

# ÁLLATTENYÉSZTÉS és TAKARMÁNYOZÁS

2020. 69. 1

Alapítás éve: 1952

ÁLLATTENYÉSZTÉS – TARTÁS – TAKARMÁNYOZÁS



› Antibiotikum és takarmánybiztonság

› Gyepozam a klímaváltozás tükrében

› Kakukkfüolaj-kiegészítés brojletakarmányban

› Fumonisin B1 gastrointestinal function

› Magyar házibivaly tejtermelése

› Hőstressz házityúkban

› Furioso-north star lovak bírálata

## TARTALOM - CONTENTS

<i>Mézes Miklós – Kulcsár Szabina: Az antibiotikumok felhasználásának takarmánybiztonsági problémái és lehetőségek azok kiváltására (Feed safety problems of the use of antibiotics and possibilities of their replacement)</i> .....	1
<i>Szabó Ferenc – Nagy Géza – Gulyás László – Tempfli Károly: A gyep hozam és annak várható módosulása a klímaváltozás tükrében (The yield of grass and its modification according to the climate change)</i> .....	9
<i>Ancsin Zsolt – Balogh Krisztián – Erdélyi Márta – Mézes Miklós: Kakukkfűolaj-kiegészítés hatása brojlercsirkék néhány termelési, lipid peroxidációs és antioxidáns paraméterére (Effect of thyme oil supplementation on some performance, lipid peroxidation and antioxidant parameters of broiler chicken)</i> .....	17
<i>Barna Brigitta – Holló Gabriella: Adatok a magyar házibivaly tejtermelőképeségéről, fejhetőségéről és laktációs tejtermeléséről (Facts about hungarian domesticated buffalo's milk production traits, milkability and lactation milk yield)</i> .....	30
<i>Tokodyné Szabadi Nikolett – Sima Krisztina – Tóth Roland – Lázár Bence – Patakiné Várkonyi Eszter – Liptói Krisztina – Gócza Elen: Hőstressz hatására aktiválódó fiziológiai válaszok házityúkban, a hőháztartás fenntartása érdekében (Physiological responses to heat stress in domestic chicken to maintain heat balance)</i> .....	41
<i>Yarsmin Yunus Zeebone – Kovács Melinda – Halas Veronika: Effects of fumonisin B1 on the gastrointestinal tract functionality – A Review (A fumonizin B1 hatása a tápcsatorna működésére – Irodalmi áttekintés)</i> .....	53
<i>Gergely Zita – Pongrácz László – Szabó Ferenc: Lineáris bírálati rendszer kialakítása a furioso-north star fajtában (Development of linear type evaluation system in the Furioso-North Star horse breed)</i> .....	66
<b>2019-ban sikeresen megvédett PhD disszertációk összefoglalói (1. rész) - Summaries of PhD dissertations in the year of 2019 (Part 1.)</b> .....	<b>78</b>

### **Címlap kép (Frontpage photograph)**

“Szürkemarkhák” (Fotó: Kristóf István)

“Hungarian Grey Cattles” (Photo: István Kristóf)

# AZ ANTIBIOTIKUMOK FELHASZNÁLÁSÁNAK TAKARMÁNYBIZTONSÁGI PROBLÉMÁI ÉS LEHETŐSÉGEK AZOK KIVÁLTÁSÁRA

MÉZES MIKLÓS – KULCSÁR SZABINA

## ÖSSZEFOGLALÁS

Európa számos országában törekednek az állatgyógyászatban alkalmazott antibiotikum-használat csökkentésére, ennek mértéke azonban eltérő. Az antibiotikumok takarmányozásban való felhasználásával kapcsolatos szabályok figyelmen kívül hagyása, a takarmánygyártás során az inhomogén keverés és a keresztszennyeződések lehetnek elsősorban ennek előidézői. A takarmányokkal adagolt antibiotikumok túladagolása, vagy az adott hatóanyag iránti fokozott érzékenység gazdasági állatoknál toxikózishoz vezethet, de számolni kell egyes antibiotikumok és más állatgyógyászati készítmények közötti interakciókkal is. Ezek a problémák nem csupán az ilyen takarmányokkal etetett gazdasági állatok, de az azok termékeit fogyasztók számára is potenciális veszélyforrások lehetnek. A nem megfelelő antibiotikum-felhasználás további problémája az adott hatóanyaggal szemben kialakuló bakteriális rezisztencia, amely nem csupán állat-, de humán-egészségügyi kérdés is. Az antibiotikumok kiváltására számos lehetséges megoldást javasoltak, de ezek hatékonysága és biztonságossága jelenleg még kérdéses. Az antibiotikumok felhasználása viszont csak akkor csökkenthető jelentős mértékben, ha a gazdasági állatok tartás- és takarmányozási technológiája megfelel az intenzív termelésű állatok, valamint a járványvédelem igényeinek.

## SUMMARY

*Mézes, M. - Kulcsár, Sz.:* FEED SAFETY PROBLEMS OF THE USE OF ANTIBIOTICS AND POSSIBILITIES OF THEIR REPLACEMENT

Most of the European countries attempted to reduce the use of veterinary antibiotics, but extend is different. There are several reasons of those problem, for instance neglecting the rules of mixing antibiotics into feeds, non-adequate operation systems, causing inhomogeneous mixing and possible cross contamination. These problems arise potential toxic effect in case of overdosing or lower tolerance of antibiotics, and also some undesirable interactions between antibiotics and other veterinary drugs. This would be potential hazard both for the animals and human consumers of animal-origin foods. Further problem of the inadequate use of antibiotics is the development of bacterial resistance against the particular active substances. There are several proposals as alternatives of antibiotics in animal nutrition, but only few data available about their safety and efficacy. In conclusion, use of in-feed antibiotics decrease gradually, but those can eliminate completely, if the keeping and feeding conditions satisfy completely the requirements of the intensive genotypes, and the requirements of disease prevention and control.

## AZ ÁLLATGYÓGYÁSZATI KÉSZÍTMÉNYEK FELHASZNÁLÁSÁNAK TENDENCIÁI

A legutóbbi elemzések eredményei azt mutatják, hogy az antibiotikumok felhasználása világszinten csökkent ugyan, ennek ellenére 2017-ben a gyógyszer-gyártó cégek ebből származó bevétele elérte az 5 milliárd USD-t (Watt, 2018). Az Európai Unióban 2010-2017 között jelentősen, 32,5%-kal, csökkent az antibiotikum felhasználás (EMA, 2019), de ennek mértéke hazánkban, ugyanebben az időszakban, mindössze 1% volt. A teljes felhasznált mennyiségből gyógypremix formájában, tehát a takarmányokkal adagolt mennyiség az Európai Unióban 28,8%, míg hazánkban 50,9% volt.

Az összes antibiotikum felhasználás 2016-ban az EGT országokban, azaz az Európai Unió és a társult országok területén, összesen 7860,4 tonna volt, amelyben hazánk sorrendben a 11. (155,9 tonna) legtöbb antibiotikumot felhasználó ország volt. Az élelmiszertermelő állategységre (population correction unit, PCU) vetített érték alapján, amely az egy kilogramm állati termék előállításához az adott évben felhasznált hatóanyag mennyiségét jelenti, viszont hazánk már az 5. legnagyobb felhasználó, 187,1 mg/PCU, volt (VMD, 2016). A PCU érték alapján ebből a legnagyobb mennyiséget a sertés és a baromfiágazat használta fel (EMA, 2018). Amennyiben viszont a 2010-2016 között az állategységre vetített antibiotikum felhasználást tekintjük, akkor ebben az időszakban, hazánkban is jelentős, bár nem tendenciaszerű változások figyelhetők meg (1. táblázat).

1. táblázat

### Az antibiotikum felhasználás mennyiségének állategységre vetített változása hazánkban 2010-2016 között

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
antibiotikum felhasználás (mg/PCU) (1)						
269,9	192,5	245,8	230,7	193,1	211,4	187,1

Hivatkozás: EMA, 2018

Table 1. Changes of antibiotic use in Hungary in the period of 2010-2016 as calculated to population correction unit (EMA, 2018).

antibiotic use (mg/PCU) (1)

Az USA-ban ugyanakkor 2015-2017 között a takarmányokkal adagolt antibiotikum felhasználás jelentősen, 43%-kal, csökkent (FDA, 2018), amelynek hátterében az egyre szigorodó előírások, a folyamatos ellenőrzés és a fogyasztói igények megváltozása állt. Ezen belül a brojlercsirke termelésben a csökkenés mértéke több, mint 50%, a szarvasmarha- és sertéságazatban 35%, a pulykaágazatban viszont mindössze 11% volt. Ezzel ellentétben viszont Kínában, Indiában vagy Brazíliában az antibiotikum felhasználás ugyanebben az időszakban jelentős mértékben nőtt (Van Boeckel és mtsai, 2017).

## AZ ÁLLATGYÓGYÁSZATI KÉSZÍTMÉNYEK TAKARMÁNYOZÁSBAN VALÓ FELHASZNÁLÁSÁNAK SZABÁLYOZÁSA

Gyógyszeres takarmányt hazánkban a vonatkozó rendelkezés (65/2012. (VII. 4.) VM rendelet) 16. § (1) alapján, összhangban az Európai Unió takarmányhigiénéjára vonatkozó rendelkezésével (EU, 2005) csak a megyei kormányhivatal által engedélyezett olyan takarmány-előállító létesítmény készíthet, kizárólag állatorvos szakmai felügyelete mellett és állatorvosi rendelvény alapján, amelynek létesítmény-engedélyében a gyógyszeres takarmány, illetve a gyógyszeres köztes termék előállításának feltételrendszerét megállapították.

A rendelkezés 17. § (1) szerint gyógyszeres takarmány előállításához kizárólag a hazánk területén engedélyezett, vagy az EU központi jegyzékben szereplő, állatgyógyászati termékek, így például antibiotikumok, használhatók fel.

A biztonságos gyógyszeres takarmány előállítása során alapvető követelmény az állatgyógyászati készítmények takarmányokban történő homogén eloszlása. Ennek eléréséhez az előállítónak rendelkeznie kell a homogenitás eléréséhez szükséges műszaki kritériumokkal, amelyet folyamatosan, részben önellenőrzéssel kontrollálni szükséges.

A rendelkezés 18 § (5) szerint gyógyszeres takarmány előállítását követően ugyanazon a gyártósoron más, az adott gyógyszeres takarmánytól eltérő, terméket készíteni csak a gyártósornak a létesítmény-engedélyben meghatározott módon végrehajtott és dokumentált gyógyszermentesítése után szabad. Ennek alapján az átszennyeződés mértéke nem haladhatja meg a releváns laboratóriumi vizsgálatok kimutathatósági határértékét, illetve bizonyos hatóanyagok tekintetében a külön jogszabályban meghatározott ún. elkerülhetetlen átszennyeződés értékét. A keresztszennyeződés mértéke jelenleg az Európai Unióban még nem került egységesen meghatározásra. Annak kialakítása folyamatban van (EU, 2019a), és véglegesítéséig az egyes tagállamok hatáskörébe tartozik.

Az átszennyeződés technológiai okokból előfordulhat a takarmány előállítása, annak feldolgozása, tárolása vagy szállítása során is, amennyiben a gyártó és feldolgozó berendezéseket, a tároló létesítményeket vagy a szállítóeszközöket más állatgyógyászati készítményeket tartalmazó takarmányok esetében is felhasználják. A nem céltakarmány gyógyszeres takarmányok hatóanyagaival való átszennyeződését azonban a vonatkozó rendelkezések és a technológiai fegyelem betartásával az elérhető legalacsonyabb szinten kell tartani.

Az antibiotikumok felhasználása során a legsúlyosabb probléma az antimikrobiális rezisztencia, vagy esetleg az egyes baktériumok közötti keresztrezisztencia kialakulása, amely állat- és közegészségügyi szempontból egyaránt súlyos kockázatot hordoz. Ez a legfontosabb oka annak, hogy a gazdasági állatoknak szánt, antibiotikumokat tartalmazó, ennek révén az adott antibiotikumokkal szemben rezisztens baktérium törzsek kialakulásának veszélyét hordozó, takarmányok felhasználásának csökkentését javasolják. Az ilyen takarmányok betegségek megelőzésére (profilaxis) vagy hozamfokozás céljára történő felhasználása az Európai Unióban 2006. január 1-től nem engedélyezett (EU, 2003). Antibiotikumot gyógyipremix formájában tartalmazó takarmány jelenleg csak abban az esetben használható fel egy betegség állományon belüli elterjedésének megakadályozására (metafilaxis), ha az adott fertőző betegség előfordulásának vagy elterjedésének

kockázata magas (EU, 2019b). A takarmányokkal adagolt antibiotikumok viszont ilyen esetben célzott terápiás célú gyógyszerhasználatnak tekinthetők.

## A GYÓGYSZERES TAKARMÁNYOK FELHASZNÁLÁSÁNAK TAKARMÁNYBIZTONSÁGI KOCKÁZATAI

Egyes antibiotikumok, így például az aminoglikozidok vagy a tilmikozin, gazdasági állatokra nézve, nem megfelelő mennyiségben és ideig alkalmazva toxikusak lehetnek. Ennek oka elsődlegesen a túlادagolás, vagy az inhomogén keverés. Ezek a problémák a takarmánygyártási technológia betartásával és a gyártott takarmánytétel folyamatosan ellenőrzésével elkerülhetők, de legalábbis a minimális szintre csökkenthetők.

Számos antibiotikum toxicitása abból adódik, hogy a bélcsatornából felszívódva gátolja a xenobiotikum transzformáló enzimszisztéma működését, ezzel csökkentve egyes hatóanyagok szervezetben belüli metabolizmusát, elsősorban azok lebontását, így azok hosszabb időn keresztül aktív formában a szervezetben maradva, toxikus hatásokat is kiválhatnak. Ez a hatás ugyanakkor nem csak az adott antibiotikumra, hanem más hatóanyagokra is érvényes. A gyógyszer metabolizmus gátlása miatt a takarmánnyal, vagy terápiás céllal intramuscularis injekció formájában adagolt más hatóanyagok farmakokinetikáját is megváltoztathatja, így azok potenciálisan toxikus hatása együttesen jelentkeznek. Az ilyen interakciók számos esetben még ma sem pontosan ismertek, azokra számos esetben csak a már kialakult toxikózisok során derül fény. A gyógyszer interakciók ismerete, és azok tekintetbe vétele a gyógyszeres takarmányok előállítására, vagy terápiás kezelések alkalmazása során állatorvosi feladat. Az antibiotikumok, nem szabályszerű használat esetén, akumulálódhatnak a fogyasztásra szánt szövetekben, ami az állati eredetű élelmiszerekben jelenlévő reziduumok miatt élelmiszerbiztonsági kockázatot hordoz. Egy legutóbbi felmérés szerint a magyar fogyasztók 37%-a feltételezi azt, hogy az élelmiszerekben az egészséget károsító antibiotikum reziduumok lehetnek jelen (EFSA, 2019a). Ugyanakkor egy 2017-ben készült felmérés szerint ennek mértéke lényegesen kisebb. A vizsgált baromfi-hús mintákban 0,4%, a sertéshúsban átlagosan 0,27%, a marhahúsban pedig 2% mértékben mutatták csak ki antibiotikumok jelenlétét (EFSA, 2019b).

Azok az antibiotikumok, amelyek támadáspontja elsősorban a mikrobiális membrán, így például a sertés takarmányozásban elterjedten alkalmazott kolisztin, az eukarióta sejtek membránját is károsíthatja. Szisztémás hatása azonban mérsékelt, mert csak kis hatékonysággal szívódik fel a bélcsatornából (Velkov és mtsai, 2013). A kinolonok egy része, például az anrofloxacin azonban viszonylag jól felszívódik, míg a fluorokinolok felszívódása mérsékelt. Túlادagolásuk esetén azonban ezek is előidézhetnek toxikózist, mert emlősállatokban gátolják a mitokondriális topoisoméráz enzimek működését (Suto és mtsai, 1992), ezzel mitokondriális DNS károsításokat idézve elő (Sobek és Boege, 2014). Az aminoglikozid antibiotikumok elsősorban a vese tubuláris sejtjeit károsítják, mert felszívódva a vesében halmozódnak fel (Mingeot-Leclercq és Tulkens, 1999). Klóramfenikol túlادagolás hatására elsősorban monogasztrikus állatokban alakulhat ki toxikózis, mert kérődzőkben a bendő mikrobiota gyorsan és hatékonyan metabolizálja (De Corte-Baeten és Debackere, 1975). Felszívódva elsősorban a

csontvelőt károsítja, ennek révén csökken a vérképzés, de emellett máj és vese elfajulást is okoz (EFSA, 2014). A klóramfenikol azonban nem engedélyezett antibiotikum az Európai Unióban élelmiszertermelő állatok számára. A makrolid antibiotikumok gazdasági állatoknál ritkán idéznek elő toxikus hatásokat, még túlادagoláskor is. A makrolidok iránt különösen a sertés érzékeny, amelynél súlyos máj és vesekárosodást idézhetnek elő (Boothe, 2016).

Az antibiotikumok nem megfelelő dózisban vagy ideig, történő adagolásának jelentős, és alkalmazásuk céljával ellentétes, mellékhatása a gyomor-bélcsatorna mikrobiota károsítása, azaz az eubiotikus fajok számának csökkentése, amely egyidejűleg lehetőséget teremt egyes potenciálisan patogén fajok (pl. *Clostridium perfringens*, *E. coli*) elszaporodására. Ez a probléma különösen széles spektrumú antibiotikumok esetében jelentkezik, továbbá azoknál az állatfajoknál, például a nyúl, okozhat súlyos egészségkárosodást (Boothe, 2016), amelyek vastagbélben zajló bakteriális fermentációs folyamatoknak jelentős szerepe van a rostaltató anyagok lebontásában, az ennek során keletkező illó zsírsavak révén pedig a szervezet energia ellátásában. A széles spektrumú antibiotikumok hatására emellett a Gram negatív baktériumokból endotoxinok szabadulnak fel, amelyek a bélcsatornából felszívódva akár súlyos toxikózishoz is vezethetnek (Eng és mtsai, 1993).

További takarmánybiztonsági probléma az antibiotikumok felhasználása során a korábban már említett rezisztencia és keresztrezisztencia kialakulása. Ilyen problémák jelentkezhetnek azonban nem csak az antibiotikumok túlzottan nagy, de azok hosszú időn keresztül kis mennyiségben való alkalmazása során is. Ez indította el azt a folyamatot, hogy az antibiotikumok nem kellően szabályozott és ellenőrzött alkalmazását drasztikusan csökkenteni szükséges a gazdasági állatok takarmányozásában. A rezisztencia kialakulása ugyanis egyidejűleg két problémát jelent. Egyrészt, ha az állatokban rezisztens patogén baktériumtörzsek jelennek meg, úgy nem, vagy nem az elvárt mértékben, reagálnak a célzott antibiotikum terápiára. Másrészt ezek a rezisztens törzsek a környezetbe kerülve más állatfajok, sőt akár az állati terméket fogyasztók, egészségét is veszélyeztethetik (WHO, 2018). A rezisztens baktériumok által előidézett humán egészségkárosodást egyes szerzők az elkövetkező évtizedek legsúlyosabb közegészségügyi problémájának tekintik (Kraker és mtsai, 2016).

## LEHETŐSÉGEK AZ ANTIBIOTIKUMOK KIVÁLTÁSÁRA

Az antibiotikumok kiváltására a gazdasági állatok takarmányozásában számos megoldást javasoltak, amelyek alkalmazásának elsődleges célja a rezisztencia csökkentése volt. A biológiai módszerek közül kedvező tapasztalatokról számoltak be bakteriofágokkal kapcsolatban például a *Campylobacter jejuni* ellen. Ugyanakkor az eredeti célt, a rezisztencia csökkentését, ezzel a módszerrel nem sikerült elérni (Fischer és mtsai, 2013). Eltérő hatásmechanizmusuk miatt viszont egyéb megoldásokkal, mint probiotikumokkal, prebiotikumokkal, közepesen hosszú szénláncú zsírsavakkal, egyes rostaltató anyagokkal, vagy fitobiotikumokkal az eddigi tapasztalatok alapján kizárható a rezisztencia kialakulása (Papatsiros és mtsai, 2013). A felsorolt lehetőségek hatékonysága jelenleg még csak részben bizonyított, illetve bevezetésük során az engedélyeztetési eljárások az antibiotiku-

moknál lényegesen kevésbé szigorúak (EFSA, 2017). Emiatt alkalmazásuk során tekintetbe kell venni, hogy jelenleg még nem tekinthetők sem kellő mértékben hatékonyak, sem pedig egyértelműen biztonságosnak. A leginkább tanulmányozott fitobiotikumok antibakteriális (Cheng és mtsai, 2018; Omonijo és mtsai, 2018), az immunrendszer működését serkentő (Zhang és mtsai, 2014), valamint a bél mikrobiota összetételét befolyásoló (*Ettxebberria* és mtsai, 2013) hatásával kapcsolatban már jelentős számú, tudományosan is megalapozott, eredménnyel rendelkező. Azok biztonságos felhasználásával kapcsolatban viszont ellentmondásosak az információk (Gheisar és Kim, 2018). A fitobiotikumokat ugyanis az engedélyező hatóságok (EFSA, FDA) annak ellenére biztonságosnak (qualified presumption of safe [QPS], illetve generally regarded as safe [GRAS]) tekintik, hogy eddig már számos növényolaj komponensről bizonyították azok potenciálisan toxikus voltát, elsősorban monogasztrikus állatoknál (Horky és mtsai, 2019). A fitobiotikumokkal kapcsolatban további probléma, hogy azok kémiai összetétele, emiatt antimikrobiális hatása, a különböző területeken és egymást követő évjáratokban termesztett növények között jelentős mértékben eltérő lehet (Tammam és mtsai, 2019).

## 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

- Boothe, D. M. (2016): Antimicrobial drug factors. MSD Veterinary Manual 11th ed., MSD Animal Health, Kenilworth
- Cheng, C. S. - Xia, M. - Zhang, X. M. - Wang, C. - Jiang, S. W. - Peng, J. (2018): Supplementing oregano essential oil in a reduced-protein diet improves growth performance and nutrient digestibility by modulating intestinal bacteria, intestinal morphology, and antioxidative capacity of growing-finishing pigs. *Animals*, 8. 159.
- De Corte-Baeten, K. - Debackere, M. (1975): Chloramphenicol plasma levels in horses, cattle and sheep after oral and intramuscular administration. *Zentralbl. Veterinärmed.*, 22. 704–712.
- EFSA (2014): EFSA Panel on Contaminants in the food chain, scientific opinion on chloramphenicol in food and feed. *EFSA J.*, 12. 3907.
- EFSA (2017): Panel on additives and products or substances used in animal feed. Guidance on the assessment of the safety of feed additives for the target species. *EFSA J.*, 15. 5021.
- EFSA (2019a): Eurobarometer 2019: Food safety in the EU. Special Eurobarometer Wave EB91.3. [www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/noticias/2019/special\\_eurobarometro.pdf](http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/noticias/2019/special_eurobarometro.pdf)
- EFSA (2019b): Report for 2017 on the results from the monitoring of veterinary medicinal product residues and other substances in live animals and animal products. EFSA Supporting publication 2019: EN-1578. 88. doi:10.2903/sp.efsa.2019.EN1578
- EMA (2018): European Medicines Agency, European Surveillance of Veterinary Antimicrobial Consumption (ESVAC) Eight Report, London. [www.ema.europa.eu/en/documents/report/sales-veterinary-antimicrobial-agents-30-european-countries-2016-trends-2010-2016-eighth-esvac\\_en.pdf](http://www.ema.europa.eu/en/documents/report/sales-veterinary-antimicrobial-agents-30-european-countries-2016-trends-2010-2016-eighth-esvac_en.pdf)



- EMA (2019): Sales of veterinary antimicrobial agents in 31 European countries in 2017 Trends from 2010 to 2017 Ninth ESVAC report. [www.ema.europa.eu/en/documents/report/sales-veterinary-antimicrobial-agents-31-european-countries-2017\\_en.pdf](http://www.ema.europa.eu/en/documents/report/sales-veterinary-antimicrobial-agents-31-european-countries-2017_en.pdf)
- Eng, R.H. - Smith, S.M. - Fan-Havard, P. - Ogbara, T. (1993): Effect of antibiotics on endotoxin release from gram-negative bacteria. *Diagn. Microbiol. Infect. Dis.* 16. 185-189.
- EU (2003): Az Európai Parlament és a Tanács 1831/2003/EK rendelete a takarmányozási célra felhasznált adalékanyagokról. EU Hiv. Lapja L 268. 2003.10.18.
- EU (2005): Az Európai Parlament és a Tanács 183/2005/EK rendelete a takarmányhigiénia követelményeinek meghatározásáról. EU Hiv. Lapja L 35. 2005.2.8..
- EU (2019a): Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2019/4 rendelete a gyógyszeres takarmányok előállításáról, forgalomba hozataláról és felhasználásáról, a 183/2005/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet módosításáról, valamint a 90/167/EGK tanácsi irányelv hatályaon kívül helyezéséről. EU Hiv. Lapja L 4/1 2019.1.7.
- EU (2019b): Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2019/6 rendelete az állatgyógyászati készítményekről és a 2001/82/EK irányelv hatályaon kívül helyezéséről. EU Hiv. Lapja L 4/43 2019.1.7.
- Etxeberria, U. - Fernández-Quintela, A. - Milagro, F. I. - Aguirre, L. - Martínez, J. A. - Portillo, M. P. (2013): Impact of polyphenols and polyphenol-rich dietary sources on gut microbiota composition. *J. Agric. Food Chem.*, 61. 9517-9533.
- FDA (2018): US Food and Drug Administration Center for Veterinary Medicine, 2017 Summary Report on Antimicrobials sold or Distributed for Use in Food-Producing Animals. [www.fda.gov/media/119332/download](http://www.fda.gov/media/119332/download)
- Fischer, S. - Kittler, S. - Klein, G. - Glünder, G. (2013): Impact of a singlephage and phage cocktail application in broilers on reduction of *Campylobacter jejuni* and development of resistance. *PLoS ONE* 8, e78543.
- Gheisar, M. M. - Kim, I. H. (2018) Phytobiotics in poultry and swine nutrition – a review. *Ital. J. Anim. Sci.*, 17. 92-99.
- Horky, P. - Skalickova, S. - Smerkova, K. - Skladanka, J. (2019): Essential oils as a feed additives: Pharmacokinetics and potential toxicity in monogastric animals. *Animals*, 9. 352. doi:10.3390/ani9060352
- Kraker, M. E. A. - Stewardson, A. J. - Harbarth, S. (2016): Will 10 million people die a year due to antimicrobial resistance by 2050? *PLoS Med.* 13:e1002184.
- Mingeot-Leclercq, M.-P. - Tulkens, P. M. (1999): Aminoglycosides: Nephrotoxicity. *Antimicrob. Agents Chemother.*, 43. 1003-1012.
- Omonijo, F. A. - Ni, L. J. - Gong, J. - Wang, Q. - Lahaye, L. - Yang, C. B. (2018): Essential oils as alternatives to antibiotics in swine production. *Anim. Nutr.*, 4. 126-136.
- Papatsiros, V. - Katsoulos, P. D. - Koutoulis, K. - Karatzia, M. A. - Dedousi, A. - Christodouloupoulos, G. (2013): Alternatives to antibiotics for farm animals. *CAB Reviews* 8. 1 -15.
- Sobek, S. - Boege, F. (2014): DNA topoisomerases in mtDNA maintenance and ageing. *Exp. Gerontol.* 56. 135-141.
- Suto, M. J. - Domagala, J. M. - Roland, G. E. - Mailloux, G. B. - Cohen, M. A. (1992): Fluoroquinolones: relationships between structural variations, mammalian cell cytotoxicity, and antimicrobial activity. *J. Med. Chem.*, 35. 4745–4750.
- Tammar, S. - Salem, N. - Rebey, I. B. - Sriti, J. - Hammami, M. - Khammassi, S. - Marzouk, B. - Ksouri, R. - Msaada, K. (2019): Regional effect on essential oil composition and antimicrobial activity of *Thymus capitatus* L. *J. Essent. Oil Res.*, 31. 129–137.
- Van Boeckel, T. P. - Glennon, E. E. - Chen, D. - Gilbert, M. - Robinson, T. P. - Grenfell, B. T. - Levin, S. A. - Bonhoeffer, S. - Laxminarayan, R. (2017): Reducing antimicrobial use in food animals. *Science*, 357. 1350-1352.
- VM (2012): 65/2012. (VII. 4.) VM rendelet a takarmányok előállításának, forgalomba hozatalának és felhasználásának egyes szabályairól

- VMD (2016) Veterinary Medicine Directorate, Understanding the population correction unit used to calculate antibiotic use in food producing animals. [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/580710/1101060-v1-Understanding\\_the\\_PCU\\_-\\_gov\\_uk\\_guidance.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/580710/1101060-v1-Understanding_the_PCU_-_gov_uk_guidance.pdf)
- Velkov, T. - Roberts, K. D. - Nation, R. L. - Thompson, P. E. - Li, J. (2013): Pharmacology of polymyxins: new insights into an 'old' class of antibiotics. *Future Microbiol.* 8. 711–724.
- Watt, H. (2018): How much does big pharma make from animal antibiotics? *The Guardian*, June 19.
- WHO (2018): Antibiotic resistance. [www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antibiotic-resistance](http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antibiotic-resistance)
- Zhang, C. – Tian, Y. – Yan, F. – Kang, X. – Han, R. – Sun, G. – Zhang, H. (2014): Modulation of growth and immunity by dietary supplementation with resveratrol in young chickens receiving conventional vaccinations. *Am. J. Vet. Res.*, 75. 752-759.

Érkezett: 2019. november

Szerzők címe: Mézes M. - Kulcsár Sz.  
Szent István Egyetem, Takarmányozástani Tanszék

Authors' address: Szent István University, Department of Nutrition  
H-2103 Gödöllő, Páter Károly u. 1.  
Mezes.Miklos@mkk.szie.hu

Köszönjük az alább felsorolt kollégáinknak, hogy a kéziratok lelkiismeretes bírálatával 2019-ben hozzájárultak folyóiratunk tudományos színvonalának megőrzéséhez:

Anton István, Áprily Szilvia, Borka György, Búza László, Farkas Orsolya, Horváth Ákos, Husvéth Ferenc, Kovács Balázs, Kovácsné Gaál Katalin, Kútvölgyi Gabriella, Metzger Szilvia, Mézes Miklós, Nagy István, Nagy Szabolcs, Nemes-Terényi Melinda, Németh Csaba, Ózsvári László, Póti Péter, Rózsa László, Tasi Julianna, Tempfli Károly, Tózsér János, Uriné Józsa Csilla, Zsolnai Attila

## A GYEPHOZAM ÉS ANNAK VÁRHTÓ MÓDOSULÁSA A KLÍMAVÁLTOZÁS TÜKRÉBEN

SZABÓ FERENC - NAGY GÉZA - GULYÁS LÁSZLÓ - TEMPFLI KÁROLY

### ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozat a klimatikus tényezők gyepgazdálkodásra és a gyepre alapozott állattartásra gyakorolt hatásával kapcsolatos kutatási eredményeket foglalja össze. A vizsgálat Zala megyére terjedt ki, melynek során különböző gyepek hozamának mérésére, és hosszú távú előrejelzésekre került sor. A prognózis PF éves modellel és LINGRA-N modellel készült a MPI (Max Planck Institute), az S30 (a Soproni Egyetem 30 éves időszakokra készített prognózisai), és a KNMI (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut) Zala megyére és a 2010-2100 közötti időszakra vonatkozó meteorológiai előrejelzései alapján. A felmérések szerint Zala megye gyepének termése 2012-2013. években, szénaértékben 2,12-5,37 t/ha, szárazanyagban 1,82-4,62 t/ha között változott, amely 0,78-1,99 nagyalat-egység eltartását tette lehetővé hektáronként. A hosszú távú prognózis a gyephozam csökkenését vetíti előre. A hatféle előrejelzés átlaga alapján a kiinduló 3,23 t/ha szárazanyaghozam a 2011-2040 közötti időszakban várhatóan 2,91 t/ha-ra, a 2041-2070 közötti időszakban 2,88 t/ha-ra, a 2071-2100 időszakra pedig 2,80 t/ha-ra csökken. Hasonló mértékű a csökkenés a gyepek állattartó képességében is.

### SUMMARY

*Szabó, F. - Nagy, G. - Gulyás, L. - Tempfli, K.*: THE YIELD OF GRASS AND ITS MODIFICATION ACCORDING TO THE CLIMATE CHANGE

The paper summarizes the research results regarding the effect of climatic factors on pasture-based animal production. Study was carried out for Zala County, Hungary, where yield of different pastures was measured, furthermore long term estimations were done. Climate prognosis data of MPI (Max Planck Institute), S30 (30-year predictions from the University of Sopron), and KMMI (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut) for Zala County until 2100 was estimated with PF annual and LINGRA-N model. The results show that the yield of pastures in 2012-2013 in Zala county was 2.12-5.37 t/ha hay, 1.82-4.62 t/ha dry matter, which is equal to 0.78-1.99 animal unit/ha carrying capacity. According to the long term prognosis, the yield of pasture shows decreasing tendency. By average of six kind of prognoses, the initial 3.23 t/ha dry matter yield will decrease to 2.91 t/ha in 2011-2040, to 2.88 t/ha in 2041-2070, while to 2.80 t/ha in 2071-2100. Similarly the animal carrying capacity of pastures will decrease in the same way.

## BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A gyepnövényzet növekedését, ezáltal a legelők és kaszálók hozamát a talajadottságok, a tápanyagellátás mellett a klimatikus tényezők alakítják, amelyek között a csapadék és a hőmérséklet játssza a legnagyobb szerepet. Adott talajon, adott technológiai és tápanyagellátási szinten elsősorban a csapadék és a hőmérséklet a hozamot módosító két legfontosabb tényező (Tasi, 2011, Nagy, 2014). A fotoszintézishez, ezáltal a gyep növekedéséhez szükséges vízellátás miatt a csapadékvizonyok a gyepgazdálkodás kritikus feltételeit jelentik. Ez igaz még az olyan előtünk járó országok, mint pl. az Egyesült Királyság esetében is, ahol sokkal kiegyenlítettebb a klíma, és sokkal kisebbek az időjárási szélsőségek (Frame, 1992).

Optimális termelési feltételek között a gyep 1 kg szárazanyag megtermeléséhez 200-250 liter vizet használ fel, vagyis 1 tonna szárazanyagot 20-25 mm vízből állít elő (Frame, 1992). Hazai viszonyok között ennek csaknem a kétszeresét állapították meg a magyar források (Vinzeffy és Nagy 1993). Ezt a vízmennyiséget vagy a csapadéknak (a legtöbb esetben), vagy a talaj vízkészletének kell biztosítania (jobb hidrológiájú/vízellátottságú gyeppek). A vízfelvétel és az abban oldott tápanyagok biztosítják a növények megfelelő turgorát, ami a levelek megfelelő pozíciójához, az abból adódó jó fénymegkötő képességéhez szükséges. A turgor a záloga a sztómák/légzőnyílások nyitottságának is, ami zavartalan széndioxid-felvételt eredményez (Frame, 1992).

A legintenzívebb növekedés időszakában egy hét alatt 25-30 mm vizet párologtat el a gyep. Ha ehhez nincs megfelelő utánpótlás, a gyep talaja a felszíntől kezdődően egyre inkább kiszárad, egyre nehezebben jut vízhez a gyep növényzete, ami lelassítja a növekedést. Ehhez párosul az, hogy a tápanyagfelvétel is korlátozódik, ami szintén hozzájárul a termés növekedésének visszaeséséhez. Végül is beállhat az az állapot, hogy a levélzet fonnyad, majd összeesik, ami elvezet a tartós hervadás ponthoz. Ennek vége a növekedés teljes leállása, majd az idősebb növényi szövetek (hajtások, levélzet) elhalása (Frame, 1992). Különösen a legeltetéses hasznosítás esetén van ennek kiemelt jelentősége, hiszen a folyamatos fűkínálat csak folyamatos növekedéssel, értelemszerűen csak kiegyenlített szezonális csapadék-, illetve vízellátás esetén biztosítható.

Tavasszal, amint a fényerősség és a megvilágítás időtartama növekszik, a talaj és a levegő hőmérséklete emelkedik, a gyep növekedése érzékelhetővé válik. Mindez a talajfelszín, vagy a talaj felső rétegének 5 °C-ra való felmelegedésekor következik be. Ez a fű növekedéséhez szükséges kritikus hőmérséklet. Pillangósok esetén (pl. a gyakori fehér here) ez az érték 9 °C. Megjegyzendő, hogy némi növekedés lehet ennél kisebb hőmérsékletnél is, de a növekedés fagyponthoz teljesen leáll. A tavaszi felmelegedéssel a növekedés egyre gyorsul. A mérsékelt égövi fűvek optimális növekedése 20-25 °C között valósul meg. Ez csak a tenyészidőszak bizonyos szakaszaiban áll fenn. Amint ősszel a hőmérséklet csökken, ezt követi a növekedés lassulása is. Miután az őszi hőmérséklet csökkenés együtt jár a felhős idővel és a gyengébb fényviszonyokkal, az őszi növekedés lényegesen lassúbb, mint az ugyanolyan hőmérsékletnél jelentkező tavaszi fűnövekedés (Frame, 1992). A hőmérséklet szabályozza a levél/hajtás megjelenési rátát ugyanúgy, mint a levél/hajtás növekedését. Nyár közepén pl.

az angol perje hajtásain minden 5-7. napon megjelenik egy új levél, szemben a téli időszakkal, amikor ez akár 10-szer hosszabb időtartamot is jelenthet. A hőmérséklet szabályozza a levelek méretét és alakját is annak üteme és időtartama által (Ewans és mtsai, 1964; Robson, 1972, 1973). Tavasszal sok mérsékelt égövi fű egy adott hőmérsékleten gyorsabban növeszti a levelét, mint később az év folyamán – vagy, másképpen fogalmazva ugyanarra a levélnövekedési rátára képesek, mint ősszel, de alacsonyabb hőmérsékleten (Peacock, 1975, 1976; Thomas és Norris, 1977). A hőmérséklettől függ a vegetációs időszak, ami a növényvilág (flóra) növekedési, illetve fejlődési folyamatainak időszaka. A hossza a napi középhőmérséklet alakulásától függ. Hazánkban az április-október hónapok esetében tekinthető az átlaghőmérséklet biztosan 5 °C felettinék, így a vegetációs idő nálunk mintegy 220 napra tehető (*http 1*).

A vegetációs időszakot rövidíti a tengerszint feletti magasság, mivel 150-200 méterenként 1 °C-kal csökken az átlaghőmérséklet, a gyepterület északibb fekvése, valamint a lejtés iránya, tekintettel arra, hogy az északi és ahhoz közel álló lejtésirányoknak gyengébb a megvilágítása/hő ellátása, következőképpen alacsonyabb az átlaghőmérséklete.

Az adottságoktól függően a gyepek minősége, termőképessége, hasznosíthatósága igen változatos. Ezekről azonban jóval kevesebb információ áll rendelkezésre, mint a szántóföldi kultúrákról (Tasi és mtsai, 2014). A hazai gyepterületek 30-50%-ára kiterjedő KSH (2000-2018) adatok szerint a gyephozam szénaértékben az elmúlt 17 év átlagában országosan 1,44 t/ha, a vizsgálat helyszínén, Zala megyében (lás később) 1,79 t/ha volt. Ugyanezek az adatok az utóbbi öt évben 1,86 t/ha, illetve 2,31 t/ha értékűek, vagyis Zala megye gyepeinek átlagtermése meghaladja az országos átlagterméseket. Nagy és Tasi (2017) különböző típusú gyepek hozamáról reprezentatív felmérések alapján 1-8 t/ha száraanyag hozamról számolnak be.

Korábbi munkáinkban (Szabó és mtsai, 2003, 2005) felhívtuk a figyelmet a klímaváltozás gyepgazdálkodásra gyakorolt várható hatására. Jelen munkánkban a gyephozam becslése során kapott eredményeinket, valamint azokból kiindulva a klímaváltozás várható hatásával összefüggő hosszú távú prognózisaink eredményeit mutatjuk be.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálatunkat Zala megyében végeztük. A megye klimatikus adottságaira jellemző, hogy az országos átlagnál kiegyenlítettebbek a hőmérsékleti viszonyok, és jóval több, 7-800 mm az évi csapadék. A megye felszíni viszonyait a dombhátak és a közöttük húzódó völgyek jellemzik. Talajadottságai az országos átlagnál gyengébbek. Jellemző talajtípusai az agyagbemosódásos barna erdőtalaj, a pszeudoglejes barna erdőtalaj és a mélyebb területek láptaljai. Általános a talajok tápanyagszegénysége, rossz vízgazdálkodása, művelhetőségüket rontják a dombosági felszínviszonyok. A talajok átlagos természetes termékenysége az országos átlagnak mindössze 50-60%-át teszi ki (Ivány, 2000). A földhasználat jól igazodik a talaj- és felszínadottságokhoz. Az országos átlagnál kevesebb a szántó, az erdőszültség duplája az országos átlagnak és a gyepek aránya is az országos átlag fölött van. A megye gyepterülete meghaladja az 50 ezer hektárt.

Próbakaszálásokkal vizsgáltuk a gyep hozamát 2011-2012. években. A próbakaszálásokat a megye legjellemzőbb talajadottságain (láptalajú, valamint barna erdőtalajú) uralkodó gyepeken végeztük. A véletlenszerűen kijelölt, a statisztikai kiértékelhetőség igényeit kielégítő (a gyepterület nagyságához igazított) számú, 1 m<sup>2</sup>-es parcellákról a termést lekaszáltuk, lemértük (fűtermés), majd légszáraz állapotig szárítottuk (szénatermés), végül laboratóriumi vizsgálatokkal (MSZ ISO 6498:1991) megállapítottuk azok abszolút szárazanyag tartalmát (szárazanyagtermés).

A hozamokból, a gyepnövényzet szárazanyag-tartalmából és az állatok (húshasznosítású tehének) szárazanyag szükségletéből kiindulva kalkuláltuk a gyepek állattartó képességét állategységben egységnyi (egy hektár) gyepterületre vetítve.

Megkértük a MPI (Max Planck Institute), a DMI (Danish Meteorological Institute), és a KMMI (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut) Zala megyére vonatkozó hosszú távú prognózist, amelyeket felhasználtuk a várható gyephozam becslésére. Egyrészt PF éves modellt használtunk a gyep várható hozamának becslésére, amellyel előrejelzést készítettünk. Másrészt becslést végeztünk a LINGRA-N modellel. A LINGRA-N és a PF modellt a gyepalkotó növényfajok növekedésének szimulálására, becslésére fejlesztették a korábbi LINGRA alapján (Wolf, 2012). A modell alapvetően a sugárzás, a hőmérséklet, a csapadék és a fényhasznosítási intenzitás segítségével végzi a növekedés ütemének becslését. A modellel becsült hozamokat gyakorlati megbízhatóságát Európa-szerte vizsgálták, az eredményeket pedig a módszerek kalibrálása során felhasználták (Schapendonk és mtsai, 1998; Bouman és mtsai, 1996). A LINGRA modellt használták továbbá a gyeptermelés változó klimatikus környezetbeli szimulálására is (Rodriguez és mtsai, 1999).

A modell a gyephozam becslését alapvetően három kategóriában végzi, így meghatározhatjuk a potenciális vagy optimális növekedést, valamint a víz- és nitrogénszegényes környezetbeli növekedést.

A prognózisok készítése során a potenciális növekedési környezetet és hozamot vettük alapul. Nevezetesen a talaj- és technológiai körülményeket változatlanak tekintve a hőmérséklet és a csapadék változása alapján készítettük a becsléseket, melynek során 3,23 t/ha szárazanyaghozamból indultunk ki.

A konkrét becslés a 2011-2100 közötti időszak minden egyes évére megtörtént. Emellett minden évre kiszámítottuk a megelőző és a követő 15-15 év konkrét becslésének átlagát.

## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Vizsgálataink szerint Zala megye gyepeinek átlagtermése, amely szénaértékben 2,12-5,37 t/ha, szárazanyagban 1,82-4,62 t/ha között változott; a vizsgált 2012-2013 években meghaladta az országos átlagterméseket (1. táblázat). Az említett hozamok kalkulációnk szerint 0,78-1,99 nagyállategység eltartását teszik lehetővé hektáronként.

Az említett éghajlati scenáriókkal és becselő modellekkel, Zala megyére végzett előrejelzés eredményei közül e helyen a 3,23 t/ha szárazanyag kiinduló hozamú gyepre vonatkozó értékeket bemutatását elegendőnek tartjuk (2. táblázat, 1. ábra, 2. ábra), mivel a többi hozammal végzett becslés eredménye is hasonló tendenciát mutatott.

1. táblázat

**Gyephozam adatok Zala megyében 2012-2013**

A gyep termőhelye (1)	Hozam t/ha (2)		Eltartó képesség/ha (3)*
	Szénaérték (4)	Száranyag (5)	**nagyállat egység (6)
Ősgyep 1. láptalajon (7)	5,37	4,62	1,99
Ősgyep 2. láptalajon (7)	3,76	3,23	1,39
Ősgyep 3. láptalajon (7)	3,47	2,98	1,28
Ősgyep barna erdőtalajon, sík területen (8)	2,72	2,34	1,01
Ősgyep barna erdőtalajon, lejtős területen (9)	2,12	1,82	0,78

\* 1 tonna száranyaghozam = 0,4298 nagyállategység eltartóképesség

\*\* 1 nagyállat egység (NE, v., AU, animál unit) = 1 bika, tehén vagy, két évesnél idősebb egyéb szarvasmarha, vagy 0,6 fél és két éves közötti növendék marha, vagy 0,15 anyajuh

Table 1. The yield of grass in Zala county in 2012-2013

type of grass soil (1); yield t/ha (2); carrying capacity/ha (3); hay value (4); dry matter (5); animal unit (6); natural grass on peat-bog soil (7); natural grass on brown wood soil on flat land (8); natural grass on brown wood soil on sloping land (9)

\*1 ton dry matter equal to carrying capacity of 0.4298 animal unit/ha

\*\* 1 animal unit equal to one bull, cow or other cattle elder than 2 years, or 0.6 cattle between half and two year old, or 0.15 ewe

Az 1. ábra az MPI LINGRA-N becslés évekre vonatkozó konkrét eredményét, valamint az adott évekre a megelőző és az azt követő 15-15 év, azaz 30 év átlagaként szemlélteti. Látható, hogy a konkrét évekre vonatkozó becslés nagyfokú ingadozást mutat (az adatbázis variációs együttható (cv) értéke 28,9%), a 30 éves átlagokból képzett éves előrejelzés sokkal kiegyenlítettebb, alig ingadozik (az adatbázis cv értéke csupán 0,31%).

A három éghajlati scenárió adatbázisán, két modellel végzett, összesen hat előrejelzés adatainak harmincéves átlagértékeit a 2. táblázat foglalja össze, az

2. táblázat

**A hozambecslés eredménye különböző éghajlati scenáriók és becslő modellek alapján, 3,23 t/ha száranyag kiindulási hozam esetén**

Szenárió, Modell (1)	KNMI, LINGRA	KNMI, PFéves	MPI, LINGRA	MPI, PFéves	S30, LINGRA	S30, PFéves	Átlag (2)
Időszak (3)	Száranyag hozam, t/ha(4)						
2011-2040	2,62	2,74	3,00	2,85	3,07	3,16	2,91
2041-2070	2,99	2,84	2,91	2,58	2,89	3,07	2,88
2071-2100	2,69	2,85	2,83	2,85	2,59	2,97	2,80

Table 2. Result of grass yield forecast according to different climate scenarios and estimation models based on 3.23 dry matter t ha initial yield

scenario, model (1); mean (2); period (3); dy matter yield t/ha (4)

1. ábra A gyephozam trendje MPI LINGRA-N becslés alapján

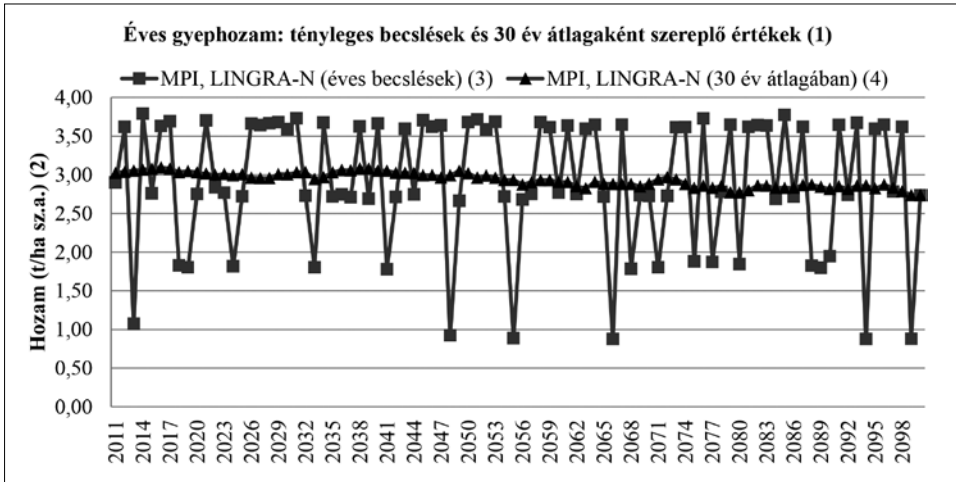


Figure 1. Trend of grass yield according to MPI database and LINGRA-N estimation

annual pasture yield: actual yearly predictions and 30-year average values (1); yield (t/ha dry matter) (2); MPI LINGRA-N (actual annual predictions) (3); MPI LINGRA-N predictions in 30-year average (4)

2. ábra A hozambecslés eredménye különböző éghajlati scenáriók és becslő modellek alapján 3,23 t/ha szárazanyag kiindulási hozam esetén

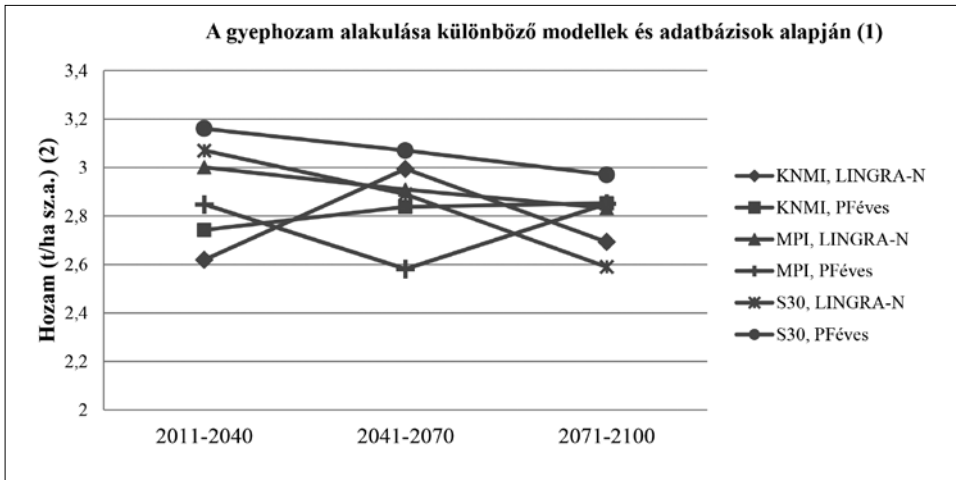


Figure 2. Trend of grass yield according to different climate scenarios and estimation models based on 3.23 dry matter t/ha initial yield

pasture yield predictions according to different models and climate databases (1); yield (t/ha dry matter) (2)



ugyanezen adatbázison rajzolt trendeket pedig a 2. ábra szemlélteti. Összességében a három klimatikus scenárió és két modell segítségével végzett előrejelzés átlaga alapján a 2070-2100 közötti időszakra a gyephozam 13,4%-kal csökken a kiindulási időszak átlagos 3,23 t/ha szárazanyaghozamához viszonyítva.

A táblázat adataiból és az ábráról látható, hogy a különböző becslési eredmények egymástól eltérnek. Ez abból adódik, hogy az egyes éghajlati scenáriók között meglehetősen nagyok a különbségek. Bizonyos becslések szerint a hozam nem csökkenő, sőt van olyan becslés is, amely szerint növekvő tendenciájú. A legtöbb becslés, és az összes becslés átlaga szerint azonban a hozam trendje csökkenő.

Ez a csökkenés nem túlságosan nagymértékű, ami összhangban áll Szász (2005) azon közlésével, miszerint az éghajlatváltozás a gyepeken nem okoz akkorai termés kiesést, mint a szántóföldi kultúrákban. Mindazonáltal a trend arra hívja fel a figyelmet, hogy a klímaváltozás kedvezőtlen lehet a gyepek termőképességére és állattartó képességére.

## KÖVETKEZTETÉSEK

Reprezentatív felméréseink szerint a kiválasztott mintaterületeken, az országos átlagokhoz hasonlóan, meglehetősen kicsi (2,12-5,37) tonna/ha szénaérték, illetve 1,82-4,62 tonna, szárazanyag/ha) gyephozamokat tapasztaltunk. Ennek számos oka lehet. Nevezetesen, hogy a szántóterületekhez képest kevés figyelem fordítódik a gyepek ápolására, tápanyag-utánpótlására. A számítások (Nagy, 2014) azt mutatják, ha a gyepeken a kivont tápanyagok 60 %-át pótolnánk, és ehhez öntöznénk, akkor átlagosan 7 tonna, ha 80 %-át akkor 9 tonna körüli szárazanyaghozamot is elérhetnénk a jelenlegi hőmérséklet és csapadékviszonyok között.

A gyephozam várható alakulása, a hozzáférhető éghajlati scenáriók alapján végzett, hatféle prognózis átlaga szerint 2100-ig mérsékelten ugyan, de csökkenő abban az esetben, ha a gyepművelési gyakorlatunkon nem változtatunk. Ez a csökkenés a klímaváltozás, elsősorban a hőmérsékleti és csapadékviszonyok várható alakulásának következménye.

Mivel Zala megye gyephasznosítása elsősorban húsmarhatartással történik, becslésünk alapján, ha a gyepgazdálkodás gyakorlata nem változik, arra számíthatunk, hogy a vizsgált gyepek 2100-ra a jelenleginél mintegy 13-14%-kal kevesebb húshasznú tehenet képesek majd eltartani.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Bouman, B. A. M. - Schapendonk, A. H. C. M. - Stol, W. - Van Kraalingen, D. W. G. (1996): Description of LINGRA, a model approach to evaluate potential productivities of grasslands in different European climate regions. In: Quantitative Approaches in Systems Analysis No. 7. AB-DLO (Wageningen/Haren) and PE (Wageningen), 58.
- Ewans, L. T. - Wardlaw, I. F. - Williams, C. N. (1964): Environmental control of growth. In: Grasses and Grasslands (ed: Barnard, C.), Macmillan, London, 102-125.
- Frame, J. (1992): Weather and water control: irrigation, drainage and subsoiling. Improved Grassland Management. Farming Press, UK, 91-100.
- Ivány, K. (2000): A gyepgazdálkodás adottságai és a fejlesztés lehetőségei Zala megyében. Tanulmány, Keszthely, Agrártudományi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Munkaanyag, 37.

- KSH (2000-2018) Központi Statisztikai Hivatal, STADAT, Földterület művelési ágak szerint, <http://www.ksh.hu/stadat>; Betakarított összes termés mennyisége (tonna) és a betakarított terület nagysága (hektár), Tájékoztatósi adatbázis, <http://stainfo.ksh.hu/Stainfo/>
- MSZ ISO 6498:1991, Magyar Szabvány, A minták előkészítése laboratóriumi vizsgálathoz
- Nagy, G. (2014): Mezőgazdasági igazságügyi szakértői vélemény. DE AGTC GVK, 11.
- Nagy, G. – Tasi, J. (2017): A legelők és a legeltetés szerepe a húsmarhatartásban. Állattenyésztés és Takarmányozás, 4. 347-364.
- Peacock, J. M. (1975): Temperature and leaf growth in *Lolium perenne* III. Factors affecting seasonal differences. J. Appl. Ecol., 12. 685-697.
- Peacock, J. M. (1976): Temperature and leaf growth in four grass species. J. Appl. Ecol., 13. 225-232.
- Robson, M. J. (1972): The effect of temperature on the growth of S170 tall fescue (*Festuca arundinacea*). I. Constant temperature. J. Appl. Ecol., 9. 647-657.
- Robson, M. J. (1973): The effect of temperature on the growth of S170 tall fescue (*Festuca arundinacea*). II. Independent variation of day and night temperature. J. Appl. Ecol., 10. 93-105.
- Rodriguez, D. - Van Oijen, M. - Schapendonk, A. H. C. M. (1999): LINGRA-CC: a sink-source model to simulate the impact of climate change and management on grassland productivity. New Phytology, 144. 359–368.
- Schapendonk, A. H. C. M. - Stol, W. - Van Kraalingen, D. W. G. - Bouman, B. A. M. (1998): LINGRA, a sink/source model to simulate grassland productivity in Europe. European J. Agronom., 9. 87–100.
- Szabó, F. - Anda, A. - Ivány, K. - Kovács, A. (2003): A globális felmelegedés várható következményei a legeltetésre alapozott szarvasmarhatartásban. „AGRO-21” füzetek 31. 29-55.
- Szabó, F. - Buzás, Gy. - Várhegyi, J. (2005): A húsmarhatartás lehetősége a változó klimatikus feltételek között. „AGRO-21” füzetek 42. 30-40.
- Szász, G. (2005): Az éghajlat változékonysága és a szántóföldi növények termésingadozása. „AGRO-21” füzetek 38. 59-77.
- Tasi, J. (2011): Gyepgazdálkodás. Egyetemi jegyzet. Szent István Egyetem, Gödöllő
- Tasi, J. - Bajnok, M. - Halász, A. - Szabó, F. - Harkányiné, Sz. Zs. - Láng, V. (2014): Magyarországi komplex gyepgazdálkodási adatbázis létrehozásának első lépései és eredményei. Gyepgazdálkodási Közlemények, 1-2. 1-8.
- Thomas, H. - Norris, I. B. (1977): The growth responses of *Lolium perenne* to the weather during winter and spring at various altitudes in mid-Wales. J. Appl. Ecol., 14. 949-964.
- Vinczeffy, I. - Nagy, G. (1993): Magyarország gyepének agroökológiai felmérése. Legelő- és gyepgazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 79-81.
- Wolf, J. (2012): User guide for LINGRA-N: Simple generic model for simulation of grass growth under potential, water limited and nitrogen limited conditions. Wageningen UR, 65.
- http 1:* ([http://www.kislexikon.hu/vegetacios\\_ido.html#ixzz31sLUrfY](http://www.kislexikon.hu/vegetacios_ido.html#ixzz31sLUrfY))

Érkezett: 2019. november

Szerzők címe: Szabó F. - Gulyás L. - Tempfli K.  
Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszer tudományi Kar  
Authors' address: Széchenyi István University Faculty of Agricultural and Food Sciences  
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.  
szabo.ferenc@sze.hu

Nagy G.  
Debreceni Egyetem Gazdaságtudományi Kar,  
University of Debrecen Faculty of Economics and Business  
H-4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

## KAKUKKFŰOLAJ-KIEGÉSZÍTÉS HATÁSA BROJLERCSIRKÉK NÉHÁNY TERMELÉSI, LIPID PEROXIDÁCIÓS ÉS ANTIOXIDÁNS PARAMÉTERÉRE

ANCSIN ZSOLT – BALOGH KRISZTIÁN – ERDÉLYI MÁRTA – MÉZES MIKLÓS

### ÖSSZEFOGLALÁS

Szerzők a takarmány kakukkfűolajjal (1 mg/testsúly kg) történő kiegészítésének hatását vizsgálták brojlercsirkékben, a 14. és 42. életnap között. A madarak takarmányfelvételét csoportonként naponta, testsúlyukat egyedileg hetente mérték. Teljes vért, máj- és vesemintát hetente gyűjtöttek, amelyből a lipidperoxidációs folyamatok intenzitását jelző malondialdehid (MDA) koncentrációt, valamint a glutation redox rendszer mennyiségét (redukált glutation (GSH) koncentráció) és aktivitását jelző (glutation-peroxidáz (GPx) aktivitás) paramétereket határozták meg. A takarmány kakukkfűolajjal történt kiegészítésének hatására a 42. napra szignifikáns mértékben nőtt a brojlercsirkék testsúlya. A kiegészítés hatására a lipidperoxidációs folyamatok mértékét jelző MDA koncentráció szignifikáns csökkenését figyelték meg a 28. életnaptól kezdődően a vesében, a 42. napon pedig a májban. Ennek háttérében a kakukkfűolaj-kiegészítés hatására a glutation redox rendszer mennyiségében (szignifikáns mértékben nagyobb GSH koncentráció a májban a 28. életnaptól kezdődően) és aktivitásában (emelkedett GPx aktivitás a májban a 28. és 35. életnapon, valamint a vesében a 42. napon) bekövetkező növekedés állhat.

### SUMMARY

*Ancsin, Zs. – Balogh, K. – Erdélyi, M. – Mézes, M.:* EFFECT OF THYME OIL SUPPLEMENTATION ON SOME PERFORMANCE, LIPID PEROXIDATION AND ANTIOXIDANT PARAMETERS OF BROILER CHICKEN

Authors investigated the effect of supplementation of complete feed with thyme oil (1 mg/kg body weight) in broiler chickens between the 14th and 42nd days of life. The feed intake of the birds was measured daily in the experimental groups while individual body weight was registered weekly. Samplings were done weekly, where whole blood, liver and kidney samples were taken, in which malondialdehyde (MDA) concentration – indicator of the intensity of lipid peroxidation processes –, and parameters of the glutathione redox system, namely reduced glutathione (GSH) concentration and glutathione-peroxidase (GPx) activity were determined. As an effect of thyme oil supplementation of complete feed the body weight of broilers increased significantly at 42nd day of life. The applied thyme oil supplementation significantly reduced the intensity of lipid peroxidation processes – as measured by the MDA concentration – in kidney from the 28th day of age, and at 42nd day of age in the liver. The increase in the amount (significantly higher GSH concentration in the liver from the 28th day of age) and in activity (elevated GPx activity in the liver at 28th and 35th days of age, and in kidney at 42nd day of age) of glutathione redox system might be in the background of these changes, and it supports the antioxidant activity of thyme oil, in particular of its main bioactive component, thymol.

## BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A takarmányokban hozamfokozás céljából alkalmazott antibiotikumok 2006-ban történt betiltását követően a kutatások ezek kiváltását célzó lehetőségek vizsgálatára irányultak. A kakukkfű illóolajáról ismert annak antibakteriális (Sakkas és Papadopoulou, 2017), valamint biofungicid hatása (Ben Jabeur és mtsai, 2017), emiatt gyakran alkalmazott természetes adalékanyag (tartósítószer) az élelmiszer- és takarmányiparban (Anzlovar és mtsai, 2014, Franz és mtsai, 2010). Jól ismert emellett, hogy a kakukkfűolaj bioaktív komponensei hatékony antioxidánsok (Aeschbach és mtsai, 1994).

A kerti kakukkfű (*Thymus vulgaris*) az Árvacsalánfélék (*Lamiaceae*) családjába tartozó, mintegy 928 fajt magában foglaló *Thymus* nemzetség legjelentősebb képviselője, melyet fűszer- és gyógynövényként egyaránt természetnek (Yazdani és mtsai, 2006). Illóolajában közel 30 különféle monoterpén található, melyek mennyiségében és egymáshoz viszonyított arányában ugyanakkor jelentős eltérések mutatkoznak az eltérő termőterületeken és éghajlati adottságok mellett termesztett növények vonatkozásában (Badi és mtsai, 2004). Legnagyobb mennyiségben a timol (21,4-60,2%), a p-cimén (7,8-43,8%), a gerániol (3,8-27,5%), az alfa-terpinén (4,2-27,6%), a linalool (3%-4%) és a karvakrol (1,2-3,0%) tekinthetők a kerti kakukkfű fő illóolaj komponenseinek (Asllani és Toska, 2003; Seung-Joo és mtsai, 2005; Zawislak, 2007). Ismert ugyanakkor olyan spanyolországi kemotípusa is, melyben az 1,8-cineol mennyisége volt a legnagyobb (Guillen és Manzanos, 1998).

A kakukkfű illóolaja hatékonyan gátolta az *Aspergillus* penészek fejlődését kukoricaszemeken (Montes-Belmont és Convajal, 1998), ezenkívül különböző patogénekkal szemben, így a *Listeria monocytogenes* és az *Escherichia coli* O157:H7 esetében is bizonyított hatékony antibakteriális hatása (Burt és Reinders, 2003; Yamazaki és mtsai, 2004).

Beszámoltak a kakukkfű illóolajának hőstressz idején kifejtett kedvező (növekedést serkentő) hatásáról is brojlercsirkékben (Tollba, 2003; Ciftci és mtsai, 2009). Denli és mtsai (2004) pedig japán fürjekkel végzett vizsgálatukban kedvezőbb súlygyarapodást és kisebb hasúri zsírtartalmat tapasztaltak a kakukkfű illóolajával végzett kezelés hatására. Ugyanakkor Ocak és mtsai (2008) 0,2% kakukkfűlevél kiegészítésekor 42 napos korban vágott brojlercsirkékben a hasúri zsírtartalom növekedését tapasztalták. Abdo és Soliman (2005) vizsgálatukban a táplálóanyagok javuló emészthetőségét írták le 1,5% kakukkfű-kiegészítés hatására alacsony energiatartalmú takarmánykeverék etetése esetén. Bolukbasi és Erhan (2007) tojtyúkknál azt tapasztalták, hogy kakukkfű-kiegészítés (0,1%, illetve 0,5%) hatására kedvezőbb volt a takarmányértékesítés, valamint növekedett a tojástermelés. Weber és mtsai (2013) a takarmányba kevert antioxidáns hatású, rozmaringot és kakukkfűvet tartalmazó gyógynövényőrlemény alkalmazása során a tojások mennyiségében, a tojástermelési intenzitásban és a tojások keltethetőségében tapasztaltak kedvező változásokat Gourmand és babati szürke landesi törzslúd állományokban. Abou-Sekken és mtsai (2007) pézsmarécékben a takarmány 1% kakukkfűlevél-kiegészítésének hatására kedvezőbb súlygyarapodást mutattak ki, különösen az indító fázisban (4 hetes korig).

A kakukkfűolaj (Youdim és mtsai, 1999; Kulisic és mtsai, 2005), valamint aktív hatóanyagainak, mint pl. a p-cimén-2,3-diol (Schwarz és Ernst, 1996) antioxidáns

tulajdonságait több *in vitro* vizsgálat is megerősítette. Lipidrendszerekben a kakukkfűolaj fenolos vegyületeinek (pl. timol, karvakrol) antioxidáns hatását szintén megerősítették (Farag és mtsai, 1989; Deighton és mtsai, 1993). Youdim és mtsai (2002) patkányagy-homogenizátumban vizsgálták a kakukkfűolaj és különböző hatóanyagainak antioxidáns tulajdonságait. A főbb illóolaj-komponensek hatékonyan gátolták a  $Fe^{3+}$  indukálta lipidperoxidáció mértékét, de külön-külön kevésbé bizonyultak hatékonyak, mint a kakukkfűolaj.

Seung-Joo és mtsai (2005) egy aldehid/karboxilsav rendszerben a kakukkfűolaj főbb illóolaj-komponenseinek (timol, karvakrol) hatékony, a szintetikus antioxidánsokkal is pl. a butil-hidroxi-toluol (BHT) összevethető antioxidáns tulajdonságairól számoltak be.

Botsoglou és mtsai (1997) tojtyúkokkal végzett vizsgálatukban a tojássárgája kedvezőbb oxidatív stabilitását írták le a takarmányba kevert kakukkfű hatására. Bolukbasi és mtsai (2006) brojlerek takarmányába 200 mg/kg koncentrációban kevert kakukkfűolaj hatására a combizom tiobarbiursav reaktív anyagainak (TBARS) szignifikáns mértékű csökkenését írták le, amely még a 200 mg/kg E-vitamin-kiegészítés hatására bekövetkező változást is felülmúlta. Ugyanakkor Koreleski és Swiatkiewicz (2007) vizsgálatai rámutattak, hogy brojlerek takarmányában nagyobb koncentrációban (560 mg/kg) alkalmazott kakukkfű-kivonat a mellhús TBARS tartalmára már nem gyakorol kedvező hatást.

Mindezek alapján jelen vizsgálatunk célja annak feltárása volt, hogy a takarmányba kevert kakukkfűolaj-kiegészítés hogyan befolyásolja brojlercsirkék egyes termelési paramétereit, az miképp hat a különböző szövetek lipidperoxidációs folyamataira, valamint az antioxidáns védőrendszer (kiemelten a glutation redox rendszer) mennyiségére és/vagy aktivitására.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

### *Kísérleti állatok és vizsgálati körülmények*

Kísérletünkhöz Ross 308 kakashokat használtunk (n=72). A madarakat napos korban szereztük be, a kakukkfűolajjal kiegészített takarmánnyal történő etetés a 14. életnaptól indult és a madarak 42. életnapjáig tartott. Két kísérleti csoportot alakítottunk ki: 1. kontroll (n=36), 2. kakukkfűolaj-kezelés (n=36), amelyeket további két, azonos kiindulási átlagos testsúlyú, alcsoportra (n=18) bontottunk. Mindkét csoport brojler nevelő teljes értékű takarmánykeveréket fogyasztott, amelynek összetétele, valamint táplálóanyag-tartalma az 1. táblázatban látható. Az etetett takarmánykeverék táplálóanyag- és energiatartalma kielégítette a Magyar Takarmánykódex (2004) brojlercsirkékre vonatkozó szükségleti értékeit. A kezelt csoportba tartozó madarak a kísérletben alkalmazott, timoltartalomra standardizált kakukkfűolajat (Scotia Pharmaceuticals Ltd., Stirling, Egyesült Királyság) átlagosan 1 mg/kg testsúly/nap koncentrációban a takarmánykeverékhez adagoltan és homogéneen elkeverten fogyasztották. A kezelt takarmányt, a madarak testsúlyának és takarmányfelvételének ismeretében, hetente kevertük. A kakukkfűolajat abszolút etanolban feloldva permeteztük a dercés takarmányra, amelyet követően a szobahőmérsékleten ( $20 \pm 2^\circ C$ ) tárolt takarmányból az etanol elpárolgott.

### *Termelési paraméterek*

A madarak testsúlyát hetente és egyedileg mértük. A súlygyarapodást a heti testsúlymérési adatok alapján számoltuk ki. A takarmányfelvételt csoportonként naponta rögzítettük. A súlygyarapodás és a takarmányfogyasztás ismeretében a takarmányértékesítést is kiszámítottuk, értéke nem az egyes egyedekre, hanem csak az adott csoportra volt meghatározható.

### *Mintavételek*

A 21., 28., 35. és 42. életnapon csoportonként 6-6 madár került mintázásra, alcsoportonként 3-3 véletlenszerűen kiválasztott állatból. A madarakat extermináltuk és a nyaki érkomplex átmetésével teljes vért gyűjtöttünk véralvadásgátlót (0,2 mol EDTA-Na<sub>2</sub>/l) tartalmazó vérvételi csövekbe. A vért hűtött közegben (+ 4°C) tároltuk, majd centrifugáltuk (2500 fordulat/perc, 10 perc) és a vérplazmát Eppendorf csövekbe átpipettázva a mintákat a vizsgálatok elvégzéséig -20°C-on tároltuk. *Post mortem* máj- és vese mintákat gyűjtöttünk, amelyeket ugyancsak fagyasztva (-20°C) tároltuk a vizsgálatok elvégzéséig. A laboratóriumi vizsgálatok napján a szövetmintákat szobahőmérsékleten (20°C) felengedtük, majd 1:9 arányban fiziológias sóoldattal (0,65% w/v NaCl) homogenizáltuk.

### *Biokémiai módszerek*

A vérplazmából, valamint a natív máj- és vesehomogenizátumokból a lipidperoxidációs folyamatok metastabil végtermékének, a malondialdehidnek (MDA) a koncentrációját a vérplazmában *Placer és mtsai* (1966), a szövet homogenizátumokban pedig *Mihara és mtsai* (1980) módszerével határoztuk meg. A vérplazma, valamint a máj- és vesehomogenizátumok 10 000 g-n végzett centrifugálás felülúszójának frakciójából (10 000 g, 10 perc, +4°C) a redukált glutation (GSH) koncentrációt *Sedlak és Lindsay* (1968), a glutation-peroxidáz aktivitást (GPx) pedig *Lawrence és Burk* (1976) módszerével vizsgáltuk. Az enzimaktivitást egységben fejeztük ki (U = 1 nmol GSH oxidációja percenként 25°C-on), amelyet a minták 1 g fehérjetartalmára vonatkoztatva adtuk meg. A vérplazma minták fehérjetartalmát biuret módszerrel (*Weichselbaum*, 1948), míg a máj- és vesehomogenizátumok 10 000 g felülúszójából a Folin-Ciocalteu fenolreagenssel (*Lowry és mtsai*, 1951) határoztuk meg.

### *Statisztikai módszerek*

Az adatok statisztikai értékelését (leíró statisztikai számítások, eloszlás- és szóráshomogenitás vizsgálatok, kétmintás t-próba) a GraphPad InStat for Windows 3.05 szoftverrel (GraphPad Software Inc., San Diego, USA) végeztük. A minták eloszlásának vizsgálatára a Kolmogorov-Smirnov próbát, míg a szóráshomogenitások megállapítására az F-próbát használtuk.

1. táblázat

**Az etetett brojler nevelő teljes értékű takarmánykeverék összetétele  
és táplálóanyag-tartalma**

Takarmány-összetevő (1)	%	Számított táplálóanyag-tartalom (13)	
Kukorica (2)	45,0	AMEn (MJ/kg)	12,80
Extrahált szójadara (3)	25,0	Nyersfehérje (14) (%)	21,00
Fullfat szója (4)	7,3	Nyerszsír (15) (%)	6,80
Búza (5)	5,0	Nyersrost (16) (%)	3,46
Zsírpor (40 %) (6)	8,9	Kalcium (17) (%)	1,00
Kukorica glutén (7)	4,0	Hasznosítható foszfor (18) (%)	0,50
L-lizin-HCl (8)	0,4	Lizin (19) (%)	1,38
DL-metionin (9)	0,2	Metionin (20) (%)	0,53
Monokalcium-foszfát (10)	1,7	Metionin és cisztin (21) (%)	0,92
Takarmánymész (11)	1,7		
NaCl	0,3		
Komplett premix <sup>+</sup> (12)	0,5		

<sup>+</sup>A komplett premix összetétele (1000 g tartalmaz): kalcium 196,8 g; magnézium 0,1 g; cink 12002,2 mg; réz 2500 mg; vas 12000 mg; mangán 20007 mg; jód 297,6 mg; kobalt 103,2 mg; szelén 48,5 mg; A-vitamin 24000000 IU; D<sub>3</sub>-vitamin 603800 IU; E-vitamin 10000 mg; K<sub>3</sub>-vitamin 601 mg; B<sub>1</sub>-vitamin 601 mg; B<sub>2</sub>-vitamin 1400 mg; pantoténsav 2401 mg; nikotinsav 8002 mg; folsav 200 mg; biotin 26 mg; antioxidáns 6 mg; betain 20160 mg; kolin-klorid 50040 mg

Table 1. Composition and calculated nutrient content of the basal diet

feed ingredient (1); corn (2); extracted soybean meal (3); fullfat soybean (4); wheat (5); fat powder (6); corn gluten (7); L-lysine-HCl (8); DL-methionine (9); monocalcium-phosphate (10); limestone (11); complete premix (12); calculated nutrient content (13); crude protein (14); crude fat (15); crude fibre (16); calcium (17); available phosphorus (18); lysine (19); methionine (20); methionine and cystine (21)

<sup>+</sup>Composition of complete premix (1000 g contains): calcium 196.8 g; magnesium 0.1 g; zinc 12002.2 mg; copper 2500 mg; iron 12000 mg; manganese 20007 mg; iodine 297.6 mg; cobalt 103.2 mg; selenium 48.5 mg; vitamin A 24000000 IU; vitamin D<sub>3</sub> 603800 IU; vitamin E 10000 mg; vitamin K<sub>3</sub> 601 mg; vitamin B<sub>1</sub> 601 mg; vitamin B<sub>2</sub> 1400 mg; panthothenic acid 2401 mg; nicotinic acid 8002 mg; folic acid 200 mg; biotin 26 mg; antioxidant 6 mg; betain 20160 mg; choline chloride 50040 mg

## EREDMÉNYEK

A kísérlet során az állományban elhullás nem volt. A takarmányhoz kevert kukukfűolaj a 42. életnapra szignifikáns mértékben ( $p < 0,05$ ) növelte a brojlercsirkék testsúlyát (2. táblázat). A kezelt csoport súlygyarapodása ugyancsak minden alkalommal meghaladta a kontroll csoportban mért értéket, ugyanakkor a jelentősebb egyedi variancia következtében ez a különbség nem bizonyult statisztikailag is igazolhatónak. A nagyobb súlygyarapodás, közel azonos takarmányfelvétel mellett, a takarmányértékesítés javulását is eredményezte a kukukfűolaj-kiegészítésben részesült csoport esetében (2. táblázat).

A lipidperoxidációs folyamatok metastabil végtermékének, a malondialdehidnek a koncentrációja mind a máj-, mind pedig a vesehomogenizátumok esetén a

2. táblázat

**A takarmányba kevert kakukkfűolaj hatása brojlercsirkék néhány termelési paraméterére  
(n=6/ csoport; átlag ± szórás)**

Életkor (1)	Élő súly (2) (g)		Súlygyarapodás (3) (g/nap)		Takarmányfelvétel (4) (g/madár/nap)		Takarmányértékesítés (5) (kg/kg)	
	kontroll (6)	kezelt (7)	kontroll	kezelt	kontroll	kezelt	kontroll	kezelt
14. nap (8)	283,0 ± 11,3	276,8 ± 10,7						
21. nap (9)	521,3 ± 59,3	536,6 ± 94,2	34,0 ± 7,4	37,2 ± 8,4	61,0	63,0	1,79	1,69
28. nap (10)	900,7 ± 113,1	920,9 ± 107,2	54,2 ± 8,4	54,9 ± 7,4	99,2	98,3	1,83	1,79
35. nap (11)	1278,0 ± 152,3	1357,0 ± 165,0	53,9 ± 12,7	62,3 ± 17,3	118,6	117,5	2,20	1,89
42. nap (12)	1765,0 ± 113,0	1946,0* ± 159,0	69,6 ± 21,4	84,1 ± 22,5	120,0	120,3	1,72	1,43

Table 2. Effect of thyme oil supplemented diet on some production traits of broiler chicken (n=6/ group; mean ± S.D.)

age (1); live weight (g) (2); weight gain (g/day) (3); feed intake (g/bird/day) (4); feed conversion ratio (kg/kg) (5); control (6); treated (7); day 14 (8); day 21 (9); day 28 (10); day 35 (11); day 42 (12)

3. táblázat

**A takarmányba kevert kakukkfűolaj hatása brojlercsirkék vérplazmájának, máj és vese homogenizátumának malondialdehid (MDA) koncentrációjára  
(n=6/csoport; átlag ± szórás)**

Életkor (1)	Vérplazma (2) (mmol/l)		Máj homogenizátum (3) (mmol/g)		Vese homogenizátum (4) (mmol/g)	
	kontroll (5)	kezelt (6)	kontroll	kezelt	kontroll	kezelt
21. nap (7)	2,14 ± 0,23	2,18 ± 0,17	1,15 ± 0,23	1,17 ± 0,20	2,10 ± 0,15	2,23 ± 0,27
28. nap (8)	2,70 ± 1,47	2,07 ± 0,24	1,26 ± 0,35	0,95 ± 0,28	2,42 ± 0,29	1,32*** ± 0,47
35. nap (9)	5,56 ± 0,13	5,56 ± 0,17	1,38 ± 0,38	1,29 ± 0,29	2,53 ± 0,31	1,47*** ± 0,13
42. nap (10)	5,97 ± 0,46	5,93 ± 0,66	3,41 ± 0,16	2,10*** ± 0,43	3,78 ± 0,30	2,80** ± 0,61

\*\*p < 0,01; \*\*\*p < 0,001

Table 3. Effect of thyme oil supplemented diet on the malondialdehyde (MDA) concentration of blood plasma, liver and kidney homogenate (n=6/group; mean ± S.D.)

age (1); blood plasma (2); liver homogenate (3); kidney homogenate (4); control (5); treated (6); day 21 (7); day 28 (8); day 35 (9); day 42 (10)



kakukkfűolaj-kezelésben részesült csoport esetében kisebb volt, mint a kontroll-csoportban mért érték. A májhomogenizátumokban a 42. életnapon ( $p < 0,001$ ), a vesehomogenizátumok esetében pedig a 28. naptól kezdődően valamennyi mintavétel alkalmával szignifikánsan (legalább  $p < 0,01$  szignifikanciaszinten) kisebb MDA koncentrációt találtunk a kakukkfűolajjal történt kiegészítéskor (3. táblázat).

A májhomogenizátumban a redukált glutation-tartalom a kakukkfűolaj-kiegészítés hatására, a 28., 35. és 42. életnapon szignifikánsan ( $p < 0,05$ ) nagyobb volt a kontroll csoporthoz képest (4. táblázat).

A glutation-peroxidáz aktivitás szorosan követte ko-szubsztátjának, a redukált glutation koncentrációjában megfigyelt változást. A májhomogenizátumok 10 000 g felülszó frakciójában a takarmány kakukkfűolajjal történt kiegészítésének kezdetét követő 14. és 21. napon (28. és 35. életnap) statisztikailag is igazolható mértékben ( $p < 0,05$ , illetve  $p < 0,001$ ) meghaladta a kontroll csoportban mért értékeket. A vesehomogenizátumban nagyobb aktivitást mértünk a kezelt csoportban ( $p < 0,05$ ) a 42. életnapon (4. táblázat).

4. táblázat

**A takarmányba kevert kakukkfűolaj hatása brojlercsirkék vérplazmájának, máj és vese homogenizátumának redukált glutation (GSH) koncentrációjára és glutation-peroxidáz (GPx) aktivitására**  
(n=6/csoport; átlag ± szórás)

Életkor (1)	Vérplazma (2)		Máj homogenizátum (3)		Vese homogenizátum (4)	
	kontroll (5)	kezelt (6)	kontroll	kezelt	kontroll	kezelt
	GSH (mmol/g fehérje) (11)		GSH (mmol/g fehérje)		GSH (mmol/g fehérje)	
21. nap (7)	0,18 ± 0,01	0,17 ± 0,01	0,15 ± 0,03	0,17 ± 0,08	0,12 ± 0,05	0,13 ± 0,07
28. nap (8)	0,17 ± 0,04	0,17 ± 0,02	0,19 ± 0,01	0,24* ± 0,04	0,16 ± 0,02	0,17 ± 0,02
35. nap (9)	0,22 ± 0,04	0,24 ± 0,07	0,17 ± 0,04	0,29** ± 0,06	0,16 ± 0,01	0,15 ± 0,01
42. nap (10)	0,26 ± 0,06	0,29 ± 0,03	0,14 ± 0,07	0,21* ± 0,01	0,15 ± 0,01	0,16 ± 0,02
	GPx (U/g fehérje) (12)		GPx (U/g fehérje)		GPx (U/g fehérje)	
21. nap (7)	4,14 ± 0,43	4,18 ± 0,57	3,82 ± 0,27	3,45 ± 0,81	3,23 ± 0,32	3,12 ± 0,55
28. nap (8)	4,71 ± 0,95	5,22 ± 0,38	3,45 ± 0,54	4,07* ± 0,15	3,56 ± 0,53	3,82 ± 0,39
35. nap (9)	5,62 ± 1,33	6,56 ± 2,17	3,19 ± 0,29	4,30*** ± 0,17	3,56 ± 0,42	3,79 ± 0,44
42. nap (10)	4,39 ± 0,97	4,50 ± 1,28	4,16 ± 0,23	4,35 ± 0,25	3,27 ± 0,17	3,57* ± 0,19

\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$

Table 4. Effect of thyme oil supplemented diet on the reduced glutathione concentration and glutathione peroxidase activity of blood plasma, liver and kidney homogenate (n=6/group; mean ± S.D.)

age (1); blood plasma (2); liver homogenate (3); kidney homogenate (4); control (5); treated (6); day 21 (7); day 28 (8); day 35 (9); day 42 (10); GSH (mmol/g protein) (11); GPx (U/g protein) (12)

## MEGBESZÉLÉS

A takarmány kakukkfűolajjal történt kiegészítésének hatására a 42. életnapon mért szignifikánsan nagyobb testsúly *Tollba* (2003), valamint *Denli és mtsai* (2004) eredményeivel összhangban, a kakukkfű brojlersirkék és japán fűrjek növekedésére gyakorolt pozitív hatását támasztja alá.

A kakukkfűolaj, illetve bioaktív komponenseinek a monogasztrikus állatok emésztőrendszerére gyakorolt hatása pontosan még nem ismert, de valószínűsíthető, hogy a bél mikroflóra összetételének módosításával javítja a táplálóanyagok emészthetőségét és felszívódását (*Windisch és mtsai*, 2008). Feltehetően ennek tudható be, hogy a takarmány kakukkfűolajjal történt kiegészítése javította nem csak a napi súlygyarapodást, de a számított takarmányértékesítést is.

A kakukkfűolaj antioxidáns tulajdonságait kémiai (*Seung-Joo és mtsai*, 2005) és *in vitro* modellrendszerekben (*Kulisic és mtsai*, 2005) már leírták, továbbá a hús oxidatív stabilitására gyakorolt hatása is ismert (*Bolukbasi és mtsai*, 2006). A vérben, a májban, valamint a vesében zajló lipidperoxidációs folyamatokra, illetve a glutation-redox rendszerre gyakorolt hatásairól azonban eddig még kevés eredmény született baromfi fajokban. *Zidan és mtsai* (2016) például a májban szignifikánsan alacsonyabb malondialdehid-tartalmat mértek baromfiban a kakukkfűolaj legnagyobb mennyiségben jelenlévő bioaktív komponense, a timol, hatására.

Kísérletünk eredményei szerint a brojlersirkék takarmányához adagolt kakukkfűolaj-kiegészítés csökkentette a malondialdehid képződést, azaz a lipidperoxidáció intenzitását a májban és a vesében egyaránt. Ennek a hatásnak a hátterében a kakukkfűolaj, illetve annak timoltartalma, azon feltételezett hatása állhat, hogy képes az oxigén szabadgyökök redukciójára, olyan módon, hogy átmenetileg a molekulán fenoxil gyök alakul ki, amely ezt követően redukálódik (*Venu és mtsai*, 2013). Az oxigén szabadgyökök kisebb mennyisége viszont csökkenti a lipidperoxidációs folyamatok kialakulásának intenzitását. A glutation-redox rendszer elemei közül a kakukkfűolaj-kiegészítés hatására a redukált glutation-tartalom növekedett, amely feltehetőleg a jobb aminosav- (metionin és/vagy cisztein) ellátottságnak tudható be (*Balogh és mtsai*, 2007; *Németh és mtsai*, 2004). A máj- és vese homogenizátumokban a glutation-peroxidáz aktivitása is nagyobb volt a kakukkfűolaj-kiegészítésben részesült csoport esetében. Ennek hátterében a kakukkfűolaj legnagyobb mennyiségben jelenlévő bioaktív komponensének, a timolnak, az a hatása állhat, hogy aktiválja a biológiai antioxidáns védőrendszer enzimátikus tagjainak, így a glutation-peroxidáznak, az aktivitását (*Nagoor Meeran és Prince*, 2012). Emellett a glutation peroxidáz aktivitást növelheti a nagyobb korszubsztrát, redukált glutation, tartalom is. Korábbi kísérleteink (*Németh és mtsai*, 2004) eredményei szerint ugyanis a nagyobb redukált glutation-koncentráció hatására nő a glutation-peroxidáz aktivitás is. A nagyobb glutation-peroxidáz aktivitás oka lehet emellett a szelén nagyobb arányú felszívódása is a kakukkfűolaj bioaktív vegyületeinek a felszívódásra gyakorolt kedvező hatása révén, mivel a Se, az enzim aktív centrumának részeként szintén növelheti az enzimaktivitást (*Mahan és Parrett*, 1996).

## KÖVETKEZTETÉSEK

A vizsgálat eredményei alapján következtetésként megállapíthatjuk, hogy 1 mg/ testsúly kg napi mennyiségben adagolt kakukkfűolaj-kiegészítés szignifikánsan növelte a brojlercsirkék testtömegét és hatást gyakorolt a májban és vesében zajló lipidperoxidációs folyamatokra, valamint az antioxidáns rendszerre, ezen belül a redukáltglutathion-tartalomra és a glutathion-peroxidáz aktivitásra.

Eredményeink megerősítik a kakukkfűolaj brojlercsirkék termelési paramétereire gyakorolt pozitív hatását, és rávilágítanak arra, hogy az nemcsak a húsban, hanem a májban és a vesében is antioxidáns hatással rendelkezik.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció elkészítését az 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

- Aeschbach, R. – Lölliger, J. – Scott, B. C. – Murcia, A. – Butler, J. – Halliwell, B. – Aruoma, O. I. (1994): Antioxidant actions of thymol, carvacrol, 6-gingerol, zingerone and hydroxytyrosol. *Food Chem. Toxicol.*, 32. 31–36.
- Abdo, Z. – Soliman, A. (2005): The bioefficacy of thyme in practical layer diets varying in their energy content. *Egypt. J. Nutr. Feeds.*, 8. 237–248.
- Abou-Sekken, M. S. – Moustafa, K. E. – Elalfy, T. S. (2007): Effect of fennel, thyme and probiotic as feed additives on the performance and the microbial content of the intestine of Muscovy ducks. *Egypt. Poult. Sci. J.*, 27. 1009–1029.
- Anzlovar, S. – Barievic, D. – Ambrozic Avgustin, J. – Dolenc Koce, J. (2014): Essential oil of common thyme as a natural antimicrobial food additive. *Food Technol. Biotechnol.*, 52. 263–268.
- Asllani, U. – Toska, V. (2003): Chemical composition of Albanian thyme oil (*Thymus vulgaris* L.). *J. Essent. Oil Res.*, 15. 165–167.
- Badi, H. N. – Darab, Y. A. – Fatemah, N. (2004): Effects of spacing and harvesting time on herbage yield and quality/quantity of oil in thyme, *Thymus vulgaris* L. *Industr. Crops Prod.*, 19. 231–236.
- Balogh, K. – Weber, M. – Erdélyi, M. – Mézes, M. (2007): Investigation of lipid peroxide and glutathione redox status of chicken concerning a high dietary selenium intake. *Acta Biol. Hung.*, 58. 269–279.
- Ben Jabeur, M. – Somai-Jemmali, L. – Hamada, W. (2017): Thyme essential oil as an alternative mechanism: biofungicide-causing sensitivity of *Mycosphaerella graminicola*. *J. Appl. Microbiol.*, 122. 932–939.
- Bolukbasi, S. C. – Erhan, M. K. (2007): Effect of dietary thyme (*Thymus vulgaris*) on laying hens performance and *Escherichia coli* (*E. coli*) concentration in feces. *Internat. J. Nat. Eng. Sci.*, 1. 55–58.
- Bolukbasi, S. C. – Erhan, M. K. – Ozkan, A. (2006): Effect of dietary thyme oil and vitamin E on growth, lipid oxidation, meat fatty acid composition and serum lipoproteins of broilers. *South Afr. J. Anim. Sci.*, 36. 189–196.
- Botsoglou, N. A. – Yannakopoulos, A. L. – Fletouris, D. J. – Tserveni-Goussi, A. S. – Fortomaris, P. D. (1997): Effect of dietary thyme on the oxidative stability of egg yolk. *J. Agric. Food Chem.*, 45. 3711–3716.

- Burt, S. A. – Reinders, R. D. (2003): Antibacterial activity of selected plant essential oils against *Escherichia coli* O157–H7. Lett. Appl. Microbiol., 36. 162–167.
- Ciftci, M. – Guler, T. – Simsek, G. – Nihat Ertas, O. – Dalkilic, B. – Bicer, Z. (2009): The effect of *Thymus vulgaris* L. oil as growth promoter in broilers. Indian Vet. J., 86. 930–932.
- Deighton, N. – Glidewell, S. M. – Deans, S. G. – Goodman, B. A. (1993): Identification by EPR spectroscopy of carvacrol and thymol as the major sources of free-radicals in the oxidation of plant essential oils. J. Sci. Food Agric., 63. 221–225.
- Denli, M. – Okan, F. – Uluocak, A. N. (2004): Effect of dietary supplementation of herb essential oils on the growth performance, carcass and intestinal characteristics of quail (*Coturnix coturnix japonica*). South Afr. J. Anim. Sci., 34. 174–179.
- Farag, R. S. – Badei, A. Z. M. A. – Hewedi, F. M. – El-Baroty, G. S. A. (1989): Antioxidant activity of some spice essential oils on linoleic acid oxidation in aqueous media. J. Am. Oil Chem. Soc., 66. 792–799.
- Franz, C. – Baser, K. H. C. – Windisch, W. (2010): Essential oils and aromatic plants in animal feeding – a European perspective. A review. Flavour Fragr. J., 25. 327–340.
- Guillen, M. D. – Manzanos, M. J. (1998): Study of the composition of the different parts of a Spanish *Thymus vulgaris* L. plant. Food Chem., 63. 373–383.
- Koreleski, J. – Swiatkiewicz, S. (2007): Dietary supplementation with plant extracts, xanthophylls and synthetic antioxidants: Effect on fatty acid profile and oxidative stability of frozen stored chicken breast meat. J. Anim. Feed Sci., 16. 463–471.
- Kuliscic, T. – Radonic, A. – Milos, M. (2005): Antioxidant properties of thyme (*Thymus vulgaris* L.) and wild thyme (*Thymus serpyllum* L.) essential oils. Ital. J. Food Sci., 17. 315–324.
- Lawrence, R. A. – Burk, R. F. (1976): Glutathione peroxidase activity in selenium deficient rat liver. Biochem. Biophys. Res. Comm., 71. 952–956.
- Lowry, O. H. – Rosebrough, N. J. – Farr, A. L. – Randall, R. J. (1951): Protein measurement with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem., 193. 265–275.
- Magyar Takarmánykódex (2004): Gazdasági állatok táplálóanyag-szükséglete, takarmányok kémiai összetétele és mikotoxin határértékek a takarmánykeverékekben (II–III. kötet) Budapest, OMMI
- Mahan, D. C. – Parrett, N. A. (1996): Evaluating the efficacy of selenium-enriched yeast and sodium selenite on tissue selenium retention and serum glutathione peroxidase activity in grower and finisher swine. J. Anim. Sci., 74. 2967–2974.
- Mihara, M. – Uchiyama, M. – Fukuzawa, K. (1980): Thiobarbituric acid value of fresh homogenate of rat as parameter of lipid peroxidation in ageing, CCl<sub>4</sub> intoxication and vitamin E deficiency. Biochem. Med., 23. 302–311.
- Montes-Belmont, R. – Convajal, M. (1998): Control of *Aspergillus flavus* in maize with plant essential oils and their components. J. Food Prot., 61. 616–619.
- Nagoor Meeran, M.F. – Prince, P.S. (2012): Protective effects of thymol on altered plasma lipid peroxidation and nonenzymic antioxidants in isoproterenol-induced myocardial infarcted rats. J. Biochem. Mol. Toxicol., 26. 368–373.
- Németh, K. – Mézes, M. – Gaál, T. – Bartos, Á. – Balogh, K. – Husvéth, F. (2004): Effect of supplementation with methionine and different fat sources on the glutathione redox system of growing chickens. Act. Vet. Hung., 52. 369–378.
- Ocak, N. – Erener, G. – Burak Ak, F. – Sungu, M. – Altop, A. – Ozmen, A. (2008): Performance of broilers fed diets supplemented with dry peppermint (*Mentha piperita* L.) or thyme (*Thymus vulgaris* L.) leaves as growth promoter source. Czech J. Anim. Sci., 53. 169–175.
- Placer, Z. A. – Cushman, L. L. – Johnson, B. C. (1966): Estimation of product of lipid peroxidation (malonyl dialdehyde) in biochemical systems. Anal. Biochem., 16. 359–364.
- Sakkas, H. – Papadopoulou, C. (2017): Antimicrobial activity of basil, oregano, and thyme essential oils. J. Microbiol. Biotechnol., 27. 429–438.
- Schwarz, K. – Ernst, H. (1996): Evaluation of antioxidative constituents from thyme. J. Sci. Food Agric., 70. 217–223.

- Sedlak, I. – Lindsay, R. H. (1968): Estimation of total, protein-bound and non-protein sulfhydryl groups in tissues with Ellmann's reagent. *Anal. Biochem.*, 25. 192–205.
- Seung-Joo, L. – Umamo, K. – Shibamoto, T. – Kwang-Geun L. (2005): Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties. *Food Chem.*, 91. 131–137.
- Tollba, A. (2003): Using some natural additives to improve physiological and productive performance of broiler chicks under high temperature conditions. 1 – Thyme (*Thymus vulgaris* L.) or fennel (*Foeniculum vulgare* L.). *Egypt. Poult. Sci. J.*, 23. 313–326.
- Venu, S. - Naik, D. B. - Sarkar, S. K. - Usha, K. - Aravind, U. K. - Nijamudheen, A. (2013). Oxidation reactions of thymol: a pulse radiolysis and theoretical study. *J. Phys. Chem. A*, 117. 291–299.
- Weber, M. – Sidó, I. – Apáti Nagy G. – Ábrahám Cs. – Szabó R. T. – Mézes M. – Erdélyi M. (2013): Egy lehetséges alternatíva: Tenyészludak termelési paramétereinek javítása gyógynövénykiegészítésekkel. *Animal welfare, ethology and housing systems*, 9. 393–400.
- Windisch, W. – Schedle, K. – Plitzner, C. – Kroismayr, A. (2008): Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. *J. Anim Sci.*, 86. E140–E148.
- Weichselbaum, T. E. (1948): An accurate and rapid method for the determination of protein in small amounts of serum and plasma. *Am. J. Clin. Pathol.*, 16. 40–43.
- Yamazaki, K. – Yamamoto, T. – Kawai, Y. – Inoue, N. (2004): Enhancement of antilisterial activity of essential oil constituents by nisin and diglycerol fatty acid ester. *Food Microbiol.*, 21. 283–289.
- Yazdani, D. – Shahnazi, S. – Jamshidi, A. H. – Rezazadeh, S. – Mojab, F. (2006): Study on variation of essential oil quality and quantity in dry and fresh herb of thyme and tarragon. *J. Med. Plants.*, 5. 7–15.
- Youdim, K. A. – Dorman, H. J. D. – Deans, S. G. (1999): The antioxidant effectiveness of thyme oil, alpha-tocopherol and ascorbyl palmitate on evening primrose oil oxidation. *J. Essent. Oil Res.*, 11. 643–648.
- Youdim, K. A. – Deans, S. G. – Finlayson, H. J. (2002): The antioxidant properties of thyme (*Thymus zygis* L.) essential oil: an inhibitor of lipid peroxidation and a free radical scavenger. *J. Essent. Oil Res.*, 14. 210–215.
- Zawislak, G. (2007): Analysis of chemical composition of essential oil in the herb of thyme (*Thymus vulgaris* L.) grown in south-eastern Poland. *Herba Polonica*, 53. 241–245.
- Zidan, D. E. - Kahilo, K. A. - El-Far, A. - Sadek, K. M. (2016): Ginger (*Zingiber officinale*) and thymol dietary supplementation improve the growth performance, immunity and antioxidant status in broilers. *Glob. Vet.*, 16. 530–538.

Érkezett: 2019. december

A szerzők címe: Ancsin Zs. – Balogh K. – Erdélyi M. – Mézes M.  
Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,  
Állattudományi Alapok Intézet, Takarmányozástani Tanszék

Authors' address: Szent István University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences,  
Institute of Basic Animal Sciences, Department of Nutrition  
Balogh.Krisztian@mkk.szie.hu

## IN MEMORIAM DR. GERGÁTZ ELEMÉR



Dr. Gergátz Elemér egykori földművelésügyi miniszter, a Széchenyi István Egyetem nyugalmazott tanszékvezetője, c. egyetemi tanár, a hazai állatbiotechnológia úttörője, az ország első állatbiotechnológiai kutatóintézetének alapítója és vezetője, a lacaune juh fajta hazai meghonosítója 2019. június 19-én eltávozott közülünk.

1942. május 6-án született Rábatamásiban. Az általános iskolát szülőfalujában, a gimnáziumot a győri bencéseknel végezte. 1966-ban summa cum laude minősítésű állatorvos doktori, 1989-ben szaporodásbiológus szakállatorvos diplomát szerzett. Az állatorvos-tudomány kandidátusa tudományos fokozatot 1996-ban kapta meg.

A magyarkeresztúri Mesterséges Termékenyítő Állomáson laboratóriumvezetőként (1966-72) és termelésirányító állatorvosként (1972-77), majd a Nyugat-Dunántúli Főállomás szaporodásbiológiai osztályának vezetőjeként (1977-79) dolgozott.

Beindította a juhok mesterséges termékenyítését központi spermaellátással és ekkor kezdte meg széles körben használt szarvasmarha szaporítóanyag tartósítási eljárások továbbfejlesztését célzó kutatásait is. Kidolgozta és megszervezte a központilag irányított modern sertésszaporítást a dunántúli tenyészetekben.

1979-ben került a mosonmagyaróvári Mezőgazdaságtudományi Kar Állatélettani és Állategészségtani Tanszékére, amelynek jogutódját 1995 és 2008 között vezette. 1982-ben megbízást kapott az ország első állatbiotechnológiai kutatóhelyének létrehozására. A működését a következő évben Biotechnikai Állomás néven megkezdő intézet alapítója, majd vezetője volt haláláig. Az Állomás kezdeti tevékenységének keretében a világon elsőként embrió-átültetéssel végzett állománymentesítéssel mentette, majd honosította meg hazánkban a francia lacaune juh fajtát. A bécsi és a budapesti állatorvostudományi egyetemek kutatóival közösen végzett embriómanipulációs kísérletsorozat eredményeként Mosonmagyaróváron jött világra az első közép-európai, embriófelezéssel létrehozott identikus ikerbárány pár 1985-ben. A következő évben pedig megszületett Magyarország első fajon belüli kimérája, majd a kecske és juhszülőktől származó kiméra, amely a harmadik fajok-közi kiméra volt a világon.

1991-ben felkérést kapott a Földművelésügyi Minisztérium vezetésére. Feladatai közé tartozott a tárca új szervezetének kialakítása és a rendszerváltozás utáni mezőgazdasági szakigazgatás megteremtése.

Tárcavezetői tevékenységét követően visszatért Mosonmagyaróvárra. Kutatóintézetében már 1993-ban klónozott bárány született. További kutatási tevékenységei a génátültetés, a genetikai anyag módosítása felé irányultak. 1997-ben kutatócsoportjával génterápiás kísérletek modellezéséhez idegen gént hordozó bárányt állított elő. Kutatóintézete az első hazai akkreditált juh mesterséges

termékenyítő és embriológiai állomásként számos, a gyakorlati juhtenyésztésben alkalmazható, kutatási eredménnyel is rendelkezik.

Munkásságát számos elismerés kísérte, így a Magyar Köztársasági Érdemrend Középkeresztje, Schandl József-díj, Ujhelyi Imre-díj, Állatorvosi Életmű Díj és Wittmann Antal-díj. Tagja volt a Szaporodásbiológiai Társaságnak, az MTA Állatorvos-tudományi Bizottságának, Genetikai Bizottságának, Biotechnológiai Szakbizottságának, az MTA VEAB Biotechnológiai, illetve Állattenyésztési Szakbizottságának, a Magyar UNESCO Bizottságnak, az European Society for Domestic Animal Reproduction és az American Society of Animal Science társaságoknak. Oktatóként és vezetőként egyaránt iskolát teremtett, amelynek keretében gazdaszgenerációk sorát nevelte ki. Szakmai tevékenységét nemzetközi elismerés övezte, amely európai viszonylatban is megbecsülést szerzett a hazai állatorvos és állattenyésztő társadalomnak, a magyar agráriumnak. Nyugodjék békében!

NÉMETH ATTILA

# ADATOK A MAGYAR HÁZIBIVALY TEJTERMELŐKÉPESSÉGÉRŐL, FEJHETŐSÉGÉRŐL ÉS LAKTÁCIÓS TEJTERMELÉSÉRŐL

BARNA BRIGITTA - HOLLÓ GABRIELLA

## ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők, jelen tanulmányukban adatokat szolgáltatnak az egyetlen öko-minősítésű magyar bivalyállomány tejtermelő-képességéről. Az állomány átlagos fejési ideje 335 mérés átlagában  $8,35 \pm 2,50$  perc volt, a fejésenként kifejt tej mennyisége  $2,40 \pm 0,74$  kg, az átlagos fejési sebesség pedig  $0,30$  kg/perc. A napszak hatása a fejés időtartamára és a kifejt tej mennyiségére szignifikánsnak bizonyult; este a tehenek egy része nem is adta le a tejet. Az életkor hatását elemezve mind a fiatal, mind az öreg tehenek fejhetősége rosszabb, mint a „középkorú” (6-10 éves) teheneké. A bivalytehenek ( $n=19$ ) átlagos laktációs tejtermelése  $1115$  kg volt. A legnagyobb laktációs tejtermelést a hatodik laktációban mérték, a legkevesebbet a második laktációban, ebben a csoportban volt a legrövidebb laktációs időtartam is. A tejelő napok száma átlagosan  $239$  nap, a legrövidebb a második, a leghosszabb a 8.-10. laktációs állatoknál. A napi tejmennyiség átlaga  $4,8$  kg, lényegesen nem tért el a különböző laktációkban. A tejsírtermelést tekintve a legtöbb zsírmennyiséget a 6. laktációban ( $107$  kg), a legkevesebbet a 2., a 8. illetve a 10. laktációban mérték ( $94$  kg). A zsírmentes szárazanyag és a fehérje mennyisége átlagosan  $113$  kg illetve  $49$  kg volt. A hatodik laktációig mindkét beltartalmi érték nőtt. A mozzarella termelés a 6. laktációig növekedett. A laktációs görbe az egyes életkorcsoportokban eltért egymástól, a fiatalabb korcsoportok a csúcstermelést a 60.-75. nap között, míg 10 évnél idősebb állatok később, 100. nap körül érték el. A perzisztencia a 6-10 év közötti korcsoportban alakult legkedvezőbbben.

## SUMMARY

*Barna, B. - Holló, G.:* FACTS ABOUT HUNGARIAN DOMESTICATED BUFFALO'S MILK PRODUCTION TRAITS, MILKABILITY AND LACTATION MILK YIELD

In this study, authors provide data about milk production traits of only one certified organic buffalo herd in Hungary. The average milking time, milk yield and milking speed of 335 milking observations were  $8.35 \pm 2.50$  min,  $2.40 \pm 0.74$  kg and  $0.30$  kg/min, respectively. Time of milking (morning or evening) had a significant effect on milking time and milk yield, evening milking was not recorded in case of some buffaloes. The milkability in young and old age categories was lower than animals from age category from 6 to 10 years old. The average milk production per lactation of buffaloes ( $n=19$ ) was  $1115$  kg. The highest milk production was detected in 6<sup>th</sup> lactation, whilst the lowest in 2<sup>nd</sup> lactation, the shortest lactation length was measured here as well. The average lactation period was 239 days, the shortest one was the second lactation, and the longest one was in 8<sup>th</sup>-10<sup>th</sup> lactations. The daily milk yield was same in all lactations ( $4.8$  kg). The mean fat kg was the highest in 6<sup>th</sup> lactation ( $107$  kg), and the lowest in 2<sup>nd</sup>, 8<sup>th</sup>, 10<sup>th</sup> lactations ( $94$  kg). The overall mean non-fat solids and protein kg were in average  $113$  kg and  $49$  kg, resp. These values increase with the lactation number until 6<sup>th</sup> lactation. The mozzarella yield index increased until 6<sup>th</sup> lactation. The lactation curve was different in the various age classes; the maximum daily milk yield was between 60 - 75 days of lactation in younger animals, while older animals (more than 10 years of age) reached peak lactation later, around 100 days. The persistency was the most favourable for buffaloes in 6-10 years of age.



## BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A FAO adatok alapján a világ összes tejtermelésének 84%-át a szarvasmarha tehenek, míg 12%-át a bivalyok adják (*El-Debaky és mtsai*, 2019).

A Kárpát-medence bizonyítottan a bivaly elterjedésének északi határa volt. Konkrét adat a bivaly jelenlétéről a XII. századból ismeretes, miszerint a törökök és bolgárok által terjedt el Erdélyben, a Maros és a Duna völgyében. A Kárpát-medencében igavonó erejéért tenyésztették, de tejét és a borjak húsát is fogyasztották. Erdélyen kívül Somogy, Zala és Szolnok megyében tenyésztették, olyan gazdaságokban, ahol rendkívüli igavonó erejére volt szükség, de csak silány, rossz minőségű, savanyú széna termett. A XX. század elején, 1911-ben a Kárpát-medencei állomány 155 ezer állatot számlált (*Tózsér és Bedő*, 2003), ennek 80%-át Erdélyben tartották.

A magyar házi bivaly fennmaradásának elősegítésére, a tenyésztési elvek meghatározására és ellenőrzésére 1999. szeptember 28-án megalakult a Magyar Bivalytenyésztők Egyesülete. A bivalylétszám a 2019. évi nyilvántartás alapján meghaladta a 4000 egyedszámot ([http\\_1](http://1)).

A bivalytej a tehéntejnél alkalmasabb tejtermék előállítására, például 1 kg (mozzarella) sajtához átlagosan 8-10 kg tehéntej szükséges míg bivalytej esetében csak 5 kg (*Thomas*, 2005).

A tejelő bivaly termelésének nagy hagyománya van Ázsiában (India, Pakisztán), ezen kívül a kaukázusi országokban (Azerbajdzsán, Grúzia, Örményország), és Egyiptomban, ahol a friss bivalytej, a dahi (kultúrás savanyú tej), a ghee (vaj) és a joghurt is népszerű. Európában az olasz tejelő bivaly a leghíresebb, amely főleg a bivaly mozzarella sajt népszerűségének köszönhető. Az utóbbi évtizedekben az olasz bivalypopuláció nagysága jelentősen megnőtt (*Spanghero és mtsai*, 2004), melynek oka; egyrészt a mozzarella sajt iránti megnövekedett kereslet. Másrészt a bivaly a tejelő szarvasmarha alternatívája lett Olaszországban, ugyanis az Európai Unióban a bivalytejre 2015 előtt sem volt kvóta (*Di Luccia és mtsai*, 2003). A bivalytej drágább, mint a tehéntej, és a tej zsírtartalma nagyobb a tejelő szarvasmarha fajtákéhoz képest (*Rosati és Van Vleck*, 2002; *Khan és Iqbal*, 2009). Az egészségtudatos táplálkozás előnyben részesíti a bivalytejet, koleszterintartalma ugyanis a tehéntejénél kisebb (*Zicarelli*, 2004; *Khan és Iqbal*, 2009), emellett nagyobb mennyiségben tartalmaz bioprotektív anyagokat (immunglobulin, laktoferrin, laktoperoxidáz).

A folyami fajták a mocsári típusoknál több tejet termelnek, mivel tejtermelésre szelektálták (*Mohran*, 1991). A világon 22 tejelő típusú bivalyt tartanak számon, melyek közül a legelterjedtebb a *nili-ravi*, a *kundi*, az *egyiptomi* és a *murrah*. A *kínai mocsári* bivaly tejtermelő-képessége 500-800 kg/laktáció, ugyanakkor a szelektált állományok tejtermelése ennél jóval nagyobb, átlagosan 1093 kg/laktáció volt (*Yang és mtsai*, 2007). Hasonló körülmények között a tisztavérű *murrah* és *nili-ravi* fajták laktációs tejtermelése 2133 kg és 2262 kg (*Yang és mtsai*, 2004). Az *olasz mediterrán* bivaly tejtermelése az első a világon, 2221 kg/egyed, 46 799 egyed termelési adatait figyelembe véve (*Borghese*, 2009). Az átlagos napi tejtermelés a laktáció során 9,21 kg/nap (*Sarubbi és mtsai*, 2012). Olaszországban 49932 bivalytehén termelését rögzítették 2018-ban. Az eredmények szerint a 270 napra korigált laktációs tejtermelés 2357 kg, 8,43% zsír- és 4,63% fehérjetartalommal.

Az elit állatok tejtermelése meghaladja az 5000 kg-t (ANASB, 2018). Romániában az átlagos tejtermelés 1800 kg (274 nap alatt), de az elit állatok termelése 3290 kg/laktáció, 5,2 - 6,2% zsírtartalom és 3,5 - 3,9% fehérje (Vidu, 2010 cit. *Borghese*, 2013). Az új bolgár tejelő fajta a bolgár *murrah* (mediterrán bivaly x indiai *murrah* keresztezéséből létrejött fajta) 2000 kg tejhozammal rendelkezik. A szelekciós programot *Alexiev* (1979) cit. *Borghese* (2013) dolgozta ki és *Peeva* (2000) cit. *Borghese* (2013) fejlesztette tovább. A tejhozamban az éves genetikai előrehaladás 1-1,1%. A keresztezés hatására a fajta típusában és testméretében is átalakult, jelenleg ez adja az állomány 80%-át. Számos egyed a 2500-3000 kg laktációs tejtermelést eléri, a csúcstehenek pedig több mint 4500 kg-t termelnek.

A tej összetételét a laktáció stádiuma, a laktációs szám, a fajta/típus, a takarmányozás, a környezet és a tőgy egészségi állapota befolyásolja (*Yadav és mtsai*, 1991; *Neeru-Singh*, 1995). Összehasonlítva a tehéntejjel, a bivalytejben nagyobb a fehérje- és a zsírtartalom (*Abd El-Salam és El-Shibiny*, 2011). Az olasz mozzarella sajt gyártásához alapkövetelmény a koncentrált, 5 % fehérjetartalmú és 8 % zsírtartalmú bivalytej (*Di Luccia és mtsai*, 2003).

A magas zsírtartalomnak köszönhetően a zsír:fehérje arány a bivalytejben 1,7-1,8:1. Az összes szárazanyag-tartalom 17-19% körül alakul, melyből a laktóztartalom 4,5-5% (*Ganguli*, 1974; *Castagnetti és mtsai*, 1996). Érdekes, hogy az 1941-42. évi tejjellenőrzési adatok szerint az "Észak-erdélyi Állattenyésztő Egyesületek Szövetsége" területén ellenőrzött bivalytehenek tejének átlagos zsírszázaléka 8,1% volt, az ellenőrzött tehenek között volt olyan egyed, melynek tejszír elérte a 16,2%-ot (*Dunka*, 2015).

A szárazanyag-tartalom, a zsírintes szárazanyag-tartalom, a laktóz és a hamu mennyisége növekszik a laktációs számmal, míg a laktációs szám nincs hatással a zsír- és a fehérjetartalomra (*Kholif*, 1997; *Sodi és mtsai*, 2008). A zsír- és a szárazanyag-tartalom nő, a laktóztartalom csökken, ezzel ellentétben a fehérje- és hamutartalom a kezdeti csökkenés után a laktáció előrehaladtával nő (*Shah és mtsai*, 1983; *Kholif*, 1997; *Dubey és mtsai*, 1997; *Bhonise és mtsai*, 2003).

A jól perzisztáló bivalytehén tejtermelését hosszú időn át, viszonylag magas színvonalon megtartja. *Khan és Chaudhry* (2000) *nili-ravi* fajtánál 87%-os perzisztenciát állapított meg. A hosszabb laktációjú tehenek jobb perzisztenciával rendelkeztek. *Penchev és Peeva* (2013) eredményei szerint bolgár *murrah* perzisztenciája igen jó, 89,22%. A varianciája a legnagyobb mértékben a tejelő napok számával és az ellésszámmal magyarázható, kiemeli továbbá, az évszak hatását, jobb perzisztencia érték figyelhető meg az ősszel és a tavasszal született tehenek esetében. A bivalynak hosszabb a tőgybimbója és a bimbócsatornája is, mint a szarvasmarháé (*Thomas és mtsai*, 2004). Az elülső és hátsó tőgybimbók átlagosan 5,8-6,4 cm, illetve 6,9-7,8 cm hosszúak, 2,5-2,6 és 2,6-2,8 cm-es átmérővel. A tejszatorna hámja és a záróizom is vastagabb a bivalynál, így nagyobb erő szükséges a tejszatorna kinyitásához (*Borghese*, 2012). Ezen okok miatt a bivalyt „nehéz fejősnek” is szokás nevezni. A tej elválasztást és tárolást a tőgymedence mérete befolyásolja, ennek mérete bivaly esetében kisebb, mint szarvasmarhában. A tej nagyobb része az alveolusokban tárolódik, így ha a tejleadás előtt, megzavarják az állatot a tejleadás gátoltá válik. A különböző előstimulációk közül a bivaly a kézérítésre és a fejés ideje alatti etetésre reagált a legjobban (*Thomas*, 2005).

Vizsgálatunk célja a hazai fejt bivalypopuláció tejtermelő-képességének valamint

a laktációs tejtermelés és a bivalytej összetételének ultrahangos tejanalizátorral történő meghatározása során nyert adatok elemzése.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

### *Próbafejés, tejmintavétel*

A Virágoskúti Kertészeti Kft. (Balmazújváros) vókonyatanyai tenyészetében az ország egyetlen öko-minősítésű bivalyállományában havi próbafejéseket végeztünk. Az állatokat naponta kétszer, reggel 4.30-kor és délután 4 órakor fejk, összesen három sajtaros fejőgéppel (De Laval). A tehenek takarmányozása kora nyártól ősziig legelőre, míg a tavaszi és téli időszakban lucernaszénára, kukoricaszárra és abrakra alapozott. Az átlagos tehénlétszám 25-30 a selejtezés és az elsőborjas tehenek függvényében, az első ellési életkor  $1403 \pm 384$  nap (46 hónap), a két ellés közti idő  $564 \pm 177$  nap (18,5 hónap). A bivaly tehenek fejhetőségének vizsgálata során a fejési időt stopperrel mértük, kezdete a fejőkelyhek feltétele, vége a fejőkelyhek levételének időpontja. A kifejt tej mennyiségét a sajtárból mérőedénybe öntve mértük meg és az adatokat rögzítettük. A fejési sebességet a kifejt tej mennyisége és a fejési idő alapján számítottuk ki. A kifejt elegytejéből 20 ml tejminta kivételével Ekomilk Ultra Pro ultrahangos tejanalizátorral (Bulteh 2000, Stara Zagora, Bulgária) mértük meg a tejösszetételt ( $n=335$ ).

A laktációs tejtermelés meghatározásához 2013. február és 2014. szeptember közötti időszakban végzett összesen 16 próbafejés eredményeit használtuk fel. Az ICAR előírásai szerint a 180 napnál rövidebb laktációs idejű állatokat kizártuk az értékelésből, az első tejmérést legkorábban az ellést követő 5. napon végeztük el; összesen 19 tehénnél határoztuk meg a laktációs tejtermelést, ebből 6 második, 8 harmadik, 2 hatodik, és 1 nyolcadik, 1 kilencedik és 1 tizedik laktációs volt.

A laktációs tejtermelést a laktáció során a próbafejéskor mért napi tejmenyiség (reggeli+esti fejés) alapján számoltuk ki. A laktációs zsír, a zsírimentes szárazanyag és a fehérje mennyiségét és a százalékát az ultrahangos mérési eredmények alapján számítottuk ki.

Az ún. mozzarella termelést (MP, mozzarella production) *Altiero és mtsai* (1989) által kidolgozott képlet alapján határoztuk meg.

$$MP = \text{Tejhozam} \times [ (3,5 \times \text{Fehérje}\%) + (1,23 \times \text{Zsír}\%) - 0,88 ] / 100$$

### *Statisztikai értékelés*

Az adatok előkészítése statisztikai értékelésre Microsoft Office Excel 2010 programmal történt. Az eredmények további feldolgozására (kiugró értékek szűrése, adatok normál eloszlásának vizsgálata), pedig az IBM SPSS 20.0 (version 20, SPSS, Inc., Chicago, IL, USA) statisztikai programcsomaggal végeztük el. Az életkor alapján három csoportot képeztünk: 10 évesnél idősebbek, 6-10 éves közöttiek és a 6 évesnél fiatalabbak. A laktáció stádiuma alapján is 3 kategóriát képeztünk (90 napnál kevesebb, 91-180 nap között, 181 nap feletti).

A fejhetőség megítélésakor a fejés idejét (reggeli és esti fejés), a laktáció stádiumát, az életkort, és az ellések számát (egyszer-többször ellett) egytényezős

variancia-analízissel értékeltük, a csoportok közötti különbségek kimutatására pedig Tukey tesztet használtunk. A laktációs szám hatását a laktációs tejtermelésre, a tejösszetételre és a mozzarella indexre egytényezős variancia-analízissel határoztuk meg, a csoportok közötti eltérések kimutatására a Tukey tesztet alkalmaztuk. Az egyes csoportok közötti szignifikáns különbségnek a  $p < 0,05$  szintet tekintettük.

## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Az átlagos fejési idő 335 mérés átlagában  $8,35 \pm 2,50$  perc volt (1. táblázat), a fejésenként kifejt tej mennyisége  $2,40 \pm 0,74$  kg, az átlagos fejési sebesség pedig  $0,30$  kg/perc. *Boselli és mtsai* (2010) olasz mediterrán bivalyteheneknél ennél rövidebb ( $5,16 \pm 0,29$  perc) fejési időről számoltak be, a kifejt tej mennyisége is több ( $3,15 \pm 0,17$  l) volt, így a tejleadás sebessége kétszerese ( $0,61$  l/perc) volt az általunk vizsgált tehenekének, feltehetően a tejirányú selekció következményeként. A olasz mediterrán bivalytehenek esetében a stimulációtól a tejleadásig eltelt idő *Borghese és mtsai* (2007) szerint átlagosan  $133 \pm 14$  másodperc, ami nem változik a reggeli és az esti fejés alkalmával. *Boselli és mtsai* (2004) eredményei alapján az átlagos fejési sebesség reggel  $0,86$  kg/perc, míg este  $0,77$  kg/perc.

1. táblázat

### A fejési idő, a tejmennyiség és a fejési sebesség alakulása

Megnevezés (1)	Fejési idő, perc (2)	Tejmennyiség, kg (3)	Fejési sebesség, kg/perc (4)
Reggeli fejés (5) (n=190)	$8,69 \pm 2,56^a$	$2,62 \pm 0,68^a$	$0,32 \pm 0,14$
Esti fejés (6) (n=145)	$7,91 \pm 2,16^b$	$2,12 \pm 0,70^b$	$0,29 \pm 0,13$
<6 éves (7) (n=138)	$8,29 \pm 2,53$	$2,41 \pm 0,64^{ab}$	$0,30 \pm 0,13^{ab}$
6-10 éves (8) (n=94)	$8,21 \pm 2,18$	$2,63 \pm 0,83^a$	$0,34 \pm 0,13^a$
>10 éves (9) (n=103)	$8,56 \pm 2,77$	$2,19 \pm 0,71^b$	$0,27 \pm 0,14^b$
Egyszer ellett (10) (n=38)	$7,57 \pm 1,63$	$2,22 \pm 0,81$	$0,26 \pm 0,13$
Többször ellett (11) (n=297)	$8,41 \pm 2,55$	$2,43 \pm 0,73$	$0,30 \pm 0,14$
Laktációs szakasz (12) <90 nap (n=97)	$8,51 \pm 2,72$	$2,75 \pm 0,61^a$	$0,37 \pm 0,14^a$
91-180 nap (13) (n=108)	$8,26 \pm 2,34$	$2,45 \pm 0,81^b$	$0,31 \pm 0,13^b$
>181 nap (14) (n=130)	$8,31 \pm 2,49$	$2,10 \pm 0,64^c$	$0,26 \pm 0,12^c$
Főátlag (15)	$8,35 \pm 2,50$	$2,40 \pm 0,74$	$0,30 \pm 0,14$

Table 1. Alteration of milking time, milk yield and milking speed

item (1); milking time, min (2); milk yield, kg (3); milking speed kg/min (4); morning milking (5); evening milking (6); <6 years old (7); 6-10 years old (8); >10 years old (9); primiparous (10); multiparous (11); stage of lactation <90 days (12); stage of lactation 91-180 days (13); stage of lactation >181 days (14); overall mean (15);

<sup>a,b,c</sup> szignifikáns különbséget jelöl  $p < 0,05$ ; <sup>a,b,c</sup> means significant differences  $p < 0,05$

A napszak hatása a fejés idejére és a kifejt tej mennyiségére kísérletünkben szignifikánsnak bizonyult; reggel több tejet, hosszabb idő alatt, de gyorsabban adják le, mint este. Megfigyeléseink szerint este a tehenek egy része nem is adja le a tejet. A tejleadás stimulálása a borjak jelenlétével történik, a biogazdaságban ugyanis nem engedett oxitocin injekció alkalmazása. Egyes, először ellett nehezen fejhető egyedeknél először engedik, hogy a borjú is szopjon a tejleadás stimulációja miatt.

Az életkor hatását elemezve látható, hogy mind a fiatal, mind az öreg tehenek fejhetősége rosszabb, mint a „középkorú” (6-10 éves) teheneké. A fejéshez, a fejőgéphez szoktatás az ellést követően nem könnyű feladat. Nem meglepő tehát, hogy az első ellésű bivaly tehenek fejhetősége elmarad a többször ellettekétől. A laktáció szakaszát tekintve az tapasztalható, hogy a laktáció előre haladtával a fejhetőség romlik.

2. táblázat

**A tejelő napok száma, a napi tejtermelés és a laktációs tejtermelés alakulása az egyes laktációkban**

Laktációs szám (1)	Tejelő napok száma, nap (2)	Laktációs tejtermelés, kg (3)	Napi tejhozam, kg (4)
2. laktáció (5) (n=6)	205±32	1082±264	5,2±0,7
3. laktáció (6) (n=8)	242±38	1152± 78	4,8±0,6
6. laktáció (7) (n=2)	235±26	1170±136	5,1±1,1
8.-10. laktáció (8) (n=3)	299±78	1049±253	3,5±0,5
Főátlag (9) (n=19)	239±50	1115±179	4,8±0,8

Table 2. Lactation length, daily milk yield and lactation milk yield according to lactations

number of lactation (1); length of lactation, days (2); lactation milk yield, kg (3); daily milk yield, kg (4); 2nd lactation (5); 3rd lactation (6); 6th lactation (7); 8-10th lactation (8); overall mean (9)

A telepen lévő 25 bivalytehénből 19 tehen tejelőnapjainak száma haladta meg a 180 napot. Ezek laktációs tejtermelését számoltuk ki a próbafejések adatai alapján. A tejtermelést laktáció szerinti bontásban a 2. táblázat mutatja be. A bivalytehenek átlagos laktációs tejtermelése 1115 kg volt. *Sarubbi és mtsai* (2012) szerint az olasz bivaly 270 napra korrigált laktációs tejtermelése 1863-2286 kg között mozog, ettől elmarad a hazai állomány teljesítménye, de a román bivaly átlagos laktációs tejtermelésével (1111 kg/laktáció) megegyezik (*Popa és mtsai*, 2014). A legnagyobb laktációs tejtermelést a hatodik laktációban mértük (1170 kg), a legkevesebbet a második laktációban, ebben a csoportban volt a legrövidebb a laktáció hossza. A csoportok között különbség nem volt szignifikáns. A tejelő napok száma átlagosan 239 nap, a legrövidebb a második, a leghosszabb a 8.-10. laktációs állatoknál. Ez az érték kisebb, mint az ICAR által megadott 270 tejelő nap a standard laktáció számításakor. A napi tejmennyiség átlaga 4,8 kg, lényegesen nem tért el a különböző laktációkban. Ez az érték jóval elmarad a tejtermelésre szelektált olasz mediterrán bivaly tejtermelésétől (9,11 kg/nap, *Bufano és mtsai* 2006; 9,21 kg/nap, *Sarubbi és mtsai*, 2012; 13,87 kg/nap *Coletta és mtsai* (2007), viszont hasonló a brazil bivaly teljesítményéhez (5 kg/nap, *Oliveira és mtsai* 2006;

4,52 kg/nap, Macedo és mtsai, 2001). A tejszírtelést tekintve (3. táblázat) a legtöbb zsírmennyiséget a 6. laktációban (107 kg), a legkevesebbet a 2. és a 8.-10. laktációban mértünk (94 kg). A zsírintes szárazanyag és a fehérje mennyisége átlagosan 113 kg illetve 49 kg volt. Az egyes laktációk között statisztikailag igazolt eltérést nem tapasztaltunk. A román bivalyban Popa és mtsai (2014) 65-102 kg zsírt, 40-62 kg fehérjét mértek az 1. és a 7. laktáció során. A 6. laktációig, eredményeinkkel megegyezően, mindkét beltartalmi érték nőtt. A laktációs tejszír-, zsírintes szárazanyag- és fehérjetartalom szignifikánsan szintén nem tért el egymástól az egyes laktációkban. Megfigyelhető az a tendencia, hogy a 2. laktációtól a 6. laktációig nő a beltartalom (1. ábra), majd utána csökken. Araújo és mtsai (2012) szerint a tejszírtartalom széles határok között mozog (5,1-8,9%), azt jelezve, hogy a bivalytej zsírtartalma számos tényezőtől függ. A laktációt zárt magyar bivalytehenek tejének zsírtartalma átlagosan 8,87%, a szakirodalomban publikált adatok felső határába tartozó. A fehérjetartalom irodalmi adatok szerint 4,3%, ez megegyezik az általunk számolt átlagértékkel, de elmarad az olasz értékektől (4,98% Sarubbi és mtsai, 2012). Jól látható, hogy a zsírintes szárazanyag- és a fehérjetartalom alig változik a laktációk során.

3. táblázat

**A tejszír, a zsírintes szárazanyag és a tejfehérje mennyiségének alakulása az egyes laktációkban**

Laktációs szám (1)	Tejszír, kg (2)	Zsírintes szárazanyag, kg (3)	Tejfehérje, kg (4)
2. laktáció (5) (n=6)	94,4± 22,1	109,7±23,9	47,0± 9,0
3. laktáció (6) (n=8)	101,9±10,3	117,5± 9,2	50,7± 4,6
6. laktáció (7) (n=2)	106,8±16,9	119,3±12,2	50,6± 3,4
8.-10. laktáció (8) (n=3)	94,4± 23,1	106,5±28,3	45,9±13,5
Főátlag (9) (n=19)	98,9± 16,5	113,5±17,7	48,8± 7,5

Table 3. Alteration of milk fat, milk solids non fat and milk protein content according to the lactation

number of lactation (1); milk fat, kg (2); milk solids non fat, kg (3); milk protein, kg (4); 2nd lactation (5); 3rd lactation (6); 6th lactation (7); 8-10th lactation (8); overall mean (9)

A bivalytejből készült legismertebb termék a mozzarella sajt, a tej erre való alkalmasságát, egységnyi tejből előállítható termék mennyiségét a mozzarella index fejezi ki. A mozzarella termelés a 6. laktációig növekszik, köszönhetően a növekvő beltartalomnak (fehérje, zsír) (2. ábra). A román bivalyban hasonló tendenciát tapasztaltak (Popa és mtsai, 2014), a legnagyobb termelést szintén a 6. laktációs állatoknál mérték. A mozzarella termelés elmarad az olasz értékektől, nem a beltartalom, hanem a kisebb mennyiségű tejtermelés miatt.

A laktációs görbe az egyes életkorcsoportokban eltér egymástól, a fiatalabb korcsoportok a csúcstermelést a 60.-75. nap között, míg 10 évnél idősebb állatok később, 100. nap körül érték el (3. ábra). Eredményeink részben megegyeznek Catillo és mtsai (2002) megállapításával, bár ők az olasz mediterrán bivalyteheneknél a tejtermelés csúcsát korábbi időpontra a 6. hétre tették. Sarubbi és mtsai

**1. ábra** A laktációs tejszír-, a zsírmentes szárazanyag- és a tejfehérje-tartalom alakulása az egyes laktációkban

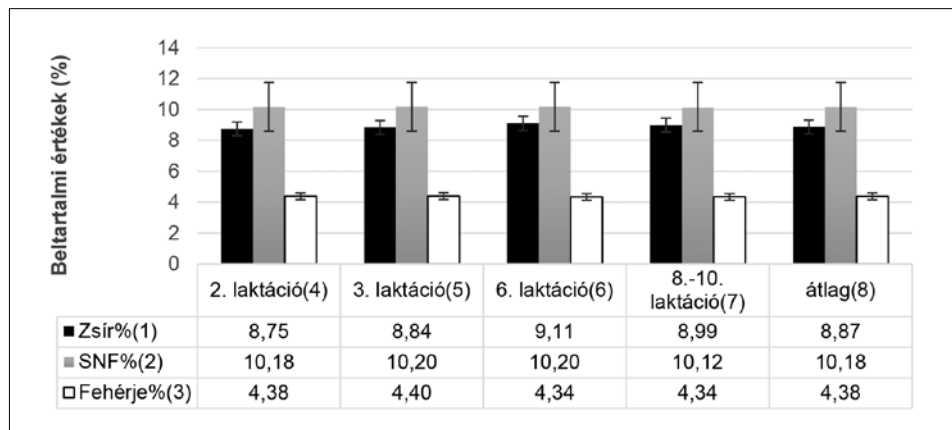


Figure 1. Alteration of lactation yields of milk fat, milk solids non fat and protein in different lactations fat (1); SNF (2); protein (3); 2nd lactation (4); 3rd lactation (5); 6th lactation (6); 8-10th lactation (7); mean (8)

**2. ábra** A mozzarella termelés eltérő laktációjú bivalytehenek esetében

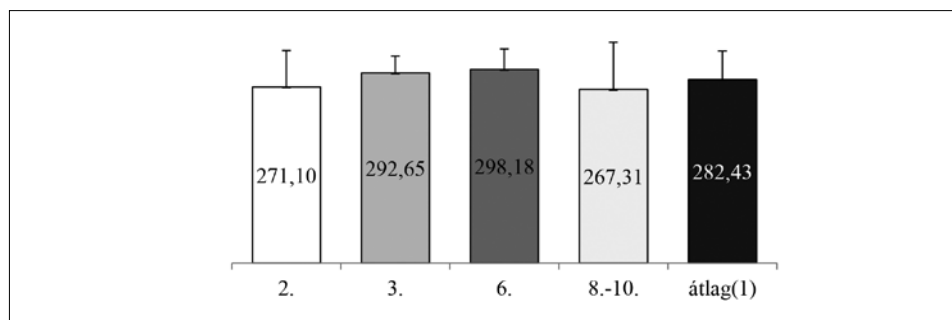


Figure 2. Mozzarella yield index in buffalo cows according to different lactations mean (1)

(2012) eredményei viszont már az olasz bivaly laktációs tejtermelési csúcsát a 8. laktációs héten mérték. Ez mintegy két héttel korábbi időpont, mint az általunk tapasztalt. A laktációs görbe lefutása azt mutatja, hogy a perzisztencia a 6-10 év közötti korcsoportban alakult legkedvezőbbben. A 6-10 év közötti egyedek a tejmenyiséget egy hosszabb időszakon át képesek viszonylag magas színvonalon megtartani. A laktáció elején napi tejtermelésük eléri az 5 kg-t (75. nap), de még a 230. nap körül is 4 kg a termelésük. A hasonló csúcstermeléssel induló fiatal tehenek napi tejtermelése már 210 nap körül 3 kg-ra csökken. Az idősebb korcsoportban kisebb napi tejmenyiség mellett ugyanez a tendencia mutatkozott, bár a laktáció náluk a leghosszabb.

3. ábra A laktációs görbe alakulása különböző életkor csoportokban

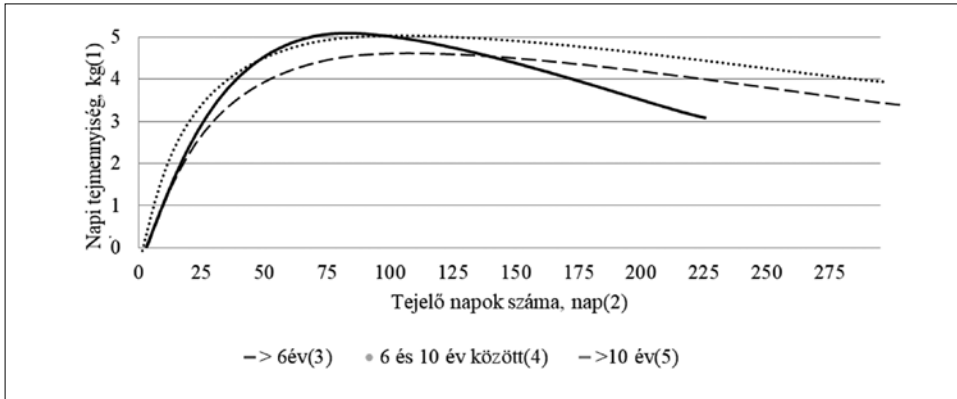


Figure 3. Alteration of lactation curve according to different age categories

daily milk yield, kg (1); lactation length, day (2); <6 years old (3); between 6 and 10 years old (4); >10 years old (5)

## KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Az előzőekben ismertetett eredményekből egyértelműen megállapítható, hogy az utóbbi évekig a hazai bivalytenyésztés elsődleges célja az őshonos fajta fenntartása, a génmegőrzés, s nem az értékmérő tulajdonságok javítására irányuló tudatos tenyésztés volt. Mindez odavezetett, hogy a magyar bivaly tejtermelő-képessége jelentősen elmarad a tejirányú nemesítést már korábban megkezdő mediterrán országok bivalyállományától. A tejtermelő-képesség javítása érdekében céltudatos tenyésztési program megvalósítása szükséges, ami egyrészt magában foglalja a magyar bivaly nagyobb tejtermelő-képességű mediterrán bivalyall történő keresztezését illetve tisztavérű állományok behozatalát. Másrészt be kell vezetni a hivatalos adatgyűjtést, tejtermelés-ellenőrzést. Ennek végrehajtása során javasolható az általunk alkalmazott tejanalizátor a tejösszetétel on-line mérésére.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetünket szeretnénk kifejezni Rózsa Péter úrnak, aki hozzájárult a vizsgálatok elvégzéséhez a gazdaságában.

## IRODALOMJEGYZÉK

- ANASB (Italian Buffalo Breeders' Association) (2018): *Statistical data*. Associazione Nazionale Allevatori Specie Bufalina. [www.bollettino.aia.it/Contenuti.aspx?CD\\_GruppoStampe=RS&CD\\_Specie=C4](http://www.bollettino.aia.it/Contenuti.aspx?CD_GruppoStampe=RS&CD_Specie=C4)
- Abd El-Salam, M. H. – El-Shibiny, S. (2011): A comprehensive review on the composition and properties of buffalo milk. *Dairy Sci. Technol.*, 91. 663-699.
- Altiero, V. – Moio, L. – Addeo, F. (1989): Previsione della resa in „mozzarella”, *Scienza e Tecnica Lattiero-Casearia*, 40. 425-433.



- Araújo, K. B. S. – Rangel, A. H. N. – Fonseca, F. C. E. – Aguiar, E. M. – Simplicio, A. A. – Novaes, L.P. – Lima, D. M. J. (2012): Influence of the year and calving season on production, composition and mozzarella cheese yield of water buffalo in the State of Rio Grande Do Norte, Brazil. *Italian J. Anim. Sci.*, 11. 87-91.
- Bhonise, D. – Chourasia, S. K. – Singh, M. – Jain, R. K. (2003): Factors influencing major milk constituents in Murrah buffaloes. *Indian J. Anim. Sci.*, 73. 107-109.
- Borghese, A. (2009): Present situation and future prospective of buffalo production in Europe and Near East. *Pakistan J. Zool., Suppl. Ser.*, 9, 491-502.
- Borghese, A. (2013): Buffalo livestock and products in Europe. *Buffalo Bulletin*, 32. 50-74.
- Borghese, A. (2012): Buffalo species and population. In: Borghese, A., (ed) *Buffalo livestock and products*. Euroformazione KFT 497.
- Borghese, A. – Mazzi, M. – Rosati, R. – Boselli, C. (2007): Milk flow pictures in Mediterranean Italian buffaloes through lactocorder instrument. *Proc. International symposium on advances in milking*. Cork, Ireland, 60-63.
- Boselli, C. – Rosati, R. – Giangolini, G. – Arcuri, S. – Fagiolo, A. – Ballico, S. – Borghese, A. (2004): Milk flow measurements in buffalo herds. *Proc. of the Seventh World Buffalo Congress*, Manila, Philippines, Oct. 20 – 23. 244-246.
- Boselli, C. – Mazzi, M. – Borghese, A. – Terzano, G. M. – Giangolini, G. – Filippetti, F. – Amatiste, S. – Rosati, R. (2010): Milk flow curve and teat anatomy in Mediterranean Italian buffalo cows. *J. CEA Vet. Med. Anim. Sci.*, 21. 576-581.
- Bufano, G. – Carnicella, D. – De Paolo, P. – Laudadio, V. – Celano, G. – Dario, C. (2006): The effect of calving season on milk production in water buffalo (*Bubalus bubalis*). *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, 14. 60-61.
- Castagnetti, G. B. – Chiavari, C. – Ferri, G. (1996): Caratteristiche chimiche, chimico-fisiche e tecnologiche del latte di bufala allevata in alcune zone del Nord Italia. *Industria del Latte*, 32. 43-58.
- Catillo, G. – Macciotta, N. P. P. – Carretta, A. – Cappio Borlino, A. (2002): Effects of age and calving season on lactation curves of milk production traits in Italian Water buffaloes. *J. Dairy Sci.*, 85. 1298-1306.
- Coletta, A. – Caso, C. – Castrillo, M. – Parlato, M. – Zullo, A. – Zicarelli, L. (2007): Fit of the Wood function to milk yield data collected by different recording systems in Mediterranean Italian buffalo. *Italian J. Anim. Sci.*, 6. 503-505.
- Di Luccia, A. – Satriani, A. – Barone, C. M. A. – Colatruglio, P. – Gigli, S. – Occidente, M. – Trivellone, E. – Zullo, A. – Matassino, D. (2003): Effect of dietary energy content on the intramuscular fat depots and triglyceride composition of river buffalo meat. *Meat Sci.*, 65. 1379-1389.
- Dubey, P. C. – Suman, C. L. – Sanyal, M. K. – Pandey, H. S. – Saxena, M. M. – Yadav, P. L. (1997): Factors affecting the composition of milk of buffaloes. *Indian J. Anim. Sci.*, 67. 802-804.
- Dunka, B. (2015): A házibivaly. Bp: Mezőgazda Kiadó, második kiadás, 43.
- El-Debaky H. A. – Kutchy, N. A. – Ul-Husna, A. – Indriastuti, R. – Akhter, S. – Purwantara, B. – Memili E. (2019): Review: Potential of water buffalo in world agriculture: Challenges and opportunities. *Appl. Anim. Sci.*, 35. 255-268.
- Ganguli, N. C. (1974): Physico-chemical make-up of buffalo milk in the standardization of techniques of handling, processing and manufacture of products. *XIX International Dairy Congress*, Vol II. 35. 8-374.
- Khan, B. B. – Iqbal, A. (2009): The water buffalo: An underutilized source of milk and meat: A review. *Pakistan J. Zool., Suppl. Ser.* 9. 517-521.
- Khan, M. S. – Chaudhry, H. (2000): Lactation length and its behaviour in Nili-Ravi buffaloes. *Pakistan Vet. J.*, 20. 81-84.
- Kholif, A. M. (1997): Effect of number and stage of lactation on the yield, composition and properties of buffalo's milk. *Egyptian J. Dairy Sci.*, 25. 25-39.

- Macedo, M. P. – do Amaral J. B. – de Souza J. C. – de Resende F. D. – De Oliveria J. V. (2001): Chemical composition and production of milk from Mediterranean buffalo cows raised in western Sao Paulo State, Brazil (in Portuguese). *Rev. Bras. Zootecn.*, 30. 1084–1088.
- Mohran, M. A. (1991): Effect of stage of lactation on whey proteins of buffaloes. *Egyptian J. Dairy Sci.*, 19. 77-82.
- Neeru–Singh, M. (1995): Mammary gland development and milk compositional changes in hormonally induced lactating buffaloes. *Indian J. Dairy Sci.*, 48. 216-222.
- Oliveira, A. F. M. – Quirino C. R. – Fonseca F. A. (2006): Avaliacao da producao, qualidade do leite e Contagem de Células Somáticas (CCS) de Búfalas da Reiao Norte Fluminense do estado do Rio de Janeiro. [www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anaais-zootec/artigos-cientificos/reproducao-melhoramento-animal/3792-Avaliao-produo-qualidade-leite-contagem-clulas-somaticas-CCS-bfalas-regio-norte-Fluminense-estado-Rio-Janeiro.htm](http://www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anaais-zootec/artigos-cientificos/reproducao-melhoramento-animal/3792-Avaliao-produo-qualidade-leite-contagem-clulas-somaticas-CCS-bfalas-regio-norte-Fluminense-estado-Rio-Janeiro.htm)
- Penchev, P. – Peeva, T. (2013): Lactation persistency in bulgarian Murrah buffalo cows. *J. Buffalo Sci.*, 2. 118-123. DOI: <http://dx.doi.org/10.6000/1927-520X.2013.02.03.3>
- Popa, R. – Popa, D. – Vidu, L. – Diaconescu, C. – Băcilă, V. – Bota, A. – Dronca, D. (2014): Genetic parameters estimates for milk yield, milk quality and mozzarella production of Romanian buffalo. *B. UASVM Anim. Sci. Biotechnol.*, 71. 236-241.
- Rosati, A. – Van Vleck, L.D. (2002): Estimation of genetic parameters for milk, fat, protein and mozzarella cheese production for the Italian river buffalo *Bubalus bubalis* population. *Livest. Prod. Sci.*, 74. 185-190.
- Sarubbi, F. – Auriemma, G. – Baculo, R. – Palomba, R. (2012): Milk yield and quality to estimate genetic parameters in buffalo cows. *J. Buffalo Sci.*, 1. 102-106.
- Shah, S. K. – Schermerhorn, E. C. – Cady, R. A. – McDowell, R. E. (1983): Factors affecting milk fat percent of Nili–Ravi buffaloes in Pakistan. *J. Dairy Sci.*, 66. 573-577.
- Sodi, S. S. – Mehra, M. L. – Jain, A. K. – Trehan, P. K. (2008): Effect of non–genetic factors on the composition of milk of Murrah buffaloes. *Indian Vet. J.*, 85. 950-952.
- Spanghero, M. – Gracco, L. – Valusso, R. – Piasentier, E. (2004): *In vivo* performance, slaughtering traits and meat quality of bovine (Italian Simmental) and buffalo (Italian Mediterranean) bulls. *Livest. Prod. Sci.*, 91. 129-141.
- Thomas, C. S. (2005): Milking management of dairy buffaloes. PhD thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
- Thomas, C. S. – Svennersten–Sjaunja, K. S. – Bhosrekar, M. R. – Bruckmaier, R. M. (2004): Mammary cisternal size, cisternal milk and milk ejection in Murrah buffaloes. *J. Dairy Res.*, 71. 162-168.
- Tózsér, J. – Bedő, S. (szerk.) (2003): Történelmi állatfajtáink enciklopédiája, Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Yadav, S. B. – Yadav, A. S. – Yadav, M. S. (1991): Seasonal fluctuations in milk composition at various stages of lactation in cross–breed dairy cattle. *Indian J. Dairy Sci.*, 44. 33-36.
- Yang, B. – Liang, X. – Zhang, X. – Zou, E. – Huang, F. (2004): Status of buffalo production in China. *Proc. 7th World Buffalo Congress. Vol. II.* 513-518.
- Yang, B. – Zeng, X. L. Q. – Quin J., – Yang E. (2007): Dairy buffalo breeding in the countryside of China. *Italian J. Anim. Sci.*, 6. 25-29.
- Zicarelli, L. (2004): Il latte di bufala: caratteristiche, resa al caseificio e produzione di mozzarella. *Sci. Tecn. Latt.–Cas.*, 55. 167-178.
- <http://www.magyarbivaly.hu>

Érkezett: 2019. december

Szerzők címe: Barna B. - Holló G.

Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar

Authors' address: Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences

H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

hollo.gabriella@ke.hu

# HŐSTRESSZ HATÁSÁRA AKTIVÁLÓDÓ FIZIOLÓGIAI VÁLASZOK HÁZITYÚKBAN, A HŐHÁZTARTÁS FENNTARTÁSA ÉRDEKÉBEN

TOKODYNÉ SZABADI NIKOLETT - SIMA KRISZTINA - TÓTH ROLAND - LÁZÁR BENCE -  
PATAKINÉ VÁRKONYI ESZTER - LIPTÓI KRISZTINA - GÓCZA ELEN

## ÖSSZEFOGLALÁS

A közelmúltban egyre gyakoribbá váltak a szélsőségesen meleg nyarak, amivel szemben a modern baromfi fajták fokozott érzékenységet mutatnak, így a hőstressz negatív hatásai jelentős gazdasági károkhoz vezettek a baromfiiparban. Az egy főre jutó baromfihús-fogyasztás globális szintű emelkedése miatt, sem a tartástechnológiai fejlesztések, sem a takarmány adalékanyagok alkalmazása nem volt elegendő a hőstressz okozta károk ellensúlyozására, így innovatívabb megközelítésekre volt szükség. A molekuláris genetikai módszerek segítségével kiválasztott fajták hőtoleranciája javult, de nélkülözhetetlen a molekuláris biológiai eszközök használata a házityúkban lezajló élettani folyamatok, immunológiai változások megértésében is, elősegítve ezzel a jobb adaptációs képességgel rendelkező baromfifajták létrehozását.

## SUMMARY

*Tokodyné Szabadi, N. – Sima, K. – Tóth, R. – Lázár, B. – Patakiné Várkonyi, E. – Liptói, K. – Gócza, E.: PHYSIOLOGICAL RESPONSES TO HEAT STRESS IN DOMESTIC CHICKEN TO MAINTAIN HEAT BALANCE*

Extremely hot summers have recently become more common and modern poultry breeds have shown increased sensitivity to the negative effects of heat stress, which have led to significant economic loss in the poultry industry. Due to the increasing per capita consumption of poultry meat, neither the advances in housing technology, nor the use of feed additives were sufficient enough to offset the damage caused by heat stress. Therefore, more innovative approaches were needed. Breeds selected by genetic markers have shown improved heat tolerance and the use of molecular techniques is essential for sustainable poultry production. Molecular biological tools are also indispensable for understanding the physiological processes and immunological changes in domestic chickens, helping to create poultry breeds with better adaptation capabilities.

## BEVEZETÉS

A baromfi háziasítására utaló írásos emlékek Kr. e. 1400-ból valók, fogságban történő tenyésztését pedig Ázsiában és Kínában jóval korábban megkezdték, mint Európában vagy Amerikában. A mai házityúk (*Gallus gallus domesticus*) fajták eredete Indiába vezethető vissza, egy közös ősből származtatják (bankivatyúk (*Gallus gallus*)), amely a mai napig megtalálható az indiai és délkelet-ázsiai erdőkben (West és Zhou, 1989).

A baromfitenyésztés jelentősége évről évre nő az egész világon. Az ENSZ Élelmizéstudományi és Mezőgazdasági Szervezetének (FAO) kimutatásai szerint az éves globális baromfi-hús-termelés 2019-ben elérte a 130,5 millió tonnát, ami a globális hústermelés 38,9%-a. A leghatékonyabb állati fehérje előállítását teszi lehetővé a baromfi-hús és tojástermelő ágazat. Az egyre növekvő mennyiségi igény minőségi változásokat eredményezett a tenyésztésben és tartástechnológiában.

## A TÉMA AKTUALITÁSA

Az Éghajlat-változási Kormányközi Testület (IPCC, *Intergovernmental Panel on Climate Change*) által elfogadott éghajlati változás modellek szerint a Föld felszíni hőmérséklete 1990 és 2100 között akár 6,4°C-kal is megnőhet (IPCC, 2007). A folyamatosan növekvő globális átlaghőmérséklet következtében a baromfiágazat legnagyobb problémája az állatokat sújtó hőstressz. Ilyenkor megváltozik a madarak viselkedése, felborulnak az élettani és immunológiai folyamatok, ami negatív

1. ábra Termikus zónák a környezeti hőmérséklet függvényében (<https://innovad-global.com/innovad-develops-first-high-concentration-stable-liquid-vitamin-solution>)

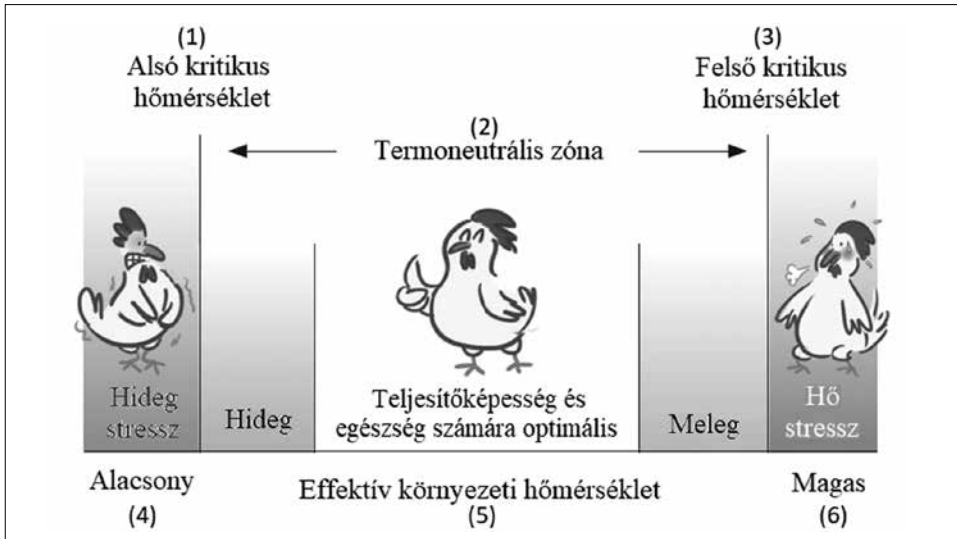


Figure 1. Thermal zones related to the environmental temperature

lower critical temperature (1); thermoneutral zone (2); upper critical temperature (3); cold (4); effective ambient temperature (5); high (6)

hatással van az állatok növekedésére, egészségére, termékenységére egyaránt. Nagyobb gazdaságokban az egyre melegebb nyári periódusok jelentős gazdasági kiesést okoznak, ami tovább nehezíti a növekvő piaci igények kielégítését.

Az évtizedek óta tartó szelekció eredményeként olyan gazdaságilag jobban teljesítő fajtákat alakítottak ki, amelyek gyakran háromszor gyorsabban nőnek,

2. ábra A hőmérséklet és páratartalom arányának hatása a baromfi stressz indexére (hőstressz index = 0,6 x száraz hőmérséklet + 0,4 x nedves hőmérséklet) (Xin és Harmon, 1998)

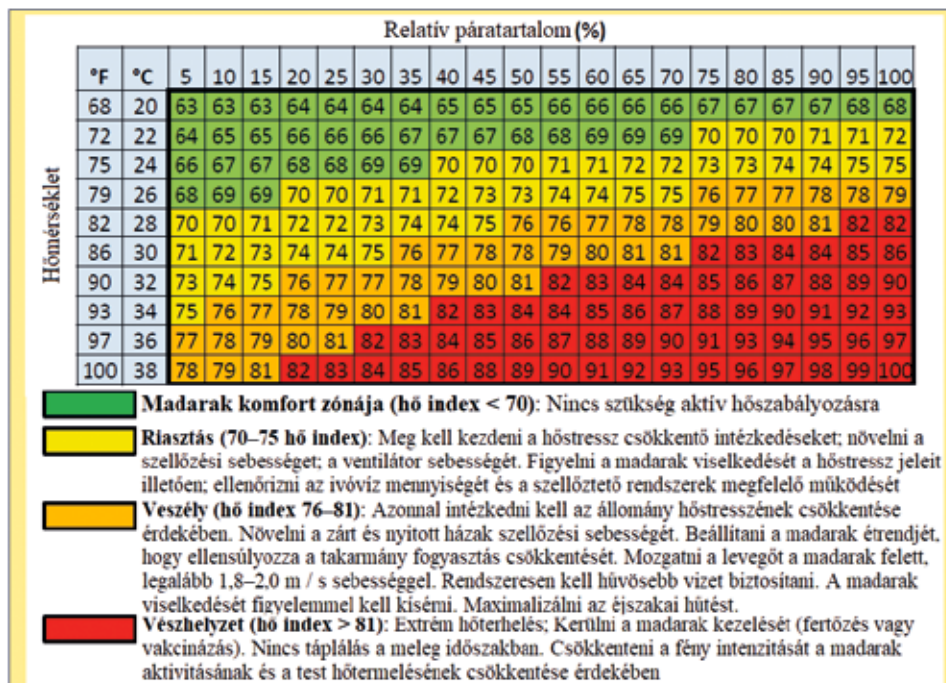


Figure 2. Effect of temperature and humidity ratio on poultry stress index

- Bird Comfort Zone (heat index < 70):** No action needed; a good time to prepare for future hot weather.
- Alert (heat index 70-75):** Begin taking heat stress reduction measures in the flock; increase ventilation rate; increase fan speed and use foggers (run foggers based on relative humidity). Monitor bird behavior for signs of heat stress; ensure drinker and ventilation systems are functioning properly.
- Danger (heat index 76-81):** Heat stress conditions exist; take immediate measures to reduce heat stress in the flock. Increase ventilation rate in closed houses and use evaporative cooling based on relative humidity; in open houses run stir fans and misters. Adjust nutrient density of bird's diet to match any reduction in feed consumption. Move air over the birds at a minimum velocity of 1.8–2.0 meters/second. Periodically flush water lines with cooler water. Closely monitor flock behavior. Maximize nighttime cooling.
- Emergency (heat index > 81):** Extreme heat stress conditions exist; avoid handling birds for transfer or vaccination. Do not feed during the hottest part of the day. Decrease light intensity to reduce bird activity and body heat production.

mint a hagyományos fajták, nagyobb az anyagcsere aktivitásuk, de ezáltal több testhőt is termelnek, ami következtében érzékenyebbek lesznek a hőmérséklettől függő környezeti változásokra (Deeb és Cahner, 2002). Az ivarérett házityúk testhőmérséklete 41-42°C, nincsenek izzadság mirigyei, így érzékenyebb a magas környezeti hőmérsékletre, főleg, ha az emelkedett hőmérséklethez magas páratartalom is társul. A madarak számára megfelelő környezet, a termoneutrális zóna 19-22°C, ebben a tartományban testhőmérsékletük állandó, normál magatartást mutatnak. Ennek a zónának a felső értékét elérve, illetve a felett egyre inkább romlik a madarak teljesítménye, míg végül a testhőmérséklet eléri az állatokra nézve letális szintet (1. ábra).

A testhő csökkentése aktív folyamat, aminek egyik szereplője a párologtatási mechanizmus a bőrfelületen és a légzőrendszeren keresztül. A testfelület és levegő nedvességének grádiense határozza meg a párologtatás útján történő hűtést. A magas környezeti hőmérséklet magas relatív páratartalommal kombinálva hipertermiát idéz elő, amely csökkenti a takarmány-felvételt és hasznosítást, a növekedést, a tojástermelést, a hús- és tojás minőséget és az állatok életképességét (Rajkumar és mtsai, 2011; Xie és mtsai, 2014) (2. ábra).

## HŐSTRESSZ HATÁSA A HÁZITYÚK SZERVEZETÉBEN

A szervezet a belső egyensúly fenntartására törekszik. Ehhez ennek az állapotnak a felborulását okozó ingereknek a kivédése szükséges. Ha az inger nem túl erős, általános életfolyamatok mennek végbe, amit adaptációnak nevezünk (Brown, 1959). Ha az inger erős, és hatására a belső egyensúly felborul, a szervezet specifikus, (pl.: immunválasz), és nem-specifikus válaszokkal reagál. A szervezet nem specifikus válaszát a testet ért nem fajlagos igénybevételekre „stresszállapotnak” nevezzük.

Magas környezeti hőmérsékleti körülmények között a madarak egyre több energiát fordítanak a testhőmérséklet szabályozására. A felesleges hő elvezetése négy mechanizmus révén valósul meg. A konvekció (légáramlás) során a csirkék legyeznek a levegőt, a környezet felé igyekeznek átadni a testhőt a ritkábban tollazott bőrfelület szabadon hagyásával, széttárnak szárnyaikat, ezekhez szorosan kapcsolódik a perifériás vérátáramlás növelése. Sugárzással, elektromágneses hullámok vezetnek a hőt a távoli, hűvösebb tárgyak felé. Hővezetés útján a hűvösebb közeg keresésével és közvetlen érintkezéssel hűtik magukat, a madarak kaparják a földet, az almot és fekszenek, illetve fontos még a párologtatás az úgynevezett lihegés, de ez csak akkor hatásos, ha nem túl magas a páratartalom, illetve nagyobb mértékű vízfogyasztás mellett a kiválasztás fokozása (3. ábra).

A különböző hővesztési mechanizmusokat összekapcsoló legfontosabb elem a vér, szerepe a vazodilatációban és a passzív vízvezetés során is megnyilvánul. A kapillárisokban a vér áramlása a test periferiáján növekszik, a belső szerveknél csökken (Wolfenson és mtsai, 1981), lassul az emésztés, romlik a tápanyag-hasznosítás. A légzési sebesség növekszik (215-235 lélegzet/perc), a plazma CO<sub>2</sub> szint és a sav-bázis egyensúly felborul. Ha ez a stresszt előidéző állapot hosszabb ideig fennáll az kiszáradáshoz és a vérmennyiség csökkenéséhez vezethet. A csökkent vérmennyiség megváltoztatja a vénás visszaáramlást, és a vérkeringést a felső légutakban, ami hipertermiát és végül elhullást okoz.

3. ábra A csirke hővezető mechanizmusai (Hy-Line International, 2016)

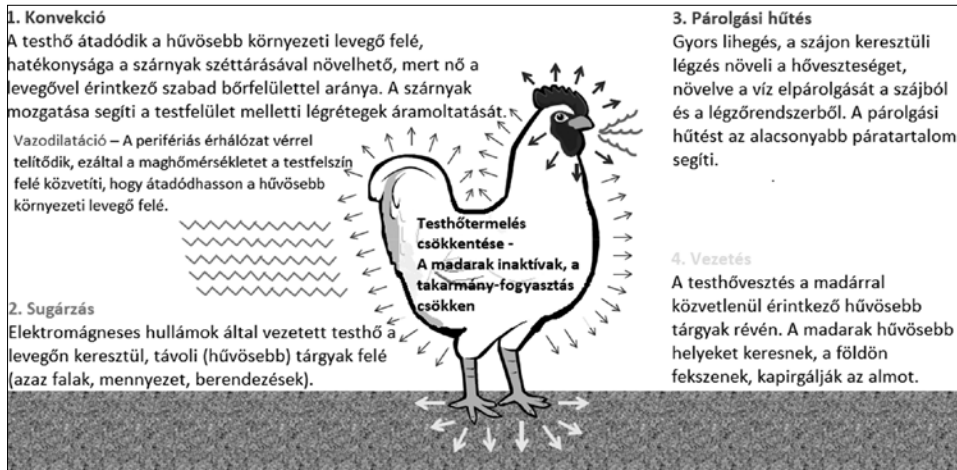


Figure 3. Excess body heat of the chicken is removed by four different mechanisms

convection (1); radiation (2); evaporative cooling (3); conduction (4)

A végbemenő fiziológiai változásokat sejtszintű károsodások kísérik, aminek következtében megjelenő szignál molekulák jelátviteli útvonalakat, neuroendokrin és molekuláris válaszokat aktiválnak. A csökkent takarmányfelvétel is hozzájárul a hipotalamusz - hipofízis - mellékvese tengely aktiválódásához, ami megváltoztatja a neuroendokrin profilt. A homeosztázis felborulása a növekedés lassulásához, kevesebb tojástermeléshez és húsminőség romláshoz vezet, ugyanis növekszik a lipid peroxidáció (Babinszky és mtsai, 2011), megváltozik az elektrolit egyensúly, gyengül az emésztés, csökken a plazmafehérje- és a kalciumszint (Lin és mtsai, 2006). A madarak képesek viszont aktív anyagcserével szabályozni a testfolyadékaik pH-ját, metabolikus savak felhalmozásával próbálják megtartani a sav-bázis egyensúly normál állapotát. A hidrogén ionok bikarbonát ionokkal kombinálva szénsavvá alakulnak, ami savas irányba tolja a közeg pH-ját, a szénsavat a szénsav-anhidráz szén-dioxidra és vízre bontja, a szén-dioxid a tüdőn, míg a hidrogén ionok a vesén keresztül ürülnek ki, és az így felszabaduló bikarbonát ionok aránya határozza meg a bázikus értéket (Ruiz-Lopez és Austic, 1993) (4. ábra).

A metabolikus alkalózis egy olyan anyagcserezavar okozta állapot, amelyben a vér a túlságosan magas bikarbonátszint miatt lúgos. A takarmányfelvétel csökkenésével kevesebb az ásványi anyagok, a nátrium és kálium felvétele, aminek szabályoznia kellene a bázis raktárakat. Emellett a megnövekedett hemodilúció (a vérplazma térfogatának megnövekedése a vörösvérsejtekhez képest) tovább csökkenti a plazma nátrium és kálium szintjét a fokozott vízfelvétel és kiválasztás útján. A légzőrendszeren keresztül, lihegés útján a csökkent vér szén-dioxid szint vezet a bikarbonát ion túlsúlyhoz (Borges és mtsai, 2004).

Mivel sok energia kell a fiziológiai válaszok végrehajtásához, az immunválasz csökken, ami a timusz, lép és máj relatív súlyának csökkenésében is megmutatkozik. Az összes keringésben lévő ellenanyag szintje alacsony, pl.: IgM és IgG (Ghazi és mtsai, 2012; Felver-Gan és mtsai, 2012). Madarakban a B sejtek

4. ábra Hőstressz indukálta sav-bázis egyensúly felborulásának ellensúlyozása  
(Hy-Line International, 2016)

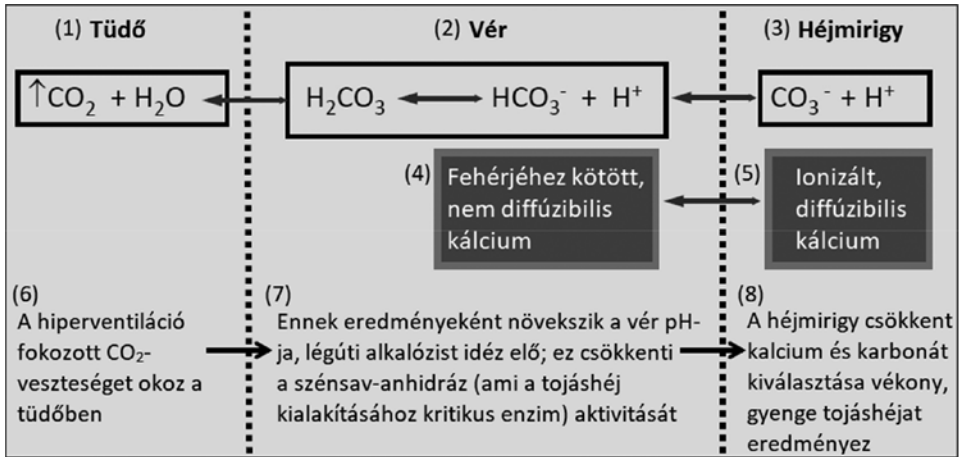


Figure 4. Demonstration of acid/base balance disruption caused by heat stress.

lungs (1); blood (2); shell gland (3); protein-bound, non-diffusible calcium (4); ionized diffusible calcium (5); hyperventilation causes increased loss of  $\text{CO}_2$  gas from the lungs (6); blood pH increases as a result, producing a respiratory alkalosis; this reduces the activity of carbonic anhydrase (an enzyme critical to form eggshell) (7); reduced secretion of calcium and carbonate by the shell gland results in thin, weak eggshells (8)

a Fabricius-tömlőből (latinul *Bursa fabricii*) fejlődnek, ennek a súlyvesztését és a limfociták számának csökkenését is leírták a szakirodalomban (Aengwanich, 2008). A stressz során növekszik a kortikoid- és a vércukorszint, a glükokortikoid felszabadulás okozza a nyiroksejtek pusztulását, ami a limfociták számának csökkenéséhez vezet. A limfocitáknak fontos szerepe van az antitestek előállításában, hiányuk zavart okoz a kórokozókkal szembeni védő funkciókban. Ezzel szemben a heterofil granulociták felszabadulása fokozódik a csontvelőből, de fagocitáló és baktericid aktivitásuk csökken (Berne és Levy, 1998). A gyenge immunitás miatt a vírusok, baktériumok felhalmozódnak a húsból, ami a húsmínőség romlása mellett már az élelmiszer-biztonságot is veszélyezteti (Lara és Rostagno, 2013).

Hőstressznek kitett állatok szervezetében sejt szinten a legtöbb fehérjeszintézis lelassul, mert nem jut elegendő energia a növekedési mechanizmusok számára. Azonban az úgynevezett hő sokk fehérjék (*heat shock protein* – HSP) közül számos HSP szintézise magas, mivel ezek az erősen konzervált fehérjék védő funkciókat töltenek be. Hőérzékeny fehérjékhez kötődve védik a fehérje szerkezetet, gátolják azok aggregálódását és lebontását. Továbbá szerepük van a citoskeletális integritás fenntartásában és a sejtciklus szabályozásban is. Megtalálhatók az extracelluláris környezetben, ahol stimulálják az immunsejteket. A különböző szövetekben, szervekben más-más fehérje aktiválódik, a madár ivarszervekben a hím gonádokban a HSPD1 és HSPA5 fehérjék apoptotikus folyamatokban vesznek részt, a HSP70 és HSP90 molekuláris chaperonok, a fehérjék globuláris szerkezetének kialakításával előzik meg a hibás aggregátumok kialakulását a spermatogenezisben (Wang és mtsai, 2015). Tojókban a HSP25 expressziója



emelkedik meg, ami a tüszősejtek fehérjekárosodását jelzi (*Cheng és mtsai, 2015*). A véráramlás átcsoportosítása a szervek kárára valósul meg. A HSP70 és HSP90 expressziójának emelkedése figyelhető meg az ileum területén (*Varasteh és mtsai, 2015*). A HSP70 emelkedett szintje figyelhető meg a stresszelt állatok hipotalamuszában, de a HSP90 szintje változatlan maradt (*Zhang és mtsai, 2014*). A máj metabolikusan aktív szerv, ezért érzékenyebb a stresszre, ami a HSP-k szintjében is megmutatkozik. A máj központi szerepet tölt be a szervezetet ért behatásokra aktiválódó válaszreakciókban, az általa termelt fehérjék indítják be az anyagcsere és immunválaszokat.

Tehát a szövetek között egyértelmű a HSP-k expressziójának különbsége, profilja, ennek oka lehet a szövetek funkciójának és metabolikus aktivitásának különbsége. Valamint szembeutó különbség mutatkozott a különböző házityúk fajták között, illetve annak függvényében, hogy a hőstressz mennyi ideig állt fenn (*Murugesan és mtsai, 2017*).

### HŐSTRESSZEL SZEMBENI VÉDEKEZÉS KÖZVETLEN ÉS KÖZVETETT ALTERNATÍVÁI

A magas környezeti hőmérséklet hatásának következtében a baromfiállományt sújtó hőstressz negatív hatásait közvetlen fizikai úton, a megfelelő tartástechnológia alkalmazásával ellensúlyozhatjuk. Figyelni kell az ólak helyes kialakítására, hogy megfelelő legyen a szellőzés, kerülni kell a túlzásúftságot és törekedni kell a megfelelő vízellátásra. A szellőzést maximalizálni kell a felhalmozódott széndioxid, ammónia és magas páratartalmú levegő kicseréléséhez, amely szabályozható klímaberendezések telepítésével, azonban ez növeli a termelés költségeit. Kulcsfontosságú az ivóvíz ellátottság és annak hőmérséklete. A termoneutrális zónában a madarak víz-takarmány fogyasztása 2:1-hez, ami 38°C-os környezetben 8:1-re módosul. Az itatók esetében a víz átfolyási értékének legalább 70ml/perc-nek kell lennie. Az ivóvíz alacsonyabb hőmérsékleten való tartása (25°C alatt) pedig megkönnyíti a tyúkok belső hőmérsékletének csökkentését, javítva a víz-takarmány fogyasztás arányát (*Hy-Line International, 2016*).

Hőstresszel szembeni ellenállóképesség javításának közvetett útja a madarak szervezetének adaptációját elősegítő takarmányozás, célzott tenyésztés bizonyos kedvező génekre, hőkondicionálás alkalmazása. Azonnali megoldást eredményez például speciális összetételű takarmánnyal való etetés, illetve az etetések idejének optimalizálása. Meleg időben az alacsony fehérjetartalmú táp, néhány esszenciális aminosavval kiegészítve jobb eredményt ad, mint a magas fehérjetartalmú (*Daghir, 2009*). Továbbá a hőstressz növeli az ásványi anyagok és vitaminok kiválasztását, lassul azok metabolizmusa, így csökken a szérumban és a májban a vitaminok koncentrációja (*Sahin és mtsai, 2009*). A zsírban oldódó vitaminokat a magasabb zsirtartalmú tápokhoz, míg a vízoldékony vitaminokat az ivóvízhez kell adni. Például a C-vitamin a leghatékonyabb antioxidáns, 1g/l ivóvíz adagolása javasolt (*Daghir, 2009*). Emellett fontos még az elektrolitok pótlása is, a NaHCO<sub>3</sub> kiegészítés javítja a felső légúti alkalózis miatt kialakuló hidrogén-karbonát hiányt (*Benton és mtsai, 1998*).

Számos gén befolyásolja a hőtűrést. Néhány, mint például a „kopasz nyak” (Na) gén domináns, ami közvetlenül befolyásolja a hőtűrést a tollborítottság

csökkentésével (Cahner és mtsai, 1992). Másik gének nemhez kötötten, receszszíven öröklődnek, ilyen például a törpeséget okozó (*dw*) gén, amely a csökkent testméret által csökkenti az anyagcsere termelte hőmennyiséget. A *frizzle* (*F*) gén a tollak kifelé hajlását okozza, ami segíti a testfelszíni hőleadást, brojlerek esetében csökkent a tollazat súlya (Deeb és mtsai, 1993).

A legújabb kutatások azonban egy megfelelő kezelési, hőkondicionálási eljárás kidolgozására irányulnak. Számos szakirodalom leírja a korai (fiatal/csbibe korú) hőkondicionálás pozitív hatásait felnőtt korban. Ez egy rövidebb ideig tartó (12-24 óra) 36°C-38°C-on való nevelést jelent, aminek következtében javul a felnőtt állatok hővel szembeni ellenállóképessége (Lin és mtsai, 2006; Kőrösiné és mtsai, 2005; Szabó és mtsai, 2009; Liptói és mtsai, 2010, Anand és mtsai, 2016).

A NAIK - MBK Alkalmazott Embriológia és Össejt Kutatócsoportjának, illetve az NBGK HGI (régi nevén HÁGK) munkatársainak egy optimális hőkezelési eljárás kidolgozása a céljuk, amellyel az előzetes hőkezelésen átesett baromfiállomány hőtűrő képességét javíthatnák, így nem csökkenne a termelt tojásszám, nem romlana a húsmínőség még magas környezeti hőmérséklet esetén sem. A kísérletükben az állatokat három csoportra különítették el: hőkezelt és hőstresszelt, csak hőstresszelt, illetve kontroll állatok alkották a csoportokat. A hőkezelést a kikelést követő második napon végezték, a csibéket 12 órán keresztül 38,5°C-on tartották. A hőstresszt 24 hét elteltével ivarérett korban alkalmazták, 12 hétig 30°C-os környezetben való tartással (5. ábra) (Tokodyné Szabadi és mtsai, 2019).

A *HSP70* és *miR-138* expressziót határozták meg a mintákban. A *HSP70* és *miR-138* emelkedett expressziója volt megfigyelhető a hím jobb oldali gonádokban,

5. ábra Hőkondicionálási kísérlet metodikájának sematikus ábrája (Tokodyné Szabadi és mtsai, 2019)

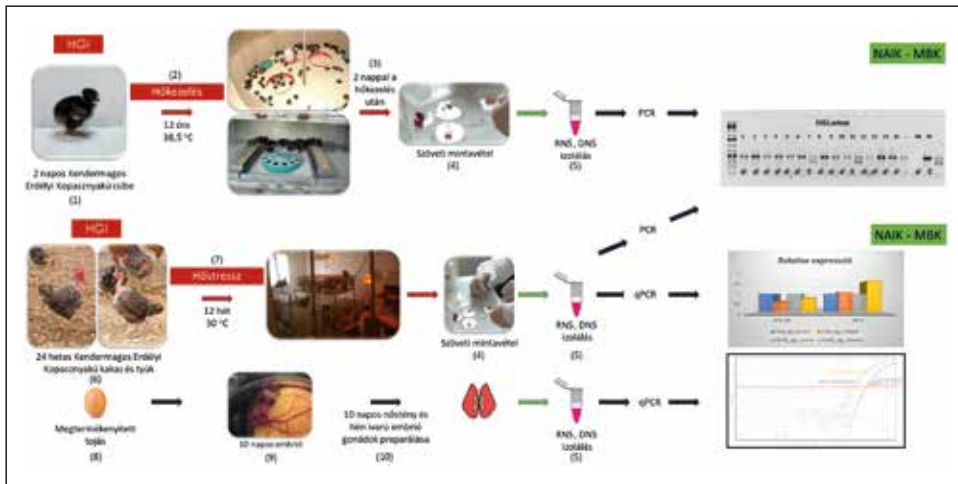


Figure 5. Schematic diagram of the method of heat conditioning experiment

2 days old Transylvanian Naked Neck Chick (1); heat treatment (2); 2 days after hatching (3); collection of tissues samples (4); RNA, DNA isolation (5); 24 weeks old Transylvanian Naked Neck cock and hen (6); heat stress (7); fertilized egg (8); day 10 of incubation (9); dissection the gonads from 10 days old female and male embryos (10)

míg az összejt specifikus markerek jobb/bal oldali aszimmetriát mutattak (*Tokodyné Szabadi és mtsai, 2020*). Ezzel szemben az agyszövet mintákon elvégzett mérések során a *HSP70* emelkedett, míg a miR-138 csökkent expresszóját figyelték meg a hőkezelt állatok esetén a kontrollcsoporthoz képest (5. ábra) (*Anand és mtsai, 2016; Tokodyné Szabadi és mtsai, 2019*).

Számos publikáció támasztja alá azt, hogy a mikro RNS-ek fontos szerepet játszanak a hőstressz hatásának csökkentésében. A miRNS-ek kulcsfontosságúak a génextpresszió szabályozásában. Hőstressz hatására a számos miRNS közül a miR-138 expressziójának változását emelik ki, mint lehetséges következményt, ami többek között korrelációt mutat a hősokk fehérjék expressziójával is. Egy izraeli kutatócsoport írta le a miR-138 szerepét a hipotalamikus neurogenesis szabályozásában (*Kisliouk és mtsai, 2014*). Ezt követően egy újabb tanulmányukban taglalták egy lehetséges jelátviteli útvonal elemeit. Ebben a válaszreakcióban a miR-138 kötődik a Reln 3'UTR-hez, ennek következtében gátolja a Reln expresszióját, ami elősegíti a neuronok vándorlását. Ez a gátlás gátlása eredményezte szöveti átrendeződés a macarak esetében fiatal korban lehetséges, ekkor még aktív a neuronális plaszticitás. Ez az eredmény megerősíti a hőkonkondicionálás elvégzésének időzítését (*Kisliouk és mtsai, 2017*).

Egyre több kutatás irányul az akklimatizációs tulajdonság örökölhetőségére is, ami epigenetikai változások átadásával valósulhat meg. Az epigenetika ugyanis a gének és termékeik ok-okozati kölcsönhatását vizsgálja, amelyek meghatározzák a fenotípust (*Deans és Maggert, 2015*). Epigenetikus módosítások, például a DNS metilezése megváltoztatja a hiszton szerkezetet, tanulmányok igazolják, hogy hőhatásra lezajló ilyen átrendeződések stabilizálják a házityúk embriók fejlődését (*Li és mtsai, 2015*).

## KÖVETKEZTETÉSEK

A baromfihús fogyasztása évről évre a globális húsfogyasztás egyre nagyobb hányadát teszi ki. A megnövekedett piaci igények kielégítése céljából, egyre gyorsabban növekedő és nagyobb húshozamú fajták kerülnek a piacra. Ezzel párhuzamosan a globális felmelegedés következtében a megemelkedett környezeti hőmérséklettel szembeni ellenállósága az új fajtáknak drasztikusan lecsökkent. A magas környezeti hőmérséklet esetében a húsminőség romlik, termékenység és tojásmennyiség csökkenése, illetve az állomány elhullása következhet be, ami egyre súlyosabb veszteségeket generál a baromfiágazatban. A hőstresszről szóló szakirodalom jelentősebb része a közvetett védekezési stratégiákra összpontosít, a tartástechnológia optimalizálása és adalékanyagok alkalmazásának hatásait elemzik. Ezeknek a hatékonysága nagyon változó, befolyásolja a földrajzi elhelyezkedés, nem alkalmazható egy egységes protokoll különböző fajták esetében.

A közelmúltban újabb módszerek is előtérbe kerültek, ideértve a baromfifajták genetikai marker alapú kiválasztását. A molekuláris technikák használata a baromfitenyésztésben egy fenntartható gazdaságot eredményez.

A biotechnológia, illetve genomika területén zajló fejlesztések egyre inkább elősegítik a gyakorlatban zajló tenyésztőmunka sikerességét. Napjainkban már rendelkezésünkre áll a teljes tyúk genom, több millió, már azonosított egyedi nukleotid polimorfizmussal (*Hillier és mtsai, 2004, Wong és mtsai, 2004*). Azonban

fontos megjegyezni, hogy a genom analízisek nem fogják kiváltani a hagyományos szelekciós módszereket, sokkal inkább a kettő szoros együttműködését teszik lehetővé a hatékonyság növelésével. Az innovációra, mint lehetőségre kell tekinteni, ami akár egy jól működő hálózattá kovácsolhatná a vállalkozás - oktatás - kutatás és fejlesztés intézményeit (Horn, 2008).

A molekuláris biológiai eszközök elősegítik a jelátviteli útvonalak, élettani folyamatok és immunválaszok megértését, ami segítheti a fajták jobb adaptációját a változó éghajlathoz.

Hőstresszre aktiválódó válaszreakciókban a HSP-k szerepe már bizonyított. A HSP-k expressziója növekszik, fehérjekárosodás megakadályozására irányuló jelátviteli utakat indukál. A legújabb kutatások kiemelik az epigenetika adaptációs előnyeit a hőkonkondicionálás során. Azonban ennek a kezelésnek az optimalizálásához még további kísérletekre van szükség. Illetve a HSP-k és molekuláris rendszerek közötti kölcsönhatás részletesebb megismerése is szükséges egy minden fajtára egységesen alkalmazható eljárás kidolgozásához, ami a fenntartható gazdaságok létrejöttéhez szükséges.

## KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A kutatást CGIAR CCAFS (Mezőgazdasági Minisztérium) és a GÉNNET\_21 (VEKOP-2.3.2-16-2016-00012) pályázatok támogatásával végeztük.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Aengwanich, W.* (2008): Pathological changes and the effects of ascorbic acid on lesion scores of bursa of Fabricius in broilers under chronic heat stress. *Res. J. Vet. Sci.*, 1. 62-66.
- Anand, M. – Tóth, R. – Alayu, K. – Nagy, A. – Lázár, B. – Patakiné Várkonyi, E. – Liptói, K. – Gócza, E.* (2016): Examination the expression pattern of HSP70 heat shock protein in chicken PGCs and developing genital ridge. *Scientific Papers: Anim. Sci. Biotechnolog.*, 49. 78-82.
- Babinszky, L. – Halas, V. – Versteegen, M. W. A.* (2011): Impacts of climate change on animal production and quality of animal food products, climate change. *Climate Change – Socioeconomic Effects*. Dr Houshan Kheradmand (Ed.) ISBN 978-953-307-411-5.
- Benton, C. E. – Balnave, D. – Brake, P. J.* (1998): The use of dietary minerals during heat stress in broilers. *Prof. Anim. Sci.*, 14. 193-196.
- Berne, R. M. – Levy, M. N.* (1998): *Fisiologia*. 4th. ed. Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil.
- Borges, S. A. - Fischer da Silva, A. V. - Majorka, A. - Hooge, D. M. - Cummings, K. R.* (2004): Physiological responses of broiler chickens to heat stress and dietary electrolyte balance (sodium plus potassium minus chloride, milliequivalents per kilogram). *Poult. Sci.*, 83. 1551-8.
- Brown, K. I.* (1959): Stress and its implications in poultry production. *Worlds Poult. Sci. J.*, 15. 255-263.
- Cahaner, A. – Deeb, N. – Gutman, M.* (1992): Improving broiler growth at high temperatures by the naked neck gene. *Proceedings of the 19th World's Poultry Congress, Amsterdam, the Netherlands*, 2. 57-60.
- Cheng, C. Y. – Tu, W. L. – Wang, S. H. – Tang, P. C. – Chen, C. F. - Chen, H. H. – Lee, Y. P. – Chen, S. E. – Huang, S. Y.* (2015): Annotation of differential gene expression in small yellow follicles of a broiler-type strain of Taiwan country chickens in response to acute heat stress. *PLoS One*, 10. (11) e0143418.
- Daghir, N. J.* (2009): Nutritional strategies to reduce heat stress in broilers and broiler breeders. *Lohmann Info.*, 44. 6-15.

- Deans, C. – Maggert, K. A. (2015): What do you mean, “Epigenetic”? *Genetics*, 199. 887-96.
- Deeb, N. – Cahaner, A. (2002): Genotype-by-environment interaction with broiler genotypes differing in growth rate. 3. Growth rate and water consumption of broiler progeny from weight-selected versus nonselected parents under normal and high ambient temperatures. *Poult. Sci.*, 81. 293-301.
- Deeb, N. – Yunis, R. – Cahaner, A. (1993): Genetic manipulation of feather coverage and its contribution to heat tolerance of commercial broilers. In: Gavora, J.S. and Boumgartner, J.(eds) Proceedings of the 10th International Symposium on Current Problems in Avian Genetics, Nitra, Slovakia, 36.
- Felver-Gant, J. N. – Mack, L. A. – Dennis, R. L. – Eicher, S. D. – Cheng, H. W. (2012): Genetic variations alter physiological responses following heat stress in 2 strains of laying hens. *Poult. Sci.*, 91. 1542-51.
- Ghazi, H. S. – Habibian, M. – Moeini, M. M. – Abdolmohammadi, A. R. (2012): Effects of different levels of organic and inorganic chromium on growth performance and immunocompetence of broilers under heat stress. *Biol. Trace. Elem. Res.*, 146. 309-317.
- Hillier, L. A. W. és 175 társszerző (2004): INTERNATIONAL CHICKEN GENOME SEQUENCING CONSORTIUM. Sequence and comparative analysis of the chicken genome provide unique perspectives on vertebrata evolution. *Nature*, 432. 695-716.
- Horn, P. (2008): A baromfitenyésztés fejlődésének kilátásai, új kihívások, veszélyforrások és lehetőségek. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 57. 389-401.
- Hy-Line International, 2016 [https://www.hyline.com/userdocs/pages/TU\\_HEAT\\_ENG.pdf](https://www.hyline.com/userdocs/pages/TU_HEAT_ENG.pdf), Letöltve: 2019.11.17.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2007): Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. summary for policy makers. Online at <http://www.ipcc.cg/SPM13apr07.pdf>
- Kisliouk, T. – Cramer, T. – Meiri, N. (2014): Heat stress attenuates new cell generation in the hypothalamus: a role for miR-138. *Neuroscience*, 26. 624-36.
- Kisliouk, T. – Cramer, T. – Meiri, N. (2017): Methyl CpG level at distal part of heat-shock protein promoter HSP70 exhibits epigenetic memory for heat stress by modulating recruitment of POU2F1-associated nucleosome-remodeling deacetylase (NuRD) complex. *J. Neurochem.*, 141. 358-372.
- Kőrösiné M. A. – Nógrádi J. – Varga S. – Podmaniczky B. - Gerendai D. – Szabó Zs. (2005): Madarak hőtüdő-képességének javítása és a hőstressz csökkentésének lehetőségei a baromfitartásban, AGRO-21 füzetek, MTA VAHAVA project, 67-80.
- Lara, L. J. – Rostagno, M. H. (2013): Impact of heat stress on poultry production. *Animals (Basel)*, 3. 356–369.
- Li, C. - Guo, S. - Zhang, M. - Gao, J. - Guo, Y. (2015): DNA methylation and histone modification patterns during the late embryonic and early postnatal development of chickens. *Poultry Sci.*, 94. 706-21.
- Lin, H. – Jiao, H. C. – Buyse, J. – Decuypere, E. (2006): Strategies for preventing heat stress in poultry. *World Poultry Sci. J.*, 62. 71-86.
- Liptói, K. – Szabó, Zs. – Podmaniczky, B. - Kőrösiné Molnár, A. (2010): Preliminary investigation of the effect of heat treatment on fertility and embryonic mortality in goose. *World Poultry Sci. J.*, 66. 513.
- Murugesan, S. – Ullengala, R. – Amirthalingam, V. (2017): Heat shock protein and thermal stress in chicken. In: Asea A., Kaur P. (eds) Heat Shock Proteins in Veterinary Medicine and Sciences. Heat Shock Proteins, 12.
- Rajkumar, U. - Reddy, M. R. - Rama Rao, S. V. - Radhika, K. - Shanmugam, M. (2011): Evaluation of growth, carcass, immune competence, stress parameters in Naked Neck chicken and their normal siblings under tropical winter and summer temperatures. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.*, 24. 509–516.
- Ruiz-Lopez, B. – Austic, R. E. (1993): The effect of selected minerals on the acid-base balance of growing chicks. *Poultry Sci.*, 72. 1054–1062.

- Sahin, K. – Sahin, N. – Kucuk, O. – Hayirli, A. – Prasad, A. S. (2009): Role of dietary zinc in heat stressed poultry: a review. *Poultry Sci.*, 88. 2176-83.
- Szabó, Zs. – Kőrösiné, M.A. – Podmaniczky, B. – Végi, B. – Horel, K. (2009): A fiatalkori hőkezelés hatása a brojlercsirkék teljesítményére és húsminőségére. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 58. 173-191.
- Tokodyné Szabadi, N. – Tóth, R. – Lázár, B. – Drobnyák, Á. – Kőrösiné Molnár, A. – Patakiné Várkonyi, E. – Liptói, K. – Gócza, E. (2019): Developing an effective method to eliminate the negative effects of climate change in chicken: the role of miR-138 in adaptation. *Proceedings of the XI<sup>th</sup> European symposium on Poultry Genetics*. ISBN 978-80-907442-4-0. 87.
- Tokodyné Szabadi, N. – Tóth, R. – Lázár, B. – Gócza, E. (2020): Klímaváltozás káros hatásainak kivédése baromfiban. *Tavaszi Szél - Spring Wind 2019 I. kötet* Budapest, Magyarország: Doktoranduszok Országos Szövetsége, 164-171.
- Varasteh, S. - Braber, S. - Akbari, P. - Garssen, J. - Fink-Gremmels, J. (2015): Differences in susceptibility to heat stress along the chicken intestine and the protective effects of galactooligosaccharides. *PLoS One*, 10. (9) e0138975.
- Wang, S. H. - Cheng, C. Y. - Tang, P. C. - Chen, C. F. - Lee, Y. P. - Huang, S. Y. (2015): Acute heat stress induces differential gene expressions in the testes of a broiler-type strain of Taiwan country chickens. *PLoS One*, 10. (5) e0125816.
- West, B. – Zhou, B. X. (1989): Did chickens go north? New evidence for domestication. *World Poultry Sci. J.*, 45. 205-218.
- Wolfenson, D. - Frei, Y. F. - Snapir, N. - Berman, A. (1981): Heat stress effects on capillary blood flow and its redistribution in the laying hen. *Pflugers Arch.*, 390. 86-93.
- Wong, G. K. és 114 társszerző (2004): A genetic variation map for chicken with 2.8 million single-nucleotide polymorphisms. *Nature*, 432. 717-22.
- Xie, J. - Tang, L. - Lu, L. - Zhang, L. - Xi, L. - Liu, H. C. - Odle, J. - Luo, X. (2014): Differential expression of heat shock transcription factors and heat shock proteins after acute and chronic heat stress in laying chickens (*Gallus gallus*). *PLoS One*, 9. (7) e102204.
- Xin, H. - Harmon, J. D. (1998): *Livestock industry facilities and environment: Heat stress indices for livestock*. Agriculture and Environment Extension Publications, 163.
- Zhang, W. W. - Kong, L. N. - Zhang, X. Q. - Luo, Q. B. (2014): Alteration of HSF3 and HSP70 mRNA expression in the tissues of two chicken breeds during acute heat stress. *Genet. Mol. Res.*, 13. (4) 9787-9794.
- <https://innovad-global.com/innovad-develops-first-high-concentration-stable-liquid-vitamin-solution>

Érkezett: 2019. december

**A szerzők címe:** Tokodyné Szabadi N. - Sima K. - Tóth R. - Lázár B. - Gócza E.  
Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ, Mezőgazdasági  
Biotechnológiai Kutatóintézet

**Authors' adress:** National Agricultural Reserch and Innovation Centre, Agriculture  
Biotechnology Institute  
H – 2100, Gödöllő Szent-Györgyi Albert u. 4.  
tokodyne.szabadi.nikolett@abc.naik.hu

Patakiné Várkonyi E. - Liptói K.  
Nemzeti Biodiverzitás- és Génmegőrzési Központ  
Haszonállat-génmegőrzési Intézet  
National Centre for Biodiversity and Gene Conservation  
H – 2100, Gödöllő Isaszegi út 200.

## EFFECTS OF FUMONISIN B1 ON THE GASTROINTESTINAL TRACT FUNCTIONALITY – A REVIEW

YARSMIN YUNUS ZEEBONE – KOVÁCS MELINDA – HALAS VERONIKA

### SUMMARY

Fumonisin (FB) are majorly produced by *Fusarium verticilloides* and *F. proliferatum* and are frequently present in maize and maize-based products. Fumonisin B1 (FB<sub>1</sub>) is the most toxic among the existing congeners and its post-absorptive effects have been well documented as opposed to the gastrointestinal tract (GIT) functionality. The GIT is the primary point of contact to any ingested FB<sub>1</sub>-contaminated food/feed and therefore, predisposed to high concentrations of this fungal metabolite. Furthermore, studies suggest that major mycotoxins typically target high protein turn-over and activated cells; such as the gastro-epithelial cells. In this regard, studies on gastrointestinal health have been fast-growing in recent years. This review dissertates on the toxicity of FB<sub>1</sub> in relation to GIT functionality. With the published data garnered, key morphological and functional alterations induced by FB<sub>1</sub> in the aspects of gut barrier functions, digestive and absorptive functions, immune status and microbial composition of the GIT are presented in this review. With respect to the latter, the potential mechanisms through which FB<sub>1</sub> acts is largely unknown and yet to be fully investigated.

### ÖSSZEFOGLALÁS

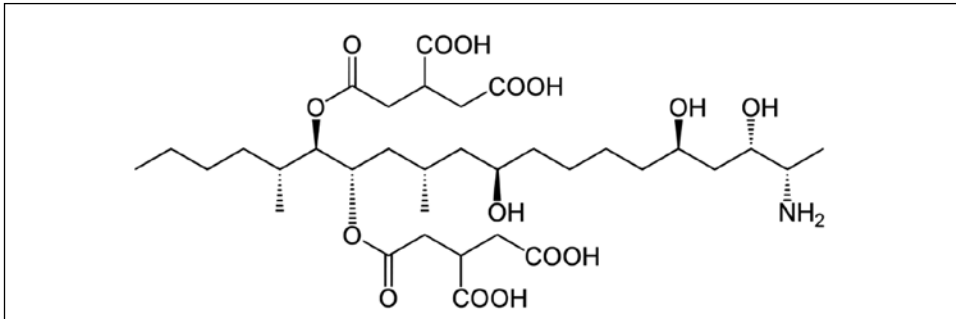
Zeebone, Y.Y. – Kovács, M. – Halas, V.: A FUMONIZIN B1 HATÁSA A TÁPCSATORNA MŰKÖDÉSÉRE – IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A fumonizinek (FB), amelyeket főként a *Fusarium verticilloides* és *F. proliferatum* penészgombák termelnek, gyakran szennyezik a kukoricát és a kukoricaalapú termékeket. A fumonizinek között a fumonizin B1 (FB<sub>1</sub>) a legtoxikusabb származék, amelynek általános hatását jól ismerjük szemben a emésztőszervekre kifejtett károsító hatásaival. Pedig a bél a táplálékkal / takarmánnyal a szervezetbe jutó mikotoxinok első expozíciós szerve. A legtöbb mikotoxin károsítja a gyorsan osztódó sejteket, ilyenek tipikusan a bélhámsejtek is. Mindezek magyarázzák azt, hogy a mikotoxinok emésztőtraktus működését befolyásoló hatásának vizsgálata előtérbe került. Ez az összefoglaló közlemény erre a kérdésre fókuszál. Szakirodalmi adatok alapján bemutatja a FB<sub>1</sub> által az emésztőrendszerben előidézett morfológiai és funkcionális változásokat, a FB<sub>1</sub> hatását a bél integritására, barrier funkciójára a bélhám átteresztőképességére, az emésztésre és felszívódásra, a helyi immunválaszra, valamint a mikrobióta összetételére.

## INTRODUCTION

Mycotoxins are low molecular weight (approximately 700MW) secondary metabolites of moulds that contaminate most agricultural products and present critical health risks to both humans and animals globally (Binder, 2007). The *Fusarium verticillioides* (Sacc.) is one of the most prevalent mycotoxin found in corn and corn products intended for both human and animal consumption. A family of foodborne mycotoxins, fumonisins (FB) were first isolated in 1988 from cultures of *F. verticillioides* strain MRC 826 by Gelderblom and co-workers in South Africa (Gelderblom et al., 1988). Among the 15 existing isolates, fumonisin B1 (FB<sub>1</sub>) (Figure 1.) has been extensively studied due to its profound toxic activities.

**Figure 1.** Chemical structure of FB<sub>1</sub> ([https://en.wikipedia.org/wiki/Fumonisin\\_B1](https://en.wikipedia.org/wiki/Fumonisin_B1))



1. ábra A FB1 kémiai szerkezete

Albeit bioavailability of FB is poor in a variety of examined animal species, exposure to this fungal metabolite may induce several animal and human disorders. These include equine leukoencephalomalacia (ELEM); pulmonary edema (PPE) and hydrothorax of swine; hepatotoxic and nephrotoxic in rats, rabbits, lambs, and calves (Bane et al., 1992; Hascheck et al., 1992; Edrington et al., 1995; Smith et al., 1996; Howard et al., 2001); human oesophageal cancer and some neural tube defects (NTDs) in some parts of the world (Gelineau-van Waes et al., 2009; Islami et al., 2009). The latter led the International Agency for Research in Cancer (IARC) to describe FB<sub>1</sub> as possibly carcinogenic; IARC classification of FB<sub>1</sub> (group 2B) (IARC, 2002). The initial mechanism of FB<sub>1</sub> toxicity is to disrupt the enzyme ceramide synthase (CerS) activity due to the structural resemblance of FB<sub>1</sub> and the sphingoid bases, sphinganine (Sa) and sphingosine (So). What follows is an array of cellular disturbances in cell growth and differentiation, cell survival, and apoptosis (Merrill et al., 2001). Although its toxicity at the cellular level is well documented, data on the effects of FB on the gastrointestinal tract (GIT) is not fully understood. It is often overlooked that the GIT is the first to come into contact with any ingested mycotoxin such as FB and exposed to significantly higher concentrations relative to other tissues (Grenier and Applegate, 2013). In addition, emerging studies have highlighted the GIT as a new target for mycotoxins deleterious activities. Yet, as at the year 2013, only 83 studies have been garnered and this included all *in vitro*, *in vivo* and *ex vivo* studies (Grenier and Applegate, 2013).



The GIT is well designed to defend against pathogenic invasions to about 70% of the immune defences of an organism and in addition, maintains the indigenous microflora present in the gut (*Grenier and Applegate, 2013*). *Conway (1994)* describes gut health as a function of 3 main components; diet, mucosa and commensal microbiota. *Grenier and Applegate (2013)* further visualize these three components as a “Ménage a Trois” where each component interacts with each other to maintain intestinal harmony. The devastation to either of these three could result in gut health insults. Whenever the intestinal mucosa’s integrity is compromised, the absorption of nutrients decreases. In addition, an increased proportion of nutrients absorbed is intended to repair the damaged area and supports the immune system until the intestinal damage is eliminated (*Lorenzoni, 2010*).

FB and their adverse effects are gaining a great deal of interest in mycotoxicology since it emerged that FB provokes poor intestinal health. This review is to summarize and illustrate key structural and morphological changes of the GIT and microbiota potentially induced by FB.

## FUMONISIN B1 POTENTIALLY ALTERS GUT BARRIER FUNCTION

The epithelium lines the entire length of the GIT and it is essential to provide barrier function to the gut. It consists of a thin layer of cells that lines the lumen of the intestine and contains enterocytes, enteroendocrine, goblet cells at the villi, and the Paneth cells under the crypts (*Fink and Koo, 2016*). The epithelium acts as a barrier to noxious substances such as pathogens, toxins and foreign antigens that have been ingested. Epithelia cells are bridged with desmosomes, tight junctions (TJ), and adherens junctions (AJ). The mechanical linkage of adjacent cells is the responsibility of AJ and desmosomes. Whereas, the TJ control the intercellular space and regulate selective paracellular ionic solute transport (*Capaldo et al., 2014*). The TJ are composed of the transmembrane and cytoplasmic scaffolding proteins. At the apical-lateral membrane of the epithelial cells, transmembrane TJ proteins such as occludin (OCLN), claudins (CLDN), junctional adhesion molecules (JAM) and tricellulin form a parallel barrier (*Chiba et al., 2008; Schneeberger and Lynch, 2004; Tsukita et al. 2001*). A distortion to this parallel barrier is consequential to a defective gut barrier integrity.

To investigate the integrity of epithelial barrier in both *in vitro* and *ex vivo* assays, the transepithelial electric resistance (TEER) is the frequent marker utilized. This instrumentation basically follows the cycle of cell differentiation and, standard values for a completed non-permeable barrier are established based on individual devices and sizes inserted (*Akbari et al., 2017*). Direct approaches include the use of paracellular flux probes and the assessment of the expression of TJ proteins together with histological approaches that illuminates alterations in the intestinal architecture, and into epithelial cell damage (*Bischoff et al., 2014*). Impairment of the intestinal barrier integrity induced by FB<sub>1</sub> has been shown in different *in vitro*, *ex vivo* and *in vivo* studies which is summarized in *Table 1*.

Sphingolipids and lipid rafts play a major role in establishing and maintaining TJ (*Lambert et al., 2007*). Indeed, FB<sub>1</sub> alters the intestinal barrier function by influencing sphingolipid metabolism, as demonstrated by an increase in the amount of free sphingoid bases, a depletion of glycolipids in the plasma membrane and

an increase in trans-epithelial flux (Bouhet et al., 2004; Loiseau et al., 2007). Yamazoe et al. (2017) reported accumulation of sphinganine (Sa) altered glycoprotein distribution in the jejunum which caused an increase in the transepithelial passage of FB<sub>1</sub>. The increase in intestinal permeability in turn, promotes translocation of pathogenic bacteria (Kelly et al., 2015). In contrast, although others (Burel et al., 2013) found a change in the ratio of Sphingosin (So) and Sa in specific pathogen free piglets receiving 11.8 ppm FB<sub>1</sub>, which in reference to the above findings can alter intestinal functions, the extent of change of the sphingoid bases observed in their work was described insufficient to induce any abnormalities in gut barrier function. Similarly, despite the effects observed for immune and oxidative stress markers, Kim et al. (2019) observed no noticeable effects on the TJ proteins OCLN, CLDN, or zona occludens-1 in piglets receiving a combination of aflatoxin (AF), FB<sub>1</sub> and deoxynivalenol (DON) in the concentrations of 180 µg/kg, 9 mg/kg and 1 mg/kg, respectively.

Table 1.

**A summary of the effects of FB<sub>1</sub> on intestinal barrier integrity**

Experimental model (1)	Dosage (2)	Exposure period (3)	Effects on barrier function (4)	Reference
Caco-2 cells	1–100 µM	7 days	A reduction in TEER values Decrease in transcript level of CLDN3, CLDN4 and OCLN (5)	Romero et al. (2016)
IPEC-1 Cells	50–200 µM	16 days	A reduction in TEER values Increase in permeability of FB <sub>1</sub> (6)	Loiseau et al. (2007)
IPEC-1 Cells	20–200 µM	4 hours	Increase in translocation of pathogenic Escherichia coli (strain 28C) (7)	Bouhet and Oswald (2007)
IPEC-1 Cells	50–500 µM	28 days	A reduction in TEER values (8)	Bouhet et al. (2004)
Porcine jejunal explants	10 µM	2 hours	Increase in TEER values Increase in permeability of HRP (9)	Lalles et al. (2009)
Piglets	3 mg/kg feed	5 weeks	Decrease in protein expression of OCLN in ileum (10)	Bracarense et al. (2012)
Piglets	0.5 mg/kg BW	7 days	Increase in translocation of pathogenic Escherichia coli (strain 28CNaI) (7)	Oswald et al. (2003)

TEER- transepithelial electrical resistance, CLDN- claudins, OCLN- occludin, HRP- horse radish permeability, IPEC-Intestinal porcine enterocyte cell.

*1. táblázat A FB1 hatása a bél integritására*

kísérleti modell (1); dózis (2); expozíciós idő (3); a barrier funkcióra gyakorolt hatás (4); a TEER (transzpiteliális elektromos rezisztencia) csökkenése, a CLDN3, CLDN4 (claudin) és OCLN (occludin) transzkripciójának csökkenése (5); TEER csökkenés, FB1 permeabilitás nő (6); a patogén E. coli transzlokációja nő (7); TEER csökkenés (8); TEER növekedés (9); OCLN expresszió csökkenés az ileumban (10)

## FUMONISIN B1 MAY ALTER DIGESTIVE AND ABSORPTIVE PROCESSES OF NUTRIENTS

In the small intestine, crypts are responsible for the turnover of villus cell while villi are responsible for the absorption of nutrients. High villus is an indicator of a substantial absorption surface while flat crypts mean normal villus cell turnover. Both are worthwhile, and this is designated by high villus to crypt ratio (V:C) (Gao *et al.*, 2008). Cells from the intestinal crypts are responsible for enterocyte renewal and crypt depth is positively related with proliferative rate that can be measured by Ki-67 staining (Willing and Van Kessel, 2007).

Rauber *et al.* (2013) found morphologic changes in the small intestine of broilers receiving 100 or 200 mg/kg FB<sub>1</sub> diet for 28 days, and this was exhibited by the significant reduction on villus height (VH) and villus-to-crypt ratio (V:C), but no changes in crypt depth (CD). A 42-day trial involving weanling piglets exposed to 30 mg/g FB<sub>1</sub> resulted in intestinal villous fusion and atrophy (Piva *et al.*, 2005). Furthermore, it was demonstrated that ingestion of 6 ppm of FB<sub>1</sub> induced morphological and histological alterations in the intestine, with atrophy and fusion of the villi, decreased villi height and cell proliferation in the jejunum, and reduced numbers of goblet cells and lymphocytes (Lalles *et al.*, 2009; Bracarense *et al.*, 2012). A very recent study also reported a reduction in VH which in turn, reduced the percentage of cells positive to Ki-67 staining when nursery piglets were exposed to a combination of 180 µg/kg AF, 9 mg/kg FB<sub>1</sub> and 1 mg/kg DON for 48 days. The authors of this study explained this out-turn as the mycotoxins' potentiality to impair crypt cell proliferation (Kim *et al.*, 2019). Interestingly, others found a rather increment in ileal VH following a 9-day exposure of piglets to FB<sub>1</sub>-rich diet which unfortunately, the authors could not explain (Lessard *et al.*, 2009).

The Ussing Chamber (UC) is used to study all epithelial tissues electrophysiologically, and some of the parameters that can be investigated are transepithelial electrical potential or short-circuit current (Isc). The Isc is induced by sodium absorption (Na<sup>+</sup>) and chloride (Cl<sup>-</sup>) ion secretion. Isc measurement is a remarkable indicator of the transport of sugar or amino acid, as many nutrients are transported by carrier systems and are normally transported with Na<sup>+</sup> (Grenier, 2013). Lessard *et al.* (2009) in their work, demonstrated how FB<sub>1</sub> can modulate some aspects of jejunal absorptive and secretory physiology without necessarily altering epithelial barrier function. The authors found a delayed increase in basal Isc of jejunal mucosa in UC for FB<sub>1</sub>-treated pigs relative to the controls. This was explained by the increase in spontaneous trans-mucosal net ion transport, for example by Na<sup>+</sup> and (or) Cl<sup>-</sup> channel processes (Li *et al.*, 2004).

Digestive enzymes are crucial for digesting dietary nutrients such as starch, fat, and proteins and any interference to the production of enzymes and/or activity is consequential to GIT dysfunctions. Again, Lessard *et al.* (2009) highlighted a significant reduction of alkaline phosphatase and aminopeptidase N enzyme activity and suggested this may have interfered with the digestion of proteins and peptides in the FB<sub>1</sub>-rich (*in vitro* culture of the high-FB<sub>1</sub>-producing *F. verticillioides* strain NRRL 34281) extract group. These changes can be a key factor attributable to villi morphology (Grenier, 2013). Details of this phenomena was however not shown in their work. Moreover, it was theorized that the intake of FB<sub>1</sub>-rich extract

may result in alterations in the regulation of sodium-dependent glucose absorption and the basal and induced secretory properties of the intestinal mucosa. Although no alterations were evidence in barrier function of the pigs, the authors did not rule out such an occurrence should the exposure period be longer than 9 days as in this experiment (Lessard et al., 2009).

Due to their distinctive ability to inhibit sphingolipid metabolism, FB<sub>1</sub> alters the function of cell membrane and lipid packing (Ferrante et al., 2002). Exposure of pigs to FB<sub>1</sub> (1.5 mg/kg BW) for 7 days resulted in a significant increase in the concentration of Sa and So and a decrease in the total glycolipid content as well as alteration in the jejunal glycolipid composition, whereas no changes were observed in the duodenum and ileum (Loiseau et al., 2007).

It is evidenced that animal growth is not always or, only moderately impaired by the presence of mycotoxins in the gut. However, it has to be pointed out that interference of these fungal metabolites with key processes of digestion and absorption often results in impaired intestinal functions (Grenier, 2013). On the whole, FB<sub>1</sub> still remains a crucial fungal toxin whose toxic activities on the digestive and absorptive functions of the GIT must be well investigated.

## FUMONISIN B1 INTERFERES WITH IMMUNE STATUS OF THE GIT

The immune system of animals is made up of the gut-associated lymphoid tissues (GALT; Peyer's patches, mesenteric lymph nodes, caecal tonsils) in specific tissues where cells that have immunocompetence can effectively produce a specific immune response. Concomitantly, early and immediate responses are provided locally along the length of the intestinal tract where mucus, intraepithelial immune cells and intestinal epithelial cells (IECs) play essential role as sentries and defenders (Grenier, 2013). Cytokines, as generally referred, are a class of signaling molecules that transmit and control innate and acquired immunity and, inflammation and repair. They consist of a large group of proteins, glycoproteins or peptides produced by specific cells of the immune system to effect immune response via autocrine, endocrine and paracrine pathways (Chung, 2001). Mycotoxins, as stated early on, target the intestinal epithelium by affecting the proteins and peptides that serve vital functions in the immune system and host metabolism (Grenier, 2013).

It has been stressed that FB<sub>1</sub> has a controlling influence on animals by increasing interleukin (IL)-10 (IL-10) and IL-4 mRNA levels in the spleen of Balb/c mice alongside a decrease in mRNA levels of interferon (IFN)-gamma (IFN- $\gamma$ ) and tumor necrosis factor- alpha (TNF- $\alpha$ ) relative to animals in the control group (Abbès et al., 2016). In poultry species, FB<sub>1</sub> could significantly inhibit the expression of IL-1 $\beta$ , IL-2, IFN- $\alpha$  and IFN- $\gamma$  when broilers were exposed to 15 mg FB<sub>1</sub> per kg for 3 weeks (Cheng et al. 2016). Whether or not in combination with aflatoxin B1 (AFB1), FB<sub>1</sub> increased levels of IL-4 and decreased levels of IL-10 in spleen mononuclear cells (SMC) in an *in vivo* studies performed with rats (Theumer et al., 2002, 2003). Furthermore, other studies have shown how FB affect the functions of monocytes, morphological and functional changes of macrophages and enhancing susceptibility to infectious diseases (Qureshi and Hagler, 1992; Dugyala et al., 1998; Meli et al., 2000). In addition, Ferrante et al. (2002) showed in an *in vitro* studies performed with macrophages J774A.1 how FB<sub>1</sub> decreased microviscosity by increasing

membrane fluidity. The authors in further detail reported IFN- $\gamma$  alone inhibited the fluid-phase endocytosis in J774A.1 cells and was able to exert its effect also in the presence of FB<sub>1</sub>. It has already been reported elsewhere that IFN- $\gamma$  inhibits both fluid-phase and receptor-mediated endocytosis in mouse peritoneal macrophages (Konopski *et al.*, 1995; Montaner *et al.*, 1999). Furthermore, Tavasoly *et al.* (2013) found that FB<sub>1</sub> can induce inflammation and infiltration of inflammatory cells such as lymphocytes in gastric gland parenchyma and attributed this to the chemotactic effects of necrotic cells and activated inflammatory cells.

Interleukin-8 (IL-8) is known to play an essential role in lymphocyte and neutrophil infiltration to the regional inflammation site (Dinarelo, 1997). In both *in vivo* and *in vitro* studies on ileal samples, it was shown that FB<sub>1</sub> could decrease IL-8 expression at the mRNA and protein level in a dose-dependent manner (Bouhet *et al.*, 2006). Other works have affirmed this phenomenon (Mahmoodi *et al.*, 2012; Minervini *et al.*, 2014). In fact, reduction and inhibition of IL-8 expression suggest that FB<sub>1</sub> in the host intestine can reduce lymphocyte and polymorph cell migration to the inflammatory regions. Such reduction could be responsible for a low number of polymorphonuclear leukocytes (PMNs) engaged in modulating infection sites, thus leading to the ineffective elimination of pathogens from the gut (Brazil *et al.*, 2013). Furthermore, Sharma *et al.* (2006) showed that FB<sub>1</sub> could increase the mRNA expression of TNF- $\alpha$  and IL-1 $\alpha$  in mice peripheral blood. On another account, Bhandari *et al.* (2002) demonstrated that subcutaneous injection of FB<sub>1</sub> in mice could increase TNF- $\alpha$  and IL-1 $\beta$  in kidney and liver tissues.

Inhibitors of CerS activity have been shown to suppress T-dependent immune response (cluster of differentiation (CD) 3 (CD3), CD4, CD8, CD45), which inhibits DNA synthesis, also modifying T-lymphocyte surface antigen expression (Martinova, 1998). Piva *et al.* (2005) revealed severe infiltration of lymphocytes and monocytes; moderate infiltration of eosinophils and presence of submucosal nodular lymphoid aggregates in weanling piglets exposed to 30ppm dose of FB<sub>1</sub> over a period of 42 days. In another study, Devriendt *et al.* (2009) showed that FB<sub>1</sub> is capable of reducing the induction of an antigen-specific intestinal immune response following oral F4 fimbriae (surface protein of Enterotoxigenic *Escherichia coli*, ETEC) immunization. The authors indicated how key steps involved in immune response were altered in the intestines of FB<sub>1</sub>-exposed piglets. They highlighted impairment in the T-cell stimulatory capacity and attributed this to the effects on antigen-presenting cells (APC). APC are essential in connecting innate and acquired immune responses via uptake of antigen in the lamina propria, maturation and migration to GALT, and interaction in these areas with T-cells. In their study, the ineffectiveness of MHC-II (Major Histocompatibility Class-II), CD80/86, and IL-12p40 expression might explain the low response of intestinal APC from FB<sub>1</sub>-exposed animals to F4 stimulation. Out-turn of this was the ineffectiveness of APC cells to communicate and stimulate intestinal T-cells which ultimately may have resulted in defective production of specific immunoglobulin (Grenier, 2013).

Furthermore, it is evidenced that extraintestinal pathogenic *Escherichia coli* (ExPEC) under normal conditions can persist in the large intestine of pigs but can colonize the gut and translocate to internal organs following a defective immune response. Thus, the impaired immune response observed after FB<sub>1</sub> exposure in the work of Devriendt *et al.* (2009) may be attributable to the translocation of ExPEC to lungs, liver and spleen.

## FUMONISIN B1 POTENTIALLY ALTERS THE INDIGENOUS MICROBIAL COMMUNITY OF THE GIT

The extensive efforts over the years to investigate the ecology of the gastrointestinal microbiota (GIM) are undoubtedly due to the tremendous benefits these organisms confer on their hosts (Luckey, 1972). The GIM represents an ensemble of microorganisms including bacteria, viruses and fungi that harbor the GI tracts of living organisms and play key role in host's nutrient absorption, immune system and epithelium development. These microbes serve as natural defense against pathogen colonization and guarantee good animal health (Zoetendal et al., 2004). Valuable studies have shown that the GIM could influence many metabolic steps and affect many aspects of host physiology, including nutritional status (presence of mycotoxins) and stress responses (Lankelma et al., 2015). An important factor in maintaining animal health is an adequate composition of the intestinal microbiota, as well as the quantitative and qualitative integrity of the gut ecosystem. Data on the effects of mycotoxins on the GIM are reported to be lacking. For the most part, FB<sub>1</sub> have been gaining considerable interest in mycotoxicology latterly.

Bacterial counting of aerobic and anaerobic cultivable-indicators can be used to determine the impact of mycotoxins on the microbiota. In a growing pig for instance, the GIT is colonized by a highly diverse consortium and about 90% of the bacterial community OTUs (Operational Taxonomic Units) are of the phyla Firmicutes and Bacteroidetes; dominated by the Lactobacillaceae, Lachnospiraceae, Ruminococcaceae and Prevotellaceae families and, *Lactobacillus*, *Prevotella* and *Blautia* genera (Mateos et al., 2018). Utilizing the capillary electrophoresis single-stranded conformation polymorphism (CE-SSCP), Burel et al. (2013) reported that chronic exposure to 11.8 ppm of FB (FB<sub>1</sub>+FB<sub>2</sub>) transiently affected the balance of the digestive microbiota of pigs. The authors showed that FBs could reduce the fecal microbiota SSCP profiles of treated animals compared to untreated animals. Besides, after the co-contamination of FB<sub>1</sub> and Salmonella, the authors described what happened next as transient, but faster and more intense than that observed in the exposed group.

In a recent 4-week experiment to investigate the dynamic effects of FB<sub>1</sub> (12 mg/kg feed) exposure to young weaned pigs' fecal microbiota, Mateos et al. (2018) discovered pronounced effects of FB<sub>1</sub> on fecal microbiota and, it occurred after 22 days of exposure in the diet. After 29 days, the effect was alleviated albeit differences existed in the taxa relative abundance in both the treated and control groups. In addition, there was a significant increment or abundance of *Lactobacillus*, which was also the case of an *in vitro* study to investigate the interaction between FB<sub>1</sub> and caecal microorganisms in pigs (Dang et al., 2017). Recently, some researchers found *Lactobacillus brevis*, *L. plantarum*, *L. pentosus* and some yeasts can degrade FB<sub>1</sub> (Zhao et al., 2016; Tuppia et al., 2017). Zhao et al. (2016) explain the underlying mechanism of *Lactobacillus* to remove FB<sub>1</sub> as a process of physical adsorption involving differing constituents of cell wall. Further with the aspect of degradation, Kim et al. (2019) reported an increase of Lactobacillaceae family proportion in the intestinal microbiome of mycotoxin-fed (AF, FB, and DON) pigs as well as an increase of gram-positive bacteria (known to effectively degrade DON) such as *Turicibacter sanguinis* and *Clostridium* sp. when yeast cell wall enzyme

(YCWE) was added to the diets of the pigs. These observations were explained as a sign of induced adaptation of the microbiome and of the pigs themselves to better handle mycotoxin insults. Although this latter study involves a combination of FB<sub>1</sub> and two other major mycotoxins, it still provides a decent amount of evidence that FB<sub>1</sub> potentially modifies the host's control of its symbiotic microbial community. By the way, co-contamination of mycotoxins in agricultural products is not uncommon and continues to pose a huge threat to food/feed safety and health of humans and animals.

## CONCLUSION

This review has highlighted some crucial effects that FB<sub>1</sub> can have on key aspects of GIT functionality. As discussed above, it is apparent that FB<sub>1</sub> is capable of interfering with the gut barrier functions, digestive and absorptive functions, immune functions and the composition of the gut microbiome of the GIT. With respect to the latter, there is significant knowledge gap regarding FB<sub>1</sub> potential adverse effects. With this realization, it is dire for researches to be geared towards these key aspects of GI functionality; to better understand how, and to what extent toxicity of FB/FB<sub>1</sub> especially influence the microbial population and diversity of the host and certainly, the overall GIT functionality.

## REFERENCES

- Abbès, S. - Ben Salah-Abbès, J. - Jebali, R. - Younes, R. B. - Oueslati, R. (2016): Interaction of aflatoxin B<sub>1</sub> and fumonisin B<sub>1</sub> in mice causes immunotoxicity and oxidative stress: possible protective role using lactic acid bacteria. *J. Immunotoxicol.*, 13. 46–54.
- Akbari, P. - Braber, S. - Varasteh, S. - Alizadeh, A. - Garssen, J. - Fink-Gremmels, J. (2017): The intestinal barrier as an emerging target in the toxicological assessment of mycotoxins. *Arch. Toxicol.*, 91. 1007–1029.
- Bane, D. P. - Neumann, E. J. - Hall, W. F. - Harlin, K. S. - Slife, R. L. (1992): Relationship between fumonisin contamination of feed and mystery of swine disease. *Mycopathologia*, 117. 121–124.
- Bhandari, N. - Raghuram, P. - Sharm, A. (2002): Modulation of selected cell signaling genes in mouse liver by fumonisin B<sub>1</sub>. *Chem. Biol. Interact.*, 139. 317–331.
- Binder, E.M. (2007): Managing the risk of mycotoxins in modern feed production. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 133. 149–166.
- Bischoff, S. C. - Barbara, G. - Buurman, W. - Ockhuizen, T. - Schulzke, J. D. - Serino, M. - Tilg, H. - Watson, A. - Wells, J. M. (2014): Intestinal permeability: a new target for disease prevention and therapy, *BMC Gastroenterology*, 14. 189.
- Bouhet, S. - Hourcade, E. - Loiseau, N. - Fikry, A. - Martinez, S. - Roselli, M. - Galtier P. - Mengheri, E. - Oswald, I. P. (2004): The mycotoxin fumonisin B<sub>1</sub> alters the proliferation and the barrier function of porcine intestinal epithelial cells. *Toxicol. Sci.*, 77. 165–171.
- Bouhet, S. - Le Dorze, E. - Peres, S. - Fairbrother, J. M. - Oswald, I. P. (2006): Mycotoxin fumonisin B<sub>1</sub> selectively down-regulates the basal IL-8 expression in pig intestine: *in vivo* and *in vitro* studies. *Food Chem. Toxicol.*, 44. 1768–1773.
- Bouhet, S. - Oswald, I. P. (2007): The intestine as a possible target for fumonisin toxicity. *Mol. Nutr. Food Res.*, 51. 925–931.
- Bracarense, A. P. - Luciolli, J. - Grenier, B. - Pacheco, G. D. - Moll, W. D. - Schatzmayr, G. - Oswald, I. P. (2012): Chronic ingestion of deoxynivalenol and fumonisin, alone or in interaction,

- induces morphological and immunological changes in the intestine of piglets. *Br. J. Nutr.*, 107. 1776–1786.
- Brazil, J. C. - Louis, N. A. - Parkos, C. A. (2013): The role of polymorphonuclear leukocyte trafficking in the perpetuation of inflammation during inflammatory bowel disease. *Inflamm. Bowel Dis.*, 19. 1556–1565.
- Burel, C. - Tanguy, M. - Guerre, P. - Boilletot, E. - Cariolet, R. - Queguiner, M. - Postollec, G. - Pinton, P. - Salvat, G. - Oswald, I. P. - Fravallo, P. (2013): Effect of low dose of fumonisins on pig health: immune status, intestinal microbiota and sensitivity to Salmonella. *Toxins*, 5. 841–864.
- Capaldo, C. T. - Farkas, A. E. - Nusrat, A. (2014): Epithelial adhesive junctions. *F1000Prime Rep.*, 6. 1.
- Chen, X. - Naehrer, K. - Applegate, T. J. (2016): Interactive effects of dietary protein concentration and aflatoxin B1 on performance, nutrient digestibility, and gut health in broiler chicks, *Poult. Sci.*, 95. 1312–1325.
- Chiba, H. - Osanai, M. - Murata, M. - Kojima, T. - Sawada, N. (2008): Trans-membrane proteins of tight junctions. *Biochim. Biophys. Acta.*, 1778. 588–600.
- Chung, K. F. (2001): Cytokines in chronic obstructive pulmonary disease. *Eur. Respir. J. Suppl.*, 34. 50–59.
- Conway, P. (1994): Function and regulation of the gastrointestinal microbiota of the pig. In: *Proceedings of the VIth International Symposium on Digestive Physiology in Pigs*, Eds: Souffrant, W. - Hagemeister, H., Dummerdorf, 231-240.
- Dang, H. A. - Zsolnai, A. - Kovács, M. - Bors, I. - Bónai, A. - Bóta, B. - Szabó-Fodor, J. (2017): In vitro interaction between fumonisin B1 and the intestinal microflora of pigs. *Pol. J. Microbiol.*, 66. 245-250.
- Devriendt, B. - Gallois, M. - Verdonck, F. - Wache, Y. - Bimczok, D. - Oswald, I. P. - Goddeeris, B. M. - Cox, E. (2009): The food contaminant fumonisin B1 reduces the maturation of porcine CD11R1(+) intestinal antigen presenting cells and antigen-specific immune responses, leading to a prolonged intestinal ETEC infection. *Vet. Res.*, 40. 40.
- Dinarelli, C. A. (1997): Proinflammatory and anti-inflammatory cytokines as mediators in the pathogenesis of septic shock. *Chest.*, 112. 321-329.
- Dugyala, R. R. - Sharma, R. P. - Tsunoda, M. - Riley, T. R. (1998): Tumor necrosis factor- $\alpha$  as a contributor in fumonisin B1 toxicity. *J. Pharmacol. Exp. Ther.*, 285. 317–324.
- Edrington, T. S. - Kamps-Holtzapfel, C. A. - Harvey, R. B. - Kubena, L. F. - Elissalde, M. H. - Rottinghaus, G. E. (1995): Acute hepatic and renal toxicity in lambs dosed with fumonisin-containing culture material. *J. Anim. Sci.*, 73. 508–515.
- Ferrante, M. C. - Meli, R. - Mattace Raso, G. - Esposito, E. - Severino, L. - Di Carlo, G. - Lucisano, A. (2002): Effect of Fumonisin B1 on structure and function of macrophage plasma membrane. *Toxico. Let.*, 129. 181–187.
- Fink, J. - Koo, B. K. (2016): Clonal evolution of stem cells in the gastrointestinal tract. In: *Advances in experimental medicine and biology: Stem cells, pre-neoplasia, and early cancer of the upper gastrointestinal tract*. Eds.: Jansen, M. - Wright, N., Springer, 11–25.
- Gao, J. - Zhang, H. J. - Yu, S. H. - Wu, S. G. - Yoon, J. - Quigley, J. - Gao, Y. P. - Qi, G. H. (2008): Effects of yeast culture in broiler diets on performance and immunomodulatory functions. *Poult. Sci.*, 87. 1377–1384.
- Gelderblom, W. C. A. - Jaskiewicz, K. - Marasas, W. F. O. - Thiel, P. G. - Horak, R. - Vleggaar, R. - Kriek, N. P. J. (1988): Fumonisin novel mycotoxins with cancer promoting activity produced by *Fusarium moniliforme*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 54. 1806–1811.
- Gelineau-Van Waes, J. - Voss, K. A. - Stevens, V. L. - Speer, M. C. - Riley, R. T. (2009): Maternal fumonisin exposure as a risk factor for neural tube defects. *Adv. Food Nutr. Res.*, 56. 145–181.
- Grenier, B. - Applegate, T. (2013): Modulation of intestinal functions following mycotoxin ingestion: Meta-analysis of published experiments in animals. *Toxins*, 5. 396–430.



- Haschek, W. M. - Motelin, G. - Ness, D. K. - Harlin, K. S. - Hall, W. F. - Vesonder, R. F. - Peterson, R. E. - Beasley, V. R. (1992): Characterization of fumonisin toxicity in orally and intravenously dosed swine. *Mycopathologia*, 117. 83–96.
- Howard, P. C. - Eppley, R. M. - Stack, M. E. - Warbritton, A. - Voss, K. A. - Lorentzen, R. J. - Kovach, R. M. - Bucci, T. J. (2001): Fumonisin B1 carcinogenicity in a two-year feeding study using F344 rats and B6C3F1 mice. *Environ. Health Perspect.*, 2. 277–282.
- International Agency for Research in Cancer (2002): Some traditional herbal medicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene. IARC Monographs on the Evaluation of Cracinogenic Risks to Humans, 82. IARC, Lyon.
- Islami, F. - Kamangar, F. - Nasrollahzadeh, D. - Møller, H. - Boffetta, P. - Malekzadeh, R. (2009): Oesophageal cancer in Golestan Province, a high-incidence area in Northern Iran: a review. *Eur. J. Cancer*, 45. 3156–3165.
- Kelly, J. R. - Kennedy, P. J. - Cryan, J. F. - Dinan, T. G. - Clarke, G. - Hyland, N. P. (2015): Breaking down the barriers: the gut microbiome, intestinal permeability and stress-related psychiatric disorders. *Front. Cell Neurosci.*, 9. 392.
- Kim, S. W. - Holanda, D. M. - Gao, X. - Park, I. - Yiannikouris, A. (2019): Efficacy of a yeast cell wall extract to mitigate the effect of naturally co-occurring mycotoxins contaminating feed ingredients fed to young pigs: impact on gut health, microbiome and growth. *Toxins*, 11. 1–30.
- Konopski, Z. - Fandrem, J. - Sejelid, R. - Eskeland, T. (1995): Interferon-gamma inhibits endocytosis of soluble animated beta-1,3-D-glucan and neutral red in mouse peritoneal macrophages. *J. Interferon Cytokine Res.*, 15. 597–603.
- Lalles, J. P. - Lessard, M. - Boudry, G. (2009): Intestinal barrier function is modulated by short-term exposure to fumonisin B1 in Ussing chambers. *Vet. Res. Commun.*, 33. 1039–1043.
- Lambert, D. - Padfield, P. J. - McLaughlin, J. - Cannell, S. - O'Neill, C. A. (2007): Ochratoxin A displaces claudins from detergent resistant membrane microdomains. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 358. 632–636.
- Lankelma, J. M. - Nieuwdorp, M. - De Vos, W. M. - Wiersinga, W. J. (2015): The gut microbiota in internal medicine: implications for health and disease. *Neth. J. Med.*, 73. 61–68.
- Lessard, M. - Boudry, G. - Sève, B. - Oswald, I. P. - Lallès, J. P. (2009): Intestinal physiology and peptidase activity in male pigs are modulated by consumption of corn culture extracts containing fumonisins. *J. Nutr.*, 139. 1303–1307.
- Li, H. - Sheppard, D. N. - Hug, M. J. (2004): Transepithelial electrical measurements with Ussing chamber. *J. Cyst. Fibros.*, 3. 123–126.
- Loiseau, N. - Debrauwer, L. - Sambou, T. - Bouhet, S. - Miller, J. D. - Martin, P. G. - Viadère, J. L. - Pinton, P. - Puel, O. (2007): Fumonisin B1 exposure and its selective effect on porcine jejunal segment: sphingolipids, glycolipids and trans-epithelial passage disturbance. *Biochem. Pharmacol.*, 74. 144–152.
- Lorenzoni, G. (2010): Poultry diseases influenced by gastrointestinal health: Traditional treatments and innovative solutions. In: *Poultry diseases influenced by gastrointestinal health: Traditional treatments and innovative solutions*, Nottingham University Press: Loughborough, UK. 1–140.
- Luckey, T. D. (1972): Introduction to intestinal microecology. *Am. J. Clin. Nutr.*, 25. 1292–1294.
- Mahmoodi, M. - Alizadeh, A. M. - Sohanaki, H. - Rezaei, N. (2012): Impact of fumonisin B1 on the production of inflammatory cytokines by gastric and colon cell lines. *Iran. J. Allergy Asthm.*, 11. 165–173.
- Martinova, E. A. (1998): Influence of sphingolipids on T lymphocyte activation. *Biochemistry (Mosc.)*, 63. 102–110.
- Mateos, I. - Combes, S. - Pascal, G. - Cauquil, L. - Barilly, C. - Cossalter, A. M. - Laffitte, J. - Botti, S. - Pinton, P. - Oswald, I. P. (2018): Fumonisin-exposure impairs age-related ecological succession of bacterial species in weaned pig gut microbiota. *Toxins*, 10. 1–14.

- Meli, R. - Ferrante, M. C. - Mattace Raso, G. - Cavaliere, M. - Di Carlo, R. - Lucisano, A. (2000): Effect of fumonisin B1 on inducible nitric oxide synthase and cyclooxygenase-2 in LPS-stimulated J774A.1 cells. *Life Sci.*, 67. 2845–2853.
- Merrill, A. H. - Sullards, M. C. - Wang, E. - Voss, K. A. - Riley, R. T. (2001): Sphingolipid metabolism: Roles in signal transduction and disruption by fumonisins. *Environ. Health Perspect.*, 109. 283–289.
- Minervini, F. - Garbetta, A. - D'antuono, I. - Cardinali, A. - Martino, N. A. - Debellis, L. (2014): Toxic mechanisms induced by fumonisin B1 mycotoxin on human intestinal cell line. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 67. 115–123.
- Montaner, L. J. - Da Silva, R. P. - Sun, J. - Sutterwala, S. - Hollinshead, M. - Vaux, D. - Gordon, S. (1999): Type 1 and type 2 cytokine regulation of macrophage endocytosis: differential activation by IL-4/IL-13 as opposed to IFN- $\gamma$  or IL-10. *J. Immunol.*, 162. 4606–4613.
- Oswald, I. P. - Desautels, C. - Laffitte, J. - Fournout, S. - Peres, S. Y. - Odin, M. - Le Bars, P. - Le Bars, J. - Fairbrother, J. M. (2003): Mycotoxin fumonisin B1 increases intestinal colonization by pathogenic *Escherichia coli* in pigs. *Appl. Environ. Microbiol.*, 69. 5870–5874.
- Piva, A. - Casadei, G. - Pagliuca, G. - Cabassi, E. - Galvano, F. - Solfrizzo, M. - Riley, R. T. - Diaz, D. E. (2005): Activated carbon does not prevent the toxicity of culture material containing fumonisin B1 when fed to weanling piglets. *J. Anim. Sci.*, 83. 1939–1947.
- Qureshi, M. A. - Hagler, W. M. (1992): Effect of fumonisin B1 exposure on chicken macrophage function *in vitro*. *Poult. Sci.*, 71. 104–112.
- Rauber, R. H. - Oliveira, M. S. - Mallmann, A. O. - Mallmann, C. A. - Giacomini, L. Z. - Nascimento, V. P. (2013): Effects of fumonisin B1 on selected biological responses and performance of broiler chickens. *Pesq. Vet. Bras.*, 33. 1081–1086.
- Romero, A. - Ares, I. - Ramos, E. - Castellano, V. - Martínez, M. - Martínez-Larrañaga, M. R. - Anadon, A. - Martínez, M. A. (2016): Mycotoxins modify the barrier function of Caco-2 cells through differential gene expression of specific claudin isoforms: Protective effect of illite mineral clay. *Toxicology*, 353–354. 21–33.
- Schneeberger, E. E. - Lynch, R. D. (2004): The tight junction: a multifunctional complex. *Am. J. Physiol. Cell Physiol.*, 286. 1213–1228.
- Sharma, N. - He, Q. - Sharma, R. P. (2006): Amelioration of fumonisin B1 hepatotoxicity in mice by depletion of T cells with anti-Thy-1.2. *Toxicology*, 223. 191–201.
- Smith, G. W. - Constable, P. D. - Smith, A. R. - Bacon, C. W. - Meredith, F. I. - Wollenberg, G. K. - Haschek, W. M. (1996): Effects of fumonisin-containing culture material on pulmonary clearance in swine. *Am. J. Vet. Res.*, 57. 1233–1248.
- Tavasoly, A. - Kamyabi-Moghaddam, Z. - Alizade, A. - Mohaghghi, M. - Amininajafi, F. - Khosravi, A. - Rezaeian, M. - Solati, A. (2013): Histopathological changes of gastric mucosa following oral administration of fumonisin B1 in mice. *Comp. Clin. Pathol.*, 22. 457–460.
- Theumer, M. G. - Lopez, A. G. - Masih, D. T. - Chulze, S. N. - Rubinstein, H. R. (2002): Immunobiological effects of fumonisin B1 in experimental subchronic mycotoxicoses in rats. *Clin. Diagn. Lab. Immunol.*, 9. 149–155.
- Theumer, M. G. - Lopez, A. G. - Masih, D. T. - Chulze, S. N. - Rubinstein, H. R. (2003): Immunobiological effects of AFB1 and AFB1–FB1 mixture in experimental subchronic mycotoxicoses in rats. *Toxicology*, 186. 159–170.
- Tsukita, S. - Furuse, M. - Itoh, M. (2001): Multifunctional strands in tight junctions. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.*, 2. 285–293.
- Tuppia, C. M. - Atanasova-Penichon, V. - Chéreau, S. - Ferrer, N. - Marchegay, G. - Savoie, J. M. - Richard-Forget, F. (2017): Yeast and bacteria from ensiled high moisture maize grains as potential mitigation agents of fumonisin B1. *J. Sci. Food Agric.*, 97. 2443–2452.
- Willing, B. P. - Van Kessel, A. G. (2007): Enterocyte proliferation and apoptosis in the caudal small intestine is influenced by the composition of colonizing commensal bacteria in the neonatal gnotobiotic pig. *J. Anim. Sci.*, 85. 3256–3266.

- Yamazoe, Y. - Koyama, N. - Kumagai, S. (2017):* Possible role of phosphatidylcholine and sphingomyelin on fumonisin B1-mediated toxicity. *Food Safety*, 5. 75–97.
- Zhao, H. - Wang, X. - Zhang, J. - Zhang, B. (2016):* The mechanism of lactobacillus strains for their ability to remove fumonisins B1 and B2. *Food Chem. Toxicol.*, 97. 40–46.
- Zoetendal, E. G. - Cheng, B. - Koike, S. - Mackie, R. I. (2004):* Molecular microbial ecology of the gastrointestinal tract: from phylogeny to function. *Curr. Issues Intest. Microbiol.*, 5. 31–47.

Érkezett: 2019. december

*A szerzők címe:* Zeebone Y. Y.<sup>1,2</sup> – Kovács M.<sup>1,2</sup> – Halas V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kaposvári Egyetem Agrár- és Környezettudományi Kar

<sup>2</sup>MTA-KE-SZIE Mikotoxinok az élelmiszerláncban Kutatócsoport

*Authors' address:* <sup>1</sup>Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences

<sup>2</sup>MTA-KE-SZIE Mycotoxins in the Food Chain Research Group

H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

yarsminyunuszee3@gmail.com

# LINEÁRIS BÍRÁLATI RENDSZER KIALAKÍTÁSA A FURIOSO-NORTH STAR FAJTÁBAN

GERGELY ZITA – PONGRÁCZ LÁSZLÓ – SZABÓ FERENC

## ÖSSZEFOGLALÁS

Az elmúlt 20-25 évben a lovak esetében is egyre gyakoribbá vált a lineáris bírálati módszer alkalmazása a küllem és a mozgás értékelésére. Az ezzel kapcsolatos tudományos munkákat feldolgozva elmondható, hogy a módszer sikeresen alkalmazható fajtától, egyedszámtól, típustól, stb. függetlenül. Használatával új utak, lehetőségek nyílnak meg az egyedek vagy akár ménvonalak, kancacsaládok értékelésében, tenyészték-becslésében, hiszen más megközelítést alkalmazva értékeli a lovak küllemét és mozgását, mint a jelenleg jobban elterjedt pontozásos módszer. A szerzők a furioso-north star esetében, a korábbi munkák alapján és a jelenlegi bírálati módszert is figyelembe véve, egy lineáris bírálati rendszert alkottak, melyet jelen munkában mutatnak be.

## SUMMARY

*Gergely, Z. – Pongrácz, L. – Szabó, F.:* DEVELOPMENT OF LINEAR TYPE EVALUATION SYSTEM IN THE FURIOSO-NORTH STAR HORSE BREED

In the last 20-25 years the use of linear type evaluation of conformation and movement became more frequent in the case of horses. After studying the scientific papers about different researches relating to this topic, it can be stated, that the method can be applied successfully regardless of breed, number of individuals, type, etc. By using this method new ways and opportunities are open in rating or estimating the breeding value of an individual, a sire line or a mare family, because it evaluates the horses' exterior and movement in a different point of view, better than the currently popular scoring method. Based on previous scientific studies and also considering the current evaluation method, a linear evaluation system was created for the Furioso-North Star. The method is presented in this study.

## BEVEZETÉS

A furioso-north star egyike azon magyar lófajtáknak, melyeket nemzeti kincsé nyilvánítottak és amely létszámát tekintve jelenleg veszélyeztetettnek minősül (*Furioso – North Star Lótenyésztő Országos Egyesület*, 2008). Kialakulása, melyben az angol telivér jelentős szerepet játszott, a 19. századra vezethető vissza (*Mihók és Bodó*, 2012). A furioso nemes, középnehéz hámos és hátas típus, hasznosítása manapság leginkább a sportban (fogathajtás, díjugratás, díjlovaglás, voltizs) történik. A fajta fenntartása nem csak sokoldalú hasznosíthatósága, hanem jelentős genetikai értéke miatt is fontos. Egyes kancacsaládok, mérvonalak, illetve egyedek családfája egészen a fajta kialakulásának kezdetéig vezethető vissza. Ezért törekednünk kell arra, hogy szelekciójukhoz mindig a leghatékonyabb módszereket használjuk, így megőrizve a fajtát. Ezt a célt segíti elő a tenyészállományok értékelése, mely folyamatnak fontos része a küllemi bírálat. A küllem a forma és a funkció közötti kapcsolat, mivel egy ló fizikai felépítése meghatározza mozgását és azt, hogy mennyire tud ellenállni a különböző stresszhatásoknak (*McIlwraith és mtsai*, 2003; *Saastamoinen és Barrey*, 2000). Manapság nagy hangsúlyt fektetnek a funkcionális küllemre, mint a megbízhatóság (hosszú hasznos élettartam) és teljesítmény indirekt szelekciójának eszközére, ugyanis a különböző kívánatos és hibás küllemi tulajdonságok kifejezetten jól öröklődhetnek (*Seidlitz és mtsai*, 1991; *Van Bergen és Van Arendonk*, 1993; *Koenen és mtsai*, 1995; *Zechner és mtsai*, 2001; *Molina és mtsai*, 2003; *Pretorius és mtsai*, 2004; *Stock és Distl*, 2006; *Rustin és mtsai*, 2009).

A küllem leírásának lineáris módszerét szarvasmarhák esetében már 1967 óta sikeresen alkalmazzák (*Cassell és mtsai*, 1973; *Brem*, 1998). Lovaknál a küllem értékelésére különböző pontozásos módszerek alakultak ki és terjedtek el. Később némely lótenyésztő egyesület a lovaknál is bevezette a lineáris bírálatot (*Bodó*, 1992; *Samoré és mtsai*, 1997; *Brem*, 1998; *Novotni*, 2009; *Vostrý és mtsai*, 2012). Ennek úttörője a holland melegvérű (ismertebb nevén a KWPN, Koninklijk Warmbloed Paardenstamboek Nederland, Royal Warmblood Studbook of the Netherlands) fajta volt, ahol 1990 óta bírálnak ezzel a módszerrel, 1998-ban pedig további szempontokkal bővítették a már meglévőket, úgy mint a vágta és az ugrótulajdonságok leírása (*URL*,).

A lineáris bírálat során mindegyik vizsgált tulajdonságot egy lineáris skálán helyezik el a lehetséges két biológiai szélsőérték között (*Mawdsley és mtsai*, 1996). Az adott értékek azt fejezik ki, hogy az egyes tulajdonságok mennyiben térnek el az átlagtól (*Breen*, 2009). Napjainkban leggyakrabban 1-től 9-ig terjedő skálát alkalmaznak, az ideális küllemi alakulást azonban nem minden esetben a középérték (5) jelenti (*Cassell és mtsai*, 1973; *Posta*, 2012a, b; *URL*,). Ezzel a módszerrel a küllem sokkal pontosabban, illetve árnyaltabban írható le. Az értékek viszont nem adhatók össze, tehát az egyedek összehasonlítása (sorrendbe állítása) probléma, így a gyakorlat számára a szokásos pontozásos mellett célszerű egy ilyen rendszert alkalmazni (*Mihók*, 2004). A lineáris bírálati módszer előnye, hogy leíró információt ad azokról a tulajdonságokról, melyek fontosak a fajta szempontjából, így elősegíti azok ellenőrzését, megfigyelését, vizsgálatát (*Breen*, 2009). Miután ez a módszer inkább leír, mint bírál, így jobban felfedi az egyes állatok közötti különbségeket (*Rustin és mtsai*, 2009), illetve módot ad arra, hogy az állomány küllemi tulajdonságainak időbeni változásait követhessük.

Mének esetében ez a módszer előnyökkel járhat az ivadékok alapján történő tenyésztéértékelés, illetve egy adott egyednek a teljes populációval történő összehasonlítása során (*Samoré és mtsai, 1997; Breen, 2009*). A teljes populáció esetén, vagy ha egy mén megfelelő létszámú ivadékkal rendelkezik, az adatok értékelése tájékoztatást ad az egyes jellemzők tendenciájának alakulásáról is.

Jelen cikkünkben a furioso-north star fajta bírálataira kialakított lineáris típusú rendszert, illetve hazai körülmények közötti alkalmazhatóságát mutatjuk be

## A LINEÁRIS BÍRÁLATI MÓDSZER ALKALMAZÁSA KÜLÖNBÖZŐ LÓFAJTÁK ESETÉBEN

*Brem* 1998-ban megjelent könyvében négy különböző lineáris bírálati lapot mutatott be. Az első a Bajorországban több tenyésztőszervezet által is alkalmazott nyilvántartásba vételi lap. Az itt megjelenő lineáris értékelés viszonylag bonyolult. 20 bírálati szempontból áll és mindegyik esetében a bírálattal mellett lehetőség van az előforduló hibás küllemi alakulások jelölésére is. Azonban az egyes szempontok esetében az értékelő skála számszerű beosztása eltérő: van, ahol 0-5-ig, van, ahol 0-3-ig terjed.

Másodikként a bajor csikók értékelő lapját mutatta be. Itt az értékelés 12 pontban, 2-10-ig terjedő skálán történik és itt már csak a két biológiai szélsőértéket tüntetik fel, illetve néhány szempont esetében lehetőség van a hibás küllemi alakulások jelölésére. A bírálattal nem olyan részletes, a mozgást nem jármódonként értékeli, hanem összevonva, csak a mozgás szabályosságát és lendületét. Mivel csikókról van szó, így ez az egyszerűbb felépítés nem meglepő.

A harmadik értékelő lapot Svájcban használták 3 éves és idősebb lovak esetében. Ennek felépítése az előzővel megegyezik, de itt már a mozgásbírálattal együtt 24 szempont alapján értékeli a lovakat. A pontozás 1-9-ig terjed két szélsőérték között, valamint a hibás küllemi alakulások feljegyzésére is lehetőség nyílik, főleg a lábak esetében.

A negyedik példa a Dél-tiroli haflingi lovak értékelő lapja volt. Ezen a 34 bírálati szempont csoportosítva található és a pontozás sem egyforma: numerikus és alfabetikus értékelést is alkalmaznak. A szempontok alatt felsorolják a tulajdonságokat és ezekhez beosztva a pontszámokat, pl. váll hossza: nagyon rövid: 0-1-2, rövid: 3-4, közepesen hosszú: 5-6, hosszú: 7-8, túl hosszú: 9-10. Jellegzetessége, hogy külön értékeli a hosszú és a rövid szőrök színét, valamint az állatok jegyességének mértékét. Ez valószínűleg azzal indokolható, hogy a fajtára kifejezetten jellemző a sajátos pigmentáltsága, így ez náluk fontos szelekciós kritérium.

A haflingi lovak értékelésével *Samoré és mtsai (1997)* is foglalkoztak, azonban ezek olaszországi haflingiak voltak. A két bírálattal nagyrészt eltérő képet mutat. Míg a Dél-tiroli lovakat 34 szempont alapján, addig az olaszországiakat 26 szempont alapján bírálták. Az értékelő skála 1-10-ig terjed, két szélsőérték között. Néhány esetben azonban hasonlóságokat is találhatunk a két módszer között, ugyanis a szempontok mindkét esetben testtájanként vannak csoportosítva és mindkettő külön figyelmet fordít a lovak színére és jegyességének mértékére.

Kladrubi lovakkal kapcsolatban egy egész vizsgálatssorozat készült (*Jakubec és mtsai, 1999, 2007, 2009; Vostrý és mtsai, 2011, 2012*), mely a lineáris bírálaton alapszik. *Jakubec és mtsai (1999)* cikkének írása idején a fajtánál új tenyésztési program

kidolgozása volt folyamatban, melynek célja egy hatékonyabb tenyésztékbecslési módszer és egy új, lineáris típusú minősítési rendszer kialakítása volt. A módszer javítaná az egyedek, a ménvonalak és a kancacsaládok közötti eltérések leírását. A bíráló során 32 szempont alapján kell a lovakat értékelni. A szempontok testtájanként vannak csoportosítva, de e módszer mozgásbírálatot nem foglal magában. A pontozás 1-9-ig terjed. A törzs leírása a legrészletesebb, összesen 11 szempont, melyből 4 csak a mellkasra vonatkozik. Érdekes, hogy a paták közül csak az elülsőket értékelik. A vizsgálat során 214 egyedet értékelték.

*Breen* (2009) munkájában az ír kocsiló (irish draught horse) lineáris bírálóval foglalkozott. Bírálói módszerük az alábbiak szerint alakult: két bírálói lapot használtak, melyek közül az első az állatok helyszíni bírálójára szolgált. Ez 25 bírálói szempontot tartalmazott, de mozgásbírálatot nem foglalt magába. A pontozás alfabetikus volt („a”-tól „i”-ig), és a küllemi hibák feljegyzésére is lehetőség nyílt. A második bírálói lapot a fénykép alapján történő értékeléshez használták. Itt már csak 22 szempont volt, hiszen a lábak előlről, illetve hátulról nem bírálhatóak. A bírálókat érdekessége volt, hogy az egyedek típusát (modern vagy tradicionális) is értékelték.

*Vostrý* és *mtsai* (2009) nem csak a kladrubi fajtával foglalkoztak, hanem a cseh-moráviai belga hidegvérű és a sziléziai nóri lóval is. A két fajtának nem készítettek külön bírálói rendszert, hanem ugyanazon módszer szerint értékelték őket. A bíráló felépítése az alábbiak szerint alakult: 26 bírálói szempontot határoztak meg, melyből csak 22-t értékelnek lineáris skálán, mert 4 szempont a testméretekre vonatkozik, és ezek cm-ben vannak megadva. A lineárisan értékelhető szempontok pontozása 1-9-ig terjed, a lehetséges küllemi hibákat azonban nem jegyezték fel. A vizsgálat során 580 belga hidegvérű és 282 nóri lovat bíráltak. Ez azt jelenti, hogy a csehországi belga hidegvérű állomány több mint 50%-át, a nóri lóállomány több mint 30%-át vonták be vizsgálataikba, hiszen 2008-ban belga hidegvérűből 50 mén és 1050 kanca, nóri lóból 40 mén és 835 kanca volt az országban. A lineáris bírálót 1998-ban vezették be mindkét fajtánál.

A lineáris bíráló nem csak melegvérű vagy hidegvérű lovak esetében alkalmazható. *Van Bergen* és *Van Arendonk* (1993) vizsgálatait német shetlandi pónikkal végezte. Ennek során a pónikat 28 szempont szerint értékelték, melyet 4 csoportra osztott: 1. test elülső része (fej, nyak, mellkas, mar, váll), 2. törzs és far, 3. lábak, 4. mozgás. A pontozás 1-től 40-ig terjedő skálán történt. 358 kétéves mént és 2337 kétéves kancát bíráltak. A különböző ménesekből származó kancákat három időpontban, különböző helyszíneken bírálták, nyári és téli szőrben. A ménék bírálójára decemberben került sor egy központi helyen. A bírálót 1 fő bíráló végezte a 3 tenyésztési irányzat szerint: kicsi pónik (87 cm alatt), színes pónik (kivéve a fekete) és fekete pónik. A németországi aktív tenyészpopuláció minden évben kb. 8000 kanca és 200 mén. 1989-ben vezették be a lovak kétéves korban történő osztályozását. Az ennek során szerzett információkat a tenyészték előrelépéséhez használják.

A belga melegvérű lónál (BWP) 2003-ban vezették be a lineáris bírálói módszert. *Rustin* és *mtsai* 2009-ben megjelent cikkükben leírják, hogy 33 bírálói szempontot határoztak meg, melyből 17 a típusra, 10 a lábakra és lábvégekre, 6 a jármódokra vonatkozik. Az értékelés -20 és +20 között történik, a „0” a BWP populáció-átlagot jelenti. A vizsgálat során 2003 és 2007 között 15 bíráló 28 helyszínen 1215 kancát bírált, minden kancát csak egyszer, három vagy négyéves korában.

*Molina és mtsai* (2003) 1991 és 1997 között andalúz lovak körében végzett összetett vizsgálatokat. Ennek első részében az állatok testméreteit vették fel és végeztek statisztikai számításokat, második részében a küllemet értékelték lineáris módszerrel, a harmadik részében pedig a mozgást és a temperamentumot. A küllemet 7 szempont alapján értékelték, mely 1-10-ig terjedt, de egyes szempontokat fontosság szerint súlyozták is. A hét év alatt 1273 egyed bírálatára került sor.

A hollandok sportló fajtája, a KWPN szigorú szelekciós folyamaton (állatorvosi vizsgálat, küllemi- és mozgásbírálat, versenyeredmények értékelése, mének esetében többfordulós „kőrung”) megy keresztül, mielőtt az egyes egyedek tenyésztésbe kerülhetnek. A tenyésztés során 3 hasznosítási irány alakult ki: díjlovak, ugrólovak és fogatlovak; mindhárom típus esetében lineáris értékelést alkalmaznak. Ezek felépítése az alábbiak szerint alakul: díjlovak és ugrólovak esetében 19 küllemi bírálati szempont van, melyek teljes mértékben megegyeznek. Fogatlovaknál 20 küllemi bírálati szempont van és ezek közül néhányat a díj- és ugrólovaknál nem értékelnek (váll hossza, comb izmolttsága, alkar hossza), viszont van olyan szempont is, melyet a díj- és ugrólovaknál bírálnak, de fogatlovaknál nem (pl.: lábszerkezet). Mozgásbírálatnál a díj- és ugrólovak jármódjainak értékelése 9 szempont szerint történik (egyes jármódok lépéshossza, szabályossága, rugalmassága, lendülete, egyensúlya), de ugrólovak esetében még az ugrást is külön értékeli 8 szempont alapján (pl.: ugrás íve (bascule), lábak technikája, rugalmasság, óvatosság). Fogatlovaknál 6 szempontból áll a mozgásbírálat. Csak lépésben, illetve ügetésben értékeli őket és az ügetést 4 teljesen más nézőpont alapján bírálják. Összefoglalva elmondható, hogy a legrészletesebb bírálaton az ugrólovak vesznek részt, utána a díjlovak és a legkevesebb szempont szerint a fogatlovakat értékeli. Az értékelő skála is eltér. Díj- és ugrólovak esetében alfabetikus („a”-tól „l”-ig), fogatos lovaknál pedig numerikus (1-től 40-ig). A bírálati lapon a különböző hibák jelölésére is lehetőség nyílik (*URL*).

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Az értékelő skála, illetve a lineáris bírálati szempontok kialakításakor a fajtában jelenleg alkalmazott bírálati módszert, a külföldi példákat, valamint a fajta tenyésztési programjában meghatározott fajtastandard-et vettük figyelembe. Elsődleges szempont volt, hogy a jelenlegi bírálati rendszer felépítését nagyrészt megőrizzük, és ahhoz alakítsuk a lineáris bírálat többi részét. A külföldön alkalmazott módszerek bírálati szempontjai közül azokat igyekeztünk átültetni, melyek főleg a különböző sportlovak esetében fordultak elő, hiszen a furioso-north star fő hasznosítási iránya is a sport.

A fajta egyedeinek küllemi értékelésére jelenleg 100 pontos küllemi és mozgásbírálatot alkalmaznak. Küllem esetében 20 bírálati szempont alapján értékeli a lovakat, míg mozgásbírálatnál külön bírálati lapot alakítottak ki a felvezetés során és a szabadon történő mozgás értékeléséhez. Ezek az adható pontszámok maximumában, a bírálati szempontok számában és milyenségében térnek el egymástól. Ezen rendszerek szempontjaiból a küllem esetében kilencet teljes mértékben megőriztünk, hármat (pl.: felsővonal: mar, hát) részeire bontottunk és mint külön bírálandó tulajdonságot építettük be, néhány szempontot összevontunk



(pl.: összbenyomás – fejlettség – fajta jelleg – nemi jelleg), és végül négy teljesen új szempont is bekerült a lineáris bírálatba. Mozgásbírálat esetében már több eltérést találhatunk a jelenlegi és a lineáris bírálati típus között. Itt már nagyobb mértékben figyelembe vettük a KWPN sportlovaknál alkalmazott módszert. Így általánosságban elmondható, hogy lépésnél a súlypont alá lépés, valamint a lépés szabályossága, ügetés és vágta esetében pedig a tényeres, lendület, rugalmasság azok a szempontok, amelyeket megőriztünk.

Az új bírálati lap először szakmai átvizsgálásra került, melyre Nagycenken a Furioso-North Star Lótenyésztő Országos Egyesület rendezvényét követően nyílt lehetőség. Itt az egyesület elnökével, tenyésztésvezetőjével és néhány tenyésztő közreműködésével egy tesztbírálat zajlott. Ennek során a módszer még jelen lévő hiányosságait, nehézségeit vitattuk meg, illetve segítséget nyújtottak abban, hogy ők a fajta szempontjából mely tulajdonságok bírálatát tartják a legfontosabbnak, valamint hogy az egyes tulajdonságokat milyen szempontból érdemes bírálni. Ezek alapján a módszert átdolgoztuk és véglegesítettük. A 2014-15-ös év során 7 időpontban 6 helyszínen (Hódmezővásárhely, Mélykút, Kecskemét, Szentcserebökény, Mezőtúr, Poroszló) 116 kanca bírálatát végeztük el a tenyésztő egyesület elnökének segítségével. Vizsgálatainkba a nagyobb loállománnyal rendelkező tenyésztők kancáit vontuk be, illetve a felkeresett helyszínek mind az alföldi régióban helyezkedtek el. Így az eltérő környezeti hatások kisebb mértékben befolyásolták a kapott eredményeket, hiszen egy-egy állományt azonos körülmények között tartottak. A kancák nagy része jellemzően szabadtartásban (félrideg vagy rideg) volt, a Mélykúton és Mezőtúron bírált lovakat viszont bokszos istállókban helyezték el.

## EREDMÉNYEK

Az előzőekben bemutatottak alapján kialakított módszer ugyanolyan előnyökkel bír, mint azok, amelyeket külföldön alkalmaznak. Így többek között leíró jellege miatt jobban kihangsúlyozza az állatok küllemi alakulása közötti különbségeket és részletesebb információt ad a tenyésztés és a fajtajelleg fenntartásának szempontjából legfontosabb tulajdonságokról.

Azokban az országokban, ahol már évtizedek óta ezt a bírálati módszert használják, ott önmagában is megállja a helyét. Nincs szükség arra, hogy mellette egy pontozásos rendszert is alkalmazzanak. A hazai gyakorlat azonban azt mutatja, hogy a tenyésztők és tulajdonosok számára fontos, hogy lovaik között felállítható legyen egy rangsor. Ezért nálunk a lineáris küllemi bírálatot először a jelenleg használatban lévő bírálati módszer kiegészítéseként lehetne bevezetni.

A végleges bírálati lap szerkezetileg és tartalmilag az alábbiak szerint alakult. Küllem esetében 23, mozgásnál pedig 10 bírálati szempontot határoztunk meg. Minden szempontot 1-9-ig terjedő skálán lehet értékelni a két megadott biológiai szélsőérték között és lehetőség van arra is, hogy az esetlegesen előforduló küllemi hibákat jelöljük. A küllemi- és mozgásbírálat szempontrendszerét az 1. és a 2. táblázatban foglaltuk össze. Az értékelés sajátossága, hogy nem minden esetben a 9-es jelenti a legjobb eredményt, hanem sokszor a középérték mutatja az ideális alakulást.

## A lineáris küllemi bírálat szempontrendszere

Küllemi tulajdonságok	Biológiai szélsőértékek		Hibák
Marmagasság	alacsony	magas	
Összbenyomás (fajta- és nemi jelleg)	atípusos	típusos	pluszkondíció, mínusz-kondíció
Fej	durva	nemes	nagy, burkolt, ékfej, csukafej, félkos/kosfej
Fejtűzés	alacsony	magas	
Nyakillesztés	alacsony	magas	
Nyak hossza, íveltsége	rövid	hosszú	egyenes, kifordított/szarvasnyak
Nyak izmoltsága	izomszegény	jól izmolt	terhelt
Mellkas	sekély	mély	üres szívűtájék
Szügy	szűk	erős, széles	kakasszügy, túl széles
Lapocka	meredek	dőlt	rövid
Mar	rövid	hosszú	izomszegény, éles, púpos, alacsony, elmosódott
Hát	rövid	hosszú	hajlott, pontyhát, előremélyedt, laza
Ágyék	rövid	hosszú	pontyágyék, roskadt, laza
Far lejtése	vízszintes	csapott	ormos, búbos
Far hossza	rövid	hosszú	
Far szélessége	keskeny	széles	izomszegény, barázdált
Elülső lábállás (előlről)	franciás	hegyfaltipró	x-láb, o-láb, talajon tág, talajon szűk, kívül illesztett szár
Elülső lábállás (oldalról)	előreállított	hátraállított	borjúláb, nyakalt lábtő, fűzött szár, rokkant
Hátulsó lábállás (hátról)	gacsos	dongás	talajon kifordult, csánkópók
Hátulsó lábállás (oldalról)	kardos	nyitott	burkolt, tojásdaganat, nyúltetem, hátraállított
Csüdök (elülső)	puha	meredek	rövid, medvecsüd
Csüdök (hátsó)	puha	meredek	rövid, medvecsüd
Paták formája	keskeny/szűk	széles, terült	lapos, meredek, bakpata, egyenlőtlen, gyűrűzött

Table 1. Criteria of the linear scored conformation evaluation

A 3. táblázatban pedig azt mutatjuk be, hogy az egyes bírálati szempontok pontosan mit takarnak, milyen lenne a fajtában az ideális testalakulás, illetve milyen tulajdonságokat határoz meg az értékelő skála.

2. táblázat

**A lineáris mozgásbírálathoz szemponrendszer**

Mozgás tulajdonságok	Biológiai szélsőértékek		Hibák
	rövid	hosszú	
Lépés hossza	rövid	hosszú	
Súlypont alá lépés	kimarad	alá lép	
Lépés szabályossága	szabálytalan	szabályos	kaszáló, lapátoló, bokázó, zsinórozó, csikktaposó
Ügetés hossza	rövid	hosszú	
Ügetés lendülete, rugalmassága	erőtlen, merev	erőteljes, rugalmas	szabálytalan
Ügetés akciója	lapos	akciós	
Vágta hossza	rövid	hosszú	
Vágta lendülete, rugalmassága	erőtlen, merev	erőteljes, rugalmas	szabálytalan
Hátulsó lábak használata	gyenge (erőtlen)	aktív, dinamikus	
Viselkedés, vérmérséklet	érintetlen, közömbös	ideges, nehezen kezelhető	

Table 2. Criteria of the linear type movement evaluation

3. táblázat

**Lineáris tulajdonságok és referencia pontok**

Tulajdonság	Értékelő skála	Optimum
<b>Marmagasság:</b> A ló marjának legmagasabb pontjánál cm-ben mért magasság (bottal vagy szalaggal). A fajtában a ménnek bottal mért marmagassága 164-172 cm, a kancáké 160-168 cm.	<b>Mének:</b> 1 – 163 cm > (alacsony) 2 – 164 cm 3 – 165 cm 4 – 166 cm 5 – 167-169 cm 6 – 170 cm 7 – 171 cm 8 – 172 cm 9 – 173 cm < (magas)	3-7
	<b>Kancák:</b> 1 – 159 cm > (alacsony) 2 – 160 cm 3 – 161 cm 4 – 162 cm 5 – 163-165 cm 6 – 166 cm 7 – 167 cm 8 – 168 cm 9 – 169 cm < (magas)	
<b>Összbenyomás:</b> A ló testének harmonikus felépítése, egyes testtájak összhangja, esztétikai élménye, a ló kisugárzása.	1 – atípusos 5 – átlagos 9 – típusos	9

Tulajdonság	Értékelő skála	Optimum
Fej: A fajta meghatározza a fej alakulását. Ennél a fajtánál fontos a száraz, nemes fej, kint ülő, nagy szemek.	1 – durva 5 – átlagos 9 – nemes	9
Fejtűzés: A fejnek a nyakkal való illeszkedése, a tarkó alakulása. Akkor jó a fejtűzés, ha közép magas, a tarkó puha és 3-4 ujjnyi vízszintes részt mutat, mielőtt a nyak ívelődését elérné.	1 – alacsony 5 – közép magas 9 – magas	5
Nyakillesztés: A nyaknak a testhez, szügyhöz, vállhoz való csatlakozása. A közép magasban illesztett, széles alapról induló nyak a kívánatos alakulás.	1 – alacsony 5 – közép magas 9 – magas	5
Nyak hossza, íveltsége: A hosszú, jól illesztett, ívelt, a fej irányába egyenletesen elvékonyodó nyak az ideális.	1 – rövid 5 – közepesen hosszú 9 – hosszú	9
Nyak izmoltsága: A felső nyakél izmos, az alsó nyakél (torokél) izomszegény legyen.	1 – izomszegény 5 – átlagosan izmolt 9 – jól izmolt (nem túlizmolt, terhelt nyak)	9
Mellkas: A gerincoszlop és az állat törzsének legmélyebb pontja közt mérhető legnagyobb távolság. Alakulása a különböző hasznosítási irányok miatt fajtánként eltér. A furioso-north star-nál a mély, dongázott mellkas a kívánatos.	1 – sekély 5 – közepesen mély 9 – mély	9
Szügy: A két elülső láb közötti távolság. A szügy alakulása a mellkashoz hasonlóan fajtánként eltérő. Jelen esetben a széles, mély szügy lenne az elvárt alakulás	1 – szűk 5 – közepesen széles 9 – erős, széles	9
Lapocka: Mérete, szögellése, dőlése kiemelt jelentőségű. A lapocka és a felkar által bezárt szög 90 – 125 fok legyen.	1 – meredek 5 – közepesen dőlt 9 – dőlt	9
Mar: Közepesen magas, kifejezett, izmos, hosszan hátba nyúló.	1 – rövid 5 – közepesen hosszú 9 – hosszú, hátba nyúló	9
Hát: Közepesen hosszú, enyhén ívelt, jól izmolt.	1 – rövid 5 – közepesen hosszú 9 – hosszú	5
Ágyék: A hát és a far összekötetése. Az ágyékcsigolyák a hátcsigolyák sorát törésmentesen kell továbbvívgyék, harmonikusan illeszkedve a farhoz, a keresztcsontoz. A mozgás szempontjából a rugalmas, laza, de erős, izmos ágyék a kívánatos.	1 – rövid 5 – közepesen hosszú 9 – hosszú	5
Far lejtése: Az ülógumó és a külső csípőszöglet egymáshoz viszonyított helyzete. Legkedvezőbb alakulás esetén a medencecsont és a combcsont kb. 90 fokot zár be egymással, azaz enyhén csapott.	1 – vízszintes 5 – enyhén csapott 9 – csapott	5
Far hossza: A sporttípusú lovaknál az a kívánatos, ha a far hosszú, izmos, dinnye alakú.	1 – rövid 5 – közepesen hosszú 9 – hosszú	9

Tulajdonság	Értékelő skála	Optimum
Far szélessége: A két ülógumó között mért távolság. Ideális esetben terjedelmes, széles erőteljes, izmos a far.	1 – keskeny 5 – közepesen széles 9 – széles	9
Elülső lábállás előlről: Az állat lábainak párhuzamosságát leíró tulajdonság. Szabályos lábállás esetén a lábak egyes ízületeire illesztett vonalak függőleges és párhuzamos egyeneseket alkotnak.	1 – franciás 5 – párhuzamos 9 – hegyfaltipró	5
Elülső lábállás oldalról: A furioso-north star fajta egyedeit izmos felkar, jól izmolt, hosszú alkar, kellően terjedelmes lábtő, rövid szár, egészséges boka, egyenes és függőleges lábtengely jellemezze.	1 – előreállított 5 – egyenes, függőleges 9 – hátraállított	5
Hátulsó lábállás hátulról: Az állat lábainak párhuzamosságát leíró tulajdonság. Akkor beszélünk szabályos lábállásról, ha a lábtengelyek függőlegesek és egymással párhuzamosak.	1 – gacsos 5 – párhuzamos 9 – dongás	5
Hátulsó lábállás oldalról: A csánk szögelését leíró tulajdonság. Ideális esetben az alcomb és a csánk által bezárt szög 130-140 fok. Ezen kívül kívánatos a jól izmolt alcomb, terjedelmes, száraz csánk, jól illesztett rövid szár, egészséges boka.	1 – kardos (130°>) 5 – szabályos (130-140°) 9 – nyitott (140°<)	5
Csüdök (elülső): Középhosszú, a talajjal 45 fokos szöget bezáró legyen.	1 – puha 5 – szabályos (45°) 9 – meredek	5
Csüdök (hátulsó): Valamennyivel meredekebbek, mint az elülsők, a talajjal bezárt szögük kb. 50 fok. A középhosszú csüd az ideális itt is.	1 – puha 5 – szabályos (50°) 9 – meredek	5
Paták formája: Egészséges szaruanyagú, terjedelmes, gyűrűzöttségtől mentes, hegyfali része a talajjal 45 fokot zár be.	1 – keskeny/szűk 5 – szabályos 9 – széles, terült	5

Table 3. Linear type traits and reference points

A táblázatokból láthatjuk, hogy a hazánkban megszokott bírálati módszerektől a lineáris teljes mértékben eltér. Eppen ezért bevezetése csak a fokozatosság elvét követve és előzetes szemegyezettő bírálatok lebonyolítása után lenne ajánlatos. Ez azért lenne fontos, mert a bírácoknak egészen más megközelítésben kellene a lovakat értékelniük és ez az elején szokatlan lehet számukra, mint ahogy az ki is derült az általunk végzett bírálatok során. A 3. táblázat ehhez nyújthatna segítséget, iránymutatást.

## KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A külföldi lótenyésztők a nálunk még általánosan elterjedt pontozásos bírálati módszereket a gyakorlatban egyre kevésbé használják. Ehelyett tudományos vizsgálatokra alapozva, az adott fajta sajátosságaihoz, illetve a tenyésztői célkitűzésben megfogalmazottakhoz leginkább illő lineáris módszer finomításán dolgoznak. Így – más modern eljárások alkalmazásával együttesen – tudnak csak megfelelni napjaink elvárásainak.

Hazánkban napjainkig gyakorlatilag alig született olyan tudományos munka, mely a fentiekhez hasonló témakörrel foglalkozna, vagy bármilyen lineáris bírálati módszer elvégzése után a kapott adatokra alapozva a tenyésztértékbecsléssel, örökítéssel stb. foglalkozó kutatás eredményeit közölné. A korábbi ilyen jellegű – többségében gyakorlati megközelítésű – kezdeményezések rendre a feledés homályába vesztek. Pedig ahogy a szakirodalmi példák is mutatják, a magyar fajták – annak ellenére, hogy nagy részük csekély egyedszámmal rendelkezik – éppen úgy alkalmasak egy ilyen típusú értékelésre, mint bármely más külföldi fajta. Mindezek alapján elmondható, hogy ebben a témakörben munkánk hiánypótlónak számít. Kétségtelen, hogy a módszer – akár párhuzamosan történő – alkalmazásának vannak bizonyos feltételei, de általa a hazai lófajták tenyésztői más szempontok alapján szerzett információkhoz juthatnának, amely új lendületet adhatna bármely hazai fajta tenyésztésének. Ehhez remélhetőleg az általunk kifejlesztett lineáris bírálati módszer is segítséget nyújthat.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikk szerzői köszönetet mondanak ifj. Horváth Sándornak, a Furioso – North Star Lótenyésztő Országos Egyesület elnökének, Csíkvári Mónika tenyésztésvezetőnek és Halasi Endrének a bírálatok megszervezésében és lebonyolításában történő aktív és segítőkész közreműködésükért!

## IRODALOMJEGYZÉK

- Bodó, I.* (1992): A küllemi bírálatok gyakorlata. In: *Bodó, I. – Hecker, W. /szerk./*: Lótenyésztők kézikönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Breen, E.* (2009): A comparison of judging techniques and conformation traits in Irish Draught Horse, University of Limerick, Ireland
- Brem, G.* (1998): Exterieurbeurteilung landwirtschaftlicher Nutztiere. Eugen Ulmer Verlag GmbH & Co., Stuttgart
- Cassell, B. G. – White, J. M. – Vinson, W. E. – Kliewer, R. H.* (1973): Genetic and phenotypic relationships among type traits in Holstein-Friesian cattle. *J. Dairy Sci.*, 56. 1171-1177.
- Furioso - North Star Lótenyésztő Országos Egyesület* (2008): Tenyésztési Program.
- Jakubec, V. – Rejfkova, M. – Volenec, J. – Majzlik, I. – Vostry, L.* (2007): Analysis of linear description of type traits in the varieties and studs of the Old Kladrub horse. *Czech J. Anim. Sci.*, 52. 299-307.
- Jakubec, V. – Schlote, W. – Jelínek, J. – Scholz, A. – Zálíš, N.* (1999): Linear type trait analysis in the genetic resource of the Old Kladrub Horse. *Arch. Tierz.*, 42. 215-224.
- Jakubec, V. – Vostry, L. – Schlote, W. – Majzlik, I. – Mach, K.* (2009): Selection in the genetic resource: genetic variation of the linear described type traits in the Old Kladrub horse. *Arch. Tierz.*, 52. 343-355.
- Koenen, E. P. C. – Veldhuizen, A. E. V. – Brascamp, E. W.* (1995): Genetic parameters of linear scored conformation traits and their relation to dressage and show jumping performance in the Dutch Warmblood Riding Horse population. *Livest. Prod. Sci.*, 43. 85-94.
- Mawdsley, A. – Kelly, E. P. – Smith, F. H. – Brophy, P. O.* (1996): Linear assessment of the Thoroughbred horse: an approach to conformation evaluation. *Equine Vet. J.*, 28. 461-467.
- McIlwraith, C. W. – Anderson, T. M. – Sanschi, M.* (2003): Conformation and musculoskeletal problems in the racehorse. *Clin. Tech. Equine. Pract.*, 2. 339-347.
- Mihók, S. – Bodó, I.* (2012): Horse breeding in Hungary, Hungarian horse breeds. *Hung. Agr. Res.*, 21. 4-18.

- Mihók, S. (2004): A gazdasági állatok küllemtana. In: Szabó, F. /szerk./: Általános állattenyésztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Molina, A. – Valera, M. – Dos Santos, R. – Rodero, A. (2003): Genetic parameters of morphofunctional traits in Andalusian horse. *Livest. Prod. Sci.*, 60. 295-303.
- Novotni, P. (2009): A ló küllemi bírálata. Pro – Book Könyvkiadó, Budapest
- Posta, J. (2012a): Új irányzatok a sportlovak értékelésében. *Lovas Élet*, 13. 40-41.
- Posta, J. (2012b): Lineáris leíró bírálat a lótenyésztésben. *Magyar Állattenyésztők Lapja*, 40. 16.
- Pretorius, S. M. – van Marle-Köster, E. – Mostert, B. E. (2004): Description of the Friesian Horse population of South Africa and Namibia. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 34. 149-157.
- Rustin, M. – Janssens, S. – Buys, N. – Gengler, N. (2009): Multi-trait animal model estimation of genetic parameters for linear type and gait traits in the Belgian warmblood horse. *J. Anim. Breed. Genet.*, 126. 378-386.
- Saastamoinen, M. T. – Barrey, E. (2000): Genetics of conformation, locomotion and physiological traits. In: *Bowling, A. T. – Ruvinsky, A. /szerk./: The genetics of the horse.* CAB International, Wallingford
- Samore, A. B. – Pagnacco, G. – Miglior F. (1997): Genetic parameters and breeding values for linear type traits in the Haflinger horse. *Livest. Prod. Sci.*, 52. 105-111.
- Seidlitz, G. – Willeke, H. – Von Butler-Wemken, I. (1991): Körpermaße und exterieurbeurteilungen bei zuchtstuten des Arabischen Vollblutpferdes. *Arch. Tierz.*, 34. 233-240.
- Stock, K. F. – Distl, O. (2006): Genetic correlations between conformation traits and radiographic findings in the limbs of German Warmblood riding horses. *Genet. Sel. Evol.*, 38. 657-671.
- Van Bergen, H. M. J. M. – Van Arendonk, J. A. M. (1993): Genetic parameters for linear type traits in Shetland Ponies. *Livest. Prod. Sci.*, 36. 273-284
- Vostrý, L. – Čapková, Z. – Andrejsová, L. – Mach, K. – Majzlík, I. (2009): Linear type trait analysis in coldblood breeds: Czech-Moravian Belgian horse and Silesian Noriker. *Slovak J. Anim. Sci.*, 42. 99-106.
- Vostrý, L. – Příbyl, J. – Mach, K. – Majzlík, I. (2011): Genetic parameters estimation and breeding values prediction for linear described traits in the Old Kladruher horse. *J. Anim. Feed Sci.*, 20. 338-349.
- Vostrý, L. – Příbyl, J. – Šimeček, P. (2012): Reduction of traits for genetic evaluation of linear described traits in the Old Kladruher horse. *Czech J. Anim. Sci.*, 57. 160-170.
- Zechner, P. – Zohman, F. – Sölkner, J. – Bodó, I. – Habe, F. – Marti, E. – Brem, G. (2001): Morphological description of the Lipizzan horse population. *Livest. Prod. Sci.*, 69. 163-177.
- URL: <http://www.kwpm.org/inspections/linear-scoring> (2014. 06. 23.)

Érkezett: 2019. november

Szerzők címe: Gergely Z. – Pongrácz L. – Szabó F.  
Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszer-  
tudományi Kar

Authors' address: Széchenyi István University, Faculty of Agricultural and Food  
Sciences  
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.  
pongraz.laszlo@sze.hu  
szabo.ferenc@sze.hu

## **2019-BEN SIKERESEN MEGVÉDETT PhD DISSZERTÁCIÓK ÖSSZEFOGLALÓI**

### **SUMMARIES OF PhD DISSERTATIONS IN THE YEAR OF 2019**

#### **PARADICSOMTÖRKÖLY, MINT ALTERNATÍV KIEGÉSZÍTŐ VADTAKARMÁNY ERJESZTÉSES TARTÓSÍTÁSÁNAK VIZSGÁLATA ÉS FEJLESZTÉSE**

GALLÓ JUDIT

Szent István Egyetem, Gödöllő

Állattenyésztés-tudományi Doktori Iskola

Témavezető: Szemethy László PhD

Vadfajaink a cserje- és gyepszintben találják meg a számukra megfelelő mennyiségű és minőségű táplálékot. A téli időszakban azonban a rendelkezésre álló táplálék sem mennyiségét, sem minőségét tekintve nem kielégítő, emiatt valamely kiegészítő takarmányt kell számukra kijuttatni. Az évente szezonálisan, rövid idő alatt nagy mennyiségben, keletkező konzervgyári melléktermék a paradicsomtörköly, amely nyersfehérje/nyersrost aránya alapján optimális takarmányát jelentheti egyes vadfajainknak. Keletkezése azonban nem esik egybe a kiegészítő takarmányozás időszakával, azonban erjesztéses tartósítása lehetővé teszi hosszú távú tárolását értékes táplálóanyagainak megőrzése mellett.

A kutatás célja olyan, a vadon élő kérődzők igényeit a hagyományosan alkalmazott tömegtakarmányoknál jobban kielégítő alternatív takarmány előállítására, aminek alapja a paradicsomtörköly. A vizsgálatok során a friss paradicsomtörköly táplálóanyag-tartalmának és mikrobiológiai állapotának, az erjesztett takarmány táplálóanyag-tartalmának, erjedési paramétereinek, mikrobiológiai állapotának és stabilitásának meghatározását végezték el. Etetési kísérletben vizsgálta mekkora a természetes táplálékhoz szokott vadfajok paradicsomtörköly szilázs felvétele. A nedves paradicsomtörkölyhöz adalékanyagként szemes búza, kukoricadara, valamint búzadara került. Vizsgálta a sóval való fedés, illetve a takarmánysóval való keverés erjedésre gyakorolt hatását is. Felmérte továbbá többféle silózási adalékanyag hatását is az erjedés folyamatára (homofermentatív tejsavtermelő baktérium-kultúra, valamint a baktériumkultúra mellett enzim-kiegészítést is tartalmazó silózási adalékanyag alkalmazása).

A négy év eredményei alapján igazolható, hogy a nedves paradicsomtörköly alacsony erjedési intenzitással rendelkező alapanyag. Megállapította, hogy a paradicsomtörköly kukorica- vagy búzadarával történő kiegészítéssel eredményesen erjeszthető és hosszútávon eltartható alapanyagot eredményez. A gabonadara optimális bekeverési aránya 20%. Eredményei alapján a paradicsomtörköly nagyüzemi tartósítása bálaszilázsként megoldható, abból alaktartó és szállítható bálák képezhetők. Az etetési kísérlet eredményei alapján megállapította, hogy a nagyvadfajok annak ellenére szívesen fogyasztották a paradicsomtörköly-kukoricadara keverék szilázst, hogy korábban még nem találkoztak vele. Mind a



gímszarvas, mind a dámszarvas táplálékának domináns táplálékalkotóját a paradicsomtörköly keverék szilázs jelentette. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a gabonadarával kevert paradicsomtörköly-szilázs megfelelő kiegészítő takarmánya lehet vadfajainknak.

## **DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF FERMENTATION OF TOMATO POMACE AS AN ALTERNATIVE SUPPLEMENTARY FORAGE FOR GAME SPECIES**

JUDIT GALLÓ

Szent István University, Gödöllő  
Doctoral School of Animal Husbandry  
Supervisor: László Szemethy PhD

Wild ungulates find their food in adequate quantity and quality and hiding places in the shrub and herb layer. However, availability and quality of forages are low during the winter season, therefore additional feeding is required. Based on crude protein/crude fibre ratio of tomato pomace, it would be an optimal supplementary fodder for game. It appears in the canning factory as a secondary product. Its volume is relatively large and it is generated seasonally. Production of pomace does not overlap with the time of feeding of wildlife; so it has to be preserved. Ensiling of pomace preserves the valuable nutrient content of pomace and it can be storage for long time.

The aim of the research was to make tomato pomace silage of optimal nutritional value for ungulate species as a supplemental feed, which satisfies their needs better than supplemental fodder fed, as usually used. The nutrient content and microbial status of fresh tomato pomace, its nutrient content, fermentation profile, microbial status and aerobic stability of ensiled tomato pomace were determined. Feeding studies were carried out to evaluate the consumption of tomato pomace silage by wild game species adapted to natural forage diet. Whole seed wheat, dried ground maize grains and dried ground wheat grains were used as carbohydrate additives. The effect of salt (on the top and mixed with it) on the fermentation profile was also analysed. Different silage inoculants (homofermentative lactic acid bacteria inoculants as well as bacterial inoculants + enzymes) were used to enhance the ensiling process.

Based on four experiments it was determined that tomato pomace had a limited fermentation capacity, but despite its low dry matter content it could be ensiled without additives. Tomato pomace mixed with dried ground maize or wheat grains could be ensiled with good fermentation profile, and the silage can be stored for a long period of time. The maximum mixing ratio of the ground cereal is 20%. It is possible to make a good quality and stable silage from tomato pomace mixed with dried ground cereal without use of silage inoculants.

Based on the feeding experiments in a fenced area, tomato pomace ensiled with 20% ground maize grains was a new type of feed for game species, the individuals investigated had never eaten such silage before. Despite that, tomato pomace silage was consumed almost immediately, its total amount disappeared

within two days after feeding, while maize silage remained there even for a week. Tomato pomace silage was the most common component in the diet of red and fallow deer. It can be concluded that tomato pomace mixed with dried ground cereals would be appropriate supplemental fodder for game species.

## **EGY A HALTENÉSZTÉS SZÁMÁRA ÍGÉRETES HALFAJ, A JUNDIÁ (*RHAMDIA QUELEN*) SZAPORODÁSBIOLOGIAI JELLEMZŐI**

ITTZÉS ISTVÁN

Szent István Egyetem, Gödöllő

Állattenyésztés-tudományi Doktori Iskola

Témavezetők: Urbányi Béla DSc, Bokor Zoltán PhD

A brazil haltenyésztés egyik törekvése, hogy az ország faunájában nem szereplő halfajokra épülő tenyésztési technológiákat (ponty, növényevők, tilápia) endemikus fajokkal egészítsék ki. Erre alkalmasnak tűnt a jundiá (*Rhamdia quelen*) tekintetbe véve tág határok közti tűrőképességét és más fajokkal szembeni békés viselkedését. Ennek alapján megfelelő fajnak tűnt ahhoz, hogy a Rio Grande Sul pontyos, növényevős polikulturát ezzel a fajjal egészítsük ki. Ehhez azonban meg kellett ismerni a faj szaporodásbiológiai jellemzőit, amelyhez vizsgálataimat a Passo Fundo-i egyetemen illetve az AquaViva ivadék nevelő gazdaságában végeztem. Eredményeim alapján levonható az a következtetés, hogy a jundiá szaporodásbiológiai tulajdonságai és stressztűrő képessége alapján kiválóan elviseli a nagyüzemi tenyésztési műveleteket, így érdemes ez irányú további kutatásokra. A figyelemre méltó hasonlóság a jundiában az ivarszervek érési üteme és az ivari hormonok termelése között megerősíti a környezeti tényezők elsődleges szerepét a hormontermelés és a külső környezet összehangolásában. Ezek ismerete hasznos lehet bármely szaporítási program kialakításához. A kísérleti eredmények közreadása és a technika elterjesztése óta a jundiá jelentős szegmensét foglalta el a brazil haltenyésztésnek.

A vizsgálatok eredményei szerint az ikrás halakban nagy koncentrációban mérhető a 11-ketotesztoszteron, amelynek mennyiségi változása az ivari ciklus során arra utal, hogy a 11-ketotesztoszteronnak fontos szerepe van a jundiá ikrások ivari működésében. A ikrásoknál talált másik érdekes eredmény a három progesztagén, (17-P, 17,20 $\beta$ -P, 20 $\beta$ -S) koncentrációjának változása. Ezek közül a 17-P havonkénti változása mutatta a legszorosabb korrelációt azokkal a hónapokkal, amikor az ívás bekövetkezett, ezek szerint ennek a hormonnak az oociták végső érésében és az ovulációban van szerepe. A tejesekkel végzett vizsgálati eredmények igazolták, hogy a 11-keto-tesztoszteron a hím pubertás szteroid. Különösen magas 11-KT érték volt az első ivari ciklus során. Ennek a hormonnak ilyen magas értékeit csontshalak esetében eddig még nem írták le. A második ivari ciklus során viszont az érték az átlagos szintre csökkent. Meg kell említeni, hogy az ikrásoknál az első ivari ciklus során a vizsgált hormonok közül egyik sem volt jelen olyan mennyiségben, ami egy esetleges pubertás hormon szerepére utalna. A tejesek esetében a tesztoszteron mennyisége és a here T termelése is magas volt, ami a T és metabolitjainak szerepét bizonyítja a spermatogenezis és

a spermiáció folyamataiban. A tejesekben mért progesztagének (17-P, 17,20 $\beta$ -P) a spermiáció kezdetén mutatták a legnagyobb értékeket, ami azt jelzi, hogy a spermatozoák végső érésében van szerepük. A stresszkísérletek eredményei azt mutatták, hogy az ikrások szignifikánsan nagyobb stresszválással reagáltak, mint a tejesek. A kortizol különös fontossággal bír az ivari ciklus végén, ahogy azt más harcsafajoknál is leírták. A kortizolszint mennyisége és eloszlása arra utal, hogy a jundiá esetében is nagy jelentősége van az ivari folyamatok szabályozásában.

## **REPRODUCTION BIOLOGY PROPERTIES OF JUNDIÁ (*RHAMDIA QUELEN*), A PROMISING SPECIES FOR AQUACULTURE PRODUCTION**

ISTVÁN ITTZÉS

Szent István University, Gödöllő

Doctoral School of Animal Husbandry

Supervisors: Béla Urbányi DSc, Zoltán Bokor PhD

One main pursuit of Brazilian aquaculture is to supplement the technologies used for species not part of its natural fauna (carp, herbivorous fish, tilapia) with technologies for the endemic species by developing new methods based on these species. Jundiá (*Rhamdia quelen*) seemed a good subject for this experiment. This fish is suitable for supplementing the carp and herbivorous polyculture in Rio Grande do Sul because of its wide tolerance and peaceful behaviour towards other species. In order for this to happen it is obvious to know the reproduction biology characteristics of this species. The experiments were carried out at Passo Fundo University and at AquaViva rearing fish farm. The reproduction biology characteristics and its stress tolerance of jundiá make it suitable for large scale production therefore it is worth for further research based on experiments. There are remarkable similarities between the ripening of the gonads and the production of the sex hormones in jundiá that strengthens the primary role of the environment in the harmonisation of hormone production and the environment. Knowledge and explanation of this is useful for any propagation programme. Jundiá has taken a significant role in Brazilian aquaculture since my publications and the spread of new technologies based on my experiments.

Large amount of 11-ketotestosterone (11-KT) was measured in females. The distribution of this hormone through the reproduction cycle suggests that 11-KT has an important role in the reproduction cycle of the females. The other interesting point was the changes of the concentration of three progestogens (17-P, 17,20 $\beta$ -P, 20 $\beta$ -S) in female jundiá. 17-P showed the closest correlation with the months when spawning occurred. However, the synthesis of this hormone occurs strictly during the final ripening and at ovulation. 11-KT is a male puberty steroid, based on experimental results with males. Extremely high values of 11-KT were measured in the first reproduction cycle, however, no data are available so high level of this hormone in bony fishes. The level of this hormone decreased to the average level in the second reproduction cycle. It must be noted that none of the hormones measured in the first reproductive cycle had a level that would suggest a puberty hormone in females. In case of males, T concentration was high, and synthesis of T in the testis was very high. This data suggested the role

of T and its metabolites during spermatogenesis and spermiation. Progestogens presented the highest value at the beginning of spermiation, showing their role is in the final development of the spermatozoa, as described previously in bony fishes. The stress experiments showed that females have a much stronger stress response than males. The experiments were carried at the latest stage of ripening. Cortisol has outstanding importance in this stage of the reproductive cycle as also described in other catfish species. Level and distribution of cortisol suggest that this hormone has a great importance in the control of the reproduction cycle of jundiá.

## A CIKTA JUH KORSZERŰ POPULÁCIÓGENETIKAI VIZSGÁLATA

KOVÁCS ENDRE

Széchenyi István Egyetem, Mosonmagyaróvár

Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer-tudományi Multidiszciplináris Doktori Iskola

Témavezetők: Bali Papp Ágnes PhD, Gáspárdy András PhD

A doktori kutatás célja a legkevésbé ismert és kutatott, a hazai génmegőrzés részét képező, cikta juh (tolna- baranyai sváb juh) értékelése volt az állomány naprakész jellemzése és a fajta további fenntartását segítő adatok megszerzése érdekében.

A feldolgozás alapját részben törzskönyvi adatok, részben aktuálisan vett biológiai mintákból molekuláris genetikai módszerekkel nyert adatok alkották, amelyeket számítógépes programok alkalmazásával speciális statisztikai feldolgozással értékelték.

Az eredmények egyik része a cikta fajta genetikai sokszínűségét tükrözi, de másik része jelentős génvesztésre utal.

A törzskönyvet alapító családok (anyai vonalak) száma jelentős, és a teljes törzskönyvi állomány átlagos beltenyésztettsége kedvezően alacsony (1%). Ugyanakkor, a törzskönyvi állomány genetikai variabilitása a tényleges állományméretnél (3648) lényegesen kevesebb egyeddel adható meg (476 egyed felelős a teljes genetikai változatosságért). A jelentős számszaki eltérés jelentős génvesztésre utal, amire részben magyarázat lehet a nem megfelelő körülménnyel végzett fenntartó szelekció.

A nagyszámú minta feldolgozását követően megállapítható, hogy a cikta juhállomány genetikai ellenálló-képessége a sűrűlókór fertőzéssel szemben nem javult (az ARR haplotípus aránya 14,19%).

A mikroszatellita lokuszok vizsgálata alapján megerősítést nyert, hogy a 21. század elején a hazai cikta állomány genetikailag egymáshoz közeli egyedekből, családokból, illetőleg nyájakból tevődik össze. Ennek ellenére nagy allél változatosságot, heterozigóta fölényt, genetikai elkülönülést és genetikai egyensúlyi helyzetet találtak a legtöbb mikroszatellita esetében. A heterozigotizáció foka is kedvezően nagy tekinthető (kb. 75-80%).

A cikta juh mitokondriális DNS citokróm b régiójában a nukleotid- és haplotípus diverzitás bizonyos fokú beszűkülést mutat, ami a palacknyak hatás következmé-

nye lehet. A páronkénti nukleotid eltérések átlagos száma ugyanakkor viszonylag magas, ami az üzemekben fellelhető családok egymástól némiképp eltérő genetikai jellegére utal. A mtDNS változatosságának felmérése támpont lehet a hatékonyabb, családon belüli szelekcióval megvalósítandó fajtafenntartó tenyésztéshez.

## **MODERN POPULATION GENETIC INVESTIGATION OF CIKTA SHEEP**

ENDRE KOVÁCS

Széchenyi István University, Mosonmagyaróvár  
Antal Wittmann Plant, Animal and Food Science Multidisciplinary Doctoral School  
Supervisors: Ágnes Bali Papp PhD, András Gáspárdy PhD

The main purpose of the doctoral research was the evaluation of least known and less researched sheep breed, a part of the national rare breed preservation the Cikta sheep in order to give an up-to-date characterization and obtain information to help maintain that breed.

The basic data of the processing was obtained partly from the pedigree data and partly from biological samples which was actually taken, and analysed by molecular genetic methods. These were evaluated using specific statistical methods by different software.

Some of the results reflect the genetic diversity of the breed, and the other part indicates significant gene loss.

## **RÉGI MAGYAR ÉS VIETNAMI BAROMFIFAJTÁK, KIEMELTEN A FOGOLYSZÍNŰ MAGYAR TYÚK ÉS KERESZTEZÉSEI TANULMÁNYOZÁSA KONTINENTÁLIS ÉS TRÓPUSI ÉGHAJLATON**

THIEU NGOC LAN PHUONG

Széchenyi István Egyetem, Mosonmagyaróvár  
Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer-tudományi Multidiszciplináris  
Doktori Iskola

Témavezetők: Kovácsné Gál Katalin PhD, Szalay István PhD

A világ baromfigenetikai diverzitásának döntő többségét az őshonos vagy helyi fajták adják, melyek a vidék gazdaságában jelentős szerepet játszanak, különösen a fejlődő országokban. Európában, az utóbbi évtizedekben a régi, helyi viszonyokhoz alkalmazkodott tyúkfajták száma drámaian csökkent. Magyarország élen jár a baromfi-génmegőrzésben, 7 őshonos tyúkfajtát tartunk számon, köztük a fogolyszínű magyar tyúkot (PHc). A fajták tenyésztő szervezete a Magyar Haszonállat-génmegőrző Egyesület (MGE). A legtöbb őshonos baromfiállományt állami intézményekben, *in vivo* génbankokban tartják fenn. A régi magyar tyúkfajták – köztük a fogolyszínű magyar tyúk – hasznosítását, bevonásának fontosságát a fenntartható mezőgazdasági termelésbe a szakértők többsége a génmegőrzés meghatározó elemének tekinti. A fentiek szerint a kutatás legfontosabb céljai az alábbiak voltak:

- (1) 14 régi magyar baromfifajta populációsintű adatainak elemzése;
- (2) a fogolyszínű magyar tyúk adaptációs képességének és génmegőrzési lehetőségeinek vizsgálata szubtrópusi körülmények között;
- (3) a fogolyszínű magyar tyúk és más tyúk-genotípusok (hibrid vonalak, magyar és vietnami régi tyúkfajták) közötti keresztezések vizsgálata;
- (4) a fogolyszínű magyar tyúk és más tyúk-genotípusok közötti keresztezések során fellépő heterózishatás vizsgálata;
- (5) a fogolyszínű magyar tyúkkal végzett keresztezések fogyasztói szempontból fontos minőségi tulajdonságainak vizsgálata.

## **STUDIES OF RARE HUNGARIAN AND VIETNAMESE POULTRY BREEDS WITH SPECIAL REGARD TO PARTRIDGE COLOURED HUNGARIAN CHICKEN AND ITS CROSSBREDS IN CONTINENTAL AND TROPICAL CLIMATES**

THIEU NGOC LAN PHUONG

Széchenyi István University, Mosonmagyaróvár

Antal Wittmann Plant, Animal and Food Science Multidisciplinary Doctoral School

Supervisors: Katalin Kovács-Gál PhD, István Szalay PhD

Indigenous or local breeds make up most of the world's poultry genetic diversity and play important role in rural economies in most of the developing and underdeveloped countries. However, in Europe, over the last decades, locally adapted old chicken breeds showed a dramatic decrease. In Hungary, 7 native chicken breeds, including the Partridge Coloured Hungarian (PHc), are officially registered and conserved under the Association for Hungarian Farm Animal Gene Conservation (MGE). Most of these stocks are kept by Hungarian academic institutions as *in vivo* gene banks. Involving Hungarian indigenous poultry breeds such as the Partridge Coloured Hungarian chicken in sustainable agricultural production is highly recommended by many scientists.

The main goals of the doctoral research were as follows:

- (1) analysis the population data of 14 local Hungarian poultry breeds;
- (2) investigation of the adaptation and conservation potential of Partridge Coloured Hungarian chicken in the subtropics;
- (3) examination of the performance of crossbreds of Partridge Coloured Hungarian chicken and other chickens (commercial lines, old Hungarian and Vietnamese chicken breeds);
- (4) to identify the heterosis in the crosses of Partridge Coloured Hungarian chicken and other chicken breeds;
- (5) determination of the quality characteristics of Partridge Coloured Hungarian chicken crossbreds that may be valued by modern consumers in terms of overall acceptability.

## NÉHÁNY ANYAGCSERÉBEN KULCSSZEREPE T JÁT SZÓ GÉN DNS POLIMORFIZMUS ÉS GÉNEXPRESSZIÓ S MINTÁZATÁNAK VIZSGÁLATA BAROMFIFAJOKBAN

SZALAI KLAUDIA

Széchenyi István Egyetem, Mosonmagyaróvár

Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer-tudományi Multidiszciplináris Doktori Iskola

Témavezetők: Bali Papp Ágnes PhD, Tempfli Károly PhD

A doktori kutatásban a ROSS-308 végtermék brojlercsirke (38 napos) genotípusát határozta meg PCR-RFLP módszerrel az A213C *Spot14 $\alpha$*  transzkripciós faktor, a G645T inzulinszerű növekedési faktor-kötő fehérje 2 (*IGFBP-2*), a prolaktin promóter régiójában megfigyelhető 24 bp-os inzerció és az A370C szomatosztatin (*SST*) polimorfizmusok esetében. A *Spot14 $\alpha$*  a fehérje-anyagcserében erős anabolikus hatással rendelkezik. Az *IGFBP-2* pedig módosíthatja a fehérje-anyagcserében szerepet játszó inzulinszerű növekedési faktor-1 (IGF-1) bioaktivitását és növekedésben betöltött szerepét. A *PRL* szerteágazó életfolyamatokban vesz részt, a növekedésben betöltött szerepéről keveset tudunk. Az *SST* a növekedési hormon gátlása révén fejt ki hatását a növekedésre. Vizsgálta továbbá 22 hetes Converter pulyka bakok különböző szöveteiben a *FADS2*, *PPAR $\gamma$*  és *IGF-1* gének expresszióját lenolaj- (LO) kiegészítés mellett. A *FADS2* hozzájárul a hosszú szénláncú többszörösen telítetlen zsírsavak szintéziséhez, a *PPAR $\gamma$*  pedig transzkripciós faktorként szabályozza más, a zsíryanagcserében szerepet játszó, gén működését. Az *IGF-1* mellett, hogy anabolikus hatása a fehérje-anyagcserében, részt vesz a zsíryanagcsere szabályozásában is. A kutatás során az alábbi új eredményeket találta: ROSS-308 brojler állományban meghatározta az A213C *Spot14 $\alpha$* , a G645T *IGFBP2*, az A370C *SST* és a *PRL* génben megfigyelhető 24 bp-os inzerció/deléción genotípust. A *Spot14 $\alpha$*  három genotípusa (AA, AC, CC), az *IGFBP2* két genotípusa (GG, GT) és a *PRL* három genotípusa (DD, ID, II) volt megfigyelhető a vizsgált állományban. Nem különböztek egymástól a tényleges és elvárt genotípus-gyakoriságok, a populáció tehát a három genotípust tekintve Hardy–Weinberg egyensúlyban volt. Az *SST* genotípust rögzített formában található a megfigyelt állományban (A allél). Az *IGFBP2* genotípus élőtömegre és a vágási tulajdonságokra gyakorolt hatásának elemzése során szignifikáns összefüggést állapított meg a genotípus és az élőtömeg, a karkasz tömege, a mellfilé tömege bőrrel és bőr nélkül, továbbá a mellfilé tömegének karkasz százalékában kifejezett értéke között. Az élőtömeg és a vágási tulajdonságok tekintetében a T allél kedvező hatását figyelte meg a populációban. Leírta a pulykák különböző szöveteiben a *FADS2* és *IGF-1* génexpresszió változását LO-kiegészítés hatására. A LO-kiegészítésben részesült állatokban a kontrollcsoportban mértnél nagyobb hepatikus *FADS2* és *IGF-1* expressziószintet figyelt meg. Az expresszió mértéke nőtt a combizomzatban, illetve szignifikáns mértékben csökkent az abdominális zsírszövetben a kontrollegyedekhez képest. Meghatározta a *PPAR $\gamma$*  mRNS koncentráció változását pulykák különböző szöveteiben LO-kiegészítés hatására, amely a combizomzatban szignifikáns mértékben kisebb, míg az abdominális zsírszövetben szignifikánsan nagyobb volt a kontrollcsoport egyedeihez viszonyítva.

## POLYMORPHISM AND GENE EXPRESSION ANALYSIS OF SOME METABOLICALLY IMPORTANT GENES IN POULTRY SPECIES

KLAUDIA SZALAI

Széchenyi István University, Mosonmagyaróvár

Antal Wittmann Plant, Animal and Food Science Multidisciplinary Doctoral School

Supervisors: Ágnes Bali Papp PhD, Károly Tempfli PhD

Commercial (ROSS-308), 38-day-old, broiler chickens were genotyped for the A213C thyroid hormone responsive spot 14 $\alpha$  (*Spot14 $\alpha$* ), the G645T insulin-like growth factor 2 (*IGFBP2*), the A370C somatostatin (*SST*) single nucleotide polymorphisms, and the 24-bp insertion in prolactin (*PRL*). *IGFBP2* can potentially modify the bioactivity and growth promoting effects of insulin-like growth factor-1. *PRL* plays roles in a wide variety of biological processes; however, only limited genotype-growth associations have been reported in chickens. *SST* is a major growth-regulating hormone that inhibits the growth hormone release. In further studies, the effect of dietary linseed oil (LO) supplementation on the expression of fatty acid desaturase 2 (*FADS2*), peroxisome proliferator activated receptor gamma (*PPAR $\gamma$* ), and insulin-like growth factor 1 (*IGF1*) genes in different tissues was investigated in 22-week-old male hybrid Converter turkeys. *FADS2* contributes to the synthesis of long-chain polyunsaturated fatty acids, whereas *PPAR $\gamma$*  acts as a transcription factor of genes involved in fat metabolism. In addition to its anabolic effects on protein synthesis, *IGF1* also plays roles in the regulation of fat metabolism. The following new scientific results were obtained: an experimental ROSS-308 broiler population was genotyped for the A213C *Spot14 $\alpha$* , the G645T *IGFBP2*, and the A370C *SST* polymorphisms, and the 24-bp insertion in *PRL*. Three genotypes (AA, AC, CC) for *Spot14 $\alpha$* , two genotypes (GG, GT) for *IGFBP2*, and three genotypes (DD, ID, II) for *PRL* were detected. Obtained and expected genotype frequencies did not differ significantly, indicating a Hardy–Weinberg equilibrium for the three analysed loci. Allele A in *SST* was fixed in the population. The *IGFBP2* genotype had significant effect on several measured traits (body weight, carcass weight, breast muscle weight with or without skin, breast muscle weight as a percentage of carcass weight). *IGFBP2* allele T was found to be beneficial in the population. The *Spot14 $\alpha$*  had significant effect on breast muscle weight (without skin) as a percentage of body weight. Significant association was detected between the *PRL* genotype and thigh weight and thigh weight percentage of body weight. Effects of LO supplementation was determined on the expression of *FADS2*, *IGF-1*, and *PPAR $\gamma$*  genes. Linseed oil supplementation significantly increased thigh muscle and hepatic *FADS2* levels, while its expression decreased in adipose tissue. *IGF-1* expression was higher in thigh muscle of the LO group and was lower in adipose tissue of the LO group. *PPAR $\gamma$*  expression was lower ( $P < 0.05$ ) in thigh muscle of the LO group, and higher in the abdominal fat tissue of the LO group.



**RAGADOZÓ HALAK (CSAPÓSÜGÉR, *Perca fluviatilis*;  
FOGASSÜLLŐ, *Sander lucioperca*; LESŐHARCSEA, *Silurus glanis*)  
NÉHÁNY SZAPORÍTÁS- ÉS NEVELÉS-TECHNOLÓGIAI ELEMÉNEK  
VIZSGÁLATA ÜZEMI KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT**

DEMETER KRISZTIÁN  
Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Keszthely  
Festetics Doktori Iskola  
Témavezető: Bercsényi Miklós PhD

Az extenzív tógazdálkodás erőforrásainak hatékonyabb kihasználásában fontos szerepet játszanak a ragadozó halak. Az értekezésben közölt, három fajon végzett üzemi és laboratóriumi vizsgálatok a csapósügér ivaréretté válásának időpont-megállapítását, életképes triploid fogassüllő lárvá előállításának lehetőségét és az intenzív tavi egynyaras harcsanevelés sikerét befolyásoló tényezők hatásának értékelését célozták.

A vizsgálatokból kiderült, hogy a hazai haltermelésben egyelőre jelentéktelen súlyú sügér Magyarország dél-nyugati részén egynyaras korára ivaréretté válik. Bebizonyosodott, hogy a sügér ivarának kialakulására jelentős hatással van a korai fejlődési stádiumban alkalmazott környezeti hőmérséklet. Szaporításának ideje egyszerű módszerekkel a természetes ivari ciklusának megfelelő idejét egy-, másfél hónappal megelőzve előrehozható.

Megállapítást nyert, hogy süllő esetében a termékenyítést követően négy perccel, a süllő ikrát két perc időtartamra 36°C-os vízfürdőbe téve, keltetőházi körülmények között triploid egyedek állíthatók elő. Áramlásos-citometriás vizsgálat valószínűsítette, hogy ez az aneuploid állapot az esetek egy részében apoptózist indukál.

A harcsával végzett vizsgálatok során bebizonyosodott, hogy intenzív kistavas környezetben, évjárattól függően akár több mint 12 t/ha egynyaras harcsa is előállítható. Intenzív tavi, nagyüzemi környezetben az ivadék növekedésére pozitív hatással van az egyedsűrűség csökkentése. Ilyen nevelési feltételek között is igazolódtott, hogy a víz napi átlaghőmérsékletének növekedésével nő a napi súlygyarapodás is. A három hónapos korban mért egyedi növekedés 4,1 db/m<sup>2</sup> népesítési sűrűség esetén 23,2°C-on 0,93 g/nap, 25,7°C-on 2,28 g/nap; 8,2 db/m<sup>2</sup> népesítésnél 21,3°C-on 0,65 g/nap, 25,7°C-on 1,37 g/nap; míg 12,3 db/m<sup>2</sup> népesítés esetén 23,3°C-on 0,82 g/nap, 25,7°C-on pedig 1,2 g/nap volt. A termelés során a harcsánál egy eddig még nem tapasztalt, ismeretlen kórokozójú, a bajusz-szálakat támadó betegséget regisztráltak.

A dolgozatban bemutatott eredmények új, gyakorlatias eszközöket, információkat szolgáltatnak a ragadozóhal-termelés növelésére irányuló törekvésekhez.

## **STUDIES ON PROPAGATION AND REARING OF THREE PREDATORY FISHES (PERCH, *Perca fluviatilis*, PIKE PERCH, *Sander lucioperca* AND EUROPEAN CATFISH, *Silurus glanis*) AT FARM CONDITIONS**

KRISZTIÁN DEMETER

University of Pannonia, Georgikon Faculty, Keszthely

Festetics Doctoral School

Supervisor: Miklós Bercsényi PhD

Predatory fishes play important role in the exploitation of resources of the extensive fish culture. The propagation and rearing of three predatory fish species (perch, *Perca fluviatilis*, pike perch, *Sander lucioperca* and European catfish, *Silurus glanis*) were investigated at farm conditions.

The observations indicate that perch – presently having just insignificant role in the domestic fish culture – can reach sexual maturity by the age of one year, in South-West Hungary. The development of phenotypic sex of the perch is highly influenced by the ambient temperature applied during the early developmental stages. Higher temperatures than in their natural habitat shift the sex ratio of progenies toward males. It was found that the time of the perch's propagation can be scheduled before by a simple technology resulting four to six weeks advance compared to the time of natural reproduction.

In case of pike perch it's been shown that heat shocking of the fertilized eggs (4 minutes after fertilization and two minutes duration at 36°C water temperature) results triploidy in close to 100% of the stock. Flow cytometric studies indicated that this aneuploidy may cause apoptosis in the triploid individuals.

It was proven that even 12 tons/ha production of European catfish yearlings can be achieved at small pond conditions - depending on the climate of the actual year. It also has been proven that there is a negative correlation between the growth and the stocking density of this species at intensive farm rearing conditions. Analysis of growth data showed a combined influence of temperature and stocking density on the daily weight gain of European catfish fingerlings. The daily weight gain of the three month old fingerlings ranged: at 4.1 fish/m<sup>2</sup> stocking density on 23.2°C temperature 0.93 g/day, while on 25.7°C 2.28 g/day. At 8.2 fish/m<sup>2</sup> stocking density: on 21.3°C 0.65 g/day while on 25.7°C 1.37 g/day. At 12.3 fish/m<sup>2</sup> stocking density on 23.3°C 0.82 g/day while on 25.7°C 1.2 g/day. In the course of production, a new disease with up to now unknown pathogen attacking the barbs of European catfish was described.

The results of the study provide a base for developing new practical tools for future large scale production of these three fish species.

## KOMBINÁLT (INTENZÍV-EXTENZÍV) HARCSANEVELÉSI TECHNOLOGIA ELEMINEK VIZSGÁLATA A KÖRNYEZETI ÉS TERMELÉSI PARAMÉTEREK FÜGGVÉNYÉBEN

BELICZKY GÁBOR PÉTER

Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Keszthely

Festetics Doktori Iskola

Témavezetők: Bercsényi Miklós PhD, Gál Dénes PhD

A hazai haltermelés növelése elsősorban az intenzív haltermelés felfuttatásával lehetséges, amelyben a szürke harcsa nagy potenciállal rendelkezik. Szálkamentes hal és igen jól nevelhető pelletált, teljes értékű haltakarmányon. Más ragadozó halunkhoz képest kevésbé érzékeny a kannibalizmusra, jól tűri a vízminőség romlását és az oxigénhiányos időszakokat. Télálló és kimagasló a technológia tűrése (lehalászás, válogatás, kezelések stb.). Az afrikai harcsával (*Clarias gariepinus* B.) ellentétben nem igényel geotermikus vizeket, de a harcsafélékhez hasonlóan ez a faj is 20-22°C-os vízhőmérséklet felett növekszik igazán. Ezek az adottságok, hazai tógazdasági körülmények között már kora májustól akár október közepéig fennállnak.

A világban egyre növekvő nyersanyaghiány (halliszt, halolaj) problémáját módszeresen kifejlesztett és a faj, korosztály aktuális igényeinek megfelelő haltápok előállításával lehet kompenzálni. Ma már a környezeti-természetvédelmi szempontok egyre súlyozottabban kerülnek előtérbe, ha intenzív állattenyésztő technológiáról beszélünk. A zárt, vagy nyitott, továbbá recirkulációs, átfolyóvizes, illetve a hagyományos halastavi és precíziós technológiák kombinációját alkalmazó rendszerek környezeti terhelése függ a haltermelési technológiától. Az intenzív haltermelés során arra kell törekedni, hogy a halnevelő rendszerekből elfolyó víz a lehető legkisebb mértékben terhelje a befogadó vizeket.

A doktori munka célkitűzései, a kombinált harcsatermelési technológia környezeti és természetvédelmi részfeladatai köré összpontosultak. Mérhető, számítható és jósolható vízfizikai-kémiai változások nyomon követésével kívánta mérhetővé tenni a technológia közvetlen környezetre gyakorolt hatásának egy részét. Célja volt megismerni, hogy egyes nevelési módszerek és azok kombinációja, illetve a kísérő termelési paraméterek milyen összefüggésben vannak az egyes környezeti tényezőkkel, azokra milyen mértékben hatnak.

Laboratóriumi körülmények között meghatározta a precíziós harcsatermelés melléktermékeként vízben megjelenő elsődleges környezetterhelő szerves, oldott nitrogénformák mennyiségét, dinamikus változását. Kimutatta, hogy az alkalmazott három, különféle fehérjetartalmú haltáp alkalmazása mellett a legkisebb fehérjetartalmú táp etetésekor volt a legnagyobb a relatív  $\text{NH}_4^+$ -nitrogén kiválasztás, míg a legnagyobb fehérjetartalmúnál a legkisebb.

Megvizsgálta a harcsafaeces bomlási dinamikáját is, mely jelentős további, közvetett vízszennyező komponens. A szerves anyagban tárolt nitrogén feltáródásának és további transzformációs folyamatainak megértéséhez természetes tavi üledéket használt, mely nyíltzíni precíziós technológia alkalmazásakor is kulcsfontosságú környezeti tényező.

Valós, *in situ* tavi termelési körülmények között, a laboratóriumi tapasztalato-

kat is felhasználva, további ismereteket szerzett a vízminőség-változásról és a termelési technológia környezetre gyakorolt hatásáról.

Adatelemző módszerekkel (auto- és keresztkorreláció, lineáris regresszió, Box-plot analízis) igazolta egyes vízminőség-jelző paramétereknek, illetve paraméter-pároknak az alkalmazott haltermelési technológiától függő dinamikus változását. Számos esetben talált azonban a külső környezeti hatásokhoz igazodó, így a halneveléstől független változást is.

## INVESTIGATIONS OF A COMBINED (INTENSIVE-EXTENSIVE) CATFISH FARMING TECHNOLOGY IN CASES OF PRODUCTIONAL AND ENVIRONMENTAL PARAMETERS

GÁBOR PÉTER BELICZKY

University of Pannonia, Georgikon Faculty, Keszthely  
Festetics Doctoral School

Supervisors: Miklós Bercsényi PhD, Dénes Gál PhD

The volume of overall fish production in Hungary increases through the spread of intensive technologies. Catfish (*Silurus glanis* L.) is a great opportunity in that region. It is boneless, easy to rear on artificial feed, and the cannibalism does not treat extremely the yield. It has a great resistance when the water quality depletes and the dissolved oxygen content is too low in the water. Tolerates winter conditions and farming processes such as fishery, sortings, treatments. In contrast to african catfish (*Clarias gariepinus* B.) wells does not need thermal waters, but likewise ordinary catfish species it grows above 20-22°C satisfying. These parameters are exist from early May to middle October in hungarian circumstances.

The rising deficiency of raw feed materials (fish meal, fish oil) can solve with new developed, optimised fish feeds for the needs of relevant age groups. Nowadays environmental aspects are more important using intensive systems. Closed or opened, recirculating or flow-through systems, and traditional farming methods are load the environment in different ways. In the future farmers have to keep out for effluents.

Aims of thesis were to study the environmental aspects of the catfish farming technology. I measured, calculated and prognosticated the load of the rearing method thereby monitoring the influence of physical-chemical parameters of rearing water. The relationship between rearing variations, combinations, and affects with productional and environmental parameters were determined.

The types of production (closed or open pond), feed and feeding, growth and survival were assessed in function of environmental parameters as temperature, dissolved oxygen, pH, EC,  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ , TN,  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ , TP, COD, chlorophyll-a, and phaeopigment. The concentration dynamic of primary pollutant nitrogen forms at intensive catfish production was determined both in laboratory and *in situ* farm experiments. Applying three feeds of different protein contents showed that there was a negative correlation between the protein level and the relative  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  excretion.



## Állattenyésztés és Takarmányozás

### A szerkesztőbizottság (Editorial board):

**Elnök (President):** SCHMIDT János (Mosonmagyaróvár)

**Főszerkesztő (Editor-in-chief):** FÉBEL Hedvig

**Társfőszerkesztő (Co-editor):** MÉZES Miklós

**Technikai szerkesztő:** SÍPICZKI Bojana

MANABE, N. (Japán),

ROSATI, A. (EAAP, Olaszország),

ANTON István (Herceghalom),

BALOGH Krisztián (Gödöllő),

BODÓ Imre (Szentendre),

DUBLECZ Károly (Keszthely),

HIDAS András (Gödöllő),

HOLLÓ István (Kaposvár),

HORN Péter (Kaposvár),

HULLÁR István (Budapest),

HUSVÉTH Ferenc (Keszthely),

KOMLÓSI István (Debrecen),

KOVÁCSNÉ GAÁL Katalin

(Mosonmagyaróvár),

MIHÓK Sándor (Debrecen),

PÓTI Péter (Gödöllő),

RÁTKY József (Budapest),

RÓZSA László (Herceghalom),

SZABÓ Ferenc

(Mosonmagyaróvár),

URBÁNYI Béla (Gödöllő), WA-

GENHOFFER Zsombor

(Budapest),

ZSARNÓCZAI Gabriella (Szeged)

### Szerkesztőség:

#### (Editorial office):

NAIK Állattenyésztési, Takarmányozási és Húsipari Kutatóintézet

NARIC Research Institute for Animal Breeding, Nutrition and Meat Science

2053 Herceghalom, Gesztenyés út 1.

mobil: (+36) 30 714 87 65, e-mail: sipiczki.bojana@athk.naik.hu

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

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

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

HU ISSN: 0230 1614

A lap az Agrárminisztérium tudományos folyóirata

This is a scientific quarterly journal of the Ministry of Agriculture founded in 1952

(„Állattenyésztés”) by Prof. József Czakó

**A kiadást támogatja (sponsored by):** Agrárminisztérium

MTA Könyv- és Folyóiratkiadó Bizottsága

---

### Megjelenik évente négyszer

A folyóiratokra a kiadónál fizethet elő az alábbiak szerint.

Előfizetési szándékát kérjük, jelezze az [info@agrarlapok.hu](mailto:info@agrarlapok.hu) címen, vagy az alábbi postacímen:

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

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

Az előfizetési díjat a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. 10032000-00286662-00000017 számlaszámára való utalással egyenlítheti ki. Az átutalás közlemény rovatában szíveskedjen a folyóirat és az előfizető nevét feltüntetni. Előfizetési díj: 8500Ft/év

Bármely más információért forduljon bizalommal kollégáinkhoz a lenti elérhetőségek bármelyikén:

e-mail: [info@agrarlapok.hu](mailto:info@agrarlapok.hu), telefon: 06-1/362-8100

Nyomta: OOK Press Kft.

8200 Veszprém, Pápai út 37/A