

A fehérjetakarmány helyettesítése alternatív fehérjeforrásokkal az EU-ban

**POPP JÓZSEF – OLÁH JUDIT – HARANGI-RÁKOS MÓNICA –
FÁRI MIKLÓS**

**Kulcsszavak: fehérjetakarmány, szójafehérje, egyéb fehérjeforrások.
JEL-kód: Q13.**

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az EU önellátottsága szójaból 4-5%, egyéb full-fat magvak és olajipari melléktermékek, valamint extrahált darákból 60% körül alakul. Az EU a szója világkereskedelmének 10%-ával a világ második számú importőre, a globális extrahált szójadaraimport 30%-os részesedésével pedig a legjelentősebb importőr. Az EU középtávon szerény mértékben képes csökkenteni függőségét az importált mezőgazdasági nyersanyagoktól. A szójatermék nagyobb arányú kiváltásához egyrészt nincs elégséges egyéb fehérjeforrás a világpiacra, másrészt az EU-ban a fehérjetakarmányok belső termelése sem mutat számottevő változást. Ennek oka, hogy az olajnövények már elérték felső határukat a vetésforgóban, ráadásul a biodízelgyártás piaca sem mutat növekvő keresletet a növényolaj iránt, továbbá a fehérjenövények többlettámogatása ellenére a vetésterület és termelés csak szerény mértékben nő. Ezért a szójadara felhasználásának növekedésével párhuzamosan az EU importja is nő. A szójadara évi termelése mintegy 210 millió tonna világszerte, ehhez képest a bioüzemanyagtermelés melléktermékei is egyre fontosabb szerepet játszanak fehérjeforrásként, mert szójafehérje-egyenértékben ez megfelel mintegy 65-70 millió tonna szójadarának, vagyis a globális szójadara-termelés csaknem 30%-ának. Az EU-ban a keverék-takarmány-gyártás repce-, napraforgó- és szójapogácsa felhasználásához a biodízelipar 30%-ban járul hozzá, az etanolgyártás mellékterméke pedig az EU szója- és szójadaraimportjának 10%-át váltja ki volumenben kifejezve. Az állati eredetű fehérjék összesen mintegy 18 millió tonna (állati fehérje 13 millió tonna, halliszt 5 millió tonna) szójadarat váltanak ki szójafehérje-egyenértékben kifejezve, azaz az évi globális szójadara-felhasználás csaknem 10%-át, de az állati fehérje felhasználása számos országban korlátozott, a hallisztet pedig magas ára miatt főleg az akvakultúra hasznosítja. Hosszú távon a szójaimporttal szemben az EU-ban is a hazai szójatermelés tűnik a legjobb alternatívának, ennek feltétele a hektáronkénti 4 tonna körüli terméshozam elérése, amire rövid távon nincs esély. Hosszabb távon azonban komoly potenciált jelent a fűből és lucernából kivont levélfehérje, de az akvakultúra eredetű fehérjeforrás is szóba jöhet alternatívaként. A rovarfehérje felhasználását a takarmányozásban a magas ár mellett az EU jelenlegi szabályozása is akadályozza. A bakteriális élesztő, a szintetikus úton és fermentációs eljárással készített aminosavak felhasználásának egyelőre a magas ár szab korlátot (a kristályos aminosavak kivételével).

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A világ népességének bővülésével a hús iránti kereslet folyamatosan nő. A húsfogyasztás növekedését olyan tényezők is ösztönzik, mint a gazdasági fejlődés hatására növekvő kereslet, a migráció vagy az életstílus és az étkezési szokások változása. A húsfogyasztás kétszer gyorsabban nő, mint a globális népesség növekedése, és ez a trend folytatódik. A FAO előrejelzése szerint a globális népesség létszáma 2050-ig további 30%-kal, az élelmiszerek iránt mutatkozó kereslet pedig 60%-kal emelkedik (FAO, 2012).

A globális húsfogyasztás 2050-re a mai 300 millió tonnáról 470 millió tonnára emelkedik, azaz az egy főre jutó húsfogyasztás 10 kg-os növekedésével számolhatunk. Ez a robbanásszerű növekedés ugyanakkor takarmányozási problémákat okozhat a fejlett állattenyésztéssel bíró országok esetében, de óriási lehetőségeket nyújt az olyan dinamikus fejlődő országoknak, mint amilyen Brazília, ahol nemcsak az export bővülésére lehet számítani, hanem arra is, hogy a helyi középosztály jövedelmi helyzetének javulása a belső fogyasztás élénkülését is elősegíti majd. A hústermelés trendje azt mutatja, hogy az alacsony fajlagos takarmányfelhasználás irányába tolódik el a húsfélék előállítás. Nem véletlen az akvakultúra és baromfi-hús-előállítás előretörése. Az akvakultúra 1990 óta 8%-kal, a baromfi-hús termelése 4%-kal, a sertéshúsé 2%-kal, a marhahúsé 1%-kal nőtt átlagosan évente. Ennek oka a fajlagos élősúly-gyarapodáshoz felhasznált takarmány eltérő mennyisége. A jövőben a baromfi-hús-előállítás át fogja venni a vezető szerepet. Az EU részesedése a globális hústermelésből 15% (OECD/FAO, 2016). A húsfogyasztás növekedésével párhuzamosan nő az ipari keveréktakarmány-gyártás is, ennek globális mennyisége 2014-ben már elérte a 970 millió tonnát. A termelés

koncentrációját jelzi, hogy mindössze 4 ország/országcsoport állítja elő a globális keveréktakarmány 60%-át, nevezetesen Kína, az USA, az EU és Brazília. Az egyes tápok megoszlásában a baromfitáp vezet 45%-os részesedéssel (EU – 34%), majd azt követi a sertés 27 (EU – 32%), a kérődzők 20 (EU – 28%), a hal 4%-os aránnyal. Az egyéb tápok 5%-ot (EU – 4%) tesznek ki a keveréktakarmányban (IFIF, 2015).

A főbb olajmagvak (szója, repce, napraforgó, gyapot, földimogyoró, olajpálma és kopra) globális termelése ma évi 530, ebből a három legfontosabb olajnövény, a szója, a repce és a napraforgó termelése évi 430 millió tonna körül alakul. Az előállított olajmag több mint egynegyede exportra kerül, vagyis évi mintegy 140 millió tonna, ebből 70% két célpiacra, Kínába (83 millió tonna) és az EU-ba (17 millió tonna). Ebből a szójabab részesedése 120, a repcemagé 15 és a napraforgómagé 1,5 millió tonna. Évi 2,5 millió tonnával említést érdemel még a földimogyoró-olaj nemzetközi kereskedelme. A kopra, az olajpálma- és a gyapotmag nem játszik szerepet a világkereskedelemben (USDA, 2015a). Az évi 530 millió tonna olajmagból előállított olajdara és -liszt mennyisége 300 millió tonna, ebből a szójadara, repce- és napraforgódara közel 90%-ot, azaz 260-270 millió tonnát képvisel. A szójadara termelése 210, a repcedara 40, a napraforgódara pedig 15 millió tonnát tesz ki évente. A 300 millió tonna olajmagliszt és -dara közel 30%-a, vagyis 80 millió tonna (ebből 65 millió tonna szójadara) kerül nemzetközi kereskedelemben. A főbb olajmagvak termelésének 70%-a öt országra esik (USA, Brazília, Argentína, Kína, India), az export 70%-át két ország, 85%-át pedig négy ország (USA, Brazília, Kanada és Argentína) képviseli. Az olajmagdara közel 75%-át öt ország/országcsoport (Kína, USA, Argentína, Brazília, EU) állítja elő, jelentős részét importból származó olajmagvak feldolgozásával (Kína és az EU). A világexport 65%-át Argentína, Brazília és

az USA bonyolítja le, importoldalón az EU részesedése 30% (USDA, 2015a).

A keveréktakarmány-gyártás legjelentősebb fehérjeforrása tehát a szójadara, a repce- és a napraforgódara. Az elmúlt évek átlagában az EU önellátottsága szójából 4-5%, egyéb extrahált darákból 75% volt. A keveréktakarmány fehérjeforrásának termelését és kereskedelmét néhány ország/országcsoporthatározza meg, tehát mind a termelés, mind a kereskedelem egyaránt erősen koncentrált. Mindez függőségi viszony kialakulásához vezetett a fő importőr országokban, így az EU-ban is (USDA, 2015a). Az OECD előrejelzése szerint az extrahált olajmagdara (beleértve a full-fat magvakat is) termelése 2015–2025 között közel 20%-kal nő, a jelenlegi 300-ról 355 millió tonnára. A termelésben és kereskedelemben vezető országok súlya gyakorlatilag nem változik, továbbra is néhány ország uralja majd a piacot (OECD/FAO, 2015). A szója globális termelése 280–320 millió tonna között mozgott az elmúlt években. Ennek csaknem 85%-át a szója termelésében és nemzetközi kereskedelmében meghatározó országok, az USA, Brazília és Argentína állítják elő. Említést érdemel még Kína és India termelése is. Kínában a szójatermő terület 2009 óta csökken, 2015-ben közel 7 millió hektáros termőterületen a becslések szerint 12 millió tonna szójatermést takarítottak be (USDA, 2016a). Indiában egyértelműen nő a termőterület, ahol a szójatermelésre egy szociális programot is felépítettek. Indiában a 11 millió hektárt közel 11 millió családi gazdaság műveli, ahol 9 millió tonna szójababot termeltek. Említést érdemel még Ukrajna növekvő termelése, ahol 2 millió hektáron közel 4 millió tonna szóját állítottak elő (USDA, 2016a). Az EU 2015-ben 2,1 millió tonna szójababot termelt (European Commission, 2015).

Közel 320 millió tonna szójababot állítottak elő 2015-ben világszerte, 118 millió hektáron (USDA, 2016a). A megtermelt szója közel 40%-a kerül a nemzetközi pi-

acra, ahol Brazília, az USA és Argentína részesedése 90% körül alakul. Az USA termelését alapvetően befolyásolja, hogy a kukoricával vetésforgóban hogyan alakul a szója és a kukorica tőzsdei ára. Amennyiben a szója legalább 2,5-szer többbe kerül, mint a kukorica, akkor a gazdák inkább szóját vetnek, ellenkező esetben pedig a kukoricát részesítik előnyben. Évi mintegy 125–130 millió tonna szójabab kerül a globális kereskedelemben, a tőzsdei kereskedelemben viszont ennél jóval nagyobb mennyiségek mozognak, mivel a szója spekulatív termék. A szója ár-érték arányát elsősorban a fehérjetartalom befolyásolja, Európában viszont a GMO-mentesség prémiuma is. A szójabab a legnagyobb mennyiségben előállított magfélése a világon, de a szójaolajnál nagyobb a pálmaolaj forgalma. Kína a világ elsőszámú szójaimportőre, 2014/2015-ben 78 millió tonna szóját importált (a világkereskedelem 62%-át), ami az EU importjának hatszorosát jelenti. Az EU28 10%-os részesedése a szójabab globális importjában a jövőben tovább csökkenhet az állattenyésztés kibocsátásának stagnálásával és Kína növekvő importjával párhuzamosan (USDA, 2016b).

A világszerte megtermelt csaknem 320 millió tonna szójababból 2015-ben mintegy 260 millió tonna került feldolgozásra, ebből 207 millió tonna szójadara készült (USDA, 2016b). Ukrajna jelentősen javította a piacra kerülő áru minőségét, ugyanakkor a politikai kockázatok is erősödtek. A négy legnagyobb szójadara-termelő ország, nevezetesen Kína, az USA, Argentína és Brazília a világtermelés 80%-át állítja elő. Említést érdemel még az EU és India szójadara-termelése is (USDA, 2016a). Az előállított szójadara 30%-a kerül a világkereskedelemben, ahol Argentína, Brazília és az USA együttes részesedése közel 90%-ot tesz ki. A szójadara világkereskedelme tehát a szójababéhoz hasonló képet mutat a vezető exportőr országok tekintetében. Az EU 30%-os részesedése a globális szójada-

raimportból jelentősnek mondható, sőt a behozatal szerény mértékű emelkedésére számíthatunk, mert az intenzívebb állattenyésztés az EU-ban több magas fehérjetartalmú takarmányt igényel (főleg szójadarat) a keveréktakarmányban (USDA, 2016b).

Az USDA (2015b) előrejelzése alapján a szója globális termelése 2024-ig 370 millió tonnára nőhet, ebből 40%, azaz 150 millió tonna kerül a nemzetközi kereskedelembé, a három fő exportőr ország, Brazília, az USA és Argentína 85%-os exportrészesedése pedig tovább nő. Ukrajna exportmennyisége a vizsgált időszak végén meghaladja a 2 millió tonnát. Kína szójaimportja eléri a 108 millió tonnát, részesedése a globális importból 72%-ra nő. Az EU szójabab-behozatala évi 12-ről 11 millió tonnára csökken, így részesedése a szójabab globális importjában 10-ről 7%-ra esik vissza. A szójadara globális termelése eléri a 250 millió tonnát és 30%-a kerül a világkereskedelembé. A nemzetközi kereskedelem 10 millió tonnával, vagyis 76 millió tonnára nő, a világexportban Argentína, Brazília és az USA együttes részesedése továbbra is 90% körül alakul. Az EU szójadaraimportja szerény mértékben, 21 millió tonnára nő, részesedése a globális szójadaraimportból 30-ről 28%-ra csökken (USDA, 2015b). Kína és India kivételével a többi vezető szójatermelő és -exportőr ország átállt a GM-szója termesztésére. A nemzetközi szójakereskedelem közel 90%-át képviselő három ország, nevezetesen az Egyesült Államok, Argentína és Brazília szójaterületének 90-98%-án természetesen GM-szójababot. A GM-szójatermékek évről évre nagyobb volument képviselnek a nemzetközi kereskedelemben, és egyre nagyobb részesedéssel bírnak a globális takarmány- és élelmiszerláncban (Popp et al., 2015). A keresletet a jövőben is Kína mozgatja, 2015-ben már 78 millió tonna szójababot importált, ugyanis szójából a világ legnagyobb feldolgozója és fogyasztója egyaránt. Az EU-nak sincs más alternatívája, ezért a genetikailag módosított szójabab

és szójadara aránya az importban 90-95%, habár az EU-ban a szója vetésterülete 2015-ben megnőtt és megközelítette a 0,8 millió hektárt (USDA, 2016a). A legnagyobb növekedés Bulgáriában és Olaszországban volt megfigyelhető.

Ma az EU-ban az állattenyésztés fehérjebázisa szója nélkül egyelőre nem biztosított. Vajon igaz-e, hogy az EU a közeljövőben csak szerény mértékben képes csökkenteni függőségét az importált fehérjetakarmányoktól? Az EU sertés- és baromfihús-termelése egyre inkább a nagy európai kikötők vonzáskörzetében koncentrálódik, ugyanis jellemzően ide telepedtek a szójafeldolgozók és ide érkezik az importált szójadara is. A géntechnológia egyre gyorsabb ütemben fejlődik, az új fejlesztésű GM-növények, így többek között a GM-szójafajták is egyre nagyobb számban kerülhetnek a nemzetközi forgalomba. Ezt a folyamatot azonban egyelőre erősen fékezi az új GM-fajták aszinkron, illetve aszimmetrikus engedélyezése. Aszinkron engedélyezés alatt azt értjük, hogy egy exportőr országban már engedélyezett GM-fajta jóváhagyása még folyamatban van a kereskedelmi partnernél. Aszimmetrikus engedélyezés alatt pedig azt, hogy egy exportőr országban engedélyezett GM-fajta jóváhagyását nem is kéri a kereskedelmi partnereknél. Az új GM-szójafajták mihamarabbi termesztésbe vonása érdekében az Egyesült Államok és Kína szinkronizálja az engedélyezési eljárást.

Az USA egyre kevésbé foglalkozik szójapiaci pozíciójának javításával az Európai Unióban, mivel az új GM-fajták engedélyezése túl sokáig húzódik vagy gyakorlatilag reménytelen. Az EU igényének töredékét tudja a nemzetközi piacon GMO-mentes szójababként, szójadaraként beszerezni, ráadásul a tonnánkénti felár 2005–2015 között az egyes tagállamokban 40 és 120 euró közötti sávban mozgott. Az EU-ban a jövőben nagyobb lehet az alternatív takarmányozási lehetőségek súlya, szerepe

(Molnár *et al.*, 2016). Az EU alapjában véve három lehetőséggel áll szemben: vagy elfogadja, hogy élelmiszer-kibocsátása visszaszik és behozatala nő (különösen húsfélékből), vagy a nemzetközi piaci folyamatokhoz igazodva – természetesen szigorú kockázatbecslés érvényesítése mellett – nem késlelteti a GM-növények engedélyeztetését. Számos szakmai érdekvéviselői szervezet az engedélyezési eljárások felgyorsítását és egyszerűsítését követeli az EU-ban, egyébként a takarmányellátásban komoly hátrányok érhetik az állattartókat (FEFAC, 2015b). A harmadik lehetőség, hogy az EU saját maga állítja elő a GMO-mentes fehérjehordozó takarmányt, illetve annak döntő hányadát. Kérdés, hogy erre van-e reális lehetőség.

A dél-amerikai országok fehérjetakarmány-exportját egyelőre nem tudják más országok helyettesíteni, mert a szójatermeléshez szükséges éghajlati viszonyok (szója-öv) behatárolják a szójatermelésre alkalmas régiók körét. Nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy világszerte nő a művelhető földterületekért folytatott verseny a gabona és olajnövények (elsősorban szója) között, ezért nem várható az olajnövények vetésterületének jelentős növekedése, vagyis egyre fontosabb lesz a fajlagos hozam növelése. A szója és szójadara nagyobb arányú kiváltásához nincs elégséges alternatív fehérjeforrás – növényi eredetű fehérje (olajnövény, fehérjenövény, mint például a takarmányborsó, a takarmánybab és édes csillagfűrt) vagy állati eredetű fehérje (halliszt, hús- és csontliszt) – a nemzetközi piacon. A tápláléérték szempontjából is csak szerény mértékben helyettesíthető a szójadara az esszenciális aminosavak kedvező összetétele miatt. A szójában sem ideális az esszenciális aminosavak aránya, de kedvezőbb összetételű, mint a többi növényi fehérjeforrás (kristályos aminosavakkal azonban komplettálni tudják a takarmányfehérjét).

Szóba jöhet még ipari melléktermék, a levélfehérje, az akvakultúra eredetű fe-

hérjeforrás (alga, békalencse, krill), a rovarfehérje, a mikrobiális fehérjeforrás és a szintetikus aminosav. De vajon az alternatív fehérjeforrások lehetőséget jelentenek-e a szójafehérje kiváltására? A szerzők erre keresnek választ cikkükben.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A szójaalapú fehérjetakarmány előállítás, felhasználása, nemzetközi kereskedelme, szabályozása és kilátásai több ismert és elismert nemzetközi szervezet, valamint intézet és intézmény (Európai Bizottság, OECD, FAO, IFIF, FEFAC, USDA stb.) prognózisaira támaszkodva kerültek elemzésre. A szójafehérje alternatív fehérjeforrásokkal történő helyettesítése egyrészt nemzetközi szervezetek (FEFAC, IFIF, Európai Bizottság, ADM Germany, Oil World stb.) adataira, másrészt a legújabb és releváns nemzetközi szakirodalom feldolgozására épül. A vizsgálatot nehezítette, hogy a különböző előrejelzések módszertana eltérő, nem feltétlenül ugyanazon feltételezésekre épülnek, nem ugyanazon időszakra vonatkoznak, továbbá esetenként a gyűjtőfogalmakat sem definiálják pontosan, mert például a szója nem fehérjenövény (olajnövény), hanem a legfontosabb fehérjeforrás.

Az általunk vizsgált időszak a nemzetközi helyzet és kilátások tekintetében általában a 2015–2025 közötti évekre vonatkozik, de vannak hosszabb és rövidebb idősorok is.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Fajlagos fehérjetermelés az EU-ban

A szójadara fontos szerepet játszik az esszenciális aminosavak biztosításában, főleg a baromfi- és sertéshús előállításában. Az esszenciális aminosavak jelentik a szűk keresztmetszetet az EU takarmányfelhasználásában. Például lizin szükséges a fehérjék szintéziséhez, ebből évi mintegy 2 millió tonnára van szükség az EU-ban (a szintetikus lizin kivételével).

A szójadara magas lizintartalma 46%-ban járul hozzá a gazdasági haszonállatok lizinellátásához (Toepfer International, 2012; FEFAC, 2013). A szója a legfontosabb fehérjehordozó takarmány, globális termelése háromszor nagyobb, mint a repce és napraforgó együttes hozama. Továbbá a szója közel 80%-át teszi ki a melléktermék, a fehérjedús és kedvező aminosavösszetétellel rendelkező szójadara, ezért a fehérjenövények helyett a szója mint olajnövény jelenti a legfontosabb fehérjehordozó takarmányt az állattenyésztésben.

A fehérjehordozók előállításának növelése tehát elsősorban a szója és nem a fehérjenövények esetében várható. Feltehetjük a kérdést, hogy a fehérjenövények, például a 22,1%-os fehérjetartalmú borsó hogyan képes a 36%-os fehérjetartalmú szójababot kiváltani (Toepfer International, 2012). A kalkulációhoz az utolsó 10 év átlaghozamait vettük figyelembe. Braziliában a szója átlaghozama hektáronként 2,7 tonna, tehát átlagos fehérjehozama 0,98 tonna 36% fehérjetartalom mellett. Az EU-ban a borsó hektáronkénti átlaghozama 2,7 tonna, vagyis átlagos fehérjehozama 0,6 tonna 22,1% fehérjetartalom kalkulálásával. Ebből következik, hogy az EU-ban 1,6 hektár borsó tud egy hektár brazil szójababot helyettesíteni. A borsó egyéb növények fehérjetartalmát is helyettesítheti, mint például a búzáét. Egy hektár búza 11,8%-os fehérjetartalommal és 5,1 tonna hektáronkénti átlaghozammal számolva 0,6 tonna nyersfehérjét termel. A repce hektáronkénti

3 tonna átlaghozam és 21,6% fehérjetartalom mellett 0,65 tonna fehérjét ad, vagyis valamivel többet, mint a borsó. A hektáronkénti nettó fehérjetermelés különbsége a borsó és búza között zérus, a repce és búza között csupán 0,05 tonna (1. táblázat).

A búza vetésterületének a borsó javára történő csökkenése az EU búzaexportjának visszaesésével járna, a hiányzó exportmennyiséget a világ más régióiban termesztett búzával lehetne pótolni. Az EU-ban a hektáronkénti 5,1 tonna búza hozam azt is jelenti, hogy a búzánál minden kieső hektárt 2 hektárral kell helyettesíteni, mert a búza globális átlaghozama csupán 2,5 tonna, vagyis az uniós átlag 50%-a körül alakul. Ebből az egyszerű számításból kiindulva láthatjuk, hogy egy hektár brazil szójaterület kiváltásához az EU-ban 1,6 hektár borsóterület vagy 1,6 hektár búzaterület szükséges. Egy hektár borsó egy hektár búzaterületet helyettesít az EU-ban, az itt kieső búza hozam pótlásához a világ más térségeiben két hektár búzaterületre lenne szükség. Ez azt jelenti, hogy globális szinten egy hektár brazil szójaterületet 3,2 hektár búzaterület képes kiváltani (1. táblázat).

A szója hektáronkénti átlaghozama az EU-ban és Braziliában is 2,7 tonna körül mozog. Az EU Bizottság közléstávon, azaz 2025-ig is csak legfeljebb 0,8 millió hektár szójaterülettel és évi 2,4 millió tonna hozammal (3 t/ha) kalkulál (European Commission, 2015). A behozatal ma évi 12 millió tonna szójabab és 19 millió tonna szójadara (24 millió tonna szójabab-egyen-

I. táblázat

Hektáronkénti fehérjetermelés az EU-ban

	Hozam, t/ha	Fehérjetartalom, %	Fehérjehozam, t/ha
Szója (BRA)	2,7	36,0	0,97
Borsó (EU)	2,7	22,1	0,60
Repce (EU)	3,0	21,6	0,65
Búza (EU)	5,1	11,8	0,60
Búza (világ)	2,5	11,8	0,30

Forrás: Toepfer International, 2012; European Commission, 2014

érték). A 36 millió tonna szójabab előállításához legalább 15 millió hektár szántóra lenne szükség, ez pedig 75-80 millió tonna búzahozam kiesését jelentené. A borsó esetében 1,6-szor nagyobb területre, 24 millió hektárra lenne szükség az importszója és szójadara helyettesítésére. Arról nem is beszélve, hogy például a kieső búzaterület hozamának pótlása dupla nagyságú területet igényel a világ más régióiban. Ebből is világosan látszik, hogy az importált szója szerény mértékű (évi 2-3 millió tonna) kiváltása jöhet csak szóba. További elemzést igényel, hogy az EU-ban előállított szója táplálóanyag-tartalma 1:1-ben kiváltja-e az importot, mert Magyarországon a piaci szereplők gyakran utalnak ilyen problémákra is az alacsonyabb fehérjetartalom miatt. Ezzel szemben a hazai szakértők jóval nagyobb szójakiváltási arányról beszélnek az EU szintjén.

Az EU-ban a zöldítés sem tud komolyabb mértékben változtatni a vetésszerkezeten. Az EU28 mezőgazdasági területe 176 millió hektár, ebből a szántó 105 millió hektárt tesz ki. A szántóterületből a gabona mintegy 60 millió hektárt foglal el. Ha a zöldítésre kijelölt 7%-os ökológiai célterület (2017-től 7%, előtte 5%) egyenletesen oszlana meg a szántóterületen termesztett növények között, akkor a gabona vetésterülete 4,2 millió hektárral csökkenne. Hektáronként 5,1 tonna átlaghozammal számolva a kieső 4,2 millió hektár 21,0 millió tonna gabo-

natermést jelentene. Az EU-ban az elmúlt években a gabona külkereskedelme évi 15-20 millió tonna nettó exportot tett ki. Ha minden egyéb feltételt változatlanak tekintünk, akkor a fentebbi logika mentén az EU nettó exportóri pozíciója gabonából akár megszűnhetne, így Észak-Afrika piacait is elveszítheti, pedig hosszú távú megbízható külkereskedelmi partnernek tartják. Ez pedig nem lehet reális feltételezés a jelenlegi világkereskedelmi viszonyok között (ADM Germany, 2015).

Növényi eredetű fehérjeforrások az EU-ban

Az EU-ban szóba jöhető fehérjehordozó takarmány-alapanyagok az olajnövények és az azokból előállított extrahált dara és olajpogácsa, valamint a hüvelyes növények. További alternatíva lehet a levélprotein, valamint az akvakultúra eredetű fehérjeforrás és a rovarfehérje (2. táblázat).

A fehérjeforrásokkal szemben a minimális elvárás, hogy hektáronként legalább egy tonna fehérjehozamot érjenek el a fehérje legalább 80%-os emészthetősége mellett. További kritérium lehet még a szénlábnyom, a földhasználat változása és a növekvő nitrogén-műtrágyázás hatása. Az EU-ban az olajnövények mérsékelt fehérjehozama (0,7-1,2 t/ha) hátrányt jelent. Új, fehérjében gazdag szójababfajták piaci bevezetésével javítható a hektáronkénti fehérjetermelés. Rövid távon a borsó

2. táblázat

Fehérjehordozó takarmány-alapanyagok az EU-ban

Megnevezés	Fehérjeforrás
Olajos mag	szójadara, napraforgó- és repcedara
Hüvelyes mag	borsó, lóbab, csillagfürt, csicscriborsó és azok koncentrátuma
Szálás takarmánynövény	lucerna
Levélfehérje	fű, cukorrépaevél
Akvakultúra eredetű fehérje	makro- és mikroalga, békalencse
Gabona	zab és quinoa (Andok köles) koncentrátuma
Rovarfehérje	közönséges lisztbogár, házi légy, fekete katonalégy

Forrás: saját összeállítás, 2016

3. táblázat

Termés- és fehérjehozam hektáronként

	Fehérjetartalom, %	Hozam az EU-ban, sz. a./ha/év, tonna	Fehérjehozam, tonna
Búza (referencia)	11	10	1,1
Olajos mag – szója	40	1,5-3	0,6-1,2
Olajos mag – repce	25	3	0,75
Olajos mag – napraforgó	23	3	0,7
Hüvelyes mag – borsó/lóbab/ csillagfűrt	17–35	4-6	1-2
Szálas takarmánynövény – lucerna	19	13	2,5
Levelek – fű	12	10-15	1,2-2
Levelek – cukorrépa levél	12	4,5	0,5
Gabona – zab	12–15	3-5	0,4-0,75
Pszudogabona – quinoa	12–18	3	0,4-0,5
Makroalga	10–30	25	2,5-7,5
Mikroalga	25–50	15-30	4-15
Békalencse	35–45	30-40	3-14

Forrás: van Krimpen et al., 2015

perspektivikus alternatívának tűnik (1-2 t protein/ha), de a borsó nagyon érzékeny a kórokozókra és kártevőkre (3. táblázat). Hosszú távon a szójaimporttal szemben az EU-ban is a hazai szójatermelés tűnik a legjobb alternatívának, ennek feltétele a hektáronkénti 4 tonna körüli terméshozam elérése (1,5-2,0 t protein/ha).

Olajnövények

Az elmúlt évtizedben a repcetermelés növekedése az EU-ban főleg a biodízelgyártás növekedésének volt köszönhető. A következő évtizedben (2015–2025) az olajnövénytermelést elsősorban az állattenyésztés termelésének alakulása befolyásolja. Míg az EU repce- és napraforgómag-termelése stabilizálódik, a szójadara importja szerény mértékben nő. A kóolaj alacsony ára és a szójatermés utóbbi években elért rekordhozama a készletek növekedéséhez vezetett. A növekvő szójatermelés kedvező világszertei árakkal kecsegtet középtávon. A szója fehérjetartalma magasabb a rep-

ce- és napraforgómagénál, de az EU-ban a repce- és napraforgómag nagy volumenű termelése miatt a szójadara aránya alacsonyabb a keveréktakarmányban, mint Észak- és Dél-Amerikában. A biodízelgyártás alapanyag-felhasználása (főleg repce) továbbra is a növényolajgyártás 40%-a körül marad.

Az elmúlt évtizedben az olajnövények termelését a vetésterület expanziója jellemezte, főleg a növekvő biodízelgyártásnak köszönhetően. A jövőben a biodízelgyártás alapanyagigénye stabilizálódik, ami elsősorban a repcét érinti. A 2015–2025 közötti időszakban a repce termelése enyhén csökken, a napraforgónál nem lesz változás, a szójabab előállítás pedig a 2015. évi 2,1-ről 2,4 millió tonnára emelkedik. A szójatermelés a fő szójatermelő tagországokban (Olaszország, Franciaország és Magyarország) a fehérjenövényekre bevezetett többlettámogatás és a 15 tagországban az ökológiai célterületen engedélyezett fehérjenövény-termesztés következményeként nő. A szójaterület már 2015-ben is 235 ezer

hektárral, közel 0,8 millió hektárra bővült, mindenekelőtt Olaszországban, Franciaországban, Magyarországon és Horvátországban (*European Commission, 2015*). 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 többletermelésről van szó, ami elhanyagolható volumen az EU 31 millió tonnás szójatermék-felhasználásához viszonyítva.

A repceterület 6,4-ről 6,2 millió hektárra, a napraforgóé 4,2-ről 4,0 millió hektárra csökken 2025-ig a stagnáló biodízelgyártással és a szigorodó növényvédőszer-felhasználási szabályozással párhuzamosan. Németországban a repceterület 2015-ben 100 ezer hektárral csökkent. Ezzel szemben az EU előrejelzése szerint a szójaterület nagysága nem változik, mert 0,8 millió hektár körül alakul. A szója és a repce hektáronkénti hozama továbbra is magasabb lesz a napraforgóénál. Az EU-ban a repce már elérte felső határát a vetésforgóban, ráadásul a biodízelgyártás piaca sem mutat növekvő keresletet a repceolaj iránt. A repcetermelés 2015–2025 között évi 20–21, a napraforgóé évi 8, a szójapé pedig évi 2,4 millió tonna körül stabilizálódik. Az alternatív fehérjeforrások vetésterületük jelentős növelése nélkül nem képesek felvenni a versenyt a szójával a fajlagos fehérjehozam, különösen a lizin előállításában (*European Commission, 2015*). Az olajmagvak döntő hányadát feldolgozzák, főleg az EU15-ben. A GMO-mentes szójadara iránt mutatózó növekvő kereslet a szójafeldolgozás jövedelmezőségét is javítja. Az olajfeldolgozók egy része többféle olajmagot képes fogadni és a mindenkori piaci viszonyok döntik el, hogy éppen repce-, napraforgómagot vagy szójababot dolgoznak-e fel.

A következő évtizedben a sertés- és baromfiállomány növekedése mellett a termelékenység javítása érdekében intenzívebb lesz a tejtermelés is, ehhez azonban

a takarmányba magasabb arányban kell takarmányfehérjét bekeverni. A szójadara növekvő importjának trendje 2005-ben megfordult a repcedara-előállítás gyors felfutásával egy időben. Az EU importja 2015–2025 között viszont a szójadara felhasználásának növekedésével párhuzamosan is nő. A fő szójatermelő országokban, de különösen Brazíliában és Argentínában folytatódik a szójaterület expanziója. Az EU az olajfeldolgozó kapacitás bővítésével továbbra is a szójabab (és nem extrahált szójadara) behozatalára helyezi a hangsúlyt. A szójabab és szójadara világpiaci ára nem éri el a közelmúlt magas árszintjét, ami ösztönzőleg hat a szójatermékek importjára. Az EU szójabab- és szójadara-behozatala szerény mértékben nő. Kína után az EU továbbra is a világ második legnagyobb szójababimportőre marad, szójadara esetében megtartja vezető helyét. Az egyéb fehérjeforrás behozatala szerény mértékben csökken a szója versenyképes importja és az egyéb fehérjeforrás növekvő belső piaci termelése miatt (*European Commission, 2015*).

Hüvelyes növények

A Közös Agrárpolitika (KAP) ösztönzi az új kihívásokra reagáló gazdálkodási gyakorlatot a fehérjehiány csökkentése érdekében, így a Kereskedelmi Világszervezet (*World Trade Organization, WTO*) agrár-környezetgazdálkodási (zöld dobozos) támogatásként könyveli el a termelést közvetlenül ösztönző (sárga dobozos) támogatás helyett. A korábbi 73/2009 rendelet 68. cikkét több tagállam a fehérjenövények termeléséhez nyújtott egyedi támogatásra használta fel agrár-környezetgazdálkodási támogatási jogcímként. Az új KAP is gyakorlatilag ezt a jogcímet alkalmazza a zöldítés bevezetésével. Fontos szempont a fehérjenövényekre és szójára összpontosító kutatás, fejlesztés és innováció erősítése is a mezőgazdasági termelők helyi ismereteinek és a fenntartható gazdálkodási gyakorlat figyelembevételével.

Az EU teljes fehérjenövény-termelése (takarmányborsó, lóbab, csillagfürt) jelenleg az EU szántóterületének alig 1,5%-át foglalja el. A fehérjenövény-termesztésben mutatkozó visszaesés az Egyesült Államokkal kötött nemzetközi kereskedelmi megállapodásoknak is tulajdonítható, amelyek lehetővé tették az EU számára gabonatermelésének védelmét, ennek fejében viszont szabad utat kapott a fehérjenövények és olajmagvak EU-ba történő vámmentes behozatala (GATT és az 1992. évi Blair House-megállapodás). Említést érdemel, hogy ez a megállapodás a fehérjenövény- (és szója-) termesztés hatékonyságának javulásához és új technológiák bevezetéséhez vezetett az EU-n kívüli országokban, ugyanakkor az uniós termelők számára gazdaságilag már nem volt vonzó a fehérjenövények termesztése és az ezzel kapcsolatos kutatás és fejlesztés sem (Popp et al., 2015).

Az EU fehérjetakarmány-behozatala évi közel 20 millió harmadik országokban megművelt hektárnak vagy az EU szántóterülete közel 20%-ának felel meg. Ennek ellenére az EU takarmányipara az évi csupán 4 millió tonna össztermelésből alig 2 millió tonna fehérjenövényt (hüvelyes növényt) használ fel takarmányként. A dél-amerikai szójaexportőr országok számára a nemzetközi piacon egyre fontosabb szójaimportőrként jelent meg Kína, ahol a termesztési feltételei kevésbé szigorúak, mint az Európai Unióban, de Kína stratégiája hosszú távon gyengítheti a nemzetközi szójapiac stabilitását, ezzel az uniós ellátási láncot is. A fehérjehordozó takarmányok nagymértékű behozatalával az EU állattenyésztési ágazata rendkívül kiszolgáltatott és sebezhető az árvolatilitással szemben. Az EU nemzetközi versenyképessége veszélybe kerül(t) a takarmány célú fehérjenövények járulékos költségei miatt, mivel a GM-növényekre az EU mindössze 0,1%-os tűrészabott szabott meg, 0,05%-os mérési bizonytalansággal. Tehát nem hárult el teljesen annak a kockázata, hogy az EU-ban nem

engedélyezett GM-anyagok alacsony szintű jelenléte hatással lehet a szója- (és kukorica-)termékek importjára (Popp et al., 2015).

Az EU-ban termesztett pillangós takarmánynövények (lucerna, vörös here, baltacím stb.) és hüvelyes növények (borsó, szója, csillagfürt, lóbab, bükköny stb.) aránya továbbra is csekély. A fehérjenövények termelése ugyan nő az egyes tagországokban bevezetett többlettámogatás és zöldítés (ökológiai célterület), valamint a fehérjeforrás iránt mutatkozó növekvő kereslet hatására, de vetésterületük aránya az összes vetésterületből továbbra is alacsony marad. A három fő fehérjehordozó hüvelyes növény a takarmányborsó, a lóbab és a csillagfürt. A borsót főleg Franciaországban, Spanyolországban és Németországban, a lóbabot az Egyesült Királyságban és Franciaországban termesztik, a csillagfürt vetésterületének 60%-a pedig Lengyelországban található. A fehérjenövények termelése az elmúlt két évtizedben jelentősen visszaesett, elsősorban az alacsony hozam, valamint a fehérjenövények és olajmagvak vámmentes behozatala miatt. A fehérjenövények területe 2013 óta azonban nő, amihez hozzájárul a 2015-ben bevezetett új támogatási rendszer is, ugyanis több tagországban termeléshez kötött többlettámogatást nyújtanak és 27 tagországban a zöldítés (ökológiai célterületen) keretében is engedélyezett a termesztése. 2015-ben főleg az EU13-ban ugrott meg a termelés (European Commission, 2015), ennek ellenére a vizsgált időszakban (2015–2025) a vetésterület csak szerény mértékben nő, a jelenlegi mintegy 1,4-ről 1,7 millió hektárra, ami mindössze 1,4%-os részesedést jelent a szántóterületből. A kedvező termesztési feltételeknek köszönhetően 2013-ban és 2014-ben jelentősen emelkedett a borsó és bab fajlagos hozama, különösen az EU13-ban, ahol szintén meghaladta a hektáronkénti 2 tonnát. A fajlagos hozam további mérsékelt növekedése várható a fehérjenövényekkel kapcsolatos kutatás és

szaktanácsadás hatására. Mindazonáltal az EU fehérjenövény-termelése mindössze évi mintegy 4 millió tonnát tesz ki, ebből alig 2 millió tonnát használ fel a takarmányipar, vagyis elhanyagolható szerepet játszik az évi 153 millió tonna keveréktakarmány előállításában (European Commission, 2015).

Levélfehérje

A fű/lucerna fehérjehozama magas, értéke 2,0–2,5 t/ha között változik, ugyanakkor alacsony a biológiai értéke és a fehérjeliszt gyártása energiaigényes (szárítás), vagyis magas a szénlábnyom. A levélfehérje komoly mértékben hozzájárul a hízósertés és koca szárazanyag-felvételéhez (4. táblázat). Hosszabb távon azonban komoly potenciált jelent a fű és lucerna, ennek feltétele a fehérje költséghatékony kinyerése és a táplálórérték meghatározása.

A levélfehérjével kapcsolatos kutatások között első helyen egy magyar szellemi örökségnek tekinthető eljárást, a lucerna levélfehérje-koncentrátumot (*Leaf Protein Concentrate*, LPC) indokolt kiemelni. Az LPC-technológia alapjainak kidolgozására először Magyarországon került sor 1926–1933 között, feltalálója és első szabadalmaztatója *Erekly Károly* magyar gépészmérnök, a biotechnológia szó atyja volt (*Erekly, 1925*). *Erekly* az 1920-as években szabadalmaztatta a zöldmalom eljárást, mellyel értékes fehérjedús takarmányokat állított elő friss növényekből, ezzel útjára indítva a levélfehérje-feldolgozás iparágát. A fejlődés több közbenső lépcsőjét követően az 1960-as években *Holló János* és *Koch Lehel* szabadalmára alapozva Magyarországon létesült az első levélfehérje-üzem

VEPEX néven (*VEgetable Protein EXtract*). Mindkét magyar szabadalom korát megelőző, világszínvonalú tudományos csúcsteljesítmény volt. A VEPEX program indítása az olajárrobbanás időszakára esett, a gyorsan növekvő energiaárak mellett gazdaságilag ellehetetlenült.

Az USA-ban végzett vizsgálatok szerint a lucerna környezeti hatása a hazánkban termesztett valamennyi szántóföldi növénynél kedvezőbb. *Fári et al. (2015)* megállapították, hogy az újszerű, innovatív elgondoláson alapuló, belső hőközlésű, mikrohullámú koaguláción alapuló fehérjetechnológia (*MicroWave Coagulation*, MWC) költségtakarékos, kíméletes módszer. Az általuk kifejlesztett folyamatos működésű, MWC-technológiával előállított lucerna levélfehérje-koncentrátum esszenciális aminosav-tartalma 10–45%-kal magasabb, mint a szójáé, ráadásul a beltartalmi mutatók is jobbak voltak az extrudált szójadaráénál. A Tedejen 2003-ban felépített 200 liter zöld lé/óra kapacitású MWC demonstrációs üzemben (*pilot-plant*) *Fári* és munkatársai rögzítették annak legfontosabb üzemgazdasági mutatóit az MWC-technológia közgazdasági értékelése érdekében (*Molnár et al., 2016*).

Az 1970-es években a „zöld atombombának” is nevezett levélfehérje-koncentrátum technológia világszerte kutatás-fejlesztés tárgyát képezte, különböző intenzitással. Magyarországon 1970–1974 között két lucerna-biofinomító üzem épült fel, a három szabadalommal is védett VEPEX-technológia néven (*Ács és Tamási*). Ez a technológia magában foglalta a barna léből továbbtenyésztett élesztő előállítását.

4. táblázat

A levélfehérjék hozzájárulása a szárazanyag-felvételhez

Megnevezés	Fehérjeforrás	Összes szárazanyag-felvétel %-ában
Növendéksertés	fűszilázs	6
Hízósertés	fűszilázs	20
Vemhes koca	fűszilázs	45

Forrás: *Bikker et al., 2011, Bikker – Binnendijk 2012*

sát *Single-Cell-Protein* néven. Az eljárás a később bekövetkezett energiaár-robbanás miatt nem volt gazdaságos. Kína lucernafehérjét gyártó üzemét épít a kanadai Terrace városában (British Columbia). A lucernát Saskatchewanban termesztik, British Columbiában dolgozzák fel és Kínába exportálják. Az üzem 170 főnek ad munkát. Kína lucernafehérje iránti igénye mind takarmányozási, mind élelmezési célra folyamatosan nő. A lucernaszéna importja nagy probléma a szigorú kínai növényegészségügyi előírások miatt, a feldolgozott lucernát sokkal könnyebb importálni. Az eljárás természetes préseléssel kezdődik, majd a kipréselt lé szűrésével és centrifugálásával folytatódik, végül a csomagolt fehérje a végtermék, a melléktermék pedig a pellet. A fehérjét természetes préseléssel vonják ki a lucerna leveléből, kémiai szintézis nélkül, így kémiai emisszió sincs, az üzemből keletkező kis mennyiségű szennyvíz sem ártalmas a környezetre. Az üzem évi kapacitása 10 000 tonna takarmányfehérje és 2000 tonna élelmiszerkénti fehérje.

Akvakultúra eredetű fehérjeforrás

Az akvakultúra eredetű fehérjeforrás (alga, békalencse, krill) is szóba jöhet alternatívaként hosszabb távon az alacsony földhasználat és a jó fajlagos fehérjehozam alapján, ehhez viszont nélkülözhetetlen a tápláléérték meghatározása és a szárítási költségek csökkentése. Hosszú távon a rovarok is alternatívát kínálnak, mert alacsony a földhasználat és szerves hulladékot hasznosítanak. Ehhez szükség van a fajlagos termelési költség csökkentésére, a tápláléérték meghatározására, de a takarmányozási célú felhasználás engedélyezése is várat magára.

Alga

Az algák a leggyorsabban növekedő élőlények a természetben. Számos projekt vizsgálja a termelési eljárásokat és az algák alkalmazási lehetőségeit a sertéstakarmá-

nyokban. A fototróf (fotoszintézisre képes, kékeszöld és zöld) algákat mesterségesen létrehozott tavakban termesztik. Betakarítás után megszárazítják és lisztet készítenek belőle, ami 45%-os fehérjetartalmú és a hasznos esszenciális aminosavakkal együtt értékes fehérjetakarmányt jelent.

Az algatenyésztésnek két technológiája létezik, mégpedig az *autotróf* (napfény és CO₂) és a *heterotróf* (fermentáció) eljárás. Heterotróf eljárással ma hozzávetőleg évi 1500 tonna algaolajat, azaz táplálékkiegészítőt termelnek magas értékű emberi élelmezési célra. Biomassza-termelés céljára proteinben és olajban gazdag fajok kifejlesztésén dolgoznak. Autotróf eljárással elsősorban a biodízelgyártáshoz kívántak algaolajat termelni, de a kísérletek kudarcba fulladtak, sok vállalkozás csődbe ment vagy átállt az omegaolaj gyártására. Évente a *Spirulina* fajból 15 ezer tonna, a *Chlorella* fajból pedig 5 ezer tonna speciális élelmiszer és takarmány készül. A jövőben várható az alga takarmányozási célú felhasználása, mert a termelési költségek csökkenésével az élelmiszer helyett a takarmány előállítására összpontosítanak majd. Az alga mint biomassza legnagyobb lehetősége az akvakultúra takarmányozásában rejlik (omega3-as zsírsavakban gazdag olaj). A halliszt és halolaj növekvő ára és az újabb technológia (optimális fehérje- és olajtartalom) 5-10 év múlva mindezt lehetővé teszi (Bachis, 2015).

Az elvégzett takarmányozási kísérletek szerint a hagyományos takarmányfehérje algaliszttel részben kiváltható, ami a baromfitápanyagban az összes fehérje akár 51%-áig, a sertéstápanyagban legfeljebb 33%-áig keverhető be (Spolaore et al., 2006; Gouveia et al., 2008). Számos országban hivatalosan is engedélyezték az algatakaromány felhasználását a csirkétápanyagban (Yap et al., 1982). Más tanulmány a sertéstápanyagban a fehérjetakarmány legfeljebb 10%-áig javasolja a bekeverést, elsősorban az algafehérje jellemző ízvilága miatt (Henman – Australia, 2012).

Nagy jövőt jósolnak az algának a kérődzők takarmányozásában, mert azok a rostokat is megemésztik. Az alga takarmányozásával csökkent az elhullás is.

Békalencse

A békalencsét hagyományosan állati takarmány-alapanyagként használják a világ számos régiójában. Gyorsan növekvő vízinövény, nagyon magas, 35-45% fehérjetartalommal. Nagy termesztési rendszerekben szaporítják, betakarítják és megszárazítják. További feldolgozással növelhető a fehérjetartalma, biztosítva a megbízható termékminőséget. Egyelőre nem játszik komoly szerepet fehérjeforrásként a takarmányozásban (Bachis, 2015).

Krill és tengeri kukac

Az antarktisi vörösrák (krill) tömegét 300-500 millió tonnára becsülik, a környezetvédelmi problémák azonban behatárolják a lehetséges felhasználását. Kína célja a krill humán élelmezési célra történő felhasználása. Az engedélyezett fogás ma évi 620 ezer tonna, ami 15 ezer tonna fehérjelisztnek felel meg. Az AKER MARINE norvég cég is érdekelt a krillfogásban. A feldolgozás fő terméke a krillolaj (táplálékkiegészítő), mellékterméke a liszt (akvakultúra-takarmány). A jövőben a fogás az engedélyezett mennyiségtől függ, de a liszttermelés mindenképpen évi 200 ezer tonna alatt marad. A kifogott mennyiséget a krillolaj iránti kereslet is befolyásolja, ugyanakkor versenyezni kell az élelmiszer célú felhasználással is (Bachis, 2015).

A legkönnyebben tenyészthető a ragadozó tengeri kukac, ezért magas a fehérjeigénye. Természetes körülmények között a hallisztgyártás során képződött halhulladékkal táplálkozik. A kísérleti üzemek mind a mai napig nem bizonyultak gazdaságilag életképesnek. Lehetségesnek tűnik az intenzív haltenyésztéssel kombinálni a tengeri kukac előállítását halürülék táptalajon, habár

a szennyező anyagok testükben koncentrálnak, ez pedig szabályozási kérdéseket vet fel (Bachis, 2015).

Összességében megállapítható, hogy az algafehérje előállításának piaci bevezetése 5 év múlva esedékes lehet az omega-3-as zsírsav termelésével kombinálva. Ez a kombináció az akvakultúra (lazac) takarmányozására is ideális megoldást nyújt(hat). A többi akvakultúra eredetű fehérjeforrás előállításának mennyisége szerény mértékű marad a jövőben és legfeljebb részpiaci igényeket elégít ki.

Rovarfehérje

A rovarok hatékonyan hasznosítják a szerves hulladékot (trágya, ipari növényi eredetű és háztartási hulladék) biomassza-termelésre, továbbá a ragadozó halak és szabad tartású baromfi étrendjének természetes komponense, emellett a rovarfehérje emészthetősége (68-89%) magasabb, mint a legtöbb olajnövényből kinyert fehérjeforrásnak. Kísérletek bizonyították, hogy a rovarok kitűnő fehérjeforrást jelentenek az együregű gyomrú haszonállatok, halak és garnélarák számára. A rovarok nyersfehérje-tartalma magas, 30-80% között változik, zsírtartalma (4-60%) és rosttartalma (5-60%) is magas, ráadásul kedvező az aminosav-összetétele is. A rovarfehérje-termelésben a földhasználat csökkentése is komoly tényezőnek számít. Míg a szója évi hektáronkénti 2,5 tonna terméshozam mellett alig 1 tonna proteint termel (90% szárazanyagtömeg és 40% nyersfehérje), a légylárvá hektáronként évi (petéből 8-10 nap alatt kel ki a lárvá, hozama 25 t/ha) 1000 tonna összhozam elérésével 150 tonna proteint termel (25% szárazanyagtömeg és 60% fehérje kalkulálásával). Mindez a földhasználat közel 150-szeres csökkentését is jelenti (Fitches, 2015).

Kínában elterjedt a közönséges lisztbogár tenyésztése, ahonnan évi több millió tonna szárított lárvát exportálnak hobbiállat- és madáreleség céljára, amelynek ára 2015-

ben (*Free on Board*, FOB) 6000 EUR/t körül alakult. A lisztbogár a biohulladékot fehérjetakarmánnyá transzformálja, míg a melléktermék szerves trágyaként vagy komposztként hasznosítható. Ehhez hasonlóan foglalkoznak a házi légy tenyésztésével is, évi több százezer tonna szárított lárvát termelnek. A szárított lárvá ára kb. 4200 EUR/t, a kikelt lárváé 1100 EUR/t körül mozgott 2015-ben. A lárvá az állati eredetű trágyát takarmánnyá transzformálja, a melléktermék pedig szerves trágyaként hasznosítható. Nyugat-Afrikában főleg önellátó farmokon (baromfi- és haltartás) használják fel a természetet, amelyeket a szabadban összegyűjtenek vagy csalival fogják be azokat. A légylárvá termelése is fejlődik, de a bemutató farmok mellett széles körben még nem terjedt el (*Fitches, 2015*).

A Dél-afrikai Köztársaságban a *Jason & David Drew* által 2009-ben alapított *Agroprotein Technologies* cég 2014-ben kezdte el az iparszerű termelést napi 800 kg (élő súly) lárvá feldolgozásával, ebből a kihozatal 100 kg proteint tesz ki. Kapacitását 2015 végére jelentősen növelte: napi 7 tonna fehérjeliszt, 3 tonna olaj és 20 tonna szerves trágya. Terveik között szerepel, hogy 2020-ra 10-nél több új telephelyen kezdik el a termelést a házi légy és a fekete katonalégy tenyésztésével, növényi eredetű élelmiszeripari és éttermi „tisztá” szerves hulladék felhasználásával. Az USA-ban *Glen Courtright* által 2009-ben alapított *Enviroflight* vállalat a fekete katonalégy tenyésztésével foglalkozik, amihez a söripar és etanolipar melléktermékeit, valamint a végfogyasztás előtti fázisban képződött élelmiszer-hulladékot használ fel. A magas protein- és alacsony zsírtartalmú takarmányt a tilápia, az édesvízi garnélarák és az afrikai harcsa etetésére vásárolják meg. A magas protein- és zsírtartalmú lárvák a ragadozó halak (pl. szivárványos pisztráng és sügér) takarmányozását szolgálják. Jelenleg kísérleteket folytatnak a halliszt

lárvafehérjeliszttel történő kiváltására. Állatkertek és kereskedők számára is értékesítenek rovarfehérjeliszttel, valamint élő és szárított lárvát egyaránt. A kanadai Vancouverben az *Enterra Feed Corporation* cég is elkezdte a fekete katonalégy tenyésztését élelmiszeripari és zöldséges bolti melléktermékek, valamint lejárt szavatosságú élelmiszerek (gyümölcs, zöldség, kenyér, hal és a tenger gyümölcsei) hasznosításával. Többféle takarmányt is előállítanak és forgalmaznak. A szárított egész rovarok madarak, halak, hüllők és kételtűek takarmánykiegészítését szolgálják. A hal- és baromfitápanyagban a halliszt helyettesítésére használják a 65%-os protein- és 15%-os zsírtartalmú rovarfehérjeliszttel. A mellékterméket szerves trágyaként értékesítik talajjavítási célra a mezőgazdasági termelők számára, de a kertészet, az üvegházak és a háztartások is megvásárolják. A termelés szűk keresztmetszete a légytenyésztés alapanyagának (élelmiszer-hulladék) a beszerzése (*Fitches, 2015*).

Az EU-ban a jelenlegi szabályozás akadályozza a rovarfehérje felhasználását a takarmányozásban. A halliszt és hidrolizált fehérje kivételével minden egyéb feldolgozott állati eredetű fehérje takarmányozási célú felhasználása tilos a BSE-járvány kitörése óta (EC 999/2001). A közelmúltban részben feloldották a tiltást (EC 56/2013), mert a nem kérődző állatokból készült hús- és csontliszt felhasználható az akvakultúrában (hobbyállateledelgyártásnál mindig is felhasználható volt). A kivétel azonban nem vonatkozik a feldolgozott rovarfehérjére, ezért még az akvakultúrában sem engedélyezett a takarmányozási célú használata. Jelenleg az EFSA (*European Food Safety Authority*) vizsgálja a rovarok tenyésztésének és fogyasztásának élelmiszer- és takarmány célú biztonsági kockázatát. Számos európai vállalat lobbizik az általuk alapított *International Platform of Insects for Food and Feed* (IPIFF) szervezet keretében annak

érdekében, hogy engedélyezzék a rovareredetű fehérjeforrás felhasználását az állati takarmányozásban. Az Egyesült Királyság már rendelkezik tapasztalatokkal a légylárvá tenyésztésével kapcsolatban, mert mintegy 20 telephelyen állítanak elő heti 20 ezer tonna lárvát a rekreációs horgászat számára (Grant Bait Ltd, Lifeffod UK, warmsdirect stb.). Dongólegyet tenyésztenek vágóhídi melléktermék hasznosításával. A termelési folyamat munkaintenzív, de a lárvatermelés magas megtérülése ellensúlyozza a befektetett munkát. Közösleges lisztbogár tenyésztésében is tapasztalatot szereztek, mert a madár- és hullőleleség előállítás jó piacot jelent. Számos európai országban (Norvégia, Dánia, Franciaország, Svájc) folytatnak rovartenyésztési kísérleteket (Fitches, 2015).

Az EU 7. keretprogramjában is kiírásra került e téma *Enabling the Exploitation of Insects as a Sustainable Source of Protein for Animal Feed and Human Nutrition (Feb 2013 - May 2016)* címmel. Az eddigi tapasztalatok alapján a trágya is alkalmas a házi légy lárváinak tenyésztéséhez és az előzetes kísérletek azt sugallják, hogy egyéb szerves hulladékok is megfelelnek táptalajnak, de a kevert szerves hulladékok és különleges szerves melléktermékek hozzákeverése növelheti a fajlagos hozamot. A kifejlesztett feldolgozási módszer alkalmas lárvaszárításra és csökkenti a potenciális mikrobiológiai kockázatokat is. A feldolgozott nyers lárvá kitűnő tápláléértékkel rendelkezik az együregű gyomrú állatok takarmányozásában: az aminosav-összetétel a hallisztéhoz, a zsírprofil pedig a pálmaolajéhoz hasonló.

A tűzhelyen szárított, full-fat házi légy-lárvá aminosav-emészthetősége nem különbözik jelentősen a hallisztétől, a metabolizálható energia pedig jóval nagyobb. A technológia továbbfejlesztése nélkülözhetetlen a termelési költség csökkentése érdekében. Ehhez a termelési méret növelése, a rovarter-

nyésztés hatékonyságának javítása (pl. gépesítéssel) és a feldolgozási költségek visszaszorítása szükséges. További feladat a rovarfajoknak megfelelő táptalaj készítése és a rovareredetű fehérjetermékek szavatossági idejének növelése. A rovarfehérjeliszt bekeverése a brojlertápra a mindenkori ár függvénye. Az összes brojlertáp esetében a rovarliszt 2%-os bekeverése az EU-ban 610 ezer tonna, globális szinten 3,4 millió tonna rovarfehérjelisztet jelent (Fitches, 2015).

Az élelmiszer-hulladék és trágya kitűnő táptalaj a házi légy lárváinak tenyésztéséhez, ezért világszerte kialakítottak erre alapozott tenyésztési rendszereket. A lárvá tápláléértéke kiváló (a hallisztéhoz hasonló) és alkalmas haszonállatok, illetve halak takarmányozására. A kiterjedt biztonsági vizsgálatok minimális kockázatot mutattak ki, a potenciális kockázat (pl. mikroba és nehézfém) pedig a feldolgozással tovább csökkenthető.

Egysejtfehérje-források (élesztő)

Az egysejtfehérje termelése újra előtérbe került. Az egysejtproteinek emészthető egysejtű mikroorganizmusok (alga, élesztő, gomba és baktérium), amelyek élelmezési és takarmányozási célra is felhasználhatók. Mezőgazdasági, emberi és állati hulladékkal is előállítható, de autotróf eljárással is. Ideális és költséghatékony protein, de gyakran alacsony minőségű terméket kapunk, mert például a baktérium toxint is termelhet. Az EU takarmányról szóló szabályozása, az (EC) No 183/2005 számú rendelet kitér az egysejtproteinekre is. A mikroorganizmusokból származó (mellék)termékek fermentációjának körébe tartozik a baktérium, élesztők, gomba és a fermentációból származó melléktermékek (a felsorolás egyébként nagyszámú élesztőfajt tartalmaz). A biztonság minősített feltételezése (*Qualified Presumption of Safety*, QPS) az EFSA-n belül egy kockázatbecslési megközelítés. Ez nem jelent

EFSA-engedélyezést, de még szabályozási státuszt sem. A QPS-megközelítést ma a mikroorganizmusok, többek között számos élesztőfaj esetében alkalmazzák. A fermentációból származó melléktermékekre korlátozások vonatkoznak a GM-takarmány és élelmiszer-szabályozással összhangban (R 1929/2003), ha a fermentációs eljárás GM-mikroorganizmusokat is magában foglal. Ez mit jelent a termelők számára? A gyártó felel a termék biztonságáért, így a kockázatbecslés és ellenőrzés alkalmazásáért is (R 186/2005). Az élesztő (*Saccharomyces cerevisiae*) mint elsődleges termelés a takarmány- és élelmiszeriparhoz tartozik (Tacon, 2015).

5. táblázat
Az aminosavak relatív mennyisége az élesztő-, halliszt- és szójadara-fehérjében
(M. e.: százalék)

Aminosav	Élesztő	Halliszt	Szójadara
Esszenciális aminosavak			
hisztidin	1,1	1,4	1,0
izoleucin	2,1	2,5	1,8
leucin	3,45	4,5	3,0
lizin	3,6	4,7	2,4
treonin	2,1	2,5	1,6
triptofán	0,57	0,7	0,5
valin	2,5	2,7	1,9
metionin	0,2	1,8	0,6
fenilalanin	2,2	2,4	2,0
Nem esszenciális aminosavak			
alanin	3,2	3,9	1,8
arginin	3,4	3,7	3,0
asparaginsav	5,25	5,6	4,5
ciszтин	0,05	0,4	0,6
glutaminsav	8,75	8,1	7,1
glicin	2,35	3,8	1,7
prolamin	2,25	2,4	2,0
szerin	2,65	2,6	2,0
tirozin	1,8	1,9	1,4

Forrás: Tacon, 2015

Spirulina (cianobaktérium)

A cél a baktérium mint fehérjeforrás előállítására szerves hulladékból és bakteriális fehérjelist készítése. Jelenleg több projekt (*Nutrisync*, *Unibio*, *Freekind*) is fut, ebből kettő a hallisztpiacot célozza meg, de a piaci bevezetés 2018 előtt nem várható. Sok élesztőfaj létezik. A *Saccharomyces cerevisiae* sütőélesztőt a pékségben és söriparban használják, melaszon (kukorica, répagyökér, cukornád) tenyészhető. A *Candida utilis* takarmányélesztő és a *Torula* élesztő a papírgyártásnál használt fapépen erjeszhető. A tejiparban a *Kluyveromyces marxianus/lactis* tejsavbaktériumot a tejsavó melléktermékein erjesztik. 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. Az aminosavak relatív mennyisége az élesztő-, halliszt- és szójadara-fehérjében hasonló képet mutat, alacsonyabb érték az élesztőfehérjében csak a metionin és cisztin esetében tapasztalható (5. táblázat). Az élesztő emészthetősége kiváló, 80-90% között változik. A sörélesztő piaca perspektivikus és dinamikusan nő. Az egyes piaci elemzések nagyon eltérő értékesítési eredményeket közölnek, ennek függvényében az évi értékesített mennyiség 151 és 700 ezer tonna között szóródik. Az értékesítés évi növekedése a becslések szerint 2014–2019 között átlagban évi 9,5%-kal nő. Elsősorban baromfi-, sertés és szarvasmarhatápra keverik be, legnagyobb piaca Ázsia és Észak-Amerika. Ugyanakkor a biztonságos és standard terméknek magas ára van, mert a piac garantáltan biztonságos terméket igényel. Egyrészt az elsődleges élesztőtörzsek (fermentáció) termelési költségeit kell optimalizálni, másrészt magas értékű termék kifejlesztésére van szükség. A termelés költsége nagymértékben függ a táptalaj (melasz) költségétől (Tacon, 2015).

Szintetikus aminosavak előállítás

Az aminosavak a Földön létező legrégebbi tápanyagok, ezek az élet alapelemei a legősibb időktől kezdve egészen a jelenkori élet kialakulásáig. Az aminosavak a szervezetben számos fontos funkciót látnak el és építőelemei a test sejtjeinek, a hormonoknak és enzimeknek. A szervezet fehérjéit alkotó 20 aminosavból 11-et más aminosavakból vagy anyagokból is elő lehet állítani, míg a maradék 9-et a szervezet nem képes szintetizálni, vagyis a 20-ból 9 aminosavat az élelmiszerrel kell bevenni, ezeket „esszenciális aminosavaknak” hívják. A szükségesnél kevesebb aminosav fogyasztásánál a szervezet nem képes a különböző funkciók megfelelő teljesítésére, az esszenciális aminosavak hiánya pedig alultápláltsághoz vagy érdes bőr kialakulásához vezet. A fehérjét alkotó aminosavak mellett a szervezet minden aminosavat szabad formában is tárol, amelyek vitaminok, hormonok és új fehérjék szintéziséhez szükségesek. Az állati fehérjék általában nagy mennyiségben tartalmazzák az esszenciális aminosavakat és azok összetétele nagyon hasonló az emberi fehérjéhez, ezért az állati fehérjék biológiai hasznosíthatóságát tartják a legjobbnak. A tojásfehérje aminosavértéke 100% és a tojás aminosav-egyensúlyát tartják a legjobbnak az összes fehérje között. Például a gabonafehérjék és a hántolt rizs aminosavértéke 42 és 61%, de a lizinből mint esszenciális aminosavból tartalmazzák a legkevesebbet. Takarmánykiegészítőnek főleg a lizin, a metionin, a treonin, az arginin, a valin, a leucin és a triptofán szolgál.

Az aminosavak főleg fermentációs eljárással készülnek természetes anyagok felhasználásával, hasonlóan a joghurthoz, sörhöz, ecethez, misóhoz (szójababpaszta), szójaszószhoz stb. Az aminosav-fermentációs folyamatban a mikroorganizmusok a tápanyagot a számukra szükséges létfontosságú anyagokká alakítják. A fermentációs eljárás során a szirupot (alapanyagot) a tartályba töltik, majd hozzáadják a mikroorganizmust és ezek proliferációval (osztódás útján történő szaporodás) előállítják az aminosavat. Ebben a folyamatban az enzimeknek van fontos szerepük. Ezek az enzimek fehérjék, amelyek kémiai reakciókat katalizálnak az élő szervezetben és nélkülözhetetlenek az anyagok lebontásában és szintetizálásában. A fermentációs folyamatban 10-30-féle enzim vesz részt az egymást követő reakciók során és ennek eredményeként különböző aminosavak keletkeznek. Fontos szempont olyan mikroorganizmust találni, ami nagy hatékonysággal állítja elő az aminosavakat. A talaj egy grammja kb. 100 millió mikroorganizmust tartalmaz, ezek közül kell kiválasztani a gyártás számára a leghasznosabbakat. A mikroorganizmusok általában a 20-féle aminosavat a számukra megfelelő mértékben állítják elő, ugyanis olyan mechanizmussal rendelkeznek, ami szabályozza az enzimek mennyiségét és minőségét. Nagy mennyiségű aminosav gyártása érdekében a szabályozó mechanizmus kikapcsolása szükséges, ez pedig az enzimek mennyiségétől és minőségétől függ. A termelés nő, ha a célaminosav előállításában részt vevő enzimek nagy mennyiségben vannak jelen a megfelelő feltételekkel, míg a termelés csökken, ha az enzimek mennyisége kevés.

A fermentációs eljárás során a szirupot (alapanyagot) a tartályba töltik, majd hozzáadják a mikroorganizmust és ezek proliferációval (osztódás útján történő szaporodás) előállítják az aminosavat. Ebben a folyamatban az enzimeknek van fontos szerepük. Ezek az enzimek fehérjék, amelyek kémiai reakciókat katalizálnak az élő szervezetben és nélkülözhetetlenek az anyagok lebontásában és szintetizálásában. A fermentációs folyamatban 10-30-féle enzim vesz részt az egymást követő reakciók során és ennek eredményeként különböző aminosavak keletkeznek. Fontos szempont olyan mikroorganizmust találni, ami nagy hatékonysággal állítja elő az aminosavakat. A talaj egy grammja kb. 100 millió mikroorganizmust tartalmaz, ezek közül kell kiválasztani a gyártás számára a leghasznosabbakat. A mikroorganizmusok általában a 20-féle aminosavat a számukra megfelelő mértékben állítják elő, ugyanis olyan mechanizmussal rendelkeznek, ami szabályozza az enzimek mennyiségét és minőségét. Nagy mennyiségű aminosav gyártása érdekében a szabályozó mechanizmus kikapcsolása szükséges, ez pedig az enzimek mennyiségétől és minőségétől függ. A termelés nő, ha a célaminosav előállításában részt vevő enzimek nagy mennyiségben vannak jelen a megfelelő feltételekkel, míg a termelés csökken, ha az enzimek mennyisége kevés.

A fermentációs eljárás után az enzimatis reakciók és extrakciós eljárást is használják aminosavak gyártására. Az enzimatis reakciók eljárásnál egy prekursor aminosav felhasználásával állítják elő a célaminosavat egy vagy két enzim használatával. Ez az enzimatis eljárás lehetővé teszi az átalakítást egy adott aminosavvá mikrobák nélkül, így elkerülhető a glükózt használó hosszú procedúra. Ha a prekursor aminosav ára alacsony, akkor ezt az eljárást választják. Az extrakciós eljárásnál természetes fehérjéket bontanak szét különböző aminosavakra, azonban a kiinduló fehérjét alkotó egyes aminosav-

vak mennyisége korlátozza az előállítható mennyiséget. A fermentációs eljárás előnye, hogy a tömeggyártás alacsony költséggel végezhető el, ami lendületet adott az aminosavpiac bővülésének. A legnagyobb mennyiségben gyártott aminosav, a glutamát gyártási eljárása az 1960-as évek óta az extrakciós módszertől elmozdult a fermentációs módszer felé. A glutaminsavat és sóit (Na-glutamát) élelmiszerek ízesítő anyagaként használják, de kristályos formában takarmánykiegészítőként nem használják, mert nem esszenciális aminosav. Ezt követően más aminosavak gyártása is gyorsan átváltott a fermentációs eljárásra.

A legnagyobb mennyiségben gyártott aminosavak a glutaminsav, a lizin és a metionin. Az aminosavak második legnagyobb fogyasztója a human célú felhasználás (gyógyszer-, egészség-, sport- és szépségipar) mellett a takarmányipar. Az állati eredetű fehérjeforrás felhasználásának tulajdonított BSE-járvány kitörése után gyorsan nőtt az aminosavak bekeverése a takarmányba. A globális takarmánykiegészítő-piac 2013-ban 15 milliárd USD forgalmat bonyolított le, 2020-ra pedig a forgalom eléri a 20 milliárd USD-t, ebből a takarmánykiegészítőként használt aminosavak forgalma közel 6 milliárd USD-t tesz majd ki. Az évi növekedés mintegy 4-5%-ra tehető. A takarmányozási célra használt aminosavak legnagyobb fogyasztója Kína, India és Brazília (*Research and Markets, 2015*). A legnagyobb piaci szereplők a globális piacon az Evonik (Németország), a Cargill, Inc. (USA), az Ajinomoto (Japán), a Cheil Jedang (Dél-Korea) és a Kemin Europa (USA).

A forgalmazásban a lizin vezet, majd a metionin követi. Az Evonik cég metioningyártási kapacitása évi 580 ezer tonnára bővült. Az elmúlt 5 évben a triptofán iránt is nőtt a kereslet az USA-ban a DDGS növekvő felhasználásával párhuzamosan. A csendes-óceáni térség (Ázsia), Észak-Amerika és Európa képviseli

a globális értékesítés felét. Az aminosavak takarmányozási célú felhasználása, ezzel az optimális takarmányozás hozzájárul a CO₂-kibocsátás, a vízfogyasztás és a nitrogénműtrágya-felhasználás csökkentéséhez. Például 0,5% lizin hozzáadása a takarmányhoz felér 20% szójadara bekeverésével, ezért csökken az ammóniakibocsátás is, mert a szójadarából fel nem használt aminosavak bomlásterméke szén-dioxid, víz és ammónia. Vagy például 1 kilogramm metionin 260 kilogramm szójadarárt helyettesít, az ammóniakibocsátást 8 kilogrammal, a nitrátfelhasználást 7,9 kilogrammal csökkenti. A takarmányozásban felhasznált metionin mintegy 20 millió hektár mezőgazdasági területet szabadít fel (*Research and Markets, 2015*). A takarmányozásban használt aminosavak világpiacán 2013-ban a lizin részaránya 70%-ot tett ki 2,3 millió tonna lizintermelés mellett. A takarmányozásban használt másik három aminosav – triptofán, metionin és treonin – részaránya csupán 30% volt együttesen, mintegy 1 millió tonna mennyiséggel (*Byrne, 2014*).

Ipari melléktermékek

Bioüzemanyag-gyártás melléktermékei

Az etanolüzemek 10%-ára jellemző a nedves őrléses eljárás. A nedves őrléses etanolgyártás melléktermékeinek hasznosítása kevesebb gondot okoz, a CGM (*Corn Gluten Meal*), a CGF (*Corn Gluten Feed*), a kukoricacsíra és a csíraolaj egyaránt keresett termékek és az izoglükóz-gyártás melléktermékeiként már korábban kialakult a piacuk. A CGM a kukorica keményítőjétől elválasztott fehérjetartalmát koncentrált formában, nevezetesen a szárazanyag 48-60%-ában tartalmazza. A CGF 18-22%-os fehérjetartalmú takarmány, amely az áztatóvíz és a technológia során korábban elválasztott, majd visszaadagolt rost (kukoricahéj) együttes szárításával keletkezik. A CGF hozzáadott anyagot, idegen íz- és aromaanyagot nem tartalmaz. Alkalmazásával nő az álla-

tok étvágya, takarmányfogyasztása, ezáltal termelése is. Ennek köszönhető többek között, hogy az állatok szívesen fogyasztják, nincs szoktatási idő, és a szarvasmarhával akár napi 3-4 kg is minden gond nélkül megetethető száraz formában, abrakként. Sertések takarmányozásában is igen jól felhasználható, megfelelő aminosav-tartalmú takarmánykomponensek kiegészítésével. Az etethetőség volumenét az együregű gyomrú fajknál a magas rosttartalom korlátozza. A fehérjetartalomhoz viszonyított kedvező ár miatt a hobbiállateledel-gyártók is szívesen alkalmazzák. A kukoricacsíra-olajat az élelmiszeriparban, a kozmetikai iparban és a gyógyhatású készítmények gyártásánál egyaránt felhasználják. A kukoricacsíra-préselvény és az elválasztott rost (kukoricahéj) takarmányok gyártásánál hasznosítható.

Az etanolüzemek 90%-a száraz őrléses eljárást alkalmaz. A száraz őrléses bioetanolgyártás során keletkező melléktermék a gabonamoslék (15%-os szárazanyag-tartalom) vagy *wet distillers grain* (WDG). Vízvonással ebből az úgynevezett gabonatorrköly (35%-os szárazanyag-tartalom) vagy *dried distillers grain* (DDG), szárítással pedig a 90%-os szárazanyag-tartalmú szárított gabonatorrköly oldható anyagokkal vagy *distillers dried grains with solubles* (DDGS) állítható elő. Mindhárom hasznosítható takarmányként. A DDG és DDGS fehérjében, energiában, ásványi anyagokban és vitaminban gazdag, hús- és tejhasznú szarvasmarhák számára könnyen emészthető fehérje- és energiaforrás, de baromfi- és sertéstakarmányként is felhasználható. A feldolgozás mellékterméke alapvetően a gabonamoslék, mivel azonban ennek szárazanyag-tartalma rendkívül alacsony, takarmányként hasznosítani csak olyan üzemekben gazdaságos, amelyek közvetlen közelében találhatók a kérődzőket tartó telepek és a gabonamoslék akár egy csőrendszeren a takarmány-előkészítőbe juttatható. Szárítás nélküli hasznosítási mód

lehet még a gabonamoslék biogázüzemben történő feldolgozása, így az etanolüzem hő-, villamosáram- és gázellátása is biztosítható. A nemzetközi gyakorlatban azonban jelenleg a legelterjedtebb a földgázüzemű szárítással a DDG, illetve DDGS gyártása.

A DDGS a kukorica fajlagos energiatartalmának 130-150%-át tartalmazza. A DDGS a versenyző takarmány-alapanyagokhoz képest relatíve olcsó, vagyis kiváló terméket jelent az állattenyésztésben. Az elmúlt években a DDGS ára az Illinois államra jellemző kukoricaár 75-90%-át és szójadaraár 40%-át érte el. A termelői ár 2011-ben és 2012-ben a kukoricaár 83%-ára és a szójadaraár 47%-ára kúszott fel, sőt a 2012. évi szárazság után 2013-2014-ben a kukoricaár 109%-ára és a szójadaraár 40%-ára rúgott. A DDGS tonnánként 270, a magas fehérjetartalmú szójadara 435 kilogramm fehérjét tartalmaz, ezért viszonylag olcsó fehérjetakarmánynak számít, ha ára nem éri el a szójadaraár 60%-át (RFA, 2014).

Világszerte 41 millió tonna DDGS-t (ebből az USA 37, az EU 3 millió tonnát állított elő) és 4 millió tonna CGM-et és CGF-et (ebből az USA 3 millió tonnát) termeltek 2015-ben (RFA, 2016; ePURE, 2016). Az USA 2015-ben 13 millió tonna DDGS-t és 2 millió tonna CGF-et, vagyis a termelés csaknem 30%-át exportálta mintegy 50 különböző országba. Az exportvolumen több mint fele Kínába ment, további fontos célország volt még Mexikó, Vietnam, Dél-Korea, Kanada és Thaiföld. A DDGS exportmennyisége egyenértékben kifejezve az USA kukoricaexportjának több mint 25%-át tette ki, ezzel is közvetve növelve a kukorica kivitelét (RFA, 2016; Wisner, 2015). Az EU 2014-ben 3,3 millió tonna DDG-t, DDGS-t és 0,3 millió tonna gluténlisztet és élesztőkoncentrátumot termelt, amely az EU szója- és szójadaraimportjának 10%-át váltotta ki volumenben kifejezve. Minden tonna gabona felhasználásával ugyanannyi állati takarmányt állítanak elő, mint etanolt (ePure, 2016).

A DDGS fehérjetartalma – az előállítás technológiájától függően – 23-31%, nyerszsír-tartalma 3-12% között mozog, attól függően, hogy az olajtartalmat a feldolgozás elején külön kinyerik (kukorica-csíra-olaj) vagy sem. Szójadara-kiváltási egyenértéke 0,4–0,6 között alakul. Gyakorlatilag mindegyik állatfajnál fel lehet használni, a legjobb viszont a tejelő tehenek takarmányozásában, de alkalmas a baromfifajok takarmányozására is, habár a kukorica- és búzafehérjéhez képest a DDGS lizin- és cisztintartalma, továbbá az aminosavak emészthetősége csökken (Dublecz et al., 2008). A gabonából előállított bioetanol a közlekedési szektoron kívül a takarmányozásban is óriási változást hozott a gyártás melléktermékeként termelt szárított gabonatörkölyvel. Magyarországon a *Pannonia Ethanol* – a bővítés eredményeként – évente egymillió tonna kukorica feldolgozásával 325 ezer tonna DDGS előállítására képes a 450 millió liter bioetanol és 10 ezer tonna kukoricaolaj termelése mellett. A DDGS-t több mint 220 felhasználó vásárolja meg Európában és Európán kívül, például Izrael, illetve Észak-Afrika vagy a Perzsa-öböl térsége. A végfelhasználók között a takarmánykeverők és -kereskedők mellett a baromfi-, sertés- és szarvasmarha-ágazat szereplőit is megtaláljuk. Itthon a gazdák még mindig bizalmatlanok a DDGS-sel szemben, mivel új iparágról van szó, ezért nagyon csekély mennyiséget értékesítenek Magyarországon, annak ellenére, hogy Európában keményítőtöbblet van, fehérjéből pedig hiány.

A biodízelgyártás fő alapanyaga a szója- és a repceolaj melléktermékei körébe tartozó szója- és repcepogácsa. A szójabab feldolgozása után mintegy 80%, a repcemag feldolgozásával pedig 60% olajosmag-liszt keletkezik, amely fehérjetakarmányként hasznosítható. A globális biodízelgyártásban évi 7 millió tonna szója- és 9 millió tonna repceolajat használnak fel, így

28 millió tonna szójadara és 13 millió tonna repcedara képződik (Popp et al., 2016). Az észterezés során a kiindulásul szolgáló növényolaj tömegének 9-10%-ával megegyező tömegű glicerint keletkezik melléktermékként (USDA, 2015a). A glicerint a kozmetikai és az élelmiszeripar mellett a takarmányipar használja fel, de csak korlátozott mennyiségben. A sertések etetésénél a glicerint fajlagos energiatartalma megegyezik a kukoricáéval (FAO, 2011). Az EU-ban felhasznált 6 millió tonna repceolaj feldolgozásából 9 millió tonna repcedara is készül, vagyis a biodízelgyártásnál keletkezett globális mennyiség 70%-a. Az EU-ban 0,9 millió tonna szójaolaj feldolgozásával melléktermékként 3,4 millió tonna szójadarat is előállítanak (USDA, 2015a). Az EU-ban a keveréktakarmány-gyártásban (évi 153 millió tonna) az olajosmag-liszt aránya elérte a 42 millió tonnát, a biodízelipar 2014-ben ehhez 30%-ban járult hozzá (FEFAC, 2014).

A nagy ívű hazai elképzelésekkel ellentétben Magyarországon egy üzem gyárt biodízelt, nevezetesen a *Rossi Biofuel Zrt.* (Komárom), amely vásárolt növényi olajokból (repceolaj mellett pálma- és szójaolajat is felhasználnak) és használt sütőolajból készít biodízelt. A biodízel gyártása (átészterezés) 3 db, egyenként 50 000 tonna/év kapacitású gyártósorral történik. Az extrahált darák a növényolajgyártásban képződnek, nem a dízelgyártásban. Elmondható, hogy a hazai biodízelgyártáshoz szükséges növényolajgyártás melléktermékeként mintegy 40-50 ezer tonna repcepogácsa képződik, ha a biodízelgyártásban a használt sütőolaj aránya 30% körül mozog. Az *Oil World (2015)* kimutatása szerint 2014-ben Magyarországon 1,2 millió tonna extrahált darát állítottak elő, ebből 0,7 millió tonnát tett ki a napraforgómag és 0,11 millió tonnát a repcedara. A nettó felhasználás (export-import) közel 1,1 millió tonnát tett ki, ebből a napraforgódara 380 ezer, a szójadara 310 ezer, a kukorica-

glutén-takarmány 280 ezer és a repcedara 100 ezer tonna volt (*Oil World, 2015*).

Ha abból indulunk ki, hogy évi 210 millió tonna szójadarat (ebből 28 millió tonna a biodizeliparnak köszönhető), 40 millió tonna repcepogácsát (ebből 13 millió tonna a biodizeliparnak köszönhető) és 15 millió tonna napraforgódarat termelnek világszerte, akkor a bioüzemanyag-gyártásnak komoly hatása van a takarmány piacra. Az etanolipar évente 45 millió tonna DDG-t, DDGS-t, CGM-et és CGF-et, a biodizelipar pedig évi 13 millió tonna repcedarat és 28 millió tonna szójadarat állít elő, vagyis szójafehérje-egyenértékben ez megfelel mintegy 65-70 millió tonna szójadarának.

Növényi eredetű egyéb melléktermékek

Az élelmiszeripar rohamos fejlődése kihat a növényi eredetű és takarmányozási célra felhasználható melléktermékekre is (pl. malomipari melléktermék, cukoripari melléktermék: répaszelet, melasz stb.). Egyrészt maga a választék, másrészt pedig az ipari technológia korszerűsödésével a melléktermékekben visszamaradó értékes anyagok aránya és minősége is változik. A szeszipar és sörgyártás is különböző melléktermékeket állít elő (szeszmoslék, sörtörköly stb.). A legtöbb szeszipari melléktermék kiváló emészthetőséggel rendelkezik az ipari technológiában bekövetkezett változás hatására, így azokat a korábban alkalmazott mennyiségeknél nagyobb arányban is fel lehet használni. Az élelmiszeripari melléktermékek felhasználásáról nemzetközi adatok nem állnak rendelkezésre. Magyarországon a cukor- és a konzervipar leépülésével ma csupán a szeszmoslék és sörtörköly játszik meglehetősen szerény szerepet fehérjeforrásként.

Állati eredetű melléktermékek

A hús- és csontliszt 48-52% fehérjét, 33-35% hamut, 8-12% zsírt és 4-7% vizet tartalmaz. A világ legtöbb országában tiltják a hús- és csontliszt felhasználását kérődző

állatok takarmányozásában, de számos országban engedélyezett az együregű gyomrú állatok etetésére. Az USA-ban és az EU-ban kiterjedt a használata a hobbiállat-eléség gyártásában és az akvakultúrában, emellett az EU-ban a megújuló energia-előállításban és a szén kiváltására is felhasználják. A feldolgozott állati fehérjék termelése 2013-ban 12,3 millió tonnát tett ki világszerte, ennek a mennyiségnek a 17%-a került exportpiacokra, 83%-a pedig belső hasznosításra. Az USA és az EU 4-4, Brazília 3,5 és Ausztrália 0,7 millió tonnát termelt. A világexport kétharmadát képviseli az EU és az USA, a globális export 2008–2013 között 1,4-ről 2,2 millió tonnára nőtt. A globális import felét Indonézia, Vietnam és Thaiföld bonyolította le, de ezek az országok Kínával, a Fülöp-szigetekkel és Chilével együtt már a világimport kétharmadát képviselték, ahol a fehérjeforrást a baromfiágazat és az akvakultúra takarmányozásában használták fel. A nemzetközi ár jellemzően 400-600 USD/t között változik (*Swisher, 2015*).

A globális halliszttermelés évi 5 millió tonna (2014-ben csupán 4 millió tonnát tett ki), a halolajé 1 millió tonna körül alakul, és az OECD/FAO előrejelzése alapján 2024-ig ezen a szinten stabilizálódik (*OECD/FAO, 2015*). A halliszt és halolaj ára 2010–2015 között óriási ingadozást mutatott, ára tonnáként 1000 és 2500 USD között változott. A halliszt ára 2015-ben 1500 USD/t, a halolajé 2000 USD/t körül mozgott. A magas ár miatt az akvakultúra hasznosítja a halliszt és halolaj 75-80%-át. A halliszt és halolaj közel egyharmadát már a halfeldolgozás melléktermékeiből állítják elő. A melléktermékből készített halliszt előnye, hogy általában friss alapanyagból készül, jó az aminosav-összetétele (fajtafüggő), a szabályozás pedig nem tesz különbséget az egész halból vagy melléktermékeiből előállított halliszt között. Hátránya viszont az alacsonyabb protein- és nagyobb hamutartalom (csontok miatt), a vegyszer- és

antibiotikum-maradvány kockázata, ráadásul azonos halfajnak nem etethető vissza (Bachis, 2015).

Az állati eredetű melléktermékek összesen mintegy 20 millió tonna (állati fehérje 14 millió tonna, halliszt 6-7 millió tonna) szójadarát váltanak ki szójafehérje-egyenértékben kalkulálva, azaz az évi globális szójadara-felhasználás csaknem 10%-át. Említést érdemel, hogy az állati eredetű fehérje takarmányozási célú felhasználása számos országban korlátozott a hobbiállat és az akvakultúra kivételével.

Fehérjeforrások árai

Az egyes fehérjeforrások világpiaci árának összehasonlításából kiderül, hogy a szójadara még mindig magasan a legolcsóbb takarmány, míg a halliszt és a rovarfehérje ára többszöröse a szójadaráénak (6. táblázat).

A fehérjeforrás alakulása a keveréktakarmányban

Az EU állattenyésztése évi 480 millió tonna takarmányt igényel, ennek csaknem 50%-a (230 millió tonna) a gazdaságban előállított és felhasznált tömegtakarmány, 30%-a vásárolt ipari keveréktakarmány, 10%-a gazdaságban termelt takarmánygabona és 10%-a az egyéb vásárolt takarmány-alapanyag. A keveréktakarmányban a takarmánygabona és olajmagliszt aránya meglehetősen stabil maradt az elmúlt években (takarmánygabona 49%, olajmagdara és -liszt 27,5%). Az élelmi-

szer- és bioetanol-ipar melléktermékei 11,5%-ot, az olaj és zsír 2%-ot, a hüvelyes növények 1%-ot képviselnek. A többi alapanyag (tejtermék, széna, ásványi anyagok, takarmánykiegészítők, vitaminok) aránya csupán 1-3%-ot tesz ki. Az 1991. évi MacSharry-féle KAP-reform óta a takarmánygabona aránya 32-ről 49%-ra nőtt. Az állati eredetű fehérjeforrások az alapanyagok 2%-át képviselték, de 2001 óta tilos a felhasználásuk, így szójával pótolták a kiesést. A növekvő biodízelgyártással párhuzamosan emelkedett a repcedara aránya (FEFAC, 2015b). A 2014-ben előállított 153 millió tonna keveréktakarmányban a takarmány-alapanyag importhányada 43 millió tonna volt, ebből a takarmánygabona 12 millió tonnát tett ki. A behozott legfontosabb fehérjetakarmányok körébe tartozik az olajmagdara és -liszt, a 24 millió tonna behozatalból 19 millió tonnát tett ki a szójadara. A teljes olajmagdara és -liszt felhasználásának közel 60%-a volt az importhányad. Emellett a 12 millió tonna importált szójababból közel 10 millió tonna szójadara készül az EU-ban, vagyis szójadara-egyenértékben kifejezve az olajmagdara és -liszt importhányada az EU-ba behozott takarmány-alapanyag csaknem 80%-a. A fehérjetakarmány 61%-át a szójadara és közel 29%-át a repce- és napraforgódara jelenti. Az EU takarmányfehérje-önellátottsága 2000 óta 23-33% között változott, jelenleg 31% (Tikász – Varga, 2016). Míg például a szója és szójadara esetében az

6. táblázat

Egyes fehérjeforrások árainak összehasonlítása, 2015

(M. e.: euró/kg)

Fehérjeforrás	Fehérjetartalom, %	Ár/kg termék	Ár/kg fehérje
Lisztbogár	50	4,75	9,50
Házi légy	65	1,00	1,54
Halliszt	65	1,24	1,91
Búza	12	0,14	1,17
Szójadara	45	0,28	0,62

Forrás: Krimpen et al., 2015

önellátottság 2013-ban csupán 4%-ot tett ki, a repce- és napraforgódaránál elérte a 74%-ot (FEFAC, 2015a).

Az Európai Unió évi mintegy 12 millió tonna szójabab- és 19 millió tonna szójadaraimportjának 80-90%-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. Ukrajna középtávon évi 1-2 millió tonna szójababot exportál, ez azonban elhanyagolható mennyiség az EU mintegy 28-29 millió tonna szójadara (ebből 1-2 millió tonna saját termelés) takarmányozási célú felhasználásához képest. Az EU-ban mindössze 15%, azaz mintegy 5 millió tonna GMO-mentes szójadarát használnak fel a takarmánykeverék-gyártásban (Tikász – Varga, 2016). Gyakorlatilag egyfajta réspiaci termékről van szó, amelynek fenntartása nagyon korlátozott, elsősorban a növekvő költségek miatt. Az EU-ban a tagállamok hatáskörébe került a GM-növények termesztésének engedélyezése, ezzel szemben a GM-növények kereskedelmének engedélyezése továbbra is uniós hatáskör maradt. Az egyéb olajmagdara (főleg repcedara) felhasználása a keveréktakarmányban 12-13 millió tonnát tesz ki, ehhez képest a fehérjenövények (takarmányborsó, lóbab és csillagfűrt) aránya mindössze 1,3%, vagyis 2 millió tonna az évi 4 millió tonna terméshozamból (European Commission, 2015).

Az EU-ban 2015–2025 között a takarmányfelhasználás (a saját előállítású tömegtakarmány nélkül) 2,7%-kal, vagyis a jelenlegi 260-ról 270 millió tonnára nő a tejtermelés és abrakfogyasztó ágazatok többletigényének köszönhetően. Az EU15 képviseli a keveréktakarmány-felhasználás 80%-át és ez az arány nem változik 2025-ig. Az EU13-ban az intenzívebb állattartás fehérjében gazdagabb takarmányt igényel. Különbséget kell tennünk az alacsony fe-

hérjetartalmú takarmányok (AFT) – takarmánygabona, búza, rizs, korpa, melasz, valamint gumós és gyökérnövények –, a közepes fehérjetartalmú takarmányok (KFT) – kukoricaglutén-takarmány, DDGS, takarmányborsó és savópor – és a magas fehérjetartalmú takarmányok (MFT) – növényi fehérjeliszt, halliszt, hús- és csontliszt – között. Az EU13-ban nagyobb arányban használnak fel alacsony fehérjetartalmú takarmányt, mint az EU15-ben (78,5% versus 74,5%). Az előrejelzés szerint a takarmányozásban nő a KFT és MFT aránya az AFT rovására, ami az intenzívebb állattartás irányába mutat, ezért keveréktakarmányokban nő a szójadara aránya (European Commission, 2015). Magyarország a keveréktakarmányban az 52% (EU: 48%) gabona mellett 25% olajmagdarát (EU: 27,5%), valamint 12% élelmiszer- és bioetanol-ipari mellékterméket (EU: 11,5%) használ fel. Az EU átlagához képest egyrészt alacsonyabb az olajmagdara aránya, másrészt ezen belül a szójadara csak 30%-os arányt képvisel (Oil World, 2015). Ez is mutatja, hogy Magyarországon az EU átlagához képest az alacsony és közepes fehérjetartalmú alapanyagok aránya magasabb a magas fehérjetartalmú fehérjeforrások rovására.

Az EU15-ben a KFT aránya nő a takarmányozásban, főleg a növekvő DDGS (etanoltermelés a vizsgált időszak első felében nő) és takarmányborsó, illetve lóbab (többlettámogatás és ökológiai célterület) felhasználásának eredményeként. A takarmány-alapanyagok világpiacon árai kismértékben emelkednek. Az árkülönbség a magas és alacsony proteintartalmú alapanyagok között nő a magas proteintartalmú alapanyagok javára. Ennek oka, hogy az intenzívebb állattenyésztés több MFT-t igényel, ezért azok iránt nő a kereslet. Emellett az olajmagvak áralakulása a növekvő kőolajár és a különböző alapanyagok egymáshoz viszonyított árával is összefügg. A következő 10 évben a kukorica és takarmánybúza aránya stabilizálódik, míg a takarmányárpa

és főleg szójadara felhasználása visszatér a gyorsan növekvő bioüzemanyag-gyártás előtti időszak szintjére. Az abrakfogyasztó ágazatoknál folyamatosan csökken a fajlagos takarmányfelhasználás (*European Commission, 2015*)

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Az alternatív, illetve szójafehérjét helyettesítő fehérjeforrásokkal szemben az elvárás, hogy hektáronként legalább 1,5-2,0 tonna körüli fehérjehozamot érjenek el a fehérje legalább 80%-os emészthetősége mellett. Hosszú távon a szójaimporttal szemben az EU-ban is a hazai szójatermelés tűnik a legjobb alternatívának, ennek feltétele a hektáronkénti 4 tonna terméshozam elérése, amire rövid távon nincsen esély. Az EU-ban nem várható az olaj-, illetve fehérjenövények (hüvelyes növények) vetésterületének és termelésének számottevő növekedése, így az olaj- és fehérjenövények mint alternatív fehérjeforrások bővülése sem. Abból kiindulva, hogy évi 210 millió tonna szójadarat, 40 millió tonna repcepogácsát és 15 millió tonna napraforgódarát termelnek világszerte, az ipari melléktermékeknek komoly hatása van a takarmánypiacra. A bioüzemanyag-gyártásban az etanolipar évente 45 millió tonna DDG-t, DDGS-t, CGM-et és CGF-et, a biodízelipar pedig a növényolaj-felhasználással közvetve évi 13 millió tonna repcedarát és 28 millió tonna szójadarat állít elő, vagyis szójafehérje-egyenértékben ez megfelel mintegy 65-70 millió tonna szójadarának, azaz az évente előállított szójadara 30%-ának. Az állati eredetű fehérjék (állati fehérje és halliszt) mintegy 20 millió tonna szójadarat váltanak ki szójafehérje-egyenértékben kifejezve, azaz az évi globális szójadara-felhasználás csaknem 10%-át, habár takarmányozási célú felhasználásuk korlátozott.

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 fehérjeforrások (alga, békalencse, krill, tengeri kukac) is szóba jöhetnek alternatívaként hosszabb távon az alacsony földhasználat és a jó fajlagos fehérjehozam alapján, ehhez viszont nélkülözhetetlen a táplálóérték meghatározása és a szárítási költségek csökkentése. 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 takarmánykiegészítőnek főleg a lizin, a metionin, a treonin és a triptofán szolgál, de nagyobb arányú felhasználásuknak egyelőre a magas ár szab korlátot, habár hat kristályos aminosavat a takarmányipar már költséghatékony módon használ fel. Az egyes fehérjeforrások világpiaci árainak összehasonlításából kiderül, hogy a szójadara még mindig magasan a legolcsóbb takarmány, ugyanis például a halliszt és a rovarfehérje ára többszöröse a szójadaráénak.

Az EU-ban a takarmányozásban 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 szójadara 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.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) ADM GERMANY (2015): *Outlook for the Agricultural Markets in 2015*. Market Review. ADM Germany, January 2015, 16 p. – (2) BACHIS, E. (2015): *Proteins of marine origin*. FEFAC workshop on the economic and scientific aspects of the use of alternative protein sources in animal nutrition. 9 October 2015, Piacenza, Italy – (3) BIKKER, P. – VAN DER PEET-SCHWERING, C. M. C. – BINNENDIJK, G. P. (2011): *Opname van grasen mengkuil door dragende biologische zeugen*. Rapport 439. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad (The Netherlands) – (4) BIKKER, P. – BINNENDIJK, G. P. (2012): *Ingekuild gras voor biologisch gehouden vleesvarkens*. Rapport 603. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad (The Netherlands) – (5) BYME, J. (2014): *Amini acids taking greatest revenue share of feed additives market*. <http://www.feednavigator.com/Markets/Amino-acids-taking-greatest-revenue-share-of-feed-additives-market> – (6) DUBLECZ K. – PÁL L. – WÁGNER L. – BÁNYAI A. – TÓTH SZ. – FARKAS R. (2008): A baromfitakarmányozás aktualitásai. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 57. évf. 5. sz. 469–483. pp. – (7) EPURE (2016): *European renewable ethanol*. Enabling Innovation and Sustainable Development, State of the industry 2015, Brussels, http://epure.org/media/1215/epure_state_industry2015_web.pdf. – (8) EREKY K. (1925): *A zöldtakarmánymalom és a nagy istállóüzemek*. Athenaeum Irodalmi és Nyomdai Részvény-Társulat, Budapest, 83 p. – (9) EUROPEAN COMMISSION (2014): *Report EIP-AGRI focus group on protein crops*. 48 p. – (10) EUROPEAN COMMISSION (2015): *Prospects for agricultural markets and income 2015-2025*. 101 p. – (11) FAO (2011): *Faostat database*. Economic and Social Development Department. Rome, Italy. – (12) FAO (2012): *World Agricultural Towards 2030/2050. The 2012 revision*. Ed. Alexandratos, N. – Bruinsma, J., 153 p. – (13) FÁRI M. G. (szerk.) – KRALOVÁNSZKY U. P. (szerk.) – HARANGI-RÁKOS M. – PETŐ K. – SZAKÁLY Z. – CSÍDER I. – ANTAL G. – KURUCZ E. – BRADÁCS ZS. – DOMOKOSNÉ SZABOLCSY É. – POPP J. (szerk.) (2015): *Biotechnológia anno 1917–1919: Ereky Károly víziója az élettudomány alkalmazásáról*. Szaktudás Kiadó Ház Zrt., Debrecen – Budapest, 259 p. – (14) FEFAC (2013): *The feed chain in action*. XXVI FEFAC Congress 2013. Federation Europeenne Des Fabricants D'aliments Composes Pour Animaux (European Feed Manufacturers Federation), Brussels, 39 p. – (15) FEFAC (2015a): *Feed and food. Statistical yearbook 2014*. Federation Europeenne Des Fabricants D'aliments Composes Pour Animaux (European Feed Manufacturers Federation), Brussels, 66 p. – (16) FEFAC (2015b): *Annual report 2014-2015*. Federation Europeenne Des Fabricants D'aliments Composes Pour Animaux (European Feed Manufacturers Federation), Brussels, 23 p. – (17) FITCHES, E. (2015): *Can insect help to meet the demand for feed protein?* FEFAC workshop on the economic and scientific aspects of the use of alternative protein sources in animal nutrition. 9 October 2015, Piacenza, Italy – (18) GOUVEIA, L. – BATISTA, A. P. – SOUSA, I. – RAYMUNDO, A. – BANDARRA, N. M. (2008): Microalgae in novel food products. In Papadopoulos, K. (ed.): *Food chemistry research developments*. Nova Science Publishers, New York, 75–112. pp. – (19) HENMAN, D. – AUSTRALIA, R. (2012): *Evaluation of algal meal as an energy and protein source in pig diets 4a-102*. Report prepared for the co-operative research centre for high integrity Australian pork. Australian Government's Cooperative Research Centres, Corowa NSW, 1–12. pp. – (20) IFIF (2015): *Annual report 2014-2015*. International Feed Industry Federation, Luxembourg – (21) MOLNÁR M. – FÁRI M. G. (szerk.) – ANTAL G. – DOMOKOS-SZABOLCSY É. – HARANGI-RÁKOS M. – KURUCZ E. – KRALOVÁNSZKY U. P. – LISZTES-SZABÓ ZS. – PETŐ K. – SZAKÁLY Z. – VERES SZ. – POPP J. (szerk.) (2016): *Biotechnológia anno 1920–1938 és ma: Ereky Károly programja a fehérjeprobléma megoldásáról és napjaink feladatai*. Szaktudás Kiadó Ház Zrt., Debrecen – Budapest, 436 p. – (22) OECD/FAO (2015): *OECD-FAO Agricultural Outlook 2015*. OECD Publishing, Paris – (23) OECD/FAO (2016): *OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025*. OECD Publishing, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2016-en. – (24) OIL WORLD (2015): *Oil World Annual 2015*. ISTA Mielke GmbH, Hamburg – (25) POPP J. – FÁRI M. – ANTAL G. – HARANGI-RÁKOS M. (2015): A fehérjetakarmány-piac kilátásai az EU-ban, különös tekintettel Magyarország fehérjeigényének kielégítésére. *Gazdálkodás*, 5. sz. 401–421. pp. – (26) POPP J. – HARANGI-RÁKOS M. – GABNAI Z. – BALOGH P. – ANTAL G. – BAI A. (2016): Biofuels and Their Co-Products as Livestock Feed: Global Economic and Environmental Implications. *Molecules*, 21. évf. 3. sz. 285. p. – (27) RESEARCH AND MARKETS (2015): *Feed Amino Acids Market by Livestock, by Amino Acid, by Geography – Global Trends & Forecasts to 2018*. http://www.researchandmarkets.com/research/37gw1z/feed_amino_acids – (28) RFA (2014): *Association, R.F. Fueling a*

nation feeding the world. *The role of the U.S. Ethanol industry in food and feed production*. Washington D.C., 1–11. pp. – (29) RFA (2016): *World fuel ethanol production*. Renewable Fuels Association, <http://ethanolrfa.org/resources/industry/statistics/#1454098996479-8715d404-e546>. – (30) SPOLAORE, P. – JOANNIS-CASSAN, C. – DURAN, E. – ISAMBERT, A. (2006): Commercial applications of microalgae. *J Biosci Bioeng*, 101, 87–96. pp. – (31) SWISHER, K. (2015): *Global market overview. National Renderers Association 2015*. International Production & Processing Expo (IPPE), Atlanta Georgia, January 29, 2015. https://d10k7k7mywg42z.cloudfront.net/assets/54ecb5fcc0d67112bc0052b4/Global_Market_Report.pdf – (32) TACON, P. (2015): *New feed protein sources. Products from fermentation – yeast*. OECD/FAO workshop on the economic and scientific aspects of the use of alternative protein sources in animal nutrition. 9 October 2015, Piacenza, Italy – (33) Tikász I. – Varga E. (2016): GMO-mentes szójára alapozott takarmányozás kilátásai Magyarországon. *Gazdálkodás*, 60. évf. 2. sz. 105–126. pp. – (34) TOEPFER INTERNATIONAL (2012): *Market Review April 2012*. Alfred C. Toepfer International GmbH, Hamburg – (35) USDA (2015a): *Oilseeds: World market and trends*. U.S. Department of Agriculture. – (36) USDA (2015b): *USDA Agricultural Projections to 2024*. U.S. Department of Agriculture, 97 p. – (37) USDA (2016a): *World agricultural production*. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service, February 2016. Washington, D.C. <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf> – (38) USDA (2016b): *World agricultural supply and demand estimates*. United States Department of Agriculture. February 2016. Washington, D.C. – (39) VAN KRIMPEN, M. –VELDKAMP, T. – VAN DER POEL, T. (2015): *Meeting the feed protein demand – possible solutions*. FEFAC workshop on the economic and scientific aspects of the use of alternative protein sources in animal nutrition. 9 October 2015, Piacenza, Italy – (40) WISNER, R. (2015): *November monthly renewable energy report. Distillers grains balance sheet*. Agricultural Marketing Resource Center

tors in a unified and closed system. The economic evaluation systematizes the effects of economic factors in conformity with structure of the D-e-Meter land quality assessment system. The precondition of the elaborated application of the land evaluation method in practice is to assign to each D-e-Meter category a weighted – so called standard – Basic Gross Margin value. The computation of Gross Margin is carried out by sampling. A set of correction factors (irrigation possibility, infrastructure, access to the area, externalities) is also considered when the economic value of land is calculated. Information for correction factors can also be read on digital maps, whereby we ensure the automatic character of the valuation system. The new complex evaluation system is useful for getting the realistic land value and land price. The economic value of land based on the calculation of potential Gross Margin, which includes the total social-economic return of the plot. It can also be used to define the requirements for the alternative usage for land as well.

REPLACEMENT PROTEIN WITH ALTERNATIVE SOURCES OF PROTEIN FOR FEED IN THE EU

By: Popp, József – Oláh, Judit – Harangi-Rákos, Mónika – Fári, Miklós

Keywords: protein feed, soya protein, alternative protein sources.

JEL Classification: Q13.

The EU is dependent for 60% on imports of protein-rich feedstuffs and the self-sufficiency of soy products is just around 4-5%. The EU imports about 10% of soybean and 30% of the soybean meal available in world market. In the EU there are no substitutes for imported protein-rich feedstuffs in the near future. Oilseed meals are also recognized as important protein feedstuff, however, for climatic and agronomic reasons, and the slow growth of the biofuels industry the EU is unable to increase considerably the production of oilseeds. Furthermore, the competitiveness of grain legumes in arable crop rotations is limited and yield increases are needed to replace imported soybean products and this would also be needed for European soybean production. Taking into consideration that 210 million tonnes of soymeal is produced a year globally, the co-products of biodiesel production have a relatively high impact on the feed market. The protein feed output by the biofuels industry is equal to about 65-70 million tonnes of soybean meal, or 30% of the global soybean meal production. In the EU, the contribution of the biodiesel industry accounted for 30% in the share of oilseed meals as feed material in the compound feed industry and the ethanol industry displaces nearly 10% of soybean and soybean meal imports by volume. In addition to the global production of 5 million tonnes of fishmeal per annum the global output of animal protein is around 13 million tonnes per year replacing about 18 million tonnes of soybean meals, or 10% of the global production of soybean meal. Protein levels in grass leaves are low, but bio-refineries of green leaves could potentially produce high protein content products and alfalfa protein extracts are commercially available on the market but in restricted areas. Recently, products of aquatic biomass have surfaced as potential protein sources for animal feed, however, at present production cost are too high to make bulk markets accessible to aquatic biomass. Insects are a well-known source of protein, but still much knowledge is yet to be collected to judge the real potential of insects as protein sources for animal feed. Improvement of cost effectiveness for the production of yeast and amino acid is needed to make them alternative protein sources. Soybean meal is still the most price competitive feed protein and will not be replaced by alternative protein sources in the next decade.