

A HALTENYÉSZTÉS VERSENYKÉPESSÉGE MÁS ÁLLATTENYÉSZTÉSI ÁGAZATOKHOZ VISZONYÍTVA AZ ÁLLATIFEHÉRJE-TERMEELÉSSEL ÖSSZEFÜGGÉSBEN

HORN PÉTER - URBÁNYI BÉLA

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők áttekintik a világ lakosságának az állati fehérje fogyasztását befolyásoló tényezőket és a várható trendeket. Összefoglalják azokat az alapvető különbségeket, amelyek a szárazföldi állattenyésztési ágazatok és a halak hústermelése között mutatkoznak. Utóbbi vonatkozásban kitérnek a takarmányhasznosításban és az egységnyi termékre eső komplex környezeti lábnyom mértékében kimutatott állatfajok közötti különbségekre. Utóbbival összefüggésben az intenzifikáció révén elért hatékonyság javulás mértékére vonatkozóan is több analízis eredményét ismertetik az egyes állattenyésztési ágazatok életciklus analízise alapján.

SUMMARY

Horn, P. - Urbányi, B.: COMPETITIVENESS OF THE AQUACULTURE SECTOR COMPARED TO OTHER ANIMAL HUSBANDRY SECTORS IN TERMS OF PROTEIN PRODUCTION

Independent from ethnic groups or religion, up to a certain income level, the ratio of protein products in peoples' diet continually grows, according to long-term statistics. Factors influencing the protein consumption of the world's population and the expected trends are reviewed by the authors in this article, i.e. benefits of protein consumption in the different developmental stages of humans, and the issues due to underconsumption. Trends show that the need for proteins will be continually increasing therefore all meat producing sectors will grow 1.2-2.4 percent per year between 2017 and 2035. The authors summarize the basic differences between terrestrial livestock sectors and the aquaculture sector in terms of (fish)meat production (total biomass, annual utilizable meat production, and relation of annual production compared to total biomass and characteristics of metabolism) as well. In addition they also cover the topic of the differences between different fish species in terms of feed conversion and the complex environmental footprint per product unit taking into account the food hierarchy (trophic levels) in water bodies, and the energy efficiency of the different organisms in the different trophic levels. The authors present the results of several analyses on the extent of improved effectiveness due to intensification of production, taking into account the life cycle analysis of the different animal husbandry sectors. Intensification, where genetic factors are taken into account and the production was independent from environmental factors, the effectiveness of the production increased significantly more. Although very few experiments have been carried out where pond aquaculture systems could be compared to plant production, poultry or pork production with the same conditions in order to determine the environmental footprint per production unit, one such experiment, carried out in Vietnam showed that fish production has the smallest environmental footprint from the meat producing sectors.

BEVEZETÉS

A világ lakosságának élelmiszer-fogyasztási statisztikáit – áttekintve a hosszabb idősorokat is – egyértelműen megállapítható, hogy amikor az embereknek növekedett az elkölthető jövedelme, egy meghatározott jövedelem határig növekszik a diétán belül az állati eredetű élelmiszerek aránya, függetlenül a népesség etnikai vagy vallási hovatartozásától. Az állati termékek a diétán belül egymást helyettesíthetik (pl. húsfélék, tej és tejtermékek, tojás). Ennek az általános társadalmi reakciónak háttérében az emberi faj evolúciós fejlődése áll.

Az ember anatómiai-élettani átalakulása, az emésztőrendszer, a béltraktus egynegyedére történő lerövidülésével az emberősökhöz képest nagyon hatékony nyersrost emésztő képességünk elvesztésével járt. Az erősen megnövekedett agy az élővilágban ismert legnagyobb energia- (és fehérje) igényű szervvé vált. Míg az emberszabású majmok agya mindössze nyolc, a felnőtt ember agya már húsz százalékát igényli nyugalmi állapotban a szervezet összes energiafogyasztásának, sőt fejlődésünk egyes kritikus szakaszaiban mintegy három és tizen-négy éves kor között ez elérheti a negyven százalékot is (Horn, 2018). Az állati termékek rendszeres fogyasztása különösen fontos gyermekkorban, a várandós nők esetében és az idősebb korosztályok számára. Többszörösen igazolt tény, hogy a biológiailag teljes értékű fehérjeellátásban hiányt szenvedő népesség jelentős károsodásokat szenved, amely kihat egészségi állapotukra, fejlődésükre (alulfejlettség, izomzat és testmagasság csökkenés, agykapacitás és szellemi képességek mérsékeltebb kifejlődése). Az elmúlt 10 év kutatásai hangsúlyosan hívják fel a figyelmet arra, hogy idősebb korban az izomzatcsökkenés és az ezzel összefüggő, időskorra jellemző, életminőséget rontó betegségek kifejlődése is (pl. szarkopénia) jelentősen mérsékelhető az állatifehérje-bevitel növelésével. Míg a korábbi ajánlásokban nőknek átlagosan 48, férfiaknak 52 gramm/nap állatifehérje-bevitelt ajánlottak (Olten és mtsai, 2006), ennél jelentősen nagyobb, 1,2–1,6 gramm/testsúlykilogramm napi adagot javasolnak ma már nagyszámú vizsgálat alapján (Phillips és mtsai, 2016), különösen 50–60 évnél idősebb korban. Egyértelmű, hogy az emberiség jó életminőségének, jó egészségi állapotának megőrzésében, figyelemmel a sok országra jellemző öregedő társadalmakra is, az állatifehérje-ellátás alapvető fontosságú marad és lesz meg inkább a jövőben is.

Az emberiség állatifehérje-ellátottságának főbb jellemzői jelenleg

Azok az átfogó és módszertanilag is megbízható adatfeldolgozások, amelyek olyan országok statisztikai adatait használják csak fel, amelyek megbízhatóak is, világosan mutatják, hogy ma mintegy 800 millió ember kifejezetten alultáplált, és még a szükséglet egyötödét sem fogyasztja teljes értékű állati fehérjéből (ezek éves jövedelme egy főre esően nem éri el a 2 dollár/nap szintet). További mintegy két milliárd azoknak a száma, akiknél az állatifehérje-bevitel csupán 20-35 gramm/nap. Az emberi népesség ezen része „rejtett éhínségben” szenved, állati fehérjében alultáplált. Ezáltal nem jut hozzá alapvető vitaminokhoz (pl.: A, B₆, B₁₂ és D), valamint makro- és mikroelemekhez (pl. kalcium, jód, foszfor, szelén és cink) továbbá esszenciális zsírsavakhoz sem, amelyeket növényi termékek vagy egyáltalán nem tartalmaznak, vagy nagyon alacsony koncentrációban,

rossz emészthetőség mellett, mint például a vas (Murphy és Allen, 2003). Joggal állíthatjuk, hogy világszinten az állati fehérje napi bevitele messze nem elegendő az élettanilag szükséges színvonalhoz (Sans és Combris, 2015). Sajnos, még a viszonylag gazdag országokban, ahol az átlagfogyasztás eléri vagy kissé meg is haladja a kívánatos szintet (GDP 27 ezertől 41 ezer USD/fő/év), azokban is jelentős lakossági rétegek nem jutnak elegendő állati fehérjéhez.

Az előbbiekben röviden összefoglaltak alapján nem meglepő, hogy az összes mértékadó előrejelzés az állattermék-fogyasztás számottevő emelkedését jelzi a jövőben. Az előrejelzések figyelembe veszik a már jelenleg is fennálló állatifehérje-ellátottsági deficitet, figyelembe veszik a várható további népességnövekedést, és a prognosztizálható, a világ nagy részén tapasztalható és várható jövedelem-növekedést a zömében fejlődő országokban és régiókban. Így többek között a Rabobank a marhahústermelés évi 1,2 százalékos, a sertéshús 1,6, a baromfihús 2,4, a haltermelés 1,4 százalékos évi növekedésével számol 2017–2035 között (Mulder, 2017). A FAO 2005–2050 között átlagosan évi 1,5 százalékos növekedéssel számol a marhahús, 1,4-gyel a sertés, 2,7 százalékkal a baromfihús esetében (Mottet és Tempio, 2016). A halnál a termelés bővülését a mesterséges haltermelési rendszerekre alapozottan prognosztizálják, azzal számolva, hogy a szabadvízi halászati fogások csökkenő hozamokkal kecsegtetnek.

A hústermelés hatékonyságának néhány kérdése a különböző állattenyésztési ágazatokban

A jövőben a különböző állattenyésztési ágazatok között elkerülhetetlenül bizonyos versenyhelyzet alakul majd ki a rendelkezésre álló erőforrásokért, döntően a takarmányforrásokért. A Földön a rendelkezésre álló és hasznosítható területek adottak, a geográfiai és földtani korlátok jelentősek, a csapadékviszonyok régióként különbözőek és nagyon meghatározóak, az öntözhető vagy azzá tehető területek végessége is korlátokat jelent. A haltermelés élettereit tekintve, a tengeri és édesvízi vízkészleteket illetően kétségtelenül nagyobb a természetes háttér.

A szárazföldi állattenyésztési ágazatok versenyképességi potenciálját a hústermelésben jól érzékelteti az 1. táblázat adatsora. Az adatok ugyan az ezredforduló körüli állapotokat tükrözik, de a leszűrhető következtetések maradéktalanul érvényesek napjainkra is. Feltűnő, hogy a különböző hústermelési ágazatok között milyen nagy különbségek vannak abban, hogy az adott faj Földön élő összes élőtömegéhez képest – amelyet el kell tartanunk – milyen arányban állítható elő emberi fogyasztásra alkalmas húsmennyiség évente. Az arányok a szarvasmarha hústermelés 0,16-szoros értékétől a baromfifélék 4,84-szeres arányáig terjednek. A szaporább állatfajok versenyelőnye, hatékonysági fölénye vitathatatlan. A szarvasmarha esetében fajtától, termelési körülményektől függően egy tehéntől évente átlagosan 0,6–0,8, egy anyajuhtól 0,6–1,5, egy kocától évi 12–30, a baromfiféléktől – fajtól függően – mintegy 30–150 utód nyerhető évente. Az adott fajon belül a fajták és a termelési körülményei közötti különbségek jelentősek országon belül is, még nagyobb kontinensek között. Így utóbbi adatok megközelítő pontosságúak. A táblázatban érdekességeként a szerzők (Verstegen és Tamminga, 2005) az emberi populációt is számításba veszik.

1. táblázat

A világ hústermelő háziállat állománya, élőtömege és az évente hasznosult vágóállat tömege

Állatfajok (1)	Létszám milliárd (2)	Összes élőtömeg millió tonna (3)	Éves termelés millió tonna (4)	Éves termelés/ össztömeg arány (5)
Szarvasmarha (6)	1,41	332	52,6	0,16
Juh, kecske (7)	1,57	36	9,9	0,28
Sertés (8)	1,36	47	87,2	1,86
Baromfifélék (9)	13,90	12	58,1	4,84
Összes állat (10)	18,20	427	207,9	2,06
Ember (11)	6,0	237	23,6	0,19

Table 1. Total (world) number of animals, total biomass, annual utilizable meat production, and relation of annual production compared to total biomass

species (1); number of world population (billion) (2); total biomass (million tons) (3); annual meat production (million tons) (4); ratio of annual meat production to total biomass (5); cattle (6); sheep and goat (7); pig (8); poultry (9); total animal number (10); humans (11)

A szárazföldi hústermelés céljából tartott haszonállatok szaporaságához képest tenyésztett halfajaink szaporasága összehasonlíthatatlanul nagyobb. Így egy pontyanyától akár 1 millió ikra is nyerhető, amely szaporulatból 400-500 ezer értékesíthető áru ponty állítható elő a nevelési ciklus végére. Ez hazai viszonyok között 3 év, de melegebb éghajlaton akár egyetlen év is lehet. Az afrikai harcsa ugyan kevésbé szapora, mégis egy ikrásától 150–160 ezer ikra fejhető, amelyből egy termelési ciklusban (8-10 hónap) körülbelül 120–130 ezer 1,0–1,5 kilogrammos értékesíthető áru harcsa nevelhető. Mindkét fajban a szülők élősúlya nem éri el még a 10 kilogrammot sem. Összehasonlításként a húsmarhatartásban egy 500–550 kilogrammos anyatehéntől jó esetben egy 330-340 kilogrammos legelőről leválasztott borjú nyerhető abban az esetben, ha minden tehéntől egy borjú születik és azt fel is nevelik. A kevésbé szapora szárazföldi állattenyésztési ágazatokban hatalmas takarmánymennyiséget igényel a szülőpopuláció fenntartása, ami jelentős versenyhátrány a halfajokkal szemben. Minden hústermelés céljából tartott és tenyésztett állatfajra érvényes – akár szárazföldi fajokról, akár halakról van szó – a rövidebb hizlalási-nevelési ciklusok versenyelőnyt jelentenek.

Amennyiben az állandó testhőmérsékletű szárazföldi állattípusok és a halak alapvető anyagcsere különbségeit összegezzük, a jellemzőket a 2. táblázat mutatja.

Könnyű belátni, hogy a halak előnye számottevő és több tényező által befolyásolt a szárazföldi állatállományokkal összehasonlítva. A legfontosabbak ezek közül: A halaknak gyakorlatilag nem kell energiát fordítaniuk arra, hogy testhőmérsékletüket az élettanilag meghatározott tartományban tartsák, ez jelentős táplálóanyag többletigényt jelent. A halaknak nem kell energiát fordítani arra – vagy csak minimálisat –, hogy pihenőhelyzetben vagy mozgáskor a gravitációs erőt legyőzzék. A haltenyésztésben és nevelésben a halaknak azt a sajátosságát is jól ki lehet használni, hogy az egyes fajokra jellemző, jól tolerálható vízhőmérsékleti tartományon belül a vízhőmérséklet 4 Celsius-fokos emelésével megduplázható az anyagcsere folyamatok sebessége, így a növekedése, a testsúlygyarapodása is. Gyakorlatilag kihasználható főleg mesterséges, zárt rendszerekben a növe-

2. táblázat

A halak és állandó testhőmérsékletű állatok alapvető anyagcsere eltérései (Jobling, 2017)

	Halak (1)	Emlősök, madarak (2)
Anyagcsere intenzitás (3)	Alacsony (4)	Magas (5)
Éhségtűrés (6)	Jó (7)	Rossz (8)
Életfenntartó táplálóanyag szükséglet (9)	Alacsony (4)	Magas (5)
Testsúly-gyarapodásra fordítható tápanyag-felhasználás hatékonysága (10)	Magas (5)	Alacsony (4)

Table 2. Metabolic characteristics of fish and homoeothermic animals

fish (1); mammals and birds (2); metabolic rate (3); low (4); high (5); starvation resistance (6); good (7); low (8); nutrient requirement for maintenance (9); efficiency of nutrient utilization for growth (10)

kedési sebesség x víz hőmérséklet kölcsönhatás. Ez utóbbi egyébként nekünk a tógazdasági haltermelésben versenyhátrány a melegebb éghajlatú országokkal szemben, mert utóbbiak halaik növekedési potenciálját egész évben kihasználhatják, míg a mérsékelt égövben ez csak az év egy részében adott, éghajlati zónától függően. A haltartásban a halak koplalást tűrő képessége is előnyt jelent (adott esetben) a szárazföldi állattartáshoz képest, nem beszélve arról, hogy a szárazföldi állattenyésztésben rövid idejű vízhiány is katasztrofális következményekkel jár. A legfontosabb hústermelő háziállat fajaink és egyes tenyésztett halfajok takarmányértékesítésének energia- és fehérjeretenciójának összehasonlítását mutatja a 3. táblázat. A táblázatban csak az átlagos értékeket közöljük. Mindegyik átlagnak nagy a szórása, hiszen nagyszámú környezeti feltétel közepette mért adatokból számított átlagokat mutatja a táblázat.

3. táblázat

Átlagos takarmányértékesítés, energia- és fehérjeretenció a fő hústermelő háziállatfajokban és egyes halfajok esetében (Fry és mtsai, 2018)

Állatfajok (1)	Takarmányértékesítés tak. kg/súlygy. kg (2)	Energiaretenció % (3)	Fehérjeretenció % (4)
Húsmarha (5)	8,0	7	13
Sertés (6)	3,8	17	22
Brojlércsirke (7)	1,8	27	37
Ponty (8)	1,7	8	15
Tilápia (9)	1,6	7,5	18
Csatorna harcsa (10)	1,3	11	17
Atlanti lazac (11)	1,2	25	28

Table 3. Feed conversion ratio, energy and protein retention of some terrestrial and selected farmed fish species

animal species (1); feed conversion ratio (kg feed/kg weight gain) (2); energy retention (3); protein retention (4); beef cattle (5); pigs (6); broiler chicken (7); carp (8); tilapia (9); channel catfish (10); Atlantic salmon (11)

Egyértelmű, hogy a halfajok jól szerepelnek. Jelentős különbségek mutatkoznak a szárazföldi állattenyésztési ágazatokban felhasznált takarmányok és a mesterséges haltermelésben felhasznált takarmányok között a tekintetben, hogy a kérődzők és az abrakfogyasztók által elfogyasztott takarmányokban állati eredetű fehérjék gyakorlatilag nem, vagy minimális mennyiségben találhatók. A haltermelésben ugyanakkor a feletetett takarmányok jelentős mennyiségű állati eredetű komponenst tartalmaznak annak ellenére, hogy ezek arányának csökkentésére egyértelműek a törekvések világszerte (Nagy és mtsai, 2017 és sokan mások).

Az egyes állattenyésztési ágazatok környezetterhelése egységnyi termék előállítására. Intenzív vagy extenzív stratégia?

A kérdés fölötti vita régi keletű és még ma is élő. Az állattermék-előállítás hatékonyságának javulása nem választható el a takarmánynövények termesztésének, a szektor fejlesztésének komplex figyelembevétele nélkül. A tudományosan megalapozott nemesítési módszerek alkalmazása az állattenyésztésben kölcsönhatásban a termelés- és termesztéstechnológiai és kapcsolódó fejlesztésekkel, együttesen tette lehetővé, hogy ma sokkal kevesebb termőföld lekötéssel, természeti erőforrás felhasználással és jóval kevesebb környezetet terhelő anyag kibocsátásával állítható elő egységnyi állati termék, mint korábban bármikor. Az intenzifikáció hatásának lényegét két ágazat példája is jól érzékelteti. A tejelő tehénállományokban a tejtermelés növelésére irányuló szelekció kiemelkedően eredményes volt az elmúlt félévszázadban. Ugyanez vonatkozik a hústípusú csirkére is.

Az USA-ban például 1944 és 2009 között a tehének tejtermelése 2000 literről 9000 literre nőtt (Magyarországon ez a termelésnövekedés megközelítőleg hasonló volt 1970-től napjainkig). Az USA teljes tejtermelési vertikumát kiértékelve az 1 liter tejre vetített takarmányenergia-igény 77%-kal, a takarmányfehérje-igény 71%-kal csökkent, miközben az összes vízfelhasználási szükséglet az ágazatban 65%-kal lett kevesebb. Az 1 liter tej előállítására vetített komplex CO₂ lábnyom 64%-kal, a környezetet terhelő foszforkibocsátás 7%-kal lett kisebb (Capper és mtsai, 2009). Amennyiben az USA-ban visszatérnének a legelőre alapozott tejtermelési rendszerre (1944-es állapot), amit sokan az USA-ban ma is idealizálnak különböző szempontból, akkor 143 millió hektár termőterületet kötné le a tejtermelési szektor az USA tejszükségletének megtermelésére. Ugyanakkor a jelenleg jellemző sokkal intenzívebb tejtermelési rendszerben mindösszesen 13,6 millió hektár takarmánytermő terület elegendő. A megtakarítás több mint 129 millió hektár (Horn, 2013). Bármennyire is ideálisnak tűnik sokak szemében a régebbi, környezetbarátnak hitt termelési mód, a jelenlegi magas tej- és tejtermékszükségletet sem az erőforrások oldaláról, sem pedig a nagy környezetterhelés miatt nem lehetne vállalni és technikailag megvalósítani.

A pecsenyecsirke termelés hatékonysága is látványosan javult. Az intenzifikáció egyértelműen csökkentette az erőforrásigényeket és a környezetterhelő hatásokat egységnyi termék egységre vetítve. A komplex környezeti lábnyom változását az USA brojler vertikumában az 1965–2010 közötti időszakra vonatkozóan mutatja a 4. táblázat, (Magyarországon hasonló tendenciák mutatkoztak a brojler-vertikumban Horn (2017).

4. táblázat

**Az USA brojler előállításának és komplex környezeti lábnyomának
változása 1965 - 2010 között (Putnam és mtsai, 2017)**

	1965	2010
Termelési paraméterek: (1)		
Testsúly vágáskor, kg (2)	1,59	2,59
Életkor vágáskor, nap (3)	63	47
Takarmányértékesítés, tak. kg/súlygyar. kg (4)	2,39	1,94
Elhullás, % (5)	6	4
Környezetet terhelő hatások csökkenése egységnyi élő súly előállítása során 1965-2010 között (%) (6)		
Üvegházhatású gáztermelés, kg CO ₂ eqv (7)		-36
Fosszilis energiafelhasználás, MJ (8)		-39
Vízfelhasználás, m ³ (9)		-58
Takarmánytermő terület lekötés, m ² (10)		-72
Acidifikációs hatás, kg SO ₂ eqv (11)		-29
Eutrofizációs hatás, kg N eqv (12)		-25

Table 4. Life cycle impact assessment results per unit product USA broiler industry (1965 vs. 2010)

production parameters (1); body weight at slaughter kg (2); age at slaughter days (3) feed conversion (kg feed/kg weight gain) (4); mortality (5); environmental impact change 2010 vs 1965 (%) (6); GWP kg CO₂ eq (7); fossil energy MJ (8); water (9); land requirement in m²/kg body weight production (10); acidification kg SO₂ eq (11); eutrophication kg Neq (12)

A különböző állattenyésztési ágazatokra vonatkozó analízisek egyértelműen mutatják, hogy a kedvező hatások mértéke annál nagyobb, minél nagyobb volt a realizálható genetikai tényezőkre visszavezethető teljesítményjavulás az adott állatfajban, illetve a takarmánynövények termesztésében, és a termelési feltételeket jelentős mértékben lehetett függetleníteni a környezeti tényezőktől. Így például a legelőre alapozott állattenyésztési ágazatokban összehasonlíthatatlanul kisebb volt a komplex hatékonyság javulás egységnyi termék előállítása esetében (pl. húsmarha, Capper, 2011)

Kevés olyan egzakt összehasonlító vizsgálatról van tudomásunk, amelyben halastavi rendszereket hasonlítottak össze sertés és húsbarmfi, valamint növénytermesztési ágazatokkal olyan módon, hogy azok egy-egy üzemen belül voltak összehasonlíthatók, egységnyi termékegységre vetített környezetterhelésüket illetően. Egy ilyen nagyszabású kísérletben (Phong és mtsai, 2011) a Mekong deltában választottak ki 11 farmot, ahol haltermelést és más ágazatokat is műveltek. Az egyes farmok tavaiban döntően polikultúrák termelés folyt (pangazius, tilápia, gurámi, ponty). Az 1 kilogramm előállított termékre eső környezetterhelést és erőforrásigényt az egyes ágazatokra vonatkozóan az 5. táblázat mutatja.

A 11 farm átlagában a haltermelés jóval hatékonyabbnak és kevésbé környezetterhelőnek bizonyult, mint a sertéshús- vagy a baromfi-hús-termelés. Természetesen a növénytermesztési kultúrák egységnyi termékre vetített környezetterhelése jóval kisebb, amint az ma már széles körben ismert.

5. táblázat

1 kg termék előállítását terhelő erőforrásigény és környezeti hatás (Phong és mtsai, 2011)

Hatások (1)	Rizs (2)	Gyümölcs (3)	Zöldség (4)	Sertés (5)	Baromfi (6)	Hal (7)
Farmok száma (8)	7	11	6	11	11	11
Föld lekötés, m ² /kg (9)	1,00 ^c	1,41 ^c	1,35 ^c	9,11 ^a	9,57 ^a	6,02 ^b
Energia, kJ/kg (10)	1229 ^c	1572 ^c	1643 ^c	10258 ^a	10729 ^a	6913 ^b
Üvegházhatású gáz-kibocsátás, g CO ₂ -eqv./kg (11)	940 ^c	1371 ^c	1209 ^c	8262 ^a	8719 ^a	6078 ^a
Eutrofizációs hatás, g NO ₃ -eqv./kg (12)	21 ^c	28 ^c	29 ^c	213 ^a	207 ^a	135 ^b
Acidifikációs hatás, g SO ₂ -eqv./kg (13)	6 ^b	8 ^b	8 ^b	50 ^a	50 ^a	34 ^a

^{a b c} azonos sorban a különböző betűvel jelölt átlagértékek szignifikánsan eltérnek

Table 5. Impact categories per kg farm product for each of the farm components

impact (1); rice (2); fruit (3); vegetables (4); pigs (5); poultry (6); fish (7); number of farms (8); land use (9); energy use (10); GWP (g CO₂-eq./kg) (11); EP (g NO₃-eq./kg) (12); AP (g SO₂-eq./kg) (13)

^{a b c} different letters mean significant differences between means within rows

A haltenyésztés jövője: genetikai programok

Az emberi halfogyasztás 53%-át az akvakultúra termelés állítja elő. Az érték 2030-ra ugyancsak növekedő tendenciát fog mutatni és elérheti akár a 60%-ot (FAO 2018, Mehar és mtsai, 2019). A globális piaci igény gyarapodása a lélekszám elmélkedésével, a fogyasztói igények és szokások változásával magyarázható. A társadalom felismerte a halthús egészségügyileg fontos mikrotápanyag-tartalmának jelentőségét, mely számos súlyos betegség megelőzésében játszhat kulcsszerepet (Oken és mtsai, 2012; Mehar és mtsai, 2019). A haltenyésztés termelése az elkövetkezendő 13 évben megduplázódhat az állományok intenzív szelektálásával és a genetikai vonalak javításával (hibridizáció, keresztezés, genom manipuláció, szekciós tenyésztés stb.) (Lind és mtsai, 2012; Gjedrem és Rye, 2018). A 2010-ben mért adatok szerint az akvakultúra produktum csupán 8,2%-át adták genetikai programokat alkalmazó termelő egységek (Gjedrem és Rye, 2018). Az érték messze elmarad a növénytermesztés és szárazföldi állattenyésztés esetében mért eredményekhez képest (Houston, 2017). Az ágazat számára továbbá kiemelt fontossággal bír a közeljövőt fenyegető klímaváltozás, a lehetséges károk tudatában: a tengerek vízszintjének emelkedése, az óceánok termelési kapacitásának átalakulása, édesvízhiány, rendkívüli időjárási jelenségek gyakoriságának növekedése. A klímaváltozás befolyásolni fogja a globális akvakultúrát a földrajzi és éghajlati viszonyok módosulásával, a tenyésztett halfajok összetételének megváltozásával, valamint át fogja alakítani a termelés szerkezetét. A produktivitás fenntartásához sokkal ellenállóbb genetikai vonalakra lesz szükség a termelt fajok esetében. A tenyésztés során keletkezett üvegházhatású gázok kibocsátását továbbá csökkenteni kell (optimalizált vízhasználat és szállítás, jobb takarmányértékesülés stb.), melyben ugyancsak

kulcsszerepet játszhatnak a genetikai programok (ökológiai lábnyom csökkentése) (Sae-Lim és mtsai, 2017). Az említett módszerekkel számos faj esetében igazoltan nőtt a termelés mértéke (Mehar és mtsai, 2019). A Norvégiában és Chilében tenyésztett atlanti lazac 2006-ban több mint 150 országban vált elérhetővé (Straume, 2015). Az Új-Zélandon előállított gyorsabban növekedésű „Chinook” lazac közel 30 országban került eladásra 2011-ben (Camara és Symonds, 2014). A specifikus genetikai állományú gyorsabban növekedő nilusi tilápia vonalat (Gjedrem és mtsai, 2012; Khaw, 2015), több mint 11 országban (Ázsia, Afrika, Amerika) alkalmazzák manapság (Ponzoni és mtsai, 2008; Ponzoni és mtsai, 2010; Ponzoni és mtsai, 2011; Ansah és mtsai, 2014; Mehar és mtsai, 2019).

Anyagkörforgás a vízi ökoszisztémákban és az akvakultúra „környezeti lábnyoma”

Az anyag és energiaáramlás a vízi ökoszisztémákban több lépésből álló, úgynevezett táplálék hálózaton keresztül megy végbe. A biomassa előállítása során rengeteg energia emésztődik fel leadott hő formájában. A hosszabb, több lépcsős kaszkád több energiavesztéssel jár, így kevesebb forrás fordítódik az állati produktumra. Az említett törvény alapján a növényevő halak termelése energiahatékonyabb a halgazdálkodás számára. A táplálékhálózat lépcsőfokait trofikus szinteknek nevezzük. A képzeletbeli piramis alján állnak a víztestekben élő növények. A következő hierarchikus fok az őket és fitoplanktont fogyasztó állatok. A hálózat felső régiójában helyezkednek el a húsevő (ragadozó) élőlények. A különböző fajok a vízi ökoszisztéma több trofikus lépcsőjét is elfoglalhatják az energia forrásától függően. Sok hal táplálkozási módot változtat, ha külső behatásra megváltozik az őt körülvevő ökológiai niche. Adott szinten az anyagáramlás mértéke a biomassa termelésbe felhasznált és az úgynevezett hővesztéssel leadott energiával számszerűsíthető. A tápanyagforgalom és állati termék előállítás során a különböző trofikus szintek között folyamatosan csökken a rendelkezésre álló energia a termodinamika első és második szabálya alapján. A legfelső szinten álló halfajok termelése egy általános ökoszisztéma rendszerben ez által a legkevésbé gazdaságos (Kutty, 1987). A ragadozó (vagy húst fogyasztó) halfajok esetében elmondható, hogy a sertés, vagy broiler csirke termeléshez viszonyítva, kétszer vagy háromszor hatékonyabban építik be a rendelkezésre álló energiát és tápanyagot, vagyis állítanak elő az emberi fogyasztás számára értékes fehérjét (Gjedrem, 2000). Az akvakultúra évről évre növekvő tendenciát mutat. Tógazdasági körülmények között azonban, a megtermelt a ráfordított energia csak kis hányada jelenik meg halhúsban, nagyobb része a tó üledékében vesz el. A fenntartható akvakultúra egyik jövőbeni alapkövetelménye kell legyen, a ráfordított tápanyag minél gazdaságosabb felhasználása (Bosma és Verdegem, 2011). A halgazdálkodás gyors fejlődése és növekedése világszinten helyezi nyomás alá a környezeti erőforrásokat (víz, táplálék, energia stb.). Klasszikus tógazdasági körülmények között a táp, szemes takarmány vagy trágya előállítás, energia és víz ráfordítással jár. A tavak pazarló vízhasználatával ugyancsak nagy lehet a felhasznált erőforrás veszteség. Az ökológiai szemléletű gazdálkodás szempontjából lényeges a nagy hatásfokú takarmányozási és vízgazdálkodási terv fejlesztése (Bostock és mtsai, 2010). A fenntartható akvakultúra esetében fontos tényező az üvegházhatású gáz kibocsátás mértéke. Vizsgálatok alapján elmondható, hogy az akvakultúra ágazat

(a nem legelő illetve tömegtakarmányt felhasználó állattenyésztési ágazatokkal egyetemben: baromfi, sertés) középen helyezkedik el a képzeletbeli skálán az emisszió tekintetében. A kibocsátás mértéke a legkisebb a növényi termékek előállításakor, míg a legnagyobb a növényevő állatoknál (pl. szarvasmarha) (Clune és mtsai, 2017). A halgazdálkodás során termelt üvegházhatásúgáz számos szinten jelentkezik. A halak takarmányozására szolgáló növények, vagy állati és növényi eredetű specifikus tápok előállítása, valamint szállítása hozzájárul a kibocsátáshoz. A fajok tartására és nevelésére szolgáló infrastruktúra építése és üzemeltetése hasonlóképp emelheti a káros gázok szintjét. A víz minősége nagyban befolyásolja a halhústermelés hatékonyságát, ezáltal hatással van az ökológiai lábnyomra. A gyenge vízminőség következtében energia- és tápanyaghiány jelentkezik, mely emeli a termelés üvegházhatásúgáz produktumát. Újabb kutatások bizonyították, hogy optimalizált törendszerek üzemeltetés mellett magas hozammal egyfajta „szén csapda”-ként működhetnek a haltermelő egységek (Verdegem és Bosma, 2009; Robb és mtsai, 2017; Ghosh és mtsai, 2020). A halgazdálkodás fenntarthatóságának egyik alappillére lehet a közeljövőben a költséghatékonyság növelése, az intenzifikáció, esetlegesen új fajok bevonása az ágazatba. A tradicionális termelési egységek átalakítása révén csökkenthetővé válik a szektor ökológiai lábnyoma (Bostock és mtsai, 2010).

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

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

IRODALOMJEGYZÉK

- Ansah, Y. B. – Frimpong, E. A. – Hallerman, E. M. (2014): Genetically-improved tilapia strains in Africa: Potential benefits and negative impacts. *Sustainability*, 6. 3697–3721. DOI: 10.3390/su6063697
- Bosma, R. H. – Verdegem, M. C. J. (2011): Sustainable aquaculture in ponds: Principles, practices and limits. *Livest. Sci.*, 139. 58–68. DOI:10.1016/j.livsci.2011.03.017
- Bostock, J. – McAndrew, B. – Richards, R. – Jauncey, K. – Telfer, T. – Lorenzen, K. – Little, D. – Ross, L. – Handisyde, N. – Gatward, I. – Corner, R. (2010): Aquaculture: global status and trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biol. Sci.*, 365. 2897–2912. DOI: 10.1098/rstb.2010.0170
- Camara, M. D. – Symonds, J. E. (2014): Genetic improvement of New Zealand aquaculture species: programmes, progress and prospects. *New Zeal. J. Mar. Fresh.*, 48. 466–491. DOI: 10.1080/00288330.2014.932291
- Capper, J. L. (2011): The environmental impact of beef production in the United States: 1977 compared with 2007. *J. Anim. Sci.*, 89. 4249–4261.
- Capper, J. L. – Cady, R. A. – Bauman, D. E. (2009): The environmental impact of dairy production 1944 compared with 2007. *J. Anim. Sci.*, 87. 2160 – 2167.
- Clune, S. – Crossin, E. – Verghese, K. (2017): Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories. *J. Cleaner Prod.*, 140. 766–783. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.04.082
- FAO (2018): The State of the World Fisheries and Aquaculture. FAO (Food and Agriculture Organisation), Rome.

- Fry, J. P. – Mailloux, N. A. – Love, O. C. – Milli, M. C. – Cao, L. (2018): Feed conversion efficiency in aquaculture: do we measure it correctly. *Environ. Res. Lett.*, 13. (2) 024017. doi: 1088/1768–9326/aaa 73.
- Ghosh, A. - Misra, S. - Bhattacharyya, R. - Sarkar, A. - Singh, A. K. - Tyagi, V. C. - Kumar, R. V. - Meena, V. S. (2020): Agriculture, dairy and fishery farming practices and greenhouse gas emission footprint: a strategic appraisal for mitigation. *Environ. Sci. Pollut. R.*, 27. 10160–10184. DOI: 10.1007/s11356-020-07949-4
- Gjedrem, T. – Robinson, N. – Rye, M. (2012): The importance of selective breeding in aquaculture to meet future demands for animal protein: a review. *Aquaculture*, 350–353. 117–129. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2012.04.008
- Gjedrem, T. - Rye, M. (2018): Selection response in fish and shellfish: a review. *Rev. Aquacult.*, 10. 168–179. DOI: 10.1111/raq.12154
- Gjedrem, T. (2000): Genetic improvement of cold-water fish species. *Aquacult. Res.*, 31. 25–33. DOI: 10.1046/j.1365-2109.2000.00389.x
- Horn, P. (2013): A tej és marhahústermelés versenyhelyezete a világ állattenyésztésében. Állattenyésztés és Takarmányozás, 62. 308–323. (in Hungarian with English summary)
- Horn, P. (2017): Az újkori állatnemesítés kialakulása. In: *Precíziós nemesítés. Kulcs az agrárinnovációhoz.* Szerk.: Balázs, E. – Dudits, D., Agroinform, Budapest, 33–40. ISBN 978-615-5666-09-4
- Horn, P. (2018): A mezőgazdasági termelés jövőjét meghatározó néhány fontos kérdéskör. *Gazdálkodás*, 62. 385–405. (in Hungarian with English summary)
- Houston, R. D. (2017): Future directions in breeding for disease resistance in aquaculture species. *Revis. Brasileira Zootec.*, 46. 545–551. DOI: 10.1590/s1806-92902017000600010
- Jobling, M. (2017): Bioenergetics in Aquaculture settings, In *Reference Module in Life Sciences.* Elsevier, 2017. ISBN: 978-0-12-809633-8, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.03202-7>.
- Khaw, H. L. (2015): Cooperative and uniform fish? Social interactions and variability in live body weight in the GIFT strain (Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* in Malaysia). PhD thesis, Wageningen University, Netherland.
- Kutty, M. N. (1987): Site Selection For Aquaculture: Biological productivity of water bodies. FAO 2019. <http://www.fao.org/3/AC176E/AC176E00.htm#TOC>.
- Lind, C. E. - Ponzone, R. W. - Nguyen, N. H. - Khaw, H. L. (2012): Selective breeding in fish and conservation of genetic resources for aquaculture. *Reprod. Domest. Anim.*, 47. Suppl 4. 255–263. DOI: 10.1111/j.1439-0531.2012.02084.x
- Mehar, M. - Mekki, W. - McDougall, C. - Benzie, J. A. H. (2019): Fish trait preferences: a review of existing knowledge and implications for breeding programmes. *Rev. Aquacult.*, 1-24. DOI: 10.1111/raq.12382
- Mottet, A. – Tempio, G. (2016): Global poultry production: current state and future outlook and challenges. *Proc. Inv. Pap. XXV. World Poultry Congress.* Peking, 1–8.
- Mulder, N. D. (2017): Dealing with global food supply challenge. Precision farming and environmental sustainability. Outlook - konferencia a hazai élelmiszergazdaság fenntarthatósági kilátásairól. Budapest, <http://repo.aki.gov.hu/2649/>
- Murphy, S. P. – Allen, L. H. (2003): Nutritional importance of animal source foods. *J. Nutr.*, 133. 3932–3935.
- Nagy, Z. – Havasi, M. – Gál, D. – Hancz, Cs. (2017): Effects of different European Catfish feeds on production parameters and water quality in limno corrals. *Acta Agr. Kaposvariensis*, 21. 15– 27.
- Oken, E. - Choi, A. L. - Karagas, M. R. - Mariën, K. - Rheinberger, C. M. - Schoeny, R. - Sunderland, E. – Korrick, S. (2012): Which fish should I eat? Perspectives influencing fish consumption choices. *Environ. Health Perspect.*, 120. 790–798. DOI: 10.1289/ehp.1104500
- Olten, J. J. – Hellwig, J. P. – Meyers, L. D. (2006): Dietary reference intakes: the essential guide to nutrient requirements. Institute of Medicine. Washington D.C.

- Phillips, S. M. – Chevalier, S. – Leidy, H. J. (2016): Protein requirements beyond the PDA: implications for optimizing health. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.*, 41. 505–572. dx. doi. org/10. 1139/apum - 2015–0550.
- Phong, L. T. – de Boer, I. J. M. – Udo, H. M. J. (2011): Lyfe cycle assessment of food production in integrated agriculture-aquaculture systems of the Mekong Delta. *Livestock Sci.*, 139. 80–90. doi: 10. 1016/j.livsci. 2011. 03.015.
- Ponzoni, R. W. – Khaw, H. L. – Yee, H. Y. (2010): GIFT: The Story since Leaving ICLARM (now known as The WorldFish Center) – Socioeconomic, Access and Benefit Sharing and Dissemination Aspects. FNI Report 14/2010. Fridtjof Nansen Institute, Lysaker.
- Ponzoni, R. W. – Nguyen, N. H. – Khaw, H. L. – Hamzah, A. – Bakar, K. R. A. – Yee, H. Y. (2011): Genetic improvement of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with special reference to the work conducted by the Worldfish Center with the GIFT strain. *Rev. Aquacult.*, 3. 27–41. DOI: 10.1111/j.1753-5131.2010.01041.x
- Ponzoni, R. W. – Nguyen, N. H. – Khaw, H. L. – Kamaruzzamana, N. – Hamzah, A. – Bakar, K. R. A. – Yee, H. Y. (2008): Genetic improvement of Nile Tilapia (*Oreochromis Niloticus*) – Present and future. 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Egypt.
- Putnam, B. – Thoma, G. – Burek, J. – Matlock, M. (2017): A retrospective analysis of the United States poultry industry: 1965–2010. *Agric. Syst.*, 157. 107–117. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2017.07.008>
- Robb, D. H. – MacLeod, M. – Hasan, M. R. – Soto, D. (2017): Greenhouse gas emissions from aquaculture: a life cycle assessment of three Asian systems. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. 609. ISBN: 978-92-5-109833-2
- Sae-Lim, P. – Kause, A. – Mulder, H. A. – Olesen, I. (2017): Breeding and Genetics Symposium: Climate change and selective breeding in aquaculture. *J. Anim Sci.*, 95. 1801–1812. DOI: 10.2527/jas.2016.1066
- Sans, P. – Combris, P. (2015): World meat consumption patterns: An overview of the last fifty years (1961–2011). *Meat Sci.*, 109. 106–111.
- Straume, H. (2015): Trade costs and Norwegian salmon export. *Working Papers in Economics*, 06/15, University of Bergen, Department of Economics.
- Verdegem, M. C. J. – Bosma, R. H. (2009): Water withdrawal for brackish and inland aquaculture, and options to produce more fish in ponds with present water use. *Water Po.*, 11. 52–68. DOI: 10.2166/wp.2009.003
- Verstegen, M. W. A. – Tamminga, S. (2005): The changes in animal nutrition in the 21st century. *International Symposium on Animal Nutrition*. 3–30. Kaposvár, ISBN 963869425

Érkezett: 2020. augusztus

Szerzők címe: Horn P.
Szent István Egyetem, Kaposvári Campus
Állattenyésztés-technológia és Menedzsment Intézeti Tanszék

Authors' address: Szent István University, Kaposvár Campus
Department of Animal Husbandry and Management
H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.
horn.peter@szie.hu

Urbányi B.
Szent István Egyetem, Gödöllői Campus
Halgazdálkodási Tanszék
Szent István University, Gödöllő Campus
Department of Aquaculture
H-2100 Gödöllő, Péter Károly u. 1.
urbanyi.bela@szie.hu