Doktori Iskola
- White, C. L., Staines, V. E., Staines, Mv. H. (2007): A review of the nutritional value of lupins for dairy cows. Australian Journal of Agricultural Research 58. 185-202.

Érkezett: 2018. szeptember

A szerző címe: Zsombik L.
Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság Nyíregyházi Kutatóintézet

Authors' address: University of Debrecen Institutes for Agricultural Research and Educational Farm Research Institute of Nyíregyháza
H-4400. Nyíregyháza, Westsik Vilmos u. 4-6.
zsombik@agr.unideb.hu

A ZÖLD FEHÉRJEMALOM TUDOMÁNYOS MEGALAPOZÁSA ÉS LEHETSÉGES SZEREPE A FEHÉRJEGAZDÁLKODÁSBAN

FÁRI MIKLÓS GÁBOR

ÖSSZEFOGLALÁS

Tanulmányunk első részében a hazai fehérjep probléma első időszakának főbb ismereteit foglaljuk össze az MTA-n 1965-ben tartott konferencia elemzésével. Megállapítottuk, hogy a fehérjekérdésben az elődök a komplex, országos szintű tudományos kutatás szükségességét tartották szükségesnek. Kiemelték azt is, hogy e nélkül a növekvő fehérjehordozó import kiváltása nem, vagy csak nehezen érhető el. Felhívták a figyelmet a szójanemesítés és termesztési technológia fejlesztése mellett a levélfehérje-kutatás jövőbeni lehetőségére is. Tanulmányunk következő részében a levélfehérje-koncentrátum előállítás (LPC) régi és új tudományos kérdéseivel foglalkozunk. Bemutatjuk az angol úttörő, *Norman W Pirie* munkásságát, valamint a biotechnológia úttörő, magyar *Erekly Károly* elfelejtett zöldtakarmány-fehérje koncentrációs kísérleteit. Összehasonlító tudománytörténeti elemzés segítségével kimutattuk, hogy a jövőben vélhetően szükség lesz a két módszer kombinált alkalmazására. Szükség van továbbá a melléktermékek teljeskörű feldolgozását elősegítő új bioipari kutatásokra. A tanulmány végén összefoglaljuk a jelenleg Magyarországon folyó PROTEOMILL Zöld fehérjemalom kutatási program jelentőségét, és az új Tedeji demonstrációs üzemtől várt legfontosabb eredményeket.

SUMMARY

Fári, M. G.: DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC BASIS OF GREEN PROTEINMILL CONCEPT AND ITS POSSIBLE INFLUENCE ON PROTEIN ECONOMY

In the first part of our study, we briefly summarize the main findings of the first national conference organized about the protein problem by the Hungarian Academy of Science in 1965. We have found that the predecessors in the protein question considered the necessity of a complex, nationwide scientific research. It has also been emphasized that without this, the replacement of importing protein carrier is not possible, or it seems to be very difficult to realize. Attention was also drawn to the development of the soybean variety breeding and cultivation technology and the promising future of the leaf protein research. In the next part of our study, we discuss old and new scientific issues of the leaf protein concentrate production (LPC). We present here the work of the famous English pioneer, *Norman W Pirie* and the works of the forgotten green fodder protein concentrations efforts carried out by the biotech pioneer, Hungarian *Károly Erekly*. Using a comparative historical analysis method, we have shown that in the future it will be necessary to combine the two methods / processes in the future. There is also a need for new bio-industry research activity in our country to facilitate the full processing of by-products. At the end of this study, we summarize the importance of the current PROTEOMILL Green Protein-Mill Research program started recently in Hungary and we presented some of the most important results expected from the new demonstration plant, which is in the construction phase in Tedej.

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az első világháború alatt és az azt követő évtizedekben a főleg patkányokkal, majd gazdasági állatokkal folytatott kiterjedt állatélettani és takarmányozási kísérletek, valamint a humán élettani és táplálkozástudományi kutatások nyomán mintegy száz éve tudunk az aminosavak és a vitaminok élettani jelentőségéről. A fehérjékről, mint nemzetgazdasági jelentőségű tényezőről a múlt század húszas éveitől beszélhetünk az élettudományi ismeretek előtérbe kerülését követően. Az állattenyésztés számára nélkülözhetetlen üzemi fehérjetermelést és takarmányozást a *fehérjegyazdálkodás* foglalja keretbe.

Globális fehérjeprobléma, lokális fehérjegyazdálkodás és a fehérjeprogramok

Hazánkban a fehérjekérdés és fehérjegyazdálkodás ismereteit - országos szinten - elsőként az MTA 1965. április 22-én, az Agrár-, Biológiai- és Orvostudományi Osztálya együttes ülésen tárgyalta (Benyó és mtsai, 1965). Láng Géza akadémikus bevezető előadását az alábbi mondatokkal kezdte (Láng, 1965):

„Az emberi fehérjeszükséglet megtermelése alapvetően a mezőgazdaság feladata. A hazai lakosság, még inkább Földünk lakosságának táplálkozásában a fehérje mennyiségében és biológiai értékében mutatkozik a legnagyobb hiány. Az értékes fehérjében gazdag tápláléktermelés csak nehezen tud lépést tartani az emberiség szaporodásával, ugyanakkor a meglévő hiányok kiküszöbölésére a mainál lényegesebben több fehérjére lenne szükség. A világ mezőgazdaságára hárul elsősorban ennek, az emberiség jövő fejlődése szempontjából alapvető feladatnak a megoldása.”

Történeti tény, hogy ezen a konferencián áttekintett tudományos elvek és gyakorlati igények alapozták meg az első, az OMFb által később koordinált ambíciózus terveket, ugyancsak nemzeti és nemzetközi horizontok alapján. 1975-ben Kralóvánszky U. Pál a terület jelentőségét a következő szavakkal jellemezte:

„Az emberiség égető problémái között a táplálkozás kérdése minden történelmi korban elsődleges fontosságú. Nem kisebb feladatról volt és van szó, mint arról, hogy a világ minden részén kellő mennyiségű és - újabban egyre erőteljesebb igényekkel jelentkezően - jó minőségű élelem álljon rendelkezésünkre. Nemzetközi vonatkozásban úgy tűnik, hogy mind ez ideig e cél elérése vágyálom volt. Sőt az éhség megszüntetésére irányuló, 1963-ban megindított Világélelmezési Program (amely megindítása óta 178 nagyobb élelmezési segélyprogramot bonyolított le) további kibontakoztatása és jövője még a XX. század utolsó negyedében is megreked egy nagy nemzetközi összefogás hiányában. Az ENSZ szervezésében 1974 végén Rómában megrendezett Világélelmezési Konferencián részt vevő országok képviselőinek „nem sikerült megállapodni a helyzet jövőbeni megjavításához szükséges nemzetközi intézkedések irányelveiben sem, és a konferencia semmilyen biztosítékot nem adott az éhezőknek és a gyengén tápláltaknak arra, hogy a segítség időben úton van”.” (Kralóvánszky, 1975).

Láng professzor 1965-ben elhangzott előadásának utolsó mondata ugyancsak aktuális próféciaának tekinthető. A tudósok, politikusok és döntéshozók vállalra egyaránt nagy felelősség terhét helyező, jövőt fürkésző súlyos szavai a következők:

„Önellátóak azonban, különösen biológiailag értékes, fehérjét koncentráltan

tartalmazó takarmányban nem lehetünk, és azok növekvő importjával számolnunk kell” (Láng, 1965).

Mint tapasztaltuk, a mai állattenyésztők és növénytermesztők, sőt táplálkozási szakemberek fél évszázad elteltével is ezekkel a gondokkal, a globális fehérje-hiánnyal néznek szembe. A 2018-ban meghirdetett nemzeti takarmányfehérje program nyilvánosságra hozott célja éppen az, hogy Magyarország import takarmányfehérje-függőségét megszüntesse. Láng Géza jóslatára gondolva felmerülhet az a megkerülhetetlen szakmai kérdés, hogy vajon a tudomány ma rendelkezésünkre álló teljes eszköztárát kellő alapossgggal és rendszerességgel megvizsgáltuk-e már? Az információ-robbanás és a biotechnológia korszakában, a negyedik ipari forradalom és az okos technológiák hajnalán erre a kérdésre az a válaszuk, hogy még nem. Tanulmányunk következő részében a fehérje-probléma megoldásának egyik lehetséges, ám napjainkban alig kutatott területével, a levélfehérje-koncentrátum előállítás tudományos kérdéseivel foglalkozunk. E vizsgálódáshoz ezúttal a szokásosnál nagyobb mélységű tudománytörténeti elemzés szükséges, azaz a levélfehérje terület tudományos megalapozottságát kell áttekintenünk.

Pirie-eljárás: levélfehérje-koncentrátum előállítása koagulálással

Nem kevésbé érdektelen annak a rövid bemutatása, hogy 1965-ben a szakemberek milyen tudományos kiutat láttak maguk előtt, és milyen megoldásokat javasoltak a fehérjegondok megoldására? Ezek sorában – többek között - két innovatív irányt jelöltek meg az előadók. Egyrészt a szójatermesztés fejlesztését, másrészt a levélfehérje-koncentrátum kutatást.

A hazai szójatermesztés fejlesztését, jövőjét, mint potenciális takarmány fehérjehordozó programot Láng Géza a következő szavakkal határozta meg:

„A szója fajtakérdésének megoldása, továbbá termesztési módszereink fejlesztése ennek a biológiailag értékes fehérjét tartalmazó növénynek a hazai gazdaságos termelését megalapozhatja.” (Láng, 1965).

Mint tudjuk, a hazai takarmányfehérje-program egyik legfontosabb tartópillére éppen ezt a területet kezeli kiemelten, amikor 100 ezer ha öntözött szójatermő területtel és 2,5 tonna /ha szójabab terméssel számol.

Az MTA-n 1965-ben elhangzott előadások között a Tihanyi Biológiai Kutatóállomás kutatója, Felföldy Lajos az egysejtű algák üzemi termesztésének lehetősége után a levélfehérjék jövőbeni szerepét a következő mondatokkal jellemezte:

„Másik lehetséges út, részben hagyományos, részben új mezőgazdasági termékek újszerű feldolgozása lenne. A mezőgazdaság jelenlegi gyakorlata a növénynek bizonyos részét: termését, magját, gyökerét, gumóját stb. takarítja be, a levelet pedig általában állattakarmányozásra és trágyázásra használja, holott a növény élettanilag legaktívabb szerve éppen a levél. Ma már félüzemi módszerek is ismertek a levélfehérje termesztésére [Pirie, 1961]. A patkány, csirke és disznótakarmányozási kísérletek szerint a megfelelően előállított és kezelt levélfehérje a halliszttal egyenlő értékű takarmány [Waterlow and Cruickshank, 1961; Duckworth és Woodham, 1961]. Az ilyen célú növénytermesztés szempontjából természetesen dús levélhozamú növények ideálisak. Hogy hazai körülményeink közt milyen fajok felelnek meg ennek a követelménynek, azt mezőgazdasági

1. kép A zöldlucerna nedves frakcionálásához N. W. Pirie által használt félüzemi berendezés (Pirie, 1961 nyomán)



Photograph 1. Pilot machine used by N. W. Pirie for wet fractionation of green alfalfa (after Pirie, 1961)

szakemberek, botanikusok és növényfiziológusok hivatottak eldönteni.”(Felföldi és Dénes, 1965)

Felföldy és Dénes (1965) idézett közleménye azt igazolja, hogy a korábban Nobel-díjra jelölt angol biokémikus, Norman Wingate Pirie által megkezdett levélfehérje-koncentrátum előállítását célzó úttörő munkássága, azaz az ún. Pirie-eljárás (Pirie, 1942a; Pirie, 1942b; Pirie, 1961) nem kerülte el a kor magyar szaktudósainak figyelmét. A Pirie-féle eljárás lényege, hogy első lépésben a nedves frakcionálás elvét követve a frissen betakarított zöld hajtásokból, levelekből - a rostok elkülönítése után - kapott zöldlé-frakció fehérjéinek egy részét különböző fizikai és/vagy kémiai eljárásokkal kicsapatják. Ezt követően ugyancsak többféle módszerrel ebből a zöldléből állítják elő a 45-50% nyersfehérje tartalmú szárított levélfehérje-koncentrátumot, az LPC-t (Leaf Protein Concentrate). Az LPC mellett további biológiailag értékes frakciók is keletkeznek, mint például a présrost és a koaguláció során keletkező ún. barnalé (Pirie, 1987).

A levélfehérje-koncentrátum tudományos ismeretek irodalma

A szakirodalomban a levélfehérje kutatások-fejlesztések intenzitását, időben történő kiterjedését a mai adatbázisok segítségével elég jól jellemezni lehet. Becslésünk szerint a levélfehérjékkal foglalkozó közlemények összes száma meghaladhatja a tízezret.

A „Leaf Protein Concentrate” szókapcsolatra angol nyelvű cikkek címében keresve, 1961 és 2015 közötti időszakban összesen 1 387 db közleményt találtunk a Google Scholar adatbázisban. Ennek megoszlása a következő volt: 1961 és

1. ábra Az LPC (Leaf Protein Concentrate) szókapcsolatot a címében tartalmazó angol nyelvű közlemények számának megoszlása 1961-1980 között (Google Scholar adatbázis alapján) (Fári és Popp, 2015 nyomán)

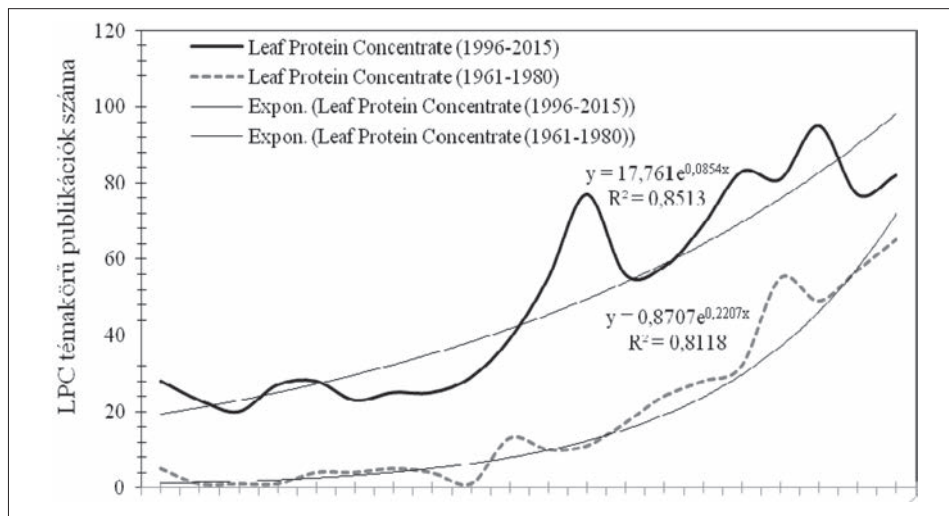


Figure 1. Distribution frequency of the number of LPC (Leaf Protein Concentrate) words in the title of English-language publications between 1961 and 1980 (Data compiled by the Google Scholar database) (after Fári and Popp, 2015)

2. ábra Az LPC (Leaf Protein Concentrate) szókapcsolatot a címében tartalmazó angol nyelvű közlemények számának megoszlása öt éves intervallumban 1920 és 2015 között (Google Scholar adatbázis alapján) (Fári és Popp, 2015 nyomán)

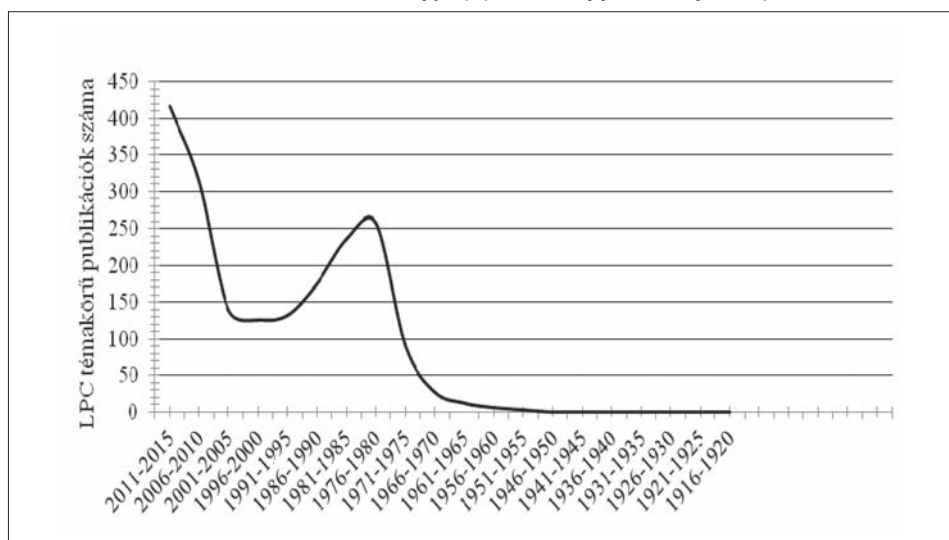


Figure 2. Distribution frequency of the number of LPC (Leaf Protein Concentrate) words in the title of English-language publications in five-years intervals between 1920 and 2015 (Data compiled by the Google Scholar database) After Fári and Popp, 2015)

1980 között 387 db közlemény címében szerepel az LPC, ugyanakkor 1996 és 2015 közötti időszakban már 1 000 db közlemény jelent meg az LPC szókapcsolattal (2. ábra). Adataink alapján az LPC témájú közlések kettős hullámgörbével jellemezhetők. Az ilyen témájú közlések száma 1970-1980 között exponenciálisan növekedett, ezzel szemben 1980 és 2000 között meredeken csökkent. Ugyanakkor a kezdeti lassú ütemű növekedés után a 2005-2015 közötti évtizedben ismét meredeken emelkedett az LPC témakörű publikációk száma (3. ábra). Ez utóbbi növekedés kétségtelenül a zöld biofinomító korszak kezdetét jelzi.

Jelen tanulmány terjedelme nem teszi lehetővé a sokszínű kutatás részletes felsorolását. Mindössze a legfontosabb közleményekre és szabadalmakra fordíthatunk figyelmet.

Goodall brit szabadalma a fűfélék zöld levének forgó hengerek közötti kipréselését célozta meg (Goodall, 1935). Az USA-ban Smith saláta préselt, szűrt és szárított levéből állított elő takarmányfehérje koncentrátumot (Smith, 1937). 1938-ban Slade és Birkinshaw brit szabadalmat szereztek a zöld lé fehérjéinek 3,5-5,0 pH közötti precipitálása és az így kapott plazma elválasztása (Slade és Birkinshaw, 1938). 1941-ben Slade, Branscombe és Gount brit levélfhérje koncentrátum eljárása proteolitikus enzimek alkalmazásával kombinálva nyert szabadalmat (Slade és mtsai, 1941; Slade és mtsai, 1945). Norman Wingate Pirie első két levélfhérje témájú közleménye a levélfhérje koncentrátum (LPC) kinyerésről és a táplálkozási célú felhasználásról készült (Pirie 1942a; Pirie, 1942b). Nagshski et al. (1946) szabadalma zöld lé előállítására vonatkozott, mikrobiális sejtfalemésztés után és abból levélfhérje koncentrátum kinyeréssel. Sullivan a II. Világháború alatt fűvekből állított elő levélfhérje koncentrátumot (Sullivan, 1943; Sullivan, 1944). 1948-ban Miller szabadalma kitért a cellulózrostok értékére és hasznosítására is (Miller, 1948).

A gyarapodó kutatások eredményeinek köszönhetően a múlt század hatvanas éveitől a levelek kipréselt levében található fehérje, és fehérje-keverék kinyerésére, úgy élelmiszeripari, mind takarmányipari szempontból számos új eljárást dolgoztak ki. Ilyen a hővel történő koagulálás, a savas precipitálás, a fehérje koaguláltatás erjesztéssel / fermentálással, polielektrolitok segítségével történő koaguláltatás, az ultraszűrés, és/vagy az előző módszerek kombinálása. Az ismertetett eljárások közös jellemzője volt, hogy nem folyamatos üzemben dolgoznak, a precipitátumot dekanter-centrifugálással különítik el, továbbá különböző olyan kémiai anyagot is alkalmaznak a kinyerés hatékonyságának fokozására, amelyek vagy szennyezők, és/vagy csak járulékos költséggel távolíthatók el.

Az utókor szemében a következő két évtized során a Budapesti Műszaki Egyetemen Holló János akadémikus és Koch Lehel főmunkatárs nevével fémjelzett levélfhérje-koncentrátum kutatás (Holló és Kralovánszky, 2000) a magyar biotechnológia-történet egyik meghatározó jelentőségű mérföldköve lett. Ezt a folyamatot szabadalmak (Holló és mtsai, 1964), majd 1972-ben a világ első levélfhérje-feldolgozó üzemének, a VEPEX-nek a létrehozása jellemezte. A VEPEX-eljárás nem épített lucernaszárító üzemre (Telek, 1983). A Holló János, Zagyvai István és Koch Lehel által elnyert, és a VEPEX-eljárás alapját képező US3637396 sz. szabadalom lényege, hogy egysejtfhérje előállítás segítségével hasznosította a kipréselt zöld lé koagulációja során visszamaradt barnalevet (Holló and Kralovánszky, 2000). A VEPEX-eljárást, és annak különböző módosított

változatait, a múlt század hetvenes-nyolcvanas éveiben Magyarországon kívül Angliában, Dániában és Új-Zélandon is alkalmazták (*Telek, 1979, Telek, 1983*).

Az USA-ban 1968-ban kifejlesztett ProXan módszer alapja ugyancsak a Pirie-eljárás továbbfejlesztésével született meg, az US Department of Agriculture Western Regional Laboratory (USDA) támogatásával. Az első félüzemi kísérletek 1976-ban kezdődtek el. Többféle fehérje-extrakciós módszert dolgoztak ki. A ProXan eljárással előállított protein-keverék 57% fehérjét, 9% zsírt, 100 mg/kg xantofillt és kisebb mennyiségben ásványi anyagokat, vitaminokat, karotinoidokat és izoflavonoidokat tartalmazott (*Kralovánszkyné, 1972*). A zöld lé préselését többlépéses mechanikai folyamattal érték el, amelynek során kémiai anyagokat (antioxidánsok, ammónia, stb.) is hozzáadtak. A ProXan technológia első, USA-n kívüli kereskedelmi alkalmazása Franciaországban történt. A France Luzerne a világ legnagyobb dehidratált lucerna termelője, és a levélféhrje koncentrátum egyik ipari előállítója és forgalmazója volt. A préselési eljárást később úgy módosították, hogy a visszamaradó szárított lucerna présrost nyersfehérje tartalma ne csökkenjen 15% alá. A szakaszos üzemelés, és a nagy energiaigény miatt azonban később az USA-ban beszüntették a termelést (*Kromus et al., 2004*).

Ereky-eljárás: levélféhrje-koncentrátum előállítása szárítással és hordozókra vitellel

Pirie közleményeiben figyelemre méltó adatokat találunk arra vonatkozóan, hogy a kicsapatásos fehérjekoncentrátum-előállítás publikálását két évtizeddel megelőzve, - azonos gyakorlati törekvésekkel - egy magyar szakember, Ereky Károly - egy másik úton indult el (*Pirie, 1961*). Ereky Károly a „biotechnológia” fogalom és szó atyja, az első biotechnológia című könyv szerzője volt (*Bud, 1993; Fári és Kralovánszky, 2006*).

Pirie szerint az Ereky-féle eljárás alapja a frissen betakarított zöld növényi részek, pl. levél és szár gépi úton történő pépesítése és annak közvetlen szárítása volt. Pirie szerint Ereky eljárása jelentős külső vízbevitellel párosult, ezáltal nem bizonyult a gyakorlatban alkalmazhatónak (*Pirie, 1961*). Ezt az állítását későbbi publikációiban is változatlanul hagyta, ami azzal járt, hogy Ereky úttörő jelentőségét félreismerve módszereit elfelejtette a nemzetközi szakirodalom. Ma már tudjuk, hogy Pirie tévedett, mégpedig jelentősen.

Hazai tudománytörténeti kutatások az elmúlt években meglepő új eredményre vezettek (*Fári és mtsai, 2014; Fári és Popp, 2015*). Egyrészt arra derítettek fényt, hogy Pirie Ereky 1926-os első angol szabadalma (1926d) nyomán alakította ki saját programját és mint a Nobel-díjas F. G. Hopkins tanítványa, elsőrangú biokémikus, ezért tért át a kutató laboratóriumokban alkalmazott fehérje kicsapatási eljárásra. Korabeli angol források összehasonlító elemzése alapján az is kiderült, hogy Pirie nem volt ismerete Ereky későbbi angol és kanadai szabadalmáról, angol, német, és magyar nyelvű közleményeiről (*Ereky, 1927b, Ereky, 1927c, Ereky 1928a, Ereky, 1932, Ereky 1933a, Ereky 1933b, Ruttkay, 1934, Ereky, 1938a*), eszközeiről és fejlesztéseiről. Külön megemlíthetjük, hogy Ereky a Food Manufacture 2. kötetében megjelent levélféhrje és a táplálkozás jövőjéről írott angol nyelvű cikke (*Ereky, 1927c*) is elkerülte Pirie figyelmét. A háború sújtotta éhező Angliában maga Pirie is közölt cikket, éppen ebben a témakörben és folyóiratban (*Pirie, 1941b*). Úgy

tűnik, hogy Pirinek nem volt tudomása a múlt század harmincas éveiben Ereky által kezdeményezett nemzeti és nemzetközi fehérjeprogramokról sem (Ruttkay, 1934, Ereky, 1938b), és egyéb zöldlucerna-koncentrátum kísérletekről sem (Fári és Popp, 2014; Fári és Popp, 2015).

Mai ismereteink alapján pontosan tudjuk, hogy a nedves frakcionálási eljárások első gépi változatát valójában Ereky Károly alkotta meg, Zöldmalom néven. E témáról 1925-ben egy értékes, sajnos azóta elfelejtett, könyvet is megjelentetett (Ereky, 1925). Ez Angliába, és éppen Cambridge-be is eljutott. Fény derült arra is, hogy Ereky kísérletei valójában már 1917 nyarán megkezdődtek a Nagytétényi Sertéshizlaldában. Megfelelő gép hiányában Ereky ekkor még egy nagy vasmozsárban törte szét és pépesítette a lucerna, vörös here és fűfélék zöld leveleit és szárát és végezte el az összetört friss és szárított péppel az első takarmányozási kísérleteket sertéssel, kacsával és szarvasmarhával. Ereky eredeti koncepciója szerint a Zöldmalom számos értékes zöld növényt dolgozhat fel, közöttük is a legfontosabb volt a mézben gazdag talajon termett, fiatalon, virágzás előtt lekaszált lucerna (Ereky, 1925; Ereky, 1928b). Ereky elsőként 1926-ban, a HU92680 sz. magyar szabadalomban ismertetett olyan eljárást zöldnövény-pép előállítására, mely lehetővé tette a növényi szövetek folyamatos üzemű, széttroncsolását, majd a rostos részek elválasztását a sejteket és sejtörmelékeket tartalmazó zöld létől, továbbá mindkét frakció különböző célú továbbfelhasználását, szárítását és keverését hordozóval (Ereky, 1926a). A lucerna és más növények zöld levét pépesítés után szűrve, - fehérje koagulálás és egyéb kémiai anyagok nélkül - közvetlen felhasználásra épülő, folyamatos működésű rendszer, kisebb gazdaságokban is alkalmazható új eszköz született. 1927-ben Ereky a Zöldmalom koncepciót és első zöldőrő gépét fél évig tartó angolai tartózkodása során a szakmai nyilvánosság előtt bemutatta (Ereky, 1928b). Angliában a takarmányozási kísérleteket sertésekkel végezték. Az általa ott pépesítő gépével előállított fű zöldlé, a „fűtej” kémiai összetételét az ICI-hoz tartozó Messrs. Nitram Ltd. laboratóriumában megvizsgálták, az akkor általánosan elfogadott analitikai módszerekkel. Nagy szerencsénkre, Duckham (1928) közleményében a kortárs alaposságával pontosan megörökítette a Romseyben folytatott Ereky-féle kísérlet eredményét. Erre a dokumentumra csak a közelmúltan lettünk figyelmesek. A fűből kiperéselt zöldlé kémiai összetétele szárazanyagra számolva a következő volt: szárazanyag tartalom: 1,4% (100%); éteres kivonat: 0,054% (3,9%), nyersfehérje: 0,281% (20%), nitrogénmentes extraktum 0,791 (56,5%), hamutartalom: 0,274 (19,6%), rosttartalom: 0,00% (0,0%) (Ducham, 1928). Angliai eredményeit Ereky a következő mondatokkal jellemezte:

„Ez a gép rendkívüli módon érdekli az angolokat. Mikor a múlt év nyarán Angliában bemutattam az első nagy gépemet, akkor az ünnepélyes bemutatáson az angol kormány hivatalos szakértőjén kívül jelen voltak még az ausztráliai és kanadai kormány megbízottai is és az angol gazdasági szakemberek színe-java. Ezen bemutatás után hónapig tartó etetési kísérletek folytak, amelyek teljesen igazolták itthoni kísérleteim megbízhatóságát, amennyiben megállapítást nyert, pl. hogy a húsertéshizlalásnál egy kilogramm fiatal lucerna leve egyenértékű 2 kg lefölözött tej táphatásával. Ha a lucernapépet beszárítjuk vagy előzetesen szítaszöveten keresztül elválasztjuk a levét a sejtörmelékektől és azután szárítjuk be, mindkét esetben egy kemény, de 100%-ig emészthető olyan masszát kapunk belőle, amelyik versenyez az összes

erőtakarmányokkal. Ezt a masszát tetszőlegesen formálhatjuk, azonkívül tetszés szerint raktározhatjuk és a gabonához hasonlóan zsákolhatjuk és szállíthatjuk.” (Ereký, 1928b).

Ereký új megközelítését az akkori hivatalos angol szakemberek vagy éltették, vagy elvetették. Az Institute for the Study of Animal Nutrition (School of Agriculture, University of Cambridge) állomáson a H. E. Woodman által vezetett kutatócsoport például - Ereký nevének említése nélkül - a "kontinensen közelmúltban született új szabadalom" szükségességét kétségbe vonta, különösen a fiatalon lekaszált fű esetében (Woodman és mtsai, 1927). Ezzel az állítással egy másik vezető angol szakteknitély, A. N. Duckham a következő évben megjelent nagy tanulmányában vitába szállt (Duckham, 1928). Az Ereký-féle eljárás akkori ellentmondásos megítélésben az is közrejátszott, hogy Ereký első nagy,

2. ábra Az LPC (Leaf Protein Concentrate) szókapcsolatot a címében tartalmazó angol nyelvű közlemények számának megoszlása öt éves intervallumban 1920 és 2015 között (Google Scholar adatbázis alapján) (Fári és Popp, 2015 nyomán)

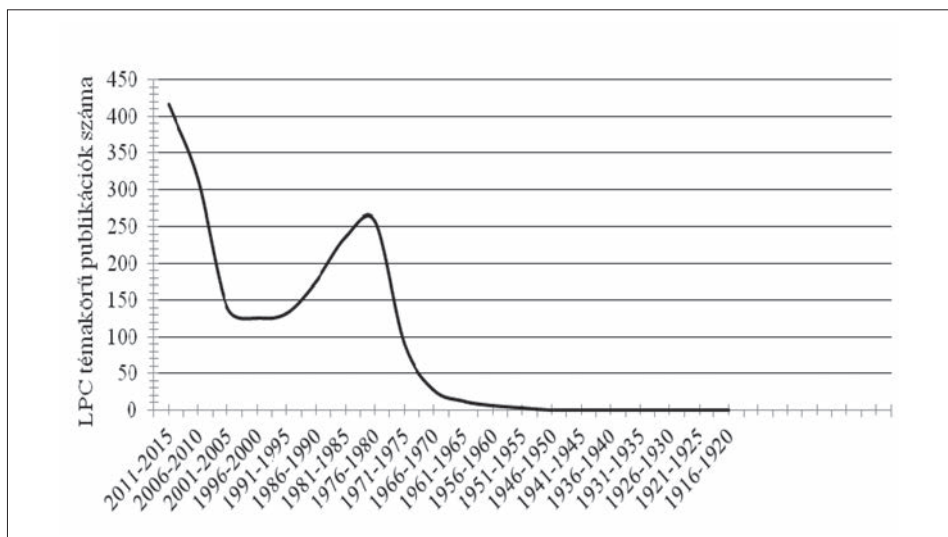


Figure 2. Distribution frequency of the number of LPC (Leaf Protein Concentrate) words in the title of English-language publications in five-year intervals between 1920 and 2015 (Data compiled by the Google Scholar database) After Fári and Popp, 2015)

Angliában kipróbált pépesítő gépe műszakilag nem volt még tökéletes; és a vízzel hígított beüzemelés után a visszaáramoltatott zöldlé szivattyúja gyakran eltömődött (Duckham, 1928). Azt azonban a hivatalos körök egyértelműen elismerték, hogy Ereký eljárása és gépe egy alapjaiban új, innovatív irányt szabhat meg a zöldtakartakarmány-fehérje koncentráció előállítás kérdésnek és a termék iparszerű tartósításának (Duckham, 1928; Wattson, 1939). Ereký eljárását és gépét Anglián kívül Kanadában, Franciaországban és Ausztriában is szabadalmaztatta (Ereký, 1926a, 1926b, 1926c, 1926d, 1926e, 1927a, 1927b, 1928a, 1933a). Így szerzett tudomást a világra Ereký elképzeléséről, és vette kez-

2a., b. képek Az 1933-ban Ereky által alkalmazott eljárás reprodukálása és a termékek biokémiai analízise (Fári, 2016 nyomán)

A: Az Ereky-féle, 1933-ban előállított lucerna plazmakonzerv reprodukálása (nyersfehérje-tartalom 32%, karotin-tartalom 70 mg/kg, xantofill tartalom 300 mg/kg, szárazanyagban). B: Reprodukált Ereky-féle szárított nagyszemcsés lucernatészta lucernalé és búzaliszt kevert hordozón, 1933-ból (nyersfehérje-tartalom 27%, karotin-tartalom 170 mg/kg, xantofill tartalom 270 mg/kg, szárazanyagban)



A



B

Photograph 2a., b. Reproduction of the Ereky-process used in 1933 and biochemical analysis of its products (after Fári, 2016)

A: Reproduced alfalfa plasma-preserve obtained by Ereky in 1933 (crude protein: 32%, carotene: 70 mg/kg, xanthophyll: 300 mg/kg, all in dry material). B: Reproduced alfalfa green milk and wheat flour mix obtained by Ereky in 1933 (crude protein: 27%, carotene: 170 mg/kg, xanthophyll: 270 mg/kg, all in dry matter)

detét a zöld növények nedves frakcionálása iránti első nemzetközi érdeklődés. Továbbfejlesztett, tökéletesített nagyobb teljesítményű berendezéseivel (Ereky, 1932) Magyarországról szállított szárított lucerna koncentrátumával, a lucerna „plazmakonzervvel” sertés- és baromfi-takarmányozási kísérletek folytak, például Németországban (Ruttkay, 1934). A harmincas évek elején Magyaróvárott félüzemi (Bíró, 1934), Nagytétényben és uradalmakban pedig üzemi léptékű kísérletek folytak, kétféle teljesítményű, folyamatos üzemű, nedves frakcionálásra tökéletesített Ereky-féle Zöldmalommal. Nagytétényben fél évig tartó hizlálásról is van ismeretünk. Itt napi egy kilogramm nedves, széttroncsolt rostszerkezetű lucernapéppel kiegészített takarmánnyal 2000 db sertést hizlaltak fel. Ereky zöldőrő gépe napi öt órán át dolgozott, négy mázsa friss lucernát pépesített óránként (Ereky, 1932).

Erekyt politikai indokokkal 1945-ben letartóztattak és 1952-ben börtönben halt meg (Fári és mtsai, 2014). A további kísérletekben sem Ereky nevére, sem a felsorolt eredményeire a magyar források nem hivatkoztak. 1927-es brit szabaldalmára később egyedül Pirie hivatkozott.

Magyarországon a levélfehérjékkel kapcsolatos kísérletek *Tangl Harald* professzor vezetésével folytatódtak (Tangl, 1949). E közlemény részletes elemzése alapján bizonyossá vált, hogy Tangl a rostmentes lucerna koncentrátum - rostmentes lucernaliszt - előállításai és analitikai kísérleteket (2a. kép). Ereky

harmincas években tökéletesített eljárására alapozta, Ereky nevének említése nélkül (Tangl, 1949). Ebben a vélhetően nehéz döntésében bizonyára nem szakmai, hanem politikai okok játszhattak fő szerepet; Ereky ezekben az években már börtönben volt. Tangl egy további közleményében az analitikai vizsgálatok és a sertéstakarmányozási kísérletek ismét igazolták az Ereky-eljárás gyakorlati alkalmazhatóságát, valamint Ereky két évtizeddel korábbi angliai eredményeit, ugyancsak nevének említése nélkül (Tangl, 1955). Az utókor szemében nem kizárható az sem, hogy a rendkívül felkészült Tangl professzor két-három évtized elmúltával, korlátozott irodalomkutatási lehetőségekkel valóban nem tudott részleteket sem Ereky angliai és német takarmányozási eredményeiről, sem a többi közleményéről, szabadalmairól. Tangl a következő szavakkal fejezte be 1949-es dolgozatát, amit az Ereky-eljárás utólagos, de tényszerű, megalapozott tudományos igazolásának tekintünk:

„Különleges feldolgozó módszerünkkel tehát eddig elő nem állított, igen kiváló minőségű lucernaliszthez jutottunk, amellyel lehetővé válik, hogy a lucerna különleges értékeit sertéseknél és baromfiaknál hasznosítsuk...Ha fehérjetartalom tekintetében lucernalisztünk eléri a hallisztekét – s ehhez csupán a már említett megfelelő alapanyag szükséges – értékesebb lesz a halliszteknél, mert a kiváló biológiai értékű fehérjék mellett még számos egyéb nélkülözhetetlen anyagokat, köztük vitaminokat is tartalmaz.” (Tangl, 1949)

Az Ereky-féle pépesítési eljárás hazai utóéletéről érdemes feljegyeznünk azt is, hogy a múlt század hatvanas éveiben újrakezdték a zöldlucerna pépesítő gépek fejlesztését és a kutatást (Mentler, 1960). A takarmányozási kutatások kedvező eredményeire támaszkodva a módszert és a gépeket országosan bevezették, elsősorban a sertések nyári hizlalása során alkalmazták széles körben.

Az Ereky-Pirie-féle kapcsolt eljárás elve, a PROTEOMILL program a zöld biofinomítók technológiai háttere

A hazai állattenyésztés évente 70-90 milliárd Ft értékű szójadarát használ fel. Ennek 90%-ka importált, GMO szója, amelynek az ára az előrejelzések szerint magas szinten marad a következő évtizedekben (Popp és mtsai, 2015). *Paradigmaváltásnak tekintjük a magfehérjékre alapuló fehérjegazdaság mellett az Ereky Károly-féle levélfehérje kutatás folytatását és a zöld biomasszából kiinduló új, innovatív fehérje-extrakciós technológiák kidolgozását. E téren nemzetközi tudományos versenyfutás folyik (Kamm and Kamm, 2007; Mandl, 2010; Xiu and Shabhazi, 2015). Újabban további LPC kutatások kezdődtek például Dániában, Hollandiában, Németországban, Ausztriában, az USA-ban, a 21. századi zöld biofinomítók tudományos megalapozására.*

A megújult kutatásokat a biomassza hasznosítás körüli tudományos-technikai ismeretek új dimenziói indokolják. A mag nagy energiatartalmú molekulákat, zsírokat, olajokat és szénhidrátot tartalmaz. A szerkezeti fehérjék, enzimek stb. a működéshez szükségesek, így magas fehérjetartalma elsősorban az asszimiláló szerveknek van. A mai kor technológiai elvileg már lehetővé teszik az ilyen típusú fehérjeforrások hatékony kivonását; a magfehérjék alkalmazásának azonban komoly történelme és erre alapuló technológiai háttere is van. A váltás tehát nem könnyű. Ez felismerés vezette a Tedej Zrt által vezetett PROTEOMILL

konzorciumot a már 2001-ben elkezdett lucerna levélfehérje-koncentrátum kutatás folytatására, amely program szakmai vezetője jelen tanulmány szerzője volt (Fári, 2011; Fári, 2016).

Tudománytörténeti vizsgálódásaink eredményeként *ma már kijelenthetjük, hogy a fenti ismertett két technológiát összevonva, Ereky-Pirie-féle kapcsolt technológiának, angolul „Ereky-Pirie-process”-nek nevezhetjük. Az üzleti megfontolások, a tudományos elgondolások szerint a biotechnológiai és a műszaki-technikai ismereteket ötvöző fehérjemalom égővünkön a szója alapú takarmányfehérje hordozó egyik alternatívája lehet.*

Az Ereky-Pirie-féle kapcsolt eljárásra alapozva a különböző zöld-biomassza frakciók kutatása, továbbá azokból új ipari hasznosítási technológiák kidolgozása képezi korunk egyik legfontosabb növénybiotechnológia-iparának, a *zöld biofinomító iparnak* a gerincét.

A szakmai pontosság kedvéért e helyütt is megismételjük azt a tényt, hogy Ereky a zöld biofinomító korszak úttörőjeként 1938. októberben megjelent német nyelvű közleményében (Ereky, 1938b), már nem csak tömegcikk, azaz például takarmány, vagy humán élelmi célú szárított zöld növénytej, zöld fehérjepor, zöld fehérjeliszt előállítását tűzte ki célul. Dörner Béla MÁV fővegyszével együttműködve egy nagyobb hozzáadott értékű, innovatív új ipari terméket, az Olaszországban tejkazeinből nyert Lanitalhoz hasonló, de olcsó növényi eredetű protein szálat kívánt kísérletileg létrehozni. Ereky terve laboratóriumi léptékben 1938 nyarán sikerrel járt. Az eperfalevelek nagy fehérjetartalmú zöld présnedvéből, - a Ford-laboratóriummal egyidőben – Budapesten Dörner Béla és Ereky Károly gombolyították le az első növényi fehérjeszálat (Ereky, 1938b). Az eljárás első lépése nyilván a fehérjék fizikai, vagy kémiai kicsapása volt, hasonlóan a későbbi Pirie-féle eljáráshoz. Az eperlevél fehérje-precipitátum zsírmentesítése és oldatba vitele lehetett már ekkor is a szálhúzást megelőző folyamat lényege, hasonlóan az állati eredetű olasz Lanitalhoz. El kell ismernünk, hogy ezek az úttörő jellegű, azóta elfelejtett, kísérletek egy olcsón előállítható mezőgazdasági forrásokra épülő modern, korunkban kibontakozó új bioipar megalapozását célozták meg.

Úgy gondoljuk, hogy éppen Ereky fenti bioipari elgondolása lesz a jövő zöld biofinomítója témakörben az a terület, amely az új levélfehérje-programok gyakorlati versenyképességét hivatottak megalapozni. Mégpedig kétféle elv alapján, akár külön-külön, akár kapcsolt módon, az alábbiak szerint:

- A Pirie-féle eljárás alkalmazásával megcélzott főtermék a biológiailag értékes, a szójával azonos aminosav-összetételű 50% körüli nyersfehérje tartalmú koncentrátum, továbbá nagy hozzáadott értékű, költséghatékony zöld biofinomító elvei szerint új, piacképes termékek előállítása a melléktermékekből, így a présrostokból és a barnaléből.

- Az Ereky-féle eljárás alkalmazásával megcélozható egyik főtermék a biológiailag értékes, a szójával azonos, vagy kedvezőbb aminosav összetételű, 30-50% között nyersfehérje tartalmú, hordozóra vitt koncentrátum és további nagy hozzáadott értékű, költséghatékony módon a zöld biofinomító elvei szerint új, piacképes termékek előállítása a présrost frakcióból.

Tény, hogy a szója, mint eminens fehérjeforrás csak fokozatosan váltható ki lucerna koncentrátummal. Gazdasági, piaci elemzések azt sejtetik, hogy a lucerna koncentrátum közép- és hosszú távon versenyképes termék lehet a GMO-

technológiával előállított szójával. (Popp és mtsai, 2015) A folyamatot elősegíti, hogy egy minőségi piaci szegmensnek tekintett, egészségtudatos vásárlókat kiszolgáló termelők vertikum egyre inkább igényt tart a lucerna koncentrátumot fogyasztó állatok tejére, húására (Bódi és Deme, 2018).

A PROTOMILL fehérjemalom program a feldolgozásból származó melléktermékekkel együtt hatással lehet az állattenyésztésre, a növénytermesztésre, az élelmiszeriparra és kapcsolódik a vegyiparhoz. A folyamatos üzemű új fehérje-extrakciós eljárásunk szabadalmi bejelentés alatt áll. E módszer segítségével a lucerna zöld biomasszájából 15-50% nyersfehérje tartalmú, a szójánál kedvezőbb aminosav összetételű takarmány adalékokat, koncentrátumokat lehet ipari lépésekben előállítani, kedvező költség-jövedelem arány mellett.

A négyéves futamidejű PROTEOMILL Zöld fehérjemalom program biotechnológiai kutatási feladatai egymásra épülnek, és egy ipari demonstrációs üzem jön létre Tedejen (Bódi és Deme, 2018). A kutatást vezető konzorciumi tag, a Tedej Zrt által a közelmúltban nyilvánosságra hozott adatok alapján ismerjük, hogy a jelenleg épülő üzem 500 hektár öntözött lucerna termesztésére van méretezve, napi 350-375 tonna, átlagosan 19% nyersfehérje tartalmú lucerna feldolgozási kapacitással. A tedeji LPC PROTEOMILL Zöld fehérjemalom naponta 15-16 tonna, átlagosan 50% nyersfehérje tartalmú levélfehérje-koncentrátumot és 60-65 tonna száraz, vagy 160-170 tonna nedves présrostot állít elő, 100 napos üzemmódban. Ez utóbbiból elsősorban jó minőségű erjesztett kérődzőtakarmány készül, saját felhasználásra. Az üzemben előállításra kerülő lucerna LPC szárazanyagra vetített táplálóanyag tartalmát a tervek szerint az alábbi adatok fogják jellemezni (Bódi és Deme, 2018) (1. táblázat):

1. táblázat

A PROTEOMILL Zöld fehérjemalomban előállításra kerülő lucerna LPC várt fontosabb beltartalmi mutatói (Bódi és Deme, 2018)

	Extrahált szójadara (1)	Lucerna levélfehérje koncentrátum (LPC) (2)
Nyersfehérje, g/kg (3)	460	535
Nyerszsír, g/kg (4)	20	113
Nyersrost, g/kg (5)	55	6
Ca, g/kg	3,4	16,9
P, g/kg	6,4	4,7
Lizin, % (6)	2,95	3,43

Table 1. Some biological indicators of the alfalfa LPC planned to produce by the PROTEOMILL Green Biorefinery demonstration factory (Bódi és Deme, 2018)

extracted soybean meal (1); alfalfa leaf protein concentrate (2); crude protein (3); crude fat (4); crude fibre (5); Lysine (6)

A projekt szűkebben vett tudományos kutatása 2017. augusztus 1-én, tíz kutatócsoport részvételével vette kezdetét (UNIDEB 19 fő; MTA-SZBK, 10 fő; NAIK-ÁTHK 1 fő; BME 2 fő), vázlatosan az alábbiak szerint:

- a talaj minősége, a vízellátás és az egyes fajták fehérjehozama közötti összefüggés szerepe;

- a növényi savóra és zsírsav-összetételre ható környezeti paraméterek kutatása;
- a hőmérsékleti és egyéb stressz, továbbá a növelt széndioxid- és a fény hatása a levélfehérjék képződésének dinamikájára és a folyamatos üzemű fehérje extrakcióra;
- a rostfrakció előállítás és lebontás hatékonysága és fajonkénti hatása az ipari feldolgozásra;
- a fotoszintetikus aktivitás és a fehérjék mennyisége, minősége közötti összefüggés;
- a biológiai nitrifikációt fokozó lucerna oltási technológiák kutatása;
- új lucerna célfajták molekuláris nemesítéssel segített előállítás, szikes és savanyú területek bevonására;
- kedvezőbb sejtfal-összetételű, alacsonyabb lignin-tartalmú lucerna célfajták nemesítése;
- állatélettani kutatások;
- az üvegházi gáz kibocsátás mérlege és a lucerna C-N körforgalma.

A felsorolt kutatások hivatottak arra, hogy a PROTEOMILL Zöld fehérjemalom nemcsak egyik gazdaságosan termelő lucerna LPC előállító üzem követhető példája legyen. A 2021-ben lezáró PROTEOMILL program eredményeinek a teljeskörű gazdasági elemzésére a bekapcsolódó tudományos kutatók feladata lesz, amire felkészültek a szakemberek. Az új tudásra, részben nemzetközi szabadalmakra és know-how-kra építve remény lehet arra, hogy e programnak is köszönhetően az első magyar zöld biofinomító üzem is megszülethet, illetve megtehetjük az első gyakorlati lépéseket ebbe az irányba, Ereky Károly elfeledett programját a gyakorlatban megvalósítva. Ha ez a célt elérjük, akkor korunk egyik legfontosabb törekvésének, a fenntartható körforgásos mezőgazdaság kívánalmainak is megfelelhettünk.

Bízunk kell abban, hogy a most lefektetett zöld fehérje bifinomító gondolatok és egyéb, természettudományos és gyakorlati alapossággal kimunkált ipari fehérjetermelési megoldásokkal karöltve ötven év múlva a mindennapi élet részévé válnak. A fehérjekérdés, mint a világelelmezés elmúlt száz évének egyik legégetőbb szelete talán sikeresebb, és főleg a jelenleginél fenntarthatóbb jövő elé néz.

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Jelen közlemény „A PROTEOMILL – lucerna alapú fehérjetermékeket és egyéb növényi termékeket előállító termesztési és feldolgozási technológia, valamint mintauzem kialakítása”, GINOP-2.2.1 kutatási program keretében készült. A program az Európai Regionális Fejlesztési Alapból és hazai központi költségvetési előirányzatból 1 281 071 286 Ft vissza nem térítendő támogatásban részesül.

IRODALOMJEGYZÉK

- Benyó I. - Egyed I. - Láng I.* (1965): A fehérjekutatás és a kutatási eredmények felhasználása Magyarországon. Magyar Tudomány – Az MTA Értesítője 72. 435-441.
- Bíró Gy.* (1934): A lucernaliszt készítése és jelentősége. Köztelek, 44. 209-213.
- Bódi L. - Deme A.* (2018): Veszteségből fehérjekoncentrátum. Magyar Mezőgazdaság, 21. 28-31.
- Bud, R.* (1989): History of "biotechnology". Nature, 337. 10.
- Duckham, A.N.* (1928): Grass and fodder crop conservation in transportable form. Memorandum. Agricultural Economics in the Empire. Report of a Committee Appointed by the Empire Marketing Board (EMB.r., March 1928), 8. 1-43.
- Duckworth, J. - Woodham, A. A.* (1961): Leaf protein concentrates. I.–effect of source of raw material and method of drying on protein value for chicks and rats. – J. Sci. Food, 12, 5-15.
- Ereký K.* (1925): A zöldtakarmáymalom és a nagy istállóüzemek. Athenaeum Irodalmi és Nyomdai Részvény-Társulat, Budapest, 83.
- Ereký K.* (1926a): Eljárás zöldnövény-pép előállítására és konzerválására. Magyar Szabadalom. Budapest, 92680. szám, 1930. 04. 15.
- Ereký, Ch.* (1926b): Procédé pour préparer et conserver de la pulpe d'herbages. Párizs. Patent No. 623150.
- Ereký, K.* (1926c): Verfahren zur Herstellung von Grünpflanzenbrei und Konservierung desselben. Bécs, Osztrák szabadalom, 118622. szám.
- Ereký, Ch.* (1926d): Process for the Manufacture and Preservation of Green Fodder Pulp or other Green Plant Pulp and of Dry Products made therefrom. London, Patent No. 270629.
- Ereký K.* (1927a): Gép főleg zöldnövénypép előállítására. E03869 számú Magyar szabadalom. Magyar Királyi Szabadalmi Bíróság, Régi magyar osztályozás: IV/e. Lajstromszám: 95006, 1927. 06. 08.
- Ereký, Ch.* (1927b): Improvements in Machines suitable for the manufacture of green fodder pulp. London, Patent, No. 291752.
- Ereký, Ch.* (1927c): New methods of preparing green vegetables for the table. Food Manufacture, 2, December 1927, 207.
- Ereký, Ch.* (1928a): Pulp manufacture (Production de pulpe). Canada Patent, No. 282415.
- Ereký K.* (1928b): A magyar mezőgazdaság rekonstrukciója. Különlenyomat, Királyi Magyar Egyetemi Nyomda, 23.
- Ereký K.* (1932): A zöldmalom és a fehérjekérdés. Köztelek, 42. 614-615.
- Ereký K.* (1933a): Gép főleg zöldpép előállítására. Pótszabadalom a 95006. számú törzsszabadalomhoz. Budapest, 110347. szám, 1929. 12. 31.
- Ereký, K.* (1933b): Luzerneheumehl oder Luzernegriinbrei? Deutsche Landwirtschaftliche Presse, 60. 295-296.
- Ereký, K.* (1938a): Seidenbau als Grosbetrieb. Proteinfasern aus Maulbeerblättern. Melliand Textilberichte, 19 (10). 775-777.
- Ereký K.* (1938b): Az öntözés közzgazdasági előkészítése. Közzgazdasági Szemle, LXII. 700-719.
- Fári M. G. - Kralovánszky U. P.* (2006): The founding father of biotechnology: Károly (Karl) Ereký. Intern. J. Horticultural Sci., 12. 9-12.
- Fári M.* (2011): A zöld-biomassza értéknövelő hasznosítási lehetősége: a levélfehérje-előállítás (Gondolatok a levélfehérje-előállításról). Mag Évkönyv 2011 (Szerk.: Oláh I.). Szemelvények a 25 éves MAG c. mezőgazdasági és környezetgazdálkodási szakfolyóirat MAG Aranytoll-díjas szerzőitől, felkért szakíróitól. 72-76.
- Fári M.* (2016): A zöldnövény-pép előállítására. Pál emlékezete. In: Oláh I. szerk: A hazai levélfehérje-kutatások újra indításának története. Mag Évkönyv 2016. 1-9.
- Fári M.G. - Kralovánszky U. P. - Popp J.* szerk. (2014): Biotechnológia anno 1917-1919 Ereký Károly víziója az élettudomány alkalmazásáról, Szaktudás Kiadóház, Budapest.

- Fári M.G. - Popp J. szerk. (2015):* Biotechnológia - anno 1920-1938 és ma. Erekly Károly programja a fehérjeprobléma megoldásáról és napjaink feladatai, Szaktudás Kiadóház, Budapest.
- Felföldy L. - Dénes G. (1961):* A fehérje-bázis biológiai problémáiról. Agrártudományi Közlemények 24. 251-264
- Goodall, C. (1935):* Improvements relating to the treatment of grass and other vegetable substances. British Patent, No. 457789.
- Holló J. - Zagyvai I. - Koch L. (1964):* Eljárás biológiailag teljesértékű, rostmentes zöldségnövénykoncentrátum előállítására. Magyar Szabadság, 153249 számú, 1968. 06. 15.
- Holló, J. - Kralovánszky, U.P. (2000):* Biotechnology in Hungary. Adv. Biochem Eng. Biotechnol. 69. 151-73.
- Kamm, B. - Kamm, M. (2007):* International biorefinery systems. Pure and Applied Chemistry, 79. 1983-1997.
- Kralovánszky, U. P. (1975):* A fehérjeprobléma. Ma újdonság, holnap gyakorlat. Mezőgazdasági Könyvkiadó, 58.
- Kralovánszkykné Bócsa K. - Buglos J. (1972):* "Levélféherje-koncentrátumok" előállításával kapcsolatos nyersanyag és felhasználási kísérletek nemzetközi áttekintése. MÉM Információs Központ.
- Kromus S. - Narodslawsky M. - Koschuh W. (2002):* Green Biorefinery - Integrated use grass as the cornerstone of a sustainable cultural landscape use, Reports on Energy and Environ. Res., 18. 117-142.
- Kromus, S. - Wachter, B. - Koschuh, W. - Mandl, M. - Krotscheck, C. - Narodslawsky M. (2004):* The Green Biorefinery Austria – development of an Integrated System for Green Biomass Utilization, Chemical and Biochemical Engineering Quarterly, 18. 7-12.
- Láng G. (1965):* A fehérje előállítása és felhasználása a magyar mezőgazdaságban. Agrártudományi Közlemények 24. 237-249.
- Mandl, M. G. (2010):* „Status of green biorefining in Europe.” Biofuels, Bioproducts and Biorefining, 4. 268-274.
- Mentler L. (1960):* A pépesített zöldlucerna etetés hatása a fehér húsertés szopósmalacok és kocasüldők növekedésére. Állattenyésztés, 9. 161-170.
- Miller, H. (1948):* Method of processing alfalfa. US patent, No. 2 600 903.
- Naghski, J. - White, J. W. - Hoover, S. R. (1946):* Recovery of proteins from plant leaves and stems. US Patent, 2,543,049.
- Pirie, N. W. (1942a):* Some practical aspects of leaf protein manufacture. Food Manufacture. 17. 283-286.
- Pirie, N. W. (1942b):* The direct use of leaf protein in human nutrition. Chemistry and Industry (London) 61. 45-48.
- Pirie, N. W. (1987):* Leaf protein and its by-products in human and animal nutrition. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 224.
- Pirie, N.W. (1961a):* Progress in biochemical engineering broadens our choice of crop plants, Econ. Bot., 15. 302–310.
- Popp J. -, Fári M. - Antal G. - Harangi-Rákos M. (2015):* A fehérjetakarmány-piac kilátásai az EU-ban, különös tekintettel Magyarország fehérjeigényének kielégítésére. Gazdálkodás 59. 401-421.
- Ruttkey U. (1934):* A Magyar Alföld öntözése. Válasz a Képviselőházban 1934 május és június havában elhangzott felszólalásokra. Budapest, 23.
- Slade, R. E. - Birkinshaw, J. H. (1938):* Improvements in, or relating to the utilization of grass and other green crops. British Patent, No. 511525.
- Slade, R. E. - Branscombe, D. J. - Gount, W. E. (1941):* Improvement in or relating to the production of food from plant leaves. British Patent, No. 577172.
- Slade, R. E. - Branscombe, D. J. - McGowan, J. C. (1945):* Protein extraction. Chemistry & Industry, 194-197.
- Smith, H. A. (1937):* Process for the manufacture of a feed material from lettuce. US Patent 2,190,176.
- Sullivan, J. T. (1943):* Protein concentrates from grasses, Science 98. 363-364.

- Sullivan, J. T.* (1944): High-protein concentrate can be obtained from grass. *Food Industry*, 16. 186-187, 245.
- Tangl H.* (1955): A takarmányok tartósítása a fehérje-ellátás szolgálatában. *Agrártudományi Közlemények*, 6. 308-326.
- Tangl H.* (1949): Kísérletek újabb nagyértékű lucernaliszt előállítására. *Agrártudomány* 1. 456-460.
- Telek, L.* (1979): Preparation of Leaf Protein Concentrates in Lowland Humid Tropics, in *Tropical Foods: Chemistry and Nutrition*. Eds. Inglett, G. E., Charalambous, G., New York: Academic Press, 2. 659-683.
- Telek, L.* (1983): Leaf protein extraction from tropical plants. In *Leaf protein extraction from tropical plants, Plants: the Potential for Extracting Protein Medicines and Other Useful Chemicals*, US Congress, Washington, DC, 78-125.
- Waterlow, J.C - Cruickshank, E. K.* (1961), Preliminary trials in refeeding malnourished infants with leaf protein concentrates., *Publ. 843, Nat. Acad. Sci. and Nat. Res. Council.*, 69.
- Watson, S. J.* (1939): The science and practice of conservation: Grass and forage crops. *The Fertiliser and Feeding Suff Journal*, London, I., 820.
- Xiu, S., Shahbazi, A.* (2015): Development of green biorefinery for biomass utilization: A review *Trends in Renewable Energy* 1. 4-15.

Érkezett: 2018 szeptember

A szerző címe: Fári M. G.

Mezőgazdasági Növénytani, Növényélettani
és Biotechnológiai Tanszék, Debreceni Egyetem MÉK

Author' address: Department of Agricultural Botany, Plant Physiology and
Biotechnology, Faculty of Agricultural and
Food Sciences and
Environment, Management, University of Debrecen
H-4032 Debrecen, Böszörményi u. 138.
fari@agr.unideb.hu

IPARI MELLÉKTERMÉKEK FELHASZNÁLÁSA GAZDASÁGI ÁLLATAINK FEHÉRJEELLÁTÁSÁNAK BIZTOSÍTÁSÁRA

FÉBEL HEDVIG

ÖSSZEFOGLALÁS

Világszerte folyamatosan nő a humán táplálkozás, illetve a takarmányozás fehérjeigénye, aminek következtében egyre nagyobb az érdeklődés más fehérjeforrások iránt. A különböző ipari melléktermékek potenciális takarmány-alapanyagként szolgálhatnak a gazdasági állatfajok számára. Egyes élelmiszer alapanyagok, üdítők valamint a bioetanol előállításához a kukoricát eltérő technológiával dolgozzák fel. A kukorica száraz illetve nedves feltárása során különböző melléktermékek (száraz gabonatörköly oldható anyagokkal - DDGS; corn gluten feed - CGF) keletkeznek, amit a takarmányozásban a szója helyettesítésére alapanyagként felhasználhatunk. A biodízel mint megújítható üzemanyag iránti növekvő igény az alapanyagául szolgáló olajos magvak egyre nagyobb területen való termesztését idézte elő. A repcemagból az olaj eltávolítása után keletkező melléktermék a repcepogácsa. A dolgozat a DDGS, a CGF valamint a repcepogácsa kérődző, sertés illetve baromfi takarmányozásában való felhasználásának lehetőségeit és korlátait foglalja össze, kitérve a biztonságosnak tekinthető, javasolt maximális bekeverési arányra.

SUMMARY

Fébel, H.: USE OF INDUSTRIAL BY-PRODUCTS TO SATISFY PROTEIN DEMAND OF LIVESTOCK

The worldwide increasing demand for proteins as human nutrition and animal feeding leads to a growing interest on other protein sources. Different by-products from industry might be promising alternative protein sources for animals. The dry and wet milling of corn to produce human foods, beverages or fuel ethanol is leading to an increased production of associated by-products, dried distiller's grains with solubles (DDGS) or corn gluten feed (CGF). These products could be used for replacing soybean meal in the diet of livestock. Global oilseed demand for non-food purposes has been increasing recently. The driving force is the growing use of oils for biodiesel production. Rapeseed cake is a by-product of biodiesel produced from rapeseed. The purpose of this paper is to identify the limitations and explore the opportunities of using by-products such as DDGS, CGF and rapeseed cake in diets of ruminants, pig and poultry and propose a recommendation for their safe maximum level of dietary inclusion.

BEVEZETÉS

A gazdasági haszonállatok takarmányozásában nehezen nélkülözhetőek az egyes állatifehérje-források. Az ilyen eredetű alapanyagok biológiai értéke, a fehérjét felépítő aminosavak (különösen az esszenciálisoké) mennyisége valamint egymáshoz viszonyított aránya kedvező az állatok fehérjeszükségletének kielégítése szempontjából. A jelenlegi jogszabály szerint, a 999/2001/EK rendeletben a 7. cikk Az állatok takarmányozását érintő tilalmak (1) bekezdése szerint „Állati eredetű fehérjét tilos kérődzők takarmányozására használni”. Illetve ezen cikk (2) bekezdése szerint „Az (1) bekezdésben előírt tilalmat ki kell terjeszteni a nem kérődző állatokra, és ezen állatok takarmányozása tekintetében az állati eredetű termékekre kell korlátozni, a IV. melléklettel összhangban”. E tiltás miatt a növényi eredetű fehérjeforrások iránti igény jelentősen nőtt. A növényi fehérjeforrások közül nagyobb fehérje- és lizintartalma miatt az extrahált szójadara alkalmazása terjedt el (a tiltás előtt is ezt alkalmaztuk az állati eredetű fehérje mellett), és valószínűleg ez is marad a monogasztrikus állatok takarmányában a meghatározó fehérjeforrás. A kérődzők, a bendőben élő mikroorganizmusok fehérjeszintetizáló tevékenysége miatt, nem annyira érzékenyek a takarmányban lévő fehérje mennyiségére, és annak aminosav-összetételére. De ezen állatfajok között is kitüntetett figyelmet kell fordítanunk a nagy tejtermelésű tehének speciális fehérjeszükségletének megfelelő kielégítésére. Az utóbbi esetében nemcsak a takarmány fehérjeszintjére hanem annak bendőbeli lebonthatóságára is tekintettel kell lenni. Erre a célra is legelterjedtebb a szója különböző kezeléseivel (fizikai, kémiai) előállított nagyobb by-pass hányadú szójatermék.

A fent leírtak alapján a szójadara az a referenciafehérje, amihez viszonyítjuk a gazdasági állataink takarmányozásában felhasznált egyéb növényt. A szója mellett számos más növényi fehérjeforrás felhasználható, az azt korlátozó tényezők figyelembevételével. Az egyéb növények vagy növényi eredetű alapanyagok alkalmazását „kikényszeríthetik” gazdasági, növénytermesztési illetve környezetvédelmi okok. A szójadara világpiaci ára sok esetben annyira magas lehet, ami miatt a takarmányreceptúrát összeállítók igyekeznek azt olcsóbb, de még megfelelő fehérjetartalmú alapanyaggal részben kiváltani vagy helyettesíteni. Sok országban, így hazánkban is az agroökológiai potenciál csak korlátozott mértékben teszi lehetővé a szója termesztését. E miatt Magyarország például évi kb. 650 ezer tonna szóját importál, ami főleg genetikailag módosított növényből származik. A különböző ipari alapanyagok előállítása során sok esetben olyan alapanyagok keletkeznek nagy mennyiségben, aminek elhelyezése vagy megsemmisítése komoly környezeti terhelést jelent. Számos olyan fehérjeforrás ismert, ami alkalmas lehet a szójadara helyettesítésére. A hazánkban termesztendő növények közül kiemelendő:

- hüvelyes magvak (édes csillagfürt, borsó, lóbab, szegletes lednek);
- olajos magvak (repce, napraforgó);
- pillangós zöldtakarmány, lucernaliszt.

A különböző ipari feldolgozás során is keletkeznek olyan melléktermékek, amelyek jelentősebb nyersfehérje-tartalommal rendelkeznek. Ilyenek az alábbiak (zárójelben az átlagos nyersfehérje-tartalom):

- olajipari melléktermékek

- extrahált napraforgódara (43%)
- napraforgópogácsa (29%)
- extrahált repcedara (38%)
- repcepogácsa (33%)
- söripari melléktermékek
 - sörélesztő (54%)
 - sörtörköly (27%)
- szeszipari melléktermékek
 - takarmányélesztő (49%)
 - DDGS - dried distiller's grains with solubles (27%)
- keményítőgyári melléktermékek
 - kukoricaglutén (68%)
 - CGF - corn gluten feed (22%)

Jelen dolgozatban a felsorolt ipari melléktermékek közül a bioüzemanyag gyártása során, nagy mennyiségben keletkező repcepogácsa, DDGS és CGF takarmányozási felhasználhatóságával foglalkoznék részleteiben.

Először a felsorolt fehérjeforrások táplálóanyag-tartalmát hasonlítom össze az extrahált szójadaráéval, majd külön-külön ismertetem az egyes termékek speciális jellemzőit illetve állatfajok szerint a tápokban való bekeverés értékeit.

AZ EGYES FEHÉRJEFORRÁSOK FŐBB TÁPLÁLÓANYAGAINAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

A takarmányok kémiai összetételét, a főbb aminosavak %-os értékét, energiatartalmát, valamint a kérődző és monogasztrikus állatok takarmányozásában fontos értékeket az 1. táblázatban foglaltam össze. Az adatok döntő része a Feedipedia (<http://www.feedipedia.org>) adatbázisból származik. A kérődzőre és a baromfira vonatkozó energiaértékeket, valamint a hasznosítható foszfor mennyiségét hazai takarmányozási táblázatból vettem (Schmidt, 2015).

Az extrahált szójadarához viszonyítva mindhárom termék nyersfehérje-tartalma kisebb. A repcepogácsában 35,6%, a DDGS-ben 29,5%, a CGF-ben pedig 21,7%, szemben a szójadara 53,5% értéke. Ezek az adatok egyértelműen jelzik, hogy a termékek egyike sem képes egy az egyben helyettesíteni a szóját. Ez az érték 0,4 és 0,5 között változik, az alapanyagok aktuális fehérjetartalmától függően. A DDGS és a CGF nyersfehérje-tartalma a kiindulási anyaghoz (kukoricaszem) viszonyítva a fermentáció során nő, annak biológiai értéke azonban sertés és baromfi esetében csak közepes, mivel lizinben és triptofánban szegény.

A repcepogácsa a DDGS-hez és a CGF-hez viszonyítva nagyobb mennyiségű fehérjét tartalmaz, kéntartalmú aminosavakban gazdag. A repcepogácsa fehérje-tartalma az extrahált szójadaránál ugyan kisebb (35,6%) de a fehérjében a lizin és a metionin aránya jóval kedvezőbb. A három melléktermék aminosav-tartalmában mutatkozó hiányosságokat a sertés és baromfi takarmányaiban kompenzálhatjuk szintetikus formában történő aminosav-kiegészítéssel. A fehérjetartalom tárgyalásakor feltétlenül érinteni kell a kérődző fehérjeellátása szempontjából fontos bendőbéli lebonthatóságot. A CGF fehérjetartalmának bendőbéli lebonthatósága (bendőben lebontható fehérje - RDP) nagyobb mint a kiindulási anyagé, a

1. táblázat

Az egyes alapanyagok takarmányozási értékének összehasonlítása

Paraméterek (1)	Extr. szójadara (2)	Repcepogácsa (préselés) (3)	CGF (4)	DDGS (5)
Nyersfehérje, % sz.a.* (6)	53,5	35,6	21,7	29,5
Nyersrost, % sz.a. (7)	4,9	13,2	8,3	7,9
NDF, % sz.a. (8)	11,0	29,9	39,6	34,2
ADF, % sz.a. (9)	5,9	19,7	10,6	13,6
Lignin, % sz.a.	0,5	9,1	1,2	4,3
Nyerszsír, % sz.a. (10)	1,8	9,2	3,4	11,1
Nyershamu, % sz.a. (11)	7,2	6,9	6,9	5,4
Keményítő, % sz.a. (12)	-	-	21,5	9,3
Ca, g/kg sz.a.	3,6	7,9	1,6	1,6
P, g/kg sz.a.	7,6	11,9	10,2	7,9
Hasznosítható P, g/kg sz.a.	2,1	3,0	2,3	3,9
Lizin, % fehérje (13)	6,3	5,6	2,9	3,0
Metionin, % fehérje (14)	1,4	2,2	1,7	2,0
Cisztin, % fehérje (15)	1,6	2,6	1,9	2,0
Treonin, % fehérje (16)	3,8	4,7	3,4	3,7
Triptofán, % fehérje (17)	1,4	1,3	0,6	0,8
Kérődző táplálóérték (18)				
NE _m , MJ/kg sz.a.	8,79	8,87	8,08	8,72
NE _g , MJ/kg sz.a.	5,99	6,06	5,38	5,94
NE _r , MJ/kg sz.a.	8,02	8,01	7,38	7,89
Fehérje bendőbeli lebonthatósága (k=6%), % (19)	65	72	72	48
Sertés táplálóérték (20)				
DE, MJ/kg sz.a.	17,1	14,6	12,3	16,3
Fehérje emészthetőség, % (21)	89,6	82,0	60,2	83,0
Baromfi táplálóérték (22)				
AME _n , MJ/kg sz.a.	11,0	10,2	8,5	10,5

Table 1. Comparison of nutritive values of different feedstuffs

* sz.a. - szárazanyag - dry matter

Parameters (1); extracted soybean meal (2); rapeseed cake (pressed) (3); corn gluten feed (4); dried distiller's grains with solubles (5); crude protein (6); crude fiber (7); neutral detergent fiber (8); acid detergent fiber (9); ether extract (10); ash (11); starch (12); lysine, % protein (13); methionine % protein (14); cystine, % protein (15); threonine, % protein (16); tryptophan % protein (17); nutritive value for ruminants (18); rumen degradability of protein (19); nutritive value for pigs (20); digestibility of protein (21); nutritive value for poultry (22)

kukoricáé. Ez azt jelenti, hogy a fehérje by-pass hányada kisebb, ami problémát okozhat nagy tejtermelésű tehenek esetében. A DDGS fehérje lebonthatósága (48%) a kukoricához hasonló. Ugyanakkor érdemes tekintettel lenni arra, hogy a DDGS kukoricánál jóval nagyobb fehérjetartalma miatt, etetésekor több lebontatlan fehérje juthat a vékonybélbe. A repcepogácsa RDP-tartalma a préseléses technológia során alkalmazott eltérő hőmérséklet miatt, nagyon változó. Ennek részleteit a későbbi fejezetben tárgyalom.

A repcepogácsa, a CGF és a DDGS felhasználhatóságát monogasztrikus állatokban a nyersrosttartalom korlátozza, az értéke kétszer-háromszor nagyobb az extrahált szójadaráénál. A nagy rosttartalmú termékek kiváló takarmányt jelentenek kérődzők számára. A nyersrost analízis eredménye, különösen az összetett gyomrú állatok esetében, ugyanakkor nem ad elegendő információt az egyes takarmányok minősítéséhez, feltétlenül szükséges a rostfrakciók ismerete is. Az NDF-, ADF- és lignintartalom jóval meghaladja az extrahált szójadarában mért értéket, illetve a termékeket összehasonlítva rendkívül eltérő mennyiséget találunk. Jól lehet az ADF - és a lignintartalom a repcepogácsában a legnagyobb ez azonban nincs negatív hatással a nettó energiatartalomra. A repcepogácsa parciális nettó energia értékei az extrahált szójadara és a DDGS adataihoz hasonló. A CGF nettó energiatartalma a legkisebb, aminek oka valószínűleg a nagy NDF-tartalom.

Régóta ismert, hogy a nagyobb nyersrosttartalom sertésben illetve baromfifélékben rontja az egyes táplálóanyagok látszólagos emészthetőségét. A táblázatból ugyanakkor látható, hogy a fehérje emészthetősége sertésben a repcepogácsa és a DDGS esetében csak kis mértékben csökkent (89,6%, illetve 82% és 83%). A CGF fehérje látszólagos emészthetősége ugyanakkor csak 60%, aminek következtében az emészthető energiatartalom értéke a legkisebb, 12,3 MJ/kg szárazanyag (szójában 17,1 MJ/kg szárazanyag). A CGF metabolizálható energiatartalma (AME_n) ugyancsak a legkisebb. A DDGS és a repcepogácsa nagyobb nyerszsírtartalma következtében az AME_n nem sokkal marad el az extrahált szójadarához viszonyítva. Az 1. táblázat adataiból kitűnik, hogy meglepő módon nem a repcepogácsa, hanem a DDGS nyerszsírtartalma a legnagyobb (11,1%). Ennek hátterében az áll, hogy a technológia során a kukoricacsírat nem távolítják el, így annak olajtartalma a törkölyben marad. A nyerszsírtartalom a repcepogácsában 9,2%, a CGF-ben 4,1%, ami nagyobb a szójadara 1,8% értékénél.

A bioetanol előállításánál a kukoricaszem keményítőtartalmát hidrolizálják majd etanollá fermentálják. Az átalakítás mértéke különböző, ezért a DDGS keményítőtartalma elég nagy különbséget mutathat (3,9-15,2%). A CGF keményítőtartalma még ennél is tágabb határok között változik: 11-33,8%. Ez természetesen a termékek energiatartalmát is befolyásolja.

A CGF és a DDGS foszforszintje (1 és 0,8%) jelentősen meghaladja a kalciumtartalmat (0,2%), arányuk 1:5 vagyis messze nincs meg az ideálisnak tartott 2:1 Ca:P arány. A termékek alkalmazásakor feltétlenül kalcium-kiegészítésre van szükség. Ugyanakkor figyelembe veendő, hogy az összes P nagyobb része nem hasznosítható, azaz fitinhez kötött P.

A repcepogácsa Ca és P aránya 1:1,5, a két ásványi elem mennyisége között nincs akkora eltérés, de itt is indokolt a Ca-kiegészítés az optimális Ca:P arány biztosítása érdekében. Fontos megjegyezni, hogy a nagyobb összes P-tartalom

nem indokolja fitáz adagolását. Brojlertápban fitáz-kiegészítés (1000 U/kg) hatására a pajzsmirigy megnagyobbodását tapasztalták. A fitáz enzim hatására felszabaduló fehérjék stimulálják olyan bélbaktériumok aktivitását, amelyek tevékenysége hatására a glükozinolátok hidrolízise toxikus anyagok felszabadulásához vezetett (Smulikowska és mtsai, 2010).

A REPCÉPOGÁCSA FELHASZNÁLÁSA GAZDASÁGI ÁLLATAINK FEHÉRJEELLÁTÁSÁBAN

A repcemagot (*Brassica napus var. Arvensis*) az elmúlt évszázadban, a benne lévő antinutritív anyagok miatt, nem szívesen használták takarmányozási célra. A repce, más keresztesvirágú növényhez hasonlóan számos, az állat anyagforgalmát károsító anyagot tartalmaz. Ezek a glükozinolátok, az erukasav, a tannin és a szinapin. Az antinutritív anyagok rontják a takarmány ízletességét, az emészthetőséget és nagyobb mennyiségben károsak a létfontosságú szervek állapotára is.

A glükozinolátok (allil aldoxim-O-szulfát észterek β -D-tioglukopiranozid csoporttal) önmagukban biológiailag inaktívak, de hidrolízisük során számos goitrogén és toxikus anyag keletkezik. Az összes glükozinoláttartalom 50-70%-át a progoitrin (2-OH-3-butenil glükozinolát) teszi ki (Zhao és mtsai, 1994). Meghatározó glükozinolát még a 4-OH-glükobrassicin és a glükonapin. Mindegyik vegyület specifikus bontóenzime a β -tioglukozidáz (mirozináz, EC 3.2.3.1). Az enzim, döntően a növény magjában, a glükozinoláttól elkülönülve, folyadéküregbe zárva található. Az előkészítő eljárások során (darálás, pépesítés, áztatás) a sejtterek fala sérül, az enzim a szubsztrátjával érintkezésbe kerül. Az enzimes hidrolízis hatására a glükozinolát vegyületek különböző káros hatású bomlási terméké alakulnak. Ezek közül a pajzsmirigy működését károsan befolyásoló vegyületek (izotiocianát, goitrin, nitrilek, tiocianát) jönnek létre. A repcemag feldolgozása során a goitrogén vegyületek keletkezése mérsékelhető a magban lévő mirozináz enzim minél előbbi kicsapásával (denaturalálás). Észk kutatók (Kaldmäe és mtsai, 2010) eredménye szerint a hőkezeléssel jelentősen csökkenthető a glükozinolátok mennyisége (2. táblázat).

2. táblázat

A hőkezelés hatása a repcefogácsa glükozinolát koncentrációjára

Paraméterek (1)	Repcemag (2)	Repcéfogácsa (3)	A hőkezelés hatása, % (4)
Glükozinolát, $\mu\text{mol/g}$ (5)	17,9	9,5	-47
Progoitrin	6,9	4,7	-32
Napoleiferin	0,4	0,3	-25
Gluconapin	2,7	1,9	-30
4-OH-glucobrassicin	6,7	1,9	-72
Glucobrassicinapin	0,8	0,5	-38
Glucobrassicin	0,4	0,1	-75

Table 2. Effect of heat treatment on glucosinolates' content of rapeseed cake

Parameters (1); rapeseed (2); rapeseed cake (3); effect of heat treatment (4); glucosinolates (5).

Sajnos hővel a károsító hatást nem lehet teljesen eliminálni, mivel a bélben élő baktériumok is képesek mirozinázt termelni, ami miatt a glükozinolát alapegységeire bomlik és az aglukán felszívódik (*McDonald és mtsai, 1995*).

Az erukasav telítetlen hosszú szénláncú zsírsav (C22:1 n-9), amely korábban a repceolaj 35-40%-a volt. Szív- és érrendszeri megbetegedést idéz elő, csökkenti a vérben a trombocitaszámot, ami vérzékenységhez vezet.

A tanninok közül a kondenzált forma oldhatatlan komplexet képez a fehérjékkel és így azok emészthetősége csökken (*Bell, 1993*). A hidrolizálható tannin gátolja egyes makroelemek (Ca, P, Mg) felszívódását valamint a zsírok emészthetőségét. A repcemag héjtalanítása valamint vékonyabb héjú repcefajták nemesítése nagyban segítené a tannintartalom csökkentését, hiszen ez a vegyület döntően a héjban található (*Lipsa és mtsai, 2012*). A héjtalanítás ezenkívül remek megoldás lenne a rost táplálóanyagok emészthetőségére gyakorolt negatív hatásának csökkentésére (*Baidoo és Aherne, 1985*). Sertésben héjtalanított repce etetésekor javult az aminosavak ileális emészthetősége (*de Lange és mtsai, 1998*).

A repcében kb. 1% mennyiségben található szinapin, ami súlyos szaghibát okoz a tojásban bizonyos tojóhibridekben. A szinapin lebontása során keletkező trimetilamin a trimetilamin-oxidáz szagtalan trimetilamin-oxiddá alakítja. A trimetilamin biokémiai átalakítása nem tökéletes néhány tojóhibridben. Így például a Rhode Island Red tojók olyan génmutációt (FMO3 gén) hordozhatnak, aminek következtében nem termelődik trimetilamin-oxidáz a vesében illetve a májban. Az enzimhiány következtében a repcében található szinapinból keletkező trimetilamin (TMA) a madár nem képes szagtalan trimetilamin-oxiddá alakítani, így az visszamarad a szervezetben és felhalmozódik a tojássárgájában. Az ilyen jellegű tojás kellemetlen, romlott halszagú, ami a fogyasztóban bizalmatlanságot kelt és megkérdőjelezi a tojás frissességét.

A növénynemesítés a leghatásosabb eszköz a repcében található antinutritív anyagok mennyiségének csökkentésére. A növénynemesítők intenzív munkájának köszönhetően a repce erukasav- és glükozinoláttartalma jelentősen csökkent. A nemesítési munkával előállított *Canola* repce (CANadian Oil Low Acid szavakból képzett mozaikszó) jóval kevesebb glikozidot tartalmaz. Különböző tanulmányok szerint 2010 óta a glükozinoláttartalom fokozatosan csökken, a *Canola* repcében 3,9 $\mu\text{mol/g}$, a francia repcedarában 10 $\mu\text{mol/g}$ volt (*Mejicanos és mtsai, 2016*). A 00-ás hibrideknek nemcsak az extrahált darája, hanem a teljes olajtartalmú magja (full fat repce) is felhasználható takarmányozási célokra. Az elfogadott maximális mennyiség 00-s repcemagban 2003 óta Európában: 25 $\mu\text{mol/g}$ glükozinolát. Továbbá kinemesítettek már 000 (tripla nullás), tannin (csersav)-szegény repcét is.

A biodízel gyártás előretörése miatt világszerte egyre nagyobb területeken folyik repcetermesztés. A növényt elsősorban a repcemagban található nagymennyiségű olaj (kb. 40%) teszi igazán értékesé, így a világon a harmadik legjelentősebb olajnyerés céljából termesztett növény. Az olajos magvakból az olaj eltávolításának egyik lehetséges módja a mechanikus préselés, ami után olajpogácsa keletkezik. A préselés történhet alacsonyabb és magasabb hőfokon, amihez két különböző technológiát használnak.

A hideg sajtolási eljárással egy horizontális tengelyű csavarprés segítségével egy menetben, gőz használata nélkül nyerik ki az olajat (*Leming és Lember, 2005*). A hőmérséklet a sajtolás során általában 50-60 °C-ot ér el 50-70%-os olaj extrakciót

eredményezve. A mechanikai olajkinyerés másik lehetséges módja az un. expeller előállítás. Az alapanyag hőmérsékletét ebben az esetben gőz segítségével 110-115 °C-ra emelik a préselés előtt, majd egyszeri vagy többszöri préselés után az eljárással az olaj több mint 75%-át kinyerik (*Spragg és Mailer, 2007*). Repce esetében a hideg sajtolású pogácsa kevesebb nyersfehérjét, nitrogén-mentes kivonható anyagot és nyersrostot tartalmaz, míg nyerszsír (17-18%) és metabolizálható energiatartalma meghaladja az expellerét (*Leming és Lember, 2005*).

A technológiai lépések jelentős hatással vannak a végtermék tulajdonságaira és táplálóértékére. A préselés előtt alkalmazott vízhozzáadás például segíti a hőleadást (az elpárolgó víz hőt von el), így a fehérjéket roncsoló Maillard reakció kockázata és mértéke kisebb lesz (a túl magas hőmérséklet denaturálhatja a fehérjéket, növelve az emészthetetlen hányadot). További fontos szempont, hogy a képződő vízgőz a poláris glükozinolátok egy részét eltávolítja a rendszerből, tehát csökkenti a káros anyagok mennyiségét a pogácsában. Harmadrészt, a rostot gyakorlatilag 'megfőzi' a forró vízgőz, ami javítja a rost emészthetőségét. A mellesleg és nagy nyomás mellett történő préselés esetében az alapanyag legalább 60-100 percet tartózkodik 100 °C fok feletti hőmérsékleten, ami meghatározó a pogácsa emészthetősége, a zsírok és a fehérjék bendővédetségére, valamint a végtermék szárazanyag-tartalma szempontjából.

A repcepogácsa monogasztrikus állatokban való felhasználhatóságát korábban megjelent tanulmányunkban összegeztük (*Horváth és mtsai, 2014*). A téma iránt érdeklődők részleteiben olvashatnak erről, jelen dolgozatban csak a felhasználásra vonatkozó legfontosabb megállapításokat szeretném kivonatolni, illetve az ott nem érintett, kérdődzőkkel kapcsolatos ismereteket foglalnám össze.

Mivel a repce antinutritív vegyületeire fiatal/növendék állatok fokozottan érzékenyek, ezért a malacnevelés során etetett tápokban a glükozinoláttartalom 2 - 2,5 $\mu\text{mol/g}$ értéket nem haladhatja meg. Ez határozza meg a repce bekeverési részarányát is, ami nagyon jó minőségű repce esetében is maximum 10% lehet.

A hizósertések takarmányozásában alacsony glükozinoláttartalmú repcepogácsa etethetőségének felső határa 15%. Ajánlatos korlátozni a repcepogácsa etetését a hizálás végső szakaszában – az elzsírosodásra való hajlam növekedése illetve a lágyabb szalonna miatt – a repceolaj nagyobb nyerszsír- többszörösen telítetlen zsírsavtartalma miatt.

Kocákkal a csökkentett glükozinoláttartalmú repcetermékek maximum 10%-ban etethetők a fertilitás csökkenése, illetve a kocatej beltartalmi paramétereinek romlása nélkül.

A brojlercsirkék takarmányadagjában a repcepogácsa a nevelő szakaszban max. 10%, a befejező szakaszban max. 15%-os részarányban ajánlható a hizálási eredményekre gyakorolt negatív hatás nélkül. A teljes olajtartalmú (full-fat) repcemag a brojlerek energiaellátását jelentősen javíthatja amennyiben a 40-41% olajtartalmú repce 8-10%-os részarányban van jelen a brojlertápban a nevelő illetve a befejező szakaszban.

A tojótyúkok takarmányozásában a repcepogácsa max. 4%-ban javasolható a tojás minőségére gyakorolt esetleges negatív hatás elkerülése miatt. Fontos azonban kiemelni, hogy a fenti számmal jelzett bekeverési arány növelhető, akár 15-20% is lehet, ha a táp glükozinoláttartalma 1,5 $\mu\text{mol/g}$ értéket nem haladja meg. Ez tekinthető tojótyúkok esetében a glükozinolát tolerálható határértékének.

Pulykák hizlalása során a csökkentett glükózinnoláttartalmú repcepogácsa a nevelő szakaszban maximum 10%, a befejező szakaszban 15% felső határral használható gazdaságosan a természetes mutatók romlása nélkül.

Kérődzők esetében, elsősorban a tejelő tehenek számára, a repceolaj fizikai eljárással végzett préselése után visszamaradó préselt repcepogácsa széles körben használt értékes fehérjeforrás. Ezt különösen az indokolja, hogy viszonylag magas rost- (13%, ez a szója rosttartalmának kb. 3-4-szerese) tartalmát leginkább a kérődzők emésztőrendszere képes feldolgozni.

A préselt repcepogácsa kiválóan beilleszthető a tejhasznú tehenek napi takarmányadagjába. Az extrahált szójadara egységnyi mennyiségének helyettesítéskor megközelítően 40%-kal több melegen préselt repcepogácsát kell a TMR-hez adni (eredeti anyagban számítva) ugyanazon nyersfehérje-koncentráció eléréséhez. Az extrahált szójadaráról köztudott, hogy lizinben gazdag (1. táblázat) a repcepogácsához képest. Az azonban kevésbé ismert, hogy a repcepogácsa fehérjéje arányaiban több metionint, cisztint és treonint tartalmaz, mint a szójadara fehérjéje. Természetesen az aminosavak abszolút mennyisége kisebb a repcepogácsában, hiszen nyersfehérje-tartalma kevesebb, mint az extrahált szójadaráé. Amennyiben azonban 1 egység extrahált szójadarát 1,4 egység repcepogácsával helyettesítünk, úgy utóbbi esetben metioninban, cisztinban és treoninban gazdagabb keveréket kapunk. A tejelő tehen bendőjében felépített mikrobafehérjére vonatkoztatva a limitáló sor: metionin, lizin, treonin. Az elsősorban kukoricára és szójadarára alapozott takarmányozás esetében a bevitt nyersfehérje a tejtermelést limitáló aminosavak közül metioninban szegény, ezért ennek pótlása szükséges. A hidegen és melegen préselt repce nagyobb metionintartalma kedvező hatású lehet, mivel a metionin egy része védett a bendőbeli lebomlástól. Mindazonáltal a tejelő tehen esetében nem csupán a limitáló aminosavak mennyisége, hanem azok egymáshoz viszonyított aránya is nagy jelentőséggel bír. Az optimális lizin:metionin arány 3:1. A lizin és a metionin aránya a repce esetében a kívánatoshoz nagyon közeli 2,7:1, ezzel szemben a szójában az arány rendkívül tág, 4,4:1.

A termékben lévő nagyobb zsírtartalom kedvező a nagy tejtermelésű tehenek energiaszükségletének fedezése szempontjából. Ugyanakkor a zsírsavak bendőmikrobákra gyakorolt citotoxikus hatása miatt bizonyos mennyiség felett már nem etethető a repcepogácsa. Egy kilogramm szárazanyagban kb. 12-14% nyerszsírt találunk, aminek egy része védett formában található a sejt belsejében. A védettsége azt jelenti, hogy a bendőben a bakteriális hidrolízisnek jobban ellenáll, ennek következtében kevesebb a bendőfermentációt károsító zsírsav felszabadulás. Általában úgy tartjuk, hogy 2,5 kg-nál nagyobb mennyiségben adagolva a nyersrost bendőbeli lebontása csökken. Ezért a repcepogácsa termelési szinttől függően 1-2,5 kg/nap/tehen mennyiségben javasolható.

A repce felhasználását kérődző állatok esetében is korlátozhatja még a benne lévő antinutritív anyagok. A bendőlebontási folyamatok következtében, a monogasztrikus állatokkal összehasonlítva, ennek jóval kisebb a jelentősége, de a növény maradék tannin-, glükózinnolát- és erukasav-tartalma limitálja a repcedara bekeverési arányát. Ez is indokolja, hogy a repcepogácsa maximális bekeverhetősége 2,5 kg, ugyanis a mustárolaj-glikozidok, az erukasav és a szinapin következtében kellemetlenné válhat a tej íze.

Melegen préselt repcepogácsa etetésekor az extrahált repcedarához viszo-

nyítva hasonló vagy még nagyobb tejtermelést figyeltek meg (*Jones és mtsai, 2001; Hristov és mtsai, 2011*). Hidegen préselt repceporácsa alkalmazása növelte a tejtermelést (*Johansson és Nadeau, 2006*). Hízómarhában 15 illetve 30%-ban adagolt melegen préselt repceporácsa illetve extrahált repcedara etetésével azonos súlygyarapodás érték el. A 30% repcearány ugyanakkor rontotta a fajlagos takarmány-felhasználást (*He és mtsai, 2013*).

A DDGS FELHASZNÁLÁSA GAZDASÁGI ÁLLATAINK FEHÉRJEELLÁTÁSÁBAN

A DDGS a gabonából készített etanolgyártás során képződő melléktermék. Az USA-ban és hazánkban a bioetanol előállítás leggyakoribb alapanyaga a kukorica, de a búza, a cirok, a rozs illetve a cukornád e tekintetben a világ több országában szolgál kiinduló növényként. Az etanol előállításának alapja a kiindulási anyagok erjeszhető szénhidrátjainak (keményítő és cukor) fermentálása.

A kukoricából, leggyakrabban száraz őrlési eljárással állítják elő az etanolt és a DDGS a fő melléktermék. A száraz őrlési eljárás első lépéseként a kukoricaszemeket őrlik vagy darálják, aminek eredménye a korpamentes liszt. Ezt követően a darált gabonát vagy lisztet vízzel elegyítik és (amiláz) enzimmel keverik. Az így kialakult pépben hidrolizálódik a keményítő (elfolyósítás folyamata). Az elegyet hevítik a kedvezőtlen hatású tejsavbaktériumok elpusztítása érdekében, majd a péphez enzimet adnak a keményítő dextrózzá bontása érdekében (elcukrosítás folyamata). Az elcukrosítást követően élesztőt adagolnak a fermentációs folyamat megindulásához, ekkor keletkezik a „sörlé” valamint CO_2 . A „sörlé” egy desztillációs oszlopon halad keresztül. Az alkohol az oszlop tetején marad, az oszlop alján maradó anyagot (sűrű cefre) centrifugálják, így kapják a törkölyt (gabonamoslék) és a híg cefrét (híg moslék). A híg cefre vízelvonással besűríthető, a végtermék a koncentrált szeszmoslék (CDS, szirupként is ismert). A koncentrált szeszmoslékot és a gabonatorkölyt gyakran összekeverik, a keverék szárítása után keletkezik a DDGS (szeszipari szárított gabonatorköly az oldható anyagokkal) (*Newkirk, 2011*).

A világon a DDGS-t előállító üzemeknek nagy gondot jelent, hogy jelenleg nincs minőségi szabvány a termék értékét és felhasználását jelző paraméterekre. A kereskedők számára minőségi faktort jelent a DDGS termék színe, amit több évtizede használnak a takarmány- alapanyagok táplálóértékének megítéléséhez. A bioetanol előállításakor az egyes szárítási lépéseknél széles tartományban (127-621 °C) éri hőhatás a növényt. A túlzott hőkezelést sötét szín megjelenése (barnulás) valamint égett íz és szag jelzi. Ilyen színű termékben a fehérje denaturálódott, illetve csökkent a hozzáférhető lizintartalom (*Schroeder, 2010a*).

A DDGS felhasználásakor különös tekintettel kell lenni a kéntartalomra valamint a mikotoxin szennyeződésre. Az előbbi úgy kerül a termékbe, hogy az etanol előállításakor a fermentációhoz szükséges pH érték beállításához valamint az eszközök tisztításakor kénsavat alkalmaznak. A szulfát ionok mennyisége különösen az oldható részben növekszik meg. Szárazanyagra vetítve a szulfáttartalom elérheti a 1,7% értéket is a DDGS-ben. A 0,4% fölötti szulfáttartalmat már kritikusan tartjuk, mivel például hízómarha takarmányában a maximális tolerálható szint 0,4% (*NRC, 2000*). Ezt a szintet később módosították, nagy mennyiségű abrakadag etetésekor a S maximális tolerálható szintje 0,3%, nagy tömegtakarmány-hányad esetében

pedig 0,6% (NRC, 2005). A H_2S gátolja az oxidatív folyamatokat az idegszövetben, és polioencephalomalacia (polio = szürkeállomány; encephalo = agy; malacia = lágyulás vagyis az agy szürkeállományának lágyulása) néven ismert központi idegrendszeri rendellenességet idéz elő (Gould, 1998). A kérődzők érzékenységét mutatja, hogy 0,56% kéntartalmat meghaladó takarmány etetésekor az állatok 6%-a beteg lett (Vanness és mtsai, 2009). A nagyobb kénfelvétellel járó probléma nem igen érinti a monogasztrikus állatokat, mivel a bélben képződő H_2S kiürül vagy a felszívódott rész a májban méregtelenítődik (oxidálódik szulfáttá).

A kukoricát számos mikotoxin-termelő gomba károsíthatja. A bioetanol előállításánál a kukoricában található mikotoxin koncentrációja a keletkező DDGS-ben háromszorosára nőhet.

A DDGS gazdasági használatokkal való felhasználási lehetőségének bemutatását a sertéssel kezdeném. Választott malacokkal végzett vizsgálatokban a DDGS 10%-ban történő bekeverése nem befolyásolta a termelési eredményeket (Linneen és mtsai, 2006). Három héttel a választást követően pedig még ennél nagyobb (20-30%) bekeverési arányt alkalmazva is úgy találták, hogy nem változik a napi súlygyarapodás a kontrollhoz képest (Gaines és mtsai, 2006; Spencer és mtsai, 2007). Ugyanakkor Burkey és mtsai (2008) eredményei óvatosságra intenek és arra figyelmeztetnek, hogy a választást követő 21 napon belül, a termelési eredmények visszaesése miatt, nem célszerű ilyen nagy arányban alkalmazni.

A hízó- és befejező tápokban a DDGS még 20%-os aránya sem befolyásolta a súlygyarapodást, a 40%-os szint azonban már hátrányosnak bizonyult (Cromwell és mtsai, 1983). Az árpa-, búza- és takarmányborsó-alapú tápok DDGS-sel történő kiegészítésekor (5, 10, 15, 25 és 25%) a hizlalás 35-90 kg-os szakaszában lineárisan javult a napi súlygyarapodás és a fajlagos takarmány-felhasználás (Gowans és mtsai, 2007). A befejező szakaszban (90-105 kg) a DDGS 20%-os felhasználása sem befolyásolta a termelési mutatókat (Gralapp és mtsai, 2002; Jenkin és mtsai, 2007). A vizsgálatok szerint a DDGS mind a hízó-, mind a befejező tápokban felhasználható 20%-os bekeverési szintig anélkül, hogy rontaná a termelési eredményeket (takarmányfelvétel, súlygyarapodás, fajlagos takarmány-felhasználás). Hozzáteszik azonban, hogy mindez megfelelő aminosav-kiegészítés mellett érvényes (McEwen, 2006, 2008; Augspurger és mtsai, 2008; Drescher és mtsai, 2008; Duttlinger és mtsai, 2008; Widmer és mtsai, 2008).

A DDGS hízósertés takarmányában való alkalmazása során azonban tekintetbe kell venni, hogy 10-20 % bekeverési arány felett jelentősen megnő a sertésszír többszörösen telítetlen zsírsavtartalma, amelynek hatására a szalonna lágyabb lesz, továbbá csökken a hús és a szalonna eltarthatósága. Emiatt a vágás előtt 2-3 héttel a DDGS használatát érdemes abbahagyni.

Szoptató kocák tápjába 0, 10, 20 és 30%-ban keverték a DDGS-t (Song és mtsai, 2007a; Greiner és mtsai, 2008). Eredményeik alapján nincs különbség a mért adatok (takarmányfelvétel, hátszalonna-vastagság, a malacok súlygyarapodása, elhullása, a választástól az újraivarzásig eltelt idő) tekintetében. Song és mtsai (2007b) további vizsgálatukban azt is megállapították, hogy a DDGS alkalmazása a szoptató kocák tápjában nem befolyásolta a tej összetételét, a nyersfehérje emészthetőségét és a N-visszatartást. Más szerzők (Hill és mtsai, 2008) eredményei szerint is a szoptató kocák tápjában alkalmazott 15% DDGS-

kiegészítés nem befolyásolta az állatok teljesítményét (kocák súlyvesztése, kocasejtezés, malacok súlygyarapodása).

Baromfiban a DDGS nagyobb rosttartalmát ellensúlyozza a közepes fehérje- és zsírtartalom, ami elfogadható metabolizálható energiaszintet jelent (*Cozannet és mtsai*, 2010). Az energiaérték (AME_n) ugyanakkor nagy változatosságot mutat az egyes DDGS tételekben, ami a hőkezeléssel és az eltérő gyártási folyamatok áll kapcsolatban. A DDGS színe itt is „kórjelző”, a sötét (hővel túlkezelt) minták energiatartalma kisebb mint a világos színűeké (*Fastinger és mtsai*, 2006). A sötétbarna színű DDGS-ben kisebb a lizin standardizált ileális emészthetősége (*Batal és Dale*, 2006), ami fiatal állatokban okoz problémát (*Adedokun és mtsai*, 2008) és a súlygyarapodás csökken (*Cromwell és mtsai*, 1993). A baromfi fajokkal eddig végzett állatkísérletek egy része arról számol be, hogy a DDGS etetésekor romlik a brojlerek és pulykák fajlagos takarmányértékesítése. Más kísérletekben nem figyelték meg ilyen hatást. A DDGS brojlercsirkék takarmányába aggálymentesen akár 18% mennyiségben is keverhető (*Heincinger és mtsai*, 2011), tojótyúkknál a javasolt bekeverési arány 15-16%, a pulykahízlalás során viszont mennyisége akár 25%-ra is növelhető, természetesen megfelelő aminosav-kiegészítés mellett (*Heincinger és mtsai*, 2012). *Lumpkins és mtsai* (2004) eredményei alapján a DDGS biztonságos bekeverhetősége a brojler indító tápokban 6%, a nevelő és befejező tápokban 12-15%. Hazai szerzők (*Pál és mtsai*, 2011) eredménye szerint a DDGS felhasználása a takarmánykeverékben a nevelő szakaszban legfeljebb 10, a befejező szakaszban maximum 20%-ban javasolt a testtömeg-gyarapodás és a takarmányértékesítés romlása nélkül.

Az eltérő eredmények hátterében a DDGS tételek eltérő táplálóanyag-tartalma állhat. A kukorica DDGS-fehérje emészthetősége 80-86% között változik, ami a kukoricánál 7%-al kisebb, ami döntően a DDGS nagyobb rosttartalmából adódik. A lizin komplettálásával és az aminosav emészthetőség figyelembe vételével *Wang és mtsai* (2007) brojler nevelő és befejező tápokban 25%-os arányú etetésnél sem észlelt negatív hatást. *Roberson* (2003) pulykákkal végzett kísérletében 10%-os bekeverhetőségre tesz javaslatot, amennyiben a tápok lizin- és energiaszintjét kiegyenlítik.

A jelenleg rendelkezésre álló tudományos eredmények alapján a brojlerek, és a pulykák nevelő és befejező tápjába, továbbá a tojótápokba 10-15% közötti jó minőségű DDGS biztonsággal bekeverhető.

Kérdőzőkkel etetve a DDGS könnyen fermentálható rost- és alacsony keménysítőtartalmának következtében kevésbé alakulhat ki acidózis, zsírmájszindróma valamint savós patairha-gyulladás (*Kelzer és mtsai*, 2011). A DDGS fehérje átlagos by-pass hányada 55% (*Woods és mtsai*, 2003). A több mint 80% bendőben lebontatlan fehérjehányad egyértelműen a DDGS hőkárosodását jelzi (*Schroeder*, 2010a).

Tejelő tehének adagjában a DDGS a szárazanyag maximum 20%-ában adagolható. Nagyobb arány esetén csökken a takarmány-felvétel. A szárazanyag 15%-át kitevő DDGS-t tartalmazó adag etetésekor változatlan vagy nagyobb takarmány-felvételt, tejtermelést valamint a tejsír és a tejfehérje koncentrációjának emelkedését figyelték meg (*Kelzer és mtsai*, 2009). A DDGS etetésével (15%-a a szárazanyagnak) hízómarhában a kontrollcsoporthoz hasonló súlygyarapodást illetve vágóértéket értek el (*Depenbusch és mtsai*, 2009). Ennél jóval nagyobb bekeverési arány (40%) sem befolyásolta negatívan a hús porhanyósságát illetve érzékszervi tulajdonságait (*Roeber és mtsai*, 2005).

A CGF FELHASZNÁLÁSA GAZDASÁGI ÁLLATAINK FEHÉRJEELLÁTÁSÁBAN

A kukorica a bietanolgyártás mellett a keményítő előállításának is az egyik legfontosabb alapanyaga. Az eljárás első lépéseként az előzetesen megtisztított majd zúzott vagy őrölt kukoricát kénessavat tartalmazó vízben áztatják. A savas oldat hatására a mag megduzzad, így a csíra könnyen eltávolítható. A csíratlan magot tovább tisztítják, héjtalanítják. Ezzel a folyamattal a glutén és a keményítő már könnyebben feltárható. Többszöri mosással és centrifugálással közel vegytiszta keményítőt állítanak elő, illetve az elkülönített glutént szárítják. Utóbbi folyamat végén keletkezik a magas nyersfehérje-tartalmú kukoricaglutén. A kukorica áztatólévét bepárolják, amihez különböző arányban keverik a kukorica héjtalanításakor keletkezett korpát. Egyes gyártók még a kukoricacsíra egy részét is hozzákeverik. A keletkező melléktermék a CGF, aminek kémiai összetétele rendkívül eltérő lehet az azt alkotó elemek sokfélesége és azok változó mennyisége miatt. Különösen a CGF energia- és fehérjetartalma mutat pozitív korrelációt a felhasznált áztatólé arányával (Stock és mtsai, 1999). Mivel a CGF összetételét a gyárban alkalmazott technológia jelentősen befolyásolja, a takarmánykeverékben való felhasználása előtt érdemes elvégezni az egyes CGF tételek kémiai vizsgálatát. A CGF-t főleg szárított formában forgalmazzák, de megspórolva a szárítás jelentős energiaköltségét, a gyárhoz közeli állattartó telepen akár nedvesen is feleltethető. Ezt minél előbb meg kell tenni, hiszen a nedves termék (40-60% szárazanyag-tartalom) különösen nagy nyári melegben már 3-4 nap alatt megromlik és az állatok nem szívesen fogyasztják (Schroeder, 2010b). Anaerob körülmények között más alapanyaggal (kukoricaszilázs) tárolva, hosszabb ideig eltartható és hízómarhával vagy tehénnel feleltethető. Az így betárolt takarmányban, a nedves CGF alacsony pH-ja (4,3) lehetővé teszi erjedés elindulását, ami megakadályozza a romlást.

A CGF nyersfehérje-tartalma 20-25%, ami közepesnek tekinthető. Ez az érték a gabonamagvak és a malomipari melléktermékek fehérjetartalmánál nagyobb, ugyanakkor kisebb mint a DDGS-é, illetve az olajos magvak extrahált daráié. A CGF nyersrost- valamint NDF- és ADF-tartalma jelentősen meghaladja a kiinduló kukoricadara értékét. Emiatt a CGF főleg a kérődzők takarmányozásában jelent jól felhasználható alapanyagot. A monogasztrikus állatokban csak korlátozott mértékben etethető. A nyersszírtartalom általában 4% alatti, a keményítő mennyisége viszont a kimosás mértékétől függően változik, 11 és 30% közötti lehet. A CGF hamutartalma jelentősnek tekinthető, kb. 7%, az ásványi-anyagok közül a P- és a K-tartalma nagy.

A CGF előállításakor 1:3-ra vagy 2:3-ra állítják be az áztatólé és a kukoricakorpa arányát. Az áztatólé nagyobb energia- és fehérjetartalma miatt módosul a CGF végső takarmányozási értéke (Stock és mtsai, 1999; Schroeder, 2010b). A bepárolt folyadék korpához kevert mennyiségének növelésekor sötétebb barna színű lesz a CGF. A szín a termék minősítésekor fontos szempont. A DDGS-hez hasonlóan, a CGF termék színe a világos sárgás barnától a sötét barnáig terjedhet. A szint a hőkezelés ideje, a hőmérséklet értéke, valamint az adagolt áztatólé mennyisége befolyásolja. A nagyon sötét és égett szagú termék hőkárosodást jelez, ami miatt csökken a fehérje emészthetősége (Schroeder, 2010b).

A CGF esetében, a DDGS-hez hasonlóan, szintén számolni kell egyes tételek mikotoxin, így például aflatoxin B1, DON, fumonizin, valamint zearalenon szennyezettségével. Ebben az esetben arra is tekintettel kell lenni, hogy a fermentációs alapanyag, a kukoricaszem, mikotoxin-tartalma a CGF-ben, a DDGS-nél leírtakhoz hasonlóan, kb. háromszorosára növekszik.

A CGF mikotoxin-tartalma mellett érdemes még a kén mennyiségét is megvizsgálni. A keményítő kivonása során ugyanis segédanyagként kénes savat alkalmaznak. Így a CGF kéntartalma 3,3 és 7,3 g/ kg szárazanyag között változik, de egyes tételekben 12 g-ot is elérhet. A kénre vonatkozóan szeretnék visszautalni a DDGS -nél már leírtakra.

Ahogy korábban írtam a CGF viszonylag nagy rosttartalma és közepes fehérjetartalma miatt főleg kérődzőkkel etethető takarmány. De ezen állatfajok takarmányozásában is néhány tényező befolyásolja a CGF felhasználását. A szárítás csökkenti a termék energiatartalmát. A nedves CGF NE_g-tartalma nagyobb mint a szárítotté, melynek következtében eltért a hízómarhák súlygyarapodása (*Ham és mtsai*, 1995). Ezt azzal magyarázzák, hogy a szárítás (60°C fölött) során csökken az áztatólében lévő illékony vegyületek mennyisége (*Stock és mtsai*, 1999). A CGF fehérje csak kis része (24-30%) kerül el a bendőbeli lebontást (nagy RDP hányad), ami miatt csak korlátozott mértékben lehet bekeverni jól oldódó fehérjét tartalmazó adagokba. A CGF etetését korlátozza keserű íze, valamint kicsi szemcsemérete. A kellemetlen íz csökkenti a takarmány-felvételt (*Rausch és Belyea*, 2006). A CGF kicsi szemcsemérete (a szárazanyag kevesebb mint 10%-a marad fent az 1 mm-s szitán) miatt kevesebb a rágómozgások száma. A kukoricaszilázs 18 vagy 25%-ának száraz CGF-el való helyettesítése negatív hatást gyakorolt a kérődzési időre, a rágómozgásra valamint a bendő pH értékére (*Biricik és mtsai*, 2007). A tejtermelésben és a marhahízalásban az eredmények nem egyértelműek. Az adatok értékelésekor tekintettel kell lenni a CGF formájára is. Az USA-ban számos adatot találunk a nedves CGF etetésére vonatkozóan, és hatása sok esetben eltér a szárított formáétól. A tejtermelés növekedését tapasztalták a szárazanyag 37,5%-át kitevő nedves CGF etetések (*Kononoff és mtsai*, 2006). Hasonló arányban (30%) bekevert nedves CGF-t tartalmazó adag etetése ugyanakkor más vizsgálatban csökkentette a termelt tej mennyiségét (*Schroeder*, 2003). Összegezve tejelő tehéneknek és hízómarháknak 25-30%-ban javasolják a napi adag szárazanyag-tartalmára számítva.

Monogasztrikus állatoknak a CGF csak bizonyos feltétellel tekinthető receptúrába építhető alapanyag. A nagyobb rosttartalom miatt hízósertésekben a CGF nettóenergia-tartalma 60%-a a kukoricáénak (*Noblet és Le Goff*, 2000). A CGF energiatartalma a sertés hasznosítási iránya szerint is változik, kocában a CGF nettóenergia-értéke, a jobb, hatékonyabb rostemésztés miatt, 10%-kal nagyobb mint a hízóban. A CGF felhasználhatóságát limitálja a rost mellett a kisebb lizin- és triptofántartalom, valamint a kukoricánál 15%-kal kisebb standardizált ileális emészthetőség. Az utóbbi háttérben ugyancsak a CGF nagyobb rosttartalma áll. A CGF íze sertésben is korlátozza a takarmány-felvételt. Ennek ismeretében meglepő adat, hogy vemhes kocáknál az adagban 50-70% CGF-t etetve, triptofánkiegészítés mellett semmilyen negatív hatást sem tapasztaltak (*Honeyman és Zimmerman*, 1990). Malacok és növendék sertések takarmányába 5-10%, kocák takarmányába pedig 5-20% mennyiségben keverhető aggálymentesen.

A brojlercsirke nagy energia- és fehérjeigénye miatt a CGF nem tekinthető a táp ideális alapanyagának, ajánlott maximális részaránya 10% (Rochell és mtsai, 2011). Tojótúyúkok takarmányába akár 20-25%-ban is bekeverhető a termelés szinten tartása mellett (Castanon és mtsai, 1990; El-Deek és mtsai, 2009).

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A szójadara helyettesítésekor monogasztrikus állatokban érdemes a hazai gyakorlatban elterjedt, nyersfehérje-alapú takarmányadag-összeállításnál pontosabb, az egyes takarmány alapanyagok emészthetőaminosav-tartalmának figyelembe vételével kialakítani a receptúrát.

A fehérjeforrásként felhasználandó DDGS, CGF illetve repcepogácsa tételek bekeverése előtt, mindenképpen alaposan meg kell győződni annak tényleges táplálóanyag-tartalmáról, különös tekintettel a rostfrakcióra és az aminosav-tartalomra. A repcepogácsa esetében a glükozinolátok összes mennyiségét is érdemes ellenőrizni.

A CGF és a DDGS aflatoxin B1, DON, fumonizin, valamint zearalenon szennyezettségével számolni kell. A gyártáshoz beérkező kukoricatételek mikotokintartalmát feltétlenül ellenőrizni kell, mivel a kukorica feldolgozása során keletkező termékekben a mikotoksin koncentrációja akár háromszorosára is növekedhet.

IRODALOMJEGYZÉK

- Adedokun, S.A. - Adeola, O. - Parsons, C.M. - Lilburn, M.S. - Applegate, T.J. (2008): Standardized ileal amino acid digestibility of plant feedstuffs in broiler chickens and turkey poults using a nitrogen-free or casein diet. *Poult. Sci.*, 87. 2535–2548.
- Augspurger, N.R. - Petersen, G.I. - Spencer, J.D. - Parr, E.N. (2008): Alternating dietary inclusion of corn distillers dried grains with solubles (DDGS) did not impact growth performance of finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 86 (Suppl. 1):523. (Abstr.)
- Baidoo, S.K. - Aherne, F.X. (1985): Canola meal for livestock and poultry. *Agric. Forest. Bull. Univ. Alberta, Edmonton Alberta*, 8. 21.
- Batal, A.B. - Dale, N.M. (2006): True metabolizable energy and amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles. *J. Appl. Poult. Res.*, 15. 89-93.
- Bell, J.M. (1993): Factors affecting the nutritional value of canola meal: A review. *Can. J. Anim. Sci.*, 73. 689-697.
- Biricik, H. - Gencoglu, H. - Bozan, B. - Gulmez, B.H. - Turkmen, I.I. (2007): The effect of dry corn gluten feed on chewing activities and rumen parameters in lactating dairy cows. *Italian J. Anim. Sci.*, 6. 61-70.
- Burkey, T.E. - Miller, P.S. - Moreno, R. - Shepherd, S.S. - Carney, E.E. (2008): Effect of increasing levels of distillers dried grains with solubles (DDGS) on growth performance of weanling piglets. *J. Anim. Sci.*, 86., (Suppl.2):50. (Abstr.)
- Castanon, F. - Leeper, R.W. - Parsons, C.M. (1990): Evaluation of corn gluten feed in the diets of laying hens. *Poult. Sci.*, 69. 90-97.
- Cozannet, P. - Lessire, M. - Métayer, J.P. - Gady, C. - Primot, Y. - Geraert, P.A. - Le Tutour, L. - Skiba, F. - Noblet, J. (2010): Nutritive value of wheat and maize distillers dried grains with solubles for poultry. *Inra Prod. Anim.*, 23. 405-414.
- Cromwell, G.L. - Herkelman, K.L. - Stahly, T.S. (1993): Physical, chemical, and nutritional characteristics of distillers dried grains with solubles for chicks and pigs. *J. Anim. Sci.*, 71. 679-686.

- Cromwell, G.L. - Stahly, T.S. - Monegue, H.J. - Overfield, J.R.* (1983): Distillers dried grains with solubles for grower-finisher swine. Kentucky Agric. Exp. Stn. Progress Rep., 274. Univ. Kentucky. Lexington. 30-32.
- de Lange, C.F.M. - Gabert, V.M. - Gillis, D.J. - Patience, F.* (1998): Digestible energy contents and apparent ileal amino acid digestibilities in regular or partial mechanically dehulled canola meal samples fed to growing pigs. Can. J. Anim. Sci., 78. 641-648.
- Deppenbusch, B.E. - Loe, E.R. - Sindt, J.J. - Cole, N.A. - Higgins, J.J. - Drouillard, J.S.* (2009): Optimizing use of distillers grains in finishing diets containing steam-flaked corn. J. Anim. Sci., 87. 2644-2652.
- Drescher, A.J. - Johnston, L.J. - Shurson, G.C. - Goihl, J.* (2008): Use of 20% dried distillers grains with solubles (DDGS) and high amounts of synthetic amino acids to replace soybean meal in grower-finisher swine diets. J. Anim. Sci., 86 (Suppl. 2):28. (Abstr.)
- Duttlinger, A.W. - Tokach, M.D. - Dritz, S.S. - DeRouchy, J.M. - Goodband, H.J. - Prusa, R.D.* (2008): Effects of increasing dietary glycerol and dried distillers grains with solubles on growth performance of finishing pigs. J. Anim. Sci., 86. (Suppl. 1):607. (Abstr.)
- El-Deek, A.A. - Osman, M. - Yakout, H.M. - Mahmoud, M.* (2009): Evaluation of corn gluten feed as a feed ingredient for laying hens. Egyptian Poult. Sci. J., 29. 1-19.
- Fasting, N.D. - Latshaw, J.D. - Mahan D.C.* (2006): Amino acid availability and true metabolizable energy content of corn distillers dried grains with solubles in adult cecectomized roosters. Poult. Sci., 85. 1212-1216.
- Gaines, A. - Ratliff, B. - Srichana, P. - Allee, G.* (2006): Use of corn distiller's dried grains and solubles in late nursery pig diets. J. Anim. Sci., 84(Suppl. 2):120. (Abstr.)
- Gould, D.H.* (1998): Polioencephalomalacia. J. Anim. Sci., 76. 309-314.
- Gowans, J. - Callahan, M. - Yusupov, A. - Campbell, N - Young, M.* (2007): Determination of the impact of feeding increasing levels of corn dried distillers grains on performance of growing-finishing pigs reared under commercial conditions. Adv. Pork Prod., 18:A-22. (Abstr.)
- Gralapp, A.K. - Powers, W.J. - Faust, M.A. - Bundy, D.S.* (2002): Effects of dietary ingredients on manure characteristics and odor emissions from swine. J. Anim. Sci., 80. 1512-1519.
- Greiner, L.L. - Wang, X. - Allee, G. - Connor, J.* (2008): The feeding of dry distillers grain with solubles to lactating sows. J. Anim. Sci., 86 (Suppl. 2):63. (Abstr.)
- Ham, G.A. - Stock, R.A. - Klopfenstein, T. - Huffman, R.P.* (1995): Determining the net energy value of wet and dry corn gluten feed in beef growing and finishing diets. J. Anim. Sci., 73. 353-359.
- He, M.L. - Gibb, D. - McKinnon, J.J. - McAllister, T.A.* (2013): Effect of high dietary levels of canola meal on growth performance, carcass quality and meat fatty acid profiles of feedlot cattle. Can. J. Anim. Sci., 93. 269-280.
- Heincinger M. - Balogh K. - Fébel H. - Erdélyi M. - Mézes M.* (2011): Effect of diets with different inclusion levels of distillers dried grain with solubles combined with lysine and methionine supplementation on the lipid peroxidation and glutathione status of chickens. Acta Vet. Hung., 59. 195-204.
- Heincinger M. - Balogh K. - Mézes M. - Fébel H.* (2012): Effects of distillers dried grain with soluble (DDGS) on meat quality, lipid peroxide and some of antioxidant status parameters of fattening turkey. J. Poult. Sci., 49. 268-272.
- Hill, G.M. - Link, J.E. - Rincker, M.J. - Kirkpatrick, D.L. - Gibson, M.L. - Karges, K.* (2008): Utilization of distillers dried grains with solubles and phytase in sow lactation diets to meet the phosphorus requirement of the sow and reduce faecal phosphorus concentrations. J. Anim. Sci., 86. 112-118.
- Honeyman, M.S. - Zimmerman, D.R.* (1990): Long-term effects of corn gluten feed on the reproductive performance and weight of gestating sows. J. Anim. Sci., 68. 1329-1336.
- Horváth É.R. - Tóth T. - Fébel H.* (2014): A repcedara és - pogácsa felhasználási lehetősége a monogasztrikus állatok takarmányozásában. Állattenyésztés és Takarmányozás, 63. 165-183.

- Hristov, A.N. - Domitrovich, C. - Wachter, A. - Cassidy, T. - Lee, C. - Shingfield, K.J. - Kairenius, P. - Davis, J. - Brown, J. (2011): Effect of replacing solvent-extracted canola meal with high-oil traditional canola, high-oleic acid canola, or high-erucic acid rapeseed meals on rumen fermentation, digestibility, milk production, and milk fatty acid composition in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 94. 4057-4074.
- Jenkin, S. - Carter, S. - Bundy, J. - Lachmann, M. - Hancock, J. - Cole N. (2007): Determination of P-bioavailability in corn and sorghum distillers dried grains with solubles for growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 85. (Suppl. 2), 113. (Abstr.).
- Johansson, B. - Nadeau, E. (2006): Performance of dairy cows fed an entirely organic diet containing cold-pressed rapeseed cake. *Acta Agric. Scand. Anim. Sci.*, 56. 128–136.
- Jones, R.A. - Mustafa, A.F. - Christensen, D.A. - McKinnon, J.J. (2001): Effects of untreated and heat-treated canola presscake on milk yield and composition of dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 89. 97-111.
- Kaldmãe, H. - Leming, R. - Kass, M. - Lember, A. - Tõlp, S. - Kärt, O. (2010): Chemical composition and nutritional value of heat-treated and cold-pressed rapeseed cake. *Vet. Med. Zoot.*, 49. 55-60.
- Kelzer, J.M. - Kononoff, P.J. - Gehman, A.M. - Tedeschi, L.O. - Karges, K. - Gibson, M.L. (2009): Effects of feeding three types of corn-milling coproducts on milk production and ruminal fermentation of lactating Holstein cattle. *J. Dairy Sci.*, 92. 5120-5132.
- Kelzer, M. - Popowski, J.M. - Bird, S. - Cox, R.B. - Crawford, G.I. - DiCostanzo, A. (2011): Effects of including low fat, high protein dried distillers grains in finishing diets on feedlot performance and carcass characteristics of beef steers. University of Minnesota Beef Report Publication BR-1104
- Kononoff, P.J. - Ivan, S.K. - Matzke, W. - Grant, R.J. - Stock, R.A. - Klopfenstein, T.J. (2006): Milk production of dairy cows fed wet corn gluten feed during the dry period and lactation. *J. Dairy Sci.*, 89. 2608-2617.
- Leming, R. - Lember, A. (2005): Chemical composition of expeller-extracted and cold-pressed rapeseed cake. *Agraarteadus*, 16. 96-103.
- Linneen, S.K. - Steidiger, M.U. - Tokach, M.D. - Goodband, R.D. - Dritz, S.S. - Nelssen, J.L. (2006): Effects of dried distillers grain with solubles on nursery pig performance. Page 100–102 in Kansas State Univ. Swine Day Report. Kansas State Univ. Manhattan.
- Lipsa F.D. - Snowdon, R. - Friedt, W. (2012): Quantitative genetic analysis of condensed tannins in oilseed rape meal. *Euphytica*, 184. 195-205.
- Lumpkins, B.S. - Batal, A.B. - Dale, N.M. (2004): Evaluation of distillers dried grains with solubles as a feed ingredient for broilers. *Poult. Sci.*, 83. 1891-1896.
- McDonald, P. - Edwards, R.A. - Greenhalgh, J.F.D. - Morgan C.A. (1995): *Animal Nutrition* Fifth Edition. Longman Scientific and Technical, Harlow, UK. 519-521.
- McEwen, P. (2006): The effects of distillers dried grains with solubles inclusion rate and gender on pig growth performance. *Can. J. Anim. Sci.*, 86. (Abstr.)
- McEwen, P. (2008): Canadian experience with feeding DDGS. Proc. 8th London Swine Conf., London, Ontario, Canada. Univ. Guelph. Guelph. 115-120.
- Mejicanos, G. - Sanjayan, N. - Kim, I.H. - Nyachoti, C.M. (2016): Recent advances in canola meal utilization in swine nutrition. *J. Anim. Sci. Technol.*, 58. 7.
- Newkirk, R. (2011): *Wheat DDGS Feed Guide: Wheat dried distiller grains with solubles. Feed Opportunities from the Biofuels Industries (FOBI), 1st Edition.* Canadian International Grains Institute (Cigi).
- Noblet, J. - Le Goff, G. (2000): Digestive utilization and energy values of wheat, maize and their by-products in growing pigs and adult sows. *Journées Rech. Porc.*, 32. 177-183.
- NRC (2000): *Nutrient Requirements of Beef Cattle.* 7th ed. National Academy Press, Washington, DC, USA.

- NRC (2005): Mineral Tolerance of Animals. 2nd ed. National Academy Press, Washington, DC, USA.
- Pál L. - Farkas R. - Dublec K. (2011): A takarmány repcepogácsa és kukorica DDGS kiegészítésének vizsgálata brojler hizlalási kísérletben. LIII. Georgikon Napok, Keszthely ISBN 978-963-9639-43-0 579-584.
- Rausch, K.D. - Belyea, R.L. (2006): The future of coproducts from corn processing. Appl. Biochem. Biotech., 128. 47-85.
- Roberson, K.D. (2003): Use of dried distillers' grain with solubles in growing-finishing diets of turkey hens. Int. J. Poult. Sci., 2., 389–393.
- Rochell, S.J. - Kerr, B.J. - Dozier, W.A. (2011): Energy determination of corn co-products fed to broiler chicks from 15 to 24 days of age, and use of composition analysis to predict nitrogen-corrected apparent metabolizable energy. Poult. Sci., 90. 1999-2007.
- Roeber, D.L. - Gill, R.K. - DiCostanzo, A. (2005): Impact of feeding distillers grains on beef tenderness and sensory traits. J. Anim. Sci., 83. 22.
- Schmidt, J. (2015): A takarmányozás alapjai. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Schroeder, J.W. (2003): Optimizing the level of wet corn gluten feed in the diet of lactating dairy cows. J. Dairy Sci., 86. 844-851.
- Schroeder, J.W. (2010a): Distillers grains for dairy cattle. AS-1241 North Dakota Extension Service
- Schroeder, J.W. (2010b): Corn gluten feed composition, storage, handling, feeding and value. AS-1127, North Dakota State University Extension Service
- Smulikowska, S. - Czerwinski, J. - Mieczkowska, A. (2010): Effect of organic acid blend and phytase added to a rapeseed cake-containing diet on performance, intestinal morphology, caecal microflora activity and thyroid status of broiler chickens. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr., 94. 15-23.
- Song, M. - Baidoo, S.K. - Shurson, G.C. - Johnson, L.J. (2007a): Use of dried distillers grains with solubles in diets for lactating sows. J. Anim. Sci., 85 (Suppl. 2):97. (Abstr.)
- Song, M. - Baidoo, S.K. - Whitney, M.H. - Shurson, G.C. - Johnson, L.J. (2007b): Effects of dried distillers grains with solubles on energy and nitrogen balance, and milk composition of lactating sows. J. Anim. Sci. 85 (Suppl. 2):100–101. (Abstr.)
- Spencer, J.D. - Petersen, G.I. - Gaines, A.M. - Augsburger, N.R. (2007): Evaluation of different strategies for supplementing distillers dried grains with solubles (DDGS) to nursery pig diets. J. Anim. Sci., 85(Suppl. 2):96–97. (Abstr.)
- Spragg, J. - Mailer, R. (2007): Canola meal value chain quality improvement. A final report prepared for AOF and Pork CRC. JCS Solutions Pty Ltd., Berwick, Victoria, Australia.
- Stock, R.A. - Lewis, J.M. - Klopfenstein, T.J. - Milton, C.T. (1999): Review of new information on the use of wet and dry milling feed by-products in feedlot diets. Proc. American Soc. Anim. Sci., 1-12
- Vanness, S.J. - Klopfenstein, T.J. - Erickson, G.E. - Karges, K.K. (2009): Sulfur in distillers grains. Nebraska Beef Report, 79–80
- Wang, Z. - Cerrate, S. - Coto, C. - Yan, F. - Waldroup, P.W. (2007): Utilization of distillers dried grains with solubles (DDGS) in broiler diets using a standardized nutrient matrix. Int. J. Poult. Sci., 6. 470-477.
- Widmer, M.R. - McGinnis, L.M. - Wulf, D.M. - Stein H.H. (2008): Effects of feeding distillers dried grains with solubles, high-protein distillers dried grains, and corn germ to growing-finishing pigs on pig performance, carcass quality, and the palatability of pork. J. Anim. Sci., 86. 1819–1831.
- Woods, V.B. - O'Mara, F.P. - Moloney, A.P. (2003): The nutritive value of concentrate feedstuffs for ruminant animals. Part I: In situ ruminal degradability of dry matter and organic matter. Anim. Feed Sci. Technol., 110. 111-130.
- Zhao, F. - Evans, E.J. - Bilsbarrow, P.E. - Syers, J.K. (1994): Influence of nitrogen and sulfur on the glucosinolate profile of rapeseed (*Brassica-napus* L). J. Sci. Food Agr., 64. 295-304.

A szerző címe: *Fébel H.*

Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ
Állattenyésztési, Takarmányozási és Húsipari Kutatóintézet
2053 Herceghalom, Gesztenyés út 1.

Author's address: National Agricultural Research and Innovation Centre, Research Institute
for Animal Breeding, Nutrition and Meat Science
H-2053 Herceghalom, Gesztenyés út 1.
febel.hedvig@athk.naik.hu

LEHETŐSÉGEK A TAKARMÁNYOK NYERSFEHÉRJE TARTALMÁNAK CSÖKKENTÉSÉRE MONOGASZTRIKUS ÁLLATOKBAN

DUBLECZ KÁROLY - KOLTAY ILONA - SUCH NIKOLETTA - DUBLECZ FANNI -
HUSVÉTH FERENC - WÁGNER LÁSZLÓ - PÉTERNÉ FARKAS ESZTER -
MÁRTON ALÍZ - FARKAS VALÉRIA - PÁL LÁSZLÓ

ÖSSZEFOGLALÁS

A gazdasági állatok fehérje hasznosításának javítása nem csak azért fontos, mert a fehérjetermékanyagok a tápok legdrágább komponensei, hanem azért is, mert a többlet fehérje metabolikus rendellenességeket, a bél mikroflóra megváltozását okozza és a nagyobb arányú húgysav és karbamid szintézis miatt többlet energiát is igényel. A nagyobb nitrogén ürítés továbbá nagyobb ammónia emissziót is eredményez. Többfajta lehetőség kínálkozik a fehérje és az aminosav hasznosulás javítására. Ilyen lehetőséget jelent az „ideális fehérje elv” alkalmazása, az emészthető aminosav alapú receptúrázás, alacsony fehérje tartalmú tápok etetése, több hizlalási fázis vagy a fehérje emésztést javító takarmány-kiegészítők alkalmazása. A sertés és a baromfi fajok között lényeges különbségek vannak az aminosavak metabolizmusa tekintetében. Döntően ez a magyarázata annak, hogy a baromfi tápok esetében kisebb mértékben csökkenthető a tápok fehérje szintje a termelési eredmények romlása nélkül. A témához kapcsolódó legújabb irodalmi adatok mellett néhány brojlercsirkékkel és sertésekkel végzett saját kísérlet eredményei is bemutatásra kerülnek.

SUMMARY

Dublecz, K. - Koltay I. - Such N. - Dublec F. - Husvéth F. - Wágner L. - Farkasné Péter E. - Márton A. - Farkas V. - Pál L.: RECENT DEVELOPMENTS ON FEEDING LOW PROTEIN DIETS WITH MONOGASTRIC ANIMALS

Important progress in animal nutrition has happened recently in order to improve the protein utilisation of farm animals. It is important since protein sources are the most expensive components of the diets. Furthermore, to decrease the genetically modified (GM) soybean import to Europe means also a significant goal. Excess nitrogen in the diets can cause metabolic disorders, change the gut microflora and needs more energy for uric acid synthesis. Higher nitrogen excretion results increased ammonia emission. There are several approaches to improve the efficiency of protein and amino acid utilisation, like to use the “ideal protein concept”, to formulate diets on digestible amino acid bases, to feed low protein diets, to use more phases during the production period and to use different feed additives that improve protein digestibility. Since the requirement for essential amino acids of birds and pigs may vary between various environmental and dietary situations, the real amino acid intake should be controlled. Important criteria of using low protein diets are to formulate diets on the basis of digestible amino acids, to use higher amounts of crystalline amino acids and to ensure the optimal amount of some non-essential amino acids. Significant differences exist in the amino acid metabolism between poultry species and pigs. It has an impact on the potential of feeding low protein diets. Beside the latest literature data some own results are also presented on feeding low protein diets with broiler chicks and pigs. The opportunities and constraints of this concept are discussed in the paper.

BEVEZETÉS

A fehérjetakarmányozás hatékonysága több szempontból is meghatározó jelentőségű az állati termékek előállításakor. A fehérjében gazdag takarmányok a tápok legdrágább komponenseit jelentik, amelyekből az Európai Unió országában nem áll rendelkezésre elegendő mennyiség. A döntően amerikai importból származó genetikailag módosított (GM) szója arányának csökkentése folyamatos kihívást jelent a tagországok számára. Mivel a takarmányok fehérjetartalmának csupán 70-80%-a képes felszívódni az emésztőtraktusból és a felszívódott hányad hasznosulása még az emészthetőségnél is kisebb hatékonyságú, a gazdasági állatok által elfogyasztott takarmány fehérje jelentős hányada távozik a vizelettel és a bélsárral. A feleslegben lévő nitrogén tartalmú anyagok metabolizmusának és kiválasztásának jelentős energiaigénye van, az emésztetlen fehérjéből pedig az utóbélszakaszokban a bakteriális fermentáció eredményeként jelentős mennyiségű potenciálisan toxikus vegyület (fenolok, biogén aminok, kénhidrogén stb.) képződhet.

A vizelettel ürülő karbamidból és húgysavból a trágyában az ureázt termelő baktériumok ammóniát szabadítanak föl, ami rontja az istálló levegőjének minőségét, emiatt negatívan befolyásolja az állatok egészségét és termelési eredményeit. Az istállón kívüli trágyatárolás és kijuttatás során úgyszintén jelentős mennyiségű ammónia képződhet, ami nagymértékben hozzájárul az állattartással kapcsolatos ammónia emisszióhoz. Az ammónia kibocsátás mérséklése kötelező az uniós tagországok számára. Hazánkban 2050-ig közel 35%-al kell csökkentenie az ammónia kibocsátás mértékét. A hízó sertésekre vonatkozó átlagos nitrogén forgalmi értékeket és az ammónia emisszió alakulását az 1. ábrán szemléltetjük (Aarnink, 2007).

1. ábra Hízósertések N-forgalma és az NH_3 emisszió alakulása

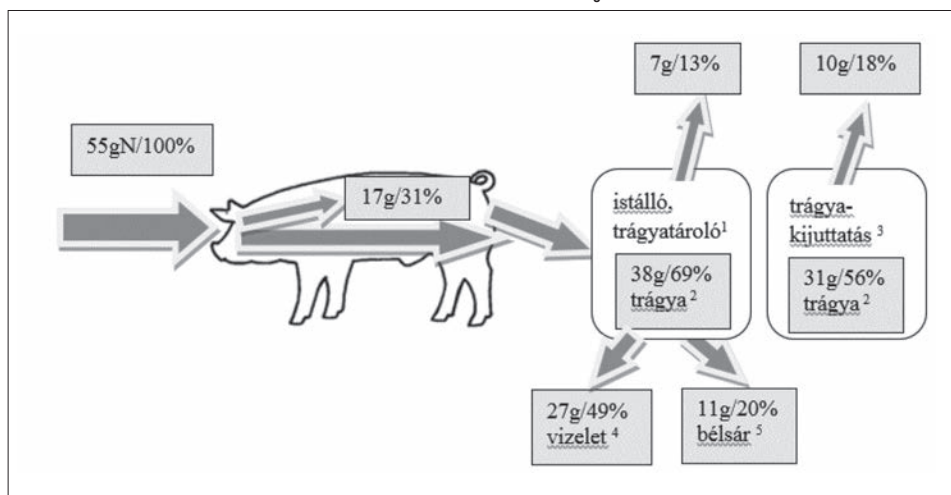


Figure 1. Nitrogen chain and ammonia emission in growing-finishing pigs

stable, manure storage (1); manure (2); manure application (3); urine (4); faeces (5)

Az előzőekben ismertetett kihívásokra többféle takarmányozási megoldási lehetőség is kínálkozik. Ilyen például a takarmányok fehérjeértékelési rendszerének és a különböző fajtájú, életkorú állatok fehérje és aminosav szükségletének pontosítása, többfázisú takarmányozás használata vagy csökkentett fehérje tartalmú, kristályos aminosavakkal komplettált tápok etetése.

Az aminosav ellátottság pontosításának lehetőségei

A fehérjetakarmányozás hatékonysága akkor javítható, ha egyrészt pontosítjuk a takarmányok aminosav-tartalmára, annak emészthetőségére vonatkozó ismereteinket, másrészt több információval rendelkezünk a különböző baromfi fajok, korcsoportok, hasznosítási típusok folyamatosan változó szükségletéről, valamint az aminosavak egymáshoz viszonyított ideális arányáról.

Az aminosavakat takarmányozási szempontból elsősorban, mint fehérje építőköveket vesszük figyelembe. Az utóbbi évek kutatásai ugyanakkor bebizonyították, hogy az aminosavak a fehérjeszintézisen túl számos egyéb élettani és sejt szintű anyagcsere folyamatban is részt vesznek. Közismert például, hogy a ciszteinből képződik a glutation és a taurin, amely vegyületek fontos szerepet játszanak az állatok antioxidáns rendszerében és energiaforgalmában. A különböző metionin források ez irányú hatékonysága eltérő. A metionin hidroxanalóg például hatékonyabb antioxidáns prekursor, mint a DL-metionin (Mercier és mtsai, 2009). A metionin egyúttal fontos metil donor is a sejt szintű metilezési folyamatokban. A treoninnak fontos szerepe van a bélhám integritásában, a bélnyákkal ürülő fehérjék fejpépítésében és a bélsatorna által indukált immunfolyamatokban.

Egyes aminosavak emellett befolyásolják a különböző szövetek szintézisét és ezáltal a testösszetételt. Az aminosavak egy csoportja emellett anabolikus hatású is, azaz növeli a fehérjeszintézist és csökkenti a proteolízist. A lizin testösszetételt befolyásoló hatása régóta ismert, hiánya szignifikánsan csökkenti a mellizom arányát (Leclercq, 1998). A lizin ezen túl hatással van a húsmínőségre is. A szükségletet meghaladó mennyiségben etetett lizin csökkenti a mellhús csepegési veszteségét és növeli a hús pH-ját (Berri és mtsai, 2007). A kéntartalmú aminosavak, a metionin és a cisztein, is hatással vannak a vágott test fehérje- és zsírtartalmára (Conde-Aguilera és mtsai, 2013).

Miért van szükség az aminosav ellátás folyamatos pontosítására? Egyrészt az állatok folyamatos fehérje és aminosav szükségletének változása miatt. Ez részben az egyre intenzívebben termelő genotípusok változó aminosav igényével magyarázható. A nagyobb növekedési erélyű állatok aminosav szükséglete nem csupán az aminosavak mennyiségét, hanem azok arányát illetően is változik. Ennek az a magyarázata, hogy minél intenzívebben termel egy állat, relatíve annál kisebb lesz a teljes szükségleten belül a létfenntartásra fordított hányad. Mivel a hústermelés és a létfenntartás aminosav igénye nagymértékben eltér, a teljes szükséglet is ennek megfelelően módosul. Míg a lizin elsősorban a testfehérjék szintézisében vesz részt, addig a kéntartalmú aminosavaknak fontos szerepük van a szőr és tollképződésben valamint a létfenntartásban is (2. és 3. ábra).

A sertésekre vonatkozó ideális fehérje összetételt a súlygyarapodás és a létfenntartás esetében az 1. táblázat tartalmazza (Fuller és mtsai., 1989).

2. ábra Brojlercsirkék lizin szükségletének megoszlása

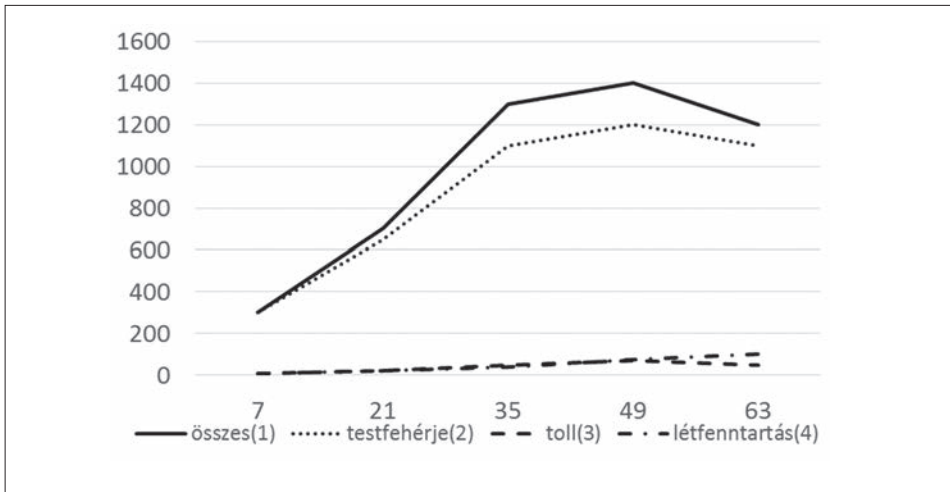


Figure 2. Lysine requirement distribution of broiler chicks

total (1); body protein (2); feather (3); maintenance (4)

3. ábra Brojlercsirkék metionin és cisztin szükségletének megoszlása

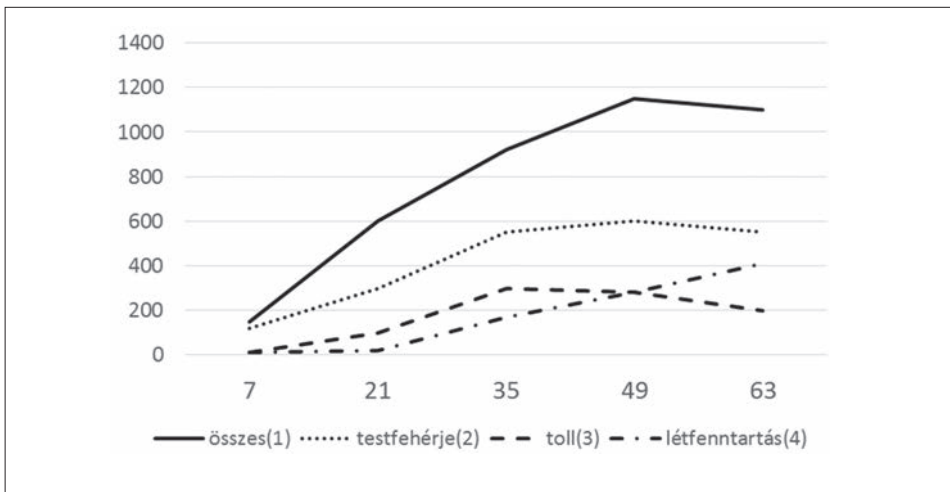


Figure 3. Distribution of methionine and cystine requirement of broiler chicks

total (1); body protein (2); feather (3); maintenance (4)

1. táblázat

A sertések számára ideális fehérje aminosav-összetétele

Aminosav ¹	Életfenntartás ²	Testtömeggyarapodás ³
Lizin	100	100
Metionin + cisztin	147	53
Treonin	139	69
Triptofán	29	18
Izoleucin	45	63
Leucin	111	115
Valin	43	77
Fenilalanin + tirozin	124	124

Table 1. The ideal protein amino acid composition for pigs

amino acid (1); maintainace (2); weight gain (3)

Látható, hogy a kétféle hasznosítás aminosav igénye néhány aminosav, például a kéntartalmú aminosavak, vagy a treoninm esetében lényegesen különbözik, és ez befolyásolja a különböző korú állatok napi szükségletét (*Ajinomoto Eurolysine*, 2011) (2. táblázat).

2. táblázat

Az ideális fehérje aminosav összetétele sertések számára

SID a Lizin arányában ¹ (%)	Hízó ² (25-65kg)	Befejező ³ (65-110kg)
Lizin	100	100
Treonin	67	68
Metionin + cisztin	60	60
Triptofán	20	19
Valin	65	65
Izoleucin	53	53
Leucin	100	100
Histidin	32	32
Fenil-alanin + Tirozin	95	95

Table 2. Ideal amino acid profile for growing and finishing pigs

SID ratio to lysin (%) (1); grower (2); finisher (3)

A fehérje és aminosav ellátottságot másrésről azért kell folyamatosan pontosítani, mert a takarmány alapanyagok fehérjetartalma, az egyes fehérjefrakciók aránya, a fehérje aminosav összetétele és az aminosavak emészthetősége alapanyagokként eltérő. A takarmányok fehérje minősége és hasznosulása eltér az egyes fajták között, befolyásoló tényező továbbá az időjárás, a növénytermesztésben alkalmazott agrotechnika, a N-műtrágyázás, a talajviszonyok, az

antinutritív anyagok mennyisége, ipari melléktermékek esetében pedig a technológiai folyamatok aminosavakra és azok emészthetőségére gyakorolt hatása. Jól ismert például, hogy a bioetanol gyártásban vagy az olajiparban alkalmazott hőkezelés mértéke nagymértékben befolyásolja a DDGS vagy az extrahált szójadara aminosavainak felszívódó hányadát.

Csökkentett fehérje tartalmú tápok etetése

A baromfi és sertéstápokban több évtizede használjuk a lizint és a metionint a tápok fehérjetartalmának komplettálására. Napjainkban már a kristályos treonin, valin, izoleucin, arginin és triptofán is a takarmányipar rendelkezésére áll. A 4. ábrán látható, hogy kristályos aminosavak használatával folyamatosan csökkenthető a feleslegben lévő aminosavak mennyisége (*Joint Research Centre, 2015*). A folyamatnak a kristályos aminosav kiegészítők rendelkezésre állása és ára szab határt.

A rendelkezésre álló irodalmi adatok alapján, érdekes módon lényeges különbség mutatkozik a sertés és a baromfi fajok között a tápok fehérjeszintjének csökkenthetősége terén. Sertésnél több kutatási eredmény is arról számol be, hogy kristályos aminosav kiegészítőkkel akár 4%-os fehérjecsökkentés is megvalósítható a termelési eredmények romlása nélkül (*Figueroa és mtsai, 2003; Kerr és mtsai, 2003*).

Egy közelmúltban publikált francia kutatás szerint (*Gloaguen, 2014*), amennyiben az előzőekben említett aminosavakon túl a leucin, a hisztidin és a fenilalanin is

4. ábra Átlagos és csökkentett fehérjetartalmú tápok aminosav-tartalmának alakulása

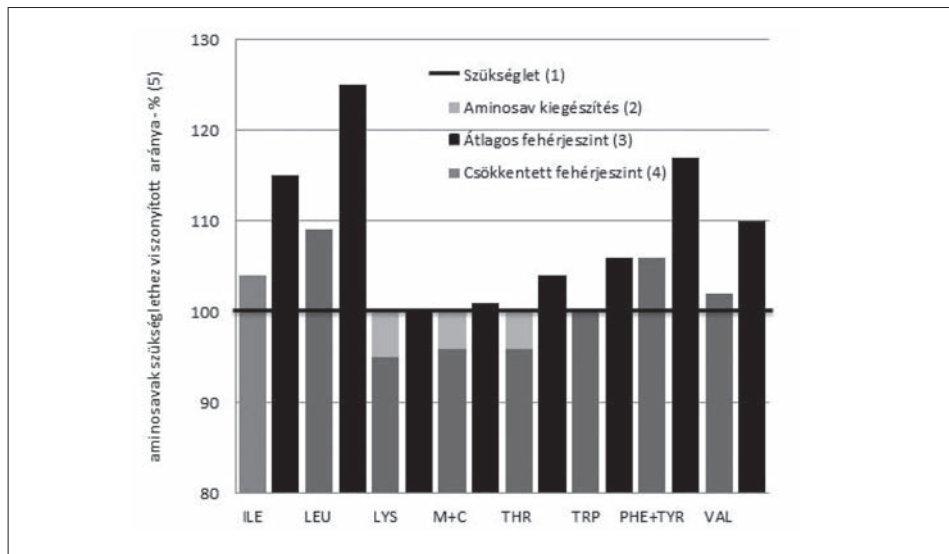


Figure 4. Amino acid composition of normal and low protein diets

requirements (1); amino acid supplement (2); average protein content (3); reduced protein content (4); amino acid contents compared with the requirements (5)

kiegészítésre kerül, akkor a fiatal 10-20 kg-os malacok tápjának fehérjetartalma 17,8%-ról akár 13,5%-ra is csökkenthető (3. táblázat).

3. táblázat A tápok nyersfehérjetartalom csökkentésének hatása 10-20 kg-os malacok növekedésére

	Gabona-szója alapú táp kristályos aminosavakkal ⁶				Gabonaalapú táp kristályos aminosavakkal ⁷		szórás ⁸ (RSD)	P-érték
	17,6% NyF.	15,6% NyF	13,5% NyF	11,8% NyF	13,0% NyF	14,0% NyF		
Kezdő súly ¹ , kg	12,7	12,7	12,6	12,6	13	12,8	0,6	0,60
Záró súly ² , kg	22,2 ^a	22,2 ^a	21,9 ^a	20,1 ^b	21,8 ^a	22,3 ^a	1,7	<0,01
takarmányfogyasztás ³ , g/nap	766	755	799	734	810	782	96	0,55
súlygyarapodás ⁴ , g/nap	450 ^a	454 ^a	442 ^a	358 ^b	420 ^a	451 ^a	67	<0,01
takarmányértékesítés ⁵ , g/g	0,59 ^a	0,59 ^a	0,57 ^a	0,49 ^b	0,52 ^a	0,58 ^a	0,06	<0,01

^{a,b} az azonos sorban eltérő betűvel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek ($p < 0,05$)

Table 3. Effects of feeding low protein diets on the growth of piglets

^{a,b} means with different superscripts in the same row differ significantly ($p < 0,05$), starting weight (1); final weight (2); daily feed intake (3); daily weight gain (4); feed conversion ratio (5); cereal- soybean based diet with crystalline amino acids (6); cereal based diet with crystalline amino acids (7); residual standard deviation (8)

Természetesen egy szinten túl nem csupán az esszenciális, hanem a nem esszenciális aminosavak is limitálóvá válhatnak. Amennyiben például a malactápot glutaminsavval is kiegészítették, akkor a szójadara teljes mértékben kiválthatóvá vált.

Ezzel szemben a brojler tápokkal összefüggésben meglehetősen ellentmondásosak a rendelkezésre álló eredmények. 2015-ben *Belloir és mtsai.* publikáltak egy összefoglaló tanulmányt, amelyben 29 publikáció 56 kísérleti eredményét értékelték. A fehérjecsökkentésre vonatkozó kísérletek többségében lizin, metionin, treonin, valin, izoleucin, és arginin kiegészítéseket alkalmaztak. Az eredmények többsége a tápok fehérjecsökkentésének eredményeképpen romló termelési paramétereikről számolt be. Ennek részben az lehet a magyarázata, hogy a sertésnél nagyobb fehérje tartalmú brojler tápok esetében a nagyobb mértékű kristályos aminosav kiegészítés egy szint felett már depresszív hatású. A másik magyarázat az lehet, hogy a csökkentett fehérje tartalmú tápokban megváltozó aminosav arányok miatt egyes aminosavak hiányával kell számolni.

A kristályos aminosavak gyorsabban szívódnak fel a bélcsatornából és hatással lehetnek az állatok takarmányfelvételére és fehérje metabolizmusára. *Belloir és mtsai.* (2015a) egy brojler táp fehérjetartalmának 30%-át fokozatosan helyettesítették kazeinnel, illetve kristályos aminosavakkal. Eredményeik alapján a 3,8% feletti kristályos aminosav kiegészítés már depresszívnek bizonyult. Ez azt

jelenti, hogy a csökkentett fehérje tartalmú tápokra jellemző 1,5-1,7% kristályos aminosav kiegészítés valószínűleg még nem jelent negatív hatást a termelési eredményekre vonatkozóan.

Azok a kísérletek, amelyekben a kontroll és a csökkentett fehérje tartalmú tápok emészthető lizin tartalma megegyezett, továbbá mindkét tápra jellemző volt, hogy az aminosav arányok megfeleltek az ideális fehérje elvre vonatkozó ajánlásoknak, azt bizonyították, hogy brojler tápok esetében átlagosan 2% fehérjecsökkentés valósítható meg a termelési eredmények romlása nélkül.

A sertésekkel és a brojlerekkel végzett kísérletek eredményei között meglévő különbség minden bizonnyal a két faj eltérő fehérje és aminosav metabolizmusával magyarázható. Madárfajokban például a tollképződéssel összefüggésben általában nem a lizin, hanem a kéntartalmú aminosavak limitálnak. A metioninból cisztein képződhet, a cisztein anyagcseréje pedig összefüggésben áll a szerin és a glicin metabolizmusával (Belloir, 2015b). Igény esetén a treoninból szintén keletkezhet glicin. A glicin azért kulcsfontosságú aminosav a madárfajok esetében, mert a húgysavsztézishez folyamatosan szükség van rá. A glicin endogén szintézise azonban általában nem elégséges, így más aminosavakból is megkezdődik a glicin szintézise. Ez nyilvánvalóan befolyásolja a takarmánnyal bevitt esszenciális aminosavak (treonin, cisztein) fehérjeszintézisre felhasználható hányadát (5. ábra). Táp szinten emiatt a treonin: lizin arányt legalább 67%-ra célszerű beállítani, de különböző stresszhelyzetekben ennél magasabb treonin szint is indokolt lehet (Lambert és mtsai, 2015).

Madarakban az arginin metabolizmusa is eltér az emlősökétől. A karbamid ciklus hiánya miatt madarakban ez az aminosav endogén úton nem képződik. A prolin emlősökben glutaminsavból, glutaminból és argininből egyaránt képződhet. Madaraknál azonban az arginin nem tekinthető prolin prekuzornak.

5. ábra Madár fajok aminosav metabolizmusának sajátosságai

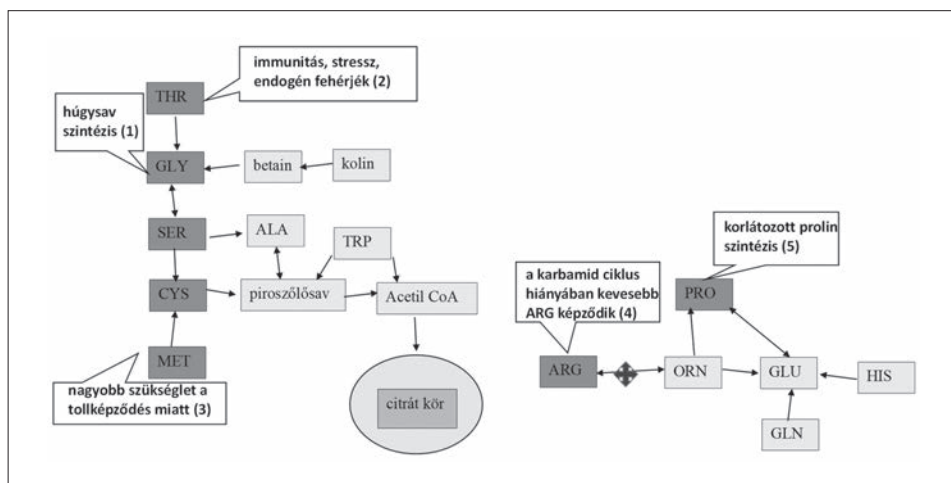


Figure 5. Specialities of the amino acid metabolism of poultry species

uric acid synthesis (1); immunity, stress, endogenous protein synthesis (2); less ARG synthesis because of the lack of urea cycle (4); restricted proline synthesis (5)

A baromfinál említett sajátosságok és összefüggések arra hívják fel a figyelmet, hogy madaraknál a nagyobb mértékű fehérjecsökkentés akadályát valószínűleg a nem esszenciális aminosavak rendelkezésre állása jelenti. A közelmúltban erre vonatkozóan is számos kutatási eredmény látott napvilágot. Csökkentett fehérje tartalmú tápok etetésekor nagyobb hangsúlyt kell helyezni a glicin kiegészítésre (*Rodehutscord és Siegert, 2017*). A szerin és a glicin lizinhez viszonyított ideális aránya ezért 137-147%-ra tehető (*Ospina-Rojas, 2012*).

A Pannon Egyetem Georgikon Karán is folytattunk a takarmányok nyersfehérjetartalmának csökkentését vizsgáló kutatásokat. A következőkben ezekből a kísérletekből származó néhány eredményünket foglaljuk össze.

A tápok fehérjecsökkentésének sertések nitrogén anyagcseréjére és az ammónia emisszióra gyakorolt hatásait a *Czakó (1982)* által leírt anyagforgalmi kísérleti metodika alapján vizsgáltuk. A kísérleteket „B” genotípusba sorolható magyar nagyfehér hússertésekkel végeztük, három kísérleti csoportban. Ez első csoport esetében a Magyar Takarmánykódex ajánlásainak megfelelő nyersfehérje tartalmú tápot (Kontroll) alkalmaztunk. A második és harmadik csoport esetében pedig a kontroll táphoz viszonyítva 1,5%-kal (1. kezelés) ill. 3%-kal (2. kezelés) alacsonyabb nyersfehérje tartalmú tápot alkalmaztunk.

A kezelések hatására a vizelettel ürített N mennyiségének változása az elvárásoknak megfelelően alakult (6. ábra). A csökkentett fehérje tartalmú tápokot fogyasztó csoportoknál a második fázis egyes kezelését kivéve, minden fázis esetében statisztikailag alacsonyabb N-ürítési értéket kaptunk a kontroll csoporthoz viszonyítva. A 3%-kal alacsonyabb fehérje tartalom a fiatalabb állatoknál eredményezett további csökkenést. A két kezelés között, a második fázist kivéve, nem tapasztaltunk szignifikáns eltérést. Az ábrán jól látható az egyes korcsoportok közötti N ürítési különbség. A kor előrehaladtával nő az

6. ábra A napi vizelet nitrogén ürítés alakulása

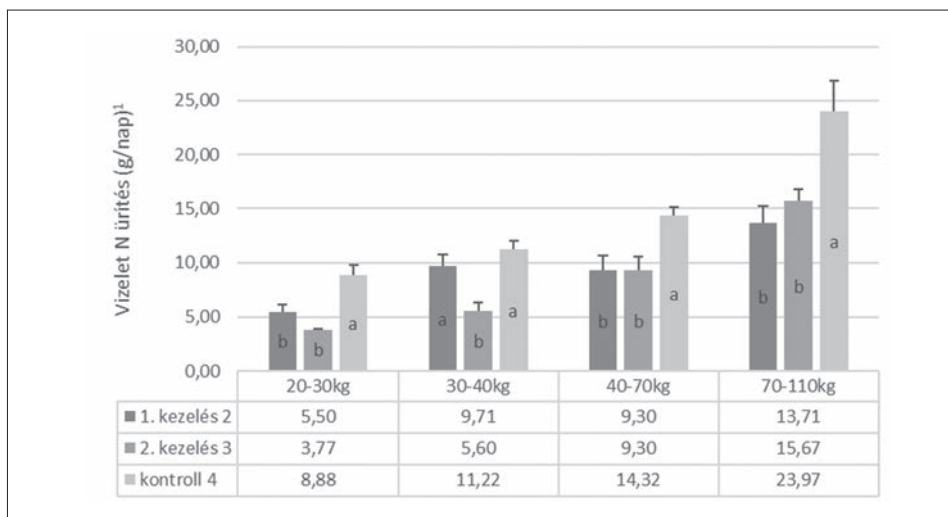


Figure 6. Daily urine nitrogen excretion

urine nitrogen excretion (g/day) (1); treatment 1 (2); treatment 2 (3); control (4)

7. ábra A fehérjecsökkentett tápok vizelet N ürítést befolyásoló relatív hatékonysága

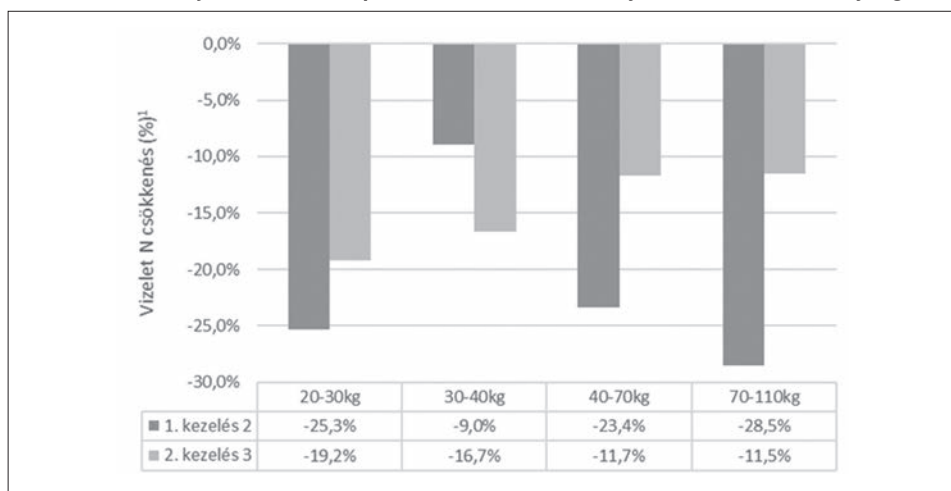


Figure 7. Relative efficiency of low protein diets on the urinary nitrogen excretion

decrease in the urinary nitrogen (%) (1); treatment 1 (2); treatment 2 (3)

ürített N mennyisége és a tápok fehérjetartalmának az idősebb állatoknál van nagyobb hatása.

Az irodalmi adatok 1%-os táp fehérjecsökkentés esetén 10%-al kisebb vizelet N ürítésről és hasonló nagyságrendű ammónia emisszió csökkenésről számolnak be (Bittman és mtsai, 2014; IPPC, 2006). Esetünkben az 1%-os fehérjecsökkentésre vonatkozó vizelet N ürítés csökkenés 9,0 és 28,5% között változott a különböző korcsoportokban (7. ábra). Az ábrán jól látható, hogy a fehérjecsökkentés nagysága nem egyenes arányban befolyásolja a vizelet N tartalmát. Az 1,5%-os csökkenés relatíve hatékonyabb volt. A 3%-al kisebb fehérjetartalom abszolút értékben ugyan nagyobb mértékű csökkenést eredményezett, de hatása nem volt additív.

A közelmúltban brojlercsirkével végzett kísérletünkben sikerült igazolni, hogy a tápok fehérjetartalmának csökkentése, ideális aminosav összetétel esetén, akár javíthatja is a termelési eredményeket. A kísérletben egy hagyományos, kukorica, búza, szójadara alapú, átlagos fehérje tartalmú kontroll tápsor mellett kétfajta, 2%-kal kisebb fehérje tartalmú tápot etettünk a hizlalás valamennyi fázisában. A két fehérjecsökkentett táp abban különbözött, hogy az egyikben a fehérjeforrást döntően az extrahált szójadara jelentette, míg a másikban nagyobb arányban szerepeltek ipari melléktermékek, extrahált napraforgó dara és a DDGS. A tápokat ileálisan emészthető aminosav alapon receptúráztuk a tenyésztő cég (Aviagen, 2014) ajánlásainak megfelelően. Az esszenciális aminosavak közül metionin, lizin, treonin, valin, arginin és izoleucin kiegészítésre került sor.

A tápok fehérje és kristályos aminosav tartalmának változása nem okozott különbséget a csirkék takarmányfogyasztásában (4. táblázat).

4. táblázat

A kezelések hatása a takarmányfogyasztásra (g)

Kezelések ¹	Indító ²	Nevelő ³	Befejező ⁴	Összesített ⁵
Melléktermék alapú, fehérje csökkentett táp ⁶	349±4,83	1453±12,48	2597±33,84	4399±43,75
Szójadara alapú, fehérje csökkentett táp ⁷	342±3,97	1479±19,22	2668±29,55	4490±23,87
Kontroll ⁸	346±4,88	1450±17,17	2573±35,82	4369±51,51

Table 4. Effects of dietary treatments on the feed intake

treatments (1); starter (2); grower (3); finisher (4); cumulated (5); byproduct based low protein diet (6); soybean meal based low protein diet (7); control (8)

Az állatok súlygyarapodása ugyanakkor már az indító szakasz végén szignifikánsan nagyobb volt a csökkentett fehérje tartalmú tápok etetésekor (5. táblázat). A hizlalás későbbi szakaszaiban tendenciáját tekintve megmaradt a fehérjecsökkentett tápok előnye, de a különbség már csak a szója alapú kezelésnél volt statisztikailag is igazolható.

5. táblázat

Fehérjecsökkentett tápok etetésének hatása csirkék súlygyarapodásra (g)

Kezelések ¹	Indító ²	Nevelő ³	Befejező ⁴	Összesített ⁵
Melléktermék alapú, fehérje csökkentett táp ⁶	294 ^a ±5,07	1020 ^a ±12,94	1567 ^{ab} ±22,14	2881 ^{ab} ±27,83
Szójadara alapú, fehérje csökkentett táp ⁷	281 ^{ab} ±1,77	1065 ^b ±9,51	1603 ^a ±19,28	2948 ^a ±17,00
Kontroll ⁸	275 ^b ±7,19	996 ^a ±10,74	1519 ^b ±20,22	2790 ^b ±30,68

^{a,b} az eltérő betűvel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek ($p < 0,05$)

Table 5. Effects of low protein diets on the weight gain of chicks

^{a,b} means with different superscripts in the same row differ significantly ($p < 0,05$)

treatments (1); starter (2); grower (3); finisher (4); cumulated (5); byproduct based low protein diet (6); soybean meal based low protein diet (7); control (8)

A kezelések a takarmányértékesítést leginkább az indító és nevelő fázisban befolyásolták. A súlygyarapodáshoz hasonlóan, a csökkentett fehérje tartalmú tápok szignifikánsan kedvezőbb takarmányértékesítést eredményeztek (6. táblázat).

Az irodalmi adatok alapján a madarak nitrogénforgalma és az egyes aminosavak aktuális szintje befolyásolhatja a csirkék testösszetételét is. Ennek részben a májban zajló húgysavsintézis és annak zsírsavsintézisre gyakorolt hatása, az egyes aminosavak speciális metabolikus, endokrin szerepe, részben pedig a húgysavsintézissel összefüggő többlet energia igény lehet a magyarázata. Esetünkben a mellhús, a comb és a hasúri zsír arányában tapasztaltunk eltéréseket (7. táblázat). A két csökkentett fehérje tartalmú táp közül a szója alapú táp etetésekor szignifikánsan nagyobb mellhús és kisebb comb arányt kaptunk. Ennek a

6. táblázat

A kezelések hatása a takarmányértékesítésre (g/g)

Kezelések ¹	indító ²	nevelő ³	befejező ⁴	összesített ⁵
Melléktermék alapú, fehérje csökkentett táp ⁶	1,19 ^a ±0,008	1,43 ^{ab} ±0,011	1,66±0,010	1,53 ^a ±0,003
Szójadara alapú, fehérje csökkentett táp ⁷	1,22 ^{ab} ±0,015	1,39 ^a ±0,019	1,67±0,008	1,52 ^a ±0,008
Kontroll ⁸	1,26 ^b ±0,028	1,46 ^b ±0,012	1,69±0,015	1,57 ^b ±0,006

^{a,b} az eltérő betűvel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek ($p < 0,05$)

Table 6. The effects of dietary treatments on the feed conversion ratio

^{a,b} means with different superscripts in the same row differ significantly ($p < 0.05$)

treatments (1); starter (2); grower (3); finisher (4); cumulated (5); byproduct based low protein diet (6); soybean meal based low protein diet (7); control (8)

különbségnek nem tudjuk a magyarázatát. A hasúri zsír arányának szignifikáns növekedése ugyanakkor az lehetett az oka, hogy izokalorikus tápokot etettünk, ami a csökkentett fehérje tartalmú tápok esetében energia többletet és nagyobb arányú elzsírosodást eredményezett. Eredményeink alapján a fehérjecsökkenéssel párhuzamosan a tápok energia szintjét is arányosan változtatni kell.

7. táblázat

A kezelések hatása a vágási kihozatalra, a mellhús, a comb, a szárny és a hasúri zsír arányára (%)

Kezelések ¹	Vágási kihozatal ²	Mellhús ³	Comb ⁴	Szárny ⁵	Hasúri zsír ⁶
Melléktermék alapú, fehérje csökkentett táp ⁷	73,27±0,25	19,35 ^a ±0,22	21,76 ^a ±0,18	7,34±0,06	1,59 ^a ±0,09
Szójadara alapú, fehérje csökkentett táp ⁸	73,54±0,31	20,38 ^b ±0,22	21,20 ^b ±0,12	7,28±0,05	1,62 ^a ±0,05
Kontroll ⁹	73,77±0,25	20,57 ^b ±0,30	21,92 ^a ±0,12	7,26±0,07	1,35 ^b ±0,05

^{a,b} az eltérő betűvel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek ($p < 0,05$)

Table 7. Effects of dietary treatments on the carcass weight, breast, thigh, wing and abdominal fat ratio (%)

^{a,b} means with different superscripts in the same row differ significantly ($p < 0.05$)

treatments (1); carcass weight (2); breast meat (3); thigh (4); wings (5); abdominal fat (6); by product based low protein diet (7); soybean meal based low protein diet (8); control (9)

A brojler indexet (európai hatékonysági faktor, EEF) világszerte használják a termelési eredmények összehasonlítására. Az index számításakor figyelembe vesszük a hizlalási végsúlyt, az elhullást, a takarmány értékesítést és a hizlalási napok számát. A kontroll csoport 460-as brojler indexéhez képest a szója és a melléktermék alapú tápok egyaránt jobb eredményt értek el. A szója alapú fe-

hérjecsökkentett táp etetése 484-as, a melléktermék alapú tápé 482-es indexet eredményezett.

A kontroll csoport esetében az egy állatra jutó takarmány költség 494 Ft, ezzel szemben a szója és melléktermék alapú csökkentett fehérje tartalmú tápok ára 469 és 470 Ft volt. A napos csirke és a táp költség levonása után a kontroll csoporthoz képest a melléktermék alapú táp 55 Ft, míg a szója alapú táp 78 Ft-al nagyobb nyereséget jelentett.

Összefoglalva megállapítható, hogy a baromfi és sertés tápok fehérjetartalmának csökkentése komoly potenciált jelent a termelés hatékonyságának javítása, továbbá állatjóléti és környezetvédelmi szempontból egyaránt. A csökkentett fehérje tartalmú tápok összeállításánál azonban nagyobb odafigyelést igényel az aminosav szükségletek minél szélesebb körű biztosítása érdekében, figyelembe véve az aminosav arányokat és a nem esszenciális aminosavak mennyiségét is.

IRODALOMJEGYZÉK

- Aarnink, A.J.A. - Verstegen, M.W.A.* (2007): Nutrition, key factor to reduce environmental load from pig production. *Livestock Sci.*, 109 194–203.
- Ajinomoto Eurolysine* (2011): Formulating pig grower diets with no minimum crude protein. *Information N° 37.*, 17.
- Aviagen* (2014): Nutrition Specifications for Ross 308 Broilers
- Belloir, P. - Lessire, M - Van Milgen, J. - Schmidley, P. - Corrent, E. - Tesseraud, S.* (2015a): Reducing dietary crude protein of broiler: a meta-analysis approach. 11èmes Journées de la Recherche Avicoles et Palmipédes a Foie Gras, Tours, France, 2015. 03. 25-26. 1-6.
- Belloir, P. - Lessire, M. - Berri, C. - Lambert, W. - Corrent, E. - Tesseraud, S.* (2015b): Revisiting amino acid nutrition. In the proceedings of the 20th European Symposium on poultry Nutrition. 24-27 August. Prague, 27-34.
- Berri, C. - Le Bihan-Duval, E. - Cebut, M. - Sante-Lhoutelier, V. - Bezea, E. - Gigaud, V. - Yego, Y. - Duclos, M.J.* (2007): Consequence of muscle hypertrophy on characteristics of pectoralis major muscle and breast meat quality of broiler chickens. *J. Anim. Sci.*, 85. 2005-2011.
- Bittman, S.M. - Dedina, C. M. - Oenema, H.O. - Sutton, M.A.* (2014): Options for Ammonia Mitigation, Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen; CEH,
- Conde-Aguilera, J.A. - Cobo-Ortega, C. - Tesseraud, S. - Lessire, M. - Mercier, Y. - Van Milgen, J.* (2013): Changes in body composition in broilers by a sulphur amino acid deficiency during growth. *Poult. Sci.*, 92. 1266-1275.
- Czakó J.* (1982): Állattenyésztési kísérletek tervezése és értékelése, Akadémiai kiadó, Budapest, 545.
- Figuroa, J.L. - Lewis, A.J. - Miller, P.S. - Fischer, R.L. - Diedrichsen, R.M.* (2003): Growth, carcass traits, and plasma amino acid concentrations of gilts fed low-protein diets supplemented with amino acids including histidine, isoleucine, and valine. *J. Anim. Sci.*, 81, 1529-1537.
- Fuller, M.F. - McWilliam, R. - Wang, T.C. - Giles, L.R.* (1989): The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. 2. Requirements for maintenance and for tissue protein accretion. *Br J. Nutr.*, 62. 255-67.
- Gloaguen, M. - Le Floc'h, N. - Corrent, E. - Primot, Y. - Van Milgen, J.* (2014) The use of free amino acids allows formulating very low crude protein diets for piglets. *J. Anim. Sci.*, 92. 637-644.
- IPPC* (2006): Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, chapter 10.
- Joint Research Centre of the European Commission* (2015): Best available techniques (BAT) reference document for the intensive rearing of poultry and pigs

- Kerr, B.J. - Southern, L.L. - Bidner, T.D. - Friesen, K.G. - Easter, R.A. (2003):* Influence of dietary protein level, amino acid supplementation, and dietary energy levels on growing-finishing pig performance and carcass composition. *J. Anim. Sci.*, 81. 3075-3087.
- Lambert, W. - Simongiovanni, A. - Tesseraud, S. - Corrent, E. (2015):* Threonine requirement of broiler chickens: integrated prediction by meta-analysis. In: 20th European Symposium on Poultry Nutrition, Prague (CZE) 2015/08/25-27, Abstract.
- Leclercq, B. (1998):* Specific effects of lysine on broiler production: comparison with threonine and valine. *Poult. Sci.*, 77. 118-123.
- Mercier, Y. - Berri, C. - Baéza, E. - Bordeau, T. - Chartrin, P. - Ercebrand, F. - Geraert, P. A. (2009):* Improvement of muscle oxidative stability and processing yield in relation with dietary methionine sources. In: Poultry Science Association 98th Annual meeting. Raleigh, North Carolina (USA) 2009/07/20-23. Abstract 117.
- Ospina-Rojas, I.C. - Murakami, A.E. - Eying, C. - Nunes, R.V. - Duarte, C.R.A. - Vargas, M.D. (2012):* Commercially available amino acid supplementation of low-protein diets for broiler chickens with different ratios of digestible glycine+serine:lysine. *Poultry Sci.*, 91. 3148-3155.
- Rodehutscord, M. - Siegert, W. (2017):* Optimizing protein and amino acid nutrition for poultry. 16. BOKU-symposium Tierernahrung, 2017. 04. 27. Vienna.

A cikk a Pannon Egyetem és a Bécsi Állatorvostudományi Egyetem együttműködésével megvalósuló CEPI – Centre of Excellence for Poultry Innovation című projekt támogatásával készült. A projekt az Interreg V-A Ausztria-Magyarország Együttműködési Programban az Európai Unió, Magyarország, valamint a Bécsi Állatorvos-tudományi Egyetem támogatásával valósul meg.

Érkezett: 2018. szeptember

A szerzők címe: Dublecz K. – Koltay I. – Such N. – Dublecz F. – Husvéth F. – Wágner L. – Péterné Farkas E. – Márton A. – Farkas V. – Pál L.

*Authors' address: Pannon Egyetem, Georgikon Kar
University of Pannonia, Georgikon Faculty
H- 8360, Keszthely Deák Ferenc u. 16.
dublecz@georgikon.hu*

A ROVARFEHÉRJE, MINT A FEHÉRJEELLÁTÁS ÚJ ALTERNATÍVÁJA

MÉZES MIKLÓS

ÖSSZEFOGLALÁS

Az egyre növekvő számú, és genetikai potenciállal rendelkező, gazdasági állatok fehérjeigényének kielégítése világszerte a takarmányozás egyik kritikus problémája. A hagyományos fehérjeforrások, mint a szójadara vagy a halliszt napjainkban egyre kevésbé képesek kielégíteni a növekvő szükségletet. Emiatt egyre nagyobb az igény alternatív fehérjeforrásokra, mint amilyen például a rovarfehérje. Ennek alkalmazása jelenleg az Európai Unióban szigorúan szabályozott, a világ más országaiban azonban általánosan elterjedt a rovarfehérje alkalmazása. A rovarokból és lárvákból történő fehérje előállítás megfelel a fenntartható fejlődés által támasztott igényeknek, mert kis területen, nagyrészt szerves hulladék felhasználásával, nagy mennyiségű és kiváló biológiai értékű fehérje állítható elő. Az összefoglaló közleményben a jelenleg ipari méretekben is előállított fekete katonalégy, házi légy, közönséges lisztbogár, alombogár, házi tücsök, selyemhernyó és a vörös sáska lárvájának nyersfehérje és aminosav tartalmát mutatom be. A rovarfehérje alkalmazása főképp a monogasztrikus állatok takarmányozásában lehet alternatíva, ugyanis a rovarlisztek nyersfehérje és esszenciális aminosav tartalma a szójadara vagy a halliszt akár teljes kiváltását is lehetővé teszi, a termelési paraméterek csökkentése nélkül.

SUMMARY

Mézes, M.: INSECT PROTEIN AS NEW ALTERNATIVE OF PROTEIN SUPPLY

Demand of the protein requirement of the continuously increase of farm animal population with higher genetic merit became one of the critical problem in nutrition, worldwide. Traditional protein sources, such as soybean meal or fishmeal, cannot demand such much higher requirement. For that reason, there is more requirement for alternative protein sources, such as insect protein. Use of insect protein in farm animal nutrition strictly regulated in the European Union, but in other countries, it is a general practice. Protein production from insects and their larvae meet all of the criteria of sustainable development because high quantity and good quality protein can be produce in a small territory by using mainly organic waste. The present review discuss about the crude protein and amino acid content of those insect larvae, namely black soldier fly, housefly, common mealworm, yellow mealworm, house cricket, silkworm and red locust, which are produce at industrial scale, recently. Insect protein can be alternative mainly in monogastric animal nutrition, because crude protein and amino acid content is optimal for the replacement of soybean meal or fishmeal, even completely, without measurable changes of production traits.

BEVEZETÉS

A növényi eredetű fehérjeforrásoknak a globális klímaváltozás következtében változó terméseredményei (McLeod, 2011), a genetikailag módosított növényekkel szembeni aggályok (Karuga, 2017), valamint az egyre nagyobb létszámú és genetikai képességgel rendelkező állatállományok növekvő fehérje igénye miatt a világon folyamatosan keresik azokat a lehetőségeket, amelyek segítségével az egyre nagyobb mennyiségű fehérje szükséglet folyamatosan, biztonságosan és kedvező áron kielégíthető. Ennek érdekében olyan, korábban nem, vagy csak mérsékelten, és csak egyes országokban alkalmazott, fehérjeforrásokat is igyekeznek bevonni a gazdasági állatok, ezek közül elsősorban a monogasztrikus állatok, takarmányozásába, amelyek felhasználásával a fehérjehiány csökkenthető. A növényi eredetű fehérjeforrások mellett a halliszt mennyisége is folyamatosan csökken, ára emiatt emelkedik (FAO, 2014).

A lehetséges alternatív fehérjeforrások között napjainkban elterjedőben van a rovarfehérje. A rovarokkal, rovarok lárváival, történő fehérje előállítás mértékben megfelel a fenntartható fejlődéssel szemben támasztott követelményeknek. A kiemelkedően nagy hatékonysággal rovarfehérjét biztosító lisztkecske nevelése során például átlagosan 1 kg fehérje állítható elő 1,7 kg szerves hulladék felhasználásával mindössze 1 m² területen (Van Huis és mtsai, 2013), általánosságban is elmondható, hogy 1 kg rovar biomassa előállításához mindössze 2 kg takarmány biomassa szükséges (Collavo és mtsai, 2005). A rovarfehérjék takarmányozási célú felhasználásával napjainkban a világ számos országában már kiterjedten foglalkoznak (Makkar és mtsai, 2014), a hazai kutatások azonban még csak nemrégiben kezdődtek meg és a gyakorlati alkalmazás is csak kísérleti szinten van. Az I. Magyar Rovaripari Konferencián is a rovarokkal elsősorban, mint új élelmiszerekkel foglalkoztak és csak másodsorban, mint lehetséges takarmány alapanyagokkal, amelyről egy részletes összefoglaló tanulmány is tanúskodik (Popp és mtsai, 2018).

A ROVARFEHÉRJE FELHASZNÁLÁSÁNAK SZABÁLYOZÁSA

A rovarok és azok lárváinak takarmányként való felhasználását az Európai Unió jelenleg csak a társállatok, valamint a halak esetében engedélyezte, ugyanakkor az azokból kinyert fehérje, fehérje hidrolizátum (molekulásúly: < 10.000 dalton) formájában, minden gazdasági állat számára engedélyezett (2017/893/EU rendelet). Egyes, takarmányként felhasználható rovarok részletes toxikológiai vizsgálata alapján az EFSA (2015) az alábbi fajokat minősítette biztonságosnak egyrészt közvetlen felhasználásra, illetve fehérje kinyerés céljából: fekete katonalégy (*Hermetia illucens*), házi légy (*Musca domestica*), közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*), alombogár (*Alphitobius diaperinus*), házi tücsök (*Acheta domesticus*), csíkos tücsök (*Gryllodes sigillatus*), földi tücsök (*Gryllus assimilis*).

Az Európai Unió kívüli országokban ezek mellett számos más rovarfaj és azok lárvái is felhasználásra kerülnek a gazdasági állatok takarmányozásában. Így például a selyemhernyó (*Bombyx mori*), amelyből csak Kínában évente körülbelül 150.000 tonnát termelnek, vagy a sáskák, amelyek közül takarmányozási célra főképp a vörös sáskát (*Nomadacris septemfasciata*) használják Afrikában és Ázsiában.

A felsorolt rovarok és rovarlárvák a szójadarával vagy a halliszttel összevethető, jelentős mennyiségű, nyersfehérjét tartalmaznak (1. táblázat).

1. táblázat

Egyes takarmányozási célra alkalmazott rovarlárvák nyersfehérje tartalma

Rovar (1)	Nyersfehérje tartalom (2) (%)	Hivatkozás (3)
Fekete katonalégy (4)	42 40,88	<i>Wang és Shelomi (2017)</i> <i>Cullere és mtsai (2016)</i>
Házilégy (5)	42-62	<i>Awoniyi és mtsai (2003)</i>
Közönséges lisztbogár (6)	53,4	<i>Veldkamp és mtsai (2012)</i>
Alombogár (7)	67,9	<i>Veldkamp és mtsai (2012)</i>
Házitücsök (8)	62	<i>DeFoliart és mtsai (1987)</i>
Selyemhernyó (9)	46,7 63,3 50-60	<i>Yaowang (1989)</i> <i>Wijayasingth és Rajaguru (1977)</i> <i>Hertrampf és Piedad- Pasual (2000)</i>
Vörös sáska (10)	50-65	<i>Esmail (2017)</i>

Table 1. Crude protein content of some insect larvae used in animal nutrition

insect/insect larvae (1); crude protein content (2); reference (3); black soldier fly larvae (4); housefly larvae (5); yellow mealworm (6); lesser mealworm (7); house cricket larvae (8); silkworm (9); red locust larvae (10)

A rovarok és rovarlárvák nyersfehérje tartalmának értékelése során azonban tekintetbe kell venni azt a tényt is, hogy amennyiben nitrogén alapon történik a nyersfehérje tartalom kiszámítása a hagyományos $N \times 6,25$ értékkel, akkor ez felülértékeli a rovar vagy rovarlárvá nyersfehérje tartalmát, mivel nem veszi tekintetbe a kitin nitrogén tartalmát. A rovarok egyedfejlődése során ugyanis a kutikula réteg fehérjéinek szabad funkció csoportjai kapcsolódnak a kitin szálakhoz (*Hopkins és Kramer, 1992*), így az állatok számára a fehérje ezen része nem emészthető. Ennek a problémának a kiküszöbölésére számos nitrogén-fehérje faktort javasoltak, amelyek közül a legújabb $N \times 4,76$ értékben határozta meg a nitrogén-fehérje konverziós faktort három, elterjedten alkalmazott rovarlárvával, fekete katonalégy, házi légy és közönséges lisztbogár, végzett mérési eredmények alapján (*Janssen és mtsai, 2017*). Egy másik lehetőség az emészthető nyersfehérje, illetve emészthető valódi fehérje mennyiségének meghatározása, amely azért tekinthető megfelelőnek, mert a kitin nitrogén tartalma az egyes rovarfajok, valamint fejlődési stádiumok között rendkívül nagy eltéréseket mutat (*Jonas-Levi és Itzhak Martinez, 2017*)

A rovarok és rovarlárvák felhasználása során számos aggály merült fel azzal kapcsolatban merültek fel, hogy lehetséges mikroorganizmus vektorok lehetnek. A rovarok vagy rovarlárvák állatokra vagy az emberre nézve veszélyes rovarspecifikus mikroorganizmusokkal természetesen fertőzettek lehetnek, de ezek a nagyfokú szövet specifikitása miatt nem jelentenek tényleges veszélyt sem a gazdasági állatok, sem az állati terméket fogyasztó ember számára (*Eilenberg és mtsai, 2015*). A fekete katonalégy lárvában feltételezték, hogy antimikrobiális

vegyületeket tartalmaz (Newton és mtsai, 2008), ilyen hatású peptideket később sikerült is izolálni (Elhag és mtsai, 2014). Azzal viszont számolni lehet, hogy a rovarok vagy rovarlárvák testfelületén a takarmányozásukra felhasznált anyagokból származó állati vagy humán patogén mikroorganizmusok lehetnek jelen, emiatt akár ezek vektorhordozói is lehetnek (Graczyk és mtsai, 2005). Ez azonban megfelelő feldolgozási technológia - így például hőkezelés, szárítás, UV besugárzás, nagy energiájú mikrohullámú kezelés, pasztörizálás vagy savanyítás - alkalmazásával minimálisra csökkenthető (Klunder és mtsai, 2012; Schlüter és mtsai, 2017). A rovarlárvák nyersfehérje, zsír és kitin tartalma azonban jelentős mértékben befolyásolhatja az alkalmazott feldolgozási technológia hatékonyságát (Nowak és mtsai, 2015). A rovarliszt mikrobiológiai biztonságának fenntartása érdekében a feldolgozás során emiatt olyan lépéseket is szükséges beiktatni, amelyekkel a kevésbé hőérzékeny, azaz az adott technológiának ellenálló, mikroorganizmusok is biztonságosan eliminálhatók (Schlüter és mtsai, 2017).

A ROVAROK ÉS ROVARLÁRVÁK TARTÁSA ÉS TAKARMÁNYOZÁSA

A takarmányozási célra felhasznált rovarok tartása és takarmányozása az Európai Unió szabályai alapján meg kell, hogy feleljen a vonatkozó rendelkezéseknek (1069/2009/EU rendelet). A legújabb EU rendelkezés (2017/893/EU rendelet) szerint, a rovarok és rovarlárvák takarmányozására csak bizonyos állati eredetű takarmányok használhatók fel. Ezek közé tartozik a halliszt, a nem kérődző állatokból származó vérvérszítványok, az állati eredetű di- és trikálcium foszfát, a nem kérődző állatokból származó hidrolizált fehérje, a nem kérődző állatokból származó zselatin és kollagén, a tojás és tojás termékek, a tej, tej alapú és tej feldolgozásából származó termékek, valamint a kolosztrum, a méz és a vegyes állati zsír.

A rendelet értelmében viszont a szerves trágya, mint állati eredetű takarmány, használata tilos, amellyel kapcsolatban viszont érdekes adalék, hogy egy, a FAO által támogatott és a súlyos fehérjehiány csökkentésére irányuló projekt célja egyes afrikai országokban éppen a baromfitrágya „újrahasznosítása”, azaz takarmányozási célra felhasználható rovarlárvák nevelési technológiájának baromfitrágyán, mint takarmányon, alapuló kialakítása.

Tekintettel kell azonban lenni arra, hogy a rovarlárvák, amennyiben azokat baromfi trágyán nevelik, hordozói lehetnek egyes patogén baktériumoknak, így például a Salmonella-nak. A takarmányozási célú felhasználás előtt a Salmonella hőkezeléssel ugyan elpusztítható, de a rovarlárvák általában nagy zsírtartalma miatt ilyen esetben fennáll az avasodás veszélye. Ez a probléma a lárvák zsírmentesítésével csökkenthető, így a termék, azaz a rovarliszt, eltarthatóságának ideje is meghosszabbodik.

A zsírmentesítésnek, mint technológiai eljárásnak, emellett egyéb kedvező hatása is van, ennek révén ugyanis nő a rovarliszt nyersfehérje és aminosav tartalma (2. táblázat).

A rovarok vagy rovarlárvák takarmányozására felhasznált anyagoknak hatása van az előállított rovarliszt táplálóanyag, ezen belül nyersfehérje, tartalmára is (Oonincx és mtsai, 2015), amelyet a fekete katonalégy példáján az alábbi táblázatban mutatok be (3. táblázat).

2. táblázat

**Szártott és zsírintesített fekete katonalégylárva nyersfehérje és aminosav tartalma
(Cullere és mtsai, 2016 nyomán)**

Fehérje/aminosav (1) (%)	Szártott lárva (2)	Zsírintesített lárva (3)
Nyersfehérje (4)	40,88	60,69
Lizin (5)	1,93	2,96
Metionin (6)	0,49	0,72
Cisztein (7)	0,31	0,47
Treonin (8)	1,37	2,01
Triptofán (9)	0,45	0,71

Table 2. Crude protein and amino acid content of dry and defatted black soldier fly larvae (after Cullere et al., 2016)

crude protein/amino acid content (1); dry larvae (2); defatted larvae (3); crude protein (4); lysine (5); methionine (6); cysteine (7); threonine (8); tryptophan (9)

3. táblázat

Különböző takarmányokon nevelt fekete katonalégylárva nyersfehérje tartalma

Takarmány (1)	Nyersfehérje tartalom (2) (%)	Hivatkozás (3)
Baromfitakarmány (3)	37,86	<i>Diener és mtsai (2009)</i>
Gyümölcs hulladék (4)	37,8	<i>Mutafela (2015)</i>
Zöldség hulladék (5)	39,9	<i>Spranghers és mtsai (2017)</i>
Baromfi trágya (6)	37,9	<i>Arango Gutiérrez és mtsai (2004)</i>

Table 3. Crude protein content of black soldier fly larva meal, fed different diets

feed (1); crude protein content (2); reference (3); poultry feed (4); fruit waste (5); vegetable waste (6); poultry manure (7)

A SZÓJADARA KIVÁLTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI ROVARFEHÉRJÉVEL

A gazdasági állatok, ezen belül különösen a monogasztrikus fajok, takarmányozásában fő fehérjeforrás az extrahált szójadara. Ennek ismeretében a rovarliszt takarmányozási értékét is annak alapján lehet értékelni, ha a szójadara kiváltási értékét tekintjük, de egyúttal tekintetbe véve a termelési paraméterek alakulását is. Az értékelés során azonban tekintetbe kell venni nem csupán a szójadara és az egyes rovarokból előállított rovarlisztek nyersfehérje, de azok aminosav tartalmát is. A szójadara átlagos aminosav tartalmát tekintetbe véve a legfontosabb esszenciális aminosavak mennyisége az egyes rovarlisztekénél eltérő, amely a 4. táblázatban látható. A fekete katonalégylárva aminosav tartalmát Cullere és mtsai (2016), a lisztkukacét Ramos-Elorduy és mtsai (2002), a házitücsökét DeFoliart és mtsai (1987), a házilégylét pedig Aniebo és mtsai (2008) által közölt adatok alapján mutatom be.

4. táblázat

Néhány rovarlárva és a szójadara fontosabb esszenciális aminosav tartalma

Aminosav (1)	Fekete katonalégy (2)	Lisztukac (3)	Házitücsök (4)	Házilégy (5)	Szójadara (6)
Lizin (7)	1,93	3,89	3,48	6,04	2,62
Metionin (8)	0,49	0,81	0,93	2,28	0,52
Treonin (9)	1,37	2,64	3,05	2,03	1,66
Triptofán (10)	0,45	0,76	0,38	0,41	0,65

Table 4. Essential amino acid content of some insect larvae and soybean meal

amino acid (1); black soldier fly (2); yellow mealworm (3); house cricket (4); housefly (5); soybean meal (6)

Az eredmények alapján kijelenthető, hogy a legtöbb takarmányozásra javasolt rovarfaj aminosav tartalma nem csupán eléri, de általában esetben meg is haladja a szójadara aminosav tartalmát, ami azt jelenti, hogy monogasztrikus állatok takarmányozásában rovarfehérjével a szójadara részben, vagy akár teljes mértékben kiváltható.

A fekete katonalégy lárvája kiváló fehérjeforrás, baromfi takarmányokban való alkalmazása során azonban tekintetbe kell venni, hogy az aminosavak látszólagos ileális emészthetősége csak 68% (*De Marco és mstai*, 2015). Fekete katonalégy lárvájával az extrahált szójadara átlagosan 25%-a váltható ki, a termelési paraméterek csökkenése nélkül (*Cullere és mtsai*, 2016). Tojótücsöknél ugyanakkor a szójapogácsa akár teljes mértékben kiváltható a tojástermelés csökkenése nélkül (*Maurer és mtsai*, 2016), míg a szójadara teljes mértékű kiváltása esetén már csökkent takarmányfelvételt és emiatt a tojástermelés csökkenését tapasztalták (*Marono és mtsai*, 2017). Sertéseknél, különösen malacoknál, is felhasználható alternatív fehérjeforrásként, de a nagy kitartalmú kutikula réteget szükséges eltávolítani a felhasználás előtt (*Newton és mtsai*, 1977), ugyanis ennek hatására, különösen akkor, ha nagy mennyiségben (33%) alkalmazzák, szignifikáns mértékben csökken a takarmány szárazanyag tartalmának látszólagos emészthetősége.

A közösleges lisztbogár lárváját, azaz a lisztukacot, amely a fehérjeforrásként javasolt rovarok közül a leginkább hatékonyan hasznosítja a szerves hulladékokat, a baromfi takarmányokban átlagosan 10% mennyiségben javasolják alkalmazni, amellyel a szükséges 19% nyersfehérje tartalom biztosítható, az extrahált szójadara teljes mértékű kiváltása mellett. Aminosavainak látszólagos ileális emészthetősége is kiváló, 86%, így alkalmazásával a szójadarát hatékonyan lehet helyettesíteni (*De Marco és mtsai*, 2015). Egyes vizsgálatok eredményei szerint brojlercsirkék takarmányában akár 25% mennyiségben is alkalmazható (*Schiavone és mtsai*, 2014), anélkül, hogy ez takarmány visszautasítást, vagy a termelési paraméterek csökkenését idézte volna elő. Alkalmazása során ugyanakkor metionin kiegészítés szükséges, mert a lisztbogár lárváé fehérje metionin tartalma nem fedezi a baromfi szükségletét (*Ramos-Elorduy és mtsai*, 2002).

A házi tücsök is kiváló alternatív fehérje forrás, mert szárítva átlagosan 62% nyersfehérjét tartalmaz. Baromfi takarmányokban alkalmazva megállapították, hogy az esszenciális aminosavak közül triptofánban és metioninban hiányos,

amelynek kiegészítése javasolható a termelési eredmények fenntartása érdekében, különösen akkor, ha a szójadara teljes mennyiségét kiváltják a házi tücsök lárvájából készített rovarliszttel (*DeFoliart és mtsai, 1987*).

Brojler nevelés során 15% mennyiségben javasolták a termelési paraméterek szinten tartása érdekében (*Wang és mtsai, 2005*), ugyanakkor egyes vizsgálatok során még 28% bekeverési arány esetén sem rontotta a termelési paramétereket (*Finke és mtsai, 1985*).

A házi légy lárvája a tartástechnológiától és a takarmányozásra felhasznált szerves hulladéktól függően 42-62% fehérje tartalommal rendelkezik, amelynek aminosav összetétele kiváló és az aminosavak látszólagos emészthetősége is rendkívül jó, 91% (*Pretorius, 2011*). Erre vezethető vissza, hogy a baromfi takarmányához 10-15% mennyiségben adagolva, 50% szójadara kiváltása mellett, a termelési paramétereken belül a takarmányértékesítést is javította (*Hwangbo és mtsai, 2009*). Választott malacoknál 10% mennyiségben adagolva a takarmányhoz a szójadara egyidejű kiváltása mellett, nem csökkentette a termelési paramétereket (*Viroje és Malin, 1989*).

A selyemhernyó nyersfehérje tartalma a tartástechnológiától, a takarmányozástól és a feldolgozástól függően 47-63%, amely zsírintesítéssel akár 80%-ra is növelhető. Emiatt akár zsírintesített, akár teljes zsírtartalmú formában baromfi takarmányokhoz keverve a szójadara akár teljes mértékben kiváltható, azonos termelési paraméterek, sőt a takarmányértékesítés javulása mellett (*Khan és mtsai, 2016*). Sertéstakarmányozásban ritkán alkalmazzák, mert íze miatt a sertés nem kedveli, bár lizin tartalma miatt kiváló takarmány alapanyag lenne (*Coll, és mtsai, 1992*). A selyemhernyó nyersfehérje monogasztrikus állatok mellett kérődzőkben is kiválóan hasznosítható, ugyanis a fehérje bendőben le nem bomló, by-pass hányada rendkívül magas, közel 80%, ugyanakkor a fehérje vékonybélben történő emészthetősége csak közepes, 53%, viszont kiváló metionin forrás (*Ioselevich és mtsai, 2004*).

A sáska takarmányozási célú felhasználását már a múlt század közepén javasolták a baromfi hizlalásban (*Frona, 1935*), Afrika és Ázsia számos országában pedig azóta is folyamatosan használják ilyen célra (*Gibril, 1997*), a lárvájából készített rovarliszt ugyanis kedvező aminosav összetétel mellett 50-65% nyersfehérje tartalommal rendelkezik. Intenzív brojlercsirke nevelési rendszerekben is kiváltható a szójadara 20-40%-a a termelési paraméterek csökkenése nélkül (*Esmail, 2017*). Sertések takarmányozásában ugyanakkor nem terjedt el, mert korábbi adatok szerint hízósertéseknél a húsnak kellemetlen hal ízt kölcsönöz (*Hemsted, 1947*).

A publikáció elkészítését a EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

IRODALOMJEGYZÉK

- 1069/2009 EU rendelet: Az Európai Parlament és a Tanács 1069/2009/EK rendelete (2009. október 21.) a nem emberi fogyasztásra szánt állati melléktermékekre és a belőlük származó termékekre vonatkozó egészségügyi szabályok megállapításáról és az 1774/2002/EK rendelet hatályon kívül helyezéséről (állati melléktermékekre vonatkozó rendelet). EU Hiv. Lapja, L 300/1
- 2017/893 EU rendelet: A Bizottság (EU) 2017/893 rendelete (2017. május 24.) a 99/2001/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet I. és IV. mellékletének, valamint a 142/2011/EU bizottsági rendelet X., XIV. és XV. mellékletének a feldolgozott állati fehérjére vonatkozó rendelkezések tekintetében történő módosításáról. EU Hiv. Lapja L 138/92
- Aniebo, A.O. – Erondy, E.S. - Owen, O.J. (2008): Proximate composition of housefly larvae (*Musca domestica*) meal generated from mixture of cattle blood and wheat bran. *Livest. Res. Rural Developm.* 20. 205-206.
- Arango Gutiérrez, G.P. - Vergara Ruiz, R.A. - Mejía Vélez, H. (2004): Compositional, microbiological and protein digestibility analysis of the larva meal of *Hermetia illucens* L. (diptera: Stratiomyidae) at Angelópolis-Antioquia, Colombia. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, 57. 2491–2500.
- Awoniyi, T.A.M.- Aletor, V.A.-Aina, J.M. (2003): Performance of broiler - chickens fed on maggot meal in place of fishmeal. *Int. J. Poult. Sci.*, 2. 271-274.
- Collavo, A. - Glew, R.H. - Huang, Y.S. - Chuang, L.T. - Bosse, R. - Paoletti, M.G. (2005): House cricket small-scale farming. In: Paoletti, M.G. (szerk.): *Ecological implications of minilivestock: Potential of insects, rodents, frogs and snails*. Science Publishers, New Hampshire, 519–544.
- Cullere, M. - Tasoniero, G. - Giaccone, V. - Miotti-Scapin, R. - Claeys, E. - De Smet, S. - Dalle Zotte, A. (2016): Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: apparent digestibility, excreta microbial load, feed choice, performance, carcass and meat traits. *Animal*, 10. 1923-1930.
- DeFoliart, G. - Nakagaki, B. - Sunde, M. (1987): Protein quality of the house cricket *Acheta domestica* when fed to broiler chicks. *Poult. Sci.*, 66. 1367–1371.
- De Marco, M. - Martínez, S. - Hernandez, F. - Madrid, J. - Gaic, F. - Rotolo, L. - Belforti, M. - Bergero, M. - Katze, H. - Dabbou, S. - Kovitvadh, A. - Zoccarato, I. - Gasco, L. – Schiavone, A. (2015): Nutritional value of two insect larval meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*) for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 209. 211–218.
- Diener, S. - Zurbrugg, C. - Tockner, K. (2015): Bioaccumulation of heavy metals in the black soldier fly, *Hermetia illucens* and effects on its life cycle. *J. Insects Food Feed*, 1. 261–270.
- EFSA (2015): Scientific Opinion of a risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA J.* 13. 10. 4257.
- Eilenberg, J. - Vlak, J. - Nielsen-LeRoux, C. - Cappellozza, S. - Jensen, A. B. (2015): Diseases in insects produced for food and feed. *J. Insects Food Feed* 1. 87–102.
- Elhag, O.A.O. - Zheng, L.Y. - Zhou, D.Z. - Yu, Z.N. - Zhang, J.B. (2014): Discovery of new anti-microbial peptides in black soldier fly and their function. *Conference Insects to Feed The World*, The Netherlands, 154. (Abstract).
- Esmail, S.H. (2017): Are alternative sources of poultry protein efficient? *All About Feed*, Special Issue, Feed Efficiency, June, 22-25.
- FAO (2014): *The State of World Fisheries and Aquaculture: Opportunities and Challenges*. FAO; Rome
- Finke, M.D. - Sunde, M.L. - DeFoliart, G.R. (1985). An evaluation of the protein quality of mormon cricket (*Anabrus simplex* H.) when used as a high protein feedstuff for poultry. *Poult. Sci.*, 64. 708-712.
- Fronza, F.M. (1935): Notes on locust meal as a poultry feed. *Philippine Agric.* 24. 425–427.
- Gibril, S. (1997): Utilization of locust meal in poultry diets. *J. Nat. Res. Environ. Stud.*, 1. 19–23.
- Graczyk, T. K. - Knight, R. - Tamang, L. (2005): Mechanical transmission of human protozoan parasites by insects. *Clin. Microbiol. Rev.*, 18. 128–132.

- Hemsted, W.R.T.* (1947): Locusts as a protein supplement for pigs. *East Afr. Agric. Forest. J.*, 12, 225–226.
- Hertrampf, A.W. – Piedad-Pasual, F.* (2000): Handbook on ingredients for aquaculture feeds. Kluwer Academic Publishers, Alphen aan den Rijn, 624.
- Hopkins, T.L. – Kramer, K.J.* (1992): Insect cuticle sclerotization. *Annu. Rev. Entomol.*, 37, 273–302.
- Hwangbo, J. – Hong, E.C. – Jang, A. – Kang, H.K. – Oh, J.S. – Kim, B.W. – Park, B.S.* (2009): Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. *J. Environ. Biol.*, 30, 609–614.
- Ioselevich, M. – Steingaß, H. – Rajamurodov, Z. – Drochner, W.* (2004): Nutritive value of silkworm pupae for ruminants. VDLUFA Kongress, Qualitätssicherung in landwirtschaftlichen Produktionssystemen, vol. 116, Rostock, 108.
- Janssen, R.H. – Vincken, J.-P. – van den Broek, L.A.M. – Fogliani, V. – Lakemond, C.M.M.* (2017): Nitrogen-to-protein conversion factors for three edible insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens*. *J. Agric. Food Chem.*, 65, 2275–2278.
- Jonas-Levi, A. – Itzhak Martinez, J.-J.* (2017): The high level of protein content reported in insects for food and feed is overestimated. *J. Food Composit. Anal.*, 62, 184–188.
- Karuga, J.* (2017): 10 Countries with largest soybean production. www.worldatlas.com/articles/world-leaders-in-soya-soybean-production-by-country.html
- Khan, S. – Naz, S. – Sultan, A. – Aalhidiary, I.A. – Abdelrahman, M.M. – Khan, R.U. – Khan, N.A. – Khan, M.A. – Ahmad, S.* (2016): Worm meal: a potential source of alternative protein in poultry feed. *World's Poult. Sci. J.*, 72, 93–102.
- Klunder, H.C. – Wolkers-Rooijackers, J. – Korpela, J.M. – Nout, M.J.R.* (2012): Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food Control*, 26, 628–631.
- Makkar, H.P.S. – Tran, G. – Heuzé, V. – Ankers, P.* (2014): State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 197, 1–33.
- Marono, S. – Loponte, R. – Lombardi, P. – Vassalotti, G. – Pero, M.E. – Russo, F. – Gasco, L. – Parisi, G. – Piccolo, G. – Nizza, S. – Di Meo, C. – Attia, Y.A. – Bovera, F.* (2017): Productive performance and blood profiles of laying hens fed *Hermetia illucens* larvae meal as total replacement of soybean meal from 24 to 45 week of age. *Poult. Sci.*, 96, 1783–1790.
- Maurer, V. – Holinger, M. – Amsler, Z. – Früh, B. – Wohlfahrt, J. – Stamer, A. – Leiber, F.* (2016): Replacement of soybean cake by *Hermetia illucens* meal in diets for layers. *J. Insects Food Feed*, 2, 89–9014.
- McLeod, A. ed.* (2011): World Livestock 2011: Livestock in Food Security. FAO, Rome www.fao.org/docrep/014/i2373e/i2373e.pdf
- Mutafela, R.N.* (2015): High value organic waste treatment via black soldier fly bioconversion: Onsite Pilot Study. Master's Thesis, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm
- Newton, G.L. – Booram, C.V. – Barker, R.W. – Hale, O.M.* (1977): Dried *Hermetia illucens* larvae meal as a supplement for swine. *J. Anim. Sci.*, 44, 395–400.
- Newton, G.L. – Sheppard, D.C. – Burtle, G.* (2008): Black soldier fly prepupae: A compelling alternative to fish meal and fish oil. Public Comment on Alternative Feeds for Aquaculture, NOAA 15/11/2007–29/2/2008.
- Nowak, V. – Persijn, D. – Rittenschober, D. – Charrondiere, U. R.* (2016): Review of food composition data for edible insects. *Food Chem.*, 193, 39–46.
- Oonincx, D.G.A.B. – Van Broekhoven, S. – Van Huis, A. – van Loon, J.J.A.* (2015): Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PLoS ONE* 10, e0144601
- Popp J. – Pető K. – Oláh J.* (2018): Alternatív fehérjeforrás: a rovarfogyasztás kilátásai Magyarországon. I. Magyar Rovaripari Konferencia, Szent István Egyetem. A falu, 22. 2. 37–46.
- Pretorius, Q.* (2011): The evaluation of larvae of *Musca domestica* (common house fly) as protein source for broiler production. MSc. thesis, University of Stellenbosch, Stellenbosch, South Africa.

- Ramos-Elorduy, J. - González, E.A. - Hernández, A.R. - Pino, J.M. (2002): Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *J. Econ. Entomol.*, 95. 214-220.
- Schlüter, O. - Rumpold, B. - Holzhauser, T. - Roth, A. - Vogel, R.F. - Quasigroch, W. - Vogel, S. - Heinz, V. - Jäger, H. - Bandick, N. - Kulling, S. - Knorr, D. - Steinberg, P. - Engel, K.-H. (2017): Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects. *Mol. Nutr. Food Res.* 61. 1600520.
- Schiavone, A. - De Marco, M. - Rotolo, L. - Belforti, M. - Martinez Miro, S. - Madrid Sanchez, J. - Hernandez Ruizperez, F. - Bianchi, C. - Sterpone, L. - Malfatto, V. - Katz, H. - Zoccarato, I. - Gai, F. - Gasco, L. (2014): Nutrient digestibility of *Hermetia illucens* and *Tenebrio molitor* meal in broiler chickens. In: Vantomme, P., Munke C., van Huis A. (eds.): 1st International conference "Insects to Feed the World". Wageningen University, 73.
- Spranghers, T. - Ottoboni, M. - Klootwijk, C. - Obyn, A. - Deboosere, S. - De Meulenaer, B. - Michiels, J. - Eeckhout, M. - De Clercq, P. - De Smet, S. (2017): Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *J. Sci. Food Agric.*, 97. 2594–2600.
- Yaowang, C. (1989): Animal raising and plant cultivation on an integrated fish farm. In: *Integrated Fish Farming in China*, Chapter 9. NACA Technical Manual 7. Bangkok
- Van Huis, A. - Van Itterbeeck, J. - Klunder, H. - Mertens, E. - Halloran, A. - Muir, G. - Vantomme, P. (2013): Edible insects: future prospects for food and feed security. *FAO Forestry Paper 171*, FAO, Rome, 201.
- Veldkamp, T. - Van Diunkerken, G. - Van Huis, A. - Lakemond, C.M.M. - Ottevanger, E. - Bosch, G. - Van Boekel, M.A.J.S. (2012): Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets - a feasibility study. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad
- Viroje, W. - Malin, S. (1989): Effects of fly larval meal grown on pig manure as a source of protein in early weaned pig diets. *Thurakit Ahan. Sat.*, 6. 25–31.
- Wang, Y.-S. - Shelomi, M. (2017): Review of black soldier fly (*Hermetia illucens*) as animal feed and human food. *Foods* 6. 91. doi:10.3390/foods6100091
- Wang, D. - Zhai, S.W. - Zhang, C.X. - Bai, Y.Y. - An, S.H. - Xu, Y.N. (2005): Evaluation on nutritional value of field crickets as a poultry feedstuff. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 18. 667–670.
- Wijayasingh, M.S. - Rajaguru, A.S.B. (1977): Use of silk worm pupae as a protein supplement in poultry ration. *J. Nat. Sci. Council of Sri Lanka*, 5. 95-104.

Érkezett: 2018. szeptember

A szerző címe: Mézés M.
Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,
Takarmányozástani Tanszék

Authors' address: Szent István University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences,
Department of Nutrition
H-2103. Gödöllő, Páter K. u. 1.
Mezes.Miklos@mkk.szie.hu

Állattenyésztés és Takarmányozás

Főszerkesztő (Editor-in-chief): FÉSÜS László (Herceghalom)

A szerkesztőbizottság (Editorial board):

Elnök (President): SCHMIDT János (Mosonmagyaróvár)

BREM, G. (Németország)

HODGES, J. (Ausztria)

MANABE, N. (Japán)

ROSATI, A. (EAAP, Olaszország)

BODÓ Imre (Szentendre)

FÉBEL Hedvig (Herceghalom)

GUNDEL János (Herceghalom)

HIDAS András (Gödöllő)

HOLLÓ István (Kaposvár)

HORN Péter (Kaposvár)

HULLÁR István (Budapest)

KOVÁCS József (Keszthely)

KOVÁCSNÉ GAÁL Katalin

(Mosonmagyaróvár)

MÉZES Miklós (Gödöllő)

MIHÓK Sándor (Debrecen)

NÉMETH Csaba (Budapest)

RÁTKY József (Herceghalom)

RÓZSA László (Herceghalom)

SZABÓ Ferenc

(Mosonmagyaróvár)

TÖZSÉR János (Gödöllő)

VÁRADY László (Szarvas)

WAGENHOFFER Zsombor

(Budapest)

ZSARNÓCZAY Gabriella (Szeged)

Szerkesztőség:

(Editorial office):

NAIK Állattenyésztési, Takarmányozási és Húsipari Kutatóintézet

NAIK Research Institute for Animal Breeding, Animal Nutrition and Meat Industry
2053 Herceghalom, Gesztenyés út 1.

T/F: (+36)23-319-133 – E-mail: sipiczki.bojana@athk.naik.hu

Technikai szerkesztő: SÍPICZKI Bojana

A cikkeket kivonatolja a CAB International (UK) a CAB Abstracts c. kiadványban

The journal is abstracted by CAB International (UK) in CAB Abstracts

Felelős kiadó (Publisher): Dr. Béres András ügyvezető, HOI Nonprofit Kft.

HU ISSN: 0230 1614

A lap az Agrárminisztérium tudományos folyóirata

This is a scientific quarterly journal of the Ministry of Rural Development, founded in 1952

(„Állattenyésztés”) by Prof. József Czakó

A kiadást támogatja (sponsored by): Agrárminisztérium

MTA Könyv- és Folyóiratkiadó Bizottsága

Megjelenik évente négyszer

A folyóiratokra a kiadónál fizethet elő az alábbiak szerint.

Előfizetési szándékát kérjük, jelezze az info@agrarlapok.hu címen, vagy az alábbi postacímen:

Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft., 1223 Budapest, Park u. 2.

A borítékra kérjük, írja rá: „Folyóirat-rendelés”.

Az előfizetési díjat a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. 10032000-00286662-00000017 számlaszá-

mára való utalással egyenlítheti ki. Az átutalás közlemény rovatában szíveskedjen a folyóirat és az

előfizető nevét feltüntetni. Előfizetési díj: 8500Ft/év

Bármely más információért forduljon bizalommal kollégáinkhoz a lenti elérhetőségek bármelyikén:

e-mail: info@agrarlapok.hu, telefon: 06-1/362-8100

Nyomta: Komáromi Nyomda és Kiadó Kft.

2900 Komárom, Igmándi út 1.